



Türk Nöroşirürji Derneği  
Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi  
Öğretim ve Eğitim Grubu

Kaynak Kitaplar Serisi 3  
**MİNİMAL İNVAZİV**

# Minimal İnvaziv Spinal Cerrahi

## Editörler

Tunç Öktenoğlu

Özkan Ateş

Murat Kalaycı

Nail Özdemir

Mehmet Seçer

Ahmet Gürhan Gürçay

Semih Kıvanç Olguner



Türk Nöroşirürji Derneği Yayınları No: 27



TND-SPSCG  
spinetri.com

Türk Nöroşirürji Derneği  
Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu

## Kaynak Kitaplar Serisi 3 MİNİMAL İNVAZİV

# Minimal İnvaziv Spinal Cerrahi

### Editörler

Tunç ÖKTENOĞLU  
Özkan ATEŞ  
Murat KALAYCI  
Nail ÖZDEMİR  
Mehmet SEÇER  
Ahmet Gürhan GÜRÇAY  
Semih Kıvanç OLGUNER





Türk Nöroşirürji Derneği  
Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu

## Kaynak Kitaplar Serisi 3 MİNİMAL İNVAZİV

# Minimal İnvaziv Spinal Cerrahi

Türk Nöroşirürji Derneği Yayınları 27

Sertifika No: 42580

5840 ve 2936 Sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Yasası gereğince bu kitabın tamamı veya bir bölümü hiçbir suretle manyetik ve elektronik, mekanik, fotokopi vs. yöntemlerle tekrarlanamaz, basılamaz, kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

ISBN: 978-605-4149-25-4

Ekim 2022, Ankara

Bu kitap Türk Nöroşirürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu'nun bir hizmetidir. Yazıların ve şekillerin sorumluluğu ilgili bölümün yazarına aittir. Kaynak belirtilerek eğitim amaçlı yayınlarda izinsiz kullanılabilir. Basılı ve sanal ortamlarda yayınlanarak, dağıtılarak, kopyalanarak satılamaz.

Türk Nöroşirürji Derneği  
Taşkent Caddesi No:13/4  
06500 Bahçelievler-ANKARA  
Tel : +90 312 212 64 08  
Faks : +90 312 215 46 26  
Web : [www.turknorosirurji.org.tr](http://www.turknorosirurji.org.tr)  
E-posta : [info@turknorosirurji.org.tr](mailto:info@turknorosirurji.org.tr)

Grafik tasarım, sayfa düzenlemesi, yapım, üretim:  
BULUŞ Tasarım ve Matbaacılık Hizmetleri, Ankara  
Tel: 312 222 44 06 - Faks: 312 222 44 07  
Web: [www.bulustasarim.com.tr](http://www.bulustasarim.com.tr)  
E-posta: [bulus@bulustasarim.com.tr](mailto:bulus@bulustasarim.com.tr)  
Yayıncı Sertifika No: 18408

## KATKIDA BULUNAN YAZARLAR

Kemal Alper AFŞER	Kilis Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Kilis
Ömer AKAR	Bakırçay Üniversitesi, Çiğli Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İzmir
Mehmet Osman AKÇAKAYA	Demiroğlu Bilim Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, İstanbul
Mehmet Yiğit AKGÜN	Koç Üniversitesi Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul
Cevat AKINCI	Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Karabük
Feryal AKŞAN	Beyin ve Sinir, Anesteziyoloji ve Reanimasyon, İzmir
Özgür AKŞAN	İstanbul Aydın Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul
Kadir ALTAŞ	Prof. Dr. İlhan Varank Sancaktepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
Aydın Sinan APAYDIN	Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Karabük
Densel ARAÇ	Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Konya
Ali ARSLANTAŞ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Eskişehir
Oktay ASLANER	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Alanya
Murat ATAR	Sultan Abdülhamid Han Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği
Özkan ATEŞ	Koç Üniversitesi Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği
Furkan AVCI	S.B.Ü Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
Abdurrahman AYCAN	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Van
Levent AYDIN	Muş Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Muş
Serdar Onur AYDIN	Koç Üniversitesi Hastanesi, Mikro ve Endo Nöroanatomi Laboratuvarı
Gültekin BAŞ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Eskişehir
Aydın Talat BAYDAR	Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği
Zeki BOĞA	Adana Şehir Eğitim Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Adana
Bülent BOZYİĞİT	Malatya Özel Gözde Akademi Hastanesi, Malatya

Mustafa Serdar BÖLÜK	Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İzmir
Adem BURSALI	Atatürk Şehir Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Balıkesir
Suat CANBAY	Medical Park Ankara Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Ankara
Çağrı CANBOLAT	Liv Hospital Vadistanbul, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
İlker Deniz CİNGÖZ	Uşak Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Uşak
Serkan CİVLAN	Pamukkale Üniversitesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Denizli
M. Erdal COŞKUN	Pamukkale Üniversitesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Denizli
Yusuf Şükrü ÇAĞLAR	Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Ankara
Mürteza ÇAKIR	Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Erzurum
Tayfun ÇAKIR	Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Erzincan
Haydar ÇELİK	SBÜ Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Ankara
Levent ÇELİK	Mavi Hospital Beyin Cerrahisi Kliniği, Akhisar, Manisa
Özkan ÇELİKER	Özel İskenderun Gelişim Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahi Kliniği
Nuri Eralp ÇETİNALP	Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Adana
Semih Can ÇETİNTAŞ	İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul
Kadir ÇINAR	Sanko Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Gaziantep
Ahmet DAĞTEKİN	Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Mersin
Sedat DALBAYRAK	Ataşehir Medicana Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, İstanbul
Ali DALGIÇ	Ankara Medicana International Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Ankara
Binay DAVASLIGİL ATSEVER	İzmir S.B.Ü Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İzmir
Gülden DEMİRCİ OTLUOĞLU	Okan Üniversitesi Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı
Oğuzhan DİNÇ	Bursa Özel Hayat Hastanesi, Beyin Ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Bursa
Samet DİNÇ	Afyonkarahisar Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Afyon
Furkan DİREN	Gaziosmanpaşa Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
Şeref DOĞAN	Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Bursa
Halil DOĞRUEL	Etimesgut Şehit Sait Ertürk Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara
Onur ERDOĞAN	Marmara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul
Tahsin ERMAN	Çukurova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Adana

Can EYİĞÖR	Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Ana Bilim Dalı,
Burak GEZER	Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Konya
Yurdal GEZERCAN	Adana Şehir Eğitim Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Adana
Aykut GÖKBEL	SBÜ Derince Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Kocaeli
Mertol GÖKÇE	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Zonguldak
Ali GÜLER	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Nöroşirürji Bölümü, Ankara
Erman GÜLER	Tepecik Eğitim Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İzmir
Derya GÜNER	SBÜ İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Algoloji Kliniği, İzmir
Erdal GÜR	OFM Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Antalya
Ahmet Gürhan GÜRÇAY	Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Ankara
Yahya GÜVENÇ	Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü, İstanbul
M. Murat HANCI	Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı
Ferhat HARMAN	Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul; Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul
Egemen İŞİTAN	Hitit Üniversitesi, Çorum Erol Olçok Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahi Kliniği, Çorum
Murat İMER	Grup Florence Nightingale Hastaneleri, Nöroşirürji Bölümü, İstanbul
Özgür İSMAİLOĞLU	Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Isparta
Serdar KAHRAMAN	Anadolu Sağlık Merkezi Beyin Cerrahisi Kliniği, Gebze, Kocaeli
Murat KALAYCI	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Zonguldak
Aydemir KALE	Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ankara
Turan KANDEMİR	Eskişehir Yunus Emre Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Eskişehir
Erkan KAPTANOĞLU	İstanbul Beyin ve Omurga Merkezi, Nöroşirürji, Ataşehir, İstanbul
Burak KARAASLAN	Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ankara
Numan KARAARSLAN	Haliç Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul
Resul KARADENİZ	Dr. Burhan Nalbantoğlu Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Lefkoşa, Kıbrıs
Derya KARAOĞLU GÜNDOĞDU	Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Konya
Derya KARATAŞ	Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Mersin
Alperen KAYA	Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul

İsmail KAYA	Uşak Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Uşak
Sait KAYHAN	Şanlıurfa Viranşehir Devlet Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, Şanlıurfa
Burak KAZANCI	Ufuk Üniversitesi, Dr. Rıdvan Ege Hastanesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Ankara
Burak KINALI	Medicana Bahçelievler Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
Mehmet KENAN	Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Konya
Hayri KERTMEN	Etlik Şehir Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Ankara
Fatih KESKİN	Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Konya
Hakan KINA	İstinye Üniversitesi, Medical Park Gaziosmanpaşa Hastanesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, İstanbul
İlker KİRAZ	Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Denizli
Orkun KOBAN	Lokman Hekim Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği
Mehmet KOPARAN	Mediline Hospital Elazığ, Elazığ
Rahmi Kemal KOÇ	Erciyes Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Kayseri
Ender KÖKTEKİR	Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Konya
Orkhan MAMMADKHANLI	Medical Park Ankara Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Ankara
Mazhar MAMMADOV	Ataşehir Medicaana Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, İstanbul
Mehmet MERAL	Özel Erciyes Hastanesi, Kayseri
Sait NADERİ	İstanbul Beyin ve Omurga Merkezi, İstanbul
Raziye Handan NURHAT	Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
Tolga OĞUZ	Akhisar Mustafa Kirazoğlu Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Manisa
Ali Serdar OĞUZOĞLU	Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Isparta
M. Özerk OKUTAN	KTO Karatay Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Konya
Kıvanç OLGUNER	Adana Şehir Eğitim Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Adana
Semih Kıvanç OLGUNER	Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Adana
Ahmet ÖĞRENCİ	Ataşehir Medicaana Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, İstanbul
Tunç ÖKTENOĞLU	Koç Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, İstanbul
Zühtü ÖZBEK	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Eskişehir
Burak ÖZDEMİR	İstanbul Sancaktepe İlhan Varank Eğitim Araştırma Hastanesi, İstanbul
Nail ÖZDEMİR	İstanbul Aydın Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul
Ali Fahir ÖZER	Koç Üniversitesi Hastanesi, Omurga Merkezi, İstanbul

Kemal PAKSOY	İstanbul Bahçelievler Memorial Hastanesi, İstanbul
Ali Fatih RAMAZANOĞLU	Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
Hakan SABUNCUOĞLU	Serbest Hekim, Ankara
Emre SAĞLAM	Bursa Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Bursa
Buse SARIGÜL	Tuzla Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
Mehmet SEÇER	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Alanya
Altay SENCER	İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, İstanbul
İlker SOLMAZ	A Life Sağlık Grubu Etimesgut/Ankara Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Ankara
Hakan SOMAY	Özel Medicana Kadıköy Hastanesi, İstanbul
Erkin SÖNMEZ	Başkent Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Ankara
Osman Fikret SÖNMEZ	Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İzmir Tıp Fakültesi, İzmir
Hasan Kamil SUCU	İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İzmir
Balkan ŞAHİN	Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahi Kliniği, İstanbul
Mert ŞAHİNOĞLU	Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Konya
Fikret ŞAHİNTÜRK	Başkent Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Ankara
Alparslan ŞENEL	Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Samsun
Salim ŞENTÜRK	Bahçelievler Memorial Hastanesi, Omurga Merkezi, İstanbul
Hakan ŞİMŞEK	Özel Medicana Kadıköy Hastanesi, İstanbul
Alper TABANLI	Sağlık Bilimleri Üniversitesi İzmir Bozyaka Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İzmir
Fatih TOMAKİN	Ünye Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Samsun
Faruk TONGA	Amasya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Ana Bilim Dalı, Amasya
Bekir TUNÇ	Hitit Üniversitesi Çorum Erol Olçok Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahi Kliniği, Çorum
Kudret TÜREYEN	Beyin Sinir Cerrahisi Uzmanı, Özel Muayenehane, Bursa
Çağlar TÜRK	Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İzmir
Mustafa Onur ULU	İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul
Güngör USTA	Trabzon Kanuni Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Trabzon
Meltem UYAR	Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Ana Bilim Dalı, İzmir
Gökтуğ ÜLKÜ	Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara



Ülkün Ünlü ÜNSAL	Manisa Şehir Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Manisa
Eyüp VAROL	S.B.Ü Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
Onur YAMAN	İstanbul Bahçelievler Memorial Hastanesi, İstanbul
Mehmet Emre YILDIRIM	SBÜ Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Ankara
Servi YILDIRIM	SBÜ Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Algoloji Kliniği, Ankara
Timur YILDIRIM	KTO Karatay Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Konya
Atilla YILMAZ	Ataşehir Medicana Hastanesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Departmanı Nöromodülasyon Ünitesi, İstanbul
Hakan YILMAZ	SBÜ İzmir Bozyaka Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İzmir
İbrahim YILMAZ	T.C. İstanbul Rumeli Üniversitesi, İstanbul; Sağlık Bakanlığı, Dr. İsmail Fehmi Cumaloğlu Şehir Hastanesi, Farmakovijilans ve Akılcı İlaç Birimi, Tekirdağ
İlhan YILMAZ	Sağlık Bilimleri Üniversitesi Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul
Merih Can YILMAZ	S.B.Ü. Van Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Van
Mesut YILMAZ	Nörospine Akademi, İstanbul
Tevfik YILMAZ	Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Diyarbakır
Mehmet ZİLELİ	Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İzmir

## İÇİNDEKİLER

<b>Önsöz</b>		
<b>Bölüm 1: Genel Bilgiler</b>		<b>1</b>
1	Minimal Girişimsel Omurga Cerrahisinin Tarihçesi <i>Ali Fatih Ramazanoğlu, Sait Naderi</i>	3
2	Spinal Cerrahide Minimal İnvaziv Yaklaşımlar <i>Mustafa Serdar Bölük, Mehmet Zileli</i>	11
3	Lomber Disk Dokusunda Rejenerasyon ve Rejeneratif Yöntemler <i>Numan Karaarslan, İbrahim Yılmaz</i>	17
4	Dejeneratif İntervertebral Diskte Mikroanatomik Değişiklikler <i>İlker Kiraz, Mesut Yılmaz</i>	23
5	Omurga Nöral Foramenlerinin Anatomisi <i>Göktuğ Ülkü, Hayri Kertmen</i>	31
6	İnterlaminer Pencerenin Cerrahi Anatomisi ve İntervertebral Disk ile İlişkisi <i>Mehmet Koparan, Burak Karaarslan, Aydemir Kale</i>	37
7	Endoskopik Lomber Spinal Anatomi <i>Kadir Çınar, Aykut Gökbel</i>	43
8	Torakal Omurganın Endoskopik Anatomisi <i>Erkan Kaptanoğlu</i>	47
9	Servikal Omurganın Endoskopik Anatomisi <i>Şeref Doğan, Alper Tabanlı</i>	51
10	Omurga Görüntülenmesinde Güncel Yöntemler <i>Aydın Talat Baydar, Tahsin Erman</i>	55
11	Spinal Cerrahide Robot ve Navigasyon Kullanımı <i>Fatih Tomakin, İlker Solmaz</i>	63
12	Endoskopik Omurga Cerrahisinde Anestezi Yaklaşımı <i>Feryal Akşan, Meltem Uyar</i>	71
<b>Bölüm 2: Dejeneratif Hastalıklar</b>		<b>81</b>
13	Lomber Dejeneratif Hastalıklarda Faset Eklem Blokları <i>Suat Canbay, Orkhan Mammadkhanli, Halil Doğruel</i>	83
14	Lomber Dejeneratif Hastalıklarda Kaudal Blokaj <i>Özgür Akşan, Nail Özdemir</i>	89
15	Lomber Transforaminal Epidural Enjeksiyon <i>Burak Kınalı, Semih Kıvanç Olguner</i>	93

16	Sakroiliak Eklem Enjeksiyonları: Tanım/Hasta Seçimi/Uygulama Tekniği <i>Ali Serdar Oğuzoğlu, Hasan Kamil Sucu</i>	97
17	Diskojenik Ağrı Yönetiminde İntradiskal Girişimler <i>Mürteza Çakır, Tayfun Çakır</i>	103
18	Lomber Dejeneratif Hastalıklarda Epiduroskopi <i>Timur Yıldırım, M. Özerk Okutan</i>	111
19	Omurga Kökenli Ağrıda Epidurolizis <i>Feryal Akşan, Özgür Akşan, Nail Özdemir</i>	117
20	Omurga Kökenli Ağrıda Radyofrekans ve Diğer Ablatif Uygulamalar <i>Derya Karaoğlu Gündoğdu, Osman Fikret Sönmez</i>	121
21	Dejeneratif Hastalıklarda Ozon, PRP Gibi Perkütan Uygulanabilen İlaçların Kullanımı ve Geleceği <i>Furkan Diren, Mehmet Seçer</i>	129
22	Ultrasonografi Rehberliğinde Spinal Algolojik Girişimler <i>Feryal Akşan, Derya Güner, Can Eyigör</i>	133
23	Servikal Bölgeye Algolojik Girişimler <i>Servi Yıldırım, Mehmet Emre Yıldırım, Haydar Çelik</i>	143
24	Lomber Disk Hernilerinde Mikrodiskektomi ve Endoskopik Diskektomi Tekniklerinin Karşılaştırılması <i>Faruk Tonga, Özgür İsmailoğlu</i>	149
25	Endoskopik Omurga Cerrahisi: Avantajlar/Dezavantajlar <i>Tolga Oğuz, Hakan Yılmaz</i>	153
26	İnterlaminer Yaklaşımla Tam Endoskopik Lomber Diskektomi <i>Turan Kandemir, Altay Sencer</i>	159
27	Transforaminal Yaklaşımla Tam Endoskopik Lomber Diskektomi <i>Merih Can Yılmaz, Mehmet Osman Akçakaya, Murat İmer</i>	163
28	Ekstraforaminal Yaklaşımla Tam Endoskopik Lomber Diskektomi <i>Hakan Kına, Burak Kazancı</i>	173
29	Endoskop Yardımlı Mikroendoskopik Lomber Diskektomi <i>Bülent Bozyiğit, Burak Özdemir</i>	179
30	Endoskop Yardımlı Unilateral Biportal Endoskopik Lomber Diskektomi <i>Samet Dinç, Murat Atar</i>	185
31	Tam Endoskopik Lomber Transforaminal Yaklaşımla Foraminotomi ve Lateral Reses Dekompresyonu <i>Ali Güler, Burak Kazancı</i>	189
32	Endoskopik İnterlaminer Lateral Reses Dekompresyonu ve Foraminotomi <i>Kadir Altaş, Kemal Alper Afşer</i>	195
33	Tam Endoskopik Lomber Unilateral Laminotomi ve Bilateral Dekompresyon <i>Hakan Sabuncuoğlu, Burak Kazancı, Sait Kayhan</i>	199
34	Endoskopik Transforaminal Torakal Disk Cerrahisi <i>Güliden Demirci Otluoğlu, Orkun Koban</i>	211
35	Torakal Tam Endoskopik İnter/Translaminar Yaklaşımla Unilateral Laminotomi ve Bilateral Dekompresyon <i>Balkan Şahin, Özkan Çeliker</i>	215

36	Anterior Tam Endoskopik Servikal Diskektomi <i>Egemen Işıtan, Bekir Tunç, Ali Dalgıç</i>	221
37	Endoskopik Posterior Servikal Diskektomi ve Laminoforaminotomi <i>Resul Karadeniz, Ali Dalgıç</i>	225
38	Torakal Transforaminal Mikrodiskektomi <i>Sedat Dalbayrak, Ahmet Öğrenci, Mazhar Mammadov</i>	229
39	Endoskopik Omurga Cerrahisinde Komplikasyonlar ve Yönetimi <i>Aydın Sinan Apaydın, Ahmet Gürhan Gürçay</i>	233
40	Lomber Spinal Stenozda Unilateral Yaklaşımla Bilateral Dekompresyon <i>Oğuzhan Dinç, Kudret Türeyen</i>	239
41	Lomber Omurga Cerrahisinde Komplikasyonlar ve Yönetim <i>Güngör Usta, Alparslan Şenel</i>	245
42	Servikal Disk Hernisi Olgularında Anterior Minimal İnvaziv Cerrahi Teknikler <i>Serkan Cıvıan, M. Erdal Coşkun</i>	253
43	Servikal Disk Hernisi Olgularında Posterior Minimal İnvaziv Yaklaşımlar <i>Mehmet Meral, Rahmi Kemal Koç</i>	261
44	Servikal Disk Hernilerinde Anterior Perkütan Uygulamalar <i>Mehmet Emre Yıldırım, Servi Yıldırım, Haydar Çelik</i>	265
45	Servikal Omurgada Perkütan Stabilizasyon Teknikleri <i>Ömer Akar, Yusuf Şükrü Çağlar</i>	271
46	Servikal Spondilotik Myelopatide Posterior Girişimler ve İlgili Şehir Efsaneleri <i>Alperen Kaya, M. Murat Hancı</i>	279
47	Torakoskopi ile Diskektomi ve Enstrümantasyon <i>Mehmet Yiğit Akgün, Ali Fahir Özer</i>	283
48	Minimal İnvaziv Spinal Cerrahide Ne Zaman Stabilizasyon? <i>Hakan Şimşek, Erman Güler, Hakan Somay</i>	293
49	Erişkin Minimal İnvaziv Spinal Deformite Cerrahisinde Algoritma: Dünü, Bugünü, Geleceği <i>Mehmet Kenan, Fatih Keskin</i>	301
50	Skolyoz ve Dinamik Enstrümantasyon <i>Serdar Onur Aydın, Özkan Ateş</i>	307
51	Torakolomber Omurgada Perkütan Stabilizasyon <i>Mehmet Yiğit Akgün, Çağlar Türk, Tunç Öktenoğlu</i>	313
52	Perkütan Minimal İnvaziv Stabilizasyon Teknikleri <i>Kemal Paksoy, Ülkün Ünlü Ünsal, Onur Yaman</i>	323
53	Minimal İnvaziv Spinal Cerrahide Dinamik Stabilizasyon Sistemleri <i>Burak Gezer, Mert Şahinoğlu, Ender Köktekir</i>	331
54	Minimal İnvaziv İnterbody Füzyon Teknikleri <i>Semih Can Çetintaş, Mustafa Onur Ulu</i>	337
55	Konjenital Skolyozda Güncel Yaklaşımlar <i>Zeki Boğa, Kıvanç Olguner, Yurdal Gezercan</i>	345
56	Minimal İnvaziv Spinal Deformite Cerrahisinde Sonuçlar ve Komplikasyonlar <i>Densel Araç, Fatih Keskin</i>	349
57	Minimal İnvaziv Spinal Cerrahide Kullanılan Enstrümanlar ve Yönetimi <i>Tayfun Çakır, Adem Bursalı</i>	353

<b>Bölüm 3: Tümör, Travma, Enfeksiyon</b>		<b>357</b>
58	Spinal Tümörlerde Minimal İnvaziv Yöntemler Endikasyonlar ve Verimlilik <i>Tevfik Yılmaz, Erdal Gür</i>	359
59	Spinal Tümörlerde Biyopsi <i>Gültekin Baş, Zühtü Özbek</i>	371
60	Omurga Tümörlerinde Perkütan Ablasyon Teknikleri <i>Özgür Akşan, Nail Özdemir</i>	375
61	Foraminal Tümörlerde Minimal İnvaziv Cerrahi <i>Ahmet Dağtekin, Derya Karataş</i>	379
62	İntradural veya Ekstradural Spinal Tümörlerde Tek Taraflı Eksizyon <i>Gültekin Baş, Ali Arslantaş</i>	389
63	Metastatik Spinal Tümörlerde Seperasyon Cerrahisi <i>Levent Çelik, Serdar Kahraman</i>	393
64	Travmatik Omurga Kırıklarında Minimal İnvaziv Girişimin Yeri <i>Cevat Akıncı, Murat Kalaycı</i>	401
65	Osteoporotik Kırıklarda Vertebroplasti ve Kifoplasti Uygulamaları <i>Erkin Sönmez, Fikret Şahintürk</i>	409
66	Perkütan İliosakral Vidalama <i>Onur Erdoğan, Yahya Güvenç</i>	417
67	Minimal İnvaziv Spinal Cerrahinin Spinal Enfeksiyon Tedavisindeki Yeri <i>İsmail Kaya, İlker Deniz Cingöz</i>	423
68	Farklı Spinal Patolojilere Endoskopik Yaklaşımlar <i>Çağrı Canbolat, Salim Şentürk</i>	431
69	Endoskopik Torasik Sempatektomi <i>Oktay Aslaner, Mertol Gökçe</i>	441
<b>Bölüm 4: Nöromodülasyon</b>		<b>453</b>
70	Nöromodülasyon: Neredeyiz, Nerede Olmalıyız, Gelecek Ne Getiriyor? <i>Eyüp Varol, Furkan Avcı, Abdurrahman Aycan</i>	455
71	Baklofen Pompası ve Hedefe Yönelik İlaç Pompası Uygulamaları <i>Raziye Handan Nurhat, İlhan Yılmaz</i>	461
72	Postlaminektomi Sendromunda Nöromodülasyon Girişimleri <i>Binay Davaslıgil Atsever, Özgür Akşan</i>	471
73	Sakral Sinir Stimülasyonu <i>Buse Sarıgül, Atilla Yılmaz</i>	477
74	Spinal Kord Stimülasyonu Perkütan Yaklaşım Yöntemleri <i>Emre Sağlam, Nuri Eralp Çetinalp</i>	485
75	Spinal Kord Stimülasyonunda Postoperatif Takip ve Komplikasyon Yönetimi <i>Levent Aydın, Ferhat Harman</i>	489
<b>Dizin</b>		<b>497</b>

## ÖNSÖZ

Değerli Meslektaşlarımız,

TNDer–SPSCG olarak, nitelikli ve doğru bilgiye gereksinim duyulan bu süreçte Türkçe kaynaklarımıza bir yenisini daha ekledik. “Minimal İnvaziv Spinal Cerrahi” kitabımızın, omurga ve omurilik cerrahisi içinde önemli bir boşluğu doldurduğunu düşünüyor ve tüm meslektaşlarımıza yararlı olacağını umuyoruz.

Minimal invaziv cerrahinin felsefesi ve pratiği, çoğu cerrahi uygulamayı temelden devrim yaratarak değiştirmiş olup; genel amacı herhangi bir girişimsel sürecin travmasını en aza indirmek ve beraberinde tatmin edici terapötik sonuç almaktır.

Bölümlerin hazırlanması sırasında, bir ekip çalışması kapsamında meslektaşlarımızla birlikte çalışarak verimli bir ürün çıkardık. Gelecek nesillere bilgi birikimin aktarılmasında kalıcı bir yol gösterici olacağını düşünüyoruz.

Kitabın hazırlanmasında yönetim kurulu olarak hep birlikte çalıştık. Bu nedenle editör değil, editör grubu olarak sizlere sunuyoruz. Katkıda bulunan tüm yazarlara, kitabın baskıya hazırlanmasında uyumlu çalışan Betül Kartal ve Can Kangal ile kitabın hazırlanmasında ciddi emeği olan Dr. Özgür Akşan’a teşekkür ediyoruz.

Saygılarımızla

**Prof. Dr. Tunç ÖKTENOĞLU**

TNDer – SPSCG Yönetim Kurulu adına





# GENEL BİLGİLER

- 1 Minimal Girişimsel Omurga Cerrahisinin Tarihçesi
- 2 Spinal Cerrahide Minimal İnvaziv Yaklaşımlar
- 3 Lomber Disk Dokusuna Rağmen Rejenerasyon ve Rejeneratif Yöntemler
- 4 Dejeneratif İntervertebral Diskte Mikroanatomik Değişiklikler
- 5 Omurga Nöral Foramenlerinin Anatomisi
- 6 İnterlaminer Pencerenin Cerrahi Anatomisi ve İntervertebral Disk İle İlişkisi
- 7 Endoskopik Lomber Spinal Anatomi
- 8 Torakal Omurganın Endoskopik Anatomisi
- 9 Servikal Omurganın Endoskopik Anatomisi
- 10 Omurga Görüntülenmesinde Güncel Yöntemler
- 11 Spinal Cerrahide Robot ve Navigasyon Kullanımı
- 12 Endoskopik Omurga Cerrahisinde Anestezi Yaklaşımı



# 1 MİNİMAL GİRİŞİMSEL OMURGA CERRAHİSİNİN TARİHÇESİ

Ali Fatih Ramazanoğlu, Sait Naderi

## GİRİŞ

Omurga, iskelet sisteminin en önemli parçasıdır. Omurganın temel görevi dengeyi sağlamak, yükü absorbe etmek ve omuriliği korumaktır. Temel yapısının cerrahi destrüksiyon ile bozulması, instabilite ile sonuçlanabilir. Cerrahi açıdan omurga bütünlüğünün olabilecek en az hasarla bozulmasının amaçlanması, yıllar içinde minimal girişimsel aletlerin ve yaklaşımların gelişmesine neden olmuştur.

Yıllar içerisinde tanımlanan yeni minimal invaziv cerrahi işlemler, klasik açık cerrahi ile karşılaştırılmıştır. Bu yöntemlerde kimi zaman yüz güldürücü sonuç alınamamış, kimi zaman ise son derece konfor sağlayıp daha iyi sonuçlar vermiştir.

Antik çağdan başlayarak günümüze kadar birçok cerrah kendi deneyim ve birikimlerini bildirerek minimal invaziv omurga cerrahisinin gelişimine katkıda bulunmuştur.

## SERVİKAL BÖLGE

Servikal minimal invaziv girişimlerin gelişimi diğer girişimlere göre daha yavaş ilerlemiştir, bunun temel sebebi bu bölgenin anatomik komşuluklarından dolayı riskli bir bölge olmasıdır. Diğer bir neden de servikal spondiloz ve disk cerrahisinde anterior, posterior ve kombine yaklaşımların cerrahi endikasyonlarındaki kavram tartışmasıdır.

Servikal bölgenin standart cerrahi yaklaşımlarında kullanılan fazla yumuşak doku ve kemik doku rezeksiyonu, uzun süreli hastane yatışı ve postoperatif ağrıya neden olduğundan, ilk servikal minimal invaziv girişimler 21. yüzyıl başında tanımlanmaya başlamıştır (16,66). 1999'da Horgan ve ark. odontoid vidalamasını tanımlamışlardır (34). 2000 yılında Roh tarafından kadavra üzerinde (76), 2001 yılında Adamson tarafından hasta üzerinde ilk kez tübüler retraktörler kullanılarak posterior laminoforaminotomi yapılmıştır (1). Anterior minimal girişimsel cerrahi, minimal tübüler retraktörlerle endoskopik yöntemlerle 2008 yılında Ruetten tarafından yapılmıştır (78).

2008 yılında Li tarafından kadavra üzerinde perkütan tekniklerle servikal nükleoplasti tanımlanmıştır (52). Wang tarafından ilk kez minimal invaziv yaklaşımla posterior servikal lateral mass vidalaması tanımlanmıştır (90).

Tsuji 1982'de servikal miyeloopati hastada ilk kez açık laminoplasti tanımlanmıştır (86). Laminoplasti ameliyatının minimal girişimsel teknikleriyle uygulanması 2003'te Wang tarafından kadavrada (89), 2004 yılında da Perez-Cruet tarafından hasta üzerinde uygulanmıştır (71).

## Endoskopik transoral cerrahi

1962 yılında Fang ve Ong tarafından atlanto-aksiyal anomalisi olan hastalarda mikroskop kullanılarak transoral yolla dekompresyon tanımlanmıştır (24). 1989'da Hadley tarafından benzer teknikle opere edilen hasta serisi yayınlamıştır (28). Mikroskop kullanımının yaygınlaşması morbiditeyi azaltmıştır. Ancak çalışma sahası ile lens arasındaki mesafenin uzunluğu, bununla birlikte transoral yaklaşım için kullanılan alanın dar olması nedeniyle 2002 yılında Frampong-Boadu ilk kez endoskopik transoral yaklaşımı kullanmışlardır (25).

2000 yılında Tong tarafından üst servikal fraktürü bulunan bir hastada transoral vertebroplasti işlemi uygulamıştır (85). 2009 yılında Leng tarafından ilk kez endonazal yaklaşımla os odontoideum tedavisi edilmiştir (51).

## Endoskopik Posterior Servikal Yaklaşım

Servikal disk cerrahisinde ilk başta posterior yaklaşımlar tanımlanmış ancak zaman içerisinde anterior servikal diskektomi daha popüler hâle gelmiştir. Ancak iyi endikasyonla seçilmiş bazı vakalarda etkinliğini korumuştur. Temel endikasyonları arasında kanal darlığı bulunmayan lateral disk fragmanları ve izole foraminal darlıklar sayılabilir. Fakat bu yaklaşım için kullanılan geniş kas diseksiyonlarına sekonder gelişen paraspinal kas spazmı nedeni ile ağrı yakınmaları fazladır.

Endoskopik Posterior Servikal Diskektomi bu kas spazmı ağrısını, yumuşak doku travmasını azaltmak, bununla birlikte ameliyat sonrası konforu artırmak için geliştirilmiştir. Endoskopik ve mikroskobik yöntemler karşılaştırıldığında, eşit oranda komplikasyon oranları bildirilmiştir. 2000 yılında Roh tarafından kadavralar üzerinde yapılan ve yayınlanan çalışmada, her iki yöntem karşılaştırıldığında, kök semptomları ve faset hareketliliği yüzdesinde benzer sonuçlar saptamışlardır (76). Endoskopik tübüler sistem ile kas dilatasyonu ameliyat sonrası ağrıyı azaltmıştır. Bu konuyla ilgili ilk klinik araştırmalar 2002 yılında Adamson ve Fessler ve Khoo tarafından yayınlanan serilerde de bildirilmiştir (1, 20, 46).

Posterior servikal enstrümantasyonda minimal invaziv yaklaşım ilk kez Wang tarafından 2000 yılında tanımlanmıştır (56, 90). Endoskopi yardımcı servikal enstrümantasyon uygulamaları son yıllarda yaygınlaşmakta ve hâlen gelişmektedir (89, 90).

## TORAKAL BÖLGE

Jacobaeus, 1910 yılında ilk kez torakoskopik yaklaşımı tanımlamıştır (37). İlk girişim bir doktor üzerinde tüberküloza sekonder gelişen plevral adezyon için sistoskop ve loop ile gerçekleştirilmiştir. 1990'lı yıllarda video görüntüleme sistemlerinin gelişimi sonrasında ilk kez modern torakoskopi yapılmaya başlanmıştır. Regan 1993 yılında (75), Rosenthal 1994 yılında (77) ilk kez video torakoskopik cerrahi yaklaşımı raporlamışlardır. Torakoskopik cerrahi yaklaşımların temel endikasyonları arasında; torakal disk hernisi, sempatektomi, omurga patolojilerinde abse drenajı ve tümör biyopsileri sayılabilir. İlerleyen yıllarda skolyoz ameliyatlarında, anterior interbody füzyon, osteotomi, korpektomi, tümör ve kırık sonrası enstrüman uygulamalarında da kullanılmıştır.

Torakal disk hernisi cerrahi yaklaşımı Benjamin tarafından 1983 yılında tanımlanmıştır (7). 1994 yılında kadavra üzerinde tübüler retraktörler ile torakal diskektomi ilk kez Horowitz tarafından uygulanmıştır (35). Yine 1994 yılında Rosenthal tarafından (77) ve daha sonraki yıllarda Jho tarafından (40-43) klinik uygulamaları raporlanmıştır. Ancak bu yıllarda yapılan minimal invaziv girişimler, açık girişimler ile karşılaştırıldığında morbiditesi daha yüksek olduğu raporlanmıştır. 2005 yılında Lidar tarafından yapılan çalışmada, torakal diskektomide açık yöntemlere göre tübüler sistemin morbiditesinin daha az olduğu raporlanmıştır (54). Torakal disk hernisinin yerleşim yeri ve kalsifikasyonu tedavi protokolünün tercihinde belirleyici olmuştur.

Posterior ve posterolateral endoskopik yaklaşım torakal disk hernilerinde direkt posterior veya posterolateral yolla erişim sağlamak için tanımlanmıştır. Jho tarafından 1997'de 0° ve 70° endoskop kullanılarak endoskopik transpediküler torakal diskektomi tekniğini tanımlamıştır (40). Chiu tarafından, 0° endoskop ve düşük enerjili non-ablatif lazer ile diskin küçültülmesi amaçlanan laser termo- diskoplastiyi tanımlamıştır (11). Isaacs tarafından kadavra üzerinde (36), Perez-Cruet tarafından da hasta üzerinde aynı yaklaşım METRX (Medtronic Sofamor- Danek, Memphis, Tennessee) sistemi tanımlanmıştır (70).

Minimal invaziv torakal pedikül vidalama yöntemi ilk dönemlerinde oldukça morbit sonuçlara yol açmıştır. Pedikülün kalınlığının ince olması ve açık cerrahi yaklaşımda olduğu gibi girişim yerinin iyi belirlenememesi, nörolojik kayıplara neden olmakta ve bununla birlikte ekstrapediküler uygulamalarda instabilitenin tedavisinde yetersiz kalmaktadır. Ancak 2008 yılından sonrasında BT aracılı kanüllü vidalarla minimal invaziv torakal pedikül vidalama başarılı bir şekilde uygulanabilmiştir (59, 84). 2008 yılında perkütan vidalara perkütan rod yerleştirilmesi sistemi de geliştirilmiştir. Anand tarafından 2008 yılında, bu yöntem ilk defa skolyoz cerrahisinde kullanılmıştır (3).

## LOMBER BÖLGE

### Lomber Mikrodiskektomi

1960'lı yılların ortasında Yaşargil tarafından cerrahi yaklaşımlarda mikroskop ve mikrocerrahi alet ve teknikler geliştirilip morbidite riski düşürülmeye çalışılmıştır (94). Mikrocerrahi ile insizyon boyutlarının küçülmesi ve bununla birlikte kanama miktarının azalması amaçlanmıştır. Bununla birlikte patolojik alana daha iyi hâkimiyet, daha kısa hastanede yatış süresi ve ameliyat sonrası konfor sağlanmıştır. Sonuç olarak mikroskop ve mikrocerrahi aletlerin kullanımı, minimal invaziv omurga cerrahisinin temelini oluşturmaktadır. 1968 yılında Sachdev lomber diskektomi ameliyatlarında mikroskop kullanımını başlatmıştır (79). Mikrodiskektomi yaklaşımları 1977'de Yaşargil (94) ve Caspar (10) tarafından raporlanmıştır. Buna rağmen bu yöntemin tanınması ve kullanılması 1978 yılında Williams tarafından raporlanan 532 hasta serisinde olmuştur (91). Mikroskopik laminoplasti McCulloch 1990 yılında tanımlanmıştır (58). Mikrocerrahi yöntemler ile ünilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon, tümör, arteriovenöz malformasyon ve kanal darlığı tedavisi için Yaşargil tarafından 1991 yılında tanımlanmıştır (95).

## Endoskopik Mikrodiskektomi

Spinal endoskopik girişim ilk kez 1931 yılında Burman tarafından spinal kordu görüntülemek amacı ile miyeloskopinin tanımlamasıyla gerçekleşmiştir (8). 1938 yılında Pool tarafından, kauda equinada dorsal sinir köklerinin miyeloskopik inspeksiyonu raporlanmıştır (74). Pool intradiskal endoskopiyi de tanımlamıştır. Miyeloskopi dural kaviteye agresif bir girişim olduğu için morbiditesi yüksektir. Endoskop Ooi tarafından cerrahi öncesinde intratekal bölgenin görüntülenmesinde kullanılmış ve endoskopinin araknoidit ve spinal stenoz gibi patolojilerin görüntülenmesine olanak sağlayabileceğini raporlamıştır (65).

Lomber diskektomi için tübüler girişim ilk kez 1991 yılında Faubert ve Caspar tarafından tanımlanmıştır (10, 18). Gelişmiş sistemler ile tübüler rekraksiyonla mikroendoskopik diskektomi ilk kez Foley ve Smith tarafından raporlanmıştır. Artroskopik girişimlerin hızla yaygınlaşması sonrasında popülerize olmuştur (23). 2002 yılında Fessler (20) ve Palmer (68) tarafından ilk kez lomber stenoz, minimal girişimsel tübüler rekraksiyonla ameliyat edilmiştir.

Guiot perkütan mikroendoskopik olarak spinal stenozda ünilateral yaklaşımla bilateral dekompresyonu kadavra üzerinde uygulamış (27), Khoo ve Fessler (45) hasta üzerinde bu tekniği başarılı bir şekilde kullanmışlardır. Mikroendoskopik diskektomi tekniği aynı zamanda lateral disk herniasyonlarında, sinovyal faset kistlerinde ve reküren disk hernilerinde de uygulanmıştır.

## Perkütan Artroskopik Diskektomi

Ottolenghi 1955'de ilk kez posterolateral biyopsi yapmıştır (67). Cragg ise 1956'de ilk kez anterior biyopsi yapmıştır (16). 1975 yılında Hijikata lokal anestezi altında posterosantral ve parasantral disk hernisinde intradiskal artroskopik yaklaşımla perkütan nükleotomi tanımlamıştır (32). 1983 yılında Kambin ve Gellman laminektomi ile Craig kanülüyle diskektomi işlemini uygulamışlardır (44). 1985 yılında Onik hayvan deneyinde 2 mm'lik probila L4-5 ve üstü seviyelerde perkütan diskektomi yapmıştır (64). 1985 yılında Maroon nükleotomi otomatik perkütan lomber diskektomi adı altında yayınlamıştır (56). 1987 yılında Kambin ilk floroskopi aracılı perkütan lomber diskektomi işlemini uygulamıştır (44).

## Perkütan Lazer Diskektomi

Choy artroskopik perkütan diskektomi işlemi ile benzer teknikler kullanılarak perkütan lazer diskektomi tanımlamıştır (12). Ascher ve Heppner lomber disk hernisi için ilk perkütan lazer diskektomi

tanımlamışlardır (5). İntradiskal basıncı azaltarak en az disk materyali çıkartılması amaçlanmış, bu nedenle işlem öncesi disk iç basıncı ölçülüp, salin manometre ile lazer diskektomi yapılmıştır.

## Kemonükleozis

Kemonükleozis işlemi nükleus pulposus içerisindeki kondroitin sülfat ve keratin sülfat gibi proteinlerin hidrolizi olarak tanımlanmıştır. 1941 yılında Jansen ve Balls papaya bitkisinden elde edilen kemopapaini bulmuşlardır (39). 1956'da Thomas tavşanlara kemopapaini intravenöz yolla uygulayıp gözyaşı salınımını rapor etmiştir (82). 1963 yılında Smith ilk defa nükleus pulpozusa enjekte etmiştir (80, 81). Bu yolla depo proteoglikan ve glikoproteinler ile etkileşerek nükleus pulpozusun ekstrasellüler sıvı miktarının azaldığı saptanmıştır.

## Lomber Enstrümantasyonlar ve Füzyon

İlk lomber spinal enstrümantasyon 1891 yılında bir Pott hastasına spinöz proses tellenmesi ameliyatı ile Hadra tarafından yapılmıştır (29). 1949 yılında Michele ve Krueger ilk kez pedikül vidalamayı tanımlamışlardır. 1982 yılında ilk perkütan pedikül vidalama ameliyatı Magerl tarafından eksternal fiksator kullanılarak uygulanmıştır (55).

Geleneksel orta hat insizyonundan sonra vida giriş yeri derin ve çok lateral olduğundan, enstrümantasyon zordur; yine de rekraksiyon miktarı iskemik kas rekraksiyonuna ve kalıcı bel rahatsızlığına neden olurken dekompresyon, diskektomi ve interbody uygulamalarına da olanak tanır. 1988'de Wiltse, orta hat açıklığının sorunlarının bir sonucu olarak kas içi diseksiyonu tanımlamıştır (92). Foley 2001'de rodu minimal kas hasarı ile yerleştirmek için aynı açıdan Sextant sistemini geliştirmiştir (21, 22). Bu sistem 2007 yılında Mantis perkütan girişimsel sistemi olarak modifiye edilmiştir. Perkütan girişim kas rekraksiyonuna bağlı komplikasyonları azaltmasının yanında medialize son vidanın vida çekmesi fazlalığıyla avantaj sağlamıştır. Perkütan faset füzyonu teknikleri Jang tarafından 2003'te tanımlanmıştır (38). ALIF prosedürü Burns tarafından 1933 yılında tanımlanmıştır (9). PLIF Cloward tarafından 1952 yılında tanımlanmıştır (13, 14). Suni disk replasmanı Fernstrom tarafından 1966 yılında tanımlanmıştır (19). 1982 yılında TLIF Harms ve Rolinger tarafından tanımlanmıştır (30). 1991'de Obenchain'in anterior laparoskopik diskektomisinin piyasaya sürülmesiyle birlikte, tüm bu interbody prosedürleri minimal invaziv yaklaşımlara uyum sağlamıştır (61-63, 66). 1995 yılında Zucherman ALIF ve disk replasmanı tekniklerini kombine ederek minimal girişimsel giri-



şimlere öncülük etmiştir (96). Khoo 2002 yılında ilk kez minimal girişimsel PLIF işlemini tanımlamıştır (46). 2006'da Holly ve Schwender tübüler retraktörlerle minimal invaziv TLIF işlemini tanımlamıştır (33). Perkütan redüksiyon vidaların geliştirilmesi ile 2008 yılında Park ve Foley bu teknolojiyi istmik spondilolisteziste PEEK cage ile TLIF prosedürünü uygulamışlar ve deformitenin düzeltilmesinin laminektomi teknikleri kadar iyi sonuç verdiğini raporlamışlardır (69).

Direkt lateral transpsoas yaklaşım olan DLIF tekniği Mayer ve ark. tarafından 1997 yılında tanımlanmıştır (57). 1998 yılında McAfee ve Pimenta bu yöntemi geliştirmiştir (72). Bu teknikte, AP ve lateral floroskopi ile retroperitoneal müdahale için minimal invaziv uzun tübüler retraktörler kullanılır. Bunun için lumbosakral pleksus anatomisi ve psoas arasındaki bağlantı doğru anlaşılmalıdır. 2004'de Cragg tarafından Axialif prosedürü tanımlanmıştır (16). L5-S1 füzyonu sakrum ve koksiks ön yolu boyunca perianal bir kesi kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yol uzun ve damarsızdır. FDA, L4 ve sakrumun kaynaştırılması için bu işlemi onaylamıştır.

İlk kez lomber artrodez ile füzyon 1911'da Albee ve Hibbs tarafından uygulanmıştır (2, 31). Venable ve Stuck 1939 yılında internal fiksasyon işlemini tanımlamışlardır (88). 1985 yılında Cloward tarafından kadavradan dondurulmuş kemik ile anterior servikal füzyon işleminin tanımlanması, füzyon amaçlı minimal girişimsel prosedürlerin gelişiminde öncü olmuştur (15). Bundan sonra füzyon için kullanılan materyallerin çeşitliliği artmıştır. Urist 1965'te tavşanda ilk demineralize kemik matriks proteini elde etmiştir.

İnterspinöz dekompresyon cihazı, 2006' da Kondrashev tarafından uygulanmaya başlanmıştır (47). İşlem lokal anestezi altında, lomber stenoz segmentinde interspinöz bölgeye cihaz yerleştirilmesi ile uygulanmıştır.

## VERTEBROPLASTİ

Omurga, sert bir kortikal kafes ve süngerimsi bir trabeküler yapıdan oluşur. Basma basınçlarına ve çekme gerilimine maruz kaldıktan sonra vertebral çökme meydana gelebilir. Omurga kompresyon kırıkları osteoporoz ve kanserden kaynaklanabilir ve rahatsızlık, güçsüzlük, instabilite ve deformiteye neden olabilir. Komorbidite nedeniyle bu kişilerde ameliyat son derece risklidir. Geniş insizyon, osteoprotik vertebraya sabitlemenin teknik zorluğu ve artrodez başarısızlığı, açık pedikül vida sabitlemesini sorunlu hâle getirir. Prior 1989'da kompresyon

kırıklarını invaziv olmayan bir şekilde tam yatak istirahati ile tedavi etmesine rağmen, yara yeri sorunları, derin ven trombozu ve pulmoner emboli ile ilgili uygulama sorunları ve hastanede yatış süresi maliyetlerine neden olduğu gözlenmiştir.

1984'da Galibert ve Deramond tarafından ilk kez perkütan vertebroplasti işlemi uygulanmıştır (26).

## KİFOPLASTİ

Sement kaçağı, artmış infeksiyon oranı, sement toksisitesi, komşu segment fraktürleri, nedeniyle 1990'lı yılların ortasında Reiley tarafından kifoplasti tanımlandı (88). 2000 yılında Wong tarafından klinik uygulamaya geçilmiştir (93).

## DİĞER MİNİMAL İNVAZİF GİRİŞİMLER

### Görüntülü Aracılı Sistem Uygulamaları

1895 yılında Roentgen'in X- Ray'i, 1896 yılında Edison'un floroskopiye, 1972 yılında ise Hounsfield'in bilgisayarlı tomografiye bulmasından sonra bu araçlar ameliyat öncesi, sırası ve sonrasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. 2005 yılında O-Arm kullanmasına kadar ilerlemiştir (66, 83).

1995 yılında Pollack (73) tarafından serviko-medüller bileşkeye ve Nolte (60) tarafından lomber pedikül vidalama işlemi sırasında intraoperatif görüntüleme kullanılmıştır. Nolte BT yardımcı pedikül vida ile stabilizasyonu da tanımlamıştır (60)

### Robotik Omurga Cerrahisi

Minimal invaziv cerrahinin uygulamasını ve endikasyonlarını daha da ilerletmek için hem tıp camiası hem de özel girişimciler ameliyathane için robotlar tasarlamaya başladılar. Bununla birlikte, diğer alanlarla (örneğin ticari endüstri ve havacılık) karşılaştırıldığında, tıp alanı bu robotları benimseme konusunda çok daha yavaştı (50). Bu dirence rağmen, 1985'te Programmable Universal Machine for Assembly 560 ([PUMA 560]; Unimation, Danbury, CT, ABD) nöroşirürjikal beyin biyopsisi yapmak için kullanılan ilk cerrahi robot oldu (48). İlk kullanımından üç yıl sonra, PUMA 560 prostattan transüretal biyopsi yapmak için kullanıldı (17). Bu başarıların ortasında, Ulusal Hava ve Uzay Dairesi (NASA), uzayda uzaktan ameliyat yapabilecek bir sistem yaratma hedefleri ile güçlü bir araştırma çabasına başladı. Savaş alanında yaralı askerleri tedavi etmek için robotik cerrahi kullanmayı düşündükleri için Birleşik Devletler Ordusu da bu çabaya katıldı. Günümüzde robotik cerrahi, jinekoloji, üroloji ve minimal invaziv prosedürler için genel cerrahi dahil olmak üzere birçok cerrahi alt uzmanlık-

ta yaygın olarak kullanılmaktadır. Giderek daha gelişmiş robotların yardımıyla, bu alanlardaki cerrahlar yapılan insizyon sayısını büyük ölçüde azaltabildiler ve bu da kolektomi, radikal prostatektomi, kolesistektomi, miyektomi ve diğerleri için tek insizyon operasyonlarında başarı gösterdi. Bununla birlikte, omurga cerrahisi, robotu ancak son zamanlarda yaygın olarak kullanılan ilk omurga robotu olan SpineAssist (Mazor Robotics Ltd., Caesarea, İsrail) ile ortak uygulamaya dahil etti ve 2004 gibi yakın bir tarihte FDA onayı aldı.

Bu spinal cerrahi robotların birçok teknik hatası, bu ilk gelişim sürecinde ele alındı. Erken problemler arasında intraoperatif floroskopik görüntülerin preoperatif bilgisayarlı tomografi (BT) taraması ile yanlış senkronizasyonu, kolun doğruluğunun değişmesine neden olan kılavuz kol üzerindeki aşırı basınç, vida yerleştirme için uzun hesaplama süreleri, yazılım çökmeleri ve klempin yanlış takılması yer alıyordu (6).

İlk seri tomografi aracılı görüntülü sistemi ve intraoperatif navigasyon ile pedikül vidalama ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Laine 2000 yılında yaptığı randomize kontrollü 100 hasta serisinde pedikülün perfore olmasını konvansiyonel yöntemde %13,4, BT aracılı navigasyon yönteminde %4,6 olarak raporlamıştır (49). 2001'de Arand, 2009'da Li dışında birçok çalışmada BT aracılı navigasyon sisteminde pedikül vidalama işleminde konvansiyonel yöntemle göre daha az risk bildirmiştir (4, 53).

Skolyoz cerrahisinde hem yaygın hem de etkili olduğu için pedikül vidalama güvenilir bir yöntemdir. Son yıllarda skolyoz düzeltme cerrahisinde geleneksel yöntem yerine BT aracılı teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır. Merloz 1998 yılında ilk kez BT aracılı navigasyon sistemini skolyoz cerrahisinde kullanmıştır (59).

BT aracılı navigasyonlu sistemler son yıllarda lumbosakral ve torakal bölgede sıkça kullanılmakta olup, daha nadir olmakla birlikte servikal ve kranioservikal bölgede de kullanıldığına dair yayınlar mevcuttur. Uehara 2012 yılında atlantoaksiyal instabilitesi olan 20 hastada BT aracılı navigasyon ile Magerl tekniği kullanarak C1-C2 transartiküler vida fiksasyonu uygulamışlardır (87). Son yıllarda ikinci jenerasyon BT aracılı robotik cerrahi yaygınlaşmaya başlamış fakat henüz bu teknolojiyle ilgili randomize bir çalışma bulunmamaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Adamson TE: Microendoscopic posterior cervical laminoforaminotomy for unilateral radiculopathy: results of a new technique in 100 cases. *J Neurosurg* 95: 51-57, 2001
2. Albee FH: Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease. A preliminary report. *JAMA* 57: 885-886, 1911
3. Anand N, Baron EM, Thaiyananthan G, et al: Minimally invasive multilevel percutaneous correction and fusion for adult lumbar degenerative scoliosis: a technique and feasibility study. *J Spinal Disord Tech* 21: 459-467, 2008
4. Arand M, Hartwig E, Hebold D, et al: [Precision analysis of navigation-assisted implanted thoracic and lumbar pedicled screws. A prospective clinical study]. *Unfallchirurg* 104: 1076-1081, 2001
5. Ascher PW, Heppner F: CO2-Laser in neurosurgery. *Neurosurg Rev* 7: 123-133, 1984
6. Barzilay Y, Liebergall M, Fridlander A, et al: Miniature robotic guidance for spine surgery--introduction of a novel system and analysis of challenges encountered during the clinical development phase at two spine centres. *Int J Med Robot* 2: 146-153, 2006
7. Benjamin V: Diagnosis and management of thoracic disc disease. *Clin Neurosurg* 30: 577-605, 1983
8. Burman MS: Myelotomy or the direct visualization of the spinal cord and its contents. *J Bone Joint Surg Am* 13: 695-696, 1931
9. Burns BH: An operation for spondylolisthesis. *Lancet* 1: 1233, 1933
10. Caspar W: A new surgical procedure for lumbar disc herniation causing less tissue damage through a microsurgical approach. *Advances in Neurosurgery* 4: 74-80, 1977
11. Chiu JC, Clifford TJ, Greenspan M, et al: Percutaneous microdecompressive endoscopic cervical discectomy with laser thermolysis. *Mt Sinai J Med* 67: 278-282, 2000
12. Choy DS: Response of extruded intervertebral herniated discs to percutaneous laser disc decompression. *J Clin Laser Med Surg* 19: 15-20, 2001
13. Cloward RB: The treatment of ruptured lumbar intervertebral disc by vertebral body fusion. III. Method of use of banked bone. *Ann Surg* 136: 987-992, 1952
14. Cloward RB: The treatment of ruptured lumbar intervertebral discs by vertebral body fusion. I. Indications, operative technique, after care. *J Neurosurg* 10: 154-168, 1953
15. Cloward RB: The anterior approach for removal of ruptured cervical discs. *J Neurosurg* 15: 602-617, 1958

16. Cragg A, Carl A, Casteneda F, et al: New percutaneous access method for minimally invasive anterior lumbosacral surgery. *J Spinal Disord Tech* 17: 21-28, 2004
17. Davies B: A review of robotics in surgery. *Proc Inst Mech Eng H* 214: 129-140, 2000
18. Faubert C, Caspar W: Lumbar percutaneous discectomy. Initial experience in 28 cases. *Neuroradiology* 33: 407-410, 1991
19. Fernstrom U: Arthroplasty with intercorporeal endoprosthesis in herniated disc and in painful disc. *Acta Chir Scand Suppl* 357: 154-159, 1966
20. Fessler RG, Khoo LT: Minimally invasive cervical microendoscopic foraminotomy: an initial clinical experience. *Neurosurgery* 51: S37-45, 2002
21. Foley KT, Gupta SK: Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine: preliminary clinical results. *J Neurosurg* 97: 7-12, 2002
22. Foley KT, Gupta SK, Justis JR, et al: Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. *Neurosurg Focus* 10: E10, 2001
23. Foley KT, Smith MM, Rampersaud YR: Microendoscopic approach to far-lateral lumbar disc herniation. *Neurosurg Focus* 7: E5, 1999
24. Fong S, DuPlessis SJ: Minimally invasive anterior approach to upper cervical spine: surgical technique. *J Spinal Disord Tech* 18: 321-325, 2005
25. Frempong-Boadu AK, Faunce WA, Fessler RG: Endoscopically assisted transoral-transpharyngeal approach to the craniovertebral junction. *Neurosurgery* 51: S60-66, 2002
26. Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al: Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie* 33: 166-168, 1987
27. Guiot BH, Khoo LT, Fessler RG: A minimally invasive technique for decompression of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 27: 432-438, 2002
28. Hadley MN, Spetzler RF, Sonntag VK: The transoral approach to the superior cervical spine. A review of 53 cases of extradural cervicomedullary compression. *J Neurosurg* 71: 16-23, 1989
29. Hadra BE: Wiring the spinous process in Pott's disease. *Trans Am Orthop Assoc* 4: 206-208, 1891
30. Harms J, Rolinger H: A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion (author's transl). *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 120: 343-347, 1982
31. Hibbs RA: An operation for progressive spinal deformities: a preliminary report of three cases from the service of the orthopaedic hospital. 1911. *Clin Orthop Relat Res* 460:1 7-20, 2007
32. Hijikata S: Percutaneous nucleotomy. A new concept technique and 12 years' experience. *Clin Orthop Relat Res*: 9-23, 1989
33. Holly LT, Schwender JD, Rouben DP, et al: Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: indications, technique, and complications. *Neurosurg Focus* 20: E6, 2006
34. Horgan MA, Hsu FP, Frank EH: A novel endoscopic approach to anterior odontoid screw fixation: technical note. *Minim Invasive Neurosurg* 42: 142-145, 1999
35. Horowitz MB: Thoracic discectomy using video assisted thoracoscopy. *Spine (Phila Pa 1976)* 19: 1082-1086, 1994
36. Isaacs RE, Podichetty VK, Sandhu FA, et al: Thoracic microendoscopic discectomy: a human cadaver study. *Spine (Phila Pa 1976)* 30: 1226-1231, 2005
37. Jacobaeus HC: Possibility of the use of the cystoscope for investigation of serious cavities. *Munch Med Wochenschr* 57: 2090-2092, 1910
38. Jang JS, Lee SH, Lim SR: Guide device for percutaneous placement of translaminar facet screws after anterior lumbar interbody fusion. Technical note. *J Neurosurg* 98: 100-103, 2003
39. Jansen EFB, AK: Chymopapain: a new crystalline proteinase from papaya latex. *J Biol Chem* 137: 459-460, 1941
40. Jho HD: Endoscopic microscopic transpedicular thoracic discectomy. Technical note. *J Neurosurg* 87: 125-129, 1997
41. Jho HD: Endoscopic microscopic transpedicular thoracic discectomy. Technical note. *Neurosurg Focus* 4: E7, 1998
42. Jho HD: Endoscopic transpedicular thoracic discectomy. *J Neurosurg* 91: 151-156, 1999
43. Jho HD: Endoscopic transpedicular thoracic discectomy. *Neurosurg Focus* 9: E4, 2000
44. Kambin P, Brager MD: Percutaneous posterolateral discectomy. Anatomy and mechanism. *Clin Orthop Relat Res*:145-154, 1987
45. Khoo LT, Fessler RG: Microendoscopic decompressive laminotomy for the treatment of lumbar stenosis. *Neurosurgery* 51: S146-154, 2002
46. Khoo LT, Palmer S, Laich DT, et al: Minimally invasive percutaneous posterior lumbar interbody fusion. *Neurosurgery* 51: S166-181, 2002
47. Kondrashov DG, Hannibal M, Hsu KY, et al: Interspinous process decompression with the X-STOP device for lumbar spinal stenosis: a 4-year follow-up study. *J Spinal Disord Tech* 19: 323-327, 2006
48. Kwok YS, Hou J, Jonckheere EA, et al: A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery. *IEEE Trans Biomed Eng* 35: 153-160, 1988

49. Laine TLT, Ylikoski M, Lohikoski J, et al: Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: a randomised controlled clinical study in 100 consecutive patients. *Eur Spine J* 9: 235-240, 2000
50. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, et al: Robotic surgery: a current perspective. *Ann Surg* 239: 14-21, 2004
51. Leng LZ, Anand VK, Hartl R, et al: Endonasal endoscopic resection of an os odontoideum to decompress the cervicomedullary junction: a minimal access surgical technique. *Spine (Phila Pa 1976)* 34: E139-143, 2009
52. Li J, Yan DL, Zhang ZH: Percutaneous cervical nucleoplasty in the treatment of cervical disc herniation. *Eur Spine J* 17: 1664-1669, 2008
53. Li SG, Sheng L, Zhao H, et al: Clinical applications of computer-assisted navigation technique in spinal pedicle screw internal fixation. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 89: 736-739, 2009
54. Lidar Z, Lifshutz J, Bhattacharjee S, et al: Minimally invasive, extracavitary approach for thoracic disc herniation: technical report and preliminary results. *Spine J* 6: 157-163, 2006
55. Magerl FP: Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop Relat Res*: 125-141, 1984
56. Maroon JC: Current concepts in minimally invasive discectomy. *Neurosurgery* 51: S137-145, 2002
57. Mayer HM: A new microsurgical technique for minimally invasive anterior lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 22: 691-699, 1997
58. McCulloch JA: Chemonucleolysis and microsurgery for lumbar disk disease. *JAMA* 257: 28, 1987
59. Merloz P, Tonetti J, Pittet L, et al: Pedicle screw placement using image guided techniques. *Clin Orthop Relat Res* : 39-48, 1998
60. Nolte LP, Zamorano LJ, Jiang Z, et al: Image-guided insertion of transpedicular screws. A laboratory set-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 20: 497-500, 1995
61. Obenchain TG: Laparoscopic lumbar discectomy: case report. *J Laparoendosc Surg* 1: 145-149, 1991
62. Obenchain TG, Cloyd D: Laparoscopic lumbar discectomy: description of transperitoneal and retroperitoneal techniques. *Neurosurg Clin N Am* 7: 77-85, 1996
63. Obenchain TG, Cloyd D, Savin M: Outpatient laparoscopic lumbar discectomy: description of technique and review of first twenty-one cases. *Surg Technol Int* 2: 415-418, 1993
64. Onik G, Helms CA, Ginsberg L, et al: Percutaneous lumbar discectomy using a new aspiration probe: porcine and cadaver model. *Radiology* 155: 251-252, 1985
65. Ooi YS Y, Morisaki N: Myelography: the possibility of observing the lumbar intrathecal space by use of an endoscope. *Endoscopy* 5: 901-906, 1973
66. Oppenheimer JH, DeCastro I, McDonnell DE: Minimally invasive spine technology and minimally invasive spine surgery: a historical review. *Neurosurg Focus* 27: E9, 2009
67. Ottolenghi CE: Diagnosis of orthopaedic lesions by aspiration biopsy; results of 1,061 punctures. *J Bone Joint Surg Am* 37-A: 443-464, 1955
68. Palmer S, Turner R, Palmer R: Bilateral decompression of lumbar spinal stenosis involving a unilateral approach with microscope and tubular retractor system. *J Neurosurg* 97: 213-217, 2002
69. Park P, Foley KT: Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with reduction of spondylolisthesis: technique and outcomes after a minimum of 2 years' follow-up. *Neurosurg Focus* 25: E16, 2008
70. Perez-Cruet MJ, Kim BS, Sandhu F, et al: Thoracic microendoscopic discectomy. *J Neurosurg Spine* 1: 58-63, 2004
71. Perez-Cruet MJW MY; Samartzis D: Microendoscopic cervical laminoplasty and laminectomy. Thieme New York, 2004
72. Pimenta L, Diaz RC, Guerrero LG: Charite lumbar artificial disc retrieval: use of a lateral minimally invasive technique. Technical note. *J Neurosurg Spine* 5: 556-561, 2006
73. Pollack IF, Welch W, Jacobs GB, et al: Frameless stereotactic guidance. An intraoperative adjunct in the transoral approach for ventral cervicomedullary junction decompression. *Spine (Phila Pa 1976)* 20: 216-220, 1995
74. Pool JL: Direct visualization of dorsal nerve roots of the cauda equina by means of a myeloscope. *Arch Neurol Psychiatr* 39: 1308-1312, 1938
75. Regan JJM MJ, Picetti GD: (1993) A comparison of VAT to open thoracotomy in thoracic spinal surgery. Presented at the Scoliosis Research Society Meeting Dublin
76. Roh SWK DH, Cardos AC, Fessler RG: Endoscopic foraminotomy using MED system cadaveric specimens. *Spine (Phila Pa 1976)*: 260-264, 2000
77. Rosenthal DR R, de Simone A: Removal of a protruding thoracic disc using microsurgical endoscopy. A new technique. *Spine (Phila Pa 1976)* 19: 1087-1091, 1994
78. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Full-endoscopic anterior decompression versus conventional anterior decompression and fusion in cervical disc herniations. *Int Orthop* 33: 1677-1682, 2009
79. Sachdev VP: Microsurgical lumbar discectomy: a personal series of 300 patients with at least 1 year of follow-up. *Microsurgery* 7: 55-62, 1986

80. Smith L: Enzyme Dissolution of the Nucleus Pulposus in Humans. *JAMA* 187: 137-140, 1964
81. Smith L, Garvin PJ, Gesler RM, et al: Enzyme dissolution of the nucleus pulposus. *Nature* 198: 1311-1312, 1963
82. Thomas L: Reversible collapse of rabbit ears after intravenous papain, and prevention of recovery by cortisone. *J Exp Med* 104: 245-252, 1956
83. Thongtrangan I, Le H, Park J, et al: Minimally invasive spinal surgery: a historical perspective. *Neurosurg Focus* 16: E13, 2004
84. Tian NFH QS, Zhou P, Zhou Y, et al: Pedicle screw insertion accuracy with different assisted methods: a systematic review and meta- analysis of comparative studies. *Eur Spine J* 20: 846-859, 2011
85. Tong FC, Cloft HJ, Joseph GJ, et al: Transoral approach to cervical vertebroplasty for multiple myeloma. *AJR Am J Roentgenol* 175: 1322-1324, 2000
86. Tsuji H: Laminoplasty for patients with compressive myelopathy due to so-called spinal canal stenosis in cervical and thoracic regions. *Spine (Phila Pa 1976)* 7: 28-34, 1982
87. Uehara MT J, Hirabayashi H, Hashidate H, et al: Computer-assisted C1-C2 transarticular screw fixation "Magerl technique" for atlantoaxial instability. *Asian Spine J* 6: 168-177, 2012
88. Venable CS, Stuck WG: Electrolysis-controlling factor in the use of metals in treating fractures. *JAMA* 3: 349, 1939
89. Wang MY, Green BA, Coscarella E, et al: Minimally invasive cervical expansile laminoplasty: an initial cadaveric study. *Neurosurgery* 52: 370-373, 2003
90. Wang MY, Prusmack CJ, Green BA, et al: Minimally invasive lateral mass screws in the treatment of cervical facet dislocations: technical note. *Neurosurgery* 52: 444-447, 2003
91. Williams RW: Microlumbar discectomy: a conservative surgical approach to the virgin herniated lumbar disc. *Spine (Phila Pa 1976)* 3: 175-182, 1978
92. Wiltse LL, Spencer CW: New uses and refinements of the paraspinal approach to the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 13: 696-706, 1988
93. Wong WHR MA, Garfi SR: Vertebroplasty/kyphoplasty. *J Women's Imaging* 2:117-124, 2000
94. Yasargil MG: Microsurgical operation of herniated lumbar disc. *Adv Neurosurg* 4: 81, 1977
95. Yasargil MG, Tranmer BI, Adamson TE, et al: Unilateral partial hemi-laminectomy for the removal of extra- and intramedullary tumours and AVMs. *Adv Tech Stand Neurosurg* 18: 113-132, 1991
96. Zucherman JF, Zdeblick TA, Bailey SA, et al: Instrumented laparoscopic spinal fusion. Preliminary Results. *Spine (Phila Pa 1976)* 20: 2029-2034, 1995



## 2 SPİNAL CERRAHİDE MİNİMAL İNVAZİV YAKLAŞIMLAR

Mustafa Serdar Bölük, Mehmet Zileli

### GİRİŞ

Son 20 yılda cerrahi teknik ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak değişik spinal patolojiler için çok sayıda minimal invaziv spinal cerrahi (MİSC) yöntemi geliştirilmiştir (27). MİSC uygulanan hastalarda kanama miktarı, enfeksiyon oranı, hastanede kalış süresi ve narkotik ilaç kullanımında azalma yanı sıra hastanın fizyolojik stresindeki azalma, MİSC nin açık cerrahiye üstünlükleridir (35). MİSC tekniklerinin geliştirilerek yaygın kullanımı, hayat kalitesi artışında olumlu yönde değişikliğe neden olmuştur (2). Yine de MİSC' nin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu bölümde MİSC' nin artı ve eksi yönleri ortaya konulmaya çalışılacaktır.

### MİSC ÇEŞİTLERİ

Minimal invaziv spinal cerrahi çeşitleri Tablo 1 de özetlenmiştir. Vertebroplasti veya kifoplastinin spinal patolojiler için en az invaziv cerrahi yaklaşım olduğunu söyleyebiliriz. Vertebroplasti, kemik biyopsisi kanülü ile gerçek görüntü rehberli olarak uygulanır. Diğer önemli teknik grup endoskopik spinal cerrahilerdir. Birçok türü bulunmaktadır. Lomber omurga için transforaminal veya interlaminar endoskopik yaklaşım en sık kullanılan endoskopik cerrahilerdir. Ayrıca, torasik vertebralara ventral yaklaşım için torakoskopik cerrahi kullanılabilir. Son olarak lomber vertebralara ventral yaklaşım için laparoskopik cerra-

**Tablo 1.** Minimal İnvaziv Spinal Cerrahi Tipleri

1- Görüntü rehberli perkütan cerrahiler Vertebroplasti-Kifoplasti
2- Endoskopik cerrahiler Transforaminal, interlaminar, torakoskopik Tam endoskopi, tüp rehberli Su irrigasyonlu, Su irrigasyonsuz
3- Mini-açık cerrahiler Tüp rehberli, Retroperitoneal, Transpoatik Minimal invaziv pedikül vidalaması

hi kullanılabilir. Lomber retroperitoneal, transpoatik veya MİS pedikül vidalama gibi mini-açık cerrahiler de yine MİSC uygulamaları olarak kabul edilmektedir.

### MİSC ENDİKASYONLARI

Minimal invaziv cerrahiler ile dekompresyon, füzyon, deformite düzeltilmesi ve tümör rezeksiyonu yapılabilir. Bu endikasyonlar ile kullanılan MİSC teknikleri aşağıda sıralanmıştır:

#### 1) MİS Dekompresyon

##### a) Tüp Rehberli Cerrahi:

Tüp rehberli cerrahi Foley ve Smith tarafından ilk kez 1996 da tanıtılmıştır (28). İlk önce 25 derecelik bir endoskop kullanmalarına rağmen, birçok cerrah daha sonra tüp ekartörleri mikroskop ile kullanmaya geçmiş ve tekniği "Mikroendoskopik Diskektomi" olarak adlandırmıştır (Şekil 1). Şu anda piyasada çok sayıda tüp tipi bulunmaktadır. Masaya monte fişatör, boru şeklindeki ekartörün farklı yönlerde hareket etmesine ve açılmasına yardım eder. Çalışma kanalı ve endoskop, geniş bir kontralateral görünüm sağlamak için açılabilir (Şekil 1, 2)

Bu sistem spinal dar kanal gibi diğer alanlara da uygulanmıştır. Lomber spinal kanal darlığı cerrahisi unilaterale yaklaşım ve bilateral dekompresyon ile yapılabilir (18). Uzak lateral lomber disk herniasyonları da mikroendoskopik teknik ile tedavi edilebilir (20).

Tüp rehberli cerrahi posterior servikal diskektomi için de kullanılabilir. 16-18 mm lik tüpler kullanılarak, floroskopi ve mikroskop kontrolü altında lateral servikal disk hernileri çıkarılabilir (Şekil 3). Normal dokularda minimum travmaya yol açması, postoperatif enfeksiyon riskinin daha az olması ile hastanede kalış ve işe dönüş süresinde kısımla olması servikal endoskopik cerrahinin önemli kazanımlarıdır (3).

##### b) Tam Endoskopi:

Farklı endoskop tasarımları ve el aletlerinin geliştirilmesi, tam endoskopik omurga cerrahisinin teknik





**Şekil 1.** Kasların dilatasyonundan sonra tüp ekartörünün yerleştirilmesi.



**Şekil 2.** Endoskop kullanarak tüp rehberli ameliyat.

ilerlemesini ve kapsamlı uygulamasını desteklemiştir (7). Bu sistemlerde çapları 6,5-7,5 mm arasında değişen sulu irrigasyon ve aspirasyon kanülüne ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca özel aletlere, radyofrekans (RF) lezyon cihazlarına ve yüksek çözünürlüklü endoskoplara ihtiyaç vardır. Endoskopik lomber omurga cerrahisi iki teknikle gerçekleştirilebilir: transforaminal ve interlaminar endoskopi.

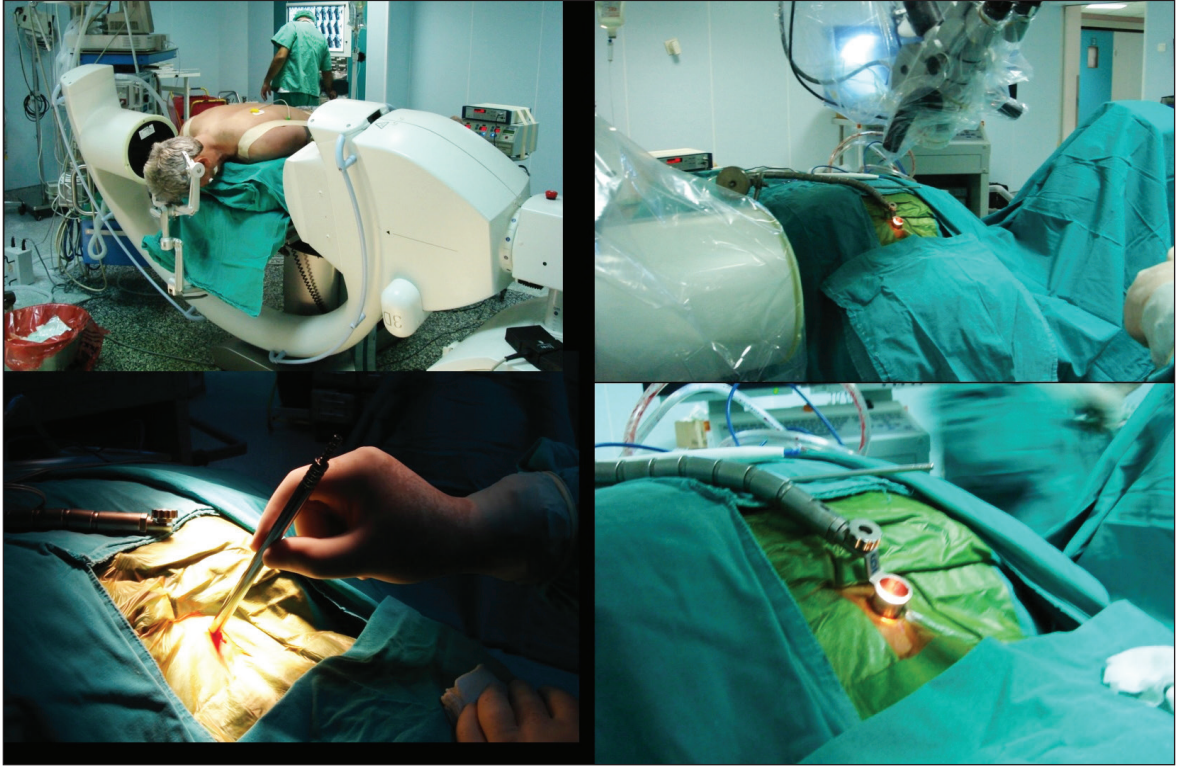
**Transforaminal endoskopi:** Kambin, lomber disk hernileri için transforaminal yaklaşımı ilk olarak 1970' lerde tanımlandı (39). Kambin ayrıca transforaminal yaklaşımın anatomik temellerini ve lezyona nöral hasara yol açmadan ulaşılabilen güvenli üçgen bölgeyi tanıtan çalışmalar yaptı (16). Bu çalışma ile daha büyük kanül ve aletlerin kullanımının kolay-

laşması endoskopik cerrahiyi popülerleştirmiştir (19). Kambin üçgeninin sınırları ise ön veya hipotenüs çizgisi, çıkan sinir kökü; taban veya alt sınır, alt omurun üst son plağı; tavan veya medial sınır, faset ile örtülü tekal kese ve çaprazlayan sinir köküdür (8).

İntraforaminal ve ekstraforaminal disk hernilerinde transforaminal endoskopi uygulanabilir (12). İliak kristanın yüksek, intertransvers aralığın küçük ve foramenlerin kranial seviyelere göre daha dar olmasının anatomik çalışmalar ile gösterilmesi ile transforaminal yaklaşımla L5-S1 seviyesindeki patolojilere ulaşmanın zorluğu anlaşılmıştır (7).

**İnterlaminar endoskopi:** Ruetten disk hernisi ve darlığı için tam endoskopik interlaminar yaklaşımı tanıttı (33). İnterlaminar endoskopi kanal içi (ekstrüde) disk hernilerinde de uygulanabilir (30). İnterlaminar endoskopik omurga cerrahisi transforaminal teknikten sonra geliştirilmiş olsa da kanal darlığı tedavisinde de kullanılmasıyla tam endoskopik cerrahinin sınırlarını genişletmiştir. Ayrıca, interlaminar yaklaşım, esas olarak L5-S1 seviyesinde migrasyon göstermeyen veya düşük dereceli migrasyona sahip yumuşak disk hernilerinin tedavisinde transforaminal yaklaşımdan daha etkilidir (34).

Torasik ve servikal spinal cerrahide interlaminar endoskopik yaklaşım üzerine yapılan son çalışmalar, gelecekte bu seviyelerdeki patolojilerin tedavisinde kullanımının artacağını düşündürmektedir (7). Ancak dar kanal vakalarında drilllemenin zorlukları, öğrenme süresinin uzunluğu ve başlangıç aletlerinin



**Şekil 3.** Posterior servikal mikroendoskopik diskektomi.

yüksek maliyeti interlaminar tam endoskopinin dezavantajlarını oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, tüp rehberli diskektomi tüm herniasyon ve spinal darlık türlerinde uygulanabilir. Geleneksel kullanılan aletlerde hafif bir değişiklik işlem için yeterli olabilir. Temel ekipman ucuzdur. Endoskop veya mikroskop ile uygulanabilir. Öğrenme süresi daha kısadır.

Su irrigasyon sistemlerinin kullanıldığı transforaminal ve interlaminar endoskopi, tüp rehberli cerrahiye göre teknik olarak daha zahmetlidir ve kullanım alanı daha kısıtlıdır.

## 2-MİS Füzyon

### a) Pedikül vidası ile fiksasyon:

Lomber omurganın perkütan fiksasyonu ilk olarak Magerl tarafından tanımlanmıştır (23). 2000'lerin başında Foley ve ark. dönüm noktası sayılan Sextant adlı modifiye pedikül vida sistemini kullanarak bir olgu serisi yayınladı (14).

Minimal invaziv perkütan pedikül vidası yerleştirmede cerrahlar radyolojik anatomiyi iyi bilmelidir. Floroskopik görüntü rehberliği veya BT navigasyon uygulanabilir. Floroskopi kontrolü gerçekleştirirken AP görünümündeki oryantasyon daha kritik öneme

sahiptir. İlk adım, bir K-teli yerleştirmek, ardından K-telleri üzerinden kanüllü bir vidayı yerleştirmektir. Rodu yerleştirmek, özellikle çok seviyeli fiksasyonlar için daha zor olabilir.

Daha küçük insizyonlar, daha az kas retraksiyonu ve travması, daha az kan kaybı, daha az postoperatif ağrı, daha az narkotik kullanımı ve daha kısa hastanede kalış süresi MİS perkütan pedikül vidası yerleştirmenin avantajlarıdır (15).

Potansiyel olarak daha uzun operasyon süreleri ve teknik zorluklar, cerrahın manuel kontrolünün veya dokunma hissinin olmaması, etkilenmeyen seviyelerde kas hasarı oluşması, anatomiyi görselleştirememeye ve cerrahın çok fazla radyasyon alması ve daha uzun öğrenme eğrisi bu tekniğin dezavantajlarıdır. Ek olarak, omurları birbirine yaklaştırmak veya uzaklaştırmak bu teknikle daha zor olabilir.

### b) Interbody Füzyon:

Minimal invaziv girişimlerin omurga cerrahisindeki başarısı, omurga füzyon cerrahisinde de kullanım alanını artırmıştır.

**TLIF:** Minimal invaziv transforaminal lomber interbody füzyonu (MIS TLIF) ilk olarak 2003 yılında tanımlanmıştır (35). Paramedian kas kesilerek de



TLIF yapabilir. Büyük (26 mm) bir boru şeklindeki ekartör kullanılabilir. Bununla birlikte, çoğu cerrah tek taraflı bir yaklaşımı tercih ederek tüp yardımı ile bir PEEK kafesi yerleştirir.

**Direkt Lateral Füzyon; Ekstremlateral Interbody Füzyon (XLIF); Transpoatik Yaklaşım:** Bu minimal invaziv yöntem lomber interbody füzyon cerrahisinde anterior lomber interbody füzyon (ALIF) cerrahisinin hasta ve cerrahlar için oluşturduğu iyi bilinen zorluklarını yok etmek için geliştirilmiştir. Bu yaklaşımdaki başlıca risk, lumbosakral pleksus yaralanmasıdır. Pimenta, bu tekniği ilk kez 2003 yılında tanıttı (26). Ana avantajı, disk seviyesine çok büyük bir kafes yerleştirilerek implant için stabilite ve büyük bir füzyon yatağı sağlamaktır. Ayrıca büyük kafeslerin deformitesini düzeltebilir. Büyük damarları mobilize etmeye gerek olmaması, büyük lordotik kafeslerin obez hastalarda dahi kolay yerleştirilebilmesi, açılış için yardımcı başka cerrah gerektirmemesi ve yüksek füzyon oranları transpoatik yaklaşımın avantajlarıdır.

Öte yandan, transpoatik yaklaşım lumbosakral sinirleri yaralayabilir; bu nedenle lomber pleksus zedelenmesini önlemek için EMG izlemi gereklidir. Ayrıca bu yöntem için özel ekartörler ve kafesler kullanılmalıdır. Son olarak, derin çalışma kanalı ve posterior fiksasyon hâlâ gereklidir (10, 26).

XLIF endikasyonları şu şekildedir; dejeneratif disk hastalığı ve dejeneratif skolyozu olan yaşlı hastalar, grade 1 listezis olanlar, mevcut füzyon sonrası uzatmaya ihtiyaç duyan hastalar ve L1-4 füzyonu gereken hastalar. L5-S1 füzyonun lateral girişimle yapılması mümkün değildir.

Son çalışmalar ile ekstrem lateral interbody füzyon cerrahisinden sonra spinal stenozun dolaylı dekompresyonunun sağlandığı gösterilmiştir (17, 24).

**Diğer lomber transkutan vidalamalar:** 1959'da Boucher tarafından uygulanan "transfaset fiksasyonu" ve Magerl tarafından 1984'te tasarlanan "translaminar faset fiksasyonu" gibi başka perkütan fiksasyon yöntemleri de bulunmaktadır. (1, 5).

**L5-S1'e Transsakral Yaklaşım (AXIALIF):** Bu teknik ilk olarak L5-S1 seviyesine ALIF in bir alternatifi olarak tanıtıldı (9). Ek tespit ihtiyacı ve tespit yöntemi tartışmalıdır (11).

Yöntemin dezavantajları ise ek posterior fiksasyon gerektirmesi, yüksek kaynamama oranı ve bildirilen majör komplikasyonlardır (bağırsak penetrasyonu vb.) (6). Bu nedenle AXIALIF ilk popülaritesini kaybetmiş ve çoğu cerrah tarafından terk edilmiştir.

### 3- MİS Deformite Düzeltmesi:

Son 10 yılda teknolojiye yaşanan gelişmelere paralel olarak deformite için uygulanan minimal invaziv spinal cerrahide (MİSC) önemli ilerleme sağlanmıştır. Bu da sonuç olarak açık cerrahiye göre spinal hastalıklarda MİS yöntemler kullanımının ciddi avantajları olabileceğini ortaya koymuştur (15).

#### a) Anterior cerrahi:

Torasik spinal cerrahide endoskopik cerrahi tekniklerin kullanımı Mack ve ark. tarafından 1993' de gösterilmiştir (22). Torasik anterior cerrahi iki bölümden oluşur; torakoskopik gevşetme ve torakoskopik enstrümantasyon.

**Torakoskopik gevşetme:** Torakoskopik gevşetme cerrahisi torakoskopik disektomiye benzemektedir. Torasik lordoz ve psödoartrozun önlenmesi gibi seçilmiş vakalarda anterior gevşetme ve kemik greft kullanımını posterior enstrümantasyon uygulamalarından daha iyi sonuçlar vermektedir (4). Teknoloji ve posterior cerrahi tekniklerdeki ilerlemeye rağmen spinal deformitelerin düzeltilmesinde anterior gevşetme uygulamalarına ihtiyaç giderek artmaktadır. Ek olarak birçok yazar ciddi ve rijit skolyotik deformitelerin tedavisinde anterior gevşetme/füzyon ve posterior füzyon/enstrümantasyon yöntemlerinin kombine kullanılmasını tavsiye etmektedir (13). Günümüzde anterior gevşetme cerrahisi yerini giderek posterior yöntemlere bırakmaktadır (38).

**Torakoskopik enstrümantasyon:** Özel geliştirilmiş vidalar, rodlar ve redüksiyon araçları kullanılarak torakoskopi ile anterior gevşetme, greftleme ve enstrümantasyon yapılabilmektedir (37). Çalışmalarda majör ve minör komplikasyonlar gösterilmiştir. Enstrümantasyon ilişkili komplikasyonlar diğerlerinden ağırlıklı olarak daha fazladır, bunu pulmoner komplikasyonlar izler (32). Teknik zorluğunun fazla olması, daha yüksek psödoartroz ve implant başarısızlık oranları görülmesi torakoskopik enstrümantasyonun dezavantajlarıdır (29). Ancak uygulamadaki zorluklar ve diğer yöntemlere göre fiksasyon gücünün daha zayıf olması nedeniyle çoğu cerrah bu yaklaşımı terketmiştir.

#### b) Posterior cerrahi:

Perkütan pedikül vida ve rodları kullanılarak deformite düzeltilmesi mümkündür, ancak teknik olarak zordur. Düzeltme manevralarının uygulanması da oldukça güçtür.

### 4-Yorum:

Minimal invaziv spinal ameliyatların endikasyonları

konvansiyonel cerrahi ile aynıdır. Bununla birlikte, MİSC teknikleri kullanıldığında enfeksiyon insidansı nispeten daha düşüktür. O'Toole ve ark. 1338 minimal invaziv spinal cerrahi uygulamasıdır (basit dekompresyon girişimleri %78, enstrümanlı artrodez %20, minimal invaziv intradural girişimler %2) (25). Cerrahi alan enfeksiyonu oranı basit dekompresyon için %0,1 ve minimal invaziv füzyon/fiksasyon için %0,74 bulunmuştur. Minimal invaziv omurga cerrahisi teknikleri ile, literatürde yayınlanan diğer geniş, modern açık spinal cerrahi serilerine kıyasla postoperatif yara enfeksiyonları 10 kata kadar azaltılabilir (25).

Daha fazla postoperatif ağrı, uzamış hastanede kalış süresi, yara izleri ve hoş olmayan kozmetik görünüm açık cerrahinin istenmeyen etkileridir (35). Başlangıç teknik ekipmanın yüksek maliyeti, öğrenme süresinin uzunluğu ile cerrah ve ameliyathane ekibinin yüksek röntgen maruziyeti MİS cerrahisinin dezavantajlarıdır (21). MİSC'nin dezavantajlarının üstesinden gelinmelidir. Görünüşe göre dokunarak algılama eksikliği, çift düzlemlili görüntüleme ve maliyetleri artıran özel araç ve ekipman türlerinin gerekliliği nedeniyle MİSC uzun bir öğrenme eğrisi gerektirmektedir. MİSC komplikasyonlarının tedavisi zor olabilir. İşlem sırasında cerrah daha fazla radyasyona maruz kalmaktadır.

MİSC tekniği açık cerrahiye göre daha az enfeksiyon oranı, kısa hastanede kalış süresi, işe hızlı dönüş ve daha iyi kozmetik sonuçlar içerir. Bu yöntemlerin uygulanması hastalar tarafından cerrahlardan giderek daha fazla talep edilmektedir (35, 36). Ancak MİSC tekniklerinin uzun dönem sonuçları açık cerrahiden daha üstün değildir (31).

## KAYNAKLAR

1. Agarwala A, Bucklen B, Muzumdar A, et al: Do facet screws provide the required stability in lumbar fixation? A biomechanical comparison of the Boucher technique and pedicular fixation in primary and circumferential fusions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2012 Jan;27(1):64-70.
2. Ahn Y, Youn MS, Heo DH: Endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: a comprehensive review. *Expert Rev Med Devices*. 2019 May;16(5):373-380.
3. Ahn Y: The Current State of Cervical Endoscopic Spine Surgery: an Updated Literature Review and Technical Considerations. *Expert Rev Med Devices*. 2020 Dec;17(12):1285-1292.
4. Arunakul R, Peterson A, Bartley CE, et al: The 15-Year Evolution of the Thoracoscopic Anterior Release: Does It Still Have a Role? *Asian Spine J*. 2015 Aug;9(4):553-8.
5. Benini A, Magerl F: Selective decompression and translaminar articular facet screw fixation for lumbar canal stenosis and disc protrusion. *Br J Neurosurg*. 1993;7(4):413-8.
6. Boachie-Adjei O, Cho W, King AB: Axial lumbar interbody fusion (AxialLIF) approach for adult scoliosis. *Eur Spine J*. 2013 Mar;22 Suppl 2(Suppl 2): S225-31.
7. Chen KT, Jabri H, Lokanath YK, et al: The evolution of interlaminar endoscopic spine surgery. *J Spine Surg*. 2020 Jun;6(2):502-512. d
8. Choi G, Pophale CS, Patel B: Endoscopic Spine Surgery. *J Korean Neurosurg Soc*. 2017 Sep;60(5):485-497. doi: 10.3340/jkns.2017.0203.004. Epub 2017 Aug 30. Erratum in: *J Korean Neurosurg Soc*. 2019 May;62(3):366.
9. Cragg A, Carl A, Casteneda F, et al: New percutaneous access method for minimally invasive anterior lumbosacral surgery. *J Spinal Disord Tech*. 2004 Feb;17(1):21-8.
10. Deluzio KJ, Lucio JC, Rodgers WB: Value and cost in less invasive spinal fusion surgery: lessons from a community hospital. *SAS J*. 2010 Jun 1;4(2):37-40.
11. Erkan S, Wu C, Mehbod AA, et al: Biomechanical evaluation of a new AxialLIF technique for two-level lumbar fusion. *Eur Spine J*. 2009 Jun;18(6):807-14.
12. Fiorenza V, Ascanio F: Percutaneous Endoscopic Transforaminal Outside-In Outside Technique for Foraminal and Extraforaminal Lumbar Disc Herniations-Operative Technique. *World Neurosurg*. 2019 Oct; 130:244-253.
13. Floman Y, Micheli LJ, Penny JN, et al: Combined anterior and posterior fusion in seventy-three spinally deformed patients: indications, results and complications. *Clin Orthop Relat Res*. 1982;(164):110-122.
14. Foley KT, Gupta SK, Justis JR, et al: Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. *Neurosurg Focus*. 2001 Apr 15;10(4): E10.
15. Hussain I, Fu KM, Uribe JS, et al: State of the art advances in minimally invasive surgery for adult spinal deformity. *Spine Deform*. 2020 Dec;8(6):1143-1158.
16. Kambin P: Arthroscopic microdiscectomy. *Mt Sinai J Med* 1991; 58:159-64
17. Kepler CK, Sharma AK, Huang RC, et al: Indirect foraminal decompression after lateral transpsoas interbody fusion. *J Neurosurg Spine*. 2012 Apr;16(4):329-33.
18. Khoo LT, Fessler RG: Microendoscopic decompressive laminotomy for the treatment of lumbar stenosis. *Neurosurgery*. 2002 Nov;51(5 Suppl): S146-54.
19. Kim M, Kim HS, Oh SW, et al: Evolution of Spinal Endoscopic Surgery. *Neurospine*. 2019 Mar;16(1):6-14.

20. Liu T, Zhou Y, Wang J, et al: Clinical efficacy of three different minimally invasive procedures for far lateral lumbar disc herniation. *Chin Med J (Engl)*. 2012 Mar;125(6):1082-8.
21. Lykissas MG, Giannoulis D: Minimally invasive spine surgery for degenerative spine disease and deformity correction: a literature review. *Ann Transl Med*. 2018 Mar;6(6):99.
22. Mack MJ, Regan JJ, Bobechko WP, et al: Application of thoracoscopy for diseases of the spine. *Ann Thorac Surg*. 1993 Sep;56(3):736-8.
23. Magerl F: External skeletal fixation of the lower thoracic and the lumbar spine, in Uthoff HK, Stahl E (eds) *Current Concepts of External Fixation of Fractures*. New York: Springer Verlag, 1982, pp 353-366
24. Oliveira L, Marchi L, Coutinho E, et al: A radiographic assessment of the ability of the extreme lateral interbody fusion procedure to indirectly decompress the neural elements. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Dec 15;35(26 Suppl):S331-7.
25. O'Toole JE, Eichholz KM, Fessler RG: Surgical site infection rates after minimally invasive spinal surgery. *J Neurosurg Spine*. 2009 Oct;11(4):471-6.
26. Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, et al: Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J*. 2006 Jul-Aug;6(4):435-43.
27. Park J, Ham DW, Kwon BT, et al: Minimally Invasive Spine Surgery: Techniques, Technologies, and Indications. *Asian Spine J*. 2020 Oct;14(5):694-701.
28. Perez-Cruet MJ, Foley KT, Isaacs RE, et al: Microendoscopic lumbar discectomy: technical note. *Neurosurgery*. 2002 Nov;51(5 Suppl):S129-36.
29. Picetti GD, Pang D, Bueff HU: Thoracoscopic techniques for the treatment of scoliosis: early results in procedure development. *Neurosurgery* 2002;51: 978-84.
30. Priola SM, Ganau M, Raffa G, et al: A Pilot Study of Percutaneous Interlaminar Endoscopic Lumbar Sequestrectomy: A Modern Strategy to Tackle Medically-Refractory Radiculopathies and Restore Spinal Function. *Neurospine*. 2019 Mar;16(1):120-129.
31. Qin R, Liu B, Hao J, et al: (2018) Percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus posterior open lumbar microdiscectomy for the treatment of symptomatic lumbar disc herniation: a systemic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2018 Dec;120:352-362
32. Reddi V, Clarke DV Jr, Arlet V: Anterior thoracoscopic instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008 Aug 15;33(18):1986-94.
33. Ruetten S, Komp M, Godolias G: A New full-endoscopic technique for the interlaminar operation of lumbar disc herniations using 6-mm endoscopes: prospective 2-year results of 331 patients. *Minim Invasive Neurosurg*. 2006 Apr;49(2):80-7.
34. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Use of newly developed instruments and endoscopes: full-endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach. *J Neurosurg Spine*. 2007 Jun;6(6):521-30.
35. Smith ZA, Fessler RG: Paradigm changes in spine surgery: evolution of minimally invasive techniques. *Nat Rev Neurol*. 2012 Aug;8(8):443-50.
36. Spetzger U, Von Schilling A, Winkler G, et al: The past, present and future of minimally invasive spine surgery: a review and speculative outlook. *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2013 Aug; 22(4):227-41.
37. Sucato DJ: Thoracoscopic anterior instrumentation and fusion for idiopathic scoliosis. *J Am Acad Orthop Surg*. 2003 Jul-Aug; 11(4):221-7.
38. Suk SI, Kim JH, Cho KJ, et al: Is anterior release necessary in severe scoliosis treated by posterior segmental pedicle screw fixation? *Eur Spine J*. 2007 Sep;16(9):1359-65.
39. Telfeian AE, Veeravagu A, Oyelese AA, et al. A brief history of endoscopic spine surgery. *Neurosurg Focus* 2016;40: E2

# 3 LOMBER DİSK DOKUSUNDA REJENERASYON VE REJENERATİF YÖNTEMLER

Numan Karaarslan, İbrahim Yılmaz

## GİRİŞ

İntervertebral disk (IVD), nükleus pulposus (NP), annulus fibrozus (AF) ve hyalin son plaklardan oluşmaktadır. IVD dokusunun santralinde yer alan, su ve proteoglikan açısından zengin olan NP, tip-1 kolajen lifleri açısından zengin bir doku olan AF tarafından çevrelenmiştir. IVD dejenerasyonu (IVDD), sadece IVD'nin kendisi içerisinde değil aynı zamanda disk dokusuna komşu spinal yapılardaki dejeneratif değişikliklerle de ilişkilidir. Bu yüzden başarılı rejeneratif tedavilerin, muhtemelen, yalnızca disk alt bileşenlerinin ötesinde, komşu spinal yapılardaki patolojik değişikliklerin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Spinal dokuların patolojisine bağlı olarak kişilerin yaşam ve iş kaliteleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Hem iş kayıpları hem de bu tür patolojilerin tedavilerine bağlı sağlık ekonomilerine oldukça fazla mali yükler binmektedir. Genellikle aksiyel bel ağrısı ile ilişkili olan, hücresel, yapısal, bileşimsel ve AF/NP'ta mekanik değişiklikler ile karakterize olan IVDD'da, sadece AF/NP'den değil aynı zamanda AF/NP'ye komşu kartilajinöz end-plate'de de ortaya çıkabilir. Yaşlanma ve dejenerasyonda, kartilajinöz yapıda olan end-plate'de, hücresel mikromimari ve yapısal olarak çeşitli değişikliklere uğrar. Artan kalsifikasyon, azalan glikozaminoglikan/kolajen ve proteoglikan seviyeleri nedeni ile doku hidrasyonu olumsuz yönde etkilenir. Bundan dolayı da IVD'nin metabolizmasında önemli rol alan çözünen maddelerin geçirgenliğine ve diffüzyon ile ilişkili taşınmaları sınırlanabilir (1).

Güncel konservatif tedavi modalitelerinden biri olan fiziksel tıp ve rehabilitasyonun; hücre artışı ile karakterize, eklem kıkırdak dokusunda proliferasyon ve ekstraselüler matriks (ECM) yapısında artışa neden olan anabolik etkilere sahip olduğuna dair canlı memeli denekler üzerine çalışmalara rastlansa bile (9) insan IVD dokusu üzerine etkilerine yönelik herhangi bir kanıt değeri yüksek bir çalışmanın olmadığı bilinmemektedir (1). IVDD, bel ağrısı ve fonksiyonel kayba yol açan fenotipik ve genotipik değişikliklerle karakterize multifaktöriyel ve progresif bir süreçtir. Disk-

lerdeki anabolizma ve katabolizma arasındaki uzun süreli dengesizlik, mikro yapıyı hücresel düzeyde değiştirerek progresif proteoglikan kaybı ve IVDD'ye yol açan dehidratasyona sebep olur.

IVDD için mevcut tedavi algoritmaları sadece semptomları hafifletebilir, ancak altta yatan dejeneratif süreci ve bunların yönetimini hedeflemez. Araştırmacılar, disk dokusunun yaşlanması ve dejenerasyonu arasındaki farkları bulmaya çalıştılar. Disk dejenerasyonundan sorumlu çeşitli faktörlerin yanı sıra rejenerasyon stratejilerinin belirlenmesi için yoğun çabalar devam etmektedir.

Son zamanlarda biyolojik tedavi yaklaşımları IVDD alanında ivme kazanmıştır. Bu kitap bölümünde, lomber diskin rejenerasyonu için ne yapılabilir sorusuna yanıt aranmaya çalışılmıştır. Ancak dejener olmuş olan disk dokusunu rejener edebilmek için, IVDD fizyopatolojisini anlamak ve IVDD'ye neden olan sinyal yolları ya da kaskadları inhibe etmek önem arz eder. Burada, literatürdeki mevcut anlayışı göstermek ve büyüme faktörü, hücre ve gen tedavisi gibi farklı farmakobiyolojik tedavileri içeren rejenerasyon stratejilerindeki, son gelişmelerin ortaya konulabilmesi amaçlanmıştır.

NP onarımına yönelik farmakorejeneratif stratejiler büyük ölçüde hücre, büyüme faktörü ve başta hidrojeller olmak üzere ilaç taşıma sistemlerinden oluşurken, AF onarımına yönelik stratejiler, herniasyonu tamir etmeye yönelik "scaffold" denilen çatı-ağlar ya da adezivlerden oluşur.

IVD rejenerasyonuna yönelik çalışmalarda genel olarak ortak amaçlar; proenflamatuvar sitokinler/mediatörleri baskılayarak, makrofaj aktivasyonuna engel olabilmek ve bu sayede disk hücreleri ile makrofajların etkileşimlerini önlemektir. Bununla birlikte eş zamanlı olarak bir yandan NP dejenerasyonunun, matriks metalloproteinaz (MMP)'lerin sentezinin ve NLRP3 inflamazomunun supresyonu da hedeflenir. Diğer yandan, nükleer faktör kapp-B (NF-κB) ile birlikte interlökin-1 beta (IL-1β)'nın



inhibisyonları amaçlanır. Rejenerasyon tedavilerinde, sadece anılan bu transkripsiyon faktörlerine ait proteinlerin meydana getirdiği katabolik reaksiyonlar baskılanmaya çabalanmaz, aynı zamanda anabolizma reaksiyonlarını indükleyerek, AF ve NP hücrelerin proliferasyonlarını artırmak ve hipoksi ile indüklenebilir faktör-1 alfa (Hif-1 $\alpha$ )'nın dengesinin korunması hedeflenmektedir (31).

Hif-1 $\alpha$ , NP'nin distrofik mineralizasyonunu ve ayrıca anjiyogenez, otofaji ve apoptozu düzenler (10). IVD, komşu hyalin kıkırdak end-plateleri aracılığı ile üst ve alt omur gövdelerinden diffüzyon mekanizması ile oksijenizasyonunu sağlar ve anaerobik glikoliz yoluyla ATP üretir. IVDD bir dizi hücre, bileşimsel ve yapısal değişiklik ile karakterize edilir. İleri yaşla birlikte, ECM bileşiminde belirgin değişiklikler meydana gelir. IVD'deki NP ve AF hücreleri, diğer dokularla karşılaştırıldığında zayıf rejeneratif kapasiteye sahiptir.

Hif-1 $\alpha$ , hipoksiye tepki olarak çok sayıda enzimin düzenlenmesi dahil olmak üzere, düşük oksijen gerilimi ortamına yanıt olarak koordineli bir hücresel kaskadı başlatan ana transkripsiyon faktörüdür. HIF-1 $\alpha$ , NP gelişimi ve homeostazı için gereklidir ve IVD dejenerasyon sürecinin çeşitli süreçlerinde yer alır, NP'de ECM'yi destekler, NP'nin metabolik aktivitelerini korur. Bu nedenle Hif-1 $\alpha$ , erken IVDD için bir tanı aracı ve IVDD'nin inhibisyonunda bir terapötik hedefi temsil edebilir (14).

Aşırı düzeyde oksidatif stres ve enflamasyon, IVDD'nin gelişimindeki anahtar erken faktörlerdir. NLRP3 inflamazom, oksidatif stresin ve enflamatuvar tepkilerin ana kaynağı olarak tanımlanmış ve bu nedenle IVDD için çekici bir terapötik hedef hâline gelmiştir (22, 26, 37).

Literatürde, IVDD'nin inatçı lomber aksiyel bel ağrısına veya radiküler ve spinal kor basısına neden olarak ikincil nörolojik defisitlere yol açabilen patolojik bir durum olduğu, bununla birlikte disk dokusundaki dejeneratif süreçler için temel bir tedavi modalitesi olmadığı ve mevcut tedavi yöntemlerinin dolaylı olarak semptomları hafifletmeye odaklandığı raporlanmıştır. Bugüne kadar çok sayıda çalışmanın yapıldığını ve IVDD'nin tüm tedavileri için ana stratejinin, programlanmış veya düzenlenmiş hücre ölümü nedeniyle hücre kaybını önlemek olduğunun önemi ortaya çıkmıştır (18).

IVD'nin, vücuttaki büyük avasküler kartilaj yapısı ancak besin tedariki düşük dokular olması nedeni ile IVD yapısını oluşturan hücrelerin, kendi kendini sindirerek ve hasarlı bileşenleri geri dönüştürerek bir

stres tepkisi altında hayatta kalma mekanizması olan otofajiyi kullanabileceği bildirilmiştir (33, 34).

Son çalışmalar, degradasyon için lizozomların içeriğini sitoplazma içerisine ileterek, hücre homeostazı regüle eden, evrimsel olarak korunmuş bir hücre içi devridaim sistemi olan otofajinin, IVDD'de ikincil bir rol oynadığını bulmuştur. Çoğu çalışma, otofajiyi indüklemenin IDD sürecini yavaşlatabileceğini gösteriyor olsa da bazı araştırmalar, kapsamlı otofaji aktivasyonunun aracılık ettiği apoptozun IVDD'yi hızlandırdığını ileri sürmektedir (8).

Literatürde, IL-1 $\beta$  ve NF- $\kappa$ B'nin, IVD'e ait otofaji, yaşlanma (*senescence*) ve hücre apoptozunda önemli rol oynadığı bildirilmiştir. Buna ek olarak, anabolik yolaklarda önemli rol oynayan, apoptoz ve ECM degradasyonuna engel olabilmek için, (*sex-determination region Y [SRY] protein-related high-mobility group box genes*)-9 (Sox9)'a ait gen ve protein ifadesinin de indüklenmesi gerektiği vurgulanmıştır (32).

Disk dokusunun rejenerasyonunda bu tür olumlu etkileri artırmak ve/veya olumsuz etkileri baskılabilmek için, medikal ve cerrahi tedavilere ek olarak, sinyal transdüksiyonu, hücre transplantasyonu ve farmakogen tedavisi gibi konular üzerinde yoğunlaşmıştır.

Sinyal transdüksiyonunda, ana strateji, büyüme faktörleri olmakla beraber, GAG, Col2A1, ECM sentez indüksiyonu da hedeflenmektedir. Hücre içi ve/veya hücre dışı ileti sistemine, uygun *drug delivery systems* olarak bilinen ilaç taşıma sistemleri aracılığı ile müdahale edilmek sureti ile dejeneratif sürecin kırılmasına odaklanılmıştır.

Tang Z ve ark. (23); yaşla birlikte şiddetlenen IVDD patogeneğinde, IVDD'nin derecesinin farklı olduğu olgulardan elde ettikleri dokular ve de hidrojen peroksitle otofaji sinyal yollarını indükledikleri deneysel fare modelinde, NP hücrelerinde Nrf2 seviyelerini test etmişlerdir. Araştırmalarının sonucunda nükleer faktör (eritroid kökenli-2) benzeri 2 (Nrf2)'nin NP hücrelerinde, oksidatif ve proteotoksik strese karşı uyarlanabilir koruma sağlayabileceği çıkarımında bulunmuşlardır (23).

Kıkırdak end-plate dokusunun, eksozomlar yoluyla IVDD'nin ilerlemesini geciktirdiğini doğrulayan ilk bulgulara sahip kanıt düzeyi yüksek bir araştırmada, kıkırdak end-plate dokusunun dejenerasyonunun, IVDD'yi indüklediği raporlanmış ve buna ek olarak NP hücrelerinin apoptozunun da IVDD'yi alevlendirdiğinin altını çizmişlerdir (17).

Mevcut cerrahi tedavilerin hiçbirinin altta yatan

biyolojik sorunu- semptomatik dejenere diski- başarılı bir şekilde ele almadığı gibi gerek spinal enstrümantasyon ile füzyon girişimlerinin gerekse disk protezi uygulamalarının omurga esnekliğini azalttığını ve olguların takiplerinde komşu segment dejenerasyonuna neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, IVDD ile mücadele için yeni ve basamak tedavilerine yönelik karşılanmamış bir ihtiyaç olduğu literatürde vurgulanmıştır. IVD'yi rejenere edebilmeyi amaçlayan birkaç yeni tedavi seçeneği arasında en yaygın yaklaşımlar; doku mühendisliği, büyüme faktörü tedavisi, farmakogen tedavisi ve dejenerasyonun evresine göre, hücre temelli tedavileri içerir. Son zamanlarda, küçük moleküllerin, IVDD üzerindeki rejeneratif aktivitesi gösterilmiştir (12).

Ayrıca anti-enflamatuar, anti-apoptotik, anti-oksidatif ve anabolik etkilerinden dolayı, disk hücrelerinin dejenerasyonunu önleyebileceği ve IVD'nin rejenerasyonunu tetikleyerek artırabileceği inancı ile 900 daltondan küçük olan düşük moleküler ağırlıklı organik bileşikler, yeni trend araştırma konuları arasında en ön sıralara gelmiştir.

Sıçan kuyruğu penetran travması indüklenen bir IVDD modeli kullanarak, polifenollerin flavonoid grubundan bir bitki flavonolu olan kuersetin'nin, IVDD'ye karşı koruyucu bir etkisi olduğunu doğrulanmış (36), ayrıca kuersetin bileşiğinin p38-MAPK aracılı otofajiyi modüle ederek IVDD'yi önleyebileceği ve bu nedenle IVDD tedavisinde potansiyel bir terapötik strateji olduğu bildirilmiştir.

Bitkilerin rizomlarında daha çok bulunan ve yine doğal bir bileşik olup, benzilizokinolin alkaloidi-protuberberin grubunda yer alıp, kuarternler amonyum tuzu olan berberinin, otofajide önemli rol oynayan mikrotübül ile ilişkili protein 1A/1B-hafif zincir 3 (LC3) proteinini baskılayıp, NP hücrelerinde apoptozu ve ECM degradasyonunu baskıladığı ve IVDD'yi iyileştirdiği, kemirgen hayvan modeli deneysel araştırmada kanıtlanmıştır (6).

Üzüm, yaban mersini, böğürtlen ve kirazda çok olmak üzere birçok bitkide bulunan, doğal bir antosiyanidin türü organik bileşik olan siyanidin, in vitro ve in vivo olarak sıçan NP hücrelerinin apoptozunu ve JAK2/STAT3 sinyal yolu aracılığıyla, IVDD'yi hafiflettiği iddia edilmiştir (2).

Yine bitkilerde bulunan, birkaç glikozitin aglikonu flavon sınıfına ait doğal bir bileşik olan apigenin, NP hücrelerinin otofajik akımını tersine çevirerek, IVDD'ye karşı tedavide etkin olabileceği bilgisine literatürden ulaşılmaktadır (27).

Benzer şekilde *Curcuma longa* bitkisinden elde edilen ve yine doğal bir fenolik bileşik olan, antioksidan ve antiinflamatuvar etkilere sahip olduğu bildirilen curcumin'nin, IVD hücrelerinde otofajik süreçleri restore ederek, oksidatif hasara ve mitokondrial disfonksiyona karşı disk dejenerasyonunu önleyebileceği bildirilmiştir (13).

Oksidatif stres kaynaklı mitokondriyal disfonksiyonun, IVDD'nin patogeneğinde rol oynadığı, mitokondride bulunan bir sirtuin ailesi proteini olan, sirtuin-3 (SIRT3)'ün, mitokondriyal homeostaz, oksidatif stres altında yaşlanma ve apoptozda rol oynadığının bildirildiği bir araştırmada, *Manolya* cinsine ait ağaçlardan elde edilen bir lignan olan honokiol'ün SIRT3'ü indüklediği ve dejeneratif NP hücrelerinde, oksidatif stresi baskılaması nedeni ile SIRT3 agonisti olan bu bileşiğin, IVDD'yi iyileştirdiği raporlanmıştır (25).

Otofaji homeostazının, IVD hücrelerinin dejenerasyon ve rejenerasyonunda hücre içi metabolik denge için hayati öneme sahip olduğunun bildirildiği bir araştırmada, kanıtların, D vitamini ve D vitamini reseptörünün IVDD'nin farklı otofaji basamakları üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle önem taşıdığını öne sürmüşlerdir (15).

Olgu kontrollü retrospektif dizayna sahip bir çalışmada, bir jelatin süngerin içerisine, ropivakain, deksametazon ve vitamin B12 ile empenye edilerek, kokteyl tedavisi gerçekleştirilmiştir (28). Perkütan endoskopik lomber diskektomi sonrası erken postoperatif iyileşmeyi destekleyip desteklemediğinin araştırıldığı bu çalışmada, perkütan endoskopik lomber diskektominin yalnızca mekanik kompresyonu hafiflettiği, ancak komşu sinir kökünün enflamatuar reaksiyonunu doğrudan azaltmadığını, bunun da postoperatif dönemde kalıcı ağrı ve fiziksel fonksiyonel kayıplara katkıda bulunacağı bildirilmiştir. Ropivakain, deksametazon ve B12 vitamini ile empenye edilmiş bir jelatin süngerle yapılan "kokteyl tedavisinin", postoperatif dönemde, erken ve tatmin edici bir şekilde, bel ve bacak ağrılarının giderilmesini ve hızlı fonksiyonel iyileşmeyi desteklediği çıkarımında bulunulmuştur (28).

Doğal olan küçük moleküllü bileşiklerden olan kurkumin, resveratrol,  $\beta$ -karyofilin ve o-vanilin'in senomorfik farmasötik etki gösterdiği de bilinenler arasındadır. Ayrıca küçük moleküllü doğal bileşiklerden olan, estradiol, kamferol ve urolitin-A'nın antiinflamatuvar ve antioksidatif etkileri, kannabidiol'ün bu etkilere ek olarak antiapoptotik etkisi, epigallokateşin 3-gallat, resveratrol, ikariin ve rein'in anılan tüm bu özelliklere ek olarak anti-katabolik etkileri, luteolosid, resveratrol ve naringin'in ise tüm bunlara ilaveten anabolik etkileri de bilinmektedir.



Resveratrol'ün, hedeflenen ilaç taşıma sistemi olarak kullanılan, ultrason aracılı poli(laktik-ko-glikolik asit) nanokabarcıklara emdirilerek uygulanmasının ardından, bu ilaç taşıma sistemi ile birlikte resveratrolün, IVDD'nin tedavisinde kullanılabileceği raporlanmıştır (21).

Tüm bunlara ek olarak, küçük moleküllü doğal bileşiklerin, IVDD'ye karşı, BMP-2 aktivatörü ve senolitik aktivitelerinden de bahsedilmektedir. IDD tedavisinde kaempferol ve statinlerin, BMP-2 sinyal yolağı aracılığı ile potansiyel bir rejeneratif etki göstermiştir.

Küçük moleküllü bileşiklerden sentetik yolla üretilen bileşiklerden statinlerin de yine BMP-2 aktivatörü olduğu bilinenler arasındadır. Yine sentetik küçük moleküllü bileşiklerden olan metformin ve gefitinib'in otofajide, deksmedetomidin bileşiğinin ise piroptozun inhibisyonunda önem arz ettiği saptanmıştır.

Yaşlanmış hücreler, metabolik olarak hâlâ aktif olan ancak bölünemeyen hücrelerdir. Bu hücrelerin, proinflamatuvar bir ortama katkıda bulunan yaşlanmayla ilişkili salgı fenotipi (SASP) salgılayarak dejenerasyon sırasında IVD dokusundaki katabolik kaskada katkıda buldukları gösterilmiştir (5).

IVDD'ye bağlı kronik lomber aksiyel bel ağrılı olguların umut vaat eden yeni tedavi seçenekleri için büyüme faktörü ve kök hücre enjeksiyonu dahil birçok farmako-biyolojik yaklaşımlara olan ilgi artmış durumdadır. Farmakogen tedavisi, IVDD tedavisi için heyecan verici yeni olasılıkları temsil eder, ancak tedavi henüz emekleme aşamasındadır.

Büyüme faktörlerinden olan; fibroblastik büyüme faktörü, büyüme ve başkalaşım faktörü-5, transforme edici büyüme faktörü-β, epidermal büyüme faktörü, IVD'nin rejenerasyonu açısından önem taşır. Büyüme faktörleri, hücre membranına temas ettiklerinde, sitokinler üzerinden hücre içine sinyal iletimi sağlayarak, hücrenin mitotik aktivitesinin artırılmasına ve buna bağlı olarak da homeostazisin sağlanmasına yol açar. IVD hücrelerinin anılan bu büyüme faktörleri ile stimüle edilmesinin, proteoglikan sentezini artırdığı ortaya çıkmıştır. BMP-2 ve BMP-7 gibi BMP heterodimerlerinin ise agrekan ve tip-2 kolajen (col2A1)'e ait gen ifade düzeyini ve ayrıca NP hücrelerinin glikozaminoglikan (GAG) sentezini başarılı bir şekilde upregüle edebildiği raporlanmıştır (16).

Trombositten zengin plasmanın, yüksek oranlarda büyüme faktörleri içeriğinden dolayı in-vitro ortamda, domuz NP ve AF hücrelerine uygulandığında, proteoglikan ve Col2A1 sentezini indükleyerek artış gösterdiği saptanmıştır (4).

Anti-TNF etki gösteren biyolojik ajanların, NP hücre proliferasyonunu yavaşlatarak, anabolik yollarını inhibe ve katabolik yollarını aktive eden farklı gen ekspresyonlarını değiştirebildiği için, IVDD'nin iyileşmesini geciktirebileceği vurgulanmaktadır (3).

Zhao ve ark'ları, NP hücrelerinin anormal apoptozisinin, IVDD gelişimindeki en dikkat çekici patolojik değişikliklerden biri olduğunu vurguladıkları çalışmalarında (38); IVDD tedavisinde kök hücre temelli tedavi uygulamalarındaki ilerlemelere rağmen, mezenkimal kök hücrenin (MSC) anti-apoptotik etkilerinin altında yatan moleküler mekanizmaların tam olarak aydınlatılmadığını vurgulamışlardır.

Farmakogen tedavisinde, intradiskal gen tedavisi çalışmalarında, retrovirus/adenovirus/adenovirus benzeri/bakülovirus gibi viral vektörlerin kullanıldığı ve bu sayede, doğrudan hedef organ hücrelerine ilgili genin transferi ya da alınan hücrelerin laboratuvar ortamında genetik olarak modifiye edildikten sonra hedef organa implantasyonu şeklinde uygulanabileceği, günümüzde artık araştırılan konulardandır (19).

Başlangıçta, gen tedavisine viral vektörler aracılık ediyor iken, son yıllardaki ilerlemeler ile birlikte, araştırmacılar, hedef hücrelerde mutajenite ve enfeksiyon riskinin olmadığı virüs aracılı olmayan gen tedavisi yöntemlerini tercih etmeye yönelmişlerdir. Sürekli çabalarla, virüs aracılı olmayan gen tedavisi, gelecekte IVDD tedavisinde son derece güçlü bir araç olduğunu kanıtlayabilir (20, 39).

Dejenere disk hücrelerine in vitro ya da canlı memeli deneklere in vivo ortamda uygulanan RNA interferans (RNAi) sayesinde, post transkripsiyonel aşamada gen susturma ve gen düzenlemenin (24) ya da rapamisin sinyallemesinin memeli hedefi (mTOR)'nin IVDD'ye karşı etkileri, araştırılan konular arasında yerini almış durumdadır (35).

MAPK/ERK sinyal yolağının negatif düzenleyicisi olan SIRT6'yı, miR-338-3p ile doğrudan hedefleyerek, IVDD'nin ilerlemesinin araştırıldığı bir çalışmada, antagomir-338-3p'nin intradiskal enjeksiyonunun, fare IVDD modellerinde, IVDD gelişimini önemli ölçüde yavaşlattığı kanıtlanmıştır (11).

IVDD tanısı alan olguların, miRNA mikrodizisi ve kantitatif gerçek zamanlı PCR (RT-qPCR) testlerine ek olarak, miRNA hedeflerini saptamak için lusiferaz raportör ve Western blot analizlerinin yapıldığı bir çalışmada, NP hücrelerindeki miRNA ekspresyon profilleri araştırılmıştır. Sonuçta, miR-24-3p upregülasyonunun, IGFBP5 ve ERK sinyal yolu aracılığıyla IVDD'yi destekleyebileceği bildirilmiştir (7).

Disk dejenerasyonunun en önemli nedenlerinden birinin intradiskal basıncın artışının olduğunun ileri sürüldüğü ve 59 olgunun raporlandığı bir çalışmada, intradiskal basınç düşürülerek hücre rejenerasyonuna, yeterli ECM üretimi sağlanarak yardımcı olunabilir mi sorusuna yanıt aranmıştır (30).

Östrojen'in otofajiyi teşvik ederek, enflamatuar prositokinlerden olan IL-1 $\beta$  ile birlikte TNF- $\alpha$ 'nın ve MMP'lerin inhibisyonunu sağladığı, bu sayede katabolizmanın azaltıldığı, integrin  $\alpha$ 2 $\beta$ 1 ve anabolizmanın artırılmasına ek olarak, PI3K/Akt sinyal yolunun aktive edilmesi sayesinde, IVD hücre apoptozunun, oksidatif stresin ve hasarın azaltılabileceği de vurgulanmıştır (29).

Sonuç olarak, lomber IVD rejenerasyonu konusu yoğun bir araştırma sürecindedir. Sinyal transdüksiyonu, hücre nakilleri ve farmakogen tedavisi çalışmaları gelişmekte olan farmakorejeneratif yöntemlerdir. Farmakogen tedavisi ve hücre nakillerinin majör uygulama problemleri çözümlendikten sonra geleceğin en önemli tedavi yöntemleri olacağı şüphesizdir. Omurga cerrahisinin önemli konularından biri de diskin rejenerasyonuna katkıda bulunabilecek yeni yaklaşımlar olacağı aşikârdır. Farklı küçük molekülü ajanların kullanımı için vurgulanması gereken önemli bir faktör, farmakolojik veya farmakobiyolojik tedavilerin sınır noktasıdır. Büyüme faktörleri, hücre, gen tedavisi ve küçük molekülleri içeren biyolojik veya moleküler tedaviler, tipik olarak IVDD'nin erken evrelerinde dejenere olmuş diski onarmak ve yenilemek için kullanılabilir (Pfırrmann derece I-III). Ancak, bu yöntemler hastalıkların ileri evrelerini (Pfırrmann derece IV-V) tedavi etmek için yeterli değildir ve son çare olarak cerrahi girişimler gerekecektir. IVDD'yi doğru dejenerasyon evresinde ve erken bir şekilde tespit edebilmek veya in-vivo olarak farklı küçük moleküllere hızlı doku tepkilerini değerlendirmek için in-vivo biyoluminesans gibi yeni tanı yaklaşımları acil olarak geliştirilmesi gerekmektedir. Sistemik olarak verilen küçük moleküllerin, IVD'de etkili bir konsantrasyonuna ulaşması oldukça zor/ulaşsa bile etkisiz olabilir. Bu yüzden, moleküllerin lokal olarak verilmesine, yerinde müsaade edebilecek kontrollü salıma izin veren; hidrojeller, mikro küreler, nanopartiküller ve diğer farmakolojik preparatların araştırılması, gelecekte bu sorunu çözmek için umut verici sonuçlar olarak görülmektedir.

## ÇIKARIM

Literatürde neredeyse bu tür araştırmaların tümünde, tek tek hücreler, bunların mikroçevresi olan ECM

yapısı veya dokular üzerinde ayrı ayrı çalışıldığı anlaşılmıştır. Oysa, IVDD'de meydana gelen patolojik değişiklikler sadece disk dokusu değil, disk dokusuna komşu vertebral kemik, faset eklemler ve paraspinal kaslar ile bu yapıların tümünde meydana gelir.

## KAYNAKLAR

1. Ashinsky B, Smith HE, Mauck RL, et al: Intervertebral disc degeneration and regeneration: a motion segment perspective. *Eur Cell Mater* 41: 370-380, 2021
2. Bai X, Jiang M, Wang J, et al: Cyanidin attenuates the apoptosis of rat nucleus pulposus cells and the degeneration of intervertebral disc via the JAK2/STAT3 signal pathway in vitro and in vivo. *Pharm Biol* 60: 427-436, 2022
3. Caliskan T, Sirin DY, Karaarslan N, et al: Effects of etanercept, a tumor necrosis factor receptor fusion protein, on primary cell cultures prepared from intact human intervertebral disc tissue. *Exp Ther Med* 18: 69-76, 201937.
4. Charneux L, Demoulin C, Vanderthomment M, et al. Platelet-rich plasma (PRP) and disc lesions: A review of the literature. *Neurochirurgie* 63: 473-477, 2017
5. Che H, Li J, Li Y, et al: p16 deficiency attenuates intervertebral disc degeneration by adjusting oxidative stress and nucleus pulposus cell cycle. *Elife* 9: e52570, 2020
6. Chen Y, Zheng Z, Wang J, et al: Berberine suppresses apoptosis and extracellular matrix (ECM) degradation in nucleus pulposus cells and ameliorates disc degeneration in a rodent model. *Int J Biol Sci* 14: 682-692, 2018
7. Chen Z, Liu M, Zhang W, et al: miR-24-3p induces human intervertebral disc degeneration by targeting insulin-like growth factor binding protein 5 and the ERK signaling pathway. *Life Sci* 243: 117288, 2020
7. Gong CY, Zhang HH: Autophagy as a potential therapeutic target in intervertebral disc degeneration. *Life Sci* 273: 119266, 2021
9. Hartman RA, Yurube T, Ngo K, et al: Biological responses to flexion/extension in spinal segments ex-vivo. *J Orthop Res* 33: 1255-1264, 2015
10. He R, Wang Z, Cui M, et al: HIF1A Alleviates compression-induced apoptosis of nucleus pulposus derived stem cells via upregulating autophagy. *Autophagy* 17: 3338-3360, 2021
11. Jiang H, Moro A, Wang J, et al: MicroRNA-338-3p as a novel therapeutic target for intervertebral disc degeneration. *Exp Mol Med* 59: 1356-1365, 2021
12. Kamali A, Ziadlou R, Lang G, et al: Small molecule-based treatment approaches for intervertebral disc degeneration: Current options and future directions. *Theranostics* 11: 27-47, 2021

13. Kang L, Xiang Q, Zhan S, et al: Restoration of Autophagic Flux Rescues Oxidative Damage and Mitochondrial Dysfunction to Protect against Intervertebral Disc Degeneration. *Oxid Med Cell Longev* 2019: 7810320, 2019
14. Kim JW, Jeon N, Shin DE, et al: Regeneration in Spinal Disease: Therapeutic Role of Hypoxia-Inducible Factor-1 Alpha in Regeneration of Degenerative Intervertebral Disc. *Int J Mol Sci* 22: 5281, 2021
15. Lan T, Shen Z, Hu Z, et al. Vitamin D/VDR in the pathogenesis of intervertebral disc degeneration: Does autophagy play a role? *Biomed Pharmacother* 148: 112739, 2022
16. Li Z, Lang G, Karfeld-Sulzer LS, et al: Heterodimeric BMP-2/7 for nucleus pulposus regeneration-In vitro and ex vivo studies. *J Orthop Res* 35: 51-60, 2017
17. Luo L, Jian X, Sun H, et al: Cartilage endplate stem cells inhibit intervertebral disc degeneration by releasing exosomes to nucleus pulposus cells to activate Akt/autophagy. *Stem Cells* 39: 467-481, 2021
18. Ohnishi T, Iwasaki N, Sudo H: Causes of and Molecular Targets for the Treatment of Intervertebral Disc Degeneration: A Review. *Cells* 11: 394, 2022
19. Roh EJ, Darai A, Kyung JW, et al: Genetic Therapy for Intervertebral Disc Degeneration. *Int J Mol Sci* ; 22: 1579, 2021
20. Sampara P, Banala RR, Vemuri SK, et al: Understanding the molecular biology of intervertebral disc degeneration and potential gene therapy strategies for regeneration: a review. *Gene Ther* 25: 67-82, 2018
21. Shen J, Zhuo N, Xu S, et al: Resveratrol delivery by ultrasound-mediated nanobubbles targeting nucleus pulposus cells. *Nanomedicine (Lond)* 13: 1433-1446, 2018
22. Tang P, Gu JM, Xie ZA, et al: Honokiol alleviates the degeneration of intervertebral disc via suppressing the activation of TXNIP-NLRP3 inflammasome signal pathway. *Free Radic Biol Med* 120: 368-379, 2018
23. Tang Z, Hu B, Zang F, Wang J, Zhang X, Chen H: Nrf2 drives oxidative stress-induced autophagy in nucleus pulposus cells via a Keap1/Nrf2/p62 feedback loop to protect intervertebral disc from degeneration. *Cell Death Dis* 10: 510, 2019
24. Tsujimoto R, Yurube T, Takeoka Y, et al: Involvement of autophagy in the maintenance of rat intervertebral disc homeostasis: an in-vitro and in-vivo RNA interference study of Atg5. *Osteoarthritis Cartilage* 30: 481-493, 2022
25. Wang J, Nisar M, Huang C, et al: Small molecule natural compound agonist of SIRT3 as a therapeutic target for the treatment of intervertebral disc degeneration. *Exp Mol Med* 50: 1-14, 2018
26. Xia C, Zeng Z, Fang B, et al: Mesenchymal stem cell-derived exosomes ameliorate intervertebral disc degeneration via anti-oxidant and anti-inflammatory effects. *Free Radic Biol Med* 143: 1-15, 2019
27. Xie C, Shi Y, Chen Z, et al: Apigenin Alleviates Intervertebral Disc Degeneration via Restoring Autophagy Flux in Nucleus Pulposus Cells. *Front Cell Dev Biol* 9: 787278, 2022
28. Yang JS, Liu KX, Chu L, et al: Cocktail Treatment with a Gelatin Sponge Impregnated with Ropivacaine, Dexamethasone, and Vitamin B12 Promotes Early Postoperative Recovery after Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy: A Retrospective, Case-Controlled Study. *Pain Physician* 23: E211-E218, 2020
29. Yang S, Zhang F, Ma J, et al: Intervertebral disc ageing and degeneration: The antiapoptotic effect of oestrogen. *Ageing Res Rev* 57: 100978, 2020
30. Yilmaz A, Senturk S, Sasani M, et al: Disc Rehydration after Dynamic Stabilization: A Report of 59 Cases. *Asian Spine J* 11: 348-355, 2017
31. Yilmaz I, Akalan H, Sirin DY, et al: Is Favipiravir a Potential Therapeutic Agent in the Treatment of Intervertebral Disc Degeneration by Suppressing Autophagy and Apoptosis? *Turk Neurosurg* Mar 25, 2022
32. Yilmaz I, Karaarslan N: Examining the effects of HMG-CoA reductase inhibitors on anabolic and catabolic signaling pathway proteins associated with degenerative disc disease. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 26:1-12, 2022
33. Yurube T, Buchser WJ, Moon HJ, et al: Serum and nutrient deprivation increase autophagic flux in intervertebral disc annulus fibrosus cells: an in vitro experimental study. *Eur Spine J* 28: 993-1004, 2019
34. Yurube T, Hirata H, Ito M, et al: Involvement of Autophagy in Rat Tail Static Compression-Induced Intervertebral Disc Degeneration and Notochordal Cell Disappearance. *Int J Mol Sci* 22: 5648, 2021
35. Yurube T, Ito M, Kakiuchi Y, et al: Autophagy and mTOR signaling during intervertebral disc aging and degeneration. *JOR Spine* 3: e1082, 2020
36. Zhang S, Liang W, Abulizi Y, et al. Quercetin Alleviates Intervertebral Disc Degeneration by Modulating p38 MAPK-Mediated Autophagy. *Biomed Res Int* 2021: 6631562, 2021
37. Zhao K, An R, Xiang Q, et al: Acid-sensing ion channels regulate nucleus pulposus cell inflammation and pyroptosis via the NLRP3 inflammasome in intervertebral disc degeneration. *Cell Prolif* 54: e12941, 2021
38. Zhao YT, Qin Y, Yang JS, et al: Wharton's Jelly-derived mesenchymal stem cells suppress apoptosis of nucleus pulposus cells in intervertebral disc degeneration via Wnt pathway. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 24: 9807-9814, 2020
39. Zhu K, Zhao R, Ye Y, et al: Effect of lentivirus-mediated growth and differentiation factor-5 transfection on differentiation of rabbit nucleus pulposus mesenchymal stem cells. *Eur J Med Res* 27: 5, 2022

## 4 DEJENERATİF İNTERVERTEBRAL DİSKTE MİKROANATOMİK DEĞİŞİKLİKLER

İlker Kiraz, Mesut Yılmaz

İnsan omurgası dik durmanın ötesinde, geniş bir hareket aralığını desteklemek üzerine evrimleşmiştir. İnsan omurgasının esnekliği, dik duruşun sağlanmasında üç eklem kompleksi olarak birlikte çalışan intervertebral diskler (IVD) ve faset eklemlerin varlığından kaynaklanır. Faset eklem ya da diğer bir deyişle zigapofisial eklemler birbirine komşu iki omurun inferior ve superior artiküler çıkıntıları arasında oluşan sinovial bir eklemdir. Faset eklemler omurga üzerindeki mekanik yükün iletimini paylaşır, omurganın aşırı aksiyel rotasyonunu sınırlar ve pasif stabiliteyi sağlar.

İntervertebral diskler, sınırlı hareketlere izin veren, spinal kompresyona direnen fibrokartilaj yastıklarıdır. Omurganın fleksiyonunda ve ekstansiyonunda yükü vertebra gövdesine doğru eşit dağıtırlar.

İntervertebral disk (IVD) dokusunun dejenerasyonu, disk fizyolojisinde değişikliklere ve biyomekanik fonksiyon kaybına neden olan çeşitli yapısal değişiklikler ile karakterize edilir. Karmaşık dejenerasyon süreci, birbiriyle oldukça ilişkili biyomekanik, biyokimyasal ve hücrel etkileşimler sergiler. Disk dejenerasyonunun gerçekte ne olduğu veya büyüme, yaşlanma, iyileşme ve adaptif yeniden şekillenme gibi fizyolojik süreçlerden nasıl ayırt edilmesi gerektiği konusunda bir fikir birliği yoktur. Ağrılı omurga hastalıklarından sorumlu tutulan başlıca şüpheli genelde intervertebral diskler olmuştur. Disk dejenerasyonunun bir kez başlatıldıktan sonra tersine çevrilebileceği veya durdurulabileceği belirsizdir.

Disk dejenerasyonu ve disk herniasyonu gibi ilişkili dejeneratif durumlar hem çevresel hem de genetik olarak birçok faktöre bağlanmıştır. Titreşim gibi mesleki maruziyetler, travma, ağır kaldırma ve kilo alma gibi mekanik etkiler, tütün kullanımı, egzersiz eksikliği gibi yaşam tarzı faktörleri IVD dejenerasyonuna ve herniasyonuna katkıda bulunmakla suçlanırlar (9,24).

Dejenerasyon ilerledikçe, intervertebral disk (IVD) fizyolojik yükleri verimli bir şekilde absorbe etme

kabiliyetini kaybeder, bu da uç plak değişikliklerine, osteofit oluşumuna ve trabeküler mikro kırıklara yol açan bitişik vertebra gövdelerine yük aktarımı ile sonuçlanır. Artmış yük faset eklemlerde artroza, hipertrofiye yol açar ve nöral doku basılanır (30).

### İntervertebral Diskin Mikroanatomi ve Hücre Biyolojisi

IVD, merkezinde nükleus pulpozun yer aldığı, anulus fibrosusun periferik olarak yerleştiği, kraniyal ve kaudal olarak kapiller yataklarla ilişkide olan kırık-dakilı uç plakları içeren anatomik birimin parçasıdır.

Anulus fibrosus (AF) vertebra cisimleri arasında oblik uzanan esas olarak tip 1 kollajen liflerinin ortak merkezli katmanlarından oluşur. AF'de yüzeyel katmanlardan içeriye doğru gidildikçe su içeriğinde ve tip 2 kollajen miktarında artış gözlenir. AF'de katmanları oluşturan kollajenlerin oryantasyonu tek biçimli yapıda değildir. Her bir konsantrik tabakadaki lifler yönlerini değiştirerek omurganın uzunlamasına olan eksenine yaklaşık 30° hizalanır; bu, NP'nin tutulması için optimal gerilme mukavemeti sağlayan bir özelliktir (13).

AF'nin dış katmanlarındaki hücreler, kollajen lif sıralarıyla hizalanmış uzun çekirdekli fibroblast benzeri hücrelerdir. Periferik AF ekstraselüler matiksi (ECM), nispeten düşük proteoglikan ve su içeriğine sahip çoğunlukla tip I kollajen içerir. AF içinde merkezi olarak hareket eden hücreler daha yuvarlak hâle gelir, ECM tip II kollajen ve proteoglikandan daha yüksek hâle geldikçe kondrosit benzeri bir fenotip alır (6). Genel olarak, AF'deki kollajen içeriği kuru ağırlığın yaklaşık %60'ını oluştururken proteoglikanlar yaklaşık %25'ini oluşturur (6). Diğer kollajen türleri, tip II kollajen liflerinin bir araya getirilmesinde önemli olan tip XI kollajen ve bitişik kollajen fibrilleri arasında çapraz bağlar oluşturan tip IX kollajen dahil olmak üzere, daha küçük miktarlarda bulunur (23).

NP'deki hücre popülasyonu AF'nin dış katmanlarından oldukça farklılık gösterir. Doğumda NP'deki hücreler ağırlıklı olarak notokord kökenlidir (23).



Büyümeyle birlikte, diskin NP bölgesinde, ergenlik döneminde AF'nin iç katmanlarında bulunanlara benzer şekilde, kondrosit benzeri yuvarlak hücreler önemli bir çoğunluğa ulaşır (29). Notokord görünümünü koruyan bazı hücreler yetişkinliğe kadar hayatta kalabilir ve diskteki dejeneratif değişikliklerin başlamasını geciktirmede rol oynayabilir. NP'deki ECM, AF'ye kıyasla daha fazla tip II kollajen ve önemli ölçüde daha yüksek proteoglikan konsantrasyonu içerir (23).

Disk ana proteoglikanı olan agrekan, NP kuru ağırlığının %50'sini oluşturur ve yüksek anyonik glikozaminoglikan içeriği (yani kondroitin sülfat ve keratan sülfat) sayesinde ECM'ye çektiği kanyonlar yoluyla diskin yüksek su içeriğinden sorumludur. Böylece kompresyona direnmek için gereken ozmotik özellikler sağlanır (40).

Genç sağlıklı intervertebral diskler, dokunun bir sıvı gibi davranmasına olanak tanıyan anulusun iç tabakasındaki ve nükleustaki yüksek su içeriği nedeniyle su yatağı gibi davranır. En dıştaki anulus tabakası nükleusu sınırlayan bir tabaka olarak işlev görür. Artan yaşla birlikte özellikle nükleustaki su içeriği azalır (1).

Başlangıçta AF ve NP arasında belirgin bir sınır olmasına rağmen, bu ayrım diskte dejenerasyon devam ettikçe ortadan kalkar.

Anulus hücreleri deformasyona yanıtta çoğunlukla tip 1 kollajen sentezler, oysaki nükleus hücreleri çoğunlukla proteoglikan ve tip 2 kollajen sentezlemektedirler. Hücre yoğunluğu yaşla beraber azalma göstermektedir (14).

### Metabolit Transportu

Yetişkin diskinde kan damarları anulusun en dış katmanında bulunmaktadır. Metabolitlerin taşınması küçük moleküller için difüzyon yoluyla, büyük moleküller için sıvı transportu ile gerçekleşmektedir (37). Yaşlanma ile kan damarları kaybolur ve uç plakların difüzyon kapasitesi azalır. Diskin merkezindeki oksijen yoğunluğunun azalması laktik asidoz ve düşük pH ile sonuçlanan anaerobik metabolizmaya yol açar (37). İn vitro deneylerde gösterildiği üzere kronik oksijen eksikliği nükleus hücrelerinin sessiz hâle gelmesine neden olur, oysa kronik glukoz eksikliği bu hücrelerin ölümüne neden olabilir (19). Metabolit taşınmasında olan eksiklikler disk hücrelerinin hem metabolik aktivitelerinde hem de yoğunluklarında kısıtlamaya neden olur. Bu, IVD hücrelerinin ECM üretme yeteneğini azaltır ancak parçalayıcı enzimlerin üretimini engellemez. Bu durum diskin metabolik

veya mekanik olarak hasara uğraması durumunda tamir mekanizmasının sınırlı olmasına neden olur. Uç plak geçirgenliği ve dolayısıyla disk metabolit taşınımı normal olarak büyüme ve yaşlanma sırasında azalır, ancak yine de disk dejenerasyonu varlığında ve uç plak hasarını takiben artar (28). Bu, yaşlanma ve dejenerasyon arasındaki temel farklardan biridir (1).

## DEJENERASYON SÜRECİ

### Dejenerasyona Katkıda Bulunan Genetik Faktörler

Birçok çalışma IVD dejenerasyonunu geliştirmek için bir risk faktörü olarak genetiğin göreceli önemini tanımlamaktadır. Son zamanlarda, IVD'nin dejenerasyonunda rol oynayabilecek birkaç gen tanımlanmış ve daha sonra çeşitli farklı insan popülasyonlarında incelenmiştir.

**Kollajen IX:** Tip IX kollajen, muhtemelen NP'nin ekstraselüler matriksi için destekleyici bir yapı olarak tip II kollajene kovalent olarak bağlanır. Tip IX kollajenin (COL9A2 ve COL9A3 genleri tarafından kodlanan) disk dejenerasyonundaki potansiyel rolü, ilk olarak, erken ve şiddetli disk dejenerasyonu ile ilişkili Fin toplumundaki gen mutasyonları ile belirlendi (23). Çin'den bir popülasyonda da benzer şekilde COL9A2 aleli için 2.4'lük bir olasılık oranı ile disk dejenerasyonu riskinin arttığı gösterildi (20,26). COL9A3 alellerine sahip bireylere kıyasla Finlilerde şiddetli disk dejenerasyonu riskini üç katına çıkaran COL9A3 aleli, Çin popülasyonunda saptanmamıştır (26). Tip IX kollajenin rolü tam olarak tanımlanmamışsa da bu çalışmalarda incelenen aleller, genetik olarak çeşitli insan popülasyonlarında dejeneratif disk hastalığı ile bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir.

**Vitamin D Reseptörü (VDR):** VDR alelleri ve disk dejenerasyonu arasındaki ilişki ilk olarak Fin popülasyonunda rapor edildi (23). Diskli glikozaminoglikanların sülfatlanması ve ECM fonksiyonundaki ilişkili değişiklikler yoluyla etkilediği düşünülmektedir. Varyant VDR alelleri ile çok çeşitli genetik popülasyonlarda olan disk dejenerasyonu arasındaki ilişkiler, bu genin disk dejenerasyonunun patofizyolojisindeki rolü için güçlü bir durum oluşturur (23).

**Kollajen 1:** Tip I kollajen bir üçlü sarmal oluşturur ve transkripsiyon faktörü bağlanma bölgelerini değiştiren polimorfizmler, in vivo olarak tip I kollajen alt tip oranlarını değiştirerek IVD kollajenin gücünü azaltır ve erken dejenerasyona yatkınlık oluşturur. Pluijm ve ark. Hollanda toplumu üzerinde yaptığı araştırmada disk dejenerasyonu ile ilişkili olan tip I kollajen polimorfizmi (COL1A1'in TT genotipi, a-1 alt birimi) rapor ettiler (27).

**Agrekan:** IVD'de bulunan birincil proteoglikandır ve diskin normal fonksiyonu için hayati önem taşır; Proteoglikanların hidrofilik doğası elastik deformeabilitesini (şekil değiştirme) sağlar ve sağlıklı bir diskin MRG'de karakteristik yüksek su sinyalinin verir (23). CS1 olarak bilinen agrekan kor proteininin bir alt birimi polimorfizm gösterebilir (10). Henüz in vivo kanıtlanmamış olsa da kor alt birimdeki bu değişikliklerin, alt birimin disk içindeki suyu tuzaklamak için gerekli bir fonksiyon olan glikozaminoglikanları bağlama yeteneğini etkilediğinden şüphelenilmektedir. Bu durum diskin su tutma kabiliyetini azaltacağı ve dejenerasyonu hızlandıracağını düşündürür (33).

**Matriks Metalloproteinaz 3:** Dejeneratif disklerde ECM'ye etki eden bozucu enzim rolleri nedeniyle, metalloproteinazları kodlayan genlerin IVD dejenerasyonuna genetik duyarlılıkta rol oynadığından şüphelenilmiştir. Matris metalloproteinaz 3 (MMP 3) geni, 5A aleli ile ilişkili promotörün ikinci bir aleli (6A) ile ilişkili promotörden iki kat daha fazla aktiviteye sahip olduğu ortak bir polimorfizm içerir, bu da 5A fenotipinin daha yüksek protein ekspresyon oranına sahip olduğunu ve disk dejenerasyonu ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir (35).

### Azalmış Matriks Üretimi

Disk kurumasına ve fibrozisine önemli katkı yapan durumlardan biri de dejenerasyonun erken evrelerinde fibroblast büyüme faktörü (FGF), insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1), platelet kaynaklı büyüme faktörü (PDGF) gibi mitojenik faktörlerin ortamda artmasına rağmen disk hücrelerinin ekstraselüler fenotiplerinin devamlılığını sağlama kabiliyetlerindeki azalmadır (34,36).

Tip II ve tip IX kollajen yaşamın ilk dönemlerinde pik yapılarına rağmen dejenerasyon süreci ile birlikte özellikle tip II kollajen miktarında azalma görülür. Matriks sentezindeki azalmaya NP yapısal bütünlüğünü zayıflatacak bir faktör olan kollajen çapraz bağların azalması eşlik eder. Aksine bir şekilde tip I ve tip X kollajen seviyelerinde ilerleyen dejenerasyonla birlikte artış olur. Bu da NP'nin fibrozisine ve AF ile NP arasındaki sınırın kaybolmasına neden olur (11,42).

Agrekan ve versikana benzer şekilde, büyük olasılıkla ECM montajı ve onarımında işlev gören biglikan ve dekorin gibi daha küçük proteoglikanların ve ayrıca fibromodulin ekspresyonu, ilerleyen dejenerasyon ile azalır (7).

### Dejenerasyona Katkıda Bulunan Degradative Enzimler

Disk hücreleri hem kendi matrislerini sentezler hem de MMP (matris metalloproteinaz) ve ADAMS (a disintegrin and metalloproteinase) içeren parçalayıcı enzimleri üretilip aktive ederek mevcut matrisi parçalarlar. Matriks döngüsünün moleküler belirteçleri doğal olarak büyüme sırasında bol miktarda bulunur, ancak genellikle daha sonra azalır. MMP'ler latent formda üretilen ve aktivasyonları için bir başka MMP'ye ihtiyaç duyan ekstraselüler, çinko bağımlı proteinazlardır. Doğrudan matris hasarına ek olarak, MMP'ler, latent enzimlerin aktivasyonu yoluyla dolaylı olarak disk dejenerasyonuna katkıda bulunurlar (41).

ADAMT (A Disintegrin And Metalloproteinase with Thrombospondin Motifs) enzim ailesinin üyesi olan agrekanazların artışları dejeneratif disklerde karşımıza çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda sağlıklı disk dokusunda bulduklarını ancak dejenere disklerde ekspresyonlarında artış olduğu görülmüştür (41).

Katapsinler asidik ortamda aktive olan proteinazlardır. Katapsin D, L, K, G aktivitesi diskin dejenerasyona uğradığı bölgelerinde gösterilmiştir. Bu enzimlerin aktivasyonu dejenere disklerin hafif asidik olan ortamlarında pik seviyesine ulaşır (4).

### Proinflatuar Sitokin Ekspresyonu

Sitokinler, hücre içinde ve hücreler arasında sinyal molekülleri olarak işlev gören ve doku hasarı ile lokal veya sistemik inflamasyon ve ağrı belirtileri arasında bağlantısı olan, vücutta çok sayıda işleve hizmet eden küçük proteinlerdir. İnflatuar kaskadın hem bir yan ürünü hem de uyarıcısı olarak işlev görürler. MMP'ler gibi hücreyi doğrudan indirgemeyip, bunu disk hücreleri tarafından üretilen inflamatuvar maddelerin üretimini teşvik ederek dolaylı yoldan yaparlar. İnterleukin-1 diskte eksprese olan prototipik inflamatuvar sitokindir. IL-1 ECM üretimini inhibe ederek, degradative enzimlerin üretimlerini artırarak, döngüsel olarak sitokin üretimini tetikleyerek, kendisi direkt apoptozise yol açmamasına rağmen disk hücrelerini apoptozise duyarlı hâle getirerek dejenerasyona katkıda bulunur (25,42). Doku nekroz faktörü alfa (TNF- $\alpha$ ) dejeneratif disklerde anulusun dış katmanından anular fissürlerin içine doğru uzanan serbest sinir sonlanmalarında artmış olduğu ve bunun ağrıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (32). IL-6, IL-8 gibi sitokinlerde dejeneratif disklerde ekspresyonlarında artış olduğu görülmüş olmakla birlikte dejenerasyona veya inflamasyona nasıl katkıda bulduklarına ait bilgi azdır.

## Hücre Yaşlanması ve Apoptoz

Hücre yaşlanması başlangıçta bir hücrenin bölünmeyi durdurduğu nokta olarak tanımlanmıştır.

Çoğalma kabiliyetinin kaybı iki kategoriye ayrılır: Replikatif yaşlanma (Replicative Senescence, RS) veya stres kaynaklı erken yaşlanma (Stress-induced Premature Senescence, SIP). Kromozom uçlarındaki tekrarlayan diziler olan telomerlerin kaybı RS'den sorumludur. SIP'i açıklayan hücre mekanizmaları daha basittir ve mekanik yaralanma ve enflamatuvar sitokin salınımı gibi durumlardan kaynaklanan serbest oksijen radikal hasarının neden olduğu, onarılamaz DNA hasarının birikmesini içerir.

Disk hücrelerinin selülaritesi programlanmış hücre ölüm (Programmed Cell Death, PCD) oranlarının artması ile birlikte yaşla kısmen azalmaktadır. PCD yaşlanma süreciyle birlikte orantılı olarak artmış olsa da dejeneratif disk hücrelerinde de artmış olduğu görülür (5,15). Dejeneratif disklerdeki bu artış muhtemelen biyomekanik ve biyokimyasal tetikleyiciler nedeniyle gelişir. Hücrelerin apoptozise girmesi ile ilgili yaşlanma sürecindeki tetikleyicilere ek olarak travma mekanik sebepler, nitrik oksit maruziyeti, oksidatif stres, serum ve besin yetersizliği gibi biyokimyasal durumlar sayılabilir (2,17,18).

Hücre düzeyinde, PCD, iki sinyal yolundan biri tarafından etkinleştirilir. Birincisi, bir ligandın, Fas reseptörü veya CD95 gibi hücre zarı ölüm reseptörlerinden birine bağlanmasını içerir. Ligand bağlanması, sitoplazma ve çekirdek içindeki proteinleri parçalayan, temel hücresel döngüyü bozan ve hücre ölümüne yol açan hücre içi kaspazların aktivasyonu ile sonuçlanır (17).

PCD'nin aktivasyonu için başka bir yol, daha sonra mitokondriyal sinyal proteinlerinin sitoplazmaya salınmasına izin vererek kaspaz aktivasyonunu tetikleyen bir apoptoz düzenleyici protein olan Bcl-2'nin baskılanması yoluyla gerçekleşir (17).

## Nöral ve Vasküler Değişiklikler

Sağlıklı intervertebral diskler avasküler ve anöral olmalarına rağmen, dejeneratif disklerde anulusun en dış katmanında oluşan fissürlerden içeriye doğru uzandığı histolojik olarak görülmüştür (13). Normal sağlıklı bir diskte sağlam ve bol olan agrekanlar nöral gelişimi inhibe ederler. Sinir gelişimine karşı ilk savunma hattı olan AF'den kaynaklanan agrekan, sinir büyümesini NP'den izole edilen agrekandan daha fazla inhibitör etkilidir (21).

Vasküler gelişim tipik olarak nöral gelişime eşlik eder ve endotel hücrelerinin agrekan ile sinir hücre prekürsörleriyle benzer bir şekilde etkileşime girdiği gösterilmiştir. Bu nedenle, sağlıklı disklerden kaynaklanan agrekan endotelial büyüme inhibe eder, oysa deglikozile edilmiş agrekanın bu etkisi daha azdır, bu da nörovasküler büyümenin patogeneğinde ECM bozulmasını gösterir (22). Sinir gelişiminin eşlik ettiği vasküler dokuda "sinir büyüme faktörü" (NGF) ekspresyonu izlenir (12). NGF'ye yüksek afinitesi olan sinir dokuda eksprese edilen trk-A reseptörü, bu dokunun gelişimi ve hayatta kalabilmesini sağlar. Disk içinde nöronal büyüme teşvik ettiği görülen bir başka mitojenik faktör, beyin kaynaklı büyüme faktörüdür (BDGF). BDGF duyu nöronlarının farklılaşması ve hayatta kalmasında NGF'ye benzer bir role sahip olup ağırlı uyarıyı ileten liflerle ilişkilidir. NGF vasküler hücreler tarafından üretilse de BDGF disk hücreleri tarafından üretilir ve ekspresyonunun artan disk dejenerasyonu ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (16).

Diskteki ana yapısal değişiklikler, esas olarak kollajen içeriğindeki bir artışın neden olduğu, çekirdeğin yarı saydam bir sıvıdan yumuşak amorf bir dokuya dönüştüğü, fetal ve juvenil büyüme sırasında meydana gelir. Diskin proteoglikan içeriği genç erişkinde maksimumdur daha sonra muhtemelen proteoliz nedeniyle azalır.

Düşük hücre yoğunluğu ve kan kaynağının olmaması, değişikliklerin bitişik omurlardaki kadar hızlı veya belirgin olmamasını sağlasa da disk hücreleri, matrislerinin özelliklerini geçerli mekanik taleplere uyacak şekilde uyarlıyor gibi görünmektedir.

## İNTERVERTEBRAL DİSKİN YAŞLANMA SÜRECİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLER

### Biyokimyasal Değişiklikler

Proteoglikanların fragmentasyonu çocuklukta başlar ve artan yaşla birlikte disk özelliikle de nukleusun genel proteoglikan ve su içeriği azalır (3).

Kollajen içeriğinde buna karşılık gelen bir artış vardır, anulus nukleusa yaklaştıkça iç anulusdaki daha uyumlu tip II kollajen fibrillerinin tip I liflerle yer değiştirmesi ve disk boyunca tip I liflerinin de daha kalitesiz hâle gelmesi eğilimi vardır.

Diskten proteoglikan parçalarının kaybı, nukleusun fibröz anulus ve omurların kırıldık uç plakaları tarafından tutulması nedeniyle yavaş bir süreçtir. Proteoglikan fragmanları disk içinde tutulduğu sürece, bozulmamış proteoglikaninkine benzer işlevsel bir rol üstlenebilirler (38).

Yaşlanan disklerdeki azalmış matris döngüsü, kollajen moleküllerinin ve fibrillerin birbirleriyle giderek daha fazla çapraz bağlanmasını ve mevcut çapraz bağların daha değişmez hâle gelmesini sağlar (1).

Ek olarak, kollajen ve glukoz arasındaki reaksiyonlar “enzimatik olmayan glikasyona” (yaşlı disklere karakteristik sarı-kahverengi görünümünü veren ekstra çapraz bağlar) yol açar (8).

Artan çapraz bağlanma, yaşlı disklerde matris dönüşümünü ve onarımını engeller, hasarlı makromoleküllerin tutulmasını teşvik eder ve muhtemelen doku dayanıklılığının azalmasına yol açar.

### Histolojik Değişiklikler

Erken çocukluk döneminde, vertebra uç plakasına kan akışı azalır ve mikro-yapısal yarıklar ve yırtıklar, özellikle nükleus ve uç plakada 15 yaşına kadar yaygın hâle gelir (5). Büyüme boyunca hücre yoğunluğu azalır ve iskelet olgunluğundan itibaren anulusa uzanan yapısal kusurların insidansı giderek artar (5). Çekirdek pulposus, birbirinden ve kırıldak uç plaktan daha yumuşak bir malzeme ile ayrılmış birkaç fibröz parça hâlinde yoğunlaşma eğilimindedir. Genel olarak, değişiklikler önce uç plağı, sonra nükleusu ve son olarak anulusu etkiler ve farklı spinal seviyeler benzer ölçüde etkilenir.

### Metabolik Değişiklikler

Matris sentezi yaşam boyunca istikrarlı bir şekilde azalır, ancak bazen yaşlı ve ciddi şekilde bozulmuş disklerde tekrar artar (3). Azalmış sentez hücre başına proteoglikan sentezinin ayrıca azalmış olmasına rağmen kısmi olarak azalmış hücre yoğunluğuna atfedilebilir. Hücre proliferasyonu, fissürlerde artan MMP aktivitesi ile bağlantılı olarak meydana gelebilir (41). Sentezlenen kollajen ve MMP tiplerindeki yaşa bağlı değişiklikler, hücre fenotipinin, muhtemelen değişen matris stres dağılımlarına yanıt olarak değişebileceğini düşündürmektedir.

### Fonksiyonel Değişiklikler

Artan yaşla birlikte, hidrostatik nükleus küçülür ve dekompresif hâle gelir ve sonrasında daha fazla kompresyon durumunda yük taşıma anulus tarafına kayar. Bu işlevsel talebi karşılamak için genç yetişkinin iç anulusu nispeten yüksek bir proteoglikan içeriğine sahiptir (2). Fakat artan yaşla birlikte proteoglikan içeriği azalır ve anulus sertleşir ve zayıflar.

### Diskin İyileşmesi

Hasarlanmış diskte, özellikle anular yırtık yakınlarında, artmış katabolik sitokin seviyeleri, artmış MMP

aktivitesi ve skar oluşumu görülür. Bunlar ayrıca yenilenmiş matris dönüşümünün ve daha değişken çaplardaki kollajen fibrillerinin varlığını kanıtlar. Ancak bir diskte olan ağır yaralanmalar hiçbir zaman tam olarak iyileşmez. Anular yırtıklar muhtemelen seyrek hücre popülasyonu nedeniyle anulusun büyük kollajen lif demetlerini parçalayamadığı ve onları yenileriyle değiştiremediği için kemikte olduğu gibi yeniden şekillenmez. Eklem kırıkdağındaki kollajen dönüşümü yaklaşık 100 yıl sürer, bu süre diskte daha da uzun olabilir (39). Proteoglikan dönüşümü ise yaklaşık 20 yıl gibi bir süreyi alır (31). İç anulusu ya da uç-plağı etkileyen yaralanmalar nükleusu dekomprese eder ve daha sonra iyileşme süreçleri ciddi dejeneratif değişiklikler ile son bulur.

### KAYNAKLAR

1. Adams MA, Roughley PJ. What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? *Spine*. 2006;31(18):2151–61.
2. Ahsan R, Tajima N, Chosa E, et al. Biochemical and morphological changes in herniated human intervertebral disc. *J Orthop Sci*. 2001;6(6):510–8.
3. Antoniou J, Goudsouzian NM, Heathfield TF, et al. The human lumbar endplate: Evidence of changes in biosynthesis and denaturation of the extracellular matrix with growth, maturation, aging, and degeneration. *Spine*. 1996;21(10):1153–61.
4. Ariga K, Yonenobu K, Nakase T, et al. Localization of cathepsins D, K, and L in degenerated human intervertebral discs. *Spine*. 2001;26(24):2666–72.
5. Boos N, Weissbach S, Rohrbach H, et al. Classification of age-related changes in lumbar intervertebral discs. *Spine*. 2002;27(23):2631–44.
6. Buckwalter JA. Spine update: Aging and degeneration of the human intervertebral disc. Vol. 20, *Spine*. 1995. p. 1307–14.
7. Cs-Szabo G, Ragasa-San Juan D, Turumella V, et al. Changes in mRNA and protein levels of proteoglycans of the anulus fibrosus and nucleus pulposus during intervertebral disc degeneration. *Spine*. 2002;27(20):2212–9.
8. DeGroot J, Verzijl N, Wenting-Van Wijk MJG, et al. Accumulation of Advanced Glycation End Products as a Molecular Mechanism for Aging as a Risk Factor in Osteoarthritis. *Arthritis Rheum*. 2004;50(4):1207–15.
9. Deyo RA, Bass J. Lifestyle and Low Back Pain The Influence of Smoking and Obesity Vol. 14, *Spine*. 1988;14(5):501–506
10. Doege KJ, Coulter SN, Meek LM, et al. A human-specific polymorphism in the coding region of the aggrecan gene: Variable number of tandem repeats produce a range of core protein sizes in the general population. *J Biol Chem*. 1997;272(21):13974–9.



11. Duance VC, Crean JK, Sims TJ, et al. Changes in collagen cross-linking in degenerative disc disease and scoliosis. *Spine* 1998;23:2545–51.
12. Freemont AJ, Watkins A, Le Maitre C, et al. Nerve growth factor expression and innervation of the painful intervertebral disc. *J Pathol.* 2002;197(3):286–92.
13. Freemont AJ. The cellular pathobiology of the degenerate intervertebral disc and discogenic back pain. *Rheumatology.* 2009;48(1):5–10.
14. Friedmann A, Goehre F, Ludtka C, et al. Microstructure analysis method for evaluating degenerated intervertebral disc tissue. *Micron.* 2017;92:51–62.
15. Gruber HE, Hanley EN. Analysis of aging and degeneration of the human intervertebral disc: Comparison of surgical specimens with normal controls. Vol. 23, *Spine.* 1998. p. 751–7.
16. Gruber HE, Ingram JA, Hoelscher G, et al. Brain-derived neurotrophic factor and its receptor in the human and the sand rat intervertebral disc. *Arthritis Res Ther.* 2008;10(4):4–11.
17. Hengartner MO. The biochemistry of apoptosis: Abstract: *Nature.* 2000;407(6805):770–6.
18. Heyde CE, Tschoeke SK, Hellmuth M, et al. Trauma induces apoptosis in human thoracolumbar intervertebral discs. *BMC Clin Pathol.* 2006;6:1–9.
19. Horner HA, Urban JPG. 2001 Volvo award winner in basic science studies: Effect of nutrient supply on the viability of cells from the nucleus pulposus of the intervertebral disc. *Spine.* 2001;26(23):2543–9.
20. Jim JTT, Nojonen-Hietala N, Cheung KMC, et al. The TRP2 allele of COL9A2 is an age-dependent risk factor for the development and severity of intervertebral disc degeneration. *Spine.* 2005;30(24):2735–42.
21. Johnson WEB, Caterson B, Eisenstein SM, et al. Human intervertebral disc aggrecan inhibits nerve growth in vitro. *Arthritis Rheum.* 2002;46(10):2658–64.
22. Johnson WEB, Caterson B, Eisenstein SM, et al. Human intervertebral disc aggrecan inhibits endothelial cell adhesion and cell migration in vitro. *Spine.* 2005;30(10):1139–47.
23. Kepler CK, Ponnappan RK, Tannoury CA, et al. The molecular basis of intervertebral disc degeneration. *Spine J.* 2013;13(3):318–30.
24. Kumar A, Varghese M, Mohan D, et al. Effect of whole-body vibration on the low back: A study of tractor- driving farmers in North India. *Spine.* 1999;24(23):2506–15.
25. Le Maitre CL, Freemont AJ, Hoyland JA. The role of interleukin-1 in the pathogenesis of human intervertebral disc degeneration. *Arthritis Res Ther.* 2005;7(4):732–45.
26. Paasilta P, Lohiniva J, Göring HHH, et al. Identification of a novel common genetic risk factor for lumbar disk disease. *J Am Med Assoc.* 2001;285(14):1843–9.
27. Pluijm SMF, Van Essen HW, Bravenboer N, et al. Collagen type I  $\alpha$ 1 Sp1 polymorphism, osteoporosis, and intervertebral disc degeneration in older men and women. *Ann Rheum Dis.* 2004;63(1):71–7.
28. Rajasekaran S, Babu JN, Arun R, et al. ISSLS prize winner: A study of diffusion in human lumbar discs: A serial magnetic resonance imaging study documenting the influence of the endplate on diffusion in normal and degenerate discs. *Spine.* 2004;29(23):2654–67.
29. Risbud MV., Schaer TP, Shapiro IM. Toward an understanding of the role of notochordal cells in the adult intervertebral disc: From discord to accord. *Dev Dyn.* 2010;239(8):2141–8.
30. Roberts S, Evans H, Trivedi J, et al. Histology and pathology of the human intervertebral disc. *J Bone Jt Surg.* 2006;88(SUPPL. 2):10–4.
31. Roughley PJ. Biology of intervertebral disc aging and degeneration: Involvement of the extracellular matrix. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(23):2691–9.
32. Séguin CA, Pilliar RM, Roughley PJ, et al. Tumor necrosis factor $\alpha$  modulates matrix production and catabolism in nucleus pulposus tissue. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(17):1940–8.
33. Solovieva S, Nojonen N, Männikkö M, Leino-Arjas P, Luoma K, Raininko R, et al. Association between the aggrecan gene variable number of tandem repeats polymorphism and intervertebral disc degeneration. *Spine.* 2007;32(16):1700–5.
34. Specchia N, Pagnotta A, Toesca A, et al. Cytokines and growth factors in the protruded intervertebral disc of the lumbar spine. *Eur Spine J.* 2002;11(2):145–51.
35. Takahashi M, Haro H, Wakabayashi Y, et al. The association of degeneration of the intervertebral disc with 5a/6a polymorphism in the promoter of the human matrix metalloproteinase-3 gene. *J Bone Jt Surg - Ser B.* 2001;83(4):491–5.
36. Tolonen J, Grönblad M, Vanharanta H, et al. Growth factor expression in degenerated intervertebral disc tissue: An immunohistochemical analysis of transforming growth factor beta, fibroblast growth factor and platelet-derived growth factor. *Eur Spine J.* 2006;15(5):588–96.
37. Urban JPG, Holm S, Maroudas A, et al. Nutrition of the Intervertebral Disc. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;(170):296–302.
38. Urban JPG, Roberts S. Degeneration of the intervertebral disc. 2003;5(3).
39. Verzijl N, DeGroot J, Thorpe SR, et al. Effect of collagen turnover on the accumulation of advanced glycation end products. *J Biol Chem.* 2000;275(50):39027–31.

40. Walker MH, Anderson DG. Molecular basis of intervertebral disc degeneration. *Spine J.* 2004;4(6):158–66.
41. Wang WJ, Yu XH, Wang C, et al. MMPs and ADAMTSs in intervertebral disc degeneration. *Clin Chim Acta.* 2015;448:238–46.
42. Zhao CQ, Liu D, Li H, et al. Interleukin-1 $\beta$  enhances the effect of serum deprivation on rat annular cell apoptosis. *Apoptosis.* 2007;12(12):2155–61.



# 5 OMURGA NÖRAL FORAMENLERİNİN ANATOMİSİ

Göktuğ Ülkü, Hayri Kertmen

## GİRİŞ

Nöral foramenler olarak da adlandırılan intervertebral foramenler (İVF), iki ardışık vertebranın oluşturduğu spinal kanal ile ekstras spinal bölge arasında geçiş oluşturan yapılardır. Bu anatomik bölgeden spinal sinir kökleri ve ligamanlar ile arteriyel ve venöz yapılar geçer. İVF, tüm seviyelerde iki pedikülün arasında bulunur ve rostralde intervertebral eklem, dorsalde ise superiyor ve inferiyor artiküler proçesler tarafından sınırlanan bir yapıdır.

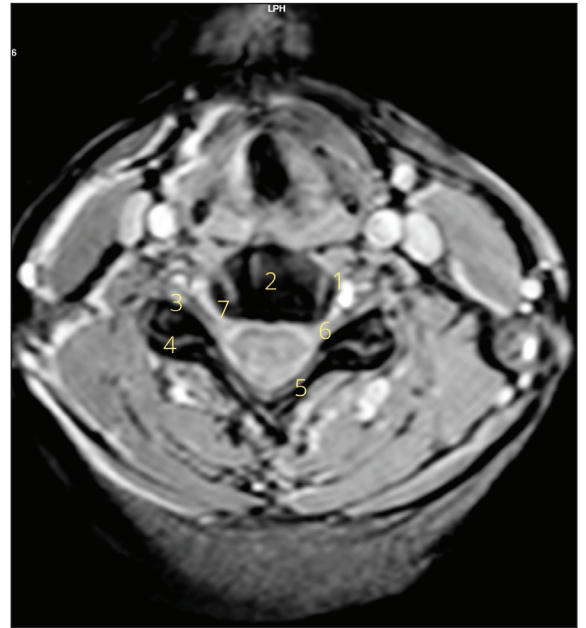
## Servikal İntervertebral Foramen Anatomisi

Servikal bölgede İVF'nin sınırlarını oluşturan yapılar; inferiyor ve superiyorda komşu pediküller, posteriyorda faset eklem mediyal yüzü, anteriorde ise unkovertebral eklem posterolateral yüzü ile intervertebral disk ve komşu vertebranın inferiyor yüzüdür. Sinir kökü, intradural bölgeden ekstravertebral bölgeye geçebilmek için 3 bölgeyi geçer (26, 28, 30). Servikal İVF; mediyal, orta ve lateral bölge olarak 3'e bölünmüştür. Mediyal bölge intervertebral foramenin mediyal ağzında bulunurken, orta bölge, unkus ile faset eklem arasında kalan foraminal bölgedir. Unkus, vertebral arter (VA) ve spinal ganglion için koruyucu bir duvar görevi görmektedir. Lateral bölge ise spinal sinir transvers proçesinin oluşunun bulunduğu bölgedir ve bu oluşun anteriorunda VA'nın bulunduğu vertebral foramen görülür. Bu 3 bölgenin toplam uzunluğu ortalama 20 mm'dir (9).

Servikal İVF oval şekilli bir yapıdır ve boyutlarının normal ölçüleri uzunluk, genişlik ve alan olarak sırasıyla; 10-13 mm, 3,5-7,5 mm ve 3,5-7,5 mm<sup>2</sup> arasında değişmektedir (20). En büyük foraminal alan C2-C3 mesafesinde olup en dar foraminal alan C7-T1 seviyesindedir. Foraminal yükseklik yaşlandıkça azalır (19).

Servikal sinirler, anteriorde ve posteriyordan gelen birer adet sinir kökünün birleşmesiyle oluşmaktadır (Şekil 1). Anterior motor kök ince olup, spinal kordun anterior kollateral sulkusunda doğan 4 ile 7 arasında küçük kökten oluşur. Posteriyor duyu kök,

anterior motor kökten 3 kat daha büyük olup, spinal kordun posteriyor kontralateral sulkusundan doğan 4 ile 10 arası kökten oluşur (10). Anterior kök, önde vertebranın unkuşuyla, arkadaysa pedikülü ile komşudur. Buna karşılık posteriyor kök, anterior kökün arkasında ve üstünde yer alır. Posteriyor kökün altında ise vertebranın süperiyor artiküler proçesi bulunur (13). Her posteriyor kök, duyu kökünü taşıyan iç şekilli bir şişkinlik taşır. Spinal ganglion olarak adlandırılan bu yapı, önünde bulunan VA ile arkasında bulunan faset eklem arasında yer alır. Servikal bölgenin epidural venleri çok sayıda olup, bu venler, VA'nın etrafındaki venöz pleksusla anteriorde bağlantılıdır ve İVF'den geçişte, VA için koruyucu bir etkiye sahiptir. Lomber bölgede çoğunlukla epidural yağ dokusu ile ilişkili olan nöral yapılar, servikal seviyede daha çok venler ile ilişkilidir. Herniye olmuş bir servikal diskin unkuş ve vertebral gövdenin birleşim yerinin arkasından, yani lateral bölgeden, oluştu-



Şekil 1. 1- Vertebral arter 2- İntervertebral disk 3- Dorsal kök gangliyonu 4- Faset eklem 5- Lamina 6- Sinir kökü 7- Unkovertebral eklem.

ğu gözlenir. Buna bağlı olarak servikal disk hernile-  
rinde oluşan nöral bası, doğrudan, sinir kökü ve spinal  
ganglion üzerine olmaktadır. Aynı zamanda servikal  
bölgede oluşan disk hernileri, epidural venlere bası  
yaparak, daha çok ödem oluşmasına sebep olur. İVF  
içerisindeki sinir kökleri, radiküler arterler ile yakın  
ilişkilidir ve genellikle anterior kök radiküler arterin  
anterior dalıyla, posterior kök de posterior dalıyla  
beraber seyrederek (27).

### Torakal İntervertebral Foramen Anatomisi

Torakal bölgede İVF; spinal kökleri ve onların kılıflarını, 2 ile 6 adet arasında değişen sinovertebral siniri, spinal arterleri, eksternal ve internal venöz pleksuslar arasındaki venöz anastomozları, küçük lenfatikleri ve epidural yağ dokuyu içerir. Anterior motor kök ve posterior duyusal kök, torakal İVF girişinde birleşir ve tipik olarak, anterior ve posterior ramus olarak ikiye ayrılır. Anterior ramus, beyaz ramus kommünikanlarını taşıyarak ve bunlar sempatik gangliyonlara gider. Posterior ramus ise sırt kaslarını ve deriyi innerve eder. T2 ile T12 seviyeleri arasından çıkan spinal sinirler, sıralı olarak gövdenin derisini ve kaslarını innerve eder (15). Torakal spinal sinirler, geçtikleri ilişkili foramene göre oldukça küçük olup forameni inkomplet şekilde doldururlar. Spinal kökler, foramenin süperiyör kısmında ve üst vertebra pedikülünün hemen altında yer alırlar (10). Torasik sinir kökleri çıktıkları seviyeye göre farklı şekilde yol izlerler. Yukarı torasik kökler yukarı doğru yol izlerken orta torasik kökler horizontal, aşağı torasik kökler ise inferiyora doğru seyrederek (15). Bütün seviyelerde, dorsal kökü oluşturmak için çıkan rootlet sayısı değişiklik gösterir ve T1, T11 ile T12 seviyelerinde bu sayı en yüksektir (33). Dorsal ve ventral küçük kökler İVF girişinde birleşmeden önce, segmental spinal siniri oluştururlar. Küçük kökler 2 katman şeklindeki pial zar ile çevrilidir. Pia araknoidin, araknoid ise duranın mediyalinde sonlanır. Kökçükler İVF içinde ilerledikçe, pial ve araknoid katmanlar tekal sakın dura materi ile füzyona gider. Dorsal ve ventral köklerin her biri duradaki farklı bir ostiumdan çıkar ve her birinin etrafında bir dural kılıf ile gevşek bir bağ doku bulunur. Aynı gevşek bağ doku, dorsal kök gangliyonunun da etrafını çevirir (29).

Von Luschka, meningeal veya rekürren meningeal sinir olarak da bilinen sinovertebral sinir, spinal sinirin anteriorundan orijin alarak İVF'den tekrar spinal kanalın içine girer. Bu sinir, posterior ve anterior longitudinal ligaman üzerinde pleksus oluşturarak; ligamanların, anulus fibrozusun, dura materin ve vertebral cismin duyusunu alır (15).

Karşılıklı iki segmental arter, bir vertebrayı sağdan ve soldan beslemektedir. Segmental arterin spinal dalı, İVF içerisinden geçerek spinal kanala girdiği yerde 3'e bölünür. Bunlar; anterior ve posterior vertebral kanal arteri ile bir adet radiküler arterdir. Anterior ve posterior vertebral kanal arteri, spinal kolonun osseoz dokusunu beslerken, radiküler arter ise dura materi ve sinir kökünü besler. Sol posterior interkostal arterden köken alan ve spinal kordun alt 2/3'ünü besleyen en büyük anterior segmental medüller arter, Adamkiewicz arteri (arteria radikularis magna), T9-T12 arasında bulunur (15).

Torakal İVF'lerin içerisinde bulunan transforaminal ligamanlar, çıkan sinir kökü ile yakından ilişkilidir. Süperiyör korporopediküler ligaman; süperiyör pedikülden, anteroinferiyör yönelimde oblik olarak geçerek, vertebral gövdenin ve anulusun posterolateraline uzanır. İnferyör korporopediküler ligaman; inferyör pedikülden, anterosüperiyör yönelimde oblik olarak geçip, vertebral gövdenin ve anulusun posterolateraline uzanır. Süperiyör transforaminal ligaman; süperiyör ve inferyör vertebral çentiklerin arklarından süperiyör pedikülün artiküler kapsülüne uzanır. Midtransforaminal ligaman; anulus fibrozustan, artiküler kapsülün süperiyör ve inferyör korporopediküler ligamanlarına uzanır. İnferyör transforaminal ligaman; posterior vertebral gövde ve anulus fibrozusun kesişiminden, süperiyör artiküler fasete uzanır (14).

İlk on torakal İVF'nin sınırlarını, altta ve üstte kostovertebral eklemler ile transvers prosesler oluşturur. Fakat; kosta başı, foramenin kaudal sınırı gibi görünebilir ve cerrahın görüş açısını sınırlayarak inferyör vertebranın süperiyör çentiğinin görünmesine engel olabilir. Torakal İVF'yi gerçek anlamda görebilmek için kosta başı ve eklemi cerrahi olarak rezekt edilmiştir (1). İVF, torakal bölgede, lateralden fasya ile kaplıdır ve bu fasya, torakolomber fasyanın anterior katmanıdır. İVF'nin mediyalinde ise sinir kökünün durası bulunur. Genelde fasya üzerinde 2 adet oval delik bulunmaktadır; bunlardan küçük olanı arter ve venle için olup diğeri ise sinir kökü içindir. Torakal İVF anatomisi spinal cerrahlar için kompleks ve zorlu bir anatomidir (Şekil 2). Bu bölgeye ulaşım; kostotransvers eklemin, fasetin veya pedikülün pariyetal olarak rezeksiyonu ile sağlanabilir (23). Kullanılan endoskopik minimal invaziv teknikler bu bölge cerrahisini daha kolay ve daha az tehlikeli hale getirmiştir.

### Lomber İntervertebral Foramen Anatomisi

Lomber İVF girişi anterosüperiyör ve inferyör olmak üzere iki bölüme ayrılır. Anterosüperiyör kısım hareketsizdir ve pedikülün inferyörü ile vertebral gövdenin posteroinferiyörü tarafından oluşturulur.





**Şekil 2.** 1- Pedikül, 2- Süperiyör artiküler proçes, 3- İnferyör artiküler proçes, 4- Sinir kökü, 5- Faset eklem, 6- Vertebra gövdesi, 7- İntervertebral disk, 8- Ligamentum flavum.

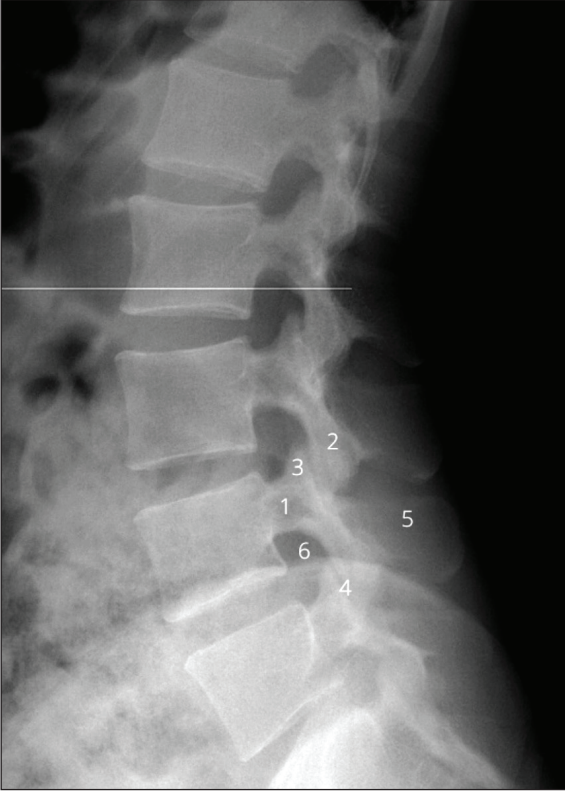
İVF'nin hareketli olan inferiyör bölgesi; arkada, posteriyör artiküler lamina ile laminanın üzerini örten ligamentum flavumdan; öndeyse, intervertebral diskin posterolateral kısmından oluşur (4). Bu ikinci parça, harekete bağlı dejenratif durumların geliştiği kısımdır. Lomber seviyedeki İVF, oval şekilli ve geniş vertikal bir eksene sahiptir. L5-S1 forameni, lomber bölgedeki İVF'ler arasında en yuvarlak ve en küçük olanıdır. Bu segmentte İVF'nin çoğunu spinal gangliyon doldurur. Fleksiyon sırasında bütün foramen çapları artarken, ekstansiyon sırasında azalmaktadır (22). Sinir kökünün foramenin kemik kısmına yakın olan süperiyör kısmından geçmesi, dejenratif değişikliklere ve harekete bağlı oluşabilecek hasara karşı sinir kökünü korumaktadır.

Sinir kökleri, spinal gangliyonlar, foraminal yağ, foraminal venler, sinovertebral sinirler, radiküler arterler, lenfatikler ve foraminal ligamanlar, lomber İVF'nin içerisinden geçen çeşitli anatomik oluşumlardır. Foramen içerisindeki nörovasküler yapıların kapladığı toplam alan, foramenin %20-50'si arasındadır (22). Anteriyör motor kök ile posteriyör duysal kök birleşerek spinal gangliyonu oluşturduktan sonra,

duyu ve motor lifleri içeren spinal siniri oluştururlar. Spinal gangliyon pedikülün hemen altında yer alır ve bazen bu bölgede girinti şeklinde bir iz oluşturur (16). Foramenden çıktıktan sonra spinal sinir, büyük bir anteriyör köke ve daha ince bir posteriyör köke ayrılır. Diğer spinal bölgelerde olduğu gibi eksternal ve internal venöz pleksuslar ile bağlantılı olan foraminal venler, lomber seviyede üst ve alt bölge venleri şeklinde ikiye ayrılabilir. Bu venler; foramenin süperiyöründe, posteroanteriyör yerleşimliken; foramenin inferiyöründe, spinal gangliyonun üzerinde bulunurlar (4). Radiküler arterler, anteriyör ve posteriyör sinir köklerinin anteriyöründe bulunur. Foraminal yağ dokusu, foramenin doldurarak nörovasküler yapılar için darbe emici esnek bir bariyer sağlar.

Lomber İVF'nin sınırları, hem kemik hem de ligamentöz yapılardan oluşur. İki adet eklem komşuluğunda olması, İVF'yi, gövde hareketleriyle değişen dinamik bir özel yapı haline getirir. Normal şartlar altında bu değişiklikler nörovasküler yapılar açısından kolaylıkla tolere edilebilir. Lomber İVF'nin çatısını; üst vertebra'nın inferiyör çentigi ve pedikülü, serbest köşesinde ligamentum flavum, posteriyörde pars interartikularis ve faset eklem oluşturur (Şekil 3). İVF'nin zeminini; alt vertebra'nın süperiyör çentigi ve pedikülü ile posterosüperiyör kenarı; üst vertebra'nın posteroinferiyör kenarı ve intervertebral disk oluşturur. Anteriyör sınır ise; komşu iki vertebra'nın gövdeleri, intervertebral disk, posteriyör longitudinal ligamanın laterali ve anteriyör venöz sinüs tarafından oluşturulur. İVF posteriyörde; faset eklem süperiyör ve inferiyör artiküler proçesleri ve ligamentum flavumun lateral parçası ile sınırlanır. İVF'nin mediyal sınırı duraylı, lateral sınırı ise fasiyal tabaka ile psoas kasını içerir. Fasiyada distal ve proksimal olmak üzere 2 adet oval perforasyon bulunur. Distal ve büyük olandan sinir kökü çıkarken, proksimal ve küçük olandan vasküler yapılar çıkar (2). Foramenin yüksekliği, foramene komşu olan intervertebral diskin vertikal yüksekliği ile ilişkilidir. Çoğu çalışmada yüksekliği 11-19 mm, genişliği ise 7 mm olarak ölçülen İVF'nin, yaşlanmaya sekonder intervertebral diskte gelişen yükseklik kaybı ile daraldığı bilinmektedir (11, 21).

Gerçek anatomik sinir kökü kanalı, dural sakın hemen lateralinden başlar ve lomber İVF'ye doğru seyredir. Her lomber seviyede, anteriyör ve posteriyörden çıkan 2-6 adet kökçük birleşerek sinir kökünü oluşturur (25). Sinir kökleri, girecekleri foraminal kanalın yaklaşık bir üst segmentindeki tekal saktan ayrılır ve lateralden aşağı doğru oblik olarak foramene doğru inerler (5). Bu oblik açı, lomber seviyeye göre değişiklik gösterir. Bu açı, üst seviyelerde, alt seviyelere göre daha büyüktür ve kökler üst segmentlerde daha kısadır



**Şekil 3.** 1- Pedikül, 2- İnferiyor artiküler proçes, 3- Süperiyor artiküler proçes, 4- Faset eklem, 5- Spinöz proçes, 6- İntervertebral foramen.

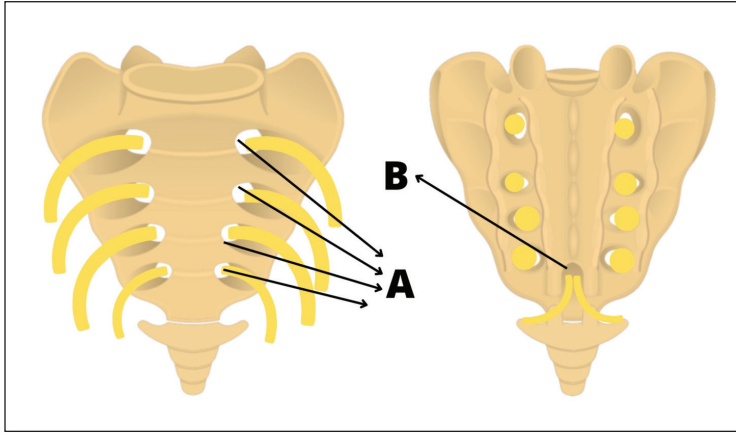
(12). L3 seviyesinin üstündeki kökler pedikülün mediyal duvarına çok yakındır ve daha az yol katederek İVF'ye girerler. L3 altındaki distal sinir kökleri İVF'ye daha oblik bir açıyla girerler. Epidural yağ doku, her bir sinir kökünü foramene girerken sarar (31). Sinir kökleri, foramene tam girmeden önce lomber pedikülün mediyal yüzündeki kemik oluğa otururlar. Bu bölgeye, lateral resses denir ve bu bölgenin daralması lateral resses darlığı olarak tanımlanır (31). Sinir kökü, pedikülün mediyal kenarının altından devam ederek daha sonra inferiyor oblik olarak pedikülden uzaklaşır (25). Bu noktada, sinir kökleri spinal siniri oluşturur ve spinal sinir oluşmadan hemen önce dorsal sinir kökünde, dorsal kök gangliyonu olarak adlandırılan bir genişleme görülür. Dorsal kök gangliyonu, duysal nöronların gövdelerini içerir ve gangliyonun İVF'deki yeri çoğunlukla foramenin hemen inferiorunda yer alır (6). Foramenin içindeki sinir kökleri, foraminal alanın yaklaşık olarak %30-50'sini kapsar (17, 24). Spinal sinir foraminal çıkışa geldiğinde, alttaki transvers proçes ve pedikülün etrafından anterolaterale doğru döner ve foramen çıkışında, primer anterior ve posterior olarak iki ramusa bölünür. Primer anterior ramus, psoas kasının derin katmanları arasında yol alır (25). Kasının içindeki lomber sinirler de birleşerek



**Şekil 4.** A- Kambin üçgeni, B- Güvenli üçgen (supranöral yaklaşım).

trunkları oluşturur (3). Sinir köklerinin etrafında kökleri yerlerine fikse eden 2 adet yapı vardır. Bunlardan ilki, kökün tekal saktan çıkışında bulunan ventral ve dorsal fibröz bantlardır. Bu bantlar kökü periosta ve pediküle sabitler. Diğeri ise foramenin lateralinde bulunan, kökleri superior ve inferior pediküllere bağlayan fibröz yapılardır. Kök avülzyonları genelde bu iki alanda oluşur (7).

Foraminal enjeksiyonlar için anatomik olarak tanımlanmış iki adet üçgen vardır. Bunlar, güvenli üçgen ve Kambin üçgeni olarak tanımlanmıştır (Şekil 4). Güvenli üçgenin sınırlarını diyagonal olarak giden sinir kökü, pedikülün tabanı ve vertebra gövdesinin dış sınırı oluşturur. Bu üçgenin güvenli üçgen olarak adlandırılmasının nedeni yalnızca spinal sinirleri ve damar yapılarını içermesidir. Bu üçgenden girişim yapılırken dikkat edilmesi gereken yapı Adamkiewicz arteridir. Bu arter, genelde T9-L1 seviyeleri arasında bulunsa da nadir vakalarda L4 seviyesine kadar görülebilmektedir. Kambin üçgeninin hipotenüsü, spinal sinir tarafından oluşturulurken diğer sınırları, alt vertebra'nın üst sınırı ve süperiyor vertebral pedikülün iç sınırıdır. Kambin üçgeninden yapılan girişimlerde sinir kökü hasarı ve ödem daha az görülür, fakat bu



**Şekil 5.** A- Sakral foraminaller ve S1-S4 sinir kökleri, B- Hiatus ve S5 sinir kökü.

tür girişimlerde, kontrast maddenin disk içi enjeksiyonuna bağlı diskitis gelişme riski akılda tutulmalıdır (8, 32).

### Sakral Foramenlerin Anatomisi

İnsan vertebral kolonundaki 33 vertebra'nın 5 tanesi sakral bölgede bulunmaktadır. Bu beş vertebra'nın füzyonuyla meydana gelen sakrum, sakral sinirlerin çıktığı 4 çift sakral foraminayı içerir (Şekil 5). İlk 4 sakral sinir kökünün her biri, kauda equinadan ayrıldıktan sonra kendi seviyesine karşılık gelen sakral foraminadan çıkar. Beşinci çift ise, köke karşılık gelen sakral foramina olmadığından, innervasyon bölgesine sakral hiatus'tan çıkarak gider (18).

Sakral vertebra'nın daha önce bahsedilen normal yapısından farklı olarak, sakral omurga varyasyonlarının oranı %20'dir. Bu varyasyonlardan olan lumbosakral transizyonel vertebra; L5 vertebra'sının sakralize olarak 5 adet sakral foraminayı oluşturması şeklinde görülebileceği gibi S1 vertebra'sının lumbalizasyonu sonucunda oluşan 3 çift sakral foramina şeklinde de görülebilmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Abuzayed B, Tuna Y, Gazioglu N: Thoracoscopic anatomy and approaches of the anterior thoracic spine: cadaver study. *Surg Radiol Anat* 34: 539-549, 2012
2. Amonoo-Kuofi HS, el-Badawi MG, Fatani JA: Ligaments associated with lumbar intervertebral foramina. 1. L1 to L4. *J Anat* 156: 177-183, 1988
3. Bae HG, Choi SK, Joo KS, et al: Morphometric aspects of extraforaminal lumbar nerve roots. *Neurosurgery* 44: 841-846, 1999
4. Batson OV: The vertebral vein system. Caldwell lecture, 1956. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 78: 195-212, 1957
5. Bogduk N: The innervation of the lumbar spine. *Spine* 8: 286-293, 1983
6. Bose K, Balasubramaniam P: Nerve root canals of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 9: 16-18, 1984
7. De Peretti F, Micallef J, Bourgeon A, et al: Biomechanics of the lumbar spinal nerve roots and the first sacral root within the intervertebral foramina. *Surgical and Radiologic Anatomy* 11: 221-225, 1989
8. Decosterd I, Woolf CJ: Spared nerve injury: an animal model of persistent peripheral neuropathic pain. *Pain* 87: 149-158, 2000
9. Demondion X, Lefebvre G, Fisch O, et al: Radiographic anatomy of the intervertebral cervical and lumbar foramina (vessels and variants). *Diagn Interv Imaging* 93: 690-697, 2012
10. Ebraheim NA, Jabaly G, Xu R, et al: Anatomic relations of the thoracic pedicle to the adjacent neural structures. *Spine (Phila Pa 1976)* 22: 1553-1556; discussion 1557, 1997
11. Epstein B, Epstein J, Lavine L: The effect of anatomic variations in the lumbar vertebrae and spinal canal on cauda equina and nerve root syndromes. *The American journal of roentgenology, radium therapy, and nuclear medicine* 91: 1055-1063, 1964
12. Epstein JA, Epstein BS, Lavine L: Nerve root compression associated with narrowing of the lumbar spinal canal. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 25: 165-176, 1962
13. Flannigan BD, Lufkin RB, McGlade C, et al: MR imaging of the cervical spine: neurovascular anatomy. *AJR Am J Roentgenol* 148: 785-790, 1987
14. Gilchrist RV, Slipman CW, Bhagia SM: Anatomy of the intervertebral foramen. *Pain Physician* 5: 372-378, 2002
15. Gkaskaris G, Tripsianis G, Kotopoulos K, et al: Clinical anatomy and significance of the thoracic intervertebral foramen: A cadaveric study and review of the literature. *J Craniovertebr Junction Spine* 7: 228-235, 2016



16. Hasegawa T, Mikawa Y, Watanabe R, et al: Morphometric analysis of the lumbosacral nerve roots and dorsal root ganglia by magnetic resonance imaging. *Spine (Phila Pa 1976)* 21: 1005-1009, 1996
17. Hasue M, Kunogi J, Konno S, et al: Classification by position of dorsal root ganglia in the lumbosacral region. *Spine* 14: 1261-1264, 1989
18. Hughes RJ, Saifuddin A: Numbering of lumbosacral transitional vertebrae on MRI: role of the iliolumbar ligaments. *AJR Am J Roentgenol* 187: W59-65, 2006
19. Humphreys SC, Hodges SD, Patwardhan A, et al: The natural history of the cervical foramen in symptomatic and asymptomatic individuals aged 20-60 years as measured by magnetic resonance imaging. A descriptive approach. *Spine (Phila Pa 1976)* 23: 2180-2184, 1998
20. Lentell G, Kruse M, Chock B, et al: Dimensions of the cervical neural foramina in resting and retracted positions using magnetic resonance imaging. *J Orthop Sports Phys Ther* 32: 380-390, 2002
21. Magnuson PB: Differential Diagnosis of Causes of Pain in the Lower Back Accompanied by Sciatic Pain. *Ann Surg* 119: 878-891, 1944
22. Panjabi MM, Takata K, Goel VK: Kinematics of lumbar intervertebral foramen. *Spine (Phila Pa 1976)* 8: 348-357, 1983
23. Patel N: Surgical disorders of the thoracic and lumbar spine: a guide for neurologists. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 73: i42-i48, 2002
24. Rauschnig W: Computed tomography and cryomicrotomy of lumbar spine specimens. A new technique for multiplanar anatomic correlation. *Spine (Phila Pa 1976)* 8: 170-180, 1983
25. Rauschnig W: Normal and pathologic anatomy of the lumbar root canals. *Spine (Phila Pa 1976)* 12: 1008-1019, 1987
26. Russell SM, Benjamin V: Posterior surgical approach to the cervical neural foramen for intervertebral disc disease. *Neurosurgery* 54: 662-665; discussion 665-666, 2004
27. Sioutas G, Kapetanakis S: Clinical anatomy and clinical significance of the cervical intervertebral foramen: a review. *Folia Morphol (Warsz)* 75: 143-148, 2016
28. Tanaka N, Fujimoto Y, An HS, et al: The anatomic relation among the nerve roots, intervertebral foramina, and intervertebral discs of the cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 25: 286-291, 2000
29. Tubbs RS, Lobashevsky A, Oakes P, et al: Meningeal relationships to the spinal nerves and rootlets: a gross, histological, and radiological study with application to intradural extramedullary spinal tumors. *Childs Nerv Syst* 31: 675-681, 2015
30. Tubbs RS, Rompala OJ, Verma K, et al: Analysis of the uncinat processes of the cervical spine: an anatomical study. *J Neurosurg Spine* 16: 402-407, 2012
31. Verbiest H: A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal. *J Bone Joint Surg Br* 36-b: 230-237, 1954
32. Winnie AP, Hartman JT, Meyers HL Jr., et al: Pain clinic. II. Intradural and extradural corticosteroids for sciatica. *Anesth Analg* 51: 990-1003, 1972
33. Zhou MW, Wang WT, Huang HS, et al: Microsurgical anatomy of lumbosacral nerve rootlets for highly selective rhizotomy in chronic spinal cord injury. *Anat Rec (Hoboken)* 293: 2123-2128, 2010

## 6

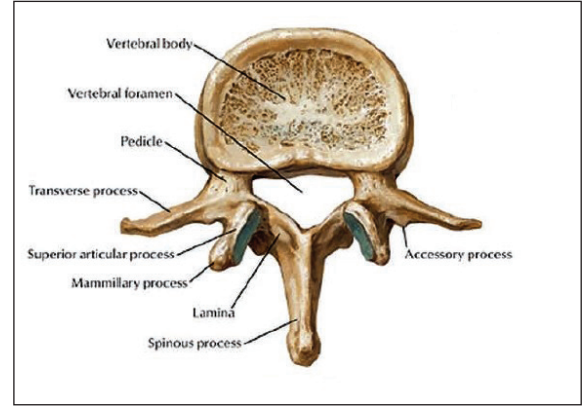
# İTERLAMİNER PENCERENİN CERRAHİ ANATOMİSİ VE İTERVERTEBRAL DİSK İLE İLİŞKİSİ

Mehmet Koparan, Burak Karaaslan, Aydemir Kale

Lomber omurga cerrahisinde posterior yoldan yaklaşım omurga cerrahları tarafından çok sık olarak uygulanmaktadır. Cerrahlar, dejeneratif hastalıklar, tümör, enfeksiyon, travma gibi farklı patolojilere yönelik müdahalelerde posterior girişimlere oldukça aşinadır. Ayrıca, son dönemlerde algolojik işlemler için de sıkça tercih edilmektedir. Omurga ve nöral yapılarla yapılacak işlemlerin efektif olması yanında düşük komplikasyonlarla seyretmesi açısından bu bölgenin anatomisi çok iyi bilinmelidir. Klasik lomber omurga ameliyatlarında, büyük cilt insizyonu ve paravertebral kasların laterallere sıyrılması geniş bir çalışma alanına izin vermekte, dolayısıyla omurganın bileşenlerine hakimiyet çok daha iyi olmaktadır. Bununla birlikte, gelişen teknoloji ve artan tecrübelerin neticesinde minimal invaziv teknikler hızla yaygınlaşmaktadır. Pek çok avantajı bulunan minimal invaziv yöntemlerin en büyük handikapı çalışma alanının darlığından ötürü hareket kabiliyetinin sınırlanmasıdır. Hızlı fonksiyonel düzelme, kas ve stabilizan yapılarına minimal travma, daha az kan kaybı, daha kısa hastanede kalış, minimal skar, daha hızlı normal hayata dönüş gibi avantajlar hedeflenerek uygulanan endoskopik yöntemlerin başarısını artıran faktörlerin belki de en önemlisi çalışma alanındaki anatomik yapıların ve birbirleri ile olan ilişkilerinin çok iyi bilinmesidir (9).

Lomber bölgedeki kemik yapıların anatomisi stabil olup anatomik varyasyona fazla rastlanılmamaktadır. Vertebraların önde korpusu, arkada arkusu yer almaktadır. Korpustan posteriora uzanan kollara pedikül adı verilmektedir ve arkaya doğru ilerledikçe genişleyerek yassılaşmaktadır. Bu yapıya lamina denir ve korpus ve pedikül ile birlikte foramen vertebraleyi çevreler. Lamina ile pedikülün birleştiği yerde, süperior artiküler proces, inferior artiküler proces ve transvers proces adı verilen çıkıntılar yer alır. Orta hatta, her iki laminanın birleştiği yerde arkaya doğru uzanan çıkıntıya ise spinöz proces ismi verilir. Bir vertebranın pedikülünün alt çentiği ile altındaki vertebranın pedikülünün üst çentiği arasında kalan

deliğe intervertebral foramen ya da nöral foramen denir ve buradan spinal sinir kökleri çıkar.



Şekil 1. Lomber omurga ve bileşenlerinin üstten görüntüsü.

Epidural boşluk dural keseyi çevreler ve önde posterior longitudinal ligament, arkada ligamentum flavum ve laminanın periosteumu ve lateralde pediküller ve intervertebral foramenlerle çevrilidir. Boşluk, intervertebral foramen yoluyla paravertebral boşlukla serbestçe iletişim kurar. Epidural boşluk, gevşek areolar bağ dokusu, yağ dokusu, lenfatikler, arterler, geniş ven plexusları ve dural keseden çıkıp intervertebral foramenlerden geçen spinal sinir köklerini içerir.

Omurganın cerrahi anatomisinde bilinmesi gereken önemli bir yapı da ligamentum flavumdur. Posterior ligamentöz kompleksin bir komponentidir. Ligamentum flavum dörtgen şeklindedir ve ikinci servikalden birinci sakral omurlara uzanan 23 ayrı çift olarak bulunur. Süperfisyal ve derin tabakası bulunan bifid yapıdadır ve yaşla birlikte elastikiyeti azalmaktadır. İnterlaminer aralıkta; alt omur üst laminasının üst kenarından, üstteki omur laminasının alt iç yüzüne uzanmaktadır ve dik duruşu korumaya, hiperfleksiyonu önlemeye ve fleksiyondan sonra vertebral kolonun düzleşmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır. Bu yapı, omurga cerrahisi esnasında, interla-

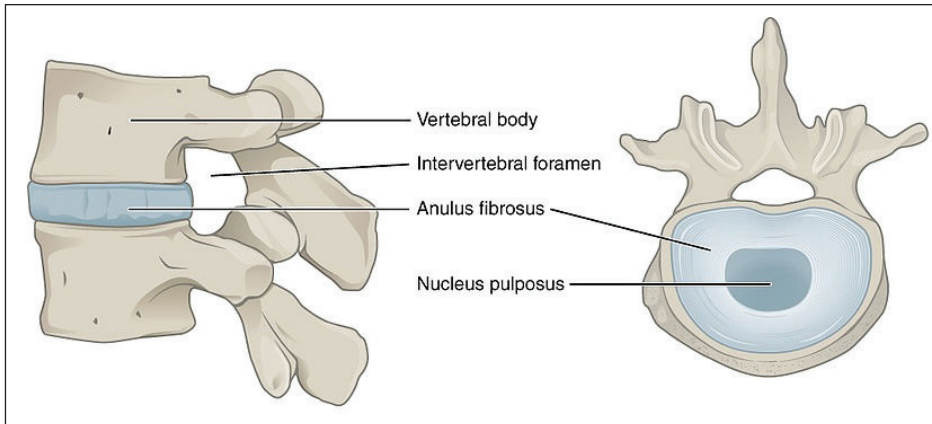
miner aralığı kaplayarak hedefe ilerlerken geçilmesi gereken anatomik bir bariyer oluşturmaktadır. Son dönemlerde yapılan bir kadavra çalışmasında sağ ve sol ligamentum flavumun arasında yeni bir ligaman tanımlanmıştır ve orta hat interlaminer ligaman (MIL) olarak isimlendirilmiştir. Lomber omurganın rutin diseksiyonunda, orta hatta, vertikal seyirli, ince ve flavumdan farklı bir yapı olarak gözlenmiştir. Bu yapı spesmenlerin %76,5' inde gözlenmiştir. Omurga sırasıyla esnediğinde ve uzadığında MIL gevşek ve gergin hale geldiğinden, MIL'in gerilme mukavemetinin ligamentum flavumunkinin sadece yaklaşık yarısı kadar olduğu bulunmasına rağmen, MIL omurganın hiperekstansiyonunu önleme işlevi görebilir. Ayrıca yazarlar bu ligamanın proprioseptif fonksiyonu olabileceğini de belirtmişlerdir (14).

İntervertebral diskler, omurgaların arasında bulunan, disk biçimini almış fibröz kıkırdaktan ibaret yastıkçıklardır. Temel görevi, omurgaya binen yüklerin biyomekanik gereksinimlere uygun bir biçimde emilip dağıtılmasına ve omurganın düzgün bir şekilde hareket etmesine olanak sağlamaktır. Kabaca, nükleus pulposus, anulus fibrosus ve son plaktan meydana gelmekte, şok emici özelliği sayesinde omurgayı kırılma ya da dejeneratif değişikliklerden koruyucu etkileri bulunmaktadır. İntervertebral diskin spinal kanala doğru taşması lomber disk hernisi hastalığına neden olmakta ve tüm dünyada ciddi iş gücü kaybına yol açmaktadır. Ayrıca, beraberinde ciddi sosyo-ekonomik sorunlara/sonuçlara neden olmaktadır. Her ne kadar lomber disk hernisi hastalarının düşük bir yüzdesi cerrahi olarak tedavi edilse de, toplumlarda yaygınlığı göz önüne alındığında omurga cerrahisi geçirenler arasında hatırı sayılır derecede fazla hasta bulunmaktadır. Cerrahide ana giriş yolu interlaminer pencere olduğundan bu bölgenin anatomisi ve omurga bileşenlerinin birbirleri ile olan ilişkisi büyük önem arz etmektedir. Temel olarak radyolojik incelemelere dayanan teşhis ve anatomik yapıların

konumu, uygulanacak cerrahi yaklaşımın tercihini ve derecesini etkilemektedir.

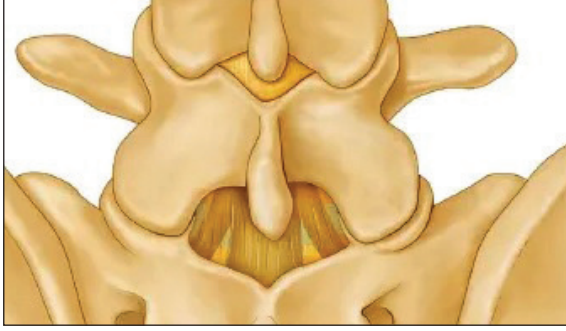
Transforaminal yaklaşımla gerçekleştirilen perkütan endoskopik diskektomi, ilk olarak 1992 yılında Kambin tarafından lomber disk herniasyonunu tedavi etmek için minimal invaziv bir prosedür olarak tanımlanmıştır (6). L5-S1 mesafesi için teknik zorluklar (iliak krest, L5 transvers prosesi, hipertrofik faset), diskin migrasyonu (%35-72), eşlik eden spinal stenoz gibi durumlarda transforaminal yaklaşımın problemli olabileceği bilinmektedir (3,5). Ruetten ve ark. ve Choi ve ark. tarafından tanımlanan interlaminer yaklaşım, transforaminal yaklaşımın kullanımının sorunlu olduğu hastalar için perkütan endoskopik diskektomiye alternatif bir yaklaşım sağlar (1,12). İlk zamanlarda, interlaminer aralığının genişliğinin avantajı ile yoğun olarak L5-S1 aralığı ile başlayan prosedürler, bilgi, tecrübe ve endoskopik aletlerin gelişmesi ile diğer lomber mesafelere de müdahale imkânı sağlamıştır. İnterlaminer pencerenin genişliği, sinir kökünün seyri, intervertebral disk aralığı ve herniasyonun çeşidi ve bu yapıların birbirleri ile olan ilişkisi çok iyi bilinmeli ve hasta özelinde çok titiz olarak değerlendirilmelidir. Aksi halde, patolojiye ulaşıp ortadan kaldırılması zorlaşmakta, geri dönüşsüz komplikasyonları beraberinde getirebilmektedir.

İnterlaminer perkütan endoskopik yaklaşımlarda interlaminer pencerenin önemi daha da artmıştır. Çalışma alanının genişliğini sağlamada çeşitli pozisyonlar, bazı durumlarda yastık ile desteklemeler uygulanarak, gereklilik hâlinde yüksek hızlı driller kullanılarak işlemin verimliliği artırılmaya çalışılmaktadır. İnterlaminer genişliğin (iki taraflı faset eklemler arası mesafe)  $\geq 20$  mm olması hâlinde bu yaklaşımın uygulanabilirliği bildirilmiştir (16). Bu aralık sabit olmakla birlikte interlaminer boşluğun yüksekliği pozisyonla değişebilmektedir. Nötral pozisyonda L4-L5 mesafesinde, L3-L4 ve L5-S1 mesafelerine göre



**Şekil 2.**  
İntervertebral diskin yan ve üstten görüntüsü.

daha fazla ölçülmüş fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Fleksiyon postüründe interlaminer boşluğun yüksekliğinin nötral ve ekstansiyona göre arttığı tespit edilmiştir (3). Ayrıca, ilerleyen yaşla birlikte intervertebral disk yüksekliğinde azalma, faset hipertrofisi, ligamentum flavumdaki yapısal değişiklikler gibi faktörlerle interlaminer pencerenin anatomisinin farklılaştığı da bilinmektedir.



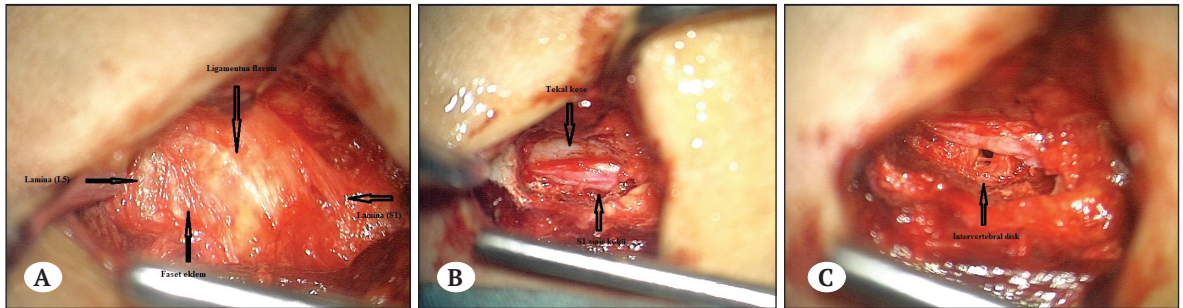
**Şekil 3.** Vertebra posterior elemanları ve interlaminer aralığın arkadan görüntüsü.

Düz radyografi, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme gibi geleneksel görüntüleme yöntemleri, ameliyat öncesi planlama için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, interlaminer anatominin üç boyutlu konumsal ilişkisi iki boyutlu görüntülerden kolayca belirlenemez. 3D CT/MR füzyon görüntüleme ile interlaminer yaklaşımla perkütan endoskopik disektomi üzerine yapılan bir çalışmada, konvansiyonel görüntüleme yöntemleri ile per-operatif planlama yapılan hastalarda, ameliyatta parsiyel ligamentum flavum eksizyonu sonrası, etkilenen sinir kökünün lateraline yeterince ulaşılabilmesi neticesinde beklenmedik ekstra laminektomi ihtiyacı doğduğu bildirilmiştir (5). 102 hastalık bu çalışmada, 46 hastanın interlaminer pencere genişliğinin yeterli olduğu, bunların büyük kısmında da patolojinin L5-S1 mesafesinde gözlemlendiği bildirilmiştir. Bu 46 hastanın

12' sinde sinir kökünün lateral sınırı izlenememekteydi ve bunların 10' unun parsiyel laminektomi ihtiyacı olduğunu bildirmişleridir. Bu çalışmanın neticesinde, interlaminer yaklaşımla perkütan endoskopik disektomi yapılacak hastaların pre-operatif planlamasında 3D CT/MR füzyon görüntülerinin kullanılmasının, ilave parsiyel laminektomi ihtiyacı dahil olmak üzere yaklaşım tipinin, kökün omuz ya da aksilla kısmından en iyi yaklaşımın belirlenmesine olanak sağladığı bildirilmiştir (5).

Perkütan interlaminer yolla endoskopik yaklaşımının başarısı, interlaminer pencerenin konumu ve boyutu, dural keseden sinir kökünün çatallanma konumu ve herniye nükleus pulposusun konumu arasındaki 3 boyutlu ilişkinin doğru bir şekilde değerlendirilmesine bağlıdır. Sinir kökünün aşırı retraksiyonu bacak dizestezisine neden olabileceğinden, diski etkili bir şekilde çıkarmak için uygun ameliyat yolunu seçmek ve aynı zamanda çıkarma sırasında sinir köküne olan manüplasyonu en aza indirmek önemlidir. T2 aksiyel manyetik rezonans görüntüleme ile yapılan cerrahi planlamaların oldukça etkili olduğu ve başarılı sonuçlar bildirilmiştir (7,10). Anatomik ve radyolojik bir çalışmaya göre, L5 kökü genellikle L4-L5 diskinin kaudalinde ortaya çıkar ve S1 kökü genellikle L5-S1 diskinin kranialinde gözlenmektedir; bu anatomik özellikler, L5-S1 seviyesinde sinir kökünün aksiyel kısmına kolay erişim sağlar (15). Bu tarz anatomik özelliklerin bilinmesi uygulanacak cerrahi konusunda yol gösterici olsa da, bireysel farklılıklar olabileceği göz ardı edilmemelidir. Ayrıca kadavra çalışmalarında %14 oranında saptanan konjoined kök olasılığı da beklenmedik sinir kökü hasarından sakınmada unutulmamalıdır (11).

İnterlaminer yolla endoskopik yaklaşımın başarısını artırmak için spinal köklerin orijinlerini ve bunların intervertebral diskler, vertebral cisimler ve foramenlerle olan ilişkilerini inceleyen yayınlar bildirilmiştir



**Şekil 4.** A) L5-S1 seviyesine yönelik cerrahi yaklaşımda paravertebral kasların laterale sıyrılıp ekartör yerleştirilmesini takiben interlaminer bölgenin görüntüsü. B) İnförior parsiyel laminektomi ve flavum eksizyonu sonrası spinal kanalın görüntüsü. C) L5-S1 disektomi sonrası tekal kese ve S1 sinir kökünün intervertebral disk mesafesi ile ilişkisinin görüntüsü.



(13,15,16). Sakçı ve ark., endoskopik ve mikrocerrahi yöntemle interlaminer diskektomi ile ilgili radyolojik parametreleri ölçmüşlerdir. Bu çalışmaya bel ağırlı 50 hasta dahil edilmiş (20-65y), ince kesit bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanılmış, spondilolistezis, deformite, sagittal ve koronal imbalans, intervertebral disk yüksekliği <5mm mevcudiyeti çalışma dışı bırakılmış. Her seviye için 12 parametre ölçülerek değerlendirilmiştir. Alt lomber segmentlerde lateral reses çizgisinin genişliğinin arttığını ve üst lomber segmentlerde interlaminer pencerenin yüksekliğinin arttığını tespit etmişlerdir. Lateral reses çizgisi genişliği lomber omurgalarda >15 mm, L4-L5 ve L5-S1 seviyelerinde >20 mm, interlaminer pencere yüksekliği lomber segmentlerde >10 mm olarak ölçülmüş. Ayrıca L2-L3, L3-L4 ve L4-L5 seviyelerinde intervertebral diskin lateral reses hattının kranialinde, L5-S1 seviyesinde lateral reses hattının kaudalinde yer aldığını bildirilmiştir. Bununla birlikte, interlaminer boşluktaki parametrelerin dinamik değişikliklerden etkilenebileceği raporlanmıştır (13). Suh ve ark. yaptığı radyolojik kadavra çalışmasında, L1 ile L4 seviyeleri arasında kökün orijininin her zaman karşılık gelen disk seviyesinin altında olduğunu gösterilmiştir. L5 kökü genellikle L4-L5 diskinin altında ortaya çıkmasına rağmen, diskin üstünde veya hizasında da ortaya çıkabilir. S1 kökü genellikle L5-S1 diskinin kranialinde gözlenirken bazen de disk hizasındadır (15). Ayrıca bu çalışmada, sinir kökü açısının L1'den S1'e doğru yavaş yavaş azaldığı gözlenmiştir. Ebraheim ve ark., 15 kadavra üzerinde yaptıkları çalışmada, sinir kökü açısındaki varyasyonun L1'den L5'e 33.7° ile 39.2° arasında olduğunu, en küçük açı L2'de ve en büyük açı L5'te olmak üzere saptamışlardır (2).

Literatürdeki çalışmalarda ölçüm için düz röntgen, miyelografi, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme kullanılmıştır. Bu nedenle, hem yöntemler hem de sonuçlar belirsiz ve heterojendir. Transvers spinal kanal çapı, çoğu çalışmada pediküllerin medial yüzleri arasındaki mesafe ve bazı çalışmalarda ligamentöz interfaset mesafesi olarak tanımlanmıştır (4,17). Wilminck ve ark., hem interligamentöz mesafe hem de interpediküler mesafe ölçümlerini çalışmışlardır. Bu yazarlar, ligamentöz interfaset mesafeyi L3-L4'te 10,2 mm, L4-L5'te 14,6 mm ve L5-S1'de 21,5 mm olarak, interpediküler mesafeyi L4'te 22,2 mm ve L5'te 25,4 mm olarak ölçmüşlerdir. Bu çalışma interpediküler ve interfaset ligamentöz mesafe arasındaki farkı ortaya koymaktadır (17). İnterlaminer pencerenin transvers çapı hakkında daha doğru bir ölçüm olarak lateral reses çizgisini ölçen yazarlar, bu parametreyi L2-L3'te 16,3 mm, L3-L4'te 17,3 mm, L4-L5'te 21,7 mm ve L5-S1'de 27,7 mm olarak bildirmişlerdir (13).

Lateral reses çizgisi genişliği, interlaminer yaklaşımda rol oynayan tek parametre değildir. Bazı açısal parametrelerin de önemli olduğu bilinmektedir. Üst lomber segmentlerden lumbosakral segmente doğru inerken üst interlaminer açıda artış gözlenmektedir. Üst interlaminer açı L4-5 ve L5-S1 seviyelerinde >75°, L2-L3 ve L3-L4 IVD seviyelerinde <60° olarak saptanmıştır (13). Hem lateral reses çizgisi genişliği hem de üst interlaminer açı, özellikle L4-L5 ve L5-S1 mesafelerine interlaminer yaklaşım için uygun boşluğu genellikle içermektedir.

Yakın zamanda, başarılı endoskopik lomber dekompresyon cerrahisi için interlaminer anatomi üzerine 3D lomber bilgisayarlı tomografi ile ölçümler yapılarak çeşitli parametrelerin yaşla birlikte değişimi değerlendirilmiştir (8). Sagittal interlaminer mesafe (SILD), interlaminer pencerenin yüksekliğini temsil ediyordu. Ortalama SILD tüm seviyelerde yaşla birlikte azaldığı gözlenirken, seviyelere göre ise tüm yaş gruplarında L1-L2, L2-L3 seviyesinde L3-L4, L4-L5 seviyesinden daha yüksek, L5-S1 seviyesinde ise tüm gruplardan daha yüksek olarak saptanmış. Transvers interlaminer mesafe (TILD), interlaminer pencerenin tek taraflı genişliğini temsil ediyordu. TILD, tüm yaş gruplarında yavaş yavaş L1-2'den L5-S1 seviyesine doğru artmaktaydı. L1-L2 ve L2-L3 düzeyinde yaşla birlikte giderek azalırken L3-L4 seviyesinde ve altında kesin bir yön olmaksızın birçok varyasyon göstermiştir. Faset-orta hat açısı (FMA), interlaminer pencerenin kaba şeklini temsil ediyordu. Seviyeler düştükçe, FMA tüm seviyelerde kademeli olarak azalmaktaydı. Bu arada, yaşla birlikte azalma eğilimi gösterirken, ancak tüm lomber seviyelerde 70' li yaşlarda en yüksek olarak saptanmış. Ölçülen SILD, TILD ve FMA sonuçları, her kişinin anatomik varyasyonu nedeniyle bir operasyonda indeks değerleri olarak kullanılamayabilir, ancak interlaminer pencereyi çevreleyen kemik doku çıkarılma miktarının hesaplanmasına yardımcı olabilir (8). Lomber omurganın yaşlanması tipik olarak disk yüksekliği kaybı ve faset eklem hipertrofisi olarak kendini gösterir. Ölçülen tüm parametrelerin değişiklikleri, bu dejeneratif süreçlerle yakından ilişkilidir ve interlaminer pencerede ve ligamentum flavumun dağılım alanında bir azalmaya yol açar. Sonuç olarak, ligamentum flavum spinal kanal içine katlanarak spinal stenoza neden olur.

## SONUÇ

İnterlaminer pencerenin cerrahi anatomisi omurga cerrahları için oldukça önemlidir. Minimal invaziv yöntemlerin yaygınlaşması ile daha fazla ilgi odağı hâline gelmiştir. Dar bir çalışma alanında oldukça hassas bir yapı olan nöral dokuya ulaşmak ve güvenli

manevralarla patolojiyi gidermek temel hedef olduğundan bu bölgenin anatomisinin bilinmesi bu işi yapacak hekimler için öncelik olmalıdır. Teknolojideki ilerlemelere paralel olarak her geçen gün geliştirilen yeni cerrahi alet ve ekipman ile tedavi başarısını artırmak için anatomik bilginin yanında radyolojik görüntüleme yöntemlerinden faydalanılması kaçınılmazdır. Doğru hedefe, uygun bir şekilde yaklaşılması gerektiğinden, her hasta kendi özelinde, bireysel farklılıkları göz önünde bulundurularak cerrahi planlama ve sonrasında uygulama gerçekleştirilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Choi G, Lee SH, Raiturker PP, et al. Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for intracanalicular disc herniations at L5-S1 using a rigid working channel endoscope. *Neurosurgery* 2006;58(1, Suppl):ONS59-ONS68; discussion ONS59-ONS68.
2. Ebraheim NA, Xu R, Darwich M, et al. Anatomic relations between the lumbar pedicle and the adjacent neural structures. *Spine* 1997;22:2388-41.
3. Fu M, Li Q, Xu Y, et al. Variation in spatial distance between the lumbar interlaminar window and intervertebral disc space during flexion-extension. *Surg Radiol Anat.* 2021 Sep;43(9):1537-1544.
4. Herzog RJ, Kaiser JA, Saal JA, et al. The importance of posterior epidural fat pad in lumbar central canal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991; 16:S227-S233.
5. Hirayama J, Hashimoto M. Percutaneous Endoscopic Discectomy using an Interlaminar Approach Based on 3D CT/MR Fusion Imaging. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2019 Mar;80(2):88-95.
6. Kambin P. Arthroscopic microdiscectomy. *Arthroscopy* 1992;8 (03):287-295.
7. Kim CH, Chung CK. Endoscopic interlaminar lumbar discectomy with splitting of the ligament flavum under visual control. *J Spinal Disord Tech* 2012;25(04):210-217.
8. Kim JY, Kim HS, Wu PH, et al. Anatomical Importance of Inner Ligamentum Flavum Parameters for Successful Endoscopic Lumbar Decompression Surgery. *J Minim Invasive Spine Surg Tech.* 2021;6(1):26-34.
9. Lee JS, Kim HS, Jang JS, et al. Structural Preservation Percutaneous Endoscopic Lumbar Interlaminar Discectomy for L5-S1 Herniated Nucleus Pulposus. *Biomed Res Int.* 2016;2016:6250247.
10. Li ZZ, Hou SX, Shang WL, et al. The strategy and early clinical outcome of full-endoscopic L5/S1 discectomy through interlaminar approach. *Clin Neurol Neurosurg* 2015;133:40-45.
11. Lotan R, Al-Rashdi A, Yee A, et al. Clinical features of conjoined lumbosacral nerve roots versus lumbar intervertebral disc herniations. *Eur Spine J* 2010;19(07):1094-1098.
12. Ruetten S, Komp M, Godolias G. A new full-endoscopic technique for the interlaminar operation of lumbar disc herniations using 6- mm endoscopes: prospective 2-year results of 331 patients. *Minim Invasive Neurosurg* 2006;49(02):80-87.
13. Sakçı Z, Önen MR, Fidan E, et al. Radiologic Anatomy of the Lumbar Interlaminar Window and Surgical Considerations for Lumbar Interlaminar Endoscopic and Microsurgical Disc Surgery. *World Neurosurg.* 2018 Jul;115:e22-e26.
14. Simonds E, Iwanaga J, Ishak B, et al. Discovery of a new ligament of the lumbar spine: the midline interlaminar ligament. *Spine J.* 2020 Jul;20(7):1134-1137.
15. Suh SW, Shingade VU, Lee SH, et al. Origin of lumbar spinal roots and their relationship to intervertebral discs: a cadaver and radiological study. *J Bone Joint Surg* 2005;87(4):518-522.
16. Tonosu J, Oshima Y, Shibo R, et al. Consideration of proper operative route for interlaminar approach for percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Spine Surg* 2016;2(4):281-288.
17. Wilmink JT, Korte JH, Penning L. Dimensions of the spinal canal in individuals symptomatic and non-symptomatic for sciatica: a CT study. *Neuroradiology.* 1988;30:547-550.





# 7 ENDOSKOPIK LOMBER SPİNAL ANATOMİ

Kadir Çınar, Aykut Gökbel

Son yıllarda hem cerrahi enstrümantasyon hem de endoskopik spinal cerrahi alanlarında yaşanan gelişmeler spinal patolojilerin cerrahi tedavisinde olumlu klinik sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Endoskopik cerrahi teknikler, mevcut patolojik yapıların fonksiyonel olarak gösterilmesini ve düzeltilmesini sağlarken beraberinde normal spinal anatomiyi ve işlevini korumayı da hedefler. Spinal endoskopun kullanımı ile genişletilmiş açılı bir görüş alanında (20-90°) spinal içerik görülebilirken aynı anda minimal invaziv spinal teknikler de uygulanabilir. Bu genişletilmiş görünüm, minimal cerrahi bir diseksiyonla cerrahi tedavinin kolaylıkla uygulanmasına izin verir (27). Çoklu yaklaşımların kullanılabilirdiği bir endoskop; subartiküler, far-lateral ve foraminal bölgeler gibi erişimin genellikle zor olduğu düşünülen bölgeleri de dahil olmak üzere bir spinal segmentin tüm bölgelerine erişime izin verir (27). Mevcut endoskoplar, çok kanallı, geniş açılı lens ve değişken uç açıları ile çeşitli çaplardadır. Eğimli ucu bulunan tübüler erişimli kanül, cerraha epidural boşluk, annuler yapı ve disk içi boşluğun görünümünü sağlarken tek bir portal aracılığıyla sinir kökünün dekompresyonuna da izin verir.

Literatüre bakıldığında standart endoskopik cerrahi tekniklerin geleneksel olarak lomber disk hernilerinin tedavisi ile ilişkilendirildiği görülmektedir (20). Lomber disk patolojisine yönelik uygulanan minimal invaziv teknikler ise son 40 yılda önemli ölçüde gelişim göstermiştir (27).

İntervertebral disk, santralinde daha yumuşak ve amorf bir çekirdek pulposusundan oluşur ve çok katmanlı bir bağ olan annulus fibrosus ile çevrilidir. İntervertebral disk herniasyonu, nukleus pulposusun rüptüre annulus fibrosusu geçerek ya da rüptüre olmamış annulus fibrosus ile birlikte disk aralığının dışına doğru taşmasıdır. Taşmanın olduğu bölge ve taşmanın derecesine göre hem geçen sinir kökü hem de çıkan sinir kökünde basınç, gerilim veya mekanik bası nedenli etkilenme olabilir. Hastada oluşan bel ve bacak ağrısı, uyuşma, karıncalanma ve/veya kas

kuvvetsizliği gibi şikâyetler herniye olmuş diskin hassas olan annulus fibrosus dış katmanları, spinal sinir kökleri ve/veya spinal sinirleri etkilemesinden kaynaklanır. Cerrahi müdahalenin amacı, normal spinal anatomiyi koruyarak etkilenmiş olan bu yapılardaki basınç, gerginlik ve mekanik bası kaynaklarını uzaklaştırmaktır. Aynı zamanda da minimum kanama, olası sinir hasarının önlenmesi ve küçük insizyon hedeflenmelidir. Açık cerrahi prosedürlerde kas manipülasyonu minimalde olsa travmatiktir. Endoskopik spinal cerrahi prosedürlerinde ise spinal kanalı arka kısımdan destekleyen ve koruyucu özellikleri bulunan kemik ve ligamentöz yapılar açılmaz. Yüksek çözünürlüklü endoskoplarla, cerrahın disk boşluğuna girmeden önce sinir köklerini (geçen ve çıkan), bitişik yapıları ve annulusun dış yüzeyinin görünmesi sağlanır. Annulusun görüntülebildiği liflerinin bütünlüğü daha iyi korunur, böylelikle tekrarlayan disk herniasyonu riski azaltılmış olur. Lokal anestezi ile prosedürün uygulanıyor olması endoskopik spinal cerrahinin başka bir avantajını oluşturmakta olup bu da genel komplikasyon oranlarının azalmasını, hastanede kalış sürelerinin daha kısa olmasını ve maliyetlerin daha düşük olmasını sağlar (7).

Annülotomi kullanılarak spinal dekompresyonun ilk konsepti 1950'de Hult tarafından omurgaya anterior retroperitoneal koridor yaklaşımı kullanılarak tanımlanmıştır (5). Daha sonra Kambin tarafından "güvenli bölge" olarak adlandırılacak olan bölgeyi kullanıp diskin merkezi kütesinin azaltılmasının (debulking) istenen sonuçlara ulaşabileceği kavramı 1963 yılında diskin nukleus pulposusunu bir enzimle (kemonükleoliz) parçalayan Lyman Smith tarafından ortaya atılmıştır (22). Kambin ve ark. 1973'te (10,13) ve Hijkata ve ark. 1975 yılında (2,3) ciltte küçük insizyonlar oluşturmuş, cerrahi aletler kullanarak postero-lateral bir yaklaşımla diskten herniye nukleus pulposusu çıkarmış ve perkütan nukleotomi tekniğini tanımlamıştır. Daha sonra otomatik bir aspirasyon cihazı ile nukleusun hacminin azaltılması (15, 18) ve bu amaca ek olarak lazer kullanımı (9) denenmiştir. Schreiber ve ark. nukleus pulposusu çıkarmak ve daha görünür

hâle getirmek için bir artroskop kullanmıştır (21). 1980'lerin başında ise Kambin ve ark. (10,11,12) yer değiştirmiş nukleus pulposus parçalarını görmek ve manipüle etmek için negatif atmosferik basınç uygulamıştır. 1983 yılında ise Kambin ve Gellmann tarafından, kullanılan cerrahi aletlerin yerleştirilmesi için intervertebral diskin dorsolateral köşesindeki güvenli bir bölgenin radyografik işaretleri tanımlanmıştır (1,3).

Endoskopik spinal cerrahide disk patolojisinin yerine ve tipine göre uygulanacak yaklaşımı ve ilgili sınırlamaları iyi bilmek ve doğru hasta seçimi optimum sonuca ulaşmada çok önemlidir (1). Tüm potansiyel hastalar ayakta antero-posterior, lateral ve fleksiyon/ekstansiyon düz radyografileri, manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile değerlendirilmeli ve herhangi bir potansiyel disk kalsifikasyonundan şüpheleniliyorsa hastalara bilgisayarlı tomografi taraması yapılmalıdır.

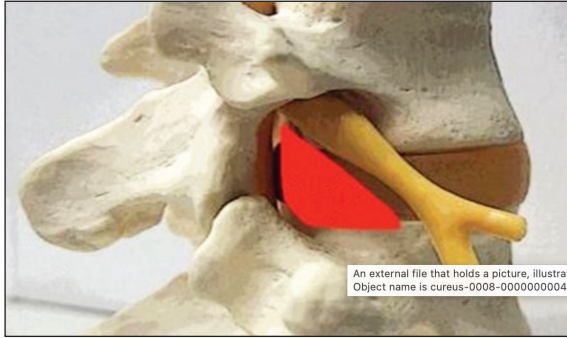
Endoskopik lomber cerrahi için en yaygın endikasyon, lomber parasantral disk herniasyonlarıdır. Santral, subartiküler ve far lateral herniasyonlar da uygun deneyim ve eğitimle çok etkili bir şekilde tedavi edilebilir (14, 25, 28). Diğer endikasyonlar içinde nukleus pulposu ile birlikte semptomatik anüler yırtıklar, medial dal rizotomisi, enfeksiyöz diskite dekompresyonu ve interbody füzyonu bulunmaktadır (23,25).

Lomber spinal bozuklukları tedavi etmek için çeşitli endoskopik cerrahi yaklaşımlar kullanılmaktadır. En yaygın yaklaşım, hem intra diskal (6,24) hem de ekstra diskal (19) yaklaşımlara izin veren intraforaminal yaklaşımdır. Endoskopik omurga cerrahisi yaklaşımları açısından en önemli kavramlardan biri patolojik nöroforaminal anatomiye hem disk patolojisi hem de faset değişiklikleri açısından anlamaktır. Disk patolojisine ilişkin MRG yorumlaması da operatif başarının elde edilmesinin önemli bir bileşenidir. L5-S1 disk herniasyonlarında alternatif olarak, herniasyon postero-lateral yerleşimli ise posterior interlaminar yaklaşım, far lateral yerleşimli ise de doğrudan posterior yaklaşım uygulanmalıdır.

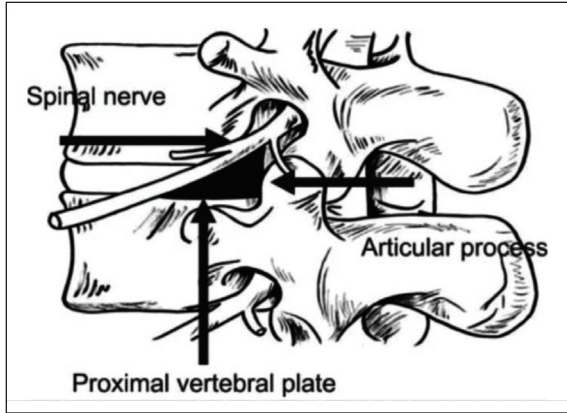
Endoskopik tekniklerin endikasyonları gelişmeye devam etse de, teknolojinin sınırlamaları bulunmaktadır. Sınırlamaların olduğu spinal patolojilerden biri, geleneksel açık mikro diskektomi tekniği veya daha gelişmiş interlaminar endoskopik teknik ile tedavi edilmesi gerekli olan distale veya proksimale migre olmuş disk herniasyonlarıdır. Bir diğeri, açık dekompresif teknikle tedavi edilebilen birden fazla düzeyde oluşmuş konjenital veya edinsel spinal kanal stenozlarıdır.

Foraminal anatomiye anlamak, transforaminal endoskopik spinal cerrahiye güvenli bir şekilde gerçekleştirmek için çok önemlidir. Nöroforamenin üst yarısı, çıkan sinir kökünü içerir. Nöro-foramenin alt yarısı ise, intervertebral disk ve artiküler faset eklem kompleksi ile tanımlanır (8). Nöroforamen orta kısmında diskin normal yüksekliği nedeniyle, disk aralığının arkasında en dardır. Nöroforamenin posterolateral köşesinde, intervertebral diske güvenli erişimi sağlayan Kambin üçgeni (KÜ) olarak adlandırılan bir bölge tanımlanmıştır (Şekil 1 ve 2) (4). KÜ, sıklıkla transforaminal endoskopik spinal cerrahi yaklaşım sırasında kullanılır (1,10). Bu üçgenin tabanını, dural kesenin laterali ile çıkan sinirin mediali arasındaki alt vertebra gövdesinin üst end-plate'i oluşturur. Üçgenin yüksekliği, duranın superiorında çıkan sinirin aksillasından, inferiorında intervertebral diskin alt end-plate'ine kadar uzanan lateral kenarı ve alt vertebranın proksimal partiküler prosesi tarafından oluşturulur. Üçgenin yüksekliğini oluşturan dural kenarın uzunluğu her seviyede L1-2'den, L5-S1'e gittikçe artar (17). Üçgenin hipotenüsü, çıkan sinir kökünün kendisidir. KÜ'nün hipotenüsünü oluşturan çıkan sinir kökünün kalınlığı kademeli olarak L1'den L5'e gittikçe artar. Sinir kökü çıkış açıları ise L1'den L5'e gittikçe azalır. Özellikle transforaminal yaklaşım uygulanırken üçgenin özellikle hipotenüs sınırları konusunda ekstra dikkatli olmak son derece önemlidir. Mirkovic ve ark. (17) L2-3'ten L5-S1'e kaudal olarak disk seviyelerine inildiğinde üçgen bölgenin boyutlarında hafif bir artış olduğunu, Min ve ark. (16) da gerçek bir tepe noktasının olmaması nedeniyle KÜ'nün tipik bir dik açılı üçgenden ziyade bir miktar yamuk olduğunu bildirmiştir. 2020 yılında Can ve ark. (1), yayınladıkları kadavra çalışmasında KÜ'nün üst lomber seviyelerde (L1-2, L2-3, L3-4) daha üçgen, alt lomber seviyelerde (L4-5 ve L5-S1) ise yamuk şeklinde olduğunu göstermiş, L5-S1 seviyesinde ise en geniş tabanlı olmasının her zaman güvenli olduğu anlamına gelmediğini, iliak krest gibi çevre yapıların prosedürün güvenliğine ve başarısına negatif yönde etki edebileceğini belirtmişlerdir. Etki eden çevre yapılar içinde iliak krest yüksekliğinin yanı sıra, L5 vertebra transvers çıkıntısı, sakral ala ve geniş pars interarticularise sahip L5 laminasında operatif koridorun daralmasına neden olacağına üzerinde durmuşlardır. Çıkan spinal sinir kökleri, L1-2, L2-3, L3-4 spinal seviyelerde genellikle intervertebral diskin inferiorundan kaynaklanırken, L4-5 ve L5-S1'de intervertebral diskin superiorundan veya disk seviyesinden köken alır. Dolayısıyla L1-2, L2-3 ve L3-4 seviyelerindeki disk herniasyonları dural kese basısı yapmaya daha yatkınken L4-5 ve L5-S1 seviyelerindeki herniasyonlar sıklıkla sinir köklerini doğrudan sıkıştırıp hastada radiküler semptomların

oluşmasına neden olabilir. Çıkan spinal köklerin çıkış seviyesinin farkında olup alt pedikülün superomedial kısmı hedeflendiğinde ve işlem KÜ sınırları içinde yapıldığında sinir hasarı riski önemli ölçüde azaltılabilir. Disk yüksekliği, transforaminal endoskopik disk cerrahisinin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. İntervertebral disk yüksekliği L1-2'den L4-5 seviyelerine gittikçe artar, ancak L5-S1 seviyesinde tekrar azalır. Disk yüksekliği düşük olduğunda endoskopu yerleştirmek zorlaşır ve aşırı manipülasyonlar kök yaralanmasının oluşma oranının artmasına neden olur (Şekil 1, 2).



**Şekil 1.** Kambin üçgeninin anatomik modeli (Kırmızı alan) (4).



**Şekil 2.** Kambin üçgeninin anatomik sınırları (4).

Nörovasküler ve iç abdominal yapıların yaralanması gibi perioperatif komplikasyon riski, transforaminal endoskopik lomber diskektominin daha yaygın kullanımını engellemiştir. Lomber disk hernileri için uygulanan minimal invaziv teknikler geleneksel açık tekniklere kıyasla daha yüksek sinir kökü yaralanma oranlarına sahiptir. Çıkan sinir kökünün yaralanması, perkütan endoskopik lomber diskektominin en yıkıcı komplikasyonu olup operasyon sonrası çıkan kök yaralanmasına bağlı gelişebilecek dizestezi ve motor

güçsüzlük, hastaların motor fonksiyonlarını etkileyebilir ve hasta memnuniyetini azaltabilir (26). Bu açıdan endoskopik spinal cerrahide optimal sonuçlara ulaşmada tarihçe, cerrahi fonksiyonel anatomi, endikasyonlar ve sınırlamalar, teknikler ve potansiyel komplikasyonların anlaşılmasının ve bilinmesinin önemi büyüktür.

## KAYNAKLAR

1. Can H, Unal TC, Dolas I, et al: Comprehensive anatomic and morphometric analysis of triangular working zone for transforaminal endoscopic approach in lumbar spine: A fresh cadaveric study: World Neurosurg138: 486-491, 2020
2. Hijikata S: Percutaneous nucleotomy: a new concept technique and 12 years experience: Clin Orthop 238: 9-13, 1989
3. Hijikata S, Yamagishi M, Nakayama T, et al: Percutaneous discectomy: a new treatment method for lumbar disk herniation: J Toden Hosp 5: 5-13, 1975
4. Hoshide R, Feldman E, Taylor W: Cadaveric Analysis of the Kambin's Triangle: Cureus 8: 475, 2016
5. Hult L: Retroperitoneal disc fenestration in low back pain and sciatica: A preliminary report: Acta Orthop Scand: 20: 342-348, 1950
6. Kambin P: Arthroscopic microdiscectomy: The Mount Sinai journal of medicine 58:159-164, 1991
7. Kambin P: Arthroscopic microdiscectomy: Spine J 3: 60-64, 2003
8. Kambin P: Percutaneous lumbar discectomy (Triangular Working Zone): Current practice: Surgical Rounds in Orthopaedics 31-35, 1988
9. Kambin P, Ascher PW, Leu HJ: Percutaneous laser disc surgery. In: Kambin P (ed), Arthroscopic microdiscectomy: minimal intervention in spinal surgery, Baltimore: Urban Schwarzenberg Medical Publishers, William and Wilkins, 1991:133-141
10. Kambin P, Gellman H: Percutaneous lateral discectomy of the lumbar spine. A preliminary report: Clin Orthop 174:127-132, 1983
11. Kambin P, Sampson S: Laminectomy versus percutaneous lateral discectomy a comparative study. Paper presented at the 51st Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons; February 1984; Atlanta, GA.
12. Kambin P, Schaffer J: Percutaneous lumbar discectomy-prospective review of 100 patients: Clin Orthop 238: 24-34, 1989
13. Kambin P, Zhou L: History and current status of percutaneous arthroscopic disc surgery: Spine 21: 57-61, 1996

14. Kitagawa Y, Sairyo K, Shibuya I, et al: Minimally invasive and simultaneous removal of herniated intracanal and extracanal lumbar nucleus pulposus with a percutaneous spinal endoscope: *Asian journal of endoscopic surgery* 5: 183-186, 2012
15. Maroon JC, Onik G, Sternau L: Percutaneous automated discectomy: *Clin Orthop* 238: 64-70, 1989
16. Min JH, Kang SH, Lee JB, et al: Morphometric analysis of the working zone for endoscopic lumbar discectomy: *J Spinal Disord Tech*, 2005
17. Mirkovic SR, Schwartz DG, Glazier KD: Anatomic considerations in lumbar posterolateral percutaneous procedures: *Spine (Phila Pa 1976)*, 1995
18. Onik G, Helms G, Ginsburg L, et al: Percutaneous lumbar discectomy using a new aspiration probe: *Am J Roentgenol* 144: 1137-1140, 1985
19. Ruetten S: Full-endoscopic Operations of the Spine in Disk Herniations and Spinal Stenosis: *Surgical technology international XXI*: 284-298, 2011
20. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study: *Spine* 33: 931-939, 2008
21. Schreiber A, Suezawa Y, Leu HJ: Does percutaneous nucleotomy with discoscopy replace conventional discectomy: *Clin Orthop* 238: 35-42, 1989
22. Smith L: Enzyme dissolution of the intervertebral disc: *Nature* 198:1311-1312, 1963
23. Yang SC, Chen WJ, Chen HS, et al: Extended indications of percutaneous endoscopic lavage and drainage for the treatment of lumbar infectious spondylitis. *European Spine Journal*, 2014
24. Yeung AT: Minimally Invasive Disc Surgery with the Yeung Endoscopic Spine System (YESS): *Surgical technology international* 8: 267-277, 1999
25. Yeung AT, Gore S: In-vivo Endoscopic Visualization of Patho-anatomy in Symptomatic Degenerative Conditions of the Lumbar Spine II: Intradiscal, Foraminal, and Central Canal Decompression: *Surgical technology international XXI*: 299-319, 2011
26. Yeung AT, Tsou PM: Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: Surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases: *Spine (Phila Pa 1976)* 27: 722-731, 2002
27. Yue JJ, Long W: Full Endoscopic Spinal Surgery Techniques: Advancements, Indications, and Outcomes: *Int J Spine Surg* 9: 17, 2015
28. Yue JJ HX, Scott D, Jacob A: The Treatment of Single Level Multi-Focal Subarticular and Paracentral and/or Far Lateral Lumbar Disc Herniations: The Single Incision Multi Focal Endoscopic Surgery Approach: *IJSS*, 2014

## 8

## TORAKAL OMURGANIN ENDOSKOPIK ANATOMİSİ

Erkan Kaptanoğlu

Torakoskopik omurga cerrahisi minimal invaziv bir cerrahi prosedürdür ve özellikle son 20 yılda hızla gelişmiştir. Torakoskopik teknik plevral hastalıkların tanısında ilk olarak 1900'lerin başında Almanya'da Daniel Rosenthal ve ark. tarafından, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise Michael Mack ve John Regan ve ark. tarafından kullanılmıştır. Endoskopik cerrahi tekniklerin yanı sıra endoskopik optik teknolojideki son gelişmeler, torakoskopik omurga cerrahisini popüler hâle getirmiştir. Omurga hastalıklarına yönelik ilk Video Yardımlı Torakoskopik Cerrahi (VATS) uygulaması Mack ve ark. tarafından gerçekleştirilmiştir (1,7).

Torakoskopik cerrahi günümüzde skolyoz cerrahisi, anterior longitudinal ligament gevşetme ve anterior stabilizasyon, tethering), vertebra tümörleri, vertebra biyopsileri, korpektomiler, abseler, perinöral kistler, akciğer tümörünün vertebraya lokal yayılımı, kemik füzyonlar, stabilizasyonlar, sempatektomi, torakal travma ve torakal disk hernileri gibi pek geniş bir patolojide kullanılabilir. Torakoskopik cerrahinin kontrendikasyonları arasında pulmoner hipertansiyon, morbid obezite, akut solunum yolu hastalığı, ciddi kalp hastalığı, koagülopati, intradural disk hernileri, tek akciğerle hayatta kalamama, plevral ampiyem, skleroterapi, arteriovenöz malformasyon-lateral veya ekstatik aortik arkus gibi vasküler anomaliler yer alır (9).

Torakoskopinin avantajlarının başında omurilik ve dura önden doğrudan görüntüsünü sağlar. Buna ek olarak ameliyat sonrası daha az ağrı, minimal kosta retraksiyonu, daha az plevral efüzyon riski, daha kısa rehabilitasyon ve hastanede kalış süresi, küçük cilt kesisi ve daha iyi kozmetik sonuç beklenir (2,9). Torakoskopinin dezavantajlarının başında uzun öğrenme eğrisi gelir. Buna ek olarak uzun ameliyat süresi, uzun anestezi, uzun hazırlık süresi ve daha uzun ve pahalı cerrahi aletler gelir.

Transtorasik anterior yaklaşımlar, multiportal VATS ve full-endoskopik uniportal torasik cerrahi dahil olmak üzere geniş bir yelpazede farklı girişimlere sahiptir.

Torakoskopik cerrahide optimal cerrahi sonuçlara ulaşmak için torasik omurganın cerrahi fonksiyonel anatomisinin anlaşılması gereklidir. Patolojinin lokalizasyonuna göre omurilik çevresindeki anatomik bölgeye anterior ya da posterior yaklaşımlar vardır. Anterior yaklaşımlar özellikle anteriorda yerleşen lezyonlar için büyük avantaj sağlarken, torasik bölge ve plevral boşluğun açılması nedeniyle toraksa ait komplikasyonlar görülebilir (7). Anterior torakotomi ile spinal bölgeye yaklaşım, postoperatif pulmoner sorunlar, büyük damar yaralanması riski, mediastinal yaralanma riski ve post-op şiddetli ve uzun süreli ağrı nedeniyle önemli morbiditeye sahiptir (9). Torakoskopik yöntemlerle ilgili çalışmalar, torasik ve mediastinal alanlardan maksimum düzeyde uzak olacak ve bu alanlara minimum düzeyde zarar verecek en iyi cerrahi yaklaşımları ve cerrahi teknikleri elde etmek için yapılmaktadır. Bu bölümde torakoskopik spinal cerrahide bilinmesi gereken anatomik landmark ve cerrahi yaklaşımdaki önemli noktalar anlatılacaktır.

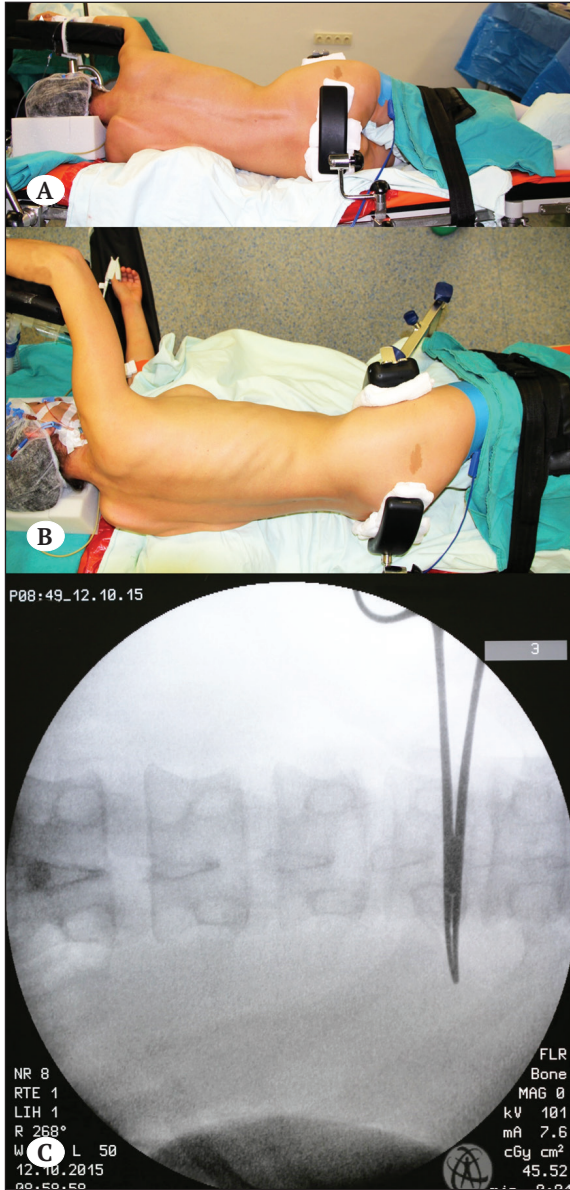
Video yardımlı torakoskopik cerrahi (VATS) disk herniasyonu, vertebral instabilite, intervertebral disk aralığını etkileyen neoplastik veya enfektif süreçler gibi anterior yaklaşım gerektiren spinal bozukluklarda güvenle kullanılabilir (5,7,8,12). Literatürde birçok çalışma VATS'ın açık cerrahiye göre daha etkili olduğunu ve daha az morbiditeye sahip olduğunu göstermiştir (11,13).

VATS sırasında hasta, ipsilateral akciğer ventilasyonunu azaltmak ve genel anestezi altında çalışma alanı sağlamak için çift lümenli endotrakeal tüp ile çift anestezi altında entübe edilir. Aksiller rulo, skapula seviyesinde gövdenin lateral tarafına yerleştirilir, böylece aksilla açığa çıkar. Üst kol, skapulanın geriye doğru hareketini sağlar ve vücut duvarının geniş bir şekilde açığa çıkmasını sağlar (Şekil 1A, B).

Optimal port girişini belirlemek için per-operatif skopi yapılmalıdır (Şekil 1C). Port yerleştirme sırasında interkostal arterlere zarar vermemek gerekir. Portlar direkt endoskopik görüş ile yerleştirilmeli, akciğer parankimine, visseral ve vasküler yapılarla



zarar vermektten ve diyaframa penetrasyondan kaçınılmalıdır. Kelly klemp, port yerleştirme sırasında akciğerin zarar görmesini önlemek için kullanılabilir. İnterkostal arterler aortun her iki tarafında farklıdır. Sağ tarafta vertebral cisim gövde üzerinde hareket eder ve torasik kanal özofagus vena azigos (majör) tarafından çaprazlanır ve plevra ve akciğer tarafından örtülür. Sol taraftaki iki üst interkostal damar sol superior interkostal ven tarafından çaprazlanırken, sonraki iki interkostal damar aksesuar hemiazygos tarafından çaprazlanır. En alt interkostal arterler vena



**Şekil 1.** Hastanın torakoskopik spinal cerrahi için lateral dekubit pozisyonunun posteriordan (A) ve üstten (B) görünüşü. Ön-arka ve lateral planlarda çekilen skopi lezyonun yerini tesbit etmek ve optimum port yerinin tesbiti için önemlidir (C).

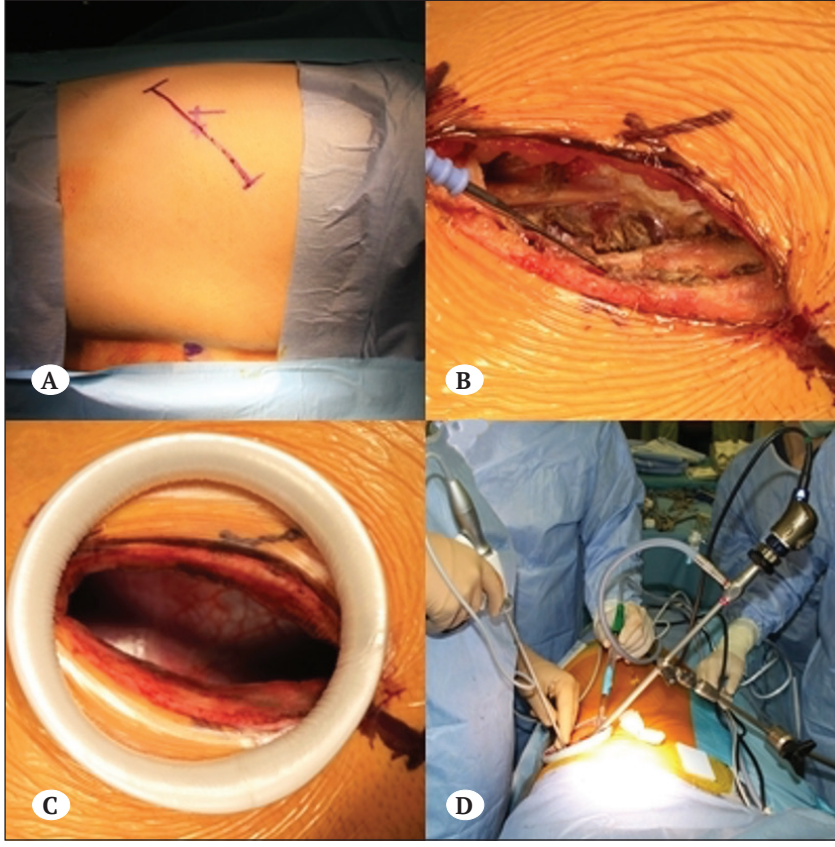
hemiazygos tarafından çaprazlanır. Portların anterior yerleştirilmesi sırasında internal mammaryan arter yaralanmasından kaçınılmalıdır (10).

Üst torasik bölgeye (T1-T5) ulaşmaya çalışırken, brakiyal pleksus, aksiller arter ve ven yaralanması riskini en aza indirmek için ilk iki interkostal aralıktan geçmekten kaçınmak gerekir. Orta torasik bölgeye (T5-10) ulaşmak için 3 veya 4 portalin en rahat kullanımındır. Alt torasik bölge (T9-L1) diyaframa çok yakındır ve spinal bölgeye ulaşmak için diyaframın geri çekilmesi gerekir. Bu seviyede ters Trendelenburg pozisyonu karaciğer, dalak, periton boşluğunun kaudale doğru hareket etmesini sağlayarak diyaframın retraksiyonuna izin verir. Sağ taraftan yaklaşırken karaciğerin diyaframı yukarı doğru kaldırdığı düşünülmeli, vena kavanın inferiora yakın olduğu ve retraksiyon sırasında kolayca zarar görebileceği akıld tutulmalıdır (3,10).

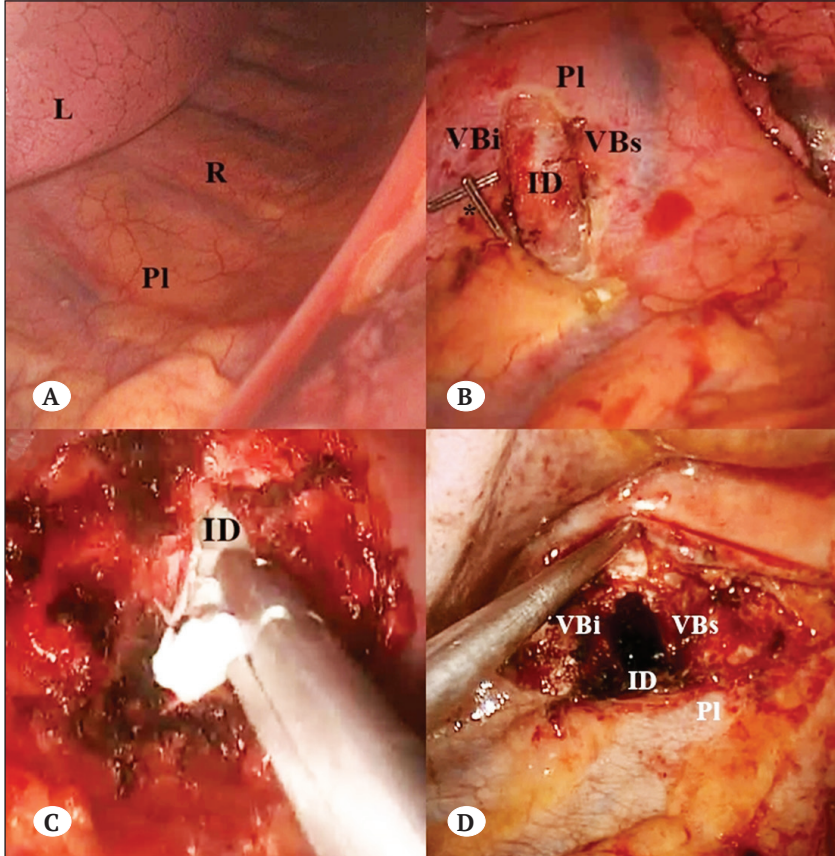
Torakoskopik işlemlerde tüm portlar (optikler, operasyon ve aspiratör) patoloji seviyesine göre yerleştirilir. Her port girişi için ayrı ayrı girilebileceği gibi, tek insizyondan da yapılabilir (Şekil 2). Bu bölümde tek insizyondan portların ve iş aletlerinin yerleştirilmesi anlatılacaktır. İnsizyon interkostal aralıkta ve kaburgaya paralel olarak yapılır (Şekil 2 A). Levator kostal kaslar C7-T11 arasına yerleşir ve vertebraların orijinleri insersiyonların transvers prosesidir (Şekil 2 B). İlk portun yerleştirilmesi ikinci portun yerleştirilmesine yardımcı olur. Standart diskektomi için genellikle 3 port kullanılır. Yumuşak kauçuk portlar interkostal sinire zarar verme riskini azaltmak için kullanılır. Bu aşamada, kaslar göğüs cerrahı tarafından diseke edildiğinde, parietal plevra açığa çıkar ve torasik kavitenin açığa çıkarılması için pleural yapışıklıklar açılır (Şekil 3A). Pulmoner akciğer eksizye edilir ve parietal plevra kesilir (Şekil 3B). Plevral disektör, pleural ve spinal bölgeyi diseke etmek için kullanılır. Bu manevralara rağmen spinal bölge yeterince gösterilemezse, ipsilateral akciğeri daha fazla deflasyona sokarak anatomik bölgeyi tanıtmaya yardımcı olur. Spinal bölgede karşımıza kosta-vertebral eklem, intervertebral disk mesafesi, kosto-transvers ligament ve segmental arter-ven kompleksi çıkar.

Segmental arterler interkostal arterlerden çıkar ve her seviyede intervertebral foramenen medulla spinalise geçer. Anterior ve posterior medüller arter olarak devam eder. İnterkostal arterler aortadan ayrılır. T9-T12 arasında anterior segmental medüller arterler (%70) sol tarafa göre daha sıktır. Adamkiewicz ve arteria radicularis olarak adlandırılır. Segmental arterler ve venler bağlandıktan sonra, costa-transvers ligament öne çıkar. Daha sonra kostotransvers eklem-

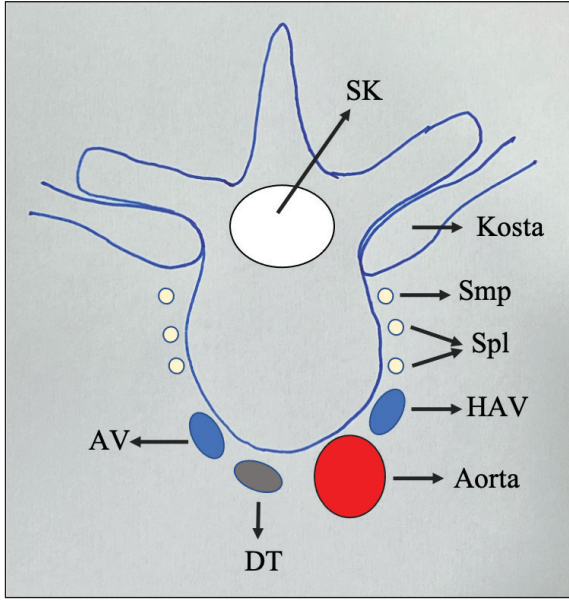




**Şekil 2.** A) VATS yaklaşımı için standart insizyonlar. B) İnterkostal boşlukta ve kosta paralel yapılan kesi C) Protektif retraktör ile insizyon genişlemekte ve levator kosta kasları görülmekte D) Torakoskopik cerrahi için ekipmanın ve cerrahi ekibin konumlanması.



**Şekil 3.** Toraks kavitesinin endoskopik görünümü (A). İntervertebral disk mesafesi, üzerindeki plevranın rölfe veren her iki segmental damarların arasından insizyonu sonrası görülmektedir (B). Diskektomi segmental damarlardan uzak doğrudan görüş yapılışı görülmektedir (C). Diskektomi sonrası intervertebral disk mesafesi, inferior ve superior vertebra korpusları ve end-plate görülmektedir (D). ID: intervertebral disk, L: akciğer, PI: plevra, R: kosta, VBi: inferior vertebral korpus, VBs: superior vertebral korpus.



**Şekil 4.** Orta torakal bölgede disk mesafesinden geçen transvers kesit görülmektedir. **SK:** spinal kanal, **Kosta,** **Smp:** sempatik zincir, **SPL:** splanknik sinirler, **HAV:** hemiazigoz ven, **Aorta,** **DT:** duktus torasikus, **AV:** azigoz ven.

ler görülür. Kaburga başı rezeke edilir ve iki korpus arasındaki disk mesafesi görülür. Transvers prosesin ortasına doğru pedikül anteriora doğru devam etmektedir. Epidural mesafeyi kontrol etmek için pedikülün başı da rezeke edilir (4). Bundan sonra, eğer varsa ventral dura ekstrüde diskin bir parçası olarak görülür. Eğer diskektomi yapılacaksa operasyon diskektomi ile devam eder İntervertebral disk mesafesi plevradan rölfe veren her iki segmental damarların genellikle orta uzaklıktadır (Şekil 3C). Hougan ve ark. segmental arter ve venlerin vertebra korpusu ortasındaki süpersulkustan geçtiklerini, süperior ve inferior segmental arterler arasındaki bölgenin “güvenli zon” olduğunu göstermişlerdir (6). Diskektomi tamamlandıktan sonra kemik füzyon ve enstrümantasyon ile devam edilebilir (Şekil 3D). Diskektomi yapılırken disk kapsülünün dışına çıkılırsa, segmental damarlardan uzakta kalınabilse de, anterolateralde aorta ve duktus torasikus, hemiazigoz ve azigoz venler, lateralde sempatik zincir ve splanknik sinirler yaralanabilir (Şekil 4).

Torakoskopik spinal cerrahi minimal invaziv bir yöntem olarak hastalarda birçok patolojide kullanılabilir. Ancak öğrenme eğrisi uzundur. Torakoskopik anatomi bilgisi literatürde sınırlıdır. Bu nedenle standart anatomi bilgisinin yanında iki boyutlu endoskopi görüntülerine alışmak, endoskop manuplasyonu çalışmaları, kadavra diseksiyonu ve tecrübe aktarımı gerektirir.

## KAYNAKLAR

1. Abuzayed B, Tuna Y, Gazioglu N: Thoracoscopic anatomy and approaches of the anterior thoracic spine: cadaver study. *Surg Radiol Anat.* 34(6):539-49, 2012
2. Annand N, Regan JJ: “Video-assisted thoracoscopic surgery for thoracic disc disease: classification and outcome study of 100 consecutive cases with a 2-year minimum follow-up period,” *Spine* 27(8):871-879, 2002
3. Bisson EF, Jost GF, Apfelbaum RI, et al: Thoracoscopic discectomy and instrumented fusion using a minimally invasive plate system: surgical technique and early clinical outcome. *Neurosurg Focus* 30(4):E15, (2011)
4. Deviren V, Kuelling FA, Poulter G, et al: Minimal invasive anterolateral transthoracic transpleural approach. A novel technique for thoracic disc herniation. A review of the literature, description of a new surgical technique and experience with first 12 consecutive patients. *J Spinal Disord Tech* 24 (5):E40-E48, 2011
5. Dickman CA, Rosenthal D, Karahalios DG, et al: Thoracic vertebrectomy and reconstruction using a microsurgical thoracoscopic approach. *Neurosurgery* 38:279-293, 1996
6. Hougan OY, Zihai D, Ouyang D: Vascular components of the posterior mediastinum: applications for video-assisted thoracoscopic surgery. *Surg Radiol Anat* 33:117-122, 2011
7. Mack MJ, Regan JJ, Bobechko WP, et al: Application of thoracoscopy for disease of the spine. *Ann Thorac Surg* 56:736-738, 1993
8. McAfee PC, Regan JR, Zdeblick T, et al: The incidence of complications in endoscopic anterior thoracolumbar spinal reconstructive surgery. A prospective multicenter study comprising the first 100 consecutive cases. *Spine* 20:1624-1632, 1995
9. Özer AF: Torakal Omurlara Torakoskopik Anterior Yaklaşım. *Türk Nöroşirürji Dergisi*, Cilt: 19, Sayı: 3, 158-164, 2009
10. Pait TG, Elias AJ, Tribell R. Thoracic, lumbar, and sacral spine anatomy for endoscopic surgery. *Neurosurgery* 51(5 Suppl):S67-78, 2002
11. Rosenthal D, Dickman CA: Thoracoscopic microsurgical excision of herniated thoracic discs. *Neurosurg Focus* 6 (5): Article 4, 1999
12. Sasani M, Ozer AF, Oktenoglu T, et al: Thoracoscopic surgical approaches for treating various thoracic spinal region diseases. *Turk Neurosurg* 20(3):373-381, 2010
13. Visocchi M, Masferrer R, Sonntag VK: Thoracoscopic approaches to the thoracic spine. *Acta Neurochir* 140:737-743,1998

# 9

## SERVİKAL OMURGANIN ENDOSKOPIK ANATOMİSİ

Şeref Doğan, Alper Tabanlı

### GİRİŞ

Endoskopik servikal yaklaşımlarda cerrahi tekniği anlamak ve başarılı sonuçlar elde etmek için servikal anatomi hakkında yeterli bilgiye sahip olmak gerekmektedir. Bu bölümde anterior endoskopik servikal girişimde gerekli olan anatomik yapılardan bahsedilecektir.

### ANTERİOR SERVİKAL GİRİŞİMLERDE YÜZEYEL ANATOMİ

Yüzeysel anatominin bilinmesi başta oryantasyon olmak üzere bir çok noktada gereklidir. İlk olarak cerrahi seviyenin belirlenmesi ve istenilen mesafeye ulaşmada gerekli olan iğne trasesi bu anatomik yapılar arasından yol almaktadır (Şekil 1). Dışarıdan görülebilen ilk ve önemli yapı sternocleidomastoideus'tur (SCM). SCM boynu ön ve arka üçgen olmak üzere ikiye ayırır.

İnsanların kilo, boy, cinsiyet gibi faktörlerle çene ve boyun yapıları değişse de belirli anatomik noktalar cerrahi seviyeyi belirlemede yol göstermektedirler. Bu anatomik noktalardan en belirgin ve önemlileri hiyoid kemik, tiroid kıkırdak, trakea yapıları ve sternoklavikular eklem olarak sayılabilir (8). Bu anatomik noktalar her ne kadar yol gösterici olsa da cerrahi pozisyonlama sonrasında cerrahi seviyenin C-kollu floroskopi ile belirlenmesi oldukça önemlidir.

### Hiyoid Kemik

Hiyoid kemik (os hyoideum), alt çenenin alt arkasında bulunan oldukça küçük bir kemiktir. kafatasında oynar eklemle sahip iki kemikten biridir. Hiyoid kemiğinin görevi dilin kafatası içinde sabitlenmesidir. Bu kemik temporal kemiğin (os temporale) processus styloideus'una bağlanır.

Tiroid kıkırdağının yaklaşık 1.5 cm üzerinde bulunur ve C3 vertebra seviyesine karşılık gelir. C3-4 diskine yönelik yaklaşımlarda hiyoid kemik alt kenarı hedef alınır.

### Tiroid Kıkırdak

Tiroid kıkırdak özellikle ergenlik sonrası erkeklerde daha belirgin olmakla beraber en belirgin orta hat yapısıdır. C 4-5 ve karotid bifurkasyonu ile aynı mesafeye denk gelmektedir.

### Krikoid Kıkırdak

Tiroid kıkırdağın hemen altında yer alan krikoid kıkırdak C6 seviyesine denk gelir. Cerrahi yaklaşımda C5-6 diski için tiroid kıkırdak ve krikoid arası, C6-7 diski için krikoid kıkırdağın hemen altı hedef alınmalıdır. Karotisin laterale ekartasyonu farenks ve özofagusun mediale ekartasyonu ile güvenli cerrahi alan oluşturulur. Bu alan ile hayati yapıların korunması hedeflenir.

### ANTERİOR SERVİKAL GİRİŞİMLERDE TOPOGRAFİK ANATOMİ

Boyun anatomik olarak ön ve arka üçgenlere ayrılmıştır. Ön üçgenin sınırlarını üstte mandibula kemiğinin alt kenarı, lateralde SCM kası, medialde ise boyun orta hattı oluşturmaktadır (9). Bu bölgede submental, submandibuler, karotis ve muskuler üçgen olmak üzere dört bölüm bulunmaktadır.

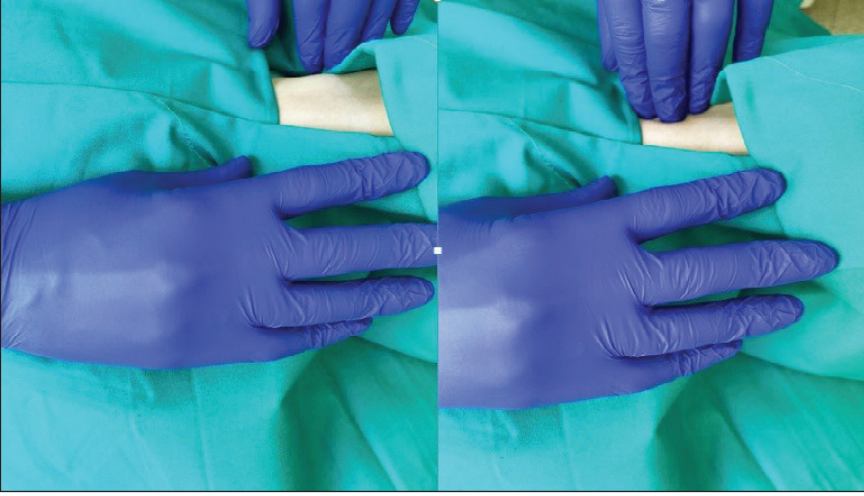
#### 1- Submental Üçgen

Submental üçgen aynı zamanda suprahiyoid üçgen olarak adlandırılabilir. Aşağıda hiyoid kemiğin gövdesi, lateralde musculus digastricus'un ön karnı, medialde ise boyun orta hattı tarafından sınırlandırılmıştır. Tabanını milohiyoid kas tavanını ise superfisiyal fasya ile cilt oluşturmaktadır.

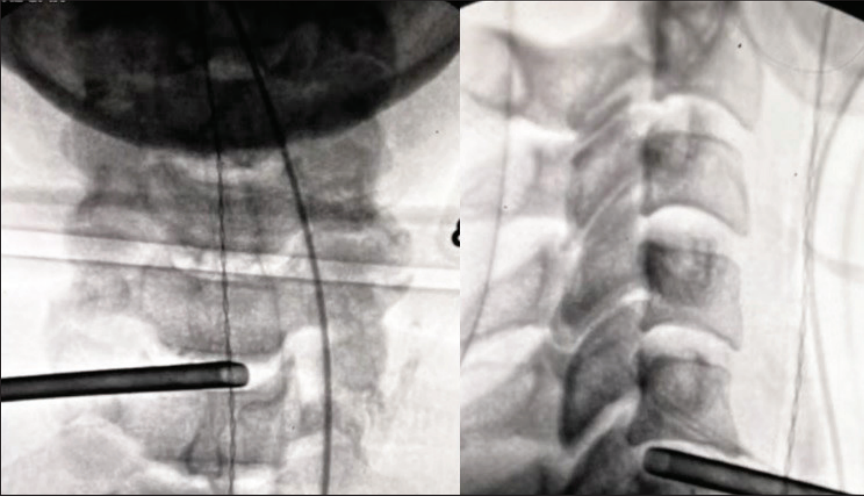
#### 2- Submandibuler Üçgen

Sınırlarını yukarıda, mandibula kemiğinin alt kenarı, aşağıda ise musculus digastricus'un ön ve arka karnları yapmaktadır. Bu üçgenin en önemli yapısı submandibulargland olup aynı zamanda içerisinde a-v facialis, n. hypoglossus gibi önemli yapıları barındırır.





**Şekil 1.** Karotisin laterale trakea ve özofagusun mediale alınması.



**Şekil 2.** Skopi eşliğinde anterior servikal girişim.

### 3- Karotis Üçgeni

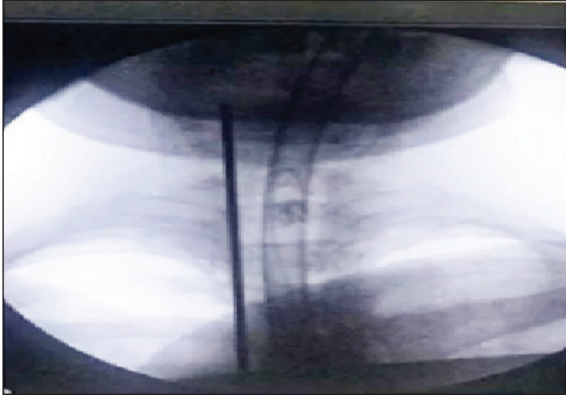
Arka sınırını SCM kasını ön kenarı, ön sınırını omohiyooid kasının üst karnı, üst sınırını ise diğastrik kasın arka karnı oluşturmaktadır. İçerisindeki önemli yapılardan bazıları; karotis bifurkasyonu, a. Tyroideasuperior, a.lingualis, n.hypoglossustur.

### 4- Muskuler Üçgen

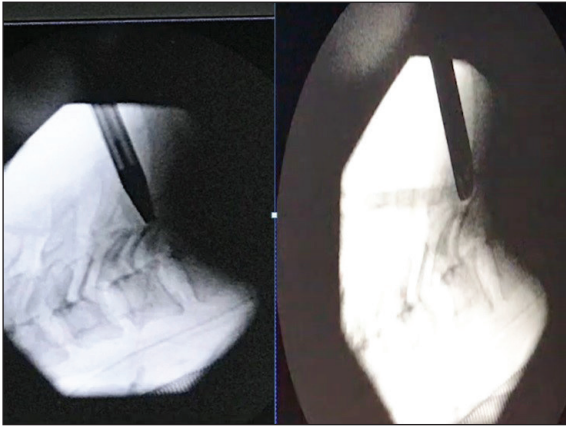
Endoskopik anterior servikal yaklaşımlarda en önemli üçgendir. Çünkü yaklaşımların büyük çoğunluğunda bu üçgenden yararlanılır. Muskuler üçgenin sınırlarını SCM, orta hat ve musculus omohyoideusun anterior bacağı oluşturur. Arteria carotis communis, internal juguler ven ve vagal sinir ile birlikte karotis kılıfı içinde yer almaktadır. Medialinde özofagus, trakea tiroid bez ve larinks yer almaktadır.

### ANTERİOR SERVİKAL GİRİŞİMLERDE ENDOSKOPIK ANATOMİ

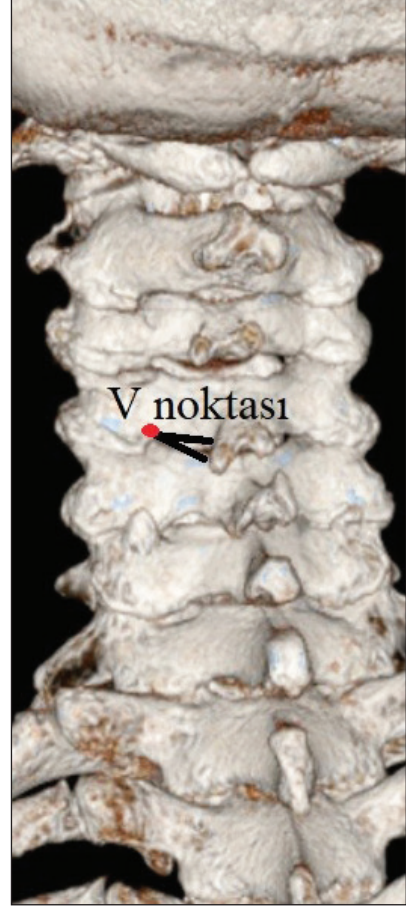
Anterior servikal yaklaşımlarda endoskopik ya da açık cerrahide kullanılan güvenli koridor benzerdir. Her iki yaklaşımda da istenilen servikal disk mesafesine ulaşırken SCM'nin medialinde yer alan karotit arter laterale, trakea ve özofagusta mediale alınarak oluşturulan güvenli koridor kullanılır (3). Anatomik olarak karotit arter C3-4 seviyesinde daha medialde yer alırken C6-7 seviyesinde ise daha lateralde yer alır (2). Ponksiyon amacıyla giriş yerinin en güvenli olduğu bölge hava yolu ile karotit arter pulsasyonunun alındığı aralıktır (5). Bu aralıktan skopi eşliğinde (Şekil 2) ilerlenerek anterior longitudinal ligamana oradan da istenilen disk seviyesi, dura mater ve foraminall düzeyde spinal köke ulaşılabilir (10).



**Şekil 3.** Skopi eşliğinde posterior paramedian servikal seviye tespiti.



**Şekil 4.** Skopi eşliğinde posterior servikal girişim.



**Şekil 5.** Üst laminanın alt kenarı ile alt laminanın üst kenarı birleşim yeri V noktası.

## POSTERİÖR SERVİKAL GİRİŞİMLERDE ENDOSKOPIK ANATOMİ

Posterior servikal girişimlerde cilt insizyonu median değil paramediandır (6). Bu girişimde hedef alınan doku faset eklemin medialidir (7) bu sebeple paramedian insizyon tercih edilir. Skopi ile kontrol edilebilir (Şekil 3). İnsizyon sonrası künt diseksiyon ile laminalar arası boşluğa ulaşılmaya çalışılır, skopi kontrolü yapılır (Şekil 4). Faset eklem medialinde üst laminanın alt kenarı ile alt laminanın üst kenarının birleşim yerine V noktası denir (Şekil 5) (4). Burası diseksiyon sonrası drilleme amacı ile kullanılır. Buradan spinal kanal ve foramene ulaşılır (1).

## SONUÇ

Servikal endoskopik girişimler hâlen günümüzde gelişmekte olan bir yöntemdir. Cerrahın kişisel tecrübesi ve kişisel tecrübesi de bu gelişimde çok önemli bir yer tutar. Yine bu gelişimin en önemli kısmı anatomidir. Anatomi sayesinde doğru girişim tercih edilip istenmeyen komplikasyonlardan korunulacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Brown GSC, Gibson JNA. Early experience with cervical endoscopic spinal surgery (CESS): a potential adjunct to ACDF/disc arthroplasty. Spine J 2015; 15: S74.
2. Bucknall V, Gibson A: Cervical endoscopic spinal surgery: A review of the current literature. Journal of Orthopaedic Surgery(Hong Kong) 2018;26(1)
3. Chen L, Chu L, Deng ZL, et al: Anterior transcorporeal approach of percutaneous endoscopic cervical discectomy for disc herniation at the C4-C5 levels: a technical note. Spine J. 2016;16(5):659-66.
4. Chung CK, Kim CH, Kim HJ, et al: Early outcome of posterior cervical endoscopic discectomy: an alternative treatment choice for physically/socially active patients. J Korean Med Sci. 2009;24(2):302-6.
5. Ding L, Huang Y, Sun T. Minimally invasive approach for cervical spondylotic radiculopathy. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi. 2010;24(1):104-7.

6. Godolias G, Komp M, Ruetten S, et al: A new full-endoscopic technique for cervical posterior foraminotomy in the treatment of lateral disc herniations using 6.9-mm endoscopes: prospective 2-year results of 87 patients. *Minimally Invasive Neurosurgery*: MIN 2007;50:219-226.
7. Gong L, Tan J, Zheng Y, et al: Anterior cervical discectomy and interbody fusion by endoscopic approach: a preliminary report. *J Neurosurg Spine*. 2008;8(1):17-21.
8. Hellinger S: The full endoscopic anterior cervical fusion: a new horizon for selective percutaneous endoscopic cervical decompression. *Acta neurochirurgica Supplement* 2011;108:203-207.
9. Khouzani RK, Mostofi K: Endoscopic Anatomy and Features of Anterior Cervical Foraminotomy by Destandau Technique. *Open Access Maced J Med Sci*. 2016 Dec 15; 4(4):650-653.
10. Lee JH, Lee SH: Clinical and radiographic changes after percutaneous endoscopic cervical discectomy: a long-term follow up. *Photomed Laser Surg*. 2014;32(12):663-8



# 10 OMURGA GÖRÜNTÜLENMESİNDE GÜNCEL YÖNTEMLER

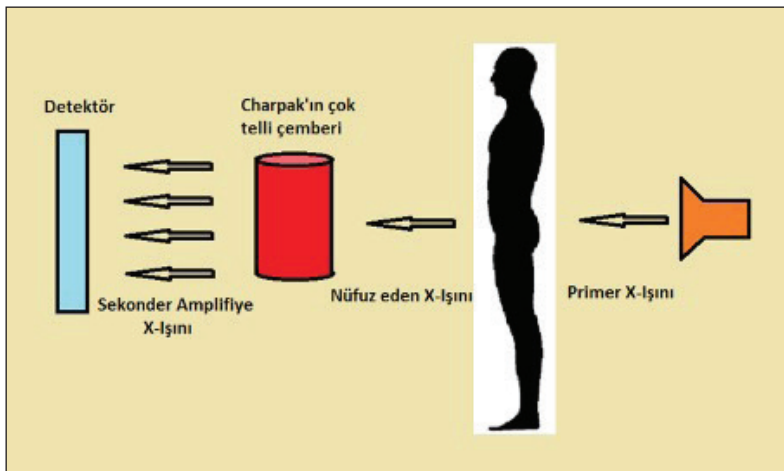
Aydın Talat Baydar, Tahsin Erman

Tıpta görüntüleme tetkikleri, özellikle cerrahi branşlar için vazgeçilmez bir yere sahiptir: Bir cerrahın patolojiyle savaşmadan önce ve savaşı esnasında; düşmanın konumunu ve zayıf noktalarını tespit etmesi için gereken en temel yardımcıdır. Günümüzde spinal cerrahide güncel yaklaşımlar giderek daha minimal invazif yöntemler olarak tanımlanmakta ve doku harabiyeti azalırken, görüntüleme tetkiklerine olan ihtiyaç artmaktadır. Minimal invazif omurga cerrahisi ve görüntüleme yöntemleri bu anlamda birbirine göbekten bağlı olup bu bölümde omurga görüntülenmesindeki güncel yöntemler incelenecektir.

Omurga ve omurilik cerrahisinde hastalara özgü uygun tedavinin planlanması ve yapılabilmesi için farklı fiziksel ve mekanik özellikleri bulunan kemik, kıkırdak, ligamantöz, vasküler ve nöral yapıların bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Günümüz nöroşirürji pratiğinde, omurga cerrahisinde karar verme algoritmalarının kranial cerrahiye kıyasla daha karmaşık olmasının bir sebebi radyolojik görüntüleme yöntemlerinden birden fazlasının harmanlanması ihtiyacıdır. Günümüzde kullanılan yeni teknoloji ile geliştirilen görüntüleme yöntemlerinin endikasyonları, avantajları ve kısıtlılıklarını bilmek omurga cerrahisi pratiğinin temel taşlarından.

## Düşük Doz Radyasyonlu Direkt Grafiler

Direkt grafiler bir nöroşirürjiyenin birçok patoloji için omurganın ilk değerlendirilmesinde sıklıkla tercih ettiği tetkik olup, en önemli dezavantajı radyasyon maruziyetidir. Özellikle minimal invazif cerrahinin ilerlemesiyle spinal cerrahların radyasyon maruziyeti de artmaktadır. Son yıllarda bu alandaki en önemli gelişmelerden biri ultra düşük doz radyasyonlu olarak 2-Boyutlu/3-Boyutlu direkt grafilerin elde edilebilmesine olanak tanıyan görüntüleme sistemleridir. EOS Imaging SA (Paris, Fransa) şirketinin 1992 Nobel Fizik Ödülü'nün sahibi Georges Charpak tarafından keşfedilen "multi-wire proportional chamber" üzerine geliştirdiği sistem ile hastaların direkt grafilere veya Bilgisayarlı Tomografi (BT)'ye kıyasla çok daha düşük doz radyasyona maruz kalarak görüntüleri elde edilebilmektedir (6). Charpak tarafından keşfedilen bu çember; görüntü detektöre düşmeden önce, gelen X ışınlarını amplifiye edebilmekte ve bu sayede daha düşük radyasyon ile daha yüksek kaliteli görüntüler alınmasına olanak vermektedir. Yapılan çalışmalar ile konvansiyonel X-Ray'e kıyasla %50-%80 daha az radyasyon maruziyeti olduğu gösterilmiştir (17). Bu durum özellikle uzun süre grafilerle takip edilmesi gereken hasta gruplarında (örneğin skolyoz hastaları) ciddi avantaj oluşturmaktadır.



Şekil 1. EOS sistemi X-ışını amplifikasyonu şematik görünüm.

EOS sistemi, iki çift ortogonal bağlantılı X-ray tüpü ve detektöründen oluşur. Çember X-ray cihazlarının ortasında tanımlanır ve sistem vertikal olarak aynı anda hem anteroposterior (AP) hem de lateral görüntü alarak baştan ayağa kadar ilerler. Alınan görüntüler yazılım yardımıyla 3 boyutlu olarak rekonstrükte edilebilir ve tüm vücudun bu şekilde görüntülenmesinin konvansiyonel görüntüleme tekniklerine kıyasla radyasyon maruziyetini anlamlı düzeyde azaltır. Aynı zamanda spinal sagittal dengenin ve alt ekstremiteleri de içeren kompozituar değişikliklerin detaylı analizine olanak sağlar.

BT ve Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) gibi ileri tekniklerin omurga değerlendirmesi açısından en büyük kısıtlılıklarından biri hastaların yatar pozisyonda çekim yapılması nedeniyle ayakta fizyolojik yük altında omurganın görüntülenememesidir. EOS ile hastaların ayakta görüntülenmesi sayesinde omurganın yük taşıırken 3-Boyutlu görüntüleri elde edilebilmektedir. EOS'un düşük doz radyasyon yaymasının bir bedeli olarak görüntü çözünürlüğü düşüktür ve bu sebeple osseöz kırıkların tespitinde kortikal yapıyı net göstermediği için kullanımı önerilmez. Kırık şüphesi olduğunda lokalize olarak direkt grafi çekimi

tercih edilmelidir. EOS, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'nın çeşitli merkezlerinde kullanılmakta olup şimdiye kadar yayınlanan çalışmalar olumlu yöndedir.

### Navigasyon Sistemleri ve Robotik Cerrahi

Dünya çapında birçok merkezde son yıllarda kullanılmaya başlanan navigasyon sistemleri günümüzde omurga cerrahisine de adapte olmuştur. Kullanım endikasyonları hâlâ tartışmalı olsa da; çoğunlukla tümör rezeksiyonu, pedikül vidası yerleştirme, disk değiştirme ve omurgaya anterior yaklaşımlar için kullanılmaktadır. Fluoroskopi ya da BT görüntüleri temelinde oluşturulan 3-Boyutlu görsel rekonstrüksiyonlar üzerinde problemler yardımıyla kemik konturları taranarak cerrahi sahanın tanınmasına olanak veren navigasyon sistemleri farklı algoritmalar ile preoperatif ve intraoperatif görüntüleri harmanlayarak hastanın anatomisinin cerrahi pozisyondayken değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. İntraoperatif kullanım sırasında birkaç anatomik işaret noktasının cihaza tanıtılması sonrasında navigasyon algoritması ile 3 boyutlu omurga rekonstrüksiyonu görülerek cerrahi planlamaya yardım etmektedir (12).



**Şekil 2.** EOS sistemi ile çekilen AP ve Lateral görüntüler.

Pedikül vidası yerleştirme için navigasyon kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalarda sonuçlar kabul edilebilir-mükemmel aralıktadır. Özellikle üst servikal bölgede kullanımı bazı araştırmacılar tarafından "sadece faydalı değil; gereklidir." şeklinde bildirilmiştir (1, 19). Ancak bu durumlarda başarılı sonuçların, cerrahın navigasyon sistemlerinin kullanımıyla ilgili temel prensiplere olan hakimiyetine ve navigasyon cihazının algoritmasının hareket artefaktlarını azaltarak preoperatif oluşturduğu görüntülerin keskinliğine bağlı olduğu bilinmektedir (4, 21). Lomber bölge, pedikül boyutlarının genişliği ve vertebral arter komşuluğunda olmayışı nedeniyle pedikül vidası yerleştirilmesinde anatomik olarak daha risksiz bir bölgedir. Yapılan çalışmalarda lomber bölgede posterior stabilizasyon için pedikül vidası yerleştirmede geleneksel serbest-el (freehand) teknikler ile navigasyon yardımıyla vidalama arasında anlamlı bir fark saptanmamış olup, vida malpozisyonu vakaların %5-%8 kadarında bildirilmiştir (7).

Görüntü temelli navigasyon sistemlerinin disk replasmanı, onkolojik rezeksiyon ve anterior yaklaşım endikasyonları ile kullanımı tartışmalı olup daha çok araştırmaya ihtiyaç vardır. Disk replasman ameliyatları, dünya çapında, servikal ve lomber bölgede giderek daha çok yapılmakta olup bu operasyonda disk implantının düzgün yerleştirilebilmesi için görüntüleme tetkikleri ile teyit gereklidir. Literatürde bu konuda navigasyon sistemleri kullanımının standart fluoroskopiye üstünlüğü olmadığını destekleyen bir araştırma varken kullanımının fayda sağladığını bildiren yayınlar da vardır (16, 23). Omurga/omurilik tümörleri ve omurgaya anterior yaklaşımlarda navigasyon kullanımı ile ilgili araştırmalar ise henüz yetersizdir; ancak faydalı olduğu yönünde olgu sunumu düzeyinde çalışmalar vardır (18, 20).

Yakın gelecekte navigasyon sistemlerinin gelişerek yaygınlaşması hastanın ve cerrahi ekibin intraoperatif radyasyon maruziyetini de azaltması nedeniyle olasıdır. Navigasyon kullanımı ile radyasyon maruziyetinin, özellikle 3 Boyutlu fluoroskopik tetkiklerin kullanımına kıyasla neredeyse 10 kata kadar az olduğu bildirilmiştir (9). Rutin klinik pratikte navigasyon kullanımı spinal cerrahide genel anlamda avantajlıdır ve şüphesiz günümüzde cerrahi eğitimin önemli bir parçasıdır.

Navigasyon sistemlerine entegre kullanılan robotik teknoloji spinal cerrahi için büyük potansiyele sahip olup içinde bulunduğumuz uygun maliyetli tıbbi inovasyon çağında pratik kullanımının ve geleneksel cerrahi tekniklere kıyasla daha iyi sonuçlar verip vermediğinin incelenmesi gerekmektedir. Günümüz-

de belli merkezlerde kullanılan çeşitli robotik cerrahi teknolojileri olup; robotik cerrahinin uygulanabilirliği, öğrenme eğrisi, avantajları, maliyetinin uygunluğu zamanla değerlendirilmesi gereken hususlardır. Bildirilen çalışmalarda spinal cerrahide robotik entegrasyonun, cerrahi keskinliği artırıp radyasyon maruziyetini azalttığı gerekçesiyle minimal invaziv prosedürlerin uygulanmasında büyük avantaj sağladığı belirtilmiştir.

SpineAssist (SpineAssist surgical guidance robot; Mazor Robotics, Caesarea, İsrail) navigasyon teknolojisi ile entegre kullanılan, cerrahi sahada kemik dokuya tespit edilen ve yazılımsal olarak preoperatif ve intraoperatif görüntüler ile tespit edilen giriş noktasına planlanan açıyla ilerleyen bir robotik cerrahi ekipmanıdır. Ameliyathanede kurulan çalışma istasyonu ile hastanın nefes alışverişi veya hareketiyle oluşan sapmaların kinematik hesaplamaları ile hassas cerrahiye olanak sağlamaktadır. Prospektif randomize kontrollü bir çalışmada serbest el tekniğiyle yapılan lumbosakral fiksasyon ile kıyaslandığında robot yardımcı grupta daha düşük vida isabet oranı saptanmıştır. Bu düşük isabet oranı, sistemin spinöz çıkıntılara tespitlenmesine rağmen hareket edebilmesine atfedilmiştir. Bu sistem daha sonra Medtronic Inc. (A.B.D.) firması tarafından geliştirilerek Mazor robot olarak piyasaya sürülmüştür. ExcelsusGPS (Globus Medical Inc. Audubon, PA, ABD) 2017 yılında ABD gıda ve ilaç dairesi FDA (Food and Drug Administration) tarafından kullanımı onaylanan bir diğer robotik sistemdir. SpineAssist sisteminden farklı olarak ameliyathane zeminine-operasyon masasına tespit edilerek kullanılır ve tanımlanan navigasyon planında sapma olması hâlinde uyarı vermesini sağlayan işaretleyicileri bulunmaktadır (2). Bir başka prospektif çalışma ise hastaya tespit edilmeyen ve bağımsız hareket eden ROSA robot sistemini (Medtech S.A., Montpellier, Fransa) incelemiş ve robot ile %97.3, serbest el tekniğiyle %92 vida isabeti bildirmiştir. Navigasyonlu robotik sistemler ile yerleştirilecek enstrümanın boyu, çapı, yerleşimi ve doğrultusu yazılım sayesinde incelikte planlanabilmektedir. Yapılan çalışmalarda; vidaların navigasyon kullanımı ile yerleştirilmesi hâlinde yardımsız tekniğe kıyasla ortalama %5 daha isabetli olduğu gösterilmiştir. Robotik yardımcı cerrahi teknikler enstrümantasyon dışında biyopsi alınması, anatomisi komplike olgularda ekstraforaminal disk hernilerinin çıkartılması, arteriovenöz fistüllerin spinal kanala girdiği noktaların tespiti veya transoral odontoidektomi gibi işlemler için de kullanılmaktadır.

Navigasyonlu robotik cerrahinin temel avantajları cerrahın tremorunu ortadan kaldırması, radyasyon

maruziyetini azaltması, 3 Boyutlu görselleştirmeyi sağlaması, implant yerleşiminde yön göstermesi, tekrarlayan hareketlerde ve uzun süre alet kullanımında ortaya çıkan yorulmanın görülmemesi, cerrahi insizyon boyutlarını ve doku harabiyetini azaltması, enfeksiyon veya kanama gibi komplikasyonların daha az görülmesi olarak sıralanabilir. Çağımızda inovasyonların gelişme hızı düşünüldüğünde henüz emekleme aşamasında kabul edilebilecek robotik cerrahi şu zamana kadar olan sonuçlarıyla umut vadeci olup cerrahi sonuçların geliştirilmesinde minimal invazif oluşu ve yüksek hassasiyeti nedeniyle büyük bir potansiyele sahiptir; ancak “el hissi” olmadığından dolayı yazılımsal hatalar sonucu robotik manevraların keskinliği nedeniyle oluşabilecek yaralanmalar ve robot yardımcı kontrol edilen yüksek devirli motorlarda kayma, genel anlamda güvenlik, en büyük kısıtlılığdır (13). Günümüzde piyasadaki mevcut robotik cerrahi sistemlerinin yüksek maliyeti ve bu sistemlerin düzgün işleyebilmesi için ortaya çıkan ek maliyetler (navigasyonun referanslama sürecini etkilememesi açısından karbon masaların kullanımı gibi) teknolojinin gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla aşılması olası engellerdendir.



**Şekil 3.** ExcelsiusGPS (Globus Medical Inc. Audubon, PA, ABD), spinal navigasyon ve robotik cerrahi cihazı kullanımı. Globus Medical Inc. izniyle kullanılmıştır.

## Yapay Zeka (Artificial Intelligence - AI) ve Makine Öğrenimi (Machine Learning - ML)

Yapay zekanın tıbbi görüntüleme alanındaki kullanımını yakın gelecekte spinal cerrahi üzerinde ciddi etkileri olması olasılığı yüksektir. Makine öğrenimi; bilgisayar yazılımının bir programlama algoritması ile verilen bilgiler eşliğinde eğitilerek çeşitli görevler yapmasını tanımlar. ML ve AI arasındaki en temel fark; AI yazılımlarında makinenin girdilere oluşturduğu sonuçlar insanlar tarafından belirlenen kurallara göre olurken, ML’de girdileri değerlendirerek, yani öğrenerek, gelen verilerin nasıl işleneceğini algoritma tanımlar. Veri sayısı arttıkça makine öğrenimi sayesinde daha önce insanlar tarafından tespit edilmeyen örüntüler ve ilişkilerin tespiti olasıdır. ML tipik olarak büyük bir örneklem olarak “input” ve “output” dataları, örneğin preop ve postop MR görüntüleri, girildiği takdirde aralarında “örüntü tanıma” (pattern recognition) ile ilişki kurarak tıbbi görüntüleme tetkiklerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Prognostik öngörü için uygun veri analizi sistemleri geliştikçe cerrahi sonuçların daha objektif değerlendirilmesine ve cerrahi algoritmanın kurgulanmasına da katkı sağlayacaktır.

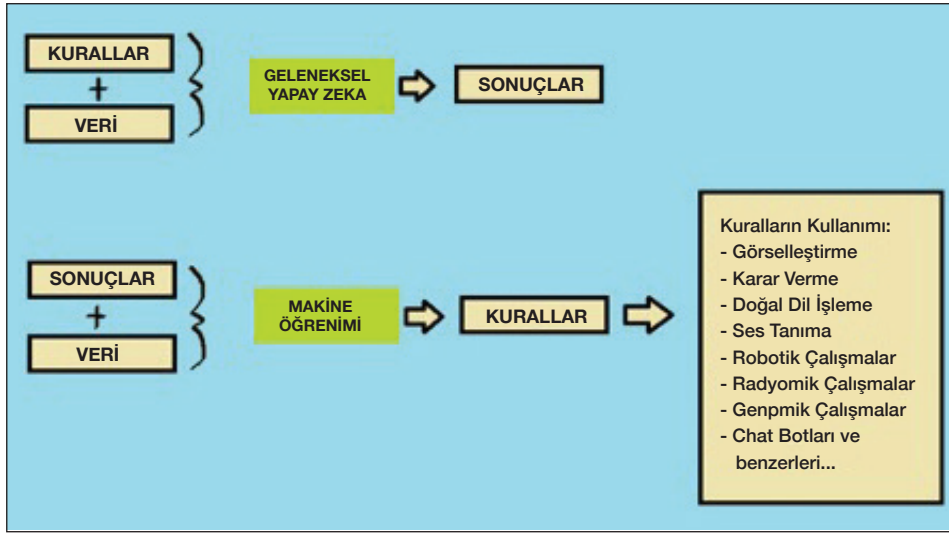
Günümüzde makine öğrenimi ile dejeneratif omurga, spinal deformite ve epidural abse gibi patolojilerde spinal cerrahlar tarafından daha önce farkedilmemiş örüntüler tespit edildiğini gösteren çalışmalar mevcuttur (3, 22). ML, hastaya özgü tedavilerin detaylandırılması ve genel yaklaşımların özelleştirilebilmesi açısından oldukça yüksek potansiyele sahip bir alandır. ML aynı zamanda robotik cerrahi ile entegrasyonu sağlandığında robotik hareket seçiminin optimize edilmesi ve robotların otonom şekilde kararlar alabilmesine fırsat verecektir (5).

Makine öğreniminin diğer bir kullanım alanı dilin işlenmesi ile kurgulanmıştır. İnternetin birçok alanında dilin işlenmesi prensibiyle çalışan yapay zekalı yardım botları anahtar kelimeler üzerinden ilgili bilgileri kişiye ulaştırırken; tetkik raporları, doktor notları, patoloji sonuçları gibi sağlık verilerinin ML yardımıyla işlenmesi ile kişisel düzeyde sağlık hizmetine günümüzde toplumun büyük kısmının sahip olduğu akıllı telefonlar yardımıyla bile ulaşılması mümkün olacaktır. Hastaların sürekli ve kolay sağlık erişimine sahip olması yakın gelecekte bu sayede mümkün olabilir.

## Yazılımsal Teknolojiler

Preoperatif planlama aşamasında bilgisayar yazılımları, özellikle deformite cerrahisinde önemli bir yere sahiptir. Açısal hesaplamaların öneminin yadsınamaz





**Şekil 4.** Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi farkları şematik görünüm.

olduğu kifoz/skolyoz düzeltme ameliyatlarında farklı seviyelere yapılacak farklı osteotomilerin ve koreksiyon manevralarının omurgadaki etkilerinin nasıl olacağını hesaplanmasına olanak veren bu yazılımlar günümüzde özellikle bu alanda çalışan spinal cerrahlara planlama ve hazırlık aşamasında yardım sağlamaktadır. Günümüzde bu alanda ücretli farklı yazılımlar bulunmakla beraber, ücretsiz olarak en sık kullanılan planlama yardımcı yazılımlar ASKypHoplan ve Surgimap programlarıdır.

ASKypHoplan ücretsiz bir bilgisayar yazılımı olup ([www.askyphoplan.com](http://www.askyphoplan.com)) 2007 yılında tanımlanarak piyasaya sürülmüştür. Ankilozan Spondilit (AS) hastalarında sagittal planda düzeltici osteotomilerin görselleştirilmesine ve hesaplanmasına olanak veren bu yazılım 2000 yılında Van Royen ve ark. tarafından tanımlanan matematiksel prensiplere göre çalışmaktadır (24). Yazılım yalnızca AS nedeniyle füzyona uğramış omurgada gelişen deformitelerin düzeltilmesinde yardımcı olmak üzere tasarlanmıştır. Planlanan düzeltme açısı, osteotomi seviyeleri ve sagittal denge arasındaki ilişkiyi ve bu düzelmenin görüş açısına olan etkisini (CBVA – chin-brow-to-vertical angle) 5 basamaklı (calibration, draw, set SEA, calculate, report) bir işlemin ardından ameliyat öncesinde değerlendirme olanağı veren bu sistem nispeten basit ve kullanıcı dostudur. SVA ve CBVA'nın planlanan cerrahi ile değişimini hesaplasa da yazılımın en büyük zayıf noktası pelvik parametrelerin değerlendirilememesidir.

Surgimap Spine yazılımı ([www.surgimap.com](http://www.surgimap.com)) 2013 yılında tanıtılan ücretsiz bir cerrahi planlama yazılımıdır. Sagittal balansın değerlendirilmesinde kullanılan diğer parametrelerle birlikte pelvik parametreleri

de içeren Surgimap, osteotominin yeri ve miktarının tespitinde kullanışlıdır. Pratik kullanımı ve validasyonu yakın zamanda yayınlanmış olan bu programda lateral tüm spinal grafilerin sisteme yüklenmesi ardından 3 planlama aşaması vardır (14). “Measure” sekmesinde görüntü kalibrasyonu sağlanır, “sagittal alignment wizard” sagittal planda pelvik parametreler, femur başları ve 4 vertebra endplate’i (superior S1, superior L1, Superior T1 ve inferior C2) tespit edilir, “wedge osteotomy wizard” ile de herhangi bir vertebrada osteotomi yapıldığında yazılım tarafından cerrahi düzeltmenin görsel bir simülasyon görüntüsü oluşturulurken pelvik parametreler ve SVA’da oluşan değişiklikler otomatik olarak hesaplanır. İstenen SVA ve diğer parametreler sağlanana kadar farklı seviyelerde farklı osteotomiler denenebilir. Surgimap sagittal dizilim planlaması için kullanılacak ücretsiz ve kullanıcı dostu bir yazılım olmasına karşın, algoritmasındaki biyomekanik ve matematiksel formüllerin belirtilmemiş olması ve osteotomi sonrası CBVA değişimini hesaplamıyor oluşu gibi kısıtlamaları mevcuttur.

### 3 Boyutlu Modelleme

3 boyutlu (3D) yazıcılar son dönemde özellikle havacılık, dişçilik ve tıp alanında kullanılmaya başlanan; bilgisayar yazılımları aracılığıyla belirli malzemelere şekil vererek 3D objeler oluşturan cihazlardır. Eski cihazlar ısıyla yumuşatılan plastik objelere metalik çıkıntılar ile şekil vermekteyken son dönemde sinterleme (metalik tozların lazer yardımıyla tabakalar halinde birleştirilmesi süreci) ve stereolitografi (reçine benzeri maddelerin ışığa maruz bırakılarak sertleştirilmesi) teknikleri ile sterilizasyon işlemlerine dayanaklı 3D modeller üretilebilmektedir (8).



Omurga cerrahisinde 3D yazıcılar yardımıyla üretilen hastaya özgü modeller; ameliyat öncesi anatominin incelenmesi ve cerrahi planlama yapılması (kullanılacak rodların boylarının hesaplanması gibi) ve ameliyat esnasında anatominin tanınması için yol gösterici olarak kullanılabilir. Goel ve ark. tarafından yapılan bir bildiri kraniovertebral bileşke anomalisi olan 11 hastada 3D yazıcılar ile oluşturulan modeller yardımıyla ameliyat öncesi kullanılacak vidaların ve rodların boylarının ve yerleştirilecekleri açıkların belirlendiği belirtilmiştir (10) Aynı şekilde servikal pedikül vidası yerleştirilmesi planlanan hastalarda ameliyat öncesi değerlendirme için kullanıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur. Guo ve ark. tarafından yapılan bir araştırmada servikal pedikül vidası ile stabilizasyon planlanan hastalarda 3D modeller ile planlamanın ameliyat süresini kısalttığı ve vida malpozisyonu oranlarını düşürdüğü gösterilmiştir (11).

Yeni teknolojilerin çoğunda olduğu gibi 3D yazıcıların omurga cerrahisinde rutin kullanımı için öncelikli engeller maliyetli oluşu, cihazlara ve yazılımlara etkin kullanım için alışma süresidir. 3D modellerin oluşturulabilmesi için harcanan süre de özellikle acil vakalarda kullanımı için engel teşkil etmektedir. 3D modeller daha hızlı ve daha az maliyetli üretilene değin kullanımı kısıtlı olabilecek bu teknolojinin yeni cerrahların eğitimi ve gelecek için ise potansiyeli yüksektir.

## SONUÇ

Tıbbi inovasyonlara her geçen gün bir yenisinin eklendiği çağımızda, cerrahinin öncesi ve sonrası her aşama için cerrahlara ve hastalara yardımcı olacak yeni ürünler ortaya çıkmaktadır. Akıllı telefonlara entegre nöroendoskopik sistemlerin (15) geliştirilmesinde olduğu günümüzde bu teknolojilerin tanınması, temel işleyiş mekanizmaları ve kullanımı, avantajları ve kısıtlılıklarının bilinmesi her cerrah için vazgeçilmezdir. Yeni cihazların ve yazılımsal teknolojilerin ekonomik yükü nedeniyle bu alanda daha ekonomik olacak yerli girişimlerin artması evrilmekte olan sağlık hizmetlerine ülkemizde de daha kolay ulaşılabilmesini sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Acosta Jr FL, Quinones-Hinojosa A, Gadhary CA, et al. Frameless stereotactic image-guided C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: review of 20 patients. *Clinical Spine Surgery*. 2005;18(5):385-91.

- Ahmed AK, Zygorakis CC, Kalb S, et al. First spine surgery utilizing real-time image-guided robotic assistance. *Computer Assisted Surgery*. 2019;24(1):13-7.
- Ames CP, Smith JS, Pellisé F, et al. Development of deployable predictive models for minimal clinically important difference achievement across the commonly used health-related quality of life instruments in adult spinal deformity surgery. *Spine*. 2019;44(16):1144-53.
- Arand M, Hartwig E, Kinzl L, et al. Spinal navigation in cervical fractures—a preliminary clinical study on Judet-osteosynthesis of the axis. *Computer Aided Surgery*. 2001;6(3):170-5.
- Bousmalis K, Irpan A, Wohlhart P, et al. Using simulation and domain adaptation to improve efficiency of deep robotic grasping. 2018 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA); 2018: IEEE.
- Charpak G. Prospects for the use in medicine of new detectors of ionizing radiation. *Bulletin De L'Académie Nationale De Médecine*. 1996;180(1):161-8; discussion 8.
- Fu T-S, Chen L-H, Wong C-B, et al. Computer-assisted fluoroscopic navigation of pedicle screw insertion: An in vivo feasibility study. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 2004;75(6):730-5.
- Garg B, Mehta N. Current status of 3D printing in spine surgery. *Journal of clinical orthopaedics and trauma*. 2018;9(3):218-25.
- Gebhard FT, Kraus MD, Schneider E, et al. Does computer-assisted spine surgery reduce intraoperative radiation doses? *Spine*. 2006;31(17):2024-7.
- Goel A, Jankharia B, Shah A, et al. Three-dimensional models: an emerging investigational revolution for craniocervical junction surgery. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2016;25(6):740-4.
- Guo F, Dai J, Zhang J, et al. Individualized 3D printing navigation template for pedicle screw fixation in upper cervical spine. *PloS one*. 2017;12(2):e0171509.
- Holly LT, Bloch O, Johnson JP. Evaluation of registration techniques for spinal image guidance. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2006;4(4):323-8.
- Joseph JR, Smith BW, Liu X, et al. Current applications of robotics in spine surgery: a systematic review of the literature. *Neurosurgical focus*. 2017;42(5):E2.
- Lafage R, Ferrero E, Henry JK, et al. Validation of a new computer-assisted tool to measure spino-pelvic parameters. *The Spine Journal*. 2015;15(12):2493-502.
- Mandel M, Petit CE, Tutihashi R, et al. Smartphone-assisted minimally invasive neurosurgery. *Journal of neurosurgery*. 2018;130(1):90-8.

16. Marshman LA, Friesem T, Rampersaud YR, et al. Significantly improved lumbar arthroplasty placement using image guidance. *Spine*. 2007;32(18):2027-30.
17. Melhem E, Assi A, El Rachkidi R, et al. EOS® biplanar X-ray imaging: concept, developments, benefits, and limitations. *Journal of children's orthopaedics*. 2016;10(1):1-14.
18. Ohmori K, Kawaguchi Y, Kanamori M, et al. Image-guided anterior thoracolumbar corpectomy: a report of three cases. *Spine*. 2001;26(10):1197-201.
19. Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK. The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation. *Journal of neurosurgery*. 1996;85(2):221-4.
20. Rajasekaran S, Kamath V, Shetty AP. Intraoperative Iso-C three-dimensional navigation in excision of spinal osteoid osteomas. *Spine*. 2008;33(1):E25-E9.
21. Seichi A, Takeshita K, Nakajima S, et al. Revision cervical spine surgery using transarticular or pedicle screws under a computer-assisted image-guidance system. *Journal of Orthopaedic Science*. 2005;10(4):385-90.
22. Shah AA, Ogink PT, Nelson SB, et al. Nonoperative management of spinal epidural abscess: development of a predictive algorithm for failure. *JBJS*. 2018;100(7):546-55.
23. Smith HE, Vaccaro AR, Yuan PS, et al. The use of computerized image guidance in lumbar disk arthroplasty. *Clinical Spine Surgery*. 2006;19(1):22-7.
24. van Royen BJ, Scheerder FJ, Jansen E, et al. ASKyphoplan: a program for deformity planning in ankylosing spondylitis. *European Spine Journal*. 2007;16(9):1445-9.

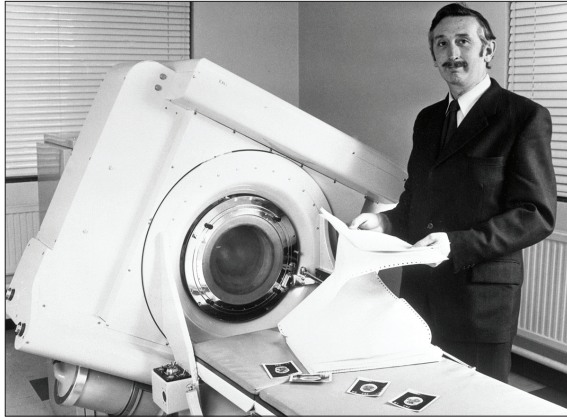


# 11 SPİNAL CERRAHİDE ROBOT VE NAVİGASYON KULLANIMI

Fatih Tomakin, İlker Solmaz

## GİRİŞ

Günümüzde teknolojik gelişmeler artan bir ivme ile hız kesmeden devam ederken, her alanda olduğu gibi tıp alanında da birçok teknolojik buluş cerrahların kullanımına girdi. İlk ticari bilgisayarlı tomografinin yaklaşık 50 yıl önce, 1972 yılında kullanıma girdiğini düşünürsek, teknolojik ilerlemenin ne kadar hızlı olduğunu anlayabiliriz (7). X-ray temelli bilgisayarlı tomografi ve tanısal teknikler üzerine yaptığı çalışmalarla Godfrey Hounsfield 1979 yılında, Nobel Tıp Ödülü'nü kazanmıştır.



**Şekil 1.** Godfrey Hounsfield, 1972'de EMI-Scanner'ın yanında duruyor.

Gelişen teknoloji, hayatımızı birçok açıdan olumlu veya olumsuz yönde etkiledi. Beslenme tarzı değişiklikleri sonrası gelişen obezitede artış, sedanter yaşam tarzı, masa başı yapılan işler vb. durumlar nedeniyle omurga hastalıklarında artış meydana geldi. Omurga problemlerinin artmasıyla korele olarak, ameliyat sayılarında da her geçen yıl artış meydana geldiğini görüyoruz. Aynı şekilde opere edilen hastaların yaşında, osteoporoz ve dejeneratif omurga problemleri nedeniyle yapılan operasyon sayılarında ve enstrümantasyon kullanımında da artış görmekteyiz (18).

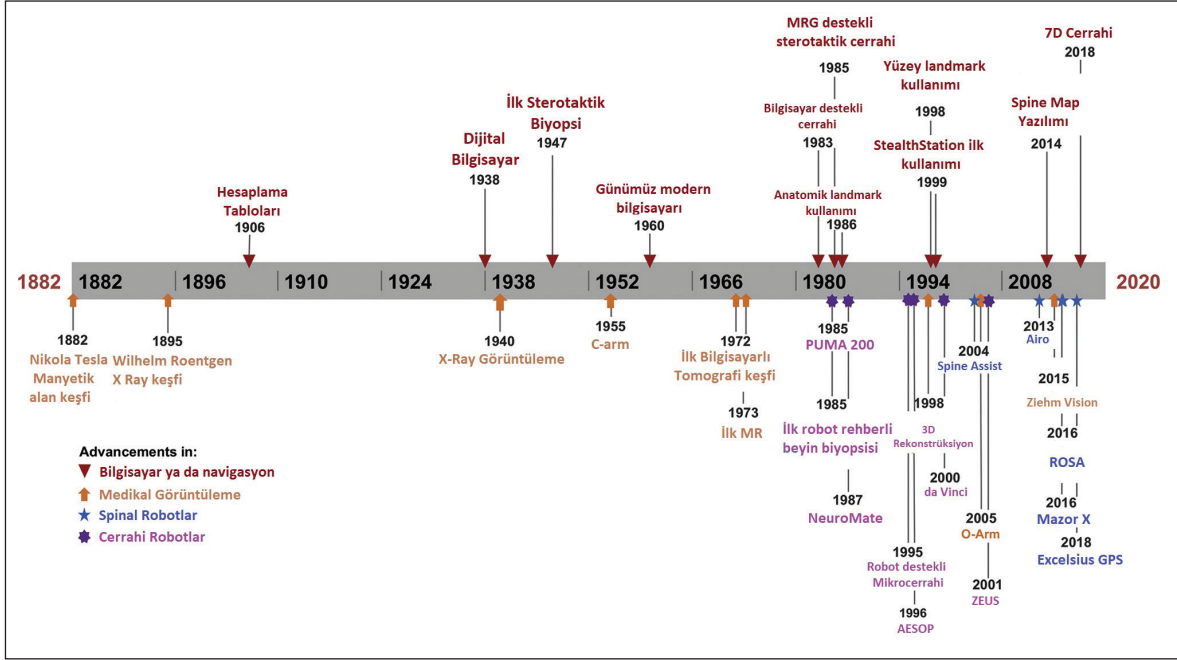
Enstrüman kullanımında cerrahın performansını optimize etmek ve iyileştirmek için, navigasyon ve robotik sistemler dünya çapında hızla gelişmektedir. Enstrüman kullanımı belirli endikasyonlarda mutlak gerekirken, komplikasyon oranları azımsanmayacak derecede yüksektir (9). Yapılan çalışmalar, navigasyon ve robotik yardımcı cerrahilerin, floroskopi kullanılarak serbest elle yapılan pedikül vida implantasyonlarından daha güvenilir ortaya koymakla birlikte, hastanın ve cerrahın maruz kaldığı radyasyon düzeyinde de azalma sağladığını gösteriyor (4, 38).

## TARİHÇE

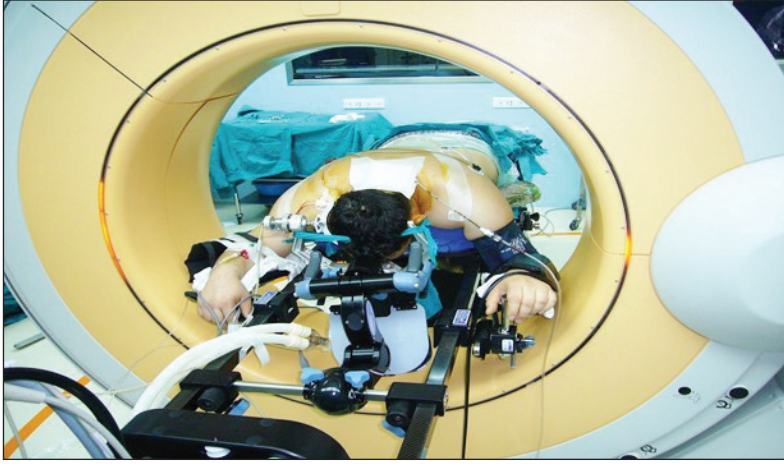
Minimal invaziv cerrahi kavramı, ilk endoskopik yöntemle kolesistektominin yapıldığı 1987 yılında doğdu. Bu operasyonun başarısından sonra diğer cerrahi branşlar, kendi prosedürlerine bu konsepti katmak için yoğun çaba sarfetti (12). Minimal invaziv cerrahi'nin, insizyon boyutlarında küçülme sağlanması, postoperatif enfeksiyon oranlarının azalması, daha az kan kaybı ve doku travması olması, hastanın hastanede kalış süresinin azalması ve daha erken işe dönüş gibi birçok olumlu etkisi bulunmaktadır (2, 17).

Robot kullanımının kabulü ise diğer alanlarla kıyaslandığında (örneğin ticari endüstri ve havacılık), tıp alanında daha yavaş oldu. Bu dirence rağmen 1985'te "Programmable Universal Machine for Assembly 560" ([PUMA 560]; Unimation, Danbury, CT, ABD) nöroşirürjikal beyin biyopsisi yapmak için kullanılan ilk cerrahi robot oldu (19). İlk kullanımından 3 yıl sonra PUMA 560 transüretral biyopsi yapmak için kullanıldı (3,24).

Günümüzde robotik cerrahi, jinekoloji, üroloji ve genel cerrahi dahil olmak üzere birçok cerrahi alt uzmanlıkta yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, omurga cerrahisinde robot kullanımı, SpineAssist (Mazor Robotics Ltd., Caesarea, İsrail) ile uygulamaya girdi ve 2004 gibi yakın bir tarihte FDA onayı aldı (32).



Şekil 2. Teknolojik ilerlemenin tarihsel özeti. Bilgi işlem veya navigasyondaki gelişmeler çizelgenin üst kısmında yer alırken, tıbbi görüntüleme ve robotik alanındaki gelişmeler çizelgenin alt kısmında yer alıyor.



Şekil 3. İntraoperatif BT görüntüleme yapılan bir hasta.

İlk gelişim sürecinde, spinal cerrahi robotların teknik hataları gündeme alındı. Erken başlangıçlı problemler arasında, preoperatif çekilen bilgisayarlı tomografi ile intraoperatif çekilen floroskopik görüntülerin yanlış senkronizasyonu, rehber kolun doğruluğunun değişmesine neden olan faktörler, vida implantasyonu için uzun hesaplama süreleri, yazılım çökmeleri ve klem-pin spinöz proçese yanlış takılması gibi nedenler yer aldı (33).

## NAVİGASYON

Hem manuel hem de robotik omurga cerrahisinde, bilgisayar destekli navigasyon sistemleri kullanılabilir. Birçok cerrah tarafından kullanılan görüntü

kılavuzluğu, şu anda mevcut olan robot platformların çoğunda yer almaktadır (35).

Navigasyon sistemi tarafından sürekli hesaplama ve tarama entegrasyonu ile hastanın 3 boyutlu resmi görsel hâle getirilir. Buna bağlı olarak kızılotesi ve diğer optik yönlendirme sistemleriyle eşleştirilmiş intraoperatif BT taramaları, cerrahın vidaları doğru bir şekilde yerleştirme yeteneğini önemli ölçüde artırır (29).

Navigasyon sistemi, füzyon, intradural tümörlerin rezeksiyonu ve spinal deformitelerin düzeltilmesi gibi birçok spinal prosedürde yaygın olarak kullanılmaktadır (27). Günümüzde çok sayıda navigasyon



sistemi aktif olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler arasında Airo Mobile intraoperatif bilgisayarlı tomografi tabanlı navigasyon sistemi (Brainlab, Feldkirchen, Almanya), SpineMask Tracker ile Stryker spinal navigasyon sistemi ve SpineMap yazılımı (Stryker, Kalamazoo, Michigan), Stealth Station navigasyon sistemi (Medtronic, Minneapolis, Minnesota) ve NaviPort entegrasyonuna sahip Ziehm Vision FD Vario 3-D sistemi (Ziehm Imaging, Orlando, Florida) yer alır (27).

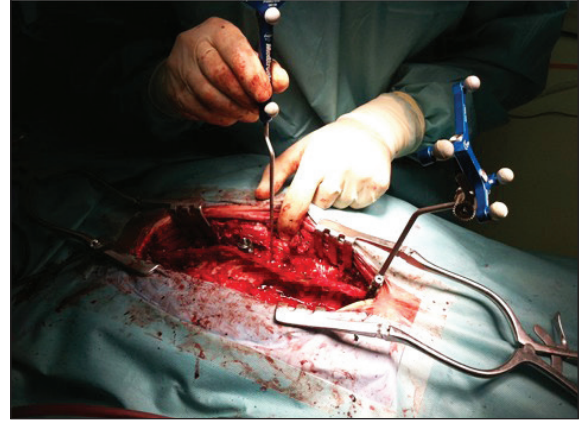
Robot yardımı ile çalışan cerrahlar için bazı navigasyon sistemlerinin robota entegre edilmesi mümkündür. Mazor® ve ROSA® robotları, spinal operasyonlar için optimize edilmiş kendi navigasyon yazılımlarına sahip olabilir.

### Medtronic Stealth

Medtronic'in (Minneapolis, MN, ABD) Stealth sistemi, omurga için kullanılan en yaygın navigasyon platformudur. Stealth, 3D floroskopi ile uyumludur ve tipik olarak O-arm intraoperatif görüntüleme ile kullanılır. Bu açık navigasyon platformu, entegre vida yerleştirme aletleri sunan ilk platformdu. O-arm 2017 yılında güncellenerek O-arm II adını aldı. 2017'de Medtronic ve FDA, Stealth ile Medtronic olmayan enstrümantasyon kullanımı hakkında bir uyarı yayınladı ve Stealth ile yalnızca Medtronic implantlarının kullanılmasını önerdi.

### BrainLab

BrainLab (Münih, Almanya), bir implant şirketiyle bağlantılı olmayan navigasyon platformudur. BrainLab, en geniş görüntüleme platformları yelpazesine

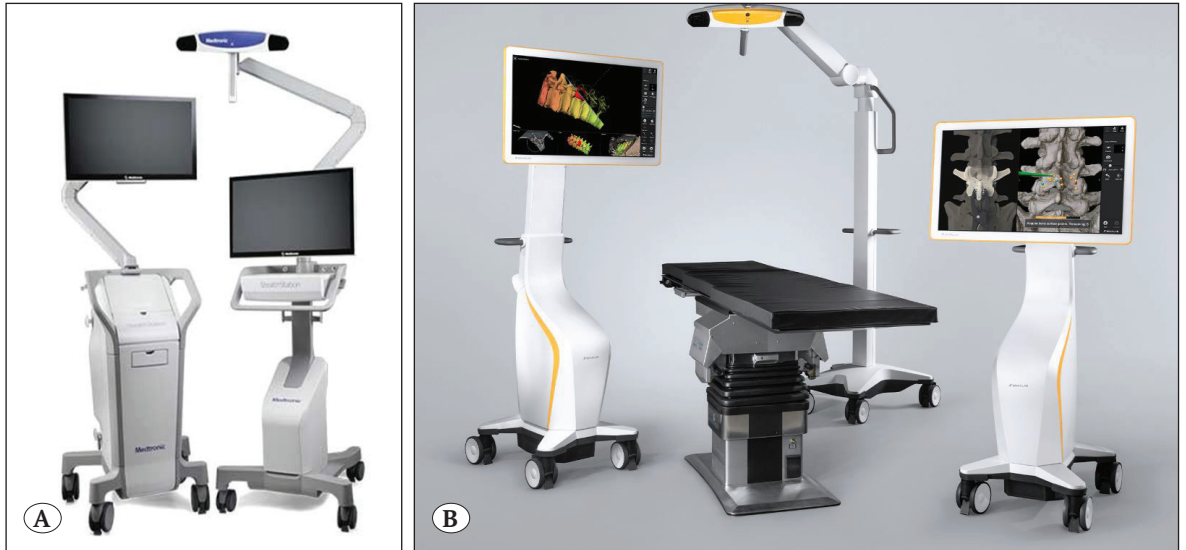


**Şekil 4.** Medtronic navigasyon sistemi ile posterior segmental enstrümantasyon cerrahisi uygulanan hasta. Spinöz süreçlere yerleştirilmiş referans kolu ve işaret probu görülmektedir.

entegrasyon sunar ve 2D ve 3D floroskopi ile uyumludur. Yüzey eşleştirme kaydı, ameliyat öncesi BT taramalarının kullanımına izin verir. BrainLab, Airo intraoperatif BT görüntüleme ile otomatik görüntü kaydına sahiptir. Bölge eşleştirme, geleneksel nokta tabanlı referans türü kaydına benzer ancak cerrahların belirli noktalar yerine daha büyük bölgeleri tanımlamasına olanak tanır. Bu daha büyük bölgeler sonrasında yüzey eşleştirme kullanılarak rafine edilir.

### Stryker

Yansıtıcı küreler kullanan diğer tüm navigasyon ve robotik platformların aksine, Stryker Navigasyon (Kalamazoo, MI, ABD), alet takibi için kızılötesi ışık üretmek üzere pille çalışan aletler kullanır. Bu son



**Şekil 5.** A) Medtronic StealthStation. B) BrainLab navigasyon sistemi.

derece hassas takip mekanizması, diğer navigasyon sistemlerinden farklı bir tasarıma ve hisse sahip enstrümanlar üretir. Stryker, çoğu görüntüleme sistemiyle çalışan evrensel bir kayıt mekanizması yayınlayan ilk modeldi. Stryker, kemiğe sabitleme gerektirmeyen yapışkan bir kutanöz çerçeveden oluşan SpineMask adlı bir hasta izleyici içerir. Bu sistemi kullanarak navigasyonlu bir K-kablosuz vida yerleştirme tekniğinin ilk kullanımı bildirilmiştir (23).

## 7D Surgical

7D Surgical (Toronto, Kanada), otonom arabalarda bulunan teknolojiye benzeyen yapay görme kullanır. Yapay görme, radyasyon kullanmadan kemik anatomisini önceden var olan görüntüleme ile birlikte kaydetmek için kullanılır. Kayıt, kemiğin doğrudan görselleştirilmesini gerektirir ve 40 cm × 30 cm'lik bir alan üzerinde 250.000'den fazla veri noktasını 4-6 nokta/mm<sup>2</sup> çözünürlükte yakalar. Kayıt işlemi hızlıdır ve hasta takip cihazının yerinden çıkması durumunda kolaylıkla tekrarlanabilir. Hızlı kayıt, standart, radyolüsent olmayan bir ameliyat masası kullanılarak ameliyat alanına yakınlığı koruyarak hasta izleyicinin her kayıt sırasında hareket ettirilmesine olanak tanır (11).

## GÜNÜMÜZDE KULLANILAN ROBOTLAR

Tıbbi robotlar genellikle üç kategoriye ayrılır: denetleyici kontrollü, telecerrahi ve paylaşımlı kontrollü. Denetleyici kontrollü robotlar, cerrahın ameliyat öncesi operasyonun tamamını planlamasını sağlar; robot daha sonra ameliyatı cerrahın yakın gözetimi altında gerçekleştirir. Telecerrahi robotları, cerrahın robotu ve cihazlarını tüm prosedür boyunca uzak bir konumdan doğrudan kontrol etmesine olanak tanır. Son olarak, çoğu omurga cerrahisi robotu, hem cerrahın hem de robotun aletleri ve hareketleri kontrol etme becerisine aynı anda izin veren paylaşımlı kontrol robotlarıdır (25, 27).

### Mazor: SpineAssist®

2004 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde spinal cerrahide kullanım için FDA onayı almış ilk robot olan SpineAssist® (Mazor Robotics Ltd., Caesarea, İsrail), günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaya devam ediyor (5). SpineAssist geleneksel intraoperatif navigasyondan daha üstün özelliklere sahip bir paylaşımlı kontrol robotudur. Geleneksel navigasyon sistemi cerrahın önceden planlanmış yörüngeleri manuel olarak takip etmesini gerektirirken, önemli ölçüde el-göz koordinasyonu gerektirir. SpineAssist cerrahların pedikül vidalarının doğru yerleştirmesinde, operasyon esnasında cerrahi aletlerin doğru

konumlandırılmasında fayda sağlayan, kemiğe monte edilen minyatür bir robottur. Kemiğe montaj özelliği, hastanın nefes almasının veya hareketinin omurlara göre robotun göreceli konumunu değiştirmemesini sağlayarak prosedür doğruluğunu artırmak için tasarlanmıştır. Yapılacak bütün insizyonlar cerrah tarafından yapılır. Enstrümantasyon için 6 derecelik hareket serbestliği sunar ve her biri kılavuz matkap barındıran çok sayıda farklı kol içerir (21, 31).

SpineAssist kullanarak spinal füzyon operasyonları gerçekleştirmek tipik olarak beş ana adım gerektirir (4). İlk olarak, opere edilecek spinal seviyelerin 1 mm'lik preoperatif BT taramalarını aldıktan sonra, cerrah robotun kendi yazılımı ile vidaların yörüngesini oluşturur. Bu yörüngeleri ve belirli anatomik algoritmalarını kullanarak SpineAssist, optimum vida boyutunu ve anatomik hizalama koordinatlarını hesaplar. Bu koordinatlar robotun kendisinde saklanır. İkinci olarak hasta prone pozisyona getirildikten sonra, görüntü kaydı için hastanın omurgasına bir montaj çerçevesi takılır. Üçüncü olarak, çerçeve sabitlendikten ve görüntü kayıt referansları yerleştirildikten sonra, altı floroskopik görüntü yakalanır, ameliyat öncesi görüntülerle senkronize edilir ve SpineAssist'te depolanır. SpineAssist'in ek bir özelliği, farklı görüntüleme modalitelerinden görüntüleri eşleştirme yeteneğidir ve istenirse ameliyat öncesi BT taramalarını intraoperatif floroskopi ile senkronize etmesine olanak tanır. Bu görüntüleri ve 3D işaretleyicisini kullanarak robot, platform yerleşimini doğrular, çalışma alanını yeniden yapılandırır ve her bir vertebrayı bağımsız olarak kaydeder. Dördüncüsü, robot montaj çerçevesine takılır ve kolunu planlanan yörüngeye göre otomatik olarak hizalar. Ardından K-telleri takılır ve doğru yerleşim onaylanır. Yörüngeler doğrulandıktan sonra, cerrahi kola kanüllü bir dilatör yerleştirilir, ardından bir matkap kılavuzu ve kılavuz tel yerleştirilir. Son olarak, kılavuz teller kullanılarak vidalar yerleştirilir. Robot donanımı daha sonra demonte edilir ve hastanın üzerinden çıkarılır (4, 6).

### Mazor: Renaissance®

Renaissance®, 2011 yılında SpineAssist'in yerini alan Mazor'un ikinci nesil spinal robotudur. Her iki robot da hastaya monte edilmiş platformları ve mekanik kolları açısından benzer olsa da, Rönesans, yükseltilmiş görüntü tanıma algoritmaları ve cerrahın delmeden önce vida giriş noktalarının etrafındaki kemiği düzeltme yeteneği gibi hem yazılım hem de donanım iyileştirmeleri içerir. Bu işlem, eğimli bir anatomide kılavuz kanülün kaymasını önlemeye yardımcı olur (15).

### Mazor: Mazor X®

2016 yılında Kuzey Amerika Omurga Derneği (NASS) yıllık toplantısında tanıtılan Mazor X®, Mazor'un en son sürümüdür. Önceki modellere benzer şekilde Mazor X, bir iş istasyonu ve mekanik cerrahi koldan oluşur. Bununla birlikte, önceki modellerden farklı olarak, robotik kol, robotun konumunu kendi kendine algılaması ve intraoperatif olarak çarpışmadan kaçınması için çalışma ortamının hacimsel bir değerlendirilmesini yapmasına izin veren entegre bir doğrusal optik kamera içerir. Bunu yapmak için kamera, hastanın omurgasına bir referans pimi yerleştirildikten sonra intraoperatif bir 3D tarama gerçekleştirir. Ayrıca Mazor X, her bir omur gövdesinin bağımsız olarak kaydedilmesine izin verir ve dolayısıyla kendi doğruluğuna sahiptir. Robotun sunduğu bir diğer avantaj, paralel değil seri robotik koludur; bu sistemin çalışma kapasitesini artırır ve hareket açıklığının artmasına ve cerrahi aletlere olan bağımlılığın azalmasına yol açar (14).

### ROSA® Spine

Bu cihaz, üzerine altı eksenli bir robot kolunun monte edildiği zemine sabitlenebilir bir mobil taban ve üzerine bir navigasyon kamerasının monte edildiği ikinci bir mobil tabandan oluşur. Robot kol, geleneksel beyin cerrahisi aletlerini yönlendirmeye yardımcı olan bir aleti destekler ve cerrah tarafından planlanan hedef nokta üzerinde doğru ve stabil konumlanmalarını sağlar. Cerrah, her koşulda pedikül giriş noktasını belirleme ve yürüngeyi kontrol etmede robotun

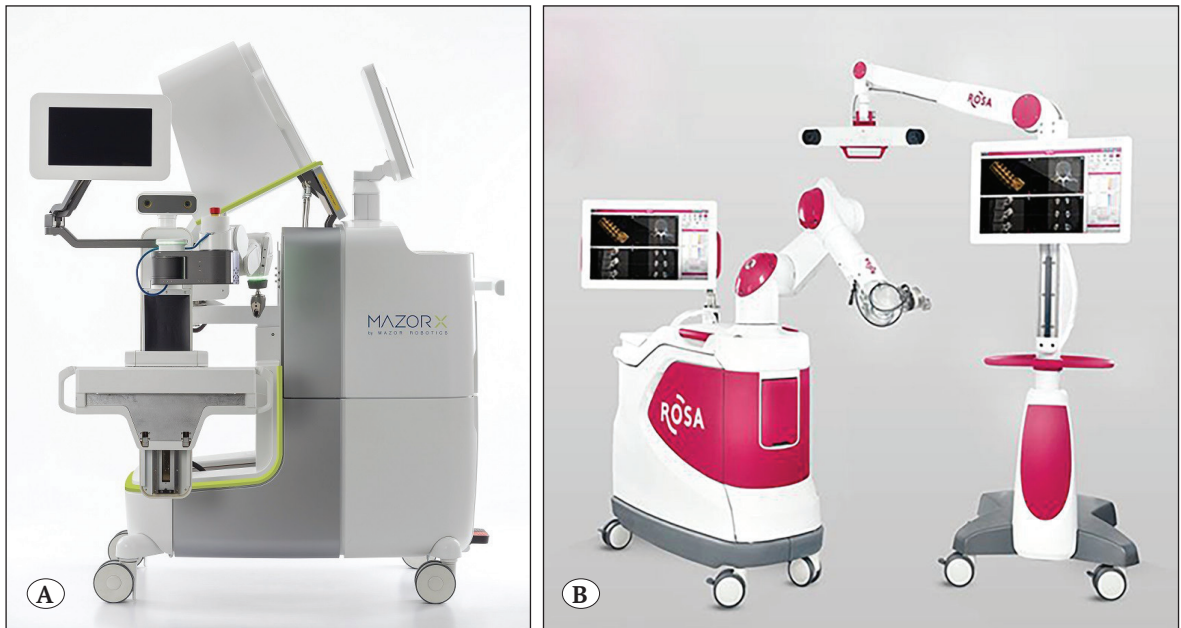
sunduğu doğruluk ve stabiliteden yararlanırken, cerrahi işlemin tam kontrolünde kalır. Gerçekten de, hastanın solunumu veya cerrah tarafından gerçekleştirilen eylemler nedeniyle tüm hastanın hareketleri, iliak krete implante edilmiş bir hasta referansı yardımıyla navigasyon kamerası tarafından izlenir. Cihaz, robotun konumunu tüm omurga hareketlerine gerçek zamanlı olarak ayarlar. Böylece robot tarafından desteklenen alet, planlama sırasında her zaman giriş noktası ve cerrah tarafından tanımlanan oryantasyon üzerinde hizalı kalır (22).

### Da Vinci Surgical System®

Da Vinci Surgical System®, Intuitive Surgical (Sunnyvale, California) tarafından geliştirildi ve genel laparoskopik prosedürler için 2000 yılında FDA tarafından onaylandı (26, 27). Da Vinci, cerrahın ameliyat ettiği telecerrahi modelini kullanır. Robotun, cerrahın kolunun bir uzantısı olarak hizmet etmesine olanak sağlayan, 3D görüntü ekranlarıyla donatılmış uzak bir telecerrahi kabini bulunur (1,20). Da Vinci, geleneksel laparoskopiyeye kıyasla üstün görselleştirme ve büyütme özelliklerine sahiptir (7, 8). Diğer avantajlar arasında cerrah için kontrol tutuşları, 7 derecelik serbestlik, titreme filtreleme, yüksek çözünürlüklü video ve geliştirilmiş ergonomi sayılabilir (27, 34, 30).

### Globus Medical: Excelsius GPS®

2017 yılında FDA tarafından onaylanan Excelsius GPS® (Globus Medical, Inc., Audubon, Pennsylvania), omurga cerrahisi alanında büyük potansiyele sahip-



Şekil 6. A) Medtronic Mazor X Stealth Edition. B) ROSA Spine.

tir. Gerçek zamanlı intraoperatif görüntüleme, hasta hareketi için otomatik kompanzasyon ve sert bir dış kol aracılığıyla doğrudan vida yerleştirme özelliklerine sahip olup, K-telleri veya kelepçelere olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Matkap kayarsa veya referans çerçevesi hareket ederse, robotun monitörü aracılığıyla anında geri bildirim sağlar (34, 37).

## MARUZ KALINAN RADYASYON

Serbest elle pedikül vidası yerleştirmede, vida yerleştirmeye yardımcı olmak için floroskopik görüntü rehberliğinin kullanımında, muhtemelen bir artışa katkıda bulunan, bilinen bir yanlışlık oranı vardır. Minimal invaziv cerrahinin ortaya çıkışı, yalnızca floroskopi kullanımını artırmaya hizmet etti ve böylece cerrahin radyasyona maruz kalmasını daha da artırdı (36). Robotik kılavuzlar ve CT kılavuzlu 3D navigasyon sistemleri gibi daha yeni teknolojiler, hem ameliyat personeli hem de cerrahlar için radyasyon maruziyetinde önemli azalma potansiyeli olan pedikül vidalarının yerleştirilmesine olanak sağlar.

Kantelhardt ve ark. konvansiyonel, açık operasyonlarda 77 saniye/vida radyasyon süresinin robot kılavuzluğunda açık cerrahi ve robot kılavuzluğunda perkütan cerrahide sırasıyla 43 saniye/vida ve 27 saniye/vidaya düştüğünü bildirmiştir (13). Başka bir makale, geleneksel grupta vida başına ortalama radyasyon süresinin robot kılavuzluğundaki kohort-takinin iki katından fazla olduğu benzer sonuçlar bildirmiştir (10).

## GELECEKTEKİ YERİ

Sürekli genişleyen endikasyonları ve iyileştirmeleri ile omurga cerrahisinde robotik teknoloji büyük umut vaat ediyor. Diğer beyin prosedürlerine ek olarak,

omurga tümör rezeksiyonu, radyofrekans ablasyonları ve deforme ameliyatlarında osteotomiler için robotlar gitgide daha fazla kullanılmaktadır (6). Ayrıca üreticiler, erişilebilirliklerini ve kullanılabilirliklerini artırmak için daha hafif, daha taşınabilir ve daha uygun fiyatlı robotlar oluşturmak için aktif olarak çalışıyorlar.

Yeni geliştirilen robotik sistemlerde, internet ve yapay zekânın dahil edilmesi muhtemeldir. İnternet, bir cerrahın 1500 km'ye kadar mesafeler için 10 ms'den daha az gecikmelerle uzaktan ameliyat yapabilmesine olanak sağlamak için ultra hızlı, düşük gecikme süreli 5G bağlantısını kullanır. Bununla birlikte, bu gecikmeyi daha da azaltmak için robotlar, cerrahi hareketleri tahmin edebilmeleri için yapay zekâ ve makine öğrenimi kullanılarak eğitilebilir ve böylece cerrahın daha da kısa bir gecikmeyle daha da uzun mesafelerden işlem yapmasına olanak tanır. Asistanlar internete yüklenen cerrahi operasyonları, kendilerini ameliyathanedeymiş gibi hissettiklerinden, teknoloji cerrahi eğitim programlarına da yayılabilir (16). Bu doğrultuda, birçok sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) sistemi hâlihazırda cerrahi eğitim programlarına dahil edilmiştir ve bu simülasyon platformlarından bazıları, asistanların ameliyat süresi ve genel performansındaki iyileştirmelerle ilişkilendirilmiştir (28).

## SON SÖZ

Robotik destekli spinal cerrahi ile ilgili ilk klinik çalışmalar, pedikül vidası enstrümantasyonu ve diğer spinal prosedürler için geleneksel floroskopi destekli serbest el yaklaşımlarına kıyasla daha doğru, daha verimli ve daha güvenli olabileceğini düşündürmektedir. Ancak, bu sonuçların istatistiksel gücünü artırmak ve gelecekteki uygulamalarını, sınırlamalarını



Şekil 7. A) Da Vinci Surgical System. B) Excelsius GPS.



ve iyileştirme alanlarını tanımlamak için daha fazla klinik değerlendirme gereklidir (9). Ayrıca, robotların dünya çapında yaygın olarak benimsenmesini sınırlayan ana sorunlardan biri, maliyet ve etkililik konusunda bir çalışma eksikliği bulunmasıdır (6, 32). Bununla birlikte, daha yeni teknoloji ile gelecek olan yeni nesil robotlar, hem hastalar hem de cerrahlar için omurga cerrahisini daha iyi noktaya getirme konusunda muazzam bir potansiyele sahiptir.

## KAYNAKLAR

1. Beutler WJ, Peppelman Jr WC, DiMarco LA: The da Vinci robotic surgical assisted anterior lumbar interbody fusion: technical development and case report. *Spine*. 2013;38(4):356-63.
2. Chenin L, Peltier J, Lefranc M. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with the ROSATM Spine robot and intraoperative flat-panel CT guidance. *Acta neurochirurgica*. 2016;158(6):1125-8.
3. Davies B. A review of robotics in surgery. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 2000;214(1):129-40.
4. Devito DP, Kaplan L, Dietl R, et al. Clinical acceptance and accuracy assessment of spinal implants guided with SpineAssist surgical robot: retrospective study. *Spine*. 2010;35(24):2109-15.
5. Dreval O, Rynkov I, Kasparova K, et al: Results of using Spine Assist Mazor in surgical treatment of spine disorders. *Zhurnal voprosy neirokhirurgii imeni NN Burdenko*. 2014;78(3):14-20.
6. Fiani B, Quadri SA, Farooqui M, et al. Impact of robot-assisted spine surgery on health care quality and neurosurgical economics: a systemic review. *Neurosurgical review*. 2020;43(1):17-25.
7. Frush DP, Applegate K. Computed tomography and radiation: understanding the issues. *Journal of the American College of Radiology*. 2004;1(2):113-9.
8. Hicks JM, Singla A, Shen FH, et al: Complications of pedicle screw fixation in scoliosis surgery: a systematic review. *Spine*. 2010;35(11):E465-E70.
9. Hu X, Ohnmeiss DD, Lieberman IH. Robotic-assisted pedicle screw placement: lessons learned from the first 102 patients. *European Spine Journal*. 2013;22(3):661-6.
10. Hyun SJ, Kim KJ, Jahng TA, et al: Minimally invasive robotic versus open fluoroscopic-guided spinal instrumented fusions: a randomized controlled trial. *Spine*. 2017;42(6):353-8.
11. Jakubovic R, Guha D, Gupta S, et al. High speed, high density intraoperative 3D optical topographical imaging with efficient registration to MRI and CT for craniospinal surgical navigation. *Scientific reports*. 2018;8(1):1-12.
12. Jones SB, Jones DB. Surgical aspects and future developments of laparoscopy. *Anesthesiology Clinics of North America*. 2001;19(1):107-24.
13. Kantelhardt SR, Martinez R, Baerwinkel S, et al: Perioperative course and accuracy of screw positioning in conventional, open robotic-guided and percutaneous robotic-guided, pedicle screw placement. *European Spine Journal*. 2011;20(6):860-8.
14. Khan A, Meyers JE, Siasios I, et al: Next-generation robotic spine surgery: first report on feasibility, safety, and learning curve. *Operative Neurosurgery*. 2019;17(1):61-9.
15. Kim HJ, Lee SH, Chang BS, et al. Monitoring the quality of robot-assisted pedicle screw fixation in the lumbar spine by using a cumulative summation test. *Spine*. 2015;40(2):87-94.
16. Kim SS, Dohler M, Dasgupta P. The Internet of Skills: use of fifth-generation telecommunications, haptics and artificial intelligence in robotic surgery. *BJU international*. 2018;122(3):356-8.
17. Kim VB, Chapman Iii WH, Albrecht RJ, et al. Early experience with telemanipulative robot-assisted laparoscopic cholecystectomy using da Vinci. *Surgical Laparoscopy Endoscopy & Percutaneous Techniques*. 2002;12(1):33-40.
18. Kobayashi K, Ando K, Nishida Y, et al: Epidemiological trends in spine surgery over 10 years in a multicenter database. *European Spine Journal*. 2018;27(8):1698-703.
19. Kwoh YS, Hou J, Jonckheere EA, et al: A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery. *IEEE transactions on biomedical engineering*. 1988;35(2):153-60.
20. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, et al: Robotic surgery: a current perspective. *Annals of surgery*. 2004;239(1):14.
21. Lieberman IH, Togawa D, Kayanja MM, et al. Bone-mounted miniature robotic guidance for pedicle screw and translaminar facet screw placement: Part I—Technical development and a test case result. *Neurosurgery*. 2006;59(3):641-50.
22. Lonjon N, Chan-Seng E, Costalat V, et al: Robot-assisted spine surgery: feasibility study through a prospective case-matched analysis. *European Spine Journal*. 2016;25(3):947-55.
23. Malham GM, Parker RM. Early experience of placing image-guided minimally invasive pedicle screws without K-wires or bone-anchored trackers. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2018;28(4):357-63.
24. Mao JZ, Agyei JO, Khan A, et al. Technologic evolution of navigation and robotics in spine surgery: a historical perspective. *World neurosurgery*. 2021;145:159-67.



25. Nathoo N, Çavuşoğlu MC, Vogelbaum MA, et al: In touch with robotics: neurosurgery for the future. *Neurosurgery*. 2005;56(3):421-33.
26. Nuzzi R, Brusasco L. State of the art of robotic surgery related to vision: brain and eye applications of newly available devices. *Eye and brain*. 2018;10:13.
27. Overley SC, Cho SK, Mehta AI, et al: Navigation and robotics in spinal surgery: where are we now? *Neurosurgery*. 2017;80(3S):S86-S99.
28. Pelargos PE, Nagasawa DT, Lagman C, et al. Utilizing virtual and augmented reality for educational and clinical enhancements in neurosurgery. *Journal of clinical neuroscience*. 2017;35:1-4.
29. Rajasekaran S, Vidyadhara S, Ramesh P, Shetty AP. Randomized clinical study to compare the accuracy of navigated and non-navigated thoracic pedicle screws in deformity correction surgeries. *Spine*. 2007;32(2):E56-E64.
30. Satava RM. Surgical robotics: the early chronicles: a personal historical perspective. *Surgical Laparoscopy Endoscopy & Percutaneous Techniques*. 2002;12(1):6-16.
31. Shoham M, Lieberman I, Benzel E, et al. Robotic assisted spinal surgery—from concept to clinical practice. *Computer Aided Surgery*. 2007;12(2):105-15.
32. Shweikeh F, Amadio JP, Arnell M, et al. Robotics and the spine: a review of current and ongoing applications. *Neurosurgical focus*. 2014;36(3):E10.
33. Sukovich W, Brink-Danan S, Hardenbrook M. Miniature robotic guidance for pedicle screw placement in posterior spinal fusion: early clinical experience with the SpineAssist®. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*. 2006;2(2):114-22.
34. Theodore N, Ahmed AK. The history of robotics in spine surgery. *Spine*. 2018;43(7S):S23.
35. Tjardes T, Shafizadeh S, Rixen D, et al. Image-guided spine surgery: state of the art and future directions. *European spine journal*. 2010;19(1):25-45.
36. Yu E, Khan SN. Does less invasive spine surgery result in increased radiation exposure? A systematic review. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2014;472(6):1738-48.
37. Zygourakis CC, Ahmed AK, Kalb S, et al. Technique: open lumbar decompression and fusion with the Excelsius GPS robot. *Neurosurgical focus*. 2018;45(videosuppl1):V6.
38. Wang JQ, Wang Y, Feng Y, et al. Percutaneous sacroiliac screw placement: a prospective randomized comparison of robot-assisted navigation procedures with a conventional technique. *Chinese medical journal*. 2017;130(21):2527-34.

## 12

ENDOSKOPIK OMURGA CERRAHİSİNDE  
ANESTEZİ YAKLAŞIMI

Feryal Akşan, Meltem Uyar

Endoskopik omurga cerrahisi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de son yıllarda gelişerek, birçok dejeneratif omurga hastalıklarının tedavisinde geniş endikasyonlarda uygulanmaktadır. Endoskopik omurga cerrahisi, operasyon sonuçlarını iyileştirirken morbiditeyi azaltmakta da başarılı olmuştur (1,49,53). Spesifik olarak, cerrahi teknikler ve teknolojilerdeki yenilikler, geleneksel omurga prosedürlerine göre perioperatif dönemde minimal doku travması, kan kaybının, postoperatif ağrının, derin anestezi ihtiyacının azalması ve maliyetlerin düşmesi gibi avantajlar sağlamıştır (2,29,36,46). Operasyon sonrası hastalar hastaneden çok daha kısa bir sürede taburcu olabilirler. Endoskopik omurga cerrahisinde anestezi yaklaşımı hastaların preoperatif hazırlıklarından derlenme odasına ve postoperatif rehabilitasyondan taburculuğa kadar olan dönemde önem taşır. Anestezi uzmanı; cerrahi sırasında uygun anestezi yöntemini sağlamanın yanı sıra ameliyat sonrası dönemde de hastanın normal respiratuar ve kardiyovasküler fonksiyonlarının sürdürülmesi ve yeterli ağrı kontrolünün sağlanması ile yükümlüdür. Bu sorumluluğun optimal biçimde yerine getirilmesinde, cerrahi ve anestezi ekibinin uyumlu çalışması hayati önem taşımaktadır. Minimum kan transfüzyonu, anestezi sonrası bakım ünitesinden erken taburculuk ve ağrı, analjezik tüketimi, mide bulantısı ve kusma gibi yaygın postoperatif problemlerin insidansının azalması dahil olmak üzere istenen intraoperatif hemodinamik koşullar iyi anestezinin önemli unsurlarıdır (18).

**Anestezi Yöntemleri**

Endoskopik omurga cerrahisi ile minimal invaziv spinal cerrahi prosedürlerin gelişmesi daha az invaziv anestezi tekniklerini popüler hâle getirmiştir (45). Hangi anestezi yönteminin seçileceğini uygulanacak cerrahi prosedürün türü, kapsamı, hastanın komorbiditeleri, hastanın seçimi ve hekimlerin deneyimi belirler. Spinal cerrahi için anestezi uygulamalarında dikkat edilmesi gereken temel noktalar havayolu kontrolü ve anestezi için uygun yöntem seçilmesinin yanı sıra uygun monitörizasyon, hemodinamik

stabilitenin sağlanması, respiratuar, metabolik, elektrofizyolojik parametrelerin uygun şekilde idame ettirilmesi, sıvı açığı ve kanamanın tedavisi, nöroprotektif önlemlerin alınması ve postoperatif yeterli ağrı tedavisidir. Bazı endoskopik spinal girişimler genel anestezi altında yapılırsa da, bazı cerrahi uygulamalar için rejyonel anestezi (spinal-epidural anestezi) veya sedasyon yeterli olabilmektedir. Genel anestezi hasta memnuniyeti ve daha uzun süreli operasyonlar yapabilmeye uygun olması gibi nedenlerle tercih edilebilir (30,31). Ayrıca ameliyat için verilen pozisyona bağlı gelişebilecek komplikasyonlarda havayolunun güvende olması açısından avantaj sağlar. Ancak prone pozisyonda yapılan cerrahi girişimlerde genel anestezi altında dolaşım problemleri, eklem ve sinir hasarları, endotrakeal entübasyon, ekstübasyon ve derlenme dönemlerinde birçok komplikasyon meydana gelebilmektedir. Operasyon bitiminde hastayı uyandırma, uyanma odasında kateterizasyon ihtiyacı ile idrar retansiyonu, kardiyopulmoner problemler, konstipasyon gibi diğer postoperatif sorunlara yol açabilir (20,62,63). Genel anestezi altında kauda ekina siniri ve sinir kökü yaralanmasını tespit etmek zordur. Bu nedenlerle son yıllarda rejyonel anestezi, endoskopik cerrahide genel anesteziye etkili, güvenilir ve başarılı bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (10,41). Rejyonel anestezi hızlı başlangıcı, düşük sinir hasarı riski ve daha az pulmoner komplikasyonların yanı sıra, intraoperatif kan kaybını azaltma ve uygun postoperatif ağrı kontrolünü sağlama gibi avantajları nedeniyle tercih edilir (11,35,61). Ameliyat sırasında cerrahla konuşabilen uyanık hasta, bu hassas ve potansiyel olarak tehlikeli prosedür sırasında, hastanın nörolojik fonksiyonunun değerlendirilmesi için en güvenilir ve en iyi izlem şeklidir. Bununla birlikte, endoskopik omurga cerrahisi için rejyonel anestezi kullanımı komplikasyonsuz değildir ve sinir kökü yaralanması, dural yırtık, hematoma ve intrakraniyal hipertansiyon ile sonuçlanabilir (50). Endoskopik omurga cerrahisi operasyonları lokal anestezi altında da yapılabilir. Bu durumda operatif anksiyete ve anestezi kaynaklı stres reaksiyonları, immün baskılanma ve inflammatuar reaksiyonlar lokal anesteziye bağlı istenmeyen

etkiler arasında sayılabilir (60). Hastaların lokal anestezi altında yaşanan ağrıya dayanamadıkları ve genel anestezinin gerekli olduğu durumların varlığı nedeniyle multimodal analjezi endoskopik omurga cerrahisinde uygun seçenek olarak görülmeye başlanmıştır. Orta düzeyde sedasyon, hastanın ameliyat deneyimini optimize edebilir ve endoskopik prob nöral dokulara yakın yerleştirilirse hastanın uyarı vermesine olanak tanır (25,42). Uygulanacak multimodal analjezi yöntemleri bu amaçlara uygun şekilde operasyonun yönetiminde katkı sağlar.

### Preoperatif Değerlendirme

Endoskopik omurga cerrahisinde uygulanacak anestezi yönteminde detaylı olarak öykü alınması ve dikkatlice yapılmış bir fizik muayene, hastanın genel durumu hakkında bize bilgi verirken ameliyat sırasında ve sonrasında ortaya çıkabilecek olası problemlere karşı gerekli önlemlerin alınması ve hazırlık yapılmasına olanak sağlar. Anestezi uzmanı tarafından değerlendirilen hastadan gerekli laboratuvar ve radyolojik tetkiklerin istenmesi, konsültasyonların yapılması hayatı tehdit edebilecek riskleri azaltmakta, intraoperatif ve postoperatif komplikasyonları maksimum derecede önlemektedir. Ayrıca, hastaya uygulanacak olan anestezi yöntemi ve sonrasındaki bakım hakkında (hastaya takılacak venöz ve arteriyel kateterler, foley sonda, olası yoğun bakım süreci, ameliyat sonrası ağrı kontrolü) hasta ve ailesinin bilgilendirilmesi, sorularının cevaplanması ve bu konuda yazılı onamlarının alınmasını sağlayacaktır. Tüm bu hazırlıklar hastaya uygulanan girişimin başarılı geçmesine ve cerrahiden en iyi sonucun alınmasına yardımcı olur. Omurga cerrahisinde anestezi yaklaşımını etkileyen en önemli sistemler solunum, kardiyak ve nöromusküler sistemlerdir. Hastanın preoperatif değerlendirilmesi sırasında var olan sistemik hastalıkları, kullandığı ilaçları, alerjileri, önceki anestezi deneyimi sorgulanmalıdır. Hastanın bilinç durumu değerlendirilmeli, nörolojik muayene yapılmalıdır.

### Havayolunun Değerlendirilmesi

Basit bir değerlendirme yöntemi olan Mallampati sınıflaması yatak başında kolaylıkla uygulanabilir. Bu sınıflama zor entübasyon varlığında hazırlıklı olmamızı sağlayacak bir sınıflamadır (52). Boyun hareketlerinde azalma (ankilozan spondilit vb.) ve ağız açıklığının yeterli olmadığı durumlarda zor entübasyon görülme olasılığı artar. İnstabilite varlığında (travma, romatoid hastalıklar, atlantoaksial sublüksasyon) boynun ekstansiyona getirilmesinin önemli nörolojik problemlere yol açabileceği unutulmamalıdır.

### Solunum Sisteminin Değerlendirilmesi

Hastanın preoperatif değerlendirilmesinde gerekli görülürse akciğer grafisi, solunum fonksiyon testi, akciğer tomografisi, kan gazı değerleri kontrol edilmelidir. Torakal bölgedeki patolojilerde solunum fonksiyonlarında bozulmanın daha fazla olabileceği ve skolyoz, servikal travma, dejenerasyona yol açan patolojiler, ileri yaş hastaların postoperatif dönemde daha fazla risk taşıyabileceği dikkate alınmalıdır (37).

### Kardiyovasküler Değerlendirme

Koroner arter hastalığı, hipertansiyon, konjenital kalp hastalıkları, kalp yetmezliği, pulmoner hipertansiyon, kardiyomiyopatiler yönünden hasta değerlendirilmeli, 50 yaş üzerinde olan hastalarda elektrokardiyogram (EKG) tetkiki yapılmalıdır (38). Koroner arter hastalığı olan hastalarda cerrahi sırasında oluşabilecek hipotansiyon, taşikardi, uzamış operasyon süresi ve torakal bölge cerrahisi hastaların mevcut durumu üzerine olumsuz etkilere sahiptir (15). Servikal omurga ve omurilik hasarı olan hastalarda sempatik tonus regulasyonu bozulduğu için bradikardi ile seyreden belirgin vazodilatasyon görülebilir. Bu durum genellikle sıvı replasmanı ve atropin ile kontrol altına alınabilir (9).

### Nörolojik Değerlenme

Omurga patolojileri olan hastalar kas grubunda zayıflık ve atrofi, parapleji ve kuadriplejiye kadar çeşitli nörolojik defisitlere sahip olabilirler. Detaylı bir nörolojik muayene ve varolan nörolojik defisitlerin dökümantasyonu esastır. Nörolojik disfonksiyon genel anestezi uygulanacaksa entübasyon tekniğini, kullanılacak ajanların ve uygulanacak olan monitörizasyon yönteminin seçimini etkiler (17).

### Hematolojik Değerlendirme

Omurga patolojisi olan hastaların büyük bir çoğunluğu ağrıları dindirmek için nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar kullanmaktadırlar. Bu yüzden hastanın pıhtılaşma profili uygun yöntemlerle değerlendirilmelidir (17).

### Laboratuvar Testleri

Hemogram, elektrolitler (Na, K, Ca), üre, kreatinin, karaciğer enzimleri (AST, ALT), kan şekeri ve koagülasyon testleri sonuçları bilinmelidir. Diyabetik ve böbrek hastalığı olan hastalar özellikle dikkatle incelenmelidir. Cerrahinin kapsamına göre öngörülerek yeterli miktarda taze kan, eritrosit süspansiyonu, taze donmuş plazma veya trombosit süspansiyonları hazırlanmalıdır (17).

## Premedikasyon

Operasyon öncesi anksiyete için, bir gece önce alınacak oral 0,5 mg alprazolam ya da 5 mg diazepam (0,05-0,2 mg/kg) oldukça etkilidir. Midazolamın amnezik etkilerinden ve oral formunun olmamasından dolayı, kullanımı sadece operasyondan hemen önce intravenöz (İV) yolla sınırlıdır. Ayrıca operasyondan iki saat önce alınan oral 600 mg gabapentinin ameliyat sonrası ağrı şiddetini düşürdüğü, opioid kullanımını ve buna bağlı yan etkileri azalttığı gösterilmiştir (44). Ameliyat öncesi verilen 300-600 mg oral gabapentin, ameliyat sonrası ağrı kontrolüne yardımcı olmakla birlikte hafif bir sedasyon ve güçlü bir anti hiperalezik etki de sağlamaktadır (44). Hasta, operasyon odasına alınmadan önce anestezi uzmanı tarafından hastanın kimlik bilgilerinin, yapılacak operasyonun cinsinin ve seviyesinin kontrol edilmesi ve doğrulanması, taraf seviye karışıklıklarını önleyecektir.

## Monitörizasyon

Tüm spinal cerrahi hastalarında, Amerikan Anesteziyoloji Derneği (American Society of Anesthesiology/ASA)'nin kabul etmiş olduğu standart monitörizasyon uygulanmaktadır. Pulse oksimetre, kapnograf ile end-tidal CO<sub>2</sub> (EtCO<sub>2</sub>) takibi, sürekli EKG takibi, arteriyel kan basıncı takibi, vücut ısısında değişiklikler bekleniyorsa devamlı vücut ısısı takibi yapılır. Yukarıda belirtilenlerin dışındaki monitörizasyon seçeneklerinin (santral venöz basınç ölçümü, invaziv arteriyel kan basınç takibi, foley sonda ile idrar takibi, BIS monitörizasyonu, SSEP takibi) kullanımına, hastanın genel durumu ve yapılacak operasyonun şekli ve süresine göre karar verilmektedir. Genel uygulama olarak invaziv arteriyel kan basıncı izlemi kardiyovasküler instabilitesi olan hastalarda ve önemli kan kaybı, sıvı şifti beklenen cerrahilerde, hastanın tıbbi kondisyonuna göre, induksiyon öncesi veya hemen sonrası, ek bir kontrendikasyon yoksa radial artere yerleştirilen 20 G'lik bir kateter ile sağlanmaktadır. Santral venöz kateterizasyon, özellikle masif transfüzyon beklenen, büyük ve güvenilir bir venöz giriş gereken durumlarda yapılmaktadır. Santral venöz basınç ölçümü, genellikle yüzüstü pozisyona bağlı olarak yanlış yüksek ölçümler yapıldığı için, sıklıkla uygulanmasa da sıvı dengesindeki değişiklikler için göreceli bir yol gösterici olabilir.

## Pozisyon

Endoskopik omurga cerrahisinde anestezi yaklaşımı açısından dikkat edilmesi gereken başka bir konu da hastaya verilecek pozisyonudur. Cerrahi yaklaşım için hastanın en uygun pozisyonu belirlenir. Prone pozisyonda (Posterior yaklaşımlar), transforaminal

endoskopik lomber diskektomi (TELD), interlaminar yaklaşım, perkütan endoskopik posterior servikal foraminotomi yaklaşımları yapılmaktadır. Supine pozisyonda (Anterior yaklaşımlar), perkütan endoskopik servikal diskektomi (PECD) yapılır. Lateral Dekübit pozisyonda (Posterolateral yaklaşımlar) ise perkütan endoskopik torasik diskektomi uygulanmaktadır (5). Hastaya verilen pozisyonlar vital fonksiyonların korunmasını ve takibini zorlaştırabilir. Bunlardan en fazla dikkat edilmesi gereken pozisyon ise prone pozisyonudur. Genel anestezi altında hastanın prone pozisyonuna döndürülmesi sırasında, EKG elektrodları, tansiyon aleti, saturasyon probu, damaryolları ve varsa invaziv arter bağlantısı çıkarılmaktadır. Bu aşamada monitörizasyon yapılmadığı için, hastayı döndürme işlemi kısa sürede gerçekleştirilmelidir. Hasta döndürülürken, herhangi bir öksürme refleksine veya sempatik cevaba neden olmadan kardiyovasküler fonksiyonlarda stabil bir seyir izlenmesi açısından anestezi derinliği önemlidir. Yüzüstü pozisyonda opere edilmesi gereken tüm hastalarda, vücuttaki basınç noktalarının yumuşak şekilde desteklenmesi gerekmektedir. Boyun ve ekstremiteler nötral pozisyondayken gözler, burun ve genital organlar baskı altında olmamalıdır. Özellikle dikkat edilmesi gereken bölgeler ve periferik sinirler, dirsek ve ulnar sinir, pelvis ve lateral femoral kutanöz sinir, dizin alt lateral bölgesi ve kommon peroneal sinirlerdir. Ayrıca, karotid, aksiller, iliak ve femoral arterlerle, jugular ve diğer önemli venlerin de basıya maruz bırakılmamaları gerekmektedir. Yüzüstü pozisyonun en belirgin kardiyovasküler etkisi, kardiyak indekste düşüştür. İnfior vena kava obstrüksiyonu da, kardiyak debiyi düşürerek bu durumu ortaya çıkarmaktadır. Bu durum, cerrahi kanama artışını da beraberinde getirmektedir. Venöz dönüşün basıya uğraması sonucu, kanın kalbe dönüşü omurganın venöz pleksusu ile olmaktadır. Bu venlerin distansiyonu da kanama artışı ile cerrahi saha görüşünün kapanmasına neden olur (12). Pulmoner fonksiyonlar açısından en belirgin değişiklik ise, fonksiyonel rezidüel kapasite (functional residual capacity/FRC)'deki artıştır (32). Bunun nedeni, ağırlığın dizler ve destekler üzerinde olup karnın ve alt göğsün düşük basınç altında rahat bir şekilde genişleyebilmesidir. Hastaya operasyon başında iyi pozisyon verilmesinin yanısıra, operasyon boyunca da yakın pozisyon takibi yapılmalıdır.

## Genel Anestezi İndüksiyonu

Endoskopik spinal cerrahide standart bir anestezi uygulaması yoktur. Anestezi induksiyonu sırasında iv olarak uygulanan propofol (2- 2,5 mg/kg), thiopental (3-5 mg/kg) veya etomidate (0,1-0,4 mg/kg) seçeneklerinden hangisinin kullanılacağını hastanın genel

durumu ile birlikte özellikle kardiyovasküler muayenesi belirlemektedir. Etomidat ya da yüksek doz opioid kullanımı (fentanyl, 50-150 mcg/kg) ile yapılan bir anestezi indüksiyonunda kan basıncı değişiklikleri minimal düzeyde tutulabilmekte, diğer anestezi ajanlarının yanında adjuvan olarak kullanılan fentanil (0,7-2 mcg/kg) laringoskopiye bağlı sempatik sistem uyarılmasını oldukça etkili bir şekilde baskılayabilmektedir. Trakea entübasyonu sırasında rutin olarak kullanılan orta etki süreli nondepolarizan kas gevşeticilerden rokuronyum (0,6-1,2 mg/kg), vekuronyum (0,08-0,1 mg/kg) ve cisatraküryum (0,15-0,2 mg/kg) güvenlik profilleri oldukça yüksektir. Özellikle akut travma sonrası omurilik hasarı görülen hastalara travmadan 3-180 gün sonra yapılan spinal cerrahide, kas gevşetici olarak bir depolarizan ajan olan süksinilkolinin kullanımı kontrendikedir. Travma sonrası gelişen denervasyon ile beraber nöromusküler bileşkedeki asetilkolin reseptör sayısı artarak kas membranlarına da yayılmakta, depolarizan ilaç kullanımıyla da bu reseptörler depolarize olarak kaslardan masif bir potasyum salınımına ve hiperkalemi gelişmesine neden olmaktadır (34). Bu durum, sekonder aritmiler ve kardiyak arreste kadar uzanan çok ciddi bir tablo ile sonuçlanabilmektedir. Endotrakeal entübasyon, hava yolu açıklığının ve güvenliğinin sağlanması, uygun ventilasyon ve anestezi gazlarıyla anestezinin idamesi için olmazsa olmazdır. Rutin uygulamada erişkin kadın hastalarda 7-7,5 mm iç çapında, erkek hastalarda ise 8-8,5 mm iç çapındaki spiralli, kafli endotrakeal tüpler (ETT) kullanılmaktadır. Spiralli tüpler, klasik ETT'lere göre içlerinde bulundukları coil yardımıyla tüpün yerinden çıkmasını engelleyerek yüzüstü pozisyonda daha güvenli bir havayolu sağlamaktadırlar. İndüksiyon sonrası hastanın supin pozisyonundan yüzüstü pozisyona döndürülmesini takiben, ETT'nin yerleşiminin ve her iki akciğerin eşit ventilasyonunun tekrar kontrol edilmesi ve tüpün pozisyonunun değişmediğinin teyit edilmesi gerekmektedir.

### Genel Anestezinin İdamesi

Endoskopik spinal cerrahide, anestezi idamesinin nasıl uygulanacağı kesin sınırlarla belirlenmemiştir. Total intravenöz anestezi (TIVA) ve inhalasyon anestezi olmak üzere iki yöntem uygulanabilir. TIVA'da, anestezi indüksiyonunu takiben bir anestezi ajanı (genellikle propofol 100-200 mcg/kg/dk) ve bir analjezik ilaç (genellikle opioid türevleri, remifentanil 0,2-0,5 mcg/kg/dk, morfin 0,5-10 mg/st, fentanil 0,02-0,2 mcg/kg/dk) iv infüzyon olarak verilmektedir. TIVA'nın özellikle hemodinamik açıdan daha stabil bir anestezi ve kolay titrasyon sağladığı kabul edilmektedir. Ayrıca, somatosensoryel uyarılmış

potansiyel (SEP) ve motor uyarılmış potansiyel (MEP) kullanımını, inhalasyon anesteziye göre daha az etkilediğini gösteren çalışmalar da yayımlanmıştır (55). Bunun yanında, özellikle maliyetinin daha yüksek olması, her hastada inhalasyon ajanlarının minimum alveoler konsantrasyon (MAC) değeri gibi, mutlak sayısal bir etkin doz göstergesinin olmaması, uyanma ("wake-up") testini yavaşlatması, yetersiz anestezi uygulanması durumunda hastanın operasyon sırasında farkındalık yaşaması gibi dezavantajları vardır. İnhalasyon anestezi isee, volatil anesteziklerden isoflurane, sevoflurane ve desflurane en sık kullanılan ajanlardır. Bu ajanların intraoperatif bir opioid infüzyonu ile kombinasyonu isee ideal bir anestezi sağlamaktadır. İntraoperatif sıvı replasmanı, hem kullanılan sıvıların cinsi hem de miktarı açısından kesin bir fikir birliğinin olmadığı bir konudur. Hastaya yetersiz sıvı replasmanı yapılması durumunda hipertansiyon, hemodinamik instabilite ve renal yetmezlik gelişimi, aşırı sıvı replasmanında isee pulmoner ödem ve konjestif kalp yetmezliği gelişimi, doku ödemi, kötü yara iyileşmesi, dilüsyonel anemi, koagülopati, gastrointestinal motilitenin geç kazanılması gibi komplikasyonlar ortaya çıkmaktadır (43). Klasik yaklaşımda hastanın ameliyat öncesi sıvı açığı 3 saat içinde ve saatlik bazal ihtiyacı ile birlikte, kanama ve idrar ile hesaplanan kayba, cerrahinin şekline göre 2-10 ml/kg/st'ye varan bir üçüncü boşluk kaybı hesaplanarak eklenmekte ve özellikle uzun süren ameliyatlarda ciddi miktarda iv sıvı kullanılmaktadır. Daha güncel olarak 4 ml/kg/st'lik bir bazal infüzyonla beraber kan kaybı ve üriner çıkışa göre ayarlanan 250 ml'lik kristaloid sıvı yüklemeleri ve daha erken başlanan kolloid sıvı replasmanı yaygınlaşmaktadır. Yüksek hacimde kolloid kullanımının özellikle koagülopati gelişmesine neden olması şeklinde bir kaygı varsa da böyle bir durum kesin olarak gösterilmemiştir.

### Anestezi Derinliğinin Monitörizasyonu

Cerrahi sırasında anestezi derinliğinin sağlanması, uyanma testi gerekiyorsa hastanın uyanma zamanının ayarlanması ve hastanın herhangi bir şekilde cerrahi sırasında farkındalık yaşamaması için anestezi derinliğinin monitörizasyonu oldukça önemlidir. Bispektal indeks (BİS), anestezi ve sedatiflerin kullanılması sırasında oluşan hasta cevaplarını ölçmek için spesifik olarak geliştirilmiş bir EEG yöntemidir. Dijital teknoloji ve elektronik donanımdaki gelişmeler küçük, ucuz, mükemmel sonuç kapasitesine sahip ve operasyon odasında kullanılacak EEG monitörlerinin gelişmesini sağlamıştır. Bu cihazların sinyal düzenleyici yazılımı vardır. Bu bilgileri düzenleyip EEG uzmanı olmayan bir kişi tarafından da kolayca anlaşılabilir hâle getirmektedirler (22). Bu ölçümün 80'in üzerinde



olması, hastanın uyanık olduğunu gösterirken cerrahi anestezi için hedef değerler 40-60 arasındır. BIS monitörizasyon değeri "0" olarak ölçülmüş ise, izoelektrik beyin aktivitesi olarak kabul edilmektedir. BIS, beyin belli bir andaki durumunu ölçer. Belli bir ilaç konsantrasyonunu ölçmez. Analjezi derinliğini ölçmediği gibi ağırlı uyarıya yanıt olarak görülen hareket veya hemodinamik cevapları da belirleyemez (23). BIS monitörizasyonunun anestezi sırasında farkındalığı % 82'ye kadar varan oranlarda azalttığı özellikle TIVA uygulamalarında kullanılan anestezi ilaç miktarını, ekstübasyon süresini ve anestezi sonrası bakım ünitesinden taburculuk süresini azalttığı, ayrıca perioperatif respiratuar komplikasyonları ve bakım ünitesinde (derlenme ünitesi) hastanın yeniden entübe edilme oranlarını düşürdüğü gösterilmiştir (24).

### Anestezi Sonlandırılması

Ekstübasyon kararı cerrahinin kapsamına, operasyon zamanına, hastanın eşlik eden patolojilerine ve operasyon sırasında gelişen komplikasyonlara göre verilecek önemli bir karardır. Eğer havayoluyla ilgili olarak herhangi bir soru akla geliyorsa hasta tam olarak uyanmalı, sözlü komutlara uymalı ve havayolunu güvenli bir şekilde idame edebileceğine karar verildikten sonra hasta ekstübe edilmelidir. Boyun ve havayolunda oluşabilecek ödem, kanama ve boyuna yerleştirilen plaklar yeni bir entübasyonu daha da zor hâle getirebilir (54). Çoğunlukla, hasta operasyon sonunda ameliyat odasında ekstübe edilmekte ve derlenme odasında bir süre takip edildikten sonra odasına çıkarılmaktadır. Hastanın derlenmesini takiben, iyi bir analjezik kontrolünün sağlanması, sekresyonların öksürerek etkili bir şekilde atılması ve hızlı bir şekilde rehabilitasyona başlanması için de çok önemlidir.

### Rejyonel Anestezi

Spinal, epidural ve kaudal bloklar, merkezi nöroaksiyel bloklar olarak adlandırılır. Bunlar arasında önemli teknik, fizyolojik ve farmakolojik farklılıklar vardır, ancak hepsi uygulanan lokal anestezi dozuna, konsantrasyonuna ve volümüne bağlı olarak sempatik blok, duysal analjezi ve motor bloğa sebep olmaktadır (4). Son yıllarda endoskopik spinal cerrahi için rejyonel anestezi diğer yöntemlere göre daha fazla tercih edilen yöntem hâline gelmektedir (45,63). Rejyonel anestezi uygulamasında, genel anestezi uygulanmasında olduğu gibi hastanın preanestezi değerlendirilmesinin detaylı olarak yapılması gerekmektedir.

Ön hazırlığı tamamlanmış olan hastaya premedikasyon yapıldıktan sonra uygulamanın yapılacağı, moni-

törizasyon ve resüsitasyon olanaklarının hazır bulunduğu, özel rejyonel anestezi odasına ya da operasyon odasına alınır. Gerekirse kısa etkili sedatif ve narkotik analjeziklerden yararlanılabilir. Teknik açıdan en kolay ve güvenilir aralık, L2-3 ve L3-4 aralıklarıdır. Enjeksiyon yerinin lokalizasyonu açısından en iyi işaret noktaları olan iliak kristaları birleştiren çizgi, L4 spinöz çıkıntısı veya L4-5 aralığından geçmektedir. Hasta pozisyonu, lateral dekubitus (yan) pozisyon, oturur pozisyon, yüzüstü (prone) pozisyon olabilir.

**Epidural kateter uygulama:** Epiduralin uygun seviyede yerleştirilebilmesi ve uygun ilaçların seçilebilmesi için ameliyatın doğası ve süresi anlaşılmalıdır (59). Tuohy iğneleri en yaygın olarak kullanılır. Genellikle 16 ila 18G'dir. Dural ponksiyon riskini azaltmak ve kateteri yönlendirmek için tasarlanmış 15 ila 30 derecelik kavisli, künt huber iğne ucu ile 1 cm aralıklarla işaretlenmiş bir shafta sahiptirler. Epidural ponksiyon için oturma ve lateral dekübit pozisyonları gerekir. Spinal anestezi gibi epidural anestezi de ideal olarak hasta uyanırken yapılır (39).

### Postoperatif Ağrı Tedavisine Yaklaşım

**Preemptif-Preventif Analjezi:** Operasyon başlama-ndan önce uygulanacak olan bir ağrı tedavisi yöntemi ile operasyon sırasında ve sonrasında oluşabilecek daha şiddetli ve hatta kronik kalıcı ağrı gelişimine engel olma düşüncesine preemptif analjezi denilmektedir. Analjezik tedavinin uygulandığı zamandan çok tüm preoperatif, intraoperatif ve/veya postoperatif uyarıların neden olduğu nosiseptif etkiyi azaltmayı amaçlayan etki mekanizması odaklı analjezi yöntemine ise preventif analjezi denilmektedir. Ağrı impulsunun şekillendiği ve işlendiği farklı seviyeleri hedefleyen multimodal analjezi ile bu seviyelerden sadece birine müdahale edilebilen girişimlere göre daha etkili analjezi sağlamaktadır (26,28,57).

**Multimodal Analjezi:** Son 20 yıldır akut postoperatif ağrı mekanizmaları ve tedavisi konusunda pek çok çalışma yapılmış, akut postoperatif ağrının düşünülen ve anlaşılardan çok daha karmaşık olduğu görülmüştür. Multimodal analjezi, nosiseptif ve nöropatik yollarda birden fazla reseptörü hedeflemek için aynı anda birkaç farklı analjezik ilaç veya tekniğin kullanımına atıfta bulunan bir terimdir, böylece akut postoperatif ağrıyı ve cerrahi stres yanıtını azaltır ve ayrıca kronik postoperatif ağrıya neden olabilen mekanik olaylar zincirini potansiyel olarak etkiler (26). Analjezik etkiyi sağlamak için farklı teknikler, santral/periferik sinir blokları ve farklı reseptör ve ağrı iletim yollarını hedef alan farmakolojik ajanların [parasetamol, nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar (NSAİİ), NMDA reseptör antagonistleri, antidepressanlar,  $\alpha 2$

reseptör agonistleri, opioidler vb.] kombine edilerek preperoperatif ve postoperatif dönemlerde yeterli sürede kullanılmalıdır. Asetaminofen preoperatif dozu 1000 mg (> 50 kg) iken; peroperatif 1000 mg, postoperatif de 1000mg; ibuprofen ise peroperatif 600–800 mg, postoperatif 600 mg'dır (51). Postoperatif ağrıyı önlemek için multimodal analjezik tedavinin postoperatif döneme uzatılması, preemptif analjezi ile karşılaştırıldığında daha üstün olabilir. Ameliyat sonrası akut ve kronik ağrının yönetiminde en faydalı olacak uygun ilaç kombinasyonları, ilaç konsantrasyonları ve önleyici stratejilerin süresinin belirlenmesi gerekmektedir. Son çalışmalar, insizyondan sonra nöronal aşırı duyarlılık ve nosisepsiyonun esas olarak perioperatif dönem boyunca duyarlılaştırılmış nosiseptörlerin afferent barajı tarafından sürdürüldüğüne dair güçlü kanıtlar sunmaktadır. Bu nedenle, bir analjezik ve anti hiperaljezik müdahalenin zamanlaması değil, süresi ve etkinliği, ameliyat sonrası ağrı ve hiperaljezi tedavisinde çok önemlidir.

Ağrı, daha fazla yaralanma veya hasarı önlemek için zararlı uyaranlara karşı adaptif evrimsel bir yanıt (57). Bununla birlikte, cerrahinin neden olduğu yaralanma sonunda yararlılığını aşan bir ağrı ile sonuçlanan çeşitli mekanik olaylara yol açabilir. Ameliyattan sonra hem akut hem de kronik ağrıya katkıda bulunan birkaç farklı mekanik ağrı tipi tanımlanmıştır. Bir cerrahi insizyon, nosiseptif, inflamatuvar ve nöropatik ağrıyı değişen derecelerde içerebilir. Cerrahi yaralanma ile aktivasyon üzerine, periferik nosiseptörler impulsları ateşler, merkezi sinir sisteminin spinal ve supraspinal bölgelerindeki nosiseptif yolları aktive eder. Yaralanma bölgesinde devam eden stimülasyon, asidoz ve inflamasyon, ektopik uyarı dahil olmak üzere periferik nosiseptörlerin uyarılabilirliğini artırır (48). Cerrahi yaralanmaya yanıt ayrıca, daha uzun süreli uyarılabilirliğin ve nosiseptif sinyalin iletiminin altında yatan periferik nosiseptörlerin hücre gövdelerindeki dorsal kök ganglionu içinde yer alan gen ekspresyonundaki değişiklikleri de içerir. Bu nosiseptif girdilerin sürekli iletimi ile omurilik seviyesinde merkezi sensitizasyon da meydana gelebilir. Cerrahi stimülasyon tarafından üretilen aktivasyon derecesi, immün, stromal ve glial hücrelerden gelen yanıt, ağrının kapsamını ve süresini etkiler, ayrıca daha kronik bir duruma geçişine neden olabilir. Rejyonel anestezi ve diğer multimodal analjezikler, ağrı yolunun aktivasyonunu bloke eder. Çoğu cerrahi yaralanma, nosiseptif ağrıyı aktive eden periferik sinirler alanında meydana gelse de, cerrahinin neden olduğu inflamatuvar ve nöropatik değişiklikler, hem periferik hem de merkezi sinir sisteminde değişiklikleri yönlendirme ve postoperatif ağrı gelişimine

katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Rejyonel anestezinin bu faktörleri nasıl etkilediğinin anlaşılması hâlâ tamamlanmamıştır, ancak önerilen mekanizmalar arasında nosiseptif sinir uyarılarının sönümlenmesi veya bloke edilmesi, glial hücrelerden gelen sinyallerin düzenlenmesi ve nöronların sinaptik plastisitesinin en aza indirilmesi yer alır (19).

**Lokal anestezi:** Lokal anesteziğin kendileri, duyarlılığı azaltabilen anti-inflamatuvar özelliklere sahiptir. Hayvan modelleri ve in vitro çalışmalar, lokal anesteziğin nöronların ektopik uyarılmasını, sitokinlerin ve diğer inflamatuvar mediatörlerin ekspresyonunu ve nötrofil hazırlamayı azaltabileceğini göstermektedir (60). Ek olarak, rejyonel anestezi dolaylı olarak omuriliğe ve supraspinal ve kortikal nosiseptif merkezlere iletilen ağrı sinyallerini azaltır, böylece merkezi sinir sistemi duyarlılığını önler. Bölgesel anestezi, akut ve kronik postoperatif ağrıyı önlemeye yönelik multimodal analjezik yaklaşımın önemli bir parçasıdır.

**Kısa Etkili ve Orta Etkili Lokal Anestezi:** Prokain bir ester lokal anesteziğidir ve en eski spinal anesteziğilerden biridir. Rejyonel anesteziye yaygın olarak kullanılmaz. Lidokain, %1 ve %2'lik solüsyonlarda mevcuttur. Lidokain, hızlı başlangıçlı ve orta süreli hidrofilik, nispeten zayıf proteine bağlı amid lokal anesteziğidir. Prilokain %2 ve %3 solüsyonlarda mevcuttur. %2'lik çözüm, minimum motor bloğu ile duyuusal bir blok oluşturur. Büyük dozlarda prilokain methemoglobinemi ile ilişkilidir. Mepivakain %1, %1.5 ve %2 koruyucu içermeyen solüsyonlar hâlinde mevcuttur. %2'lik preparasyonun başlangıç süresi lidokain ile benzer yaklaşık 15 dakikadır, ancak etki süresi biraz daha uzundur (epinefrin ile 200 dakikaya kadar).

**Uzun Etkili Lokal Anestezi:** Bupivakain %0.25, %0.5 ve %0.75 koruyucu içermeyen solüsyonlarda mevcuttur. Analjezi için %0.125 ila %0.25 gibi daha seyrek konsantrasyonlar kullanılabilir. Bununla birlikte, dezavantajları arasında kardiyak ve merkezi sinir sistemi toksisitesi ve daha büyük dozlardan kaynaklanan potansiyel motor blok yer alır. Epidural olarak uygulanan levobupivakain, bupivakain ile aynı klinik özelliklere sahiptir ve daha az kardiyotoksiktir.

**$\alpha$ -2 adrenoreseptör agonistleri:** Bir imidazolin bileşiği olan Deksmetomidin, solunum fonksiyonunun minimal depresyonuna neden olurken sedatif, anksiyolitik, sempatolitik ve analjezik etkileri olan bir  $\alpha$ -2-adrenoreseptör agonistidir. En sık kullanılan  $\alpha$ -2 adrenoreseptör agonistleri deksmetomidin ve klonidindir. Hemodinamik etkiler geçici hipertansiyon, bradikardi ve hipotansiyonu içerir (14). Deksmede-

tomidin hipnotik etkisini locus coeruleus'taki alfa-2 reseptörlerini aktive ederek, doğal uykuya benzer bir bilinç kaybına neden olarak gösterir. Hasta kolayca uyandırılabilir ve koopere olur (21). Deksmetomidin hızla dağılır ve esas olarak inaktif metabolitlere hepatik yolla metabolize olur.  $\alpha$ -2 adreseptörlerin aktivasyonu spinal olarak analjezi ile sonuçlanır ve spinal opioidlerle önemli sinerjizm gösterebilir. Ancak daha geniş antagonizma sedasyon ve sempatik tonusun azalması ile sonuçlanır (21). Spinal analjezi potansiyellerine rağmen, spesifik olarak kronik postoperatif ağrıyı araştıran nispeten az insan çalışması vardır. Yükleme dozu 10 dakika içinde 1.0 mikrogram/kg'dır. İdame dozları istenilen sedasyon düzeyine ulaşılacak şekilde 0.2-1.4 mikrogram/kg/saat doz aralığında ayarlanabilir. Yan etkiler, kuru ağız, bradikardi, ortostatik hipotansiyon, rebound hipertansiyon, solunum depresyonudur (40).

**NMDA reseptör antagonistleri:** Ketamin, ağrının giderilmesi için en çok çalışılan NMDA reseptör antagonistidir. Barbitüratların retiküler aktivasyon sistemini deprese edici etkilerine karşılık ketamin talamusun limbik kortekste olan ilgisini keser. Bazı beyin nöronları inhibe edilirken diğerleri tonik olarak eksite edilir. Bu durum klinik olarak "dissosiyatif anestezi" olarak isimlendirilir. İntramüsküler (İM) ya da intravenöz (İV) kullanılmaktadır. Etkisi, İV 30 saniyede, İM uygulamada 10-15 dakikada ortaya çıkmaktadır. İntramüsküler ketamin uygulamasında başlangıç dozu 6.5-13 mg/kg aralığında değişebilir. Şiddetli ağrılı uyaran içermeyen işlemlerde veya tanısal işlemlerde 4 mg/kg'lık düşük başlangıç kas içi doz kullanılmıştır. 10 mg/kg'lık doz genellikle 12 ile 25 dakika cerrahi anestezi oluşturur. Ketamin sedasyon amacıyla yetişkin ve pediatrik popülasyonda 1 mg/kg İV bolus ve gerekli durumlarda 0.25-0.50 mg/kg idame dozlarında kullanılabilir. Biyotransformasyonu karaciğerde olur. Eliminasyon yarılanma süresi 3 saattir. Biyotransformasyon ürünleri idrarla atılmaktadır. Organ toksisitesi yoktur. Hipertansiyon, taşikardi, kardiyak outputta artışa neden olabilir. Güçlü bir bronkodilatatördür. Serebral kan akımını ve intrakraniyal basıncı artırır. Psikomimetik yan etki olarak uyanma sırasında deliryum tablosu, halüsinasyonlar ile karşılaşmak olasıdır. Bu nedenle genellikle yatıştırıcı etkileri olan diğer ilaçlarla birlikte kullanılır (6,16). N-metil-D-aspartat reseptörleri, bir yaralanma sonrası kronik ağrı gelişiminde önemli bir yönü olduğu düşünülen spinal kord uyarı olgusunun merkezinde yer alır. N-metil-D-aspartat reseptörlerinin de akut opioid toleransı fenomeninde önemli olduğu görülmektedir (8). Yapılan çalışmalarda postoperatif ağrı için düşük dozlarda ketamin uygulanması anal-

jezik etki sağlamakta ve analjezi için ihtiyaç duyulan opioid dozlarını azaltmaktadır. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu, akut postoperatif ağrı ve kanser dışı kronik ağrı yönetimi için bir adjuvan olarak ketaminin faydalarını kabul etmektedir, ancak kronik postoperatif ağrıdaki spesifik rolü daha az bilinmektedir (7,13). Dekstrometorfan, magnezyum, memantin ve nitroz oksit dahil olmak üzere diğer NMDA reseptör antagonistleri, akut postoperatif ağrıda bir miktar fayda göstermiştir.

**Gabapentin ve pregabalin:** Gabapentin ve pregabalin multimodal analjezinin bir parçası olarak postoperatif opioid gereksinimini azaltmaktadır (7,33). Preoperatif tek doz ile bu etki sağlanabilir. Anksiyolitik etkileri ek avantajlarıdır. Ancak rutin kullanım için yeterli veri yoktur. Baş dönmesi, halsizlik ve yorgunluk gibi yan etkiler yapabilmektedirler. Gabapentin ve pregabalin dahil olmak üzere gabapentinoidler, voltaj kapılı kalsiyum kanallarının (C v  $\alpha$ 2- $\delta$ )  $\alpha$ 2- $\delta$  alt birimini inhibe ederek ağrıyı azaltır görünmektedir. Ayrıca, son meta-analizler, perioperatif dönemde veya kronik postoperatif ağrının önlenmesinde gabapentin veya pregabalin için kanıtları desteklememiştir (33,58). Gabapentin için önerilen başlangıç dozu genellikle 300 mg-900 mg arasındadır. Daha sonra doz kademeli olarak artırılır. Maksimum günlük doz 3600 mg'dır. Bu doz 3'e bölünerek alınır. Pregabalin tedavisinin önerilen başlangıç dozu 150 mg/gün'dür. Klinik çalışmalarda 150-600 mg dozda pregabalin alan hastalarda etkinlik kanıtlanmıştır.

Gabapentinin neden olduğu yan etkilerden bazıları teratojenisite, hipoventilasyon, solunum yetmezliği ve miyopatidir. Pregabalinin yan etkilerine bakacak olursak; somnolans ve baş dönmesi ve sık meydana gelir (47,58).

**Opioid analjezikler:** Postoperatif ağrı kontrolünde opioidlerden kaçınılması ya da son çare uygulanması önerilmektedir (3). Multimodal analjezide opioid kullanımını azaltmak ya da kullanımından kaçınmak için diğer ajanlar ve rejyonel ya da nöroaksiyel bloklar kullanılmalıdır. Ancak bu teknikler ile ağrı kontrolü yeterli düzeyde sağlanamaz ise opioidler hasta kontrollü analjezi (morfin), IV infüzyon/bolus ya da oral (oksikodon, tramadol, kodein) olarak kullanılabilirler. Bu yöntemler içerisinde de doz ayarlaması en uygun olan yöntem hasta kontrollü analjezi sistemidir.

Opioid rotasyonu, analjezik tedaviye yanıtı iyileştirmek veya yan etkileri azaltmak amacıyla bir opioidden diğerine geçişi ifade eder. Optimum doz titrasyonuna rağmen zayıf opioid yanıtı sorununu ele almak için yaygın bir yöntemdir.

**Benzodiazepinler:** Özellikle serebral kortekste bulunan santral sinir sistemindeki spesifik reseptörlere etki ederler. Benzodiazepin reseptör bağlantısı çeşitli nörotransmitterlerin inhibitör etkilerini güçlendirir. Sedatif, anksiyolitik, uyku indükleyici, antikonvülzan, santral kas gevşetici etkileri vardır. Analjezik özelliği yoktur. Emniyet sınırı geniştir. Karaciğerde inaktif metabolitlerine yıkılır. Diazepam, midazolam, lorazepam ve remimazolam, aynı farmakolojik gruptandır. Hepsinin aktif metabolitleri vardır ve yaşlı insanlarda ajitasyona neden olabilir. Midazolam en popüler ilaçtır. Maksimum doz 10 mg'ı geçmeyecek şekilde 0,1-0,2 mg/kg İM veya İV uygulanabilir. Lipitte çözünürlüğü yüksektir. Etki başlangıcı ve redistribüsyonları oldukça hızlıdır. Yüksek oranda proteinlere bağlanırlar. Yeni alternatif benzodiazepin remimazolam, plazma ve doku esterazları tarafından hızlı metabolizmaya uğrar, bu nedenle karaciğer veya böbreklerden bağımsızdır. Diazepam hepatik atılımı yavaş olduğu için, 30 saatlik atılım süresine sahiptir. Midazolamın karaciğer atılım oranı yüksek olduğundan 2 saat gibi kısa bir sürede atılır. Karaciğer fonksiyon bozukluğunda, hipoproteinemide, kaşekside, yaşlı hastalarda doz azaltılır (56).

**Propofol:** Propofolün lipid çözünürlüğü fazladır, etkisi hızla başlar. Karaciğerde konjugasyon ile inaktif metabolitlerine dönüşür. Yarılanma ömrü 30-60 dakikadır. Standart doz, başlangıç olarak 0.5-1.0 mg/kg'lık bolus dozu sonrasında sedasyonun sağlanması veya sürdürülmesi için gerektiğinde her 1 ila 3 dakikada bir 0.25-0.5 mg/kg ilave bolus dozu ile sağlanır. Hızlı başlangıç ve bitiş süresi nedeniyle günümüzde kısa süreli işlemlerde en çok kullanılan intravenöz ilaçtır. Bu solüsyon soya yağı, yumurta lesitini, gliserol içerir. Bu yapıya bağlı olarak enjeksiyon sırasında ağrıya neden olmaktadır. Güçlü solunum depresyonu yapar. İndüksiyon dozunda apne görülmesi olağandır. Bradikardik, hipotansif, kardiyak output'u düşük hastalarda dikkatle kullanılmalıdır. Vazodilatif özellikleri nedeniyle hızlı bir şekilde hipotansiyon gelişebilir. Propofol kullanırken intravenöz hacim takviyesi ve hastanın yaşamsal belirtilerinin dikkatli bir şekilde izlenmesi çok önemlidir.

Sonuç olarak endoskopik omurga cerrahisinde anestezi seçimi operasyon sonuçlarını iyileştirirken morbiditeyi azaltmakta da faydalıdır. Ayrıca hastanın intraoperatif katılımını sağlar ve konforunu artırır

## KAYNAKLAR

1. Adamson TE. The impact of minimally invasive cervical spine surgery. Invited submission from the Joint Section Meeting on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves, March 2004. *J Neurosurg Spine*. 2004 Jul;1(1):43-6.
2. Afolabi A, Weir TB, Usmani MF, et al: Comparison of percutaneous minimally invasive versus open posterior spine surgery for fixation of thoracolumbar fractures: A retrospective matched cohort analysis. *J Orthop*. 2019 Nov 27;18:185-190.
3. Brandal D, Keller MS, Lee C, et al. Impact of Enhanced Recovery After Surgery and Opioid-Free Anesthesia on Opioid Prescriptions at Discharge From the Hospital: A Historical-Pro prospective Study. *Anesth Analg* 2017;125(5):1784-92.
4. Brown LD: Spinal, epidural and caudal anesthesia. In: Miller RD (Ed.). *Anesthesia* 6th edition. USA Churchill Livingstone 2005 p: 1653-83.
5. Choi G, Pophale CS, Patel B, et al: Endoscopic Spine Surgery. *J Korean Neurosurg Soc*. 2017 Sep;60(5):485-497. doi: 10.3340/jkns.2017.0203.004. Epub 2017 Aug 30. Erratum in: *J Korean Neurosurg Soc*. 2019 May;62(3):366. P
6. Cillo JE Jr. Analysis of propofol and low-dose ketamine admixtures for adult outpatient dentoalveolar surgery: a prospective, randomized, positive-controlled clinical trial. *J Oral Maxillofac Surg*. 2012 Mar;70(3):537-46.
7. Clarke H, Soneji N, Ko DT, et al: Rates and risk factors for prolonged opioid use after major surgery: population based cohort study. *BMJ*. 2014 Feb 11;348:g1251.
8. Dalsasso M, Tresin P, Innocente F, et al: Low-dose ketamine with clonidine and midazolam for adult day care surgery. *Eur J Anaesthesiol*. 2005 Jan;22(1):67-8.
9. Dave S, Cho JJ. Neurogenic Shock. 2022 Feb 10. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022
10. Demirel CB, Kalayci M, Ozkocak I, et al: A prospective randomized study comparing perioperative outcome variables after epidural or general anesthesia for lumbar disc surgery. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2003 Jul;15(3):185-92.
11. Destandau J. A special device for endoscopic surgery of lumbar disc herniation. *Neurol Res*. 1999 Jan;21(1):39-42.
12. Edgcombe H, Carter K, Yarrow S. Anaesthesia in the prone position. *Br J Anaesth*. 2008 Feb;100(2):165-83.
13. Ersek RA. Dissociative anesthesia for safety's sake: ketamine and diazepam--a 35-year personal experience. *Plast Reconstr Surg*. 2004 Jun;113(7):1955-9.



14. Fairbanks CA, Stone LS, Kitto KF, et al: alpha(2C)-Adrenergic receptors mediate spinal analgesia and adrenergic-opioid synergy. *J Pharmacol Exp Ther.* 2002 Jan;300(1):282-90.
15. Ganesh R, Kebede E, Mueller M, et al: Perioperative Cardiac Risk Reduction in Noncardiac Surgery. *Mayo Clin Proc.* 2021 Aug;96(8):2260-2276.
16. Garg K, Grewal G, Grewal A, et al: Hemodynamic responses with different dose of ketamine and propofol in day care gynecological surgeries. *J Clin Diagn Res.* 2013 Nov;7(11):2548-50.
17. Gerçek A, Özgen S. Omurga Cerrahisinde Anestezi Yaklaşımı - Derleme. *Maltepe Tıp Dergisi.* 2009; 1(2): 67-72.
18. Hassi N, Badaoui R, Cagny-Bellet A, et al: Rachianesthésie pour cure de hernie discale et laminectomie lombaire. A propos de 77 cas [Spinal anesthesia for disk herniation and lumbar laminectomy. Apropos of 77 cases]. *Cah Anesthesiol.* 1995;43(1):21-5. French.
19. Hermanns H, Hollmann MW, Stevens MF, et al: Molecular mechanisms of action of systemic lidocaine in acute and chronic pain: a narrative review. *Br J Anaesth.* 2019 Sep;123(3):335-349.
20. Hua W, Zhang Y, Wu X, et al: Full-Endoscopic Visualized Foraminoplasty and Discectomy Under General Anesthesia in the Treatment of L4-L5 and L5-S1 Disc Herniation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2019 Aug 15;44(16):E984-E991.
21. Hussain N, Grzywacz VP, Ferreri CA, et al: Investigating the Efficacy of Dexmedetomidine as an Adjuvant to Local Anesthesia in Brachial Plexus Block: A Systematic Review and Meta-Analysis of 18 Randomized Controlled Trials. *Reg Anesth Pain Med.* 2017 Mar/Apr;42(2):184-196.
22. Johansen JW, Sebel PS, Sigl JC. Clinical impact of hypnotic-titration guidelines based on EEG bispectral index (BIS) monitoring during routine anesthetic care. *J Clin Anesth.* 2000 Sep;12(6):433-43.
23. Johansen JW, Sebel PS. Development and clinical application of electroencephalographic bispectrum monitoring. *Anesthesiology.* 2000 Nov;93(5):1336-44.
24. Johansen JW. Update on bispectral index monitoring. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2006 Mar;20(1):81-99.
25. Kang SY, Kashlan ON, Singh R, et al: Advantages of the Combination of Conscious Sedation Epidural Anesthesia Under Fluoroscopy Guidance in Lumbar Spine Surgery. *J Pain Res.* 2020 Jan 21;13:211-219.
26. Katz J. Pre-emptive analgesia: evidence, current status and future directions. *Eur J Anaesthesiol Suppl.* 1995 May;10:8-13.
27. Kaye AD, Chernobylsky DJ, Thakur P, et al: Dexmedetomidine in Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Protocols for Postoperative Pain. *Curr Pain Headache Rep.* 2020 Apr 2;24(5):21.
28. Kehlet H, Jensen TS, Woolf CJ. Persistent postsurgical pain: risk factors and prevention. *Lancet.* 2006 May 13;367(9522):1618-25.
29. Klingler JH, Sircar R, Scheiwe C, et al: Comparative Study of C-arms for Intraoperative 3-dimensional Imaging and Navigation in Minimally Invasive Spine Surgery Part I: Applicability and Image Quality. *Clin Spine Surg.* 2017 Jul;30(6):276-284.
30. Komp M, Hahn P, Merk H, et al: Bilateral operation of lumbar degenerative central spinal stenosis in full-endoscopic interlaminar technique with unilateral approach: prospective 2-year results of 74 patients. *J Spinal Disord Tech.* 2011 Jul;24(5):281-7.
31. Lee CW, Yoon KJ, Jun JH. Percutaneous Endoscopic Laminotomy with Flavectomy by Uniportal, Unilateral Approach for the Lumbar Canal or Lateral Recess Stenosis. *World Neurosurg.* 2018 May;113:e129-e137.
32. Lumb AB, Nunn JF. Respiratory function and ribcage contribution to ventilation in body positions commonly used during anesthesia. *Anesth Analg.* 1991 Oct;73(4):422-6.
33. Martinez V, Pichard X, Fletcher D. Perioperative pregabalin administration does not prevent chronic postoperative pain: systematic review with a meta-analysis of randomized trials. *Pain.* 2017 May;158(5):775-783.
34. Martyn JA, Richtsfeld M. Succinylcholine-induced hyperkalemia in acquired pathologic states: etiologic factors and molecular mechanisms. *Anesthesiology.* 2006 Jan;104(1):158-69.
35. Matsui H, Aoki M, Kanamori M. Lateral disc herniation following percutaneous lumbar discectomy. A case report. *Int Orthop.* 1997;21(3):169-71.
36. McClelland S 3rd, Goldstein JA. Minimally Invasive versus Open Spine Surgery: What Does the Best Evidence Tell Us? *J Neurosci Rural Pract.* 2017 Apr-Jun;8(2):194-198.
37. Morgan GE, Mikhail MS, Murray JM.: Respiratory physiology. The effects of anesthesia. Morgan GE, Mikhail MS, Murray JM (Eds.). *Clinical Anesthesiology.* Mc Graw-Hill, USA, 2006, pp. 537-570.
38. Murray GC, Persellin RH. Cervical fracture complicating ankylosing spondylitis: a report of eight cases and review of the literature. *Am J Med.* 1981 May;70(5):1033-41.
39. Neal JM, Barrington MJ, Brull R, et al. The second ASRA practice advisory on neurologic complications associated with regional anesthesia and pain medicine: Executive summary, 2015. *Reg Anesth Pain Med.* 2015;40: 401-430.



40. Nguyen V, Tiemann D, Park E, et al: Alpha-2 Agonists. *Anesthesiol Clin*. 2017 Jun;35(2):233-245.
41. Nicassio N, Bobicchio P, Umari M, et al: Lumbar microdiscectomy under epidural anaesthesia with the patient in the sitting position: a prospective study. *J Clin Neurosci*. 2010 Dec;17(12):1537-40.
42. Oksar M. Sedation for Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy. *Scientific World Journal*. 2016; 2016:8767410.
43. Ornstein E, Berko R. Anesthesia techniques in complex spine surgery. *Neurosurg Clin N Am*. 2006 Jul;17(3):191-203, v.
44. Pandey CK, Navkar DV, Giri PJ, et al: Evaluation of the optimal preemptive dose of gabapentin for postoperative pain relief after lumbar discectomy: A randomized, double-blind, placebo controlled study. *J Neurosurg Anesthesiol* 17(2):65-8, 2005.
45. Papadopoulos EC, Girardi FP, Sama A, et al: Lumbar microdiscectomy under epidural anesthesia: a comparison study. *Spine J*. 2006 Sep-Oct;6(5):561-4.
46. Patel PD, Canseco JA, Houlihan N, et al: Overview of Minimally Invasive Spine Surgery. *World Neurosurg*. 2020 Oct;142:43-56.
47. Quintero GC. Review about gabapentin misuse, interactions, contraindications and side effects. *J Exp Pharmacol*. 2017 Feb 9;9:13-21.
48. Rivat C, Bollag L, Richebé P. Mechanisms of regional anaesthesia protection against hyperalgesia and pain chronicization. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2013 Oct;26(5):621-5.
49. Rubino F, Deutsch H, Pamoukian V, et al: Minimally invasive spine surgery: an animal model for endoscopic approach to the anterior cervical and upper thoracic spine. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2000 Dec;10(6):309-13.
50. Sairyo K, Egawa H, Matsuura T, et al: State of the art: Transforaminal approach for percutaneous endoscopic lumbar discectomy under local anesthesia. *J Med Invest*. 2014;61(3-4):217-25.
51. Schwenk ES, Mariano ER. Designing the ideal perioperative pain management plan starts with multimodal analgesia. *Korean J Anesthesiol*. 2018 Oct;71(5):345-352.
52. Shiga T, Wajima Z, Inoue T, et al: Predicting difficult intubation in apparently normal patients: a meta-analysis of bedside screening test performance. *Anesthesiology*. 2005 Aug;103(2):429-37.
53. Skovrlj B, Qureshi SA. Minimally invasive cervical spine surgery. *J Neurosurg Sci*. 2017 Jun;61(3):325-334.
54. Swann MC, Hoes KS, Aoun SG, et al: Postoperative complications of spine surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2016 Mar;30(1):103-20.
55. Taniguchi M, Nadstawek J, Pechstein U, et al: Total intravenous anesthesia for improvement of intraoperative monitoring of somatosensory evoked potentials during aneurysm surgery. *Neurosurgery*. 1992 Nov;31(5):891-7; discussion 897.
56. Taylor E, Ghouri AF, White PF. Midazolam in combination with propofol for sedation during local anesthesia. *J Clin Anesth*. 1992 May-Jun;4(3):213-6.
57. Vadivelu N, Mitra S, Schermer E, et al: Preventive analgesia for postoperative pain control: a broader concept. *Local Reg Anesth*. 2014 May 29;7:17-22.
58. Verret M, Lauzier F, Zarychanski R, et al: Perioperative Use of Gabapentinoids for the Management of Postoperative Acute Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Anesthesiology*. 2020 Aug;133(2):265-279.
59. Visser WA, Lee RA, Gielen MJM. Factors affecting the distribution of neural blockade by local anesthetics in epidural anesthesia and a comparison of lumbar versus thoracic epidural anesthesia. *Anesth Analg*. 2008;107:708-721.
60. Wang SJ, Chen BH, Wang P, et al: The effect of percutaneous endoscopic lumbar discectomy under different anesthesia on pain and immunity of patients with prolapse of lumbar intervertebral disc. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2017 Jun;21(12):2793-2799.
61. Yeung A, Gore S. Endoscopic foraminal decompression for failed back surgery syndrome under local anesthesia. *Int J Spine Surg*. 2014 Dec 1;8:22.
62. Yeung A, Lewandrowski KU. Five-year clinical outcomes with endoscopic transforaminal foraminoplasty for symptomatic degenerative conditions of the lumbar spine: a comparative study of inside-out versus outside-in techniques. *J Spine Surg*. 2020 Jan;6(Suppl 1):S66-S83.
63. Yin J, Jiang Y, Nong L. Transforaminal approach versus interlaminar approach: A meta-analysis of operative complication of percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Jun 19;99(25):e20709.

- 13 Lomber Dejeneratif Hastalıklarda Faset Eklem Blokları
- 14 Lomber Dejeneratif Hastalıklarda Kaudal Blokaj
- 15 Lomber Transforaminal Epidural Enjeksiyon
- 16 Sakroiliak Eklem Enjeksiyonları: Tanım/Hasta Seçimi/Uygulama Tekniği
- 17 Diskojenik Ağrı Yönetiminde İntradiskal Girişimler
- 18 Lomber Dejeneratif Hastalıklarda Epidurosکopi
- 19 Omurga Kökenli Ağrıda Epidurolizis
- 20 Omurga Kökenli Ağrıda Radyofrekans ve Diğer Ablatif Uygulamalar
- 21 Dejeneratif Hastalıklarda Ozon, PRP Gibi Perkütan Uygulanabilen İlaçların Kullanımı ve Geleceği
- 22 Ultrasonografi Rehberliğinde Spinal Algolojik Girişimler
- 23 Servikal Bölgeye Algolojik Girişimler
- 24 Lomber Disk Hernilerinde Mikrodiskektomi ve Endoskopik Diskektomi Tekniklerinin Karşılaştırılması
- 25 Endoskopik Omurga Cerrahisi: Avantajlar/Dezavantajlar
- 26 İnterlaminer Yaklaşımla Tam Endoskopik Lomber Diskektomi
- 27 Transforaminal Yaklaşımla Tam Endoskopik Lomber Diskektomi
- 28 Ekstraforaminal Yaklaşımla Tam Endoskopik Lomber Diskektomi
- 29 Endoskop Yardımlı Mikroendoskopik Lomber Diskektomi
- 30 Endoskop Yardımlı Unilateral Biportal Endoskopik Lomber Diskektomi
- 31 Tam Endoskopik Lomber Transforaminal Yaklaşımla Foraminotomi ve Lateral Reses Dekompresyonu
- 32 Endoskopik İnterlaminer Lateral Reses Dekompresyonu ve Foraminotomi
- 33 Tam Endoskopik Lomber Unilateral Laminotomi ve Bilateral Dekompresyon
- 34 Endoskopik Transforaminal Torakal Disk Cerrahisi
- 35 Torakal Tam Endoskopik İnter/Translaminar Yaklaşımla Unilateral Laminotomi ve Bilateral Dekompresyon
- 36 Anterior Tam Endoskopik Servikal Diskektomi

- 37 Endoskopik Posterior Servikal Diskektomi ve Laminoforaminotomi
- 38 Torakal Transforaminal Mikrodiskektomi (TFMD)
- 39 Endoskopik Omurga Cerrahisinde Komplikasyonlar ve Yönetimi
- 40 Lomber Spinal Stenozda Unilateral Yaklaşımla Bilateral Dekompresyon
- 41 Lomber Omurga Cerrahisinde Komplikasyonlar ve Yönetim
- 42 Servikal Disk Hernisi Olgularında Anterior Minimal İnvaziv Cerrahi Teknikler
- 43 Servikal Disk Hernisi Olgularında Posterior Minimal İnvaziv Yaklaşımlar
- 44 Servikal Disk Hernilerinde Anterior Perkütan Uygulamalar
- 45 Servikal Omurgada Perkütan Stabilizasyon Teknikleri
- 46 Servikal Spondilolitik Myelopatiye Posterior Girişimler ve İlgili Şehir Efsaneleri
- 47 Torakoskopi İle Diskektomi ve Enstrümantasyon
- 48 Minimal İnvaziv Spinal Cerrahide Ne Zaman Stabilizasyon?
- 49 Erişkin Minimal İnvaziv Spinal Deformite Cerrahisinde Algoritma: Dünyü, Bugünü, Geleceği
- 50 Skolyoz ve Dinamik Enstrümantasyon
- 51 Torakolomber Omurgada Perkütan Stabilizasyon
- 52 Perkütan Minimal İnvaziv Stabilizasyon Teknikleri
- 53 Minimal İnvaziv Spinal Cerrahide Dinamik Stabilizasyon Sistemleri
- 54 Minimal İnvaziv İnterbody Füzyon Teknikleri
- 55 Konjenital Skolyozda Güncel Yaklaşımlar
- 56 Minimal İnvaziv Spinal Deformite Cerrahisinde Sonuçlar ve Komplikasyonlar
- 57 Minimal İnvaziv Spinal Cerrahide Kullanılan Enstrümanlar ve Yönetimi

## 13

LOMBER DEJENERATİF HASTALIKLARDA  
FASET EKLEM BLOKLARI

Suat Canbay, Orkhan Mammadkhanli, Halil Doğruel

## GİRİŞ

Dejeneratif disk hastalığı, yaşlanan popülasyonda kronik bel ağrısının başlıca nedenidir. En az bir yıl ve hatta ilk ataktan sonra daha uzun süren kronik kalıcı spinal ağrı, hastaların %25 ila %60'ında rapor edilmiştir (3).

Literatüre dayalı olarak, kontrollü tanı blokları kullanılarak, intervertebral diskler, faset eklemler, sinir kökü, dura ve sakroiliak eklemler, spinal ağrı ve ekstremitte ağrısının potansiyel kaynakları olarak gösterilmiştir (1).

Spinal ağrının yönetiminde hem tanısal hem de terapötik çoklu modaliteler ortaya çıkmıştır. Tedavilerin katlanarak büyümesine rağmen, özellikle faset eklem ağrısına yönelik çoklu müdahalelerin endikasyonları ve tıbbi gerekliliği tartışılmaktadır. Literatürde, kontrollü tanı blokları kullanıldığında, belde faset eklem ağrısı prevalansının %27 ila %41 olduğunu, yalancı pozitiflik oranı %25 ila %44 olduğu gösterilmiştir (1).

Schwarzer ve ark. (7,8) ayrı çalışmalarda hastaların %15 ila %40'unda faset eklem ağrısı, hastaların %39'unda iç disk bozulması ve %30'unda sakroiliak eklem ağrısı olduğunu göstermiştir.

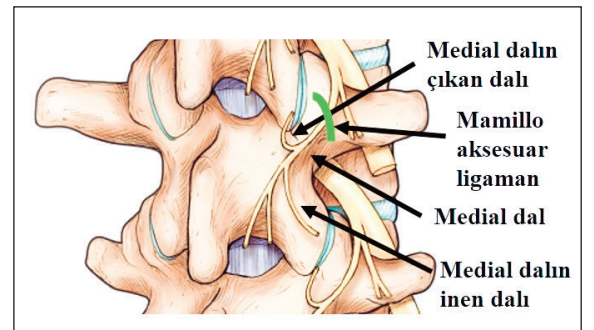
Faset eklem bir zygapofisial eklemdir, komşu vertebra- ların süperior ve inferior artiküler süreçlerinden oluşur. İnce kartilaginöz yüzey ve sinovial sıvı içeren kapsülden ibarettir. Faset eklem artrit, vertebral kolonun ön yüzündeki yapıları etkileyen dejeneratif disk hastalığının belirgin fakat işlevsel olarak ilişkili durumuyla yakından bağlantılıdır. C1/C2 dışındaki her spinal seviyede, "3 eklemli kompleks" veya hareket segmenti adlandırılan, bitişik omurlar arasındaki 3 artikülasyondan oluşur: bir disk ve 2 faset eklemi. Her hareket segmentindeki 3 eklem birbirine oldukça bağımlı olduğundan, bir segmentteki herhangi bir değişiklik diğerlerini etkileyebilir ve bunun tersi de geçerlidir. Bu nedenle, diski etkileyen durumlar sonunda faset eklemleri üzerinde bir etkiye sahip

olma eğilimindedir. Posterior elemanların travması veya instabilitesi de diski etkileyebilir. Birçok çalışmada, patolojinin diskte başladığı ve bireylerin çoğunda faset eklemlerindeki değişikliklerin izlediğini gösterilmiştir (2,4).

Subkondral kemik, eklem kapsülü dahil olmak üzere faset eklemlerinin iyi innerve edildiği gösterilmiştir. Faset eklem kapsülü yüksek oranda medial dal ile innervedir (Şekil 1). Medial dal özellikle önemlidir çünkü omurganın orta hattından faset eklem hattına duyuşal girdiden (input) sorumludur (9). Hem kendi seviyesi hem de bir üst seviyedeki medial daldan innerve olur. Medial dal spinal sinirin dorsal ramusunun bir dalıdır. L5 dorsal ramus, sakral kanatın (S1 alar) üstünde bulunur. Dorsal ramus ara dalları yoktur. Faset eklem aksiyel yüklenme ve ekstansiyon zamanı yük taşır. Aksiyel yüklenmede yükün %10-20'sini, ekstansiyonda ise %30'unu taşır. Lomber omurgalarda faset eklem sagittal oryantasyonda olup rotasyonel hareketleri kısıtlar.

Faset dejenerasyonunun nedenlerini bilmek bizim faset dejenerasyonunu tanınamamızı kolaylaştırır. Kadavra çalışmaları 60 yaş üzerindeki kadavraların %100'ünde faset eklem artropatisi olduğunu göstermiştir. Omurga yaşlandıkça ılımlı veya modere faset dejenerasyonu olur. Faset dejenerasyonunun doğal sürecinde 3 evre görülebilir.

1. kırıldak dejenerasyonu,



Şekil 1. Faset eklem innervasyonu. Medial dal ve mamillo aksesuar ligamanının şematik illüstrasyonu.

2. instabilite,
3. hipertrofi, osteofit ve stabilizasyon oluşur.

Disk dejenerasyonuna bağlı yükseklik kaybı biyomekanik değişikliklere yol açtığından faset dejenerasyonunu hızlandırır. Disk dejenerasyonu olmadan faset dejenerasyonunun olması oldukça nadirdir.

## KLİNİK

Faset kökenli ağrıyı nasıl anlayacağız? Kronik bel ağrısı olan bireylerde faset eklem ağrısını güvenilir bir şekilde teşhis edebilecek veya faset eklem bloklarına yanıtı öngörebilecek kesin bir fizik muayene veya tarihsel bulgular yoktur. Bununla birlikte, aşağıdaki belirtilerin olması genellikle faset eklem kaynaklı olduğunu düşündürür:

- Bel ağrısı vardır.
- Ağrı kalçasına ve kasığına yayılabilir. Genellikle diz altına inmez.
- Sabah kalktığında ağrısı olur.
- Ayakta kalmakla artar. Aksiyel ağrıdır.
- Yatınca ve fleksiyonda ağrı azalır.
- Ekstansiyonda, rotasyonda ve palpasyon ile ağrısı artar (palpasyon ile faset eklem üzerinde hassasiyet olur)

Radyolojik olarak hipertrofik değişiklikler direkt grafide (oblik grafide), bilgisayarlı tomografi (BT) (Şekil 2) ve manyetik rezonans (MR) da görülür (Şekil 3). Lateral resessin daralmasına ve foraminal stenozaya neden olurlar. Faset eklem dejeneratif artritinde paraartiküler, pediküler ve yumuşak doku ödemi olabilir. En iyi STIR sekans MR de görülür. Eklem efüzyonunun kalınlığı 1.5 mm den fazladır ve en iyi STIR sekans MR de görülür. Faset dejenerasyonlarının %10'nundan fazlasında synovial kist görülür. Ekstraspinale kist görülmesi intraspinaline göre 3 kat fazladır.

En az 3 ay süren aksiyel ağrı, faset eklemlerde hassasiyet, hareket açıklığında azalma, istirahatte ağrı azalması ve radiküler patern olmaması, faset eklem sinir blokları için hasta seçiminde kanıt düzeyi II'dir (6).

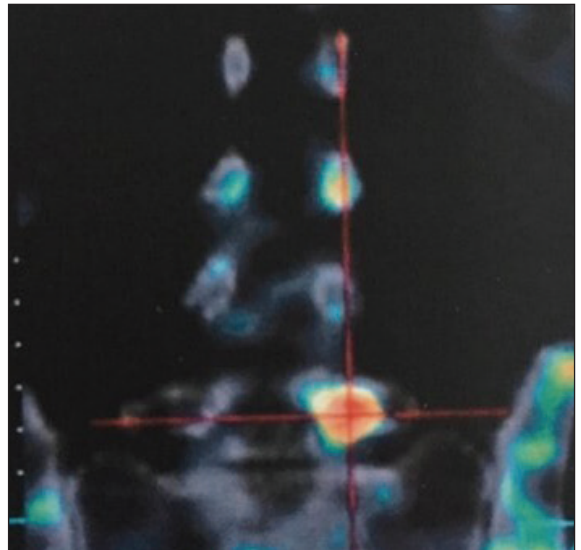
SPECT aktif faset artritini lokalize eder (Şekil 4). Yapılan bir çalışmada SPECT pozitif olan hastaların % 67.8'inin faset blokajından fayda gördüğü ortaya konulmuştur. Tanısal faset eklem sinir bloklarından önce ağırlı lomber faset eklemlerini tanımlamak için SPECT kullanımını destekleyen kanıt düzeyi III'tür.



Şekil 2. Bilgisayarlı tomografide (BT) hipertrofik değişiklikler ve hava görülmesi faset eklem dejenerasyonunu destekler.



Şekil 3. Manyetik rezonans (MR) görüntülemesinde hipertrofik değişiklikler, eklem arasında sıvı görülebilir.



Şekil 4. SPECT tetkikinde ağrının kaynağı olan faset eklemlerde tutulum görülür.



## FASET EKLEM BLOKAJI

Faset eklem blokajı için ya inraartiküler ya da medial dal bloğu uygulanır. Sinir bloğu da lokal anestezi maddelerle ya da radyofrekans ablasyon şeklinde yapılır. İntraartiküler işlemler zamanla faset eklem dejenerasyonunu artırması nedeniyle çok tercih edilmemektedir. Faset eklem ağrısını teşhis etmek için spinal faset eklemlerinin kontrollü lokal anestezi blokajı veya medial dal blokajı kullanılır. Faset eklem sinir blokajının tanısal doğruluğu uzun süreli takiplerle gösterilmiştir (1,5).

Faset blokajı lokal anestezi ile floroskopi eşliğinde yapılır. Hasta prone pozisyonda lokal anestezi ve sedasyon yapılır. Oblik grafide 'iskoç köpeği' görüntüsü elde etmek için anteroposterior (AP) 15 derece skopi altında işlem yapılır. Medial dal bloğu zamanı transvers proses ile süperior artiküler prosesin birleşim yerine (oblik grafide "iskoç köpeğin gözü") enjeksiyon yapılır. Faset eklem bir üst medial daldanda innerve olduğu için bir üst medial dal bloku da yapılır (Şekil 5). Ağrının % 80 azalması durumunda faset bloğunun pozitif olduğu söylenebilir.

Mamillo-aksesuar ligamanın altından dorsal ramusun medial dalı geçer (Şekil 1) bu nedenle radyofrekans işlemi zamanı bu ligamanın anatomisini bilmek önemlidir. Oblik grafide hedef noktası transvers process ile superior articular process birleştiği bölgedir. Altta kalırsa mamillo-aksesuar ligamana denk geleceğinden işlem etkisi düşük olacaktır. İğneyi lateralden mediale, aşağıdan yukarı doğru, posteriordan anteriora yönlendirmek lazım ki, medial dalın trasesine paralel uzansın ve iğne yan tarafıyla sinire değsin (iğne dik gönderilmez). Radyofrekans zamanı iğnenin ucunda ısı etkisi bulunmaz, iğnenin yan tarafları ile ısı etkisi olur, bu yüzden sinire iğnenin ucu denk gelirse ısı etkisi olmaz.

### Tanısal Blokaj Etkinliğine Etki Eden Faktörler

- İntraoperatif opioidler için kanıt düzeyi II, faset eklem sinir blokajının tanısal geçerliliğini etkileyebilir ve opioidlerden kaçınmaya yönelik orta düzeyde tavsiye vardır.
- Benzodiazepinlerin tanısal faset eklem sinir blokajının geçerliliğini etkilemediğini gösteren kanıt düzeyi II'dir ve kullanılabilirleri konusunda orta düzeyde öneri vardır.
- Faset eklem müdahalelerinin performansı sırasında orta düzeyde sedasyonun gerekli olabileceğine ve kullanılabilirliğine dair kanıt düzeyi II'dir ve terapötik müdahaleler sırasında sedasyon ve analjezi sağlamak için orta düzeyde öneri vardır.



Şekil 5. Oblik grafide 'iskoç köpeği' görüldükten sonra, iskoç köpeğin 'göz'üne enjeksiyon yapılır.

- Kanıt düzeyi, faset eklem müdahaleleri için monitörize anestezi bakımı için I'dir ve çok nadir durumlar dışında, tanısal veya terapötik müdahaleler için monitörize anestezi bakımının kullanılmasına karşı güçlü bir öneri vardır.
- Çoklu bölge tutulumu olan hastalarda faset eklem ağrısı prevalansının ve yanlış pozitif sonuçların daha yüksek olabileceğine dair kanıt düzeyi III, faset eklem ağrısı prevalansı ameliyat sonrası sendromda daha düşük olabilir, daha yaşlı popülasyonda daha yüksek prevalansı olabileceğinden, uygun tanı ve tedaviyi sağlarken bu faktörlerin dikkate alınması için orta derecede öneri vardır.
- Sonuçları etkileyen psikolojik faktörlerin etkisine ilişkin kanıt düzeyi III'tür ve kombine depresyon, anksiyete ve somatizasyon bozukluğu olan hastalarda dikkatli olunması için orta derecede öneri vardır.
- Üç aylık başlangıçtan sonra kronik fazda, rehber önerilerine göre yapılan tıbbi tedavi, yapılandırılmış egzersiz programı ve fizik tedavi ile konservatif tedavi yöntemlerinin başarısızlığı sonucu tanısal faset eklem sinir blokajın uygulanabileceğine dair kanıt düzeyi II'dir.

Manchikanti ve ark. (5), sistematik bir derlemede, kronik omurga ağrısının yönetiminde terapötik faset eklem müdahalelerinin etkinliğinin en iyi kanıt sentezinde değerlendirdi. Bu derleme, 21 randomize ve 5 gözlemsel çalışmayı içeriyordu. Bu çalışmalara 3 tip müdahale (intraartiküler, faset eklem sinir blokajı ve faset eklem radyofrekans nörotomisi) dahil edildi.

Kanıt düzeyi, Düzey I'den Düzey V'e kadar olan düzeylerde sınıflandırıldı. Radyofrekans nörotomi ve lomber faset eklem sinir blokları için kanıt düzeyi II ve lomber omurgada lumbosakral intraartiküler enjeksiyonlar için kanıt düzeyi III olduğunu gösterdiler. Terapötik lomber faset eklem sinir blokları için kanıt, %80 ağrı kesici kriter standardı ile kontrollü karşılaştırılmalı lokal anestezi blokları ile pozitif hastaların uygun seçiminden sonra yapıldığında, orta derecede öneri gücü ile kısa vadeli ve uzun vadeli iyileşme için Düzey II'dir (6).

### Müdahaleleri Uygulama Sıklığı

1. Tanı amaçlı, bir hasta, dikkatli bir yanıt değerlendirilmesiyle, 3 haftadan erken olmamak şartı ile 2 kez tanısal müdahale yapılabilir.
2. Terapötik fazda (tanıdan sonra), 2.5-3 ay boyunca  $\geq$  %50 rahatlama sağlanması şartıyla sinir blokajları arasında önerilen sıklık 3 ay veya daha uzun süredir.
3. Faset eklem sinir ablasyonu için önerilen sıklık, 5-6 ay boyunca %50 veya daha fazla rahatlama sağlanması koşuluyla, yılda en fazla 2 kez yapmak üzere her işlem arasında en az 6 ay olmalıdır.
4. Girişimsel işlemler farklı bölgeler için uygulanıyorsa (tek bir ortamda yapılmasına izin verilmediği veya kontrendike olduğu durumlarda), bir haftadan kısa olmayan veya tercihen 2 hafta aralıklarıyla yapılabilir.
5. Medial dal nörotomisinin terapötik sıklığı, birden fazla bölgenin dahil olduğu her bölge için en az 6 aylık aralıklarla uygulanır. Gereken tedbirler (güvenlilik) sağlanması koşuluyla, tüm bölgelerin aynı anda tedavi edilmesi önerilir.
6. Tedavi sürecinde, gerekli görüldüğünde girişimsel işlemlerin tekrarlanması, lokal anestezi ve steroid blokları için 1 yıl içinde bölge başına en fazla 4 kez ile sınırlandırılması önerilmektedir.
7. Tekrarlayan yaralanma gibi olağandışı durumlarda, tedavi aşamasında stabilizasyondan sonra prosedürler yılda en fazla 6 kez tekrarlanabilir.
8. Tanısal faset eklem sinir bloklarının aralıklı travma ve terapötik faset eklem müdahaleleri ile başarılı tedaviden sonra ağrı paternindeki değişiklik olması durumunda tekrarlanması gerekir (6).

### İşlemin Komplikasyon ve Yan Etkileri

Güvenlik ve olumsuz sonuçları, komplikasyonları, zararları ve uygun önlemleri ele alan literatür bilgileri azdır. Faset eklem girişimleri arasında eklem içi

enjeksiyonlar, faset eklem sinir blokları ve faset eklem ablasyonu bulunur. Komplikasyonlar nadir olmakla birlikte, en yaygın ve endişe verici komplikasyonlar iğne yerleştirme ve ilaç uygulaması ile ilgilidir. Bu komplikasyonlar intravasküler girişli veya girmeden kanama, enfeksiyon, dural ponksiyon ve spinal anestezi, nöral travma, omurilik travması, radyasyona maruz kalma, hematoma oluşumu, radyofrekans ablasyon sonrası nöropatik ağrı tipi, steroid yan etkileri ve sedasyon ile ilgili sorunları içerir.

Radyofrekans termonörolizin rapor edilen komplikasyonları arasında mevcut ağrının kötüleşmesi, paravertebral deride veya denerve fasetlerde azalmış duyu ve allodini, yanma veya dizestezi, geçici ağrı ve spinal sinir veya ventral ramusta motor kusurlar, duyu kaybı, ve olası deafferentasyon ağrısı vardır. Bir omurilik lezyonu alt ekstremitelerde güçsüzlüğe (paraplejiye), propriyosepsiyon ve duyu fonksiyon kaybına yol açabilir. Ayrıca bu hastalarda omurilik enfarktüsü, bağırsak ve mesane disfonksiyonu, Brown-Sequard Sendromu da görülebilir.

Covid-19 pandemisi nedeniyle günümüz cerrahi prosedürlerinde steril atmosfer ve enfeksiyon geçişi göre daha fazla önem arz etmektedir. Doktorların, steril hazırlık ve steril prosedür kullanarak enfeksiyon kontrolü ile CDC (Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri) yönergelerini izlemesi çok önemlidir.

Faset eklem blokajlarında kullanılan ilaçların (lokal anestetik ve steroid) yan etkileri önemlidir. Özellikle durumlar dışında steroid kullanımı nadirdir. Steroidlerin etkinliğinin çok az olduğu gösterilmiştir. Steroidler sadece eklem içi enjeksiyonlarda endikedir; ancak intraartiküler enjeksiyonlar anlamlı kanıt düzeyi göstermemiştir. Sonuç olarak, steroidlerin bilinen yan etkileri, kilo artışı, yağın yeniden dağılımı, immüno-supresyon, hormonal dengesizlik ve adrenal baskılanma ile ilgili olan durumlar izlenmelidir.

### KAYNAKLAR

1. Boswell MV, Manchikanti L, Kaye AD, et al: A best-evidence systematic appraisal of the diagnostic accuracy and utility of facet (zygapophysial) joint injections in chronic spinal pain. *Pain Physician* 2015; 18:E497-E533.
2. Farshad-Amacker NA, Hughes A, Herzog RJ, et al: The intervertebral disc, the endplates and the vertebral bone marrow as a unit in the process of degeneration. *Eur Radiol* 2017; 27:2507-2520.
3. Hoy DG, Bain C, Williams G, et al: A systematic review of the global prevalence of low back pain. *Arthritis Rheum* 2012; 64:2028-2037

4. Lv B, Yuan J, Ding H, et al: Relationship between endplate defects, modic change, disc degeneration, and facet joint degeneration in patients with low back pain. *Biomed Res Int* 2019; 2019:9369853.
5. Manchikanti L, Kaye AD, Boswell MV, et al: A systematic review and best evidence synthesis of the effectiveness of therapeutic facet joint interventions in managing chronic spinal pain. *Pain Physician* 2015; 18:E535-E582.
6. Manchikanti L, Alan DK, Almon S: Comprehensive evidence-based guidelines for facet joint interventions in the management of chronic spinal pain: American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP) guidelines. *Pain Physician*. 2020 May 1;23(5).
7. Schwarzer AC, Aprill CN, Bogduk M: The sacroiliac joint in chronic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995; 20:31-37.
8. Schwarzer AC, Wang S, Bogduk N, et al: Prevalence and clinical features of lumbar zygapophysial joint pain: A study in an Australian population with chronic low back pain. *Ann Rheum Dis* 1995; 54:100-106.
9. Zhou L, Schneck CD, Shao Z. The anatomy of dorsal ramus nerves and its implications in lower back pain. *Neurosci Med* 2012; 3:192-201



# 14 LOMBER DEJENERATİF HASTALIKLARDA KAUDAL BLOKAJ

Özgür Akşan, Nail Özdemir

Kaudal blokaj, bir iğne aracılığı ile hiatus sakralisten girilerek epidural aralığa ilaç verilmesi işlemidir. Bu işlem cerrahi anesteziden çok kronik ağrı hastaları ve pediatrik hastalarda popüler yaklaşımdır. Kaudal yaklaşım ilk olarak 1901 yılında Fransız Anthanase Sicard ve Fernand Cathelin tarafından bağımsız olarak tanımlanmıştır (8). Kaudal blokaj yapmak için üç farklı giriş tekniği bulunmaktadır.

- 1- Körleme teknik : Bu teknik çocuklarda %96 başarılı giriş sağlar ancak erişkinlerde deneyimli ellerde bile ancak %68-75 arası başarı sağlamaktadır.
- 2- Floroskopi eşliğinde
- 3- Ultrasonografi eşliğinde (2).

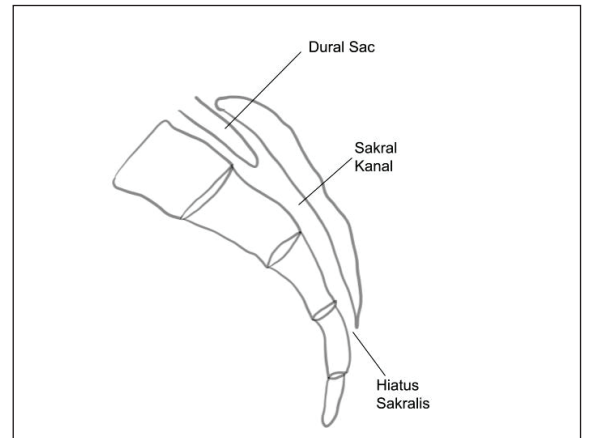
Sakral hiatus lateral olarak iki sakral cornua ile sınırlanmıştır ve arada bir gamze olarak palpe edilebilir, Arkada sakral hiatus deri, subkutan yağ ve sakrokoksigeal ligament ile kaplıdır. Kaudal epidural blok sırasında sakral kanala erişmek için sakral hiatusa bir iğne sokmak esastır. Bununla birlikte, sakral hiatusun bazı anatomik özellikleri ve varyasyonları, kaudal epidural boşluğa iğne sokmayı zorlaştırabilir veya imkânsız hâle getirebilir veya bu prosedürü çift ponksiyon gibi komplikasyonlara yatkın hâle getirebilir (Şekil 1) (2).

Bacak ağrısı ile birlikte olan veya olmayan bel ağrısı, önemli ekonomik, sosyal ve sağlık sorunu yaratan kronik ağrı bozuklukları arasındadır. Epidural enjeksiyonlar, tüm dünyada kronik bel ağrısının tedavisi için kullanılan müdahalelerden biridir (5). Kronik spinal ağrının tedavisinde kullanılan çoklu müdahaleler arasında lomber epidural enjeksiyonlar, lomber radiküler ağrıyı tedavi etmek için yaygın olarak kullanılmıştır (3). Lokal anestezikler ve steroidler ile epidural enjeksiyonlar, kronik bel ağrısı ve çeşitli nedenlere bağlı alt ekstremité ağrılarının tedavisinde en sık kullanılan müdahalelerden biridir (Resim 1) (6).

Floroskopi rehberliğinde lomber epidural steroid enjeksiyonları, bel ve alt ekstremité radiküler ağrılarının tedavisinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır (7). Tıp bilimindeki ilerlemeler ve endüstriyel geliş-

meler kronik ağrı prosedürlerini geliştirmiştir. Hasta popülasyonu artmakta, kullanım endikasyonları artmakta, uygulayıcı sayısı artmakta, uygulama sıklığı artmakta ve uygulamada yeni seçenekler artmaktadır. Kaudal blokaj uygulaması için temel iki kural bulunmaktadır. Birincisi eğitim almış ve deneyimli hekimlerce uygulanması, ikincisi ise ameliyathane koşullarında uygulanması ve hastanın ameliyat olacakmış gibi hazırlanmasıdır. Kronik ağrılarda tedavi seçenekleri hepimizin bildiği gibi konservatif tedaviden başlayıp (kısa süreli yatak istirahati, analjezikler, fizik tedavi), epidural steroid uygulamaları, diğer girişimsel tedaviler ve cerrahi olarak basamaklanır. Bilindiği gibi epidural steroid enjeksiyonu sırt ve bacak ağrısı semptomları için reçete edilen en yaygın cerrahi olmayan müdahalelerden biridir. Aynı zamanda steroidler iyileşme hızında artışa, fonksiyonların daha fazla oranda geri kazanılmasına, kullanılan ilaç miktarında azalmaya, aktivitede artışa neden olabilir (4).

Kaudal blokajdaki verilen steroiddeki tedavinin amacı epidural aralığa verilen steroid ile anulus fibrozusun yırtılması sonucunda ortaya çıkan enflamatuvar medyatörler nedeni ile radikler çevresinde gelişen enflamasyonu ve ödemi gidermek, bu yolla radiküler ağrıyı rahatlatmaktır.

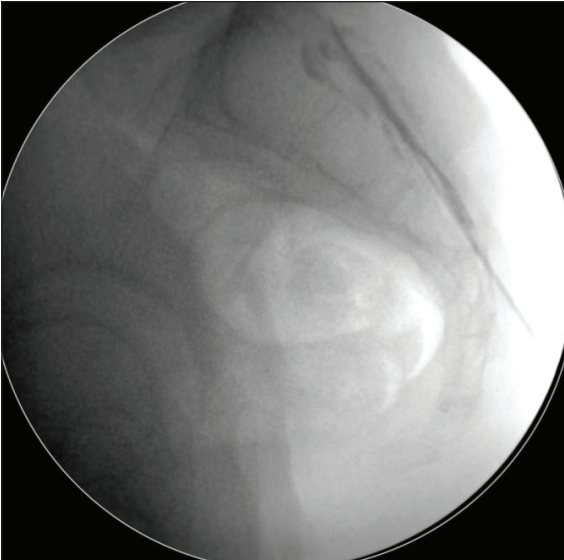


Şekil 1. Hiatus sakralis ve kaudal blokaj anatomisi.



Epidural steroid uygulamalarında kaudal, interlaminar ve transforaminal uygulanabilir. Kaudal blokajda uygulama kolaydır, dura ponksiyon riski azdır. Fazla volüm gerektirir, floroskopi kullanılmadığında başarısızlık yüksektir (Şekil 2). İnterlaminal kullanımda ise; üst lombere ulaşmak kaudalden daha kolaydır. Damar sinir hasarı riski daha az, opere hastalarda kullanılması önerilmez. Transforaminal uygulamalarda ise anterior yayılım oranı fazla, daha düşük volüm gerektirir, floroskopisiz uygulanmaz ve damar sinir hasarı riski daha fazladır.

Kaudal blokaj endikasyonlarına bakacak olursak; akut veya kronik disk hernisi, radiküler ağrı oluşturan spinal stenoz postlaminektomi sendromu, radiküler ağrı oluşturan kompresyon kırığı, radiküler ağrı oluşturan faset veya sinir kökü kaynaklı kist ve lomber spondiloz sayılabilir. Bu işlemin temel uygulama amacı geçici rahatlama sağlayıp diğer tedavi yöntemlerine ve egzersiz uygulamalarına hasta uyumunun sağlanmasıdır. Uygulamaya yetersiz yanıt cerrahi endikasyon nedeni olabilir. En etkili yanıt disk hernileri sonucu oluşan sinir kökü basısı ve irritasyonu önlemedir. Postlaminektomili hastalarda; genellikle eşlik eden araknoidit ve adezyon gibi nedenlere bağlı nöropatik ağrıya yanıt daha az iken spinal stenoz, skolyoz, spondilolisteziste kullanımı tartışmalıdır. Kaudal blokaj kontraendikasyonlarına bakacak olursak intraspinal tümör, nörolojik defisit, uygulama bölgesinde lokal enfeksiyon veya sistemik enfeksiyon olması, koagülasyon bozukluğu veya anti-koagülan kullanımı, alerjik reaksiyon (kontrast, lokal anestezi, steroid), hastanın istememesi ve gebelerde floroskopi kullanımıdır.



Şekil 2. Hiatus sakralisten giriş ve kontrast uygulanması.

Epidural steroidler siyatığın konservatif tedavisinde yaygın olarak kullanılsa da, optimal yaklaşım, steroid tipi ve dozu, enjekte edilen maddenin hacmi ve uygulama sıklığı ile ilgili tartışmalar mevcuttur (1). Ayrıca steroid kullanımına bağlı yan etkiler kontrolsüz diyabet ve konjestif kalp yetmezliği olabilir. Kaudal epidural steroid enjeksiyonlarında verilen sıvı miktarı ortalama 20 cc'dir ve kullanılan preparatlar ise: Betametazon sodyum fosfat, Betametazon asetat (Celestone Soluspan®), Deksmetazon (Dekort®), Metilprednizolon asetat (Depo-medrol®) ve Triamsinolon asetat (Sinakort®)'dir. Metilprednizolon 80 mg., triamsinolon ise 50-75 mg'lık dozlarda önerilmektedir. Bazı araştırmacılar düşük sodyum toksisitesi, güçlü antiinflamatuvar etkisi, uzun süreli süspansiyon fazı nedeni ile triamsinolonu, bazıları ise, daha az iritan ve daha uzun etkili olması nedeniyle metilprednizolonu tercih etmektedirler. Metilprednizolonun, steroidlerin santral sinir sistemdeki olası eksitabilite yanıtına bağlı, konvülsiyona yol açtığı savunulmuştur. Kaudal blokaj komplikasyonlarına bakacak olursak; intravasküler enjeksiyon, sinir yaralanması, epidural hematoma, intratekal enjeksiyon, enfeksiyon, rektum ponksiyonu, portal ven hava embolizmidir.

Sonuç olarak kaudal blokaj, lomber disk hernisi hastalarında güvenle kullanılacak etkin bir girişimsel ağrı tedavisi yöntemidir. Yöntem, cerrahi öncesinde ve sonrasında ağrı ile mücadele etme açısından hekimlerin tedavi algoritmalarında yer almalı ve hastalar bu tedavi seçeneği yönünden mutlaka bilgilendirilmelidir. Ayrıca hekimler hem kendisinin hem de yöntemin sınırlarını iyi tespit etmelidirler.

## KAYNAKLAR

1. Datta R, Upadhyay KK: A Randomized Clinical Trial of Three Different Steroid Agents for Treatment of Low Backache through the Caudal Route. Med J Armed Forces India. 2011 Jan;67(1):25-33.
2. Kao SC, Lin CS: Caudal Epidural Block: An Updated Review of Anatomy and Techniques. Biomed Res Int. 2017;2017:9217145.
3. Manchikanti L, Buenaventura RM, Manchikanti KN, et al: Effectiveness of therapeutic lumbar transforaminal epidural steroid injections in managing lumbar spinal pain. Pain Physician. 2012 May-Jun;15(3):E199-245.
4. McLain RF, Kapural L, Mekhail NA. Epidural steroid therapy for back and leg pain: mechanisms of action and efficacy. Spine J. 2005 Mar-Apr;5(2):191-201.

5. Parr AT, Diwan S, Abdi S: Lumbar interlaminar epidural injections in managing chronic low back and lower extremity pain: a systematic review. *Pain Physician*. 2009 Jan-Feb;12(1):163-88.
6. Parr AT, Manchikanti L, Hameed H, et al: Caudal epidural injections in the management of chronic low back pain: a systematic appraisal of the literature. *Pain Physician*. 2012 May-Jun;15(3):E159-98.
7. Rivera CE. Lumbar Epidural Steroid Injections. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2018 Feb;29(1):73-92.
8. Waurick K, Waurick R. Epiduralanästhesie - Geschichte und Technik der Epiduralanästhesie [History and Technique of Epidural Anaesthesia]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2015 Jul;50(7-8):476-82; quiz 483. German.



## 15

## LOMBER TRANSFORAMİNAL EPİDURAL ENJEKSİYON

Burak Kınalı, Semih Kıvanç Olguner

Transforaminal yaklaşım ile ağrının azaltılması, fonksiyonelliğin ve mobilitenin artırılmasının yanı sıra tedavi sürecine zaman kazandırmak da hedeflenmektedir. Tedavi sürecine zaman kazandırmak özellikle emilim ihtimali yüksek olan ve nörolojik sekeli olmayan sekestre disk hernilerinde faydalı olabilir ve cerrahiye gereksinimi azaltabilir. TFESI, radyolojik görüntüleme eşliğinde dorsal kök ganglion ve sinir kökü yakınına kortikosteroid enjeksiyonu ile diğer (interlaminar ve kaudal ) epidural enjeksiyon biçimlerinden ayırt edilir (6).

TFESE'lerinde karmaşık anatomik yapı sebebiyle uygun şekilde enjeksiyon yapılabilmesi için radyolojik görüntülemenin kullanımı önem arz etmektedir (3). Transforaminal enjeksiyonlarda ventral epidural yayılım olasılığı da mevcuttur (10). Dural ponksiyon açısından daha düşük bir risk taşır (19) ve interlaminar veya kaudal enjeksiyonlara göre daha olumlu sonuçlar almak mümkündür (7).

Her hasta spesifik bir yaklaşımı hak etmektedir. Bu sebepli alınacak olan anamnez, klinik muayene ve radyolojik görüntülemelerin detaylı incelenmesi ile planlı bir yaklaşım yapmak uygun olacaktır.

### Transforaminal Lomber Epidural Enjeksiyon Tekniği

Hasta pron ve nötral durumda pozisyonlandırılır. İşlem sırasında sedasyona ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak ileri düzey kaygı problemi yaşayan hastalarda hasta ile iletişimi koparmayarak yeterli düzeyde alert kalabilecek şekilde sedasyon uygulanabilir. Böylelikle istenmeyen komplikasyonlardan kaçınılabilir.

Enjeksiyon için 22- ve ya 25- gauge Quincke spinal iğnesi ve ya kör uçlu iğneler prosedür için uygun olmaktadır. Genellikle 3.5 inç kullanılsa da, L5-S1 düzeyinde ve obez hastalarda 5-7 inç de kullanılabilir. maktadır.

Hedef nokta, hedef sinirin üzerindeki pedikülün alt sınırının orta hattına yakın vertebral gövdenin alt endplate arka yüzeyidir. (Şekil 1) Bu noktada hedef

sinirin herhangi bir basıyla sefalik yönde konumlanmadığına MR görüntüleri detaylı incelenerek teyit edilebilir.

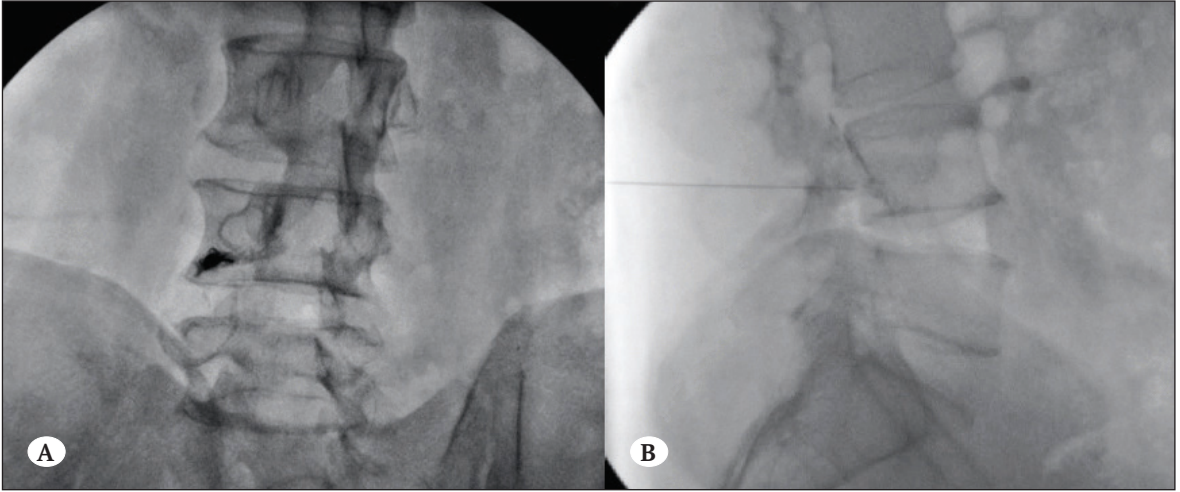
Güvenli görüntü sağlamak için fluoroskopi cihazı koronal düzlemde ipsilateral oblik şekilde, yaklaşık 15-20 derece konumlandırılır (Şekil 2). L5 sinir kökü enjeksiyonları için, prone pozisyonunda ipsilateral, sefalik yönde 5-15 derece hafif açı anatomik yapıları optimize edebilir ve intravasküler enjeksiyon riskini azaltabilir (Şekil 3). İğne ucunun kaudal epidural boşluk seviyesinde veya üstünde kaldığını doğrulamak için lateral bir görünüm elde etmek gereklidir. Böylelikle iğne ucunun pelvik alana girmediğinden emin olunabilir (Şekil 1B). Bununla birlikte görüntülerin dikkatli olarak incelenerek intravasküler yapılarla enjeksiyonun yapılmaması ioheksol enjeksiyonu ile ve ilaç enjeksiyonu sırasında enjektöre negatif basınç verilerek doğrulanabilir.

Uygun şekilde spinal iğnenin yerleştirilmesinin ardından 1-2 mL ioheksol kullanılarak fluoroskopi eşliğinde yer tayini yapılır. Bu esnada hastanın bacağına yansıyan hafif radiküler bir ağrı olabilmektedir. Bu işlemin ardından uygun dozlarda kortikosteroid enjeksiyonu ve lokal anestezi mesafeye verilir. İşlem sonrasında hastanın başı yukarıda kalacak şekilde istirahat etmesi önerilir.

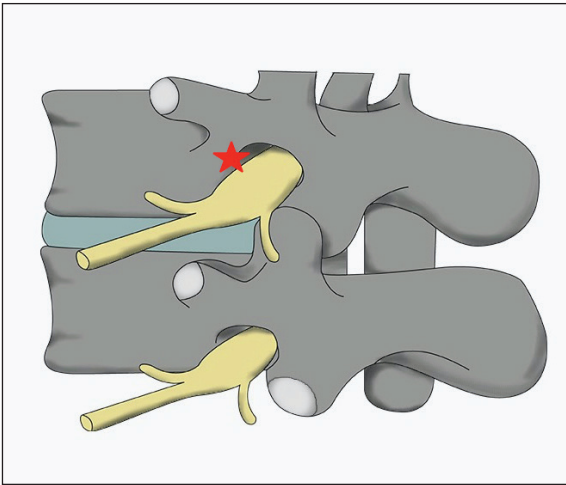
### Kontraendikasyonlar

Transforaminal epidural steroid enjeksiyonları genel olarak güvenli olmakla birlikte bir takım durumlarda uygulanması kontraendikedir (11).

- Uygulanacak ilaçlara karşı şiddetli alerjik reaksiyon öyküsü
- Kompanse edilmemiş koagülopati
- Enfeksiyon
- Lokal malignite
- Gebelik (fluoroskopiye sekonder radyasyon sebebi)



**Şekil 1.** Transforaminal epidural enjeksiyon sırasında L4 nöral foramenin ve epidural mesafenin boyanması oblik çekimde gözlemlenmektedir (A). Lateral görüntü ile iğne ucunun foramen düzeyinde olduğu teyit edildiği görülmektedir (B).



**Şekil 2.** Hedeflenen alanın illüstrasyonu (yıldız işaretli bölge).

İmmün sistemi baskılanmış hastalarda, laboratuvar testleri de dahil olmak üzere ekstra dikkatli olunmalıdır. Bunun yanı sıra rölatif risk faktörleri sayılabilecek durumlar kontrolsüz diyabet veya kompanse olmayan konjestif kalp yetmezliği olan hastalardır (11).

### **Kullanılacak ilaçlar ve dozları**

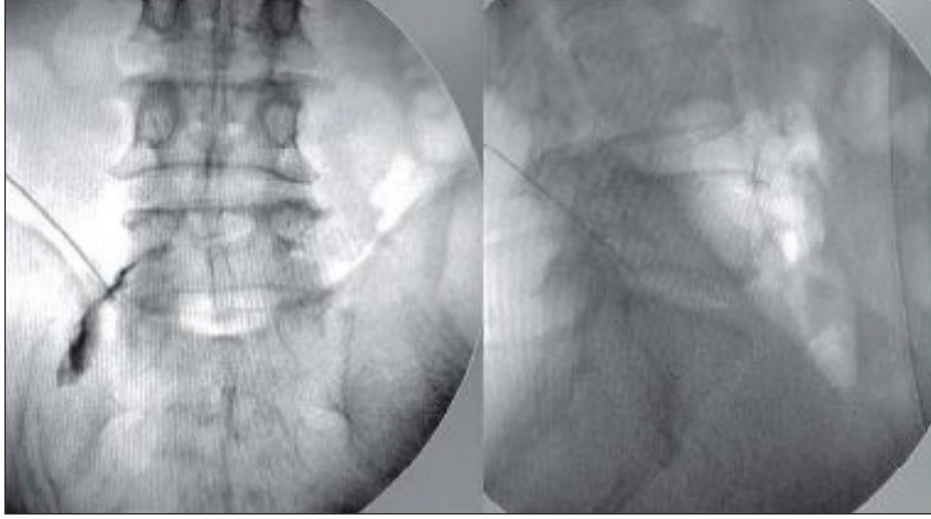
Tipik olarak transforaminal epidural steroid enjeksiyonlarında lokal anestezik, steroid ve salin kombinasyonları uygulanabilmektedir. Literatürde optimal enjeksiyon içeriği ve optimal dozlar belirtilmediği için hekimin tercihinine bağlıdır. Bu sebeple enjekte edilecek medikasyonlar hekimin kararına bağlıdır. Literatürde transforaminal epidural steroid enjeksiyonların steroid olmadan yapılmasının da mümkün

olduğu vurgulanmaktadır. Optimal enjeksiyon miktarı belirlenmemiştir (12).

Literatüre baktığımız zaman partiküllü ve ya partikülsüz steroidler tercih edilebilmektedir. Betametazon, metilprednizolon ve triamsinolon partiküler yapıya sahip steroidlerdir. Buna karşın deksametazone partikülsüz yapıya sahiptir. Partiküllü yapıya sahip steroidler kırmızı kan hücrelerinden ebatça büyük olmaları sebebiyle kümeleşme oluşturarak emboli yapabilme riski taşımaktadırlar (9). Bu sebeple enjeksiyon sırasında kontrast madde enjeksiyonu sırasında vasküler yapı belirlenmesi hâlinde mutlaka iğne yönü değiştirilmelidir ve ilaç enjeksiyonu öncesinde enjektör geri çekilerek kontrol edilmelidir. Deksametazon preparatları kırmızı kan hücrelerinden daha küçük olmaları sebebiyle daha güvenilir olarak nitelendirilmektedir (9).

Park ve ark. (21) yaptıkları randomize kontrollü bir çalışmada triamnisolon'un lumbar radikülopatide daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Kennedy ve ark. (15) disk herniasyonuna bağlı radiküler ağrıda triamnisolon ve deksametazon arasında belirgin bir fark bulamamış olsa da; deksametazon alan grupta enjeksiyon sayıları daha fazla uygulanmıştır. Buna karşın deksametazoneun, triamcinolone ile aynı düzeyde etkinlik göstermesi sebebiyle partikülsüz olması ve riskinin daha düşük olması sebebiyle tercih edilebileceği de düşünülmüştür (8). Kang ve ark. tarafından yapılan çift-kör randomize çalışmada steroid dozları karşılaştırılmıştır. Transforaminal epidural enjeksiyon sırasında kullanılan 10 mg, 20 mg ve 40 mg triamcinolone dozları arasında anlamlı farklılık saptanmamış ancak 5 mg triamcinolone dozunun





**Şekil 3.** L5 kökünün iohesol ile boyanması izlenmektedir. İliak kanat sebebiyle giriş zorluğu yaşanması halinde uygun şekilde kranialden kaudale doğru uygun açıyla spinal iğne yönlendirilmesi ile enjeksiyon yapılabilir (23,24).

yetersiz kaldığı görülmüştür (14). Deksametazon transforaminal enjeksiyonlarını değerlendiren benzer bir randomize, çift kör doz karşılaştırma çalışması 4 mg, 8 mg ve 12 mg deksametazon dozları arasında etkinlik açısından bir fark bulmamıştır (1).

Lokal anestezi ile birlikte yapılan enjeksiyonlar yalnızca tedavi edici değil aynı zamanda ağrının anlık azalma yaratmasına bağlı olarak tanısız olabilmektedir.

## ENDİKASYONLAR

Lumbar disk herniasyonuna bağlı oluşan radiküler semptomların giderilmesi için uygulandığı zaman ağrının kısa vadeli rahatlamalarda yüksek kanıt desteğine, buna karşın uzun vadeli rahatlamalarda düşük kanıt düzeyine sahip olduğu sistemik incelemelerde gösterilmiştir (2,4,18,22). Lumbar stenoza bağlı bel ağrılarında, cerrahi sonrası ağrılarda ve disk herniasyonu olmaksızın oluşan aksiyel ağrılarda az veya kısıtlı kanıtı sahip olduğu yine bir takım sistemik çalışmalarda gösterilmiştir (18).

Lee ve ark. 33 hastalık retrospektif serilerinde preganglionik bölgeye uygulanan enjeksiyonların kısa süreli takiplerinde daha iyi sonuç alındığını belirtmiş (17). Jeong ve ark. ise 239 hastada yaptıkları randomize kontrollü çalışmalarında preganglionik enjeksiyonların etkilenen köke yapılacak olan enjeksiyonlardan daha etkili sonuçlar gösterdiğini ortaya koymuştur (13).

Kennedy ve ark. lomber disk hernisine bağlı radiküler ağrısı olan 78 hastanın %70'inden fazlasının, TFESI'den altı ay sonra ağrı seviyesinde %80'in üzerinde azalma gösterdiğini bildirmiştir. Kennedy ve ark. lomber disk herniasyonlu 39 hastada ilk

TFESE'dan beş yıl sonra sonucu değerlendirdiler (15). Çalışmalarında dokuz hastada (%23) mevcut ağrı, dokuz hastada (%23) ilk TFESE'dan sonra ek TFESE almış ve 19 hastada (%49) omurga cerrahisi uygulanmıştır (16).

2007'de yayınlanan bir çalışmada, 3 enjeksiyon serisinin artık kabul edilen bir uygulama olmadığını belirtmiştir. Genel olarak belirli bir maksimum enjeksiyon sayısı tanımlanmadan minimum 2 haftalık aralıklarla tekrar enjeksiyon yapılması uygun görülmüştür. Eğer ağrılar 1-2 haftalık sürecin sonunda tamamen geçerse ek enjeksiyona gereksinim yoktur (12).

Carassiti ve ark. tarafından yapılan literatür incelemesinde, kronik bel ağrısı olan hastalarda epidural steroid enjeksiyonlarının kullanımı konusunda bir fikir birliği yoktur. Epidural steroid enjeksiyonları, kısa vadede semptomları hafifletmede ve ameliyatı geciktirmede etkili gibi görünse de, uzun vadeli faydaların kanıtı hâlâ eksiktir (5). Olguner ve ark. yaptıkları 1 senelik gözlem süresine sahip bir çalışmada foraminal stenozlu olguların uzun dönemde daha etkili sonuçlara sahip olduklarını belirtmiş ve mortalitesi yüksek olan hastalarda cerrahiye alternatif uygulanabileceğini vurgulamıştır. Bunun yanı sıra lomber disk hernisi ve santral kanal stenozlu olgularda ise kısa süreli fayda gösterdiğini bildirmiştir (20).

- Transforaminal epidural steroid uygulaması lomber disk hernisine bağlı radiküler ağrılarda oldukça etkili olduğu ve kanıt değeri yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Buna karşın lomber dejenerasyona bağlı aksiyel ağrılarda ve kronik uzun süreli ağrılarda etkinliği ortaya konulmuş olsa da kanıt değeri düşüktür. Transforaminal epidural enjeksiyonlar özellikle fragman ve ekstrüde disk

hernilerinde tedavi sürecine katkı sağlayıp spontan disk regresyonuna katkıda bulunabilmektedirler. İlk enjeksiyon sonrasında şikayetlerde büyük oranda toparlama olması hâlinde ikinci veya üçüncü enjeksiyonlar takibe göre yapılabilmektedir. Transforaminal epidural steroid uygulamasının komplikasyonlarını azaltmak adına hastalara sedasyon uygulanmamalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Ahadian FM, McGreevy K, Schulteis G: Lumbar transforaminal epidural dexamethasone: a prospective, randomized, double-blind, dose-response trial. *Reg Anesth Pain Med* 36:572–578, 2011.
2. Benny B, Azari P: The efficacy of lumbosacral transforaminal epidural steroid injections: a comprehensive literature review. *J Back Musculoskelet Rehabil* 24:67–76, 2011.
3. Bicket MC, Chakravarthy K, Chang D, et al: Epidural steroid injections: an updated review on recent trends in safety and complications. *Pain Manage* 5:129–146, 2015.
4. Buenaventura R, Dattaf S, Abdi S, et al: Systematic review of therapeutic lumbar transforaminal epidural steroid injections. *Pain Physician* 12:233–251, 2009.
5. Carassiti M, Pascarella G, Strumia A, et al: Epidural Steroid Injections for Low Back Pain: A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Dec 26;19(1):231.
6. Chiu CC, Chuang TY, Chang KH, et al: The probability of spontaneous regression of lumbar herniated disc: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2015 Feb;29(2):184–95.
7. Cohen SP, Bicket MC, Jamison D, et al: Epidural steroids: a comprehensive, evidence-based review. *Reg Anesth Pain Med* 38:175–200, 2013.
8. Denis I, Claveau G, Filiatrault M, et al: Randomized double-blind controlled trial comparing the effectiveness of lumbar transforaminal epidural injections of particulate and nonparticulate corticosteroids for lumbosacral radicular pain. *Pain Med* 16:1697–1708, 2015.
9. Derby R, Lee SH, Date ES, et al: Size and aggregation of corticosteroids used for epidural injections. *Pain Med* 2008;9:227–34.
10. Desai MJ, Shah B, Sayal PK: Epidural contrast flow patterns of transforaminal epidural steroid injections stratified by commonly used final needle-tip position. *Pain Med* 12:864–870, 2011.
11. Friedrich JM, Harrast MA. Lumbar epidural steroid injections: indications, contraindications, risks, and benefits. *Curr Sports Med Rep*. 2010 Jan-Feb;9(1):43–9.
12. Helm I S, Harmon PC, Noe C, et al: Transforaminal Epidural Steroid Injections: A Systematic Review and Meta-Analysis of Efficacy and Safety. *Pain Physician*. 2021 Jan;24(S1):S209–S232.
13. Jeong HS, Lee JW, Kim SH, et al: Effectiveness of transforaminal epidural steroid injection by using a preganglionic approach: a prospective randomized controlled study. *Radiology* 245:584–590, 2007.
14. Kang SS, Hwang BM, Son HJ, et al: The dosages of corticosteroid in transforaminal epidural steroid injections for lumbar radicular pain due to a herniated disc. *Pain Physician* 14:361–370, 2011.
15. Kennedy DJ, Plastaras C, Casey E, et al: Comparative effectiveness of lumbar transforaminal epidural steroid injections with particulate versus nonparticulate corticosteroids for lumbar radicular pain due to intervertebral disc herniation: a prospective, randomized, double-blind trial. *Pain Med*. 2014 Apr;15(4):548–55.
16. Kennedy DJ, Zheng PZ, Smuck M, et al: A minimum of 5-year follow-up after lumbar transforaminal epidural steroid injections in patients with lumbar radicular pain due to intervertebral disc herniation. *Spine J* 2018;18:29–35.
17. Lee JW, Kim SH, Choi JY, et al: Transforaminal epidural steroid injection for lumbosacral radiculopathy: preganglionic versus conventional approach. *Korean J Radiol* 7:139–144, 2006.
18. Manchikanti L, Buenaventura R, Manchikanti K, et al: Effectiveness of therapeutic lumbar transforaminal epidural steroid injections in managing lumbar spinal pain. *Pain Physician* 15:E199–E245, 2012.
19. McGrath JM, Schaefer MP, Malkamaki DM: Incidence and characteristics of complications from epidural steroid injections. *Pain Med* 12:726–731, 2011.
20. Olguner SK, Celiktas M, Oktay K, et al: Comparison of 1-year results of single transforaminal epidural steroid injection among patients with different spinal pathologies related radicular pain. *Niger J Clin Pract* 2020;23:835–41.
21. Park CH, Lee SH, Kim BI, et al: Comparison of the effectiveness of lumbar transforaminal epidural injection with particulate and nonparticulate corticosteroids in lumbar radiating pain. *Pain Med* 11:1654–1658, 2010
22. Roberts S, Willick S, Rho M, et al: Efficacy of lumbosacral transforaminal epidural steroid injections: a systematic review. *PMR* 1:657–668, 2009.
23. Winter RB. Congenital deformities of the spine. *Congenit. Kyphosis Lordosis*, New York. Thieme Stratton 1983.p 343
24. Winter RB. Spinal Deformities. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2007; p101–103.

# 16

## SAKROİLİAK EKLEM ENJEKSİYONLARI: TANIM/HASTA SEÇİMİ/UYGULAMA TEKNİĞİ

Ali Serdar Oğuzoğlu, Hasan Kamil Sucu

### GİRİŞ

Sakroiliak eklem ağrısı sık görülmesine karşın teşhis edilebilme oranı düşüktür. Sakroiliak eklem ağrısının tanısını koyabilmek, birçok spinal ameliyattan kaçınmak için her spinal cerrahın bilmesi gereken bir noktadır. Aslında fayda/ risk oranı olarak sakroiliak eklem kökenli ağrının girişimsel ağrı yöntemleri ile tedavisi, spinal cerrahinin verimli işlemlerinden biridir. Teknik hem basittir hem de riski birçok cerrahi yöntemeye göre düşüktür. Buna karşın hastaların ağrı- larında ve buna bağlı olarak da yaşam kalitelerinde dramatik düzelmeler olmaktadır.

Son 25 yılda sakroiliak eklem (SİE) ağrı kaynağı olarak önem kazanmış ve bu konudaki anatomik, biyomekanik ve klinik çalışmalar artmıştır. Anatomik lokalizasyonu nedeniyle bu eklem değerlendirilmesi güçtür. Ağrı, anatomik değil fizyolojik olarak tanı konulması gereken bir konudur. Omurganın dejenerasyonu doğal bir süreçtir; hiç şikayeti olmayan bireylerin de radyolojik incelemelerinde bu dejenerasyona paralel bulgular saptanmaktadır. Bu dejenerasyon bulguları çoğu zaman ağrıya veya herhangi bir şikayete yol açmazlar ve genellikle tedavi gerektirmezler. Ayrıca torakolomber bölgeye yönelik olarak yapılan radyolojik incelemelerde, sakroiliak eklem kökenli ağrıyı gösterebilecek bir belirti olmayacak ve ağrı torakolomber bölgede saptanan diğer dejeneratif görüntüler ile (faset hipertrofileri, ılımlı kanal darlığı, dejeneratif skolyoz vs gibi) ilişkilendirilebilecektir. Bel ağrısının primer kaynağı olarak SİE sıklıkla göz ardı edilmektedir. Kronik bel ağrılı hastaların %30' unda ağrının tek başına veya diğer patolojiler ile birlikte SİE' den kaynaklandığı bilinmelidir. Semptomlar genellikle unilateraldir, oturma ile artar, ayakta durma veya yürüme ile azalır. Birlikte sinir kökü tuzak nöropatisi bulunmadıkça parestezi, dizestezi, kuvvetsizlik gibi semptomlar görülmez (1). Bu nedenle ağrı yakınması iyi sorgulanmalı, muayene bulguları daha geniş bir pencereden analiz edilmelidir.

SİE ağrıya duyarlıdır. Tüm sinovial eklemlerdeki gibi eklem kapsülü ve ligamanlarda ağrı ve ısı duyusunu

ileten demiyelinize serbest sinir sonlanmaları vardır. Eklem kapsülü ve posterior ligamanlar L4-S3 posterior primer ramninin lateral dalları ile, anterior ligamanlar L2-S2 ile innerve olur (2,3).

Bu geniş innervasyon SİE' in ağrı şikayetlerinin prezantasyonunun değişkenliğini açıklar (2). SİE' in hasarında lomber bölgeye ve bacağına yansıyan ağrı, bel ağrısının klinik prezantasyonunun parçası olmasına yol açmaktadır. SİE' den kaynaklanan ağrının, fizik muayenede, spesifik motor, refleks veya duyu defisiti ile birlikteliği yoktur (4).

Sakroiliak eklem kökenli ağrıların birçoğunda belirgin bir neden saptanamaz. Ancak bazı olgularda skolyoz, S1 pedikül vidalamasının yapıldığı spinal stabilizasyon, doğumsal kalça çıkığı, bir bacağın kısa olması gibi predispozan faktörler vardır. Sakroiliak eklem ağrısında çekilen sakroiliak MR'larda eklem komşu kemiklerde ödem bulgularının görülebilir; ancak mutlak değildir. Benzer şekilde, sakroiliak eklem ağrısı olan olgularda sakroiliak eklem subluksasyonu ve buna bağlı hastaların spesifik yürüme paterni görülebilir. Ancak unutulmamalıdır ki; bazı hastaların ne radyolojik incelemeleri ne de yürüme paternleri tanı koydurucu olmayabilir. Bu hastalarda teşhis için sakroiliak eklem uzun etkili lokal anestezi (Bupivakain) enjeksiyonu yapılabilir. Enjeksiyondan sonra ağrının en az 6-8 saat geçmesi, veya çok azalması, tanıyı koydurur.

Fizik muayenede SİE' i izole olarak değerlendirmek için direkt bir yöntem bulunmadığından, bu eklem spesifik bazı testler kullanılmaktadır. Hastanın ağrısını tekrar oluşturmak için SİE yapılarında mekanik olarak stres yaratan testler ağrı provokasyon testleri olarak adlandırılabilir. Bu testler ağrının anatomik kaynağının SİE olup olmadığını belirlemeyi amaçlar (1,4,5).

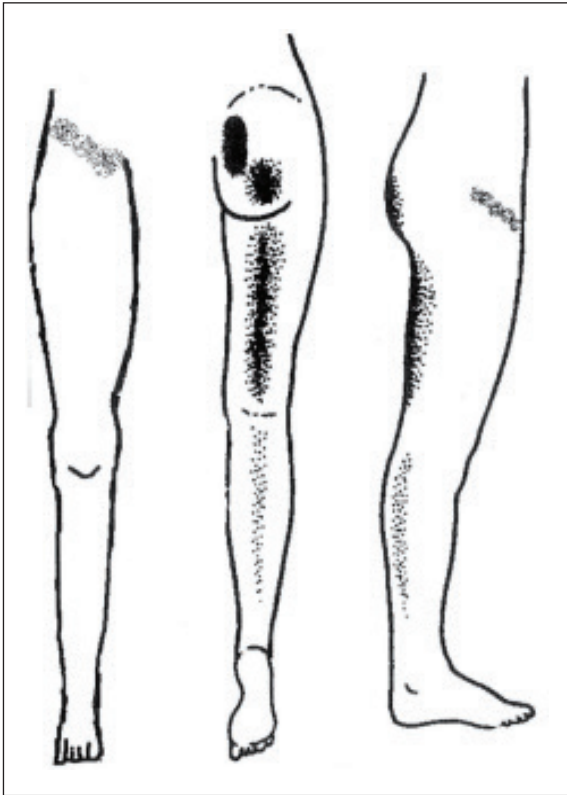
Sakroiliak eklem kökenli ağrıyı teşhis etmede yardımcı testler;

1. Sakroiliak sulkusa basmakla ağrı olması

2. Yeomans testi,
3. Gaenslen's testi,
4. FABERE testi; Bu test, ilk iki testten daha düşük ancak Gaenslen's testinden daha değerlidir.

Peki kimlerde sakroiliak eklem kökenli ağrı olduğundan şüpheleneceğiz ve sakroiliak provokasyon testlerini sonra da sakroiliak enjeksiyonu uygulayacağız: Kanaatimizce spinal hasta muayenemizde nasıl Lasegue testini rutin olarak yapıyorsak FABERE, Yeomans testlerini ve sakroiliak eklem baskıyı rutinimize eklemeliyiz.

Klasik olarak sakroiliak ağrının L5 spinöz çıkıntısının altında, sakroiliak sulkusta (sakrum spinözleri ile crista iliaca posterior arası) hissedileceğidir, bazen de uyluğun dış arkasına doğru yayılır, ancak bazı hastalar bu tanımlamaya uymayabilir. Şekilde kliniğimizde yapılan tez çalışmasında enjeksiyonlarla sakroiliak ağrısı olduğu doğrulanmış hastalardaki ağrı yayılımı gösterilmektedir (Şekil 1). Şeffaf kağıtlar üzerine çizilen alt ekstremitenin önden, arkadan ve yandan görünüşleri üzerinde hastalardan ağrılarını hissettikleri yerleri kalemle işaretlemeleri istenmiştir. Daha sonra bu şeffaf kağıtlar üst üste konularak fotokopisi çekilmiş ve böylece tüm hastaların verisi tek bir kağıt



Şekil 1. Sakroiliak eklem kökenli ağrının yayılımı.

üzerinde toplanmıştır. Sonuçta daha çok hastanın işaretlediği, bir başka deyişle ağrının en çok görüldüğü bölgeler daha koyu halde görülürken daha az hastanın işaretlediği bölgeler açık renkle işaretli hâle gelmiştir. Görüldüğü gibi klasik tanımlamaya uygun olarak sakroiliak sulkus çok koyu olarak boyanmıştır. Yani birçok hasta bu bölgesinin ağrıdığı belirtmiştir. Ancak klasik öğretilen farklı olarak ağrının siyatik sinir trasesi, kasık, bacak dış-arka bölgesi gibi değişik bölgelerde de hissedilebildiği dikkat çekmektedir. Bu tür bir ağrı yakınması L5 kök basısında da görülebileceği unutulmamalı ve sakroiliak eklem ağrısı açısından ayırıcı tanı yapılmalıdır.

Ağrı konusuna klasik nöroşirürji eğitiminin öğretileri ile yaklaşmak yeterli olmayabilir; L5 dermatomunda ağrı ile L4-L5 protrüzyon birlikteliğinde ortaya çıkan aynı ağrının sakroiliak eklem ile de ilgili olabileceği unutulmamalıdır. Sakroiliak ağrı teşhisi, yalnızca sakroiliak MR'da eklem komşu kemiklerde ödeme ve bazı yürüme paternlerine indirgenmemeli buna ilişkin ayrıntılı sorgulama ve muayene yapılmalıdır.

Peki neden sakroiliak eklem enjeksiyonu beyin cerrahları tarafından yapılmamaktadır? Bize göre bunun en önemli nedenleri; sakroiliak eklem ağrısının ayırıcı tanıda düşünülmemesi, tanı konulmuş olsa dahi enjeksiyon işleminin bilinmemesi ve hastanın diğer branşlara sevk edilmesidir.

Peki işlem nasıl yapılıyor? İşlem kesinlikle görüntüleme eşliğinde yapılmalıdır; bunun için BT ya da C kollu skopi kullanıyoruz. C kollu skopi, hem kullanım kolaylığı hem de yasal bazı uygulamaların dışında olması önemli avantajlarıdır. Ameliyathane şartlarında işlemler daha güvenli yapılmaktadır.

BT altında önce tüm sakrumun geniş aralıklarla (1 cm) aksiyel kesitlerini alıyoruz. Aksiyel kesitlerde sakroiliak eklem ilk başladığı kesitle sonlandığı kesiti tespit ediyoruz. Eklem 1/3 alt bölümü giriş yerimizdir. Örnek vermek gerekirse sakroiliak eklem kranialden itibaren 3. kesitte başlamış ve 15. kesitte bitmiş olsun. Eklem 12 kesit boyunca devam ediyor demektir. Giriş yerimiz bu 12 kesitin 8. kesiti, bir başka deyişle baştan itibaren 11. kesittir. Bu 11. kesit üzerinde orta hattan ne kadar uzaktan iğneyi gireceğimizi ve açımızı hesaplıyoruz (Şekil 2).

İşlemi 22 gauge Chiba iğnesi ile yapıyoruz. Eklem girdikten sonra 0.5-1.0 cc arası kontrast madde verip eklem içinde yayıldığından emin oluyoruz (Şekil 3).

Dejenere sakroiliak eklemlerde eklem kapsülünün anteriorda yırtık olabilir. Bu durumda verilen kontrast madde eklem içinde yayılmadan direkt iliak kanat





**Şekil 2.** Aksiyel CT kesiti üzerinde yapılan ölçümler ve iğnenin eklemeye yaklaşması görülüyor.



**Şekil 3.** Kontrast maddenin sakroiliak eklem içinde yayılması.

anteriorunda görülebilir (Şekil 4). Bu durumun bir sakıncası olmamakla birlikte kontrast madde sonrası Bupivakain verirken özellikle yavaş vermemiz gerektiğini gösterir. Hızlı verdiğimiz zaman lokal anestezik eklem içinde hiç durmadan anteriora kaçacak demektir. Eklem içine 1 cc Bupivakain vermek yeterlidir. Ek olarak kortikosteroid vermenin herhangi bir faydası yoktur. Lokal anestezisi yavaş vermek için 1 cc'lik insülin enjeksiyonu kullanmak gerekir. İğne ucunun eklem içinde olduğunu BT kesiti ile doğrulamamıza rağmen kontrast madde gitmiyorsa iğne kemiğe yaslanmış olabilir. 90 derece iğneyi çevirmek genelde yeterli olur. Bu durumda da sıvı gitmiyorsa iğne kemik içine saplanmış olabilir. Tamamen çıkmaması için



**Şekil 4.** Kontrast maddenin yırtık sakroiliak eklem kapsülü yoluyla dışarıya, iliak kanatın anterioruna çıktığı görülüyor.

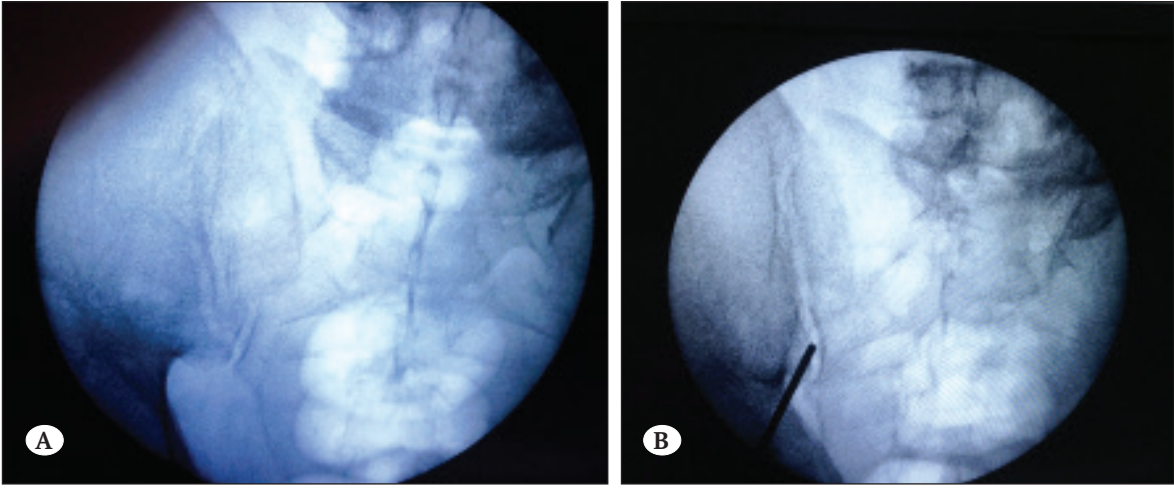


**Şekil 5.** Ön-arka skopi görüntüsünde kontrast madde verildikten sonra sakroiliak eklem halka şeklinin belirginleşmesi ve iğnenin medialde görülen posterior kenardan girmesi.

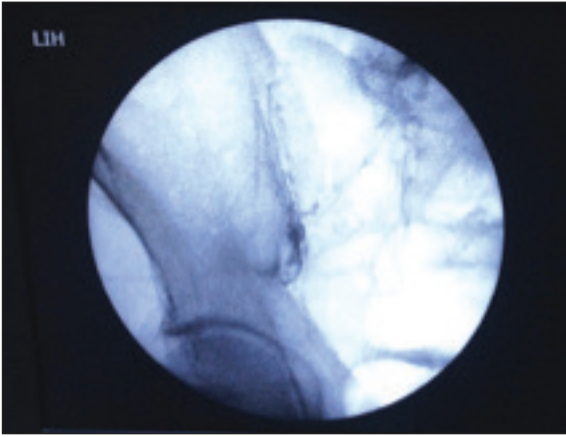
dikkat ederek 1 mm kadar çekmek yeterli olacaktır. Kontrast madde eklem yayıldıysa akışkanlığı çok daha fazla olan Bupivakain sorunsuzca verilebilecek demektir.

Skopi altında sakroiliak eklem enjeksiyonu yaparken aklımızda tutmamız gereken başlıca husus eklem posteriorundan anteriora ve medialden laterale doğru seyrettiğidir. Ön-arka skopide eklem bir halka şeklinde görünür ve medialde olan kenar bizim iğneyi gireceğimiz posterior kenardır (Şekil 5).





**Şekil 6.** A) Ön-Arka görüntüde sol sakroiliak eklem. B) C kola yaptırılan rotasyonla sakroiliak eklemın ön ve arka kenarları üst üste gelmiş ve aralık daha parlak beyaz görüntüiyor.



**Şekil 7.** Skopinin C kolunun rotasyonu eklemın karşı tarafına rotasyonu ile tek çizgi halinde görülen sakroiliak eklemeye Chiba iğnesinin “bull’s eye” yöntemi ile girmesi. Verilen az miktar (0.5 cc’den fazla olmayan) kontrast madde eklemın içinde siyah bir çizgi şeklinde görülüyor.

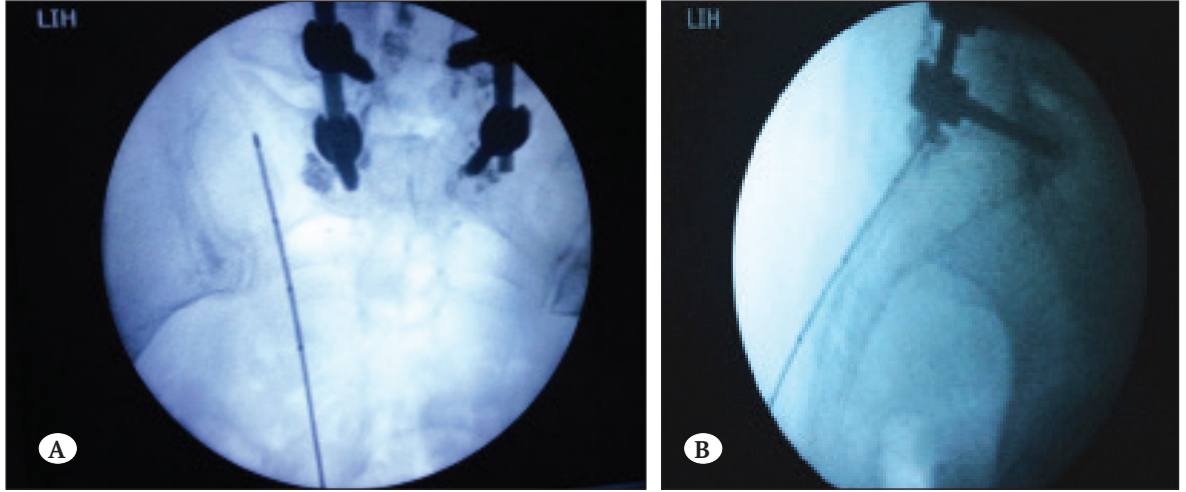
Ancak girişin daha kolay olması için skopinin C koluna rotasyon yaptırarak ışının açısını eklemın açısı ile paralel hâle getiriyoruz. Bu durumda eklem artık halka şeklinde değil çizgi şeklinde görünecektir. Çünkü ön kenar ile arka kenar üst üste gelecektir (Şekil 6A, B).

Bu durumda 22 gauge Chiba iğnesini tüm gövdesi kafasının arkasında nokta hâlinde (bull’s-eye) eklemeye ilerletirsek iğne skopinin ışınıyla paralel olacak ve eklemeye girecektir. İğnenin eklemeye girdiğini genelde yumuşak lastik silgiye batır gibi hisle anlarız. Verilen kontrast maddeyle eklem bir halka olarak değil bir çizgi olarak boyanacaktır (Şekil 7).

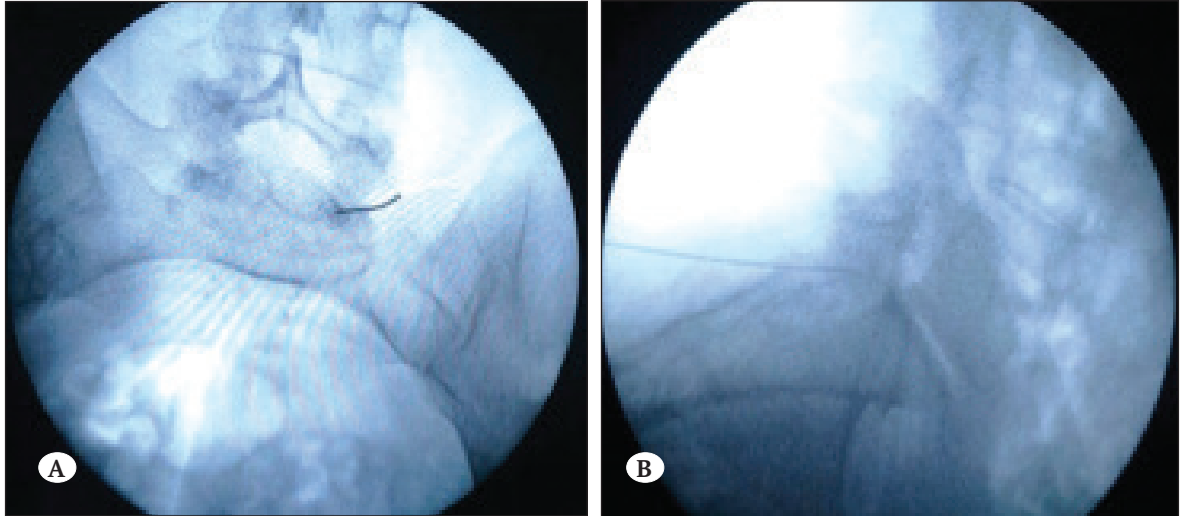
Belirtmek istediğimiz bir başka nokta da eklem içine girilemezse eklemın posterior yüzüne Bupivakain

dökülebileceğidir. Bazı durumlarda (çok seyrek olmayarak) eklemın içine girilememektedir. Böyle bir durumda eklemın üzerine dökülecek Bupivakain 1 cc’den daha fazla olmalı (mini mum 2 cc) ve eklemın 1/3 kısmı özellikle hedef alınmalıdır. Diagnostik olarak eklemın üzerine lokal anestetik dökmek de eklemın içine girme gibi etki edebilir ancak terapötik olarak etkisi çok azdır ya da yoktur. Yani eklemın üzerine Bupivakain döküldüğünde ağrı geçmekte ancak çok kısa bir zamanda (6 saatten az olmamak üzere) geri gelmektedir. Ancak enjeksiyon eklemın içine yapıldığında hastaların ağrılarının uzun süreler (6 ay, 1 sene, 1.5 sene gibi) geçebildiğini görmekteyiz. Ayrıca, son zamanlarda Bupivakain’in aynen kortikosteroidler gibi enflamasyonu baskılayıcı etki yaptığını dair yayınlar da çıkmıştır. Sonuç olarak her zaman eklemın içine girmek için gayret göstermeliyiz.

Enjeksiyondan sonra ne yapıyoruz? Hasta hiç fayda görmezse (veya 6 saatten az fayda görürse) ön teşhisimiz yanlıştır yani hastanın ağrısı sakroiliak eklem kökenli değildir. Hasta fayda görürse ve bu fayda uzun zaman (en az 6 ay) devam etmişse ağrı tekrar başladığında enjeksiyonu tekrarlıyoruz. Hastanın 6 saat ile 6 ay arasında bir zaman dilimi için geçtiyse hastaya sakroiliak eklem RF’i yapıyoruz. RF’den beklentimiz hastanın ağrılarının en az enjeksiyon sonrasında olduğu kadar geçmesi ve bu ağrısız dönemin 9 ila 15 ay devam etmesidir. RF ablasyon için probu sakroiliak eklem ile sakral poste rior foramenler arasında, tercihan tam ortada, sakrumun posterior yüzüne yapışık olarak yerleştirmek gerekir (Şekil 8A, B). Probu hedefi sakroiliak eklemden çıkıp sakrumun posteriorunda seyrederek sakrum posterior foramenlerinden giren affarent ağrı lifleridir. Probu ucunda 3 ardaşık



**Şekil 8.** A) Ön-arka skopi görüntüsünde RF probunun her üç probunun da sakral posterior foramenler ile sol sakroiliak eklem arasına yerleştiği görülüyor. B) Lateral skopi görüntüsünde RF probunun sakrum posterior duvarı ile direkt olarak temas ettiği, arada bir boşluk olmadığı (3. elektrodun proksimali haricinde) görülüyor.



**Şekil 9.** A) Ön-arka skopi görüntüsünde sağ L5 dorsal ramus RF ablasyonu. Kanül ucunun S1 superior artiküler proçes ile sakral alanın yaptığı açının tam köşesine oturduğu görülmekte. B) Lateral skopi görüntüsünde sağ L5 dorsal ramus RF ablasyonu. 20 gauge, 15 cm uzunluğunda, 1 cm kıvrık-aktif uçlu RF kanülü kullanılmaktadır. Ucun kıvrık olması bölgeye tam oturmasını, kanülü repozyisyona etmeden sadece kafasından rotasyona ederek RF ablasyon işlemini tekrarlamayı, böylece daha geniş bir alanı ablasyona uğratmayı sağlamaktadır.

elektrod vardır: Sırasıyla her elektroda birer dakika 80 derece monopolar, daha sonra da 1. elektrod ile 2. elektrod arasında 1 dakika 80 derece bipolar, en son olarak 2. elektrod ile 3. elektrod arasında 1 dakika 80 derece bipolar radyofrekans enerjisi verilir. İşlem toplam 5 dakika sürüyor ancak ağırlı olduğu için sedasyon altında yapılması gereklidir. Sakral posterior foramenlere giren tüm ağrı lifleri böylece ablasyona uğratılmış olur. Ancak sakroiliak eklem gibi büyük bir eklem affarent innervasyonu çok fazladır. L5 dorsal ramusundan lifler aldığını biliyoruz. Hatta L4 medial daldan da liflerin geldiği yazılmaktadır. Biz

her sakroiliak eklem RF işleminde tamamlayıcı olarak L5 dorsal ramus RF ablasyonu da yapmaktayız (Şekil 9A, B). Bu işlemde de 1.5 dakika 85 derece monopolar radyofrekans enerjisi vermekteyiz.

Sakroiliak eklemine sabitlemeye yönelik vidalama prosedürleri, enjeksiyondan kısa süreli yarar görmüş ancak radyofrekansın fayda etmediği hastalara uygulanabilir. Sonuç olarak; tanı koymak için sakroiliak eklem enjeksiyonları yapıldıkça bu hasta grubu daha iyi tanınacak, iyileşen hastaların geri dönüşü arttıkça sosyo-ekonomik yönden daha verimli bir işlem yaygınlaşacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Oğuz H: Bel Ağrılarını, Tıbbi Rehabilitasyon (Ed. Oğuz H., Dursun E., Dursun N.) , 2. Baskı, Nobel Tıp Kitabevi, s. 1131-1171, 2004.
2. Dreyfuss P, Michaelsen M, Pauza K, et al: The value of medical history and physical examination in diagnosing sacroiliac joint pain. Spine 1996; 21: 2594-2602
3. Slipman CW, Patel RK, Shin C, et al: Pain Management: Studies probe complexities of sacroiliac joint syndrome. Biomechanics 2000 April 67-78
4. Mooney V: Sacroiliac joint dysfunction, Vleeming A., Mooney V., Snijders CJ, Dorman TA, Stoeckart R: Movement, stability and low back pain, 1999; 37-52
5. Laslett M: Pain provocation sacroiliac joint tests: reliability and prevalence, Vleeming A., Mooney V., Snijders CJ., Dorman T.A., Stoeckart R. : Movement, stability and low back pain, 1999; 287-295

## 17

## DİSKOJENİK AĞRI YÖNETİMİNDE İNTRADİSKAL GİRİŞİMLER

Mürteza Çakır, Tayfun Çakır

## GİRİŞ

Bel Ağrısı (LBP) tüm yaş gruplarını etkileyen en yaygın omurga hastalıklarından biridir ve gelişmiş ülkelerde iş gücü kaybının da en önemli nedenleri arasında yer alır. Yetişkinlerin yaklaşık %80'inde yaşamları boyunca bel ağrısı yakınması görülür. Buna bağlı olarak kronik LBP genellikle ağrı nedeniyle yaşam kalitesinde bozulmaya, sakatlıklara, iş verimliliği kaybına ve bunun sonucunda da yüksek sağlık bakım maliyetlerine neden olur. Birçok hastalık bel ağrısına neden olmakla birlikte kronik LBP'nin %40'ından disk patolojilerinin sorumlu olduğu bildirilmiştir (11).

Diskojenik bel ağrısı, radyolojik olarak doğrulanmış dejeneratif disk hastalığı ile birlikte radiküler semptom olmaksızın bel ağrısı ile karakterize yaygın, multifaktöryel bir ağrı sendromudur. Diskteki dejeneratif değişikliklerin diskojenik ağrıdan sorumlu temel patoloji olduğu varsayılmaktadır (10).

Diskojenik bel ağrılarının primer tedavisi konservatif yöntemlerdir. Konservatif tedavi yöntemleri arasında medikal tedavi ve fizik tedavi yöntemleri yer alır. Konservatif tedavi yöntemleri, hastalığın girişimsel yöntemler ve/veya cerrahi tedavi aşamasına geçmesini önlemeyi ve yaşam kalitesini olumsuz etkileyen şikayetlerin iyileştirilmesini hedefler. Konservatif yöntemlerle kontrol altına alınamayan hastalarda minimal invaziv tedavi yöntemleri kullanılır. Günümüzde nörolojik defisitlere neden olan veya konservatif yöntemlerle semptomları kontrol edilemeyen ileri evre disk hastalarında tedavi cerrahi yöntemlerdir. Cerrahi tedavi seçenekleri arasında laminektomi, açık diskektomi, mikrodiskektomi, spinal füzyon ve yapay disk replasmanı ile disk eksizyonu bulunur (23).

Ancak cerrahi işlemin barındırdığı komplikasyonlar ve cerrahi işlem sonrası hastaların % 20-30 unda bel ağrısının devam etmesi nedeniyle farklı minimal invaziv yöntem arayışları devam etmektedir. Ayrıca cerrahi girişim yapılan ancak ağrı semptomu devam eden hastalarda minimal invaziv prosedürlerin tekrarlayan cerrahiye alternatif olması, hatta yapılan minimal

invaziv girişimin, yapılması planlanan cerrahi girişimi etkilememesi de işlemin popülaritesini artırmaktadır (22,23).

Bel ağrısı tedavisinde girişimsel yöntemlerin kullanımı, son yıllarda giderek artış göstermektedir. Bunun temel nedeni; medikal tedavi ve fizik tedavi gibi konservatif tedavi yöntemleri ile yeterli rahatlama sağlanamayan hastaların, cerrahi öncesinde göreceli konservatif yöntemleri deneme isteğidir.

Minimal invaziv intradiskal prosedürler, kronik diskojenik ağrılar için alternatif bir tedavi yaklaşımı olarak kabul edilmiştir. Bildirilen komplikasyon oranı düşüktür, doğal disk yapısı korunur ve çevre dokular bu işlemlerden daha az etkilenir. Minimal invaziv prosedürlerin temel amacı, doku travması, yüksek komplikasyon insidansı ve tekrarlayan ameliyatlara gibi cerrahi prosedürleri kullanmanın büyük dezavantajlarından kaçınmaktır (9).

İntradiskal girişimler, protrüde olan nükleus pulposunu (NP) çıkarmak, NP'nin bir kısmını çıkararak hacmini azaltmak, protrüde diskin yol açtığı basıncı azaltmak, NP'yi kimyasal nükleoliz (Ozon), fiziksel (koblayon) veya elektrik (radyofrekans) enerjisi ile yeniden düzenlemek, granülasyon dokusunu yok etmek, anulus ve diskteki onarım sürecini geliştirmek amacıyla yapılır. Diskin onarımı ve granülasyonun yok edilmesi, sitokinlerin ve proinflamatuvar mediyatörlerin ekspresyonunu da azaltarak ağrı kontrolüne yardımcı olur (10).

Diskojenik ağrı tedavisinde kullanılan intradiskal yöntemler temelde mekanik, termal ve kimyasal yolla dekompresyon ile rejenerasyona katkı sağlayan maddelerin disk içine yerleştirilmesini içerir (Tablo 1).

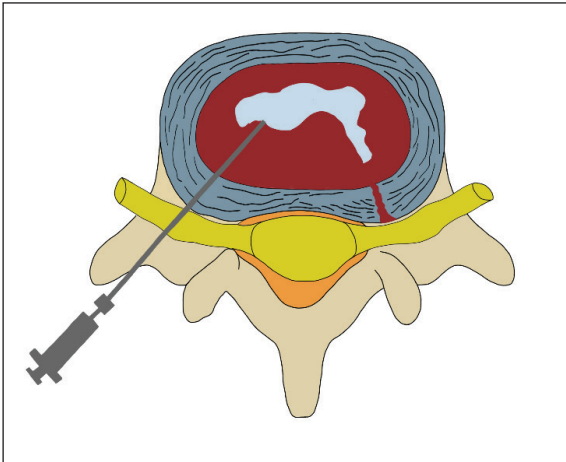
## 1. DİSKOGRAFI

Diskografi, kronik bel ağrısı yakınması olan ve konservatif yöntemlerle ağrının giderilemediği hastalarda ağrının gerçek kaynağını ortaya çıkaran, bu sayede en etkin tedavi yönteminin belirlenmesini sağlayan, aynı

zamanda da hastaların gereksiz yere ameliyat edilmesini engelleyen provokatif invaziv tanı ve doğrulama yöntemidir (26). Provokatif diskografi lomber diskojenik ağrıyı teşhis etmede kullanılan altın standart bir yöntemdir (3). İntradiskalelektrotermal tedaviden (IDET) önce yapılan ve diskin nükleus pulposusuna bir kontrast maddenin enjekte edildiği ve intradiskal basınç arttıkça ağrının yeniden ortaya çıkarıldığı bir prosedürdür (Şekil 1). Genellikle, diğer tanı testleri, ağrı kaynağı olarak şüpheli bir diskin doğrulanmasını sağlamadığında yapılır. Diskografi yardımıyla disk hasarının belirlenmesinin yanısıra hastanın ağrısını provoke ederek ağrılı diskin seviyesinin belirlenmesine de yardım eder. Bunun da ötesinde, provokatif diskografi, bir disk hakkında hem anatomik hem de işlevsel bilgiler sağlayarak diskin mimarisini karakterize edebilir (16).

**Tablo 1.** Diskojenik Ağrı Yönetiminde İntradiskal Girişimler

<b>1. Diskografi</b>
<b>2. Termal Anüler Girişimler ( Anüloplasti)</b> İntradiskal Elektrotermal Tedavi (IDET) Radyofrekans Anüloplasti (RFA) İntradiskal Biacuplasti (IDB).
<b>3. Perkütan Girişimler</b> Perkütan Disk Dekompresyonu (nükleoplasti) Perkütan Laser Dissektomi Automated Perkütan Lomber Dissektomi Lomber Disk Dekompresör
<b>4. İntradiskal Enjeksiyonlar</b>



**Şekil 1.** Diskografi işleminin uygulama şeması. (İllüstrasyon: Osman Alperen ÇAKIR).

Genellikle ağrıya neden olan diski lokalize etmek amacıyla cerrahi müdahale düşünüldüğünde, radyografi ve manyetik rezonans görüntüleme gibi diğer görüntüleme yöntemlerinin patolojiyi ortaya koymadığı ve hastanın semptomlarını lokalize edemediği durumlarda tercih edilir. Provokatif diskografi, görüntü yoğunlaştırıcı rehberliğinde söz konusu diskin nükleus pulposusuna kontrast madde enjeksiyonunu içerir. İşlemin sonuçları, hastanın kontrast enjeksiyonuna tepkisi değerlendirilerek belirlenir (17).

### Teknik

İşlem yapılmadan önce hastanın semptomları dikkatle değerlendirilmelidir, özellikle bacak ağrısına nazaran bel ağrısı miktarı, ağrının doğası, yeri, görsel analog skor, ağrıyı artıran veya hafifleten faktörler yönüyle kapsamlı değerlendirilmelidir. Diskografinin gerçekleştirileceği seviyeler, bel ve ilişkili bacak ağrısının dağılımı ve yeri ile ilgili olarak hasta tarafından verilen öykü, klinik muayene ve görüntüleme bulgularına göre karar verilir.

Hasta prone pozisyonda yatarken, hastanın kontrast madde enjeksiyonuyla provoke edilen ağrısı ile anulusa giriş ağrısının ayırt edilebilmesi amacıyla ağrının karşı tarafından floroskopik oblik görüntüleme ve ekstrapediküler yaklaşım ile diske girilir. Test yapılacak diskin anteroposterior görüntüsü alındıktan sonra, skopinin C-kolu, süperior artikülasyon prosesinin üst ucu vertebra gövdesinin ortasına gelecek şekilde oblik pozisyona getirilir. Diske giriş yeri superior artikülasyon prosesinin hemen lateralidir. İğne, tünel tekniği ile ilerletilerek segmental sinirin altından geçirilir ve diskin orta noktasında, anulus fibrozusu penetre ederek diskin santraline kadar girilir. İğne ucunun yeri AP ve lateral görüntülemelerle teyit edilir. Bu noktada, disk içine yavaşça opak madde enjekte edilir. Bu enjeksiyon işlemi; 3,5 ml volüme ulaşılmışsa hasta belirgin ağrı hissederse, epidural veya vasküler opak yayılım görülürse, ya da maksimum 90 psi basınca erişilmişse işlem sonlandırılır (26) (Şekil 2).

### Endikasyonları

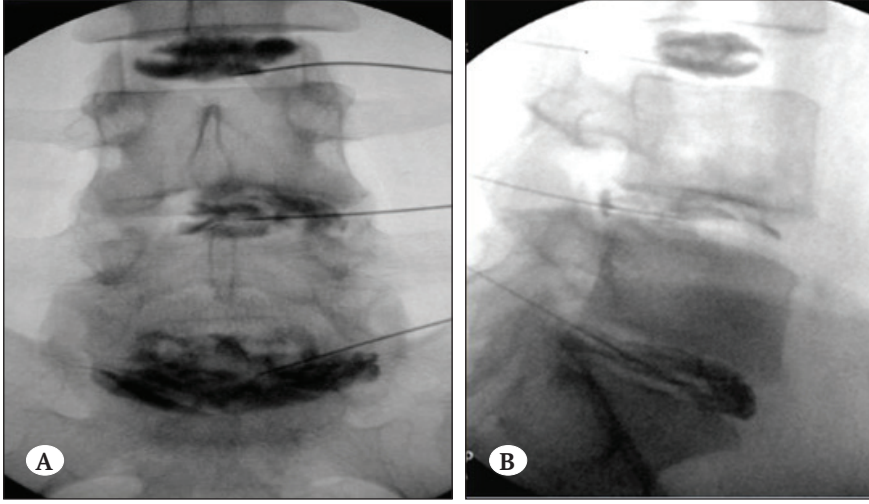
Diskografi endikasyonları Tablo 2’de gösterilmiştir.

### Kontrendikasyonlar

Diskografi kontrendikasyonları Tablo 3’te gösterilmiştir.

Bununla birlikte, çalışmalar, provokatif diskografinin, artan lomber disk hernisi insidansı, disk yüksekliği kaybı ve endplate değişiklikleri dahil olmak üzere hızlanmış disk dejenerasyonuna yol açabileceğini göstermiştir.





**Şekil 2.** Diskografi işleminin düz radyografide A) AP, B) Lateral görüntüsü.

**Tablo 2.** Diskografi Endikasyonları

1. Anormalliğin kapsamını veya anormalliğin klinik semptomlarla korelasyonunu değerlendirmeye yardımcı olmak için gözle görülür anormal disklerin daha fazla değerlendirilmesi
2. Diğer tanı testlerinin ağrının kaynağı olduğundan şüphelenilen bir diskin net bir şekilde doğrulanamadığı, kalıcı, şiddetli semptomları olan hastalar
3. Posterior kaynaşmış bir segmentte ağrılı psödoartroz veya semptomatik disk olup olmadığını belirlemek ve olası tekrarlayan disk herniasyonunu değerlendirmeye yardımcı olmak için cerrahi müdahaleye yanıt vermeyen hastaların değerlendirilmesi
4. Önerilen füzyon segmentindeki disklerin semptomatik olup olmadığını belirlemek ve bu segmente bitişik disklerin normal olup olmadığını belirlemek için füzyon öncesi disklerin değerlendirilmesi
5. Şüphelenilen bir disk herniasyonunu doğrulamak veya kemonükleoliz veya perkütan prosedürlerden önce boya dağılım modelini araştırmak için minimal invaziv cerrahi müdahale adaylarının değerlendirilmesi.

## 2. TERMAL ANÜLER GİRİŞİMLER (ANÜLOPLASTİ)

### 2.1. İntradiskal Elektro-termal Tedavi (IDET)

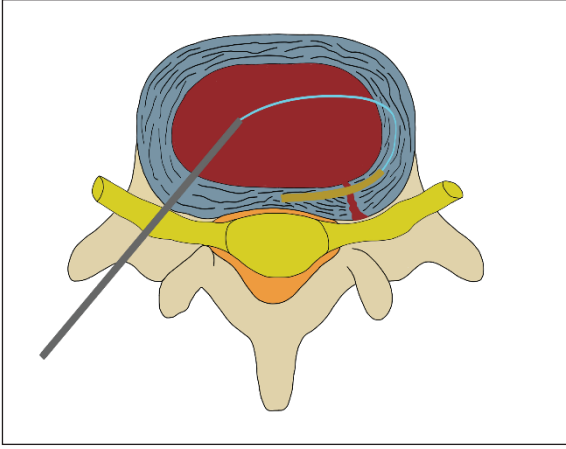
İntradiskal elektro-termal terapi (IDET), ameliyatsız tekniklere yanıt vermeyen kronik diskojenik bel ağrısı

**Tablo 3.** Diskografi Kontrendikasyonları

1. Koagülopati (INR >1.5 veya trombositler <50.000/mm <sup>3</sup> )
2. Hamilelik (radyasyonun teratojenik etkileri nedeniyle)
3. Giriş bölgesinde sistemik enfeksiyon veya cilt enfeksiyonu
4. Enjeksiyon karışımının herhangi bir bileşenine veya diğer ilaçlar karşı şiddetli alerji
5. Yanlış negatif veya yanlış pozitif sonuç verebilen (ve dolayısıyla değerlendirmesi zor olabilen) önceden opere edilen bir disk
6. Diske erişime izin vermeyen katı bir kemik füzyonu
7. Ameliyat edilecek seviyede omuriliğin önemli ölçüde sıkışması

vakalarında anulus ısı uygulamasının yapıldığı minimal invaziv cerrahi bir prosedürdür. Teknik, sıcaklık kontrollü termal dirençli ısıtma bobini ile bir kateter aracılığıyla anulus fibrozusa ısı uygulanmasını içerir. Termal disk tedavisinin amacı sinir liflerine zarar vermek, kollajeni küçültmek ve disk dokusunu sertleştirerek termal dekompresyon sağlamaktır (6,13) (Şekil 3).

IDET uygulaması, kollajen dokunun kalınlaşmış kontrakte olmasına, bu yolla revaskülarizasyonun engellenmesine neden olur. IDET'in neden olduğu termo-koagülasyon, anüler duvar içindeki nosiseptörleri de tahrip eder. Ayrıca, kollajen yapıda ortaya çıkan değişiklik, anüler fissürlerin küçülmesine ve diskin stabilitesinin artmasına da neden olur (24).



**Şekil 3.** IDET işleminin uygulama şeması ( İllüstrasyon: Osman Alperen ÇAKIR).

**Tablo 4.** IDET Endikasyonları

1. Nonsteroid antiinflatuar ilaçlar, traksiyon, fizik tedavi ve enjeksiyonlar dahil olmak üzere yoğun bir ameliyatsız tedavi protokolünün başarısız olduğu hastalar,
2. Nörolojik muayenesi normal ve siyataljisi olmayan kronik bel ağrısı olan hastalar,
3. Etkilenen seviyede diskografi ile ağrı provokasyonu ve etkilenmeyen komşu seviyelerde uyumsuz ağrısı olan hastalar,
4. Kronik LBP olup MRG'de nöral kompresif lezyon veya spinal stenoz olmayan hastalar,
5. Halka gözyaşı. Lomber MRG T2 ağırlıklı, posterior veya posterolateral intervertebral disk bölgesinde (dış halka şeklindeki lif fissürü) Yüksek Yoğunluklu Bölge (HIZ) gösterebilir.
6. 3 ila 4 mm'den küçük disk çıkıntıları.
7. Orta derecede disk hidrasyonu (en az %50 kalan disk yüksekliği)

### Endikasyonlar

IDET, diske bağlı kronik bel ağrısı olan hastalarda endikedir. İdeal olarak, nonsteroid antiinflatuar ilaçlar (NSAİ'ler), germe, hafif egzersiz, traksiyon, korseleme /veya yatak istirahati gibi konservatif tedaviye yanıt vermeyen, radiküler olmayan kronik LBP'li (genellikle en az 3 ila 6 ay) seçilmiş bir hasta alt grubu için uygun bir tedavi yöntemidir (14). Düz bacak kaldırma testi gibi fizik muayene manevraları, nörolojik değerlendirmeler (ekstremité gücü, duyu ve derin tendon refleksi) sinir kökünde bir bozulma veya bozulma olasılığını dışlamak için yapılmalıdır. IDET endikasyonları Tablo 4'de gösterilmiştir (7).

### Kontrendikasyonlar

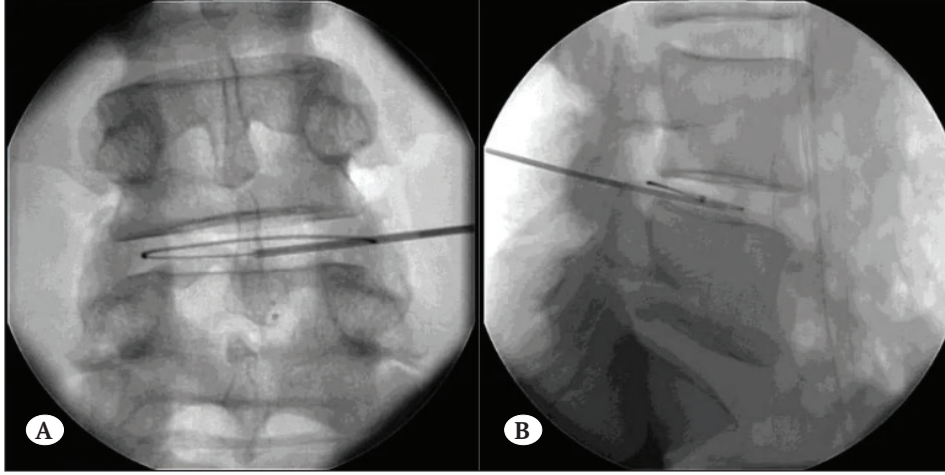
IDET, ciddi disk dejenerasyonu (%50'den fazla disk yüksekliği kaybı), ekstrüde veya sekestre disk, radikülopati, spinal stenoz veya spinal instabilite (spondilolistezis gibi) olan hastalarda kontrendikedir. Ayrıca daha önce lomber omurga cerrahisi veya IDET geçirmiş (son altı ay içinde aynı seviyede) hastalara bu işlem önerilmez (7).

### Teknik

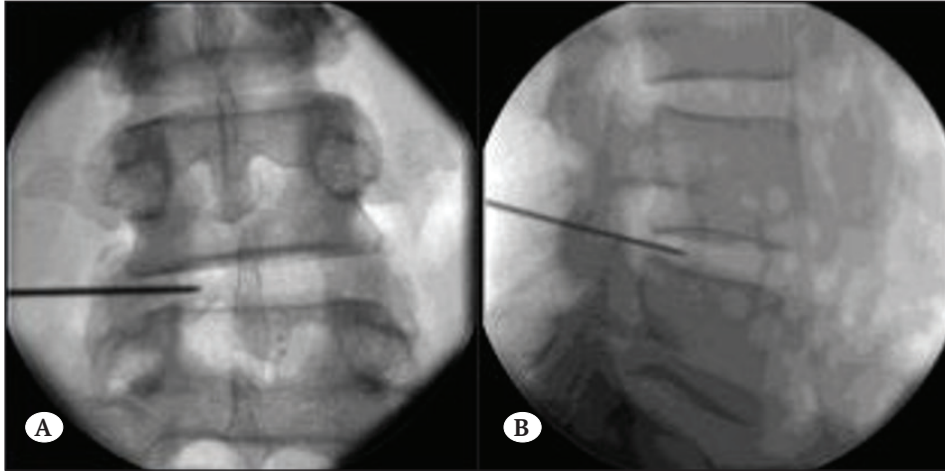
IDET uygulamasında, anulus ve nükleus pulposus arasındaki bağlantıya veya posterior anulusa yerleştirilmek üzere 1,5 veya 5 cm'lik esnek aktif uçlu bir kateter kullanılır. İşlem öncesi intravenöz dozda enfeksiyon profilaksisi için antibiyotik verilmesi önerilir.

IDET prosedüründen önce diskler, provokatif diskografinin seviyesine göre klinik zeminde seçime tabi tutulur. Bu prosedür, 18 ila 22 gauge arasında değişen bir stilet iğne ile biplanar floroskopi veya C-kollu floroskopi altında gerçekleştirilir. Dural keseye zarar vermemek için posterolateral ekstradural yaklaşım tercih edilir. Lomber seviye doğrulandıktan ve provokatif diskografi ile ağırlı diskin doğrulanmasından sonra IDET prosedürüne geçilir.

IDET prosedürü, anatomik işaretler kullanılarak posterolateral ekstradural yaklaşımla tek taraflı olarak gerçekleştirilir, her seviyedeki giriş noktasının konumu biplanar floroskopi veya C-kollu floroskopi altında yönlendirilir. Süperior fasetin ön sınırında yer alan güvenli bir üçgen aracılığıyla, intervertebral diskin posterolateral bölgesine ulaşana kadar, ısıtma elemanı olan esnek bir kateter içeren içi boş bir iğne ilerletilir. Bu noktada, aktif uç anterolateral olarak NP'ye ilerletilir ve posterior anulus fibrosus içindeki son pozisyona posterior olarak geri dönmek için daire içine alınmış bir şekilde yönlendirilir. Daha sonra introdüser iğnesi geri çekilir ve tatmin edici bir sonuç elde etmek için son pozisyon tekrar kontrol edilir. Bu sırada kateter sabitlenmeli ve IDET jeneratörüne bağlanmalıdır. Standart protokol, kateter ucunu 12.5 dakika boyunca her yarım dakikada 33,8 F (1 derece C) artışlarla 149 derece F (65 derece C) ile 194 derece F (90 derece C) nihai tepe noktasına kadar ısıtmaya başlar. Bu sıcaklık daha sonra yaklaşık 4 dakika korunur. Toplam tedavi süresi 13,5 ila 16,5 dakikadır ve nihai sıcaklık ve süre hastanın ağrı tepkisine bağlıdır. Birden fazla diskojenik ağrı seviyesi (üç seviyeden fazla değil) olması durumunda tedavi prosedürü tekrarlanabilir (7,13) ( Şekil 4).



**Şekil 4.** IDET işleminin düz radyografide A) AP, B) Lateral görüntüsü.



**Şekil 5.** RA işleminin düz radyografide A) AP, B) Lateral görüntüsü.

### Komplikasyonlar

IDET işlemine bağlı komplikasyonlar Tablo 5'te gösterilmiştir.

#### 2.1.2 Radyofrekans Anuloplasti (RA)

Perkütan yol ile NP'a ulaşılarak radyofrekans enerjisiyle diskin küçültülmesini hedefleyen etkili bir yöntemdir. Bir elektrot aracılığıyla radyofrekans jeneratör tarafından alternatif akım (frekans, 250-500 kHz) üretilir ve aktif ucu çevreleyen dokuda iyonik hareketlere neden olur.

Enfeksiyon profilaksisi için intravenöz antibiyotik enjeksiyonundan sonra hasta operasyon odasına alınarak giriş bölgesi steril örtülerle örtülür. Hastaya bilinçli sedasyon verildikten sonra işlem bölgesine lokal anestetik ajan uygulanır. İşlemden önce iğne ucu ön-arka floroskopik projeksiyonda medial-lateral pediküler çizgide, lateral projeksiyonda posterior vertebral çizgide bir noktaya yerleştirilir. Deri giriş noktası ve iğne yolu, %1 lidokain ile infiltre edilir ve daha önce belirlenen giriş noktasına 15-18 guag bir

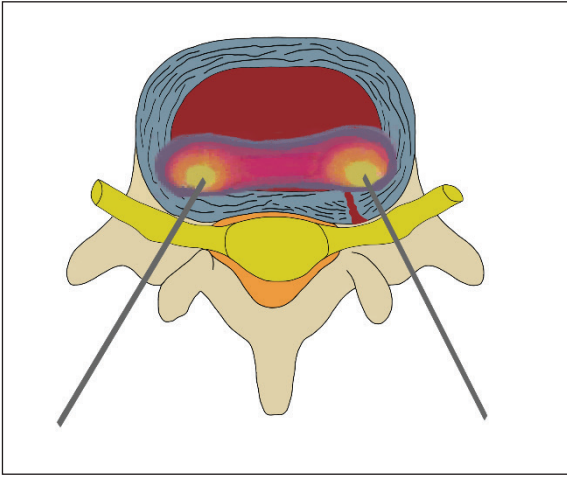
**Tablo 5.** IDET Komplikasyonları

1. Radikülopati.
2. Hızlandırılmış disk dejenerasyonu
3. Uç plaka deformasyonu
4. Spondilodiskit
5. Transtekal ponksiyon yolu, işlem sonrası baş ağrısına neden olabilir
6. Vertebral osteonekroz
7. Kauda Ekuina sendromu

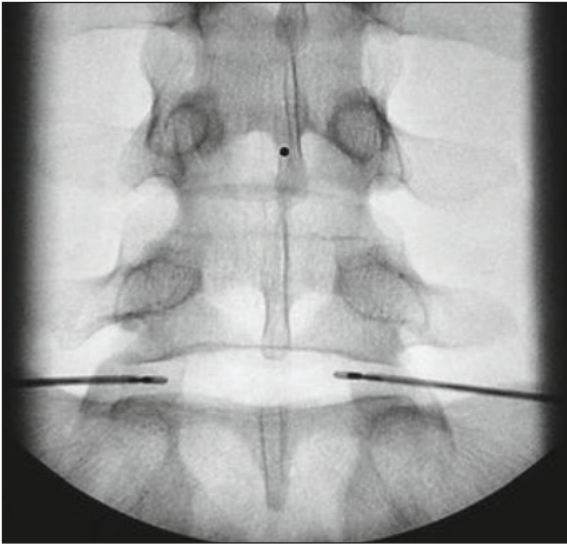
spinal iğne yerleştirilir ve süperior artiküler prosesin laterale yer alan hedefe doğru yönlendirilir. İğne NP'a ilerletilerek ön-arka ve yan radyografik görüntülerde yerleşimi doğrulanır (Şekil 5). Bu işlemde, posterior anüler sinir uçları termal ısıyla denerve edilmektedirler. Yaklaşık 45 derecelerde bir ısıya ulaşılarak kollajen liflerinin kasılmasına sebep olunur. Kateter kırılması, nöral hasar, kanama, spondilodiskit, kauda equina sendromu, epidural abse gibi komplikasyonlara neden olabilir (19).

### 2.1.3 İntradiskal Biakuplasti (İDB)

İntradiskal biakuplasti işleminde (İDB), bipolar sisteme dahil edilen iki adet soğutulmuş RF elektrotu posterolateral anulus fibrosusa yerleştirilir (Şekil 6). İDB ile ilgili önerilen süreç, diskin arka kısmındaki nosiseptörlerin koagüle edilmesidir. Üretilen sıcaklık, çevre dokular için güvenli bir ortam sağlar ve aynı zamanda nöral ablasyona neden olur. Diğer yöntemlerde olduğu gibi işlem floroskopi eşliğinde yapılır ve koagülasyon işleminden önce AP ve lateral görüntüler elde edilir (Şekil 7). Literatürde birçok çalışmada prosedürün güvenlik profili ve perioperatif ve postoperatif ciddi komplikasyonların olmadığı bildirilmiştir (9).



Şekil 6. İDB işleminin uygulama şeması (İllüstrasyon: Osman Alperen ÇAKIR).



Şekil 7. İDB işleminin düz radyografide AP görüntüsü.

## 3. PERKÜTAN GİRİŞİMLER

### 3.1 Perkütan Disk Dekompresyonu (Nükleoplasti)

Termal dekompresyon yöntemi olan nükleoplasti, yüksek enerjili bir plazma alanının üretildiği teknoloji olan koblasyon yöntemini kullanır. Prosedür, NP'daki elektrolitleri uyaran radyofrekans enerjisi oluşturan bipolar prob ile NP dokusunun bir kısmının çıkarılmasını içerir. Posterolateral yaklaşımla 17 gauge'lik bir iğne ile floroskopi eşliğinde önce intervertebral diske, anulus geçildikten sonra NP'ye ulaşılmaktadır. Bu işlem, diskin merkezi kısmından minimal alınan bir disk materyalinin intervertebral diskin içindeki basınçta azalma meydana getirmesi prensibine dayanır. Düşen basınçla, protrüde olan diskin sinir kökü üzerine olan basısının azaldığı görülmüştür (21,22). Hem torakal hem de lomber diskal hernili hastalarda kullanılabilir. Bu prosedürün basitlik, nispeten güvenlik ve çevre dokuya termal olarak zarar verme olasılığının düşük olması gibi avantajları mevcuttur (4).

### 3.2 Perkütan Lazer Diskektomi

Perkütan lazer diskektomi, lokal anestezi altında, floroskopi eşliğinde dejenere veya herniye olmuş ilgili lomber diskal herni seviyesinde NP'a perkütan olarak yerleştirilen bir lazer fiber ile gerçekleştirilen minimal invaziv bir müdahale şeklidir. Toplam 1500-2000 J enerji verildikten sonra, prosedür tamamlanır. Disk boşluğundaki gaz oluşumunu değerlendirmek için bir kontrol BT taraması yapılır. Işınlama, çekirdek pulposus içeriğini buharlaştırır ve oluşan su kaybı nedeniyle disk boyutunun azalmasına neden olur (5). İn vitro çalışmalar, intervertebral disk hacmindeki küçük bir azalmanın, intradiskal basıncın önemli ölçüde azalmasına neden olabileceğini doğrulamaktadır (25). Son zamanlarda sıklıkla kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Hasta seçiminde en dikkat çekici seçicilik, herniye olmuş disk materyalinin serbest parça hâlinde olmaması ve spinal kanalın 1/3'ünden daha fazla kanal darlığına yol açmaması gerekliliğidir (1,2,5).

### 3.3 Automated Perkütan Lomber Diskektomi

Otomatik perkütan mekanik lomber diskektomi, bilinçli sedasyonlu veya sedasyonsuz lokal anestezi altında, floroskopi eşliğinde yapılan oldukça etkili minimal invaziv intradiskal girişimlerden biridir. Semptomatik tarafta posterolateral bir yaklaşım kullanılarak diskin içine merkezi bir kanül yerleştirilir. Daha sonra otomatik bir aspirasyon cihazına bağlı bir prob kanül yoluyla tanıtılır. Disk, daha fazla madde elde edilemeyecek hâle gelene kadar veya cerrah elde



edilen materyallerin tatmin edici olduğunu düşünene kadar aspire edilir. Bu yaklaşık 3 dakika kadar süren bir işlemdir. Sonrasında intradiskal olarak 1 mL deksametazon 5 mg, 2 mL ropivakain %1 ve 2 mL lidokain %1 karışımı enjekte edilir. Son olarak, spinal iğne çıkarılarak işleme son verilir (12).

#### 4.4 İntervertebral Disk Dekompresör

İlk olarak 2002 yılında piyasaya sürülen Dekompresör, burğu uçlu döner prob kullanarak floroskopik görüntüleme altında neden olan nükleus pulposusun (yaklaşık 0,5 e 2 mL) emilmesi ve çıkarılması için bir cihazdır. Probun küçük çapı, intervertebral disk dokusunun doğrudan çıkarılmasında, intradiskal basıncın azalmasının okunmasında ve intervertebral diskten biyopsi alınmasında intervertebral diske daha az hasar verir (15,18).

### 4. İNTRADİSKAL ENJEKSİYONLAR

İntradiskal enjeksiyon tedavisi, alkol ve ozon gibi nükleus pulpozusta dehidratasyon ve bozulmaya neden olarak kimyasal dekompresyon yapmak veya intervertebral disk rejenerasyonunu hedefleyen biyomateryal implantasyonu uygulamalarıdır. İşlem bilinçli sedasyon yapılarak floroskopi veya CT eşliğinde prone pozisyonda posterolateral, ekstralaminar veya paravertebral oblik girişimle yapılır. İşlem için farklı uzunluk ve çapta spinal iğneler kullanılır. Enjeksiyon diskin santraline veya herniye kısmın ortasına yapılır. İşlem esnasında iğne pozisyonu eşzamanlı floroskopiyle teyit edilir. Disk içerisine oksijen-ozon karışımı, salin solüsyonu, steroidler (methylprednisolone, acetate of prednisolone, hydrocortisone, beta-methasone), local anestetik (bupivacaine, lidocaine), hipertonic dekstroz, fibrin sealant, metilen mavisi, discogel, otolog kemik iliği konsantresi, allojenik mezenşimal kök hücre, hyaluronik asit, tümör nekrotizan faktor,  $\alpha 1$  inhibitor, büyüme faktörü, plateletten zengin plazma, selülöz bazlı biyomateryal gibi ajanlar kullanılır (Tablo 6) (18,20).

Genelde minimal invaziv intradiskal enjeksiyonlar hasta uyumu ve maliyet düşüklüğü nedeniyle iyi sonuçlar sunabilir ancak diskitis, disk kollapsı ve aynı taraf alt ekstremitede duyuşal bozukluk gibi bazı yan etkiler bildirilmiştir. Görüntüleme rehberliğinin uygulanmasıyla, bu prosedür daha uygulanabilir ve daha güvenli hâle gelmiş ve genel komplikasyon oranı yaklaşık %0,5 civarındadır (18,20).

### SONUÇ

Bel ağrısı tedavisi için, ilaçların uzun süre tedavilerde etkisiz kalması ve yan etki nedeniyle tolere edileme-

**Tablo 6.** İntradiskal Enjeksiyon Materyalleri

1. Glukokortikoidler (metilprednizolon, prednizolon asetat, hidrokortizon, bumetazon)
2. Lokal Anestezikler ( Bupivakain, Lidokain)
3. Hipertonik Dekstroz
4. Fibrin Sealent
5. Oksijen- Ozon
6. Metilen Mavisi
7. Otolog Kemik İliği Konsantresi
8. Mezenşimal Kök Hücre · Otolog Hücre Bazlı Tedaviler · Allojenik Hücre Temelli Tedaviler
9. Plateletten Zengin Plazma
10. Kondoliyaz
11. Sitokin Antagonisti
12. Hidrojel Bazlı Biyomateryaller
13. Songmeile
14. Büyüme Faktörü

mesi, cerrahi tedavinin artan komplikasyon oranı ve değişken başarı oranı minimal invaziv prosedürlere olan ilginin artmasına yol açmaktadır. Konservatif tedavilere yanıt vermeyen küçük veya sınırlı disk hernisi olan hastalar minimal invaziv perkütan tekniklerden biri için aday olabilir. Genel olarak, minimal invaziv teknikler, hasta uyumu ve düşük maliyeti ile iyi sonuçlar sunmakta ve çok düşük yan etki yüzdesi ile güvenli girişim olarak kabul edilmektedir (8).

### KAYNAKLAR

1. Antonacci MD, Mody DR, Heggeness MH: Innervation of the human vertebral body: a histologic study. *J Spinal Disord.* 1998.11(6):526-31.
2. Arts MP, Peul WC, Brand R, et al: Cost-effectiveness of microendoscopic discectomy versus conventional open discectomy in the treatment of lumbar disc herniation: a prospective randomised controlled trial [ISRCTN51857546]. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2006, 7: 42-10.1186/1471-2474-7-42
3. Carragee EJ, Don AS, Hurwitz EL, et al. Does discography cause accelerated progression of degeneration changes in the lumbar disc: a ten-year matched cohort study. *Spine (PhilaPa 1976).* 2009.34(21):2338-45.
4. Case RB, Choy DS, Altman P: Change of intradisc pressure versus volume change. *J Clin Laser Med Surg.* 1995;13:143-147.
5. Choy DS, Michelsen J, Getrajdman G, et al: Percutaneous laser disc decompression: an update-Spring 1992. *J Clin Laser Med Surg.* 1992;10(3):177-84.



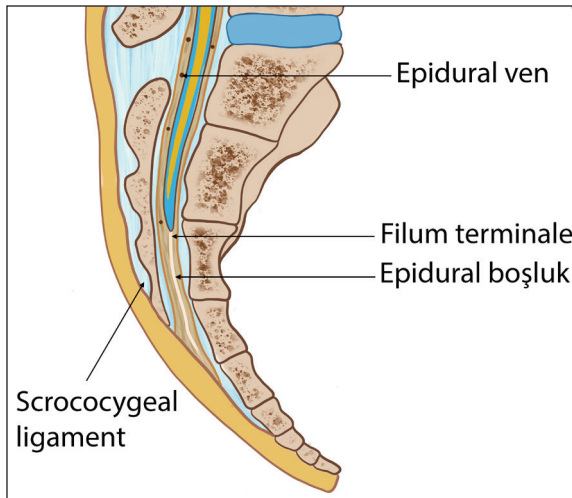
6. Derby R, Baker RM, Lee CH, et al: Evidence-informed management of chronic low back pain with intradiscal electrothermal therapy. *Spine J.* 2008 Jan-Feb;8(1):80-95.
7. Estefan M, Estefan V: Intradiscal Electrothermal Therapy NCBI Bookshelf. A service of the National Library of Medicine, National Institutes of Health. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
8. Gallucci M, Limbucci N, Zugaro L, et al: Sciatica: treatment with intradiscal and intraforaminal injections of steroid and oxygen-ozone versus steroid only. *Radiology.* 2007.242(3):907-913.
9. Gelalis I, Gkiatas I, Spiliotis A, et al: Current Concepts in Intradiscal Percutaneous Minimally Invasive Procedures for Chronic Low Back Pain. *Asian J Neurosurg.* 2019.14(3):657-669.
10. Jadon A, Desk S: Non-operative management of Discogenic Back Pain by Intradiscal Interventions: an evidence based review. *SDRP Journal Of Anesthesia & Surgery.* 2015. 1(1).
11. Kamper SJ, Ostelo RW, Rubinstein SM, et al. Minimally invasive surgery for lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2014;23(5):1021-1043.
12. Kim JH, Lee J, Lee WJ, et al. Efficacy of automated percutaneous lumbar discectomy for lumbar disc herniation in young male soldiers. *Medicine (Baltimore).* 2019 Nov;98(46):e18044.
13. Kleinstueck F, Diederich CJ, Nau WH, et al: Acute biomechanical and histological effects of intradiscal electrothermal therapy on human lumbar discs. *Spine* 2001; 26:2198-2207.
14. Kloth DS, Fenton DS, Andersson GB, et al. Intradiscal electrothermal therapy (IDET) for the treatment of discogenic low back pain: patient selection and indications for use. *PainPhysician.* 2008.11(5):659-68.
15. Kumar N, Kumar A, Tan J: Annulo-nucleoplasty using Disc-FX in the management of lumbar disc pathology: early results. 2014. *International journal of spine surgery.*
16. Manchikanti L, Glaser SE, Wolfer L, et al. Systematic review of lumbar discography as a diagnostic test for chronic low back pain. *PainPhysician.* 2009.12(3):541-59.
17. Melnik I, Derby R, Baker RM: Provocative Discography. In: Deer TR, Leong MS, Buvanendran A, Kim PS, Panchal SJ, editors. *Treatment of Chronic Pain by Interventional Approaches.* New York: Springer-Verlag; 2015. p.253-68
18. Migliore A, Sorbino A, Bacciu S, et al: The Technique of Intradiscal Injection: A Narrative Review. *TherClin Risk Manag.* 2020.16:953-968.
19. Park CH, Lee KK, Lee SH: Efficacy of transforaminal laser annuloplasty versus intradiscal radiofrequency annuloplasty for discogenic low back pain. *Korean J Pain.* 2019.32(2):113-119
20. Peng B, Wu W, Hou S, et al: The pathogenesis of discogenic low back pain. *J Bone Joint Surg Br.* 2005.87(1):62-7
21. Polat Ö, Uçkun A: Lomber Disk Hastalığında Konservatif Tedavi Yöntemleri *Türk Nöroşir Derg.* 2018.28(2):185-189
22. Pomerants SR, Hirsch JA: Intradiscal therapies for discogenic pain. *Semin Musculoskeletal Radiol* 2006; 10(2):125-35.
23. Ravikanth R: A review of discogenic pain management by interventional techniques. *J CraniovertebrJunction Spine.* 2020.11(1):4-8.
24. Ruiz-Lopez R, Pichot C: Percutaneous Therapeutic Procedures for Disc Lesions. In: Lou L, Raj PP, Erdine S, Staats P, Waldman S, Racz G, Hammer M, Niv D, Ruiz-Lopez R, Heavner J, editors. *Interventional Pain Management: Imageguided procedures,* 2nd ed. Philadelphia, PA. Saunders Elsevier; 2008. p.539-58.
25. Schenk B, Brouwer PA, van Buchem MA: Experimental basis of percutaneous laser disc decompression (PLDD): a review of literature. *Lasers Med Sci.* 2006;21(4):245-249.
26. Yentür EA: Kronik bel ağrılarında girişimsel yöntemler. *TOTBİD Dergisi* 2017. 16:161-168

# 18 LOMBER DEJENERATİF HASTALIKLARDA EPİDUROSKOPİ

Timur Yıldırım, M. Özerk Okutan

## GİRİŞ

Epiduroskopi, fiberoptik bir kapsam kullanarak vertebra sakral hiatus yoluyla epidural boşluğu görselleştiren minimal invaziv bir spinal yöntemdir (4, 24). Epiduroskopi, epidural boşluğun gözlemlenmesi ile bazı özel spinal patolojileri teşhis etmek ve tedavi etmek için kullanılmıştır (6). Epidural boşluk sanal değildir ve yağ dokusu, fibröz membranlar, bağlar, lenfatik ve kan damarları ve geniş bir sinir dokusu pleksusuyla dolu bir boşluk olarak tanımlanmıştır (Şekil 1). Epiduroskopi bu boşluğun gözlemlenmesiyle beraber lazer, esnek kateterin ucu ve salin yıkama kullanılarak yapışıklıkların ve fibrozisin çıkarılmasına izin veren bir yöntemdir. Bu yöntem yeni bir teknik olarak tanımlanmakla birlikte vertebral kanalı görüntüleme için yapılan çalışmaların daha uzun yıllara dayanan tarihi vardır. Epidural boşluğu görüntülemeye yönelik ilk girişim Michael Burman'a atfedilir. 1931 gibi erken bir tarihte, o dönemde mevcut olan artroskopik ekipmanla kadavra vertebral kolonlarının anatomisini incelemiştir (3). 1938'de Amerikalı Beyin cerrahı J. Lawrence Poole, bir yıl önce canlı bir hastaya uygulanan kauda ekinaya ilk endoskopik yaklaşımı bildirmiştir (21). Daha sonra, 1970'lere



Şekil 1. Epidural boşluk.

kadar çok az ilerleme olmasına rağmen, Ooi ve ark. çeşitli fiber optik sistemlerle yaptıkları çalışmaları değerlendirmelerini bildirmişlerdir (19). Bu erken spinal endoskopiler, özellikle intratekal alanı tanısal ve araştırma amaçlı olarak inceledikleri göz önüne alındığında, miyeloskopi olarak daha doğru bir şekilde düşünülmelidir. 1980'lerde Blomberg, epidural boşluğu incelemek için bu tekniği kullanmaya başlamış ve ilk kez bu prosedürü tarif ederken "epiduroskopi" adı ortaya çıkmıştır (2). 1990'larda ilk esnek, küçük çaplı, fiber optik sistemler geliştirildi; Heavner ve Shimoji ilk gözlemlerini 1991'de yayınladılar (5,26). 1995'te Saberski ve Kitahata tekniği geliştirmişler ve geleneksel kaudal yaklaşımı tanımladılar (24). Daha sonra 2008'de Avellanal ve Diaz-Reganon interlaminar (anterograd veya retrograd) epiduroskopi yapmak için yeni bir prosedür tanıttı (1). Günümüzde çoklu lümenli modern cihazlar kullanılmaktadır.

## LOMBER DEJENERATİF HASTALIKLARDA EPİDUROSKOPİ

Lomber dejeneratif hastalıklara bağlı kronik spinal ağrı sendromlarını sınıflandırmak ve tedavi etmek zor olabilir. Bu nedenle, klinik muayene, görüntüleme sonuçları, tanısal bloklar ve epiduroskopi arasındaki uyum, ağrının nedenini saptamak ve klinik izlem açısından önemlidir. Epiduroskopi epidural boşlukta hiperemi, vaskülaritedeki değişiklikler, fibrozis ve adezyonlar, lateral kök darlıkları, disk herniasyonu ve ligamentum flavum hipertrofisi gibi görsel olarak tanımlanmış yapıları görüntüleme avantajına sahiptir. Epiduroskopi için klinik endikasyonlar ağrı sendromlarının tanısal ve terapötik kısımlarından oluşur (25).

Birçok çalışma lomber ağrının patofizyolojisini araştırmıştır. Lomber disk dejenerasyonu olan hastalarda prostaglandinler, TNF (tümör nekrozis faktör), çeşitli interlökinler ve NO (Nitrit Oksit) gibi ajanlarda artış saptanmıştır (16). Bu inflamatuvar ajanların ağrıya neden olduğu düşünülmektedir. Bunları epidural boşlukta elimine etmek ağrı üzerinde olumlu etkilere sahip olabilir. Bu nedenle, bu inflamatuvar ajanları

epidural boşluktan çıkarmak için birçok girişimde bulunulmuştur. Bunu yapmak için en popüler tekniklerden biri, epidural boşluğun salinle yıkandığı ve kateter ile mekanik adezyolizin yapıldığı epiduros-kopidir. Epiduros-kopinin başlıca kullanım alanları aşağıda belirtilmiştir.

Temel endikasyonlar:

1. Geçirilmiş bel cerrahisi sendromu
2. Kronik ağrı sendromları
3. Metastatik neoplaziler
4. Epidural lizis
5. Spinal stenoz olarak sayılabilir.

Kronik bel ağrısı ve radiküler ağrı, etkilenen sinir boyunca yayılan ağrı ile birlikte lumbosakral bölge-deki ağrıyı ifade eder. Lumbosakral ağrının birkaç nedeninden biri lomber disk hernisidir. Bel ağrısı ile başvuran lomber disk hernisi hastalarının ilk tedavisi fizyoterapi ve ilaç tedavisidir (22). Nörolojik defisiti, progresif kuvvet kaybı olan veya cerrahi olmayan tedaviye rağmen inatçı ağrıları olan, MRG ile doğrulanmış disk herniasyonu olan hastalarda cerrahi genellikle önerilir (20). Ancak bazı durumlarda lomber disk hernisi için başarılı bir ameliyattan sonra post-laminektomi sendromunda olduğu gibi inatçı ağrılar oluşur. Post-laminektomi sendromu, teknik ve biyo-mekanik olarak başarılı omurga cerrahisinden sonra bile kalıcı ağrının varlığı olarak tanımlanan lumbosakral ağrının önemli bir kaynağıdır (15). Postoperatif inflamasyon ve epidural fibrozisin post-laminektomi sendromunda inatçı ağrıya neden olduğu bilinmektedir. Adezyoliz ve steroid enjeksiyonlu epiduros-kopi, cinsiyet fark etmeksizin lomber disk hernisine bağlı bel ve bacak ağrısı olan hastalarda ağrıyı gidermeye ve sakatlığı azaltmaya yardımcı olur. Sinir kökünü çevreleyen fibröz dokular ve epidural boşluk ağrıya neden olur. Epiduros-kopi cihazının hareket etmesine izin veren kameranın mekanik hareketleri ve yıkama işlemi yardımıyla sinir kökü çevresinden fibrozisin temizlenmesi sinir köküne hareketlilik kazandırır. Bu durum, sinir kökünde kan akışının artmasına neden olduğu ve dolayısıyla ağrıyı azalttığı için uzun süreli başka bir fayda sağlar (9, 11, 13, 14, 23)

Lomber spinal stenoz, çeşitli sırt veya bacak ağrılarına neden olur ve fiziksel durumu her zaman ameliyat için uygun olmayan yaşlı hastalarda artan sıklıkta tanınmaktadır. Yeni, minimal invaziv bir tanı ve tedavi tekniği olan epiduros-kopi, bu tür hastalarda ağrının giderilmesinde faydalı olabilir. Özellikle bacak ağrılarının giderilmesinde ve epiduros-kopi

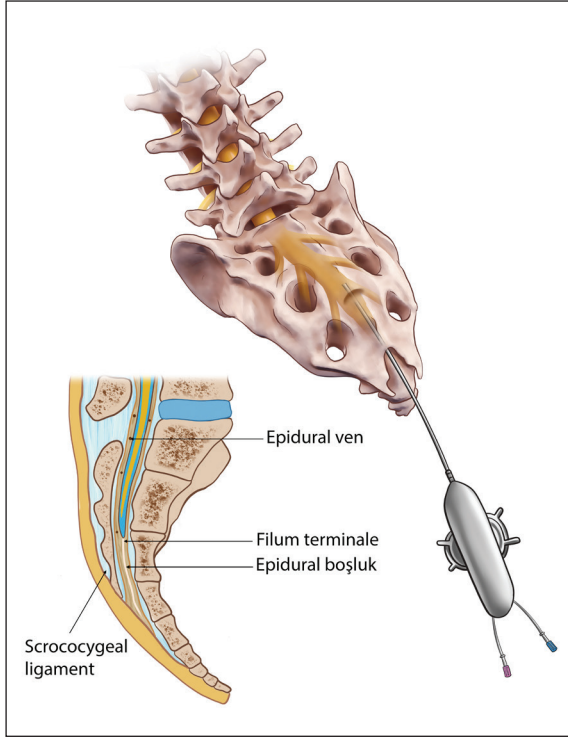
işlemi sırasında kullanılan salin irigasyonu, streoid uygulanması ve fibrotik bantların açılması ile spinal stenozlu hastalarda bir yıllık takiplerde konservatif tedavi yöntemlerine göre daha başarılı olduğu literatürde gösterilmiştir (8).

Spinal kanalın değişik seviyelerinde bazı kist türleri bulunabilir. Bu kistler sıklıkla omurilik sıkışmasına ve radiküler ağrıya neden olur. Epiduros-kopik görüntüleme kistler görüntülenebilse de, değişmiş anatomi ve iltihap nedeniyle komşu yapılardan kolaylıkla ayırt edilemez. Tanının doğrulanmasında floroskopi, omurilik kanalı içeriğini değerlendirmek için Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) veya Bilgisayarlı tomografi (BT) gerekebilir.

### İşlem

Geleneksel yaklaşım ya sakral hiatus ya da interlaminar yoluyla. Yarı esnek bir spinal endoskop olan epiduros-kop 2,3 mm lik dış çapa sahiptir. Çalışma uzunluğu 1.0 mmlik entegre bir çalışma kanalıyla 30 derece esnekliğe sahiptir. Endoskopik görüntüler elde etmek ve video kayıtlar elde etmek için kamera başlığı, kamera kontrol birimi ve renkli bir monitöre bağlanmaktadır.

İşlem için hasta ameliyat masasına prone pozisyonda alınır. Cilt sterilizasyonu hazırlanır ve uygun olarak örtülür. Floroskopi eşliğinde sakral hiatus saptanır ve bu bölgeye lokal anestezi yapılır. Tercihen bilinçli sedasyon altında sakral hiatustan 45 derecelik açıyla skopi kontrolünde girilir (Şekil 2). Ligamentum sakrokoksigeum perforasyonundan sonra AP ve Lateral floroskopik görüşle monitörize edilerek spinal kanalın aksiyel pozisyonunda spinal iğne konumlandırılır. İki planda negatif aspirasyonu takiben rehber tel ilerletilir. Lateral planda floroskopi ile rehber telin sakal hiatusta olduğu doğrulanır ve Tuohy iğnesi kılavuz teli yerinde kalacak şekilde çıkarılır ve Seldinger tekniği kullanılarak tel üzerinden 8,5 F (4 mm) lik dilator S2-3 düzeyine kadar ilerletilerek dilatatör şaftla sakral kanalın içine iletilir. Plastik yönlendirici ile epiduros-kop yerleştirilir. Epidural basınç izlemi basınç sensör sistemi ile izlenmelidir. Epidurogramlar kontrast madde, iopamidol ile alınır. Epidural mesafeye girildikten sonra uygun önce adezyon ve skar dokusu tanımlanır. Adezyonları açmak için gerekli manevralar sırasıyla uygulanmalıdır. İyi bir görüş için epidural mesafe salinle devamlı irigasyon sağlanarak görüntü netliği elde edilir. Epidural alandan alınan biyopsilerden de histopatolojik teşhisler yapılabilir. Sıvı örnekleme bakteriyolojik inceleme kültür çalışması yapmak mümkündür. Lizis için kateter ucu hareket ettirilerek sinir adhezyonları açılır.



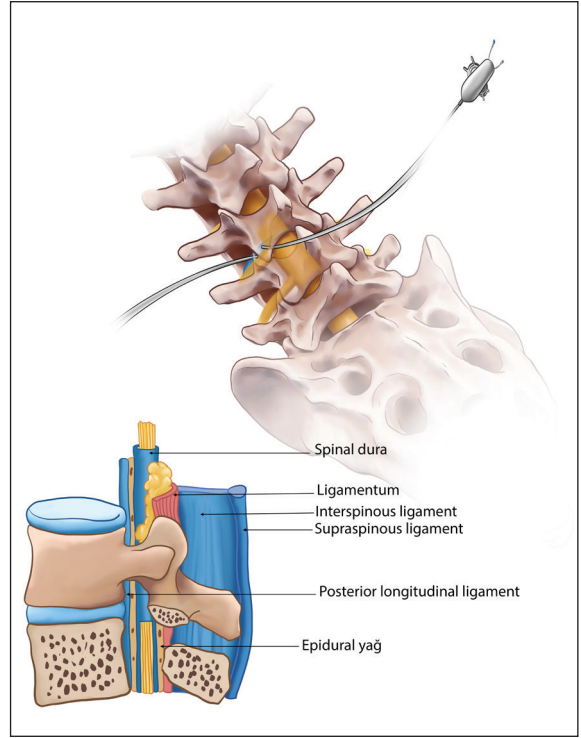
Şekil 2. Sakral hiatusdan giriş yolu.

### Trans-Sakral Epidurosopik Lazer Dekompresyon (SELD)

Epidurosopik lazer ablasyon fibröz bantların kaldırılmasına ek olarak fıtıklaşmış bir diskin fiziksel olarak fıtık olmayan bir diske dönüştürülmesini sağlar. Bu, ekstrüde diskin kenarları boyunca giren mononükleer hücrelerin inflamatuvar mediatörleri eksprese etmesine ve anjiyogenezi indükleyerek kalıcı inflamasyona neden olmasına izin verir (14). Kontrol altına alınmamış bir fıtıklaşmış disk, diskin su içeriği daha yüksek olduğu için dehidrasyon ve inflamasyon aracılı rezorpsiyon yanıtı nedeniyle absorpsiyon olasılığına sahiptir (6). Komori ve ark., fıtıklaşmış nükleus pulposus ne kadar fazla göç ederse, sonraki boyuttaki azalmanın o kadar büyük olduğunu göstermişlerdir (12). Henmi ve ark. ise büyük çıkıntılı disk parçalarının küçük parçalara göre daha fazla küçüldüğünü bildirmiştir (7). Yazarlar bunun daha fazla su içeriğine sahip daha büyük disk parçalarına bağlı olabileceğini öne sürdüler (7,12). Yukarıda tartışılan nedenlere dayalı olarak, SELD'in radiküler ağrılı hastalarda lomber disk hernisi tedavisinde seçenek olduğunu göstermektedir.

### Transforaminal Epidurosopi

Geçirilmiş bel cerrahisi sendromunun (GBCS) başlıca nedenleri arasında epidural fibrozis, disk herniasyonu



Şekil 3. Transforaminal yaklaşım.

ve stenoz bulunur. Bu problemler intervertebral foramen seviyesinde olduğunda epidurosopik ile lateral reseslere ve foramenlere ulaşmak zor olabilir. Foraminal seviyede yer alan GBCS'li hastalarda transforaminal epidurosopi yararlı bir alternatif yaklaşım olabilir. Transforaminal epidurosopi, geleneksel epiduroliz veya dorsal kök ganglion radyofrekansı ve transforaminal blokler gibi diğer tedaviler başarısız olduğunda ve açıkça uyumlu ağrı ve fibroz gösterdiğinde, kaudal veya interlaminar epidurosopiye alternatif bir yaklaşım olarak düşünülmelidir (Şekil 3). Diğer geleneksel yaklaşımlarla karşılaştırıldığında transforaminal epidurosopinin önemli ölçüde daha iyi uzun vadeli sonuçlar göstermektedir (11).

### Komplikasyonlar

Epidurosopinin minimal invaziv bir teknik olarak düşünülmesi, potansiyel komplikasyonlarının hafife alınmasına yol açmamalıdır. Geleneksel müdahalelere kıyasla teknik olarak uygulanması zordur ve diğer endoskopik prosedürler gibi uygun şekilde uygulanmadığı takdirde komplikasyonlara açıktır (14). Epidurosopinin en sık görülen komplikasyonları ve yan etkileri, işlem sonrası kalıcı olmayan bel ve/veya bacak rahatsızlığı/ağrı, geçici nörolojik semptomlar (baş ağrısı, iştme bozukluğu, parestezi), dural ponksiyon ile birlikte veya dural ponksiyon olmadan baş ağrısı olarak özetlenebilir. İşlem sonrası retina



kanamalı görme bozukluğu, dural yırtılmaya bağlı rabdomyoliz ile sonuçlanan ensefalopati, intradural kist ve ayrıca nörojenik mesane ve nöbetler de literatürde bildirilmiştir (5,17). Komplikasyonlar ve yan etkiler, minimal ve sıklıkla kendi kendini sınırlayan geçici nörolojik semptomlardan, daha ileri tanısal tetkiklerin ve özel bakımın gerekli olduğu, bazen uzun süren şiddetli belirtilere kadar değişmektedir. Geçici nörolojik semptomlar (baş ağrısı, işitme bozukluğu, parestezi) genellikle belirli bir oranda salin solüsyonunun belirli bir miktar verilmesine bağlı olarak kafa içi basıncındaki artışa bağlıdır. Salin infüzyonunun hemen kesilmesinden sonra semptomlar kısa süre içinde gerileme gösterirken paresteziler daha uzun sürebilir (10,18,23).

## SONUÇ

Gelecekte, epiduroskepi bel ağrısı ve/veya bacak ağrısını teşhis etmek için temel adımlardan biri olabilir. Cinsiyetten bağımsız olarak lomber dejeneratif hastalıklar nedeniyle sırt ve bacak ağrısı olan hastalarda ağrıyı hafifletmeye ve sakatlığı azaltmaya yardımcı olur. Epiduroskepi cerrahi konservatif tedaviye göre invaziv ve maliyet açısından yük yaratacağından konservatif tedavilere cevap vermeyen olgularda radiküler ağrının teşhisi ve kaynağını bulabilmek, problemlı bölgeye doğrudan medikal ajanlar verebilmek, yapışıklığın mekanik ve/veya laser kullanarak açabilmek gibi avantajlar sağlaması nedeniyle tercih edilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Avellanal M, Diaz-Reganon G: Interlaminar approach for epiduroscopy in patients with failed back surgery syndrome: *Br J Anaesth* 101:244-249, 2008
2. Blomberg RG: A method of epiduroscopy and spinaloscopy: Presentation of preliminary results. *Acta Anaesthesiol Scand* 29:113-116, 1985
3. Burman MS: Myelography or direct visualization of the spinal cord: *J Bone Joint Surg* 13:695-696, 1931
4. Heavner JE, Chokhavatia S., Kizelshteyn G: Percutaneous evaluation of the epidural and subarachnoid space with a flexible fiberscope. *BMJ Regional Anesthesia* 16:p. 85-86, 1991
5. Heavner JE, Wyatt DE, Bosscher HA: Lumbosacral epiduroscopy complicated by intravascular injection. *Anesthesiology* 107:347-350, 2007
6. Helm S, Racz GB, Gerdesmeyer L, et al: Percutaneous and endoscopic adhesiolysis in managing low back and lower extremity pain: a systematic review and meta-analysis. *Pain Physician* 19(2):E245-E282, 2016
7. Henmi T, Sairyo K, Nakano S, et al: Natural history of extruded lumbar intervertebral disc herniation. *Journal of Medical Investigation* 49:40-43, 2002
8. Igarashi T, Hirabayashi Y, Seo N, et al: Lysis of adhesions and epidural injection of steroid/local anaesthetic during epiduroscopy potentially alleviate low back and leg pain in elderly patients with lumbar spinal stenosis. *Br J Anaesth* 93(2):181-7, 2004
9. Jo DH, Kim ED, Oh HJ: The comparison of the result of epiduroscopic laser neural decompression between FBSS or not. *Korean J Pain* 27:63-67, 2014
10. Justiz R, Taylor V, Day M: Neurogenic bladder: a complication after endoscopic adhesiolysis with return of bladder function while using nitrofurantoin. *Anesth Analg* 110:1496-1498, 2010
11. Kallewaard JW, Vanelderden P, Richardson J, et al: Epiduroscopy for patients with lumbosacral radicular pain. *Pain Pract* 14:365-377, 2014
12. Komori H, Shinomiya K, Nakai O, et al: The natural history of herniated nucleus pulposus with radiculopathy. *Spine* 21:225-229, 1996
13. Lee F, Jamison DE, Hurley RW, et al: Epidural lysis of adhesions. *Korean J Pain* 27:3-15, 2014
14. Lee SH, Lee SH, Lim KT: Trans-sacral epiduroscopic laser decompression for symptomatic lumbar disc herniation: a preliminary case series. *Photomedicine and Laser Surgery* 34(3):121-129, 2016
15. Leveque JC, Villavicencio AT, Bulsara KR, et al: Spinal cord stimulation for failed back surgery syndrome. *Neuromodulation* 4:1-9, 2001
16. Miyamoto H, Saura R, Harada T, et al: The role of cyclooxygenase-2 and inflammatory cytokines in pain induction of herniated lumbar intervertebral disc. *Kobe J Med Sci* 46:13-28, 2000
17. Mizuno J, Gauss T, Suzuki M, et al: Encephalopathy and rhabdomyolysis induced by iotrolan during epiduroscopy. *Can J Anaesth* 54:49-53, 2007
18. Moschos MM, Rouvas A, Papaspiro A, et al: Acute visual loss and intraocular hemorrhages associated with endoscopic spinal surgery. *Clin Ophthalmol* 2:937-939, 2008
19. Ooi Y, Morisaki N: Intrathecal lumbar endoscope. *Clin Orthop Surg* 4:295-297, 1969
20. Overdeest GM, Vleggeert Lankamp CL, Jacobs W, et al: Recovery of motor deficit accompanying sciatica-subgroup analysis of a randomized controlled trial. *Spine J* 14:1817-1824, 2014
21. Poole JL: Direct visualization of the dorsal nerve roots of the cauda equine by means of a myeloscope. *AMA Arch Neurol Psychiatry* 39:1308-1312, 1938
22. Rabinovitch DL, Peliowski A, Furlan AD: Influence of lumbar epidural injection volume on pain relief for radicular leg pain and/or low back pain. *Spine J* 9:509-517, 2009



23. Ryu KS, Rathi NK, Kim G, et al: Iatrogenic intradural lumbosacral cyst following epiduroscopy. *J Korean Neurosurg Soc* 52:491–494, 2012
24. Saberski LR, Kitahata LM: Direct visualization of the lumbosacral epidural space through the sacral hiatus. *Anesthesia & Analgesia* 80(4):839–840, 1995
25. Schütze G: *Epiduroscopy*, 1st edition. Germany: Springer 76-7, 2008
26. Shimoji K, Fujioka H, Onodera M, et al: Observation of spinal canal and cisternae with the newly developed small-diameter, flexible fiberscopes. *Anesthesiology* 75:341-344, 1991



# 19 OMURGA KÖKENLİ AĞRIDA EPİDUROLİZİS

Feryal Akşan, Özgür Akşan, Nail Özdemir

Bel ve bacak ağrısı, lomber cerrahi sonrası sendromun neden olduğu epidural skar, enfeksiyon veya kanama gibi çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilir. Epidural yara izinin neden olduğu bel ve/veya bacak ağrısı için tedavi seçenekleri arasında fizik tedavi ve ilaç tedavisi gibi konservatif yaklaşımlar ve epidural steroid enjeksiyonları gibi prosedürler yer alır. (7). Nüfusumuz yaşlandıkça ve omurga cerrahisi oranı artmaya devam ettikçe, spinal stenoz ve başarısız bel cerrahisi sendromunu tedavi etmek için epidural yapışıklık lizisi olan epidurolizis (EL) kullanımı popüler bir tedavi olarak ortaya çıkmıştır (9). Perkütan adezyoliz, epidural skardan kaynaklanan dirençli bel ve bacak ağrısının tedavisinde etkili olan minimal invaziv bir tekniktir. Yapışmaların parçalanması için epidural boşluğun ventrolateral yönüne ideal olarak yerleştirilmiş, yaylı, kaymaya dayanıklı bir kateterin kullanımını içerir, ilaçların ilgili sinire ulaşmasına izin verir ve sinirin sıkışmasını ortadan kaldırır (7).

EL'in, hem başarısız bel cerrahisi sendromu, hem de spinal stenoz ve lomber radikülopati için geleneksel epidural steroidden daha etkili olduğuna dair zayıf pozitif kanıtlar vardır (8,9). EL en sık lomber başarısız bel cerrahisi sendromu için yapılmasına rağmen, spinal stenoz ve fıtıklaşmış bir diskten kaynaklanan radiküler ağrı için etkili olabileceğini düşündüren artan sayıda kanıt vardır (8). Epidural fibrozis, tüm başarısız bel cerrahisi sendromu vakalarının %20 ila %36'sını oluşturabilir (5). Ayrıca EL'in servikal bölgedeki etkinliği son zamanlarda birkaç çalışmanın konusu olmuştur, ancak randomize çalışmalar eksiktir. Kaudal veya lomber seviyedeki prosedürlerle karşılaştırıldığında, servikal omurgada gerçekleştirilen müdahaleler daha yüksek komplikasyon oranı ile ilişkilidir ve adezyoliz için epidural kateterlerin kullanımı olası ek riskler doğurur (1,3,12).

Epidural nöroplasti ve epidural adezyolizis olarak da bilinen EL, konservatif tedavinin başarısız olduğu aksiyel omurga veya radiküler ağrının tedavisi için minimal invaziv bir tekniktir. Heavner ve ark. radikülopati ve bel ağrısı olan 83 hastaya, dört epidural

nöroplasti tedavi grubundan birine bir gruba hipertonic salin artı hyalüronidaz, diğerine hipertonic salin, bir diğerine izotonik salin (%0.9 NaCl) veya izotonik salin artı hyalüronidaz verildi. Tüm tedavi gruplarındaki hastalar epidural kortikosteroid ve lokal anestezi aldı. Genel bir ağrı yönetimi stratejisinin bir parçası olarak perkütan epidural nöroplasti, radikülopatisi ve geleneksel tedavilere dirençli bel ağrısı olan hastaların %25'inde veya daha fazlasında ağrıyı (bazen bir yıldan fazla) azaltır sonucu çıkmıştır.

## TEKNİK

Kaudal yaklaşımla epidural boşluğa düz giriş, paramedian yaklaşımla lomber epidural boşluğa girişten çok daha kolay ve pratiktir. Kaudal yaklaşımda hasta, karın altına bir yastık ile pron pozisyonda yatırılır. Hastadan ayaklarını birleştirmesi istenir. Sakral kornu ve sakral hiatus palpasyonla ve floroskopi ile belirlenir. Sakral hiatusun 1-2 cm laterali ve 2-3 cm aşağısından %1 lidokain ile deri infiltrasyonu sonrası, 16 G epidural iğne ile sakrokoksigeal bağdan geçilir. Dura ponksiyonu ve sakral sinir kökü zararı riski nedeni ile S3 foramenden yukarı ilerletilmez. İğnenin doğru yerleşimi floroskopi ile teyit edilir. Negatif aspirasyon ile kan veya BOS gelmediği görüldükten sonra 10 ml non-iyonik kontrast madde ile epidurogram gerçekleştirilir. Kontrast madde ile epidural dolum defektleri gözlemlenir. İğne ucunun yeri doğru ise içinden epidural kateter geçirilerek epidural boşluğa yerleştirilir. Kateterden 2-5 ml non-iyonik kontrast madde verilerek dolum defekti tekrar gözlemlenir. Sonra kateter içine 10 ml koruyucusuz %0,9 izotonik NaCl solüsyonu içinde 1500 Ü hyaluronidaz yavaş olarak enjekte edilir. Sinir kökünde skar açılması gösterildikten sonra 10 ml koruyucusuz lokal anestetik/steroid solüsyonu yavaş yavaş enjekte edilir. Lokal anestetik olarak %2 koruyucusuz lidokain, %0,25 koruyucusuz levobupivakain, bupivakain veya %0,2 ropivakain kullanılabilir. İşlem sonrası kateter çekilebilir veya yerinde kalacaksa sabitlenmelidir. Kateter yerinde kaldıysa 10 ml %10 hipertonic NaCl 30 dk da infüzyonla verilir. Hipertonic NaCl solüsyo-

nu verilirken şiddetli yanma ağrısı olursa infüzyon durdurulmalı, 3-5 ml koruyucusuz lokal anestezi verilmesi sonrasında hipertonic NaCl infüzyonuna devam edilmelidir. İnfüzyon bittikten sonra kateter 1-2 ml %0,9 izotonik NaCl ile yıkanmalıdır. Kateter 3 gün yerinde bırakılabilir. 2. ve 3. günlerde 10 ml lokal anestezi enjeksiyonundan 20 dk sonra 10 ml %10 hipertonic NaCl infüzyonu yapılabilir. 3. gün enjeksiyondan 20 dk sonra kateter çekilebilir. Bu süre boyunca hastayı enfeksiyon riskinden korumak için günlük 1 gr seftriakson verilir (10).

Servikal nöroplasti öncesi boyun hareketleri değerlendirilir. Ciddi hareket kısıtlılığı olan hastalarda işlem kontrendikedir. İşlem sırasında boyun hareketlerinin pasif olarak yapılması epidural basıncı azaltarak komplikasyon oluşumunu azaltabilir. İşlem sol yan veya pron pozisyonunda yapılır. T1-T2 aralığı dura ponksiyonu ve omurilik yaralanması komplikasyonlarını en aza indirmek için uygun aralıktır. Vertebradan 1 cm paramedian giriş noktası uygundur. 16G epidural iğne T1-T2 ye doğru iğne ucu orta hatta olacak şekilde ilerletilir. Direnç kaybı tekniği kullanılarak iğne ucu epidural aralığa sefale dönük olarak yerleştirilir. 3-5 ml kontrast madde enjeksiyonu ile dolmuşluğu tespit edilir. İşlem sırasında epidural basıncı azaltarak komplikasyon gelişme riskini düşüren pasif servikal bükme hareketleri uygulanır. Epidural kateter, iğne içinden geçirilerek epidural boşluğa yerleştirilir. Kateterden 0,5-1 ml non-iyonik kontrast madde ile sinir kökü görüntüledikten sonra, 5 ml %0,9 koruyucusuz izotonik NaCl solüsyonu içinde 1500 Ü hyaluronidaz çözeltisi enjekte edilir. İntravasküler veya intratekal enjeksiyon dışlandıktan sonra 6 ml lokal anestezi/steroid solüsyonu yavaş şekilde uygulanır. Kateter yerinde kalacaksa sabitlenir. İntravasküler veya intratekal enjeksiyon kanıtı yoksa 5 ml hipertonic NaCl infüzyonu 30 dk da uygulanır. 2. ve 3. gün 6 ml lokal anestezi/steroid solüsyonu ve 5 ml hipertonic NaCl infüzyonu tekrarlanır.

## PERKÜTAN ADEZYOLİZİSİN KOMPLİKASYONLARI

Perkütan adezyolizise bağlı yaygın görülen komplikasyonlar, işlem bölgesinde ağrı, bel ağrısı, dura ponksiyonu ve baş ağrısı, BOS sızıntısı, enfeksiyon, parestezi ve geçici subaraknoid blok olarak sayılabilir. Adezyolizis genel olarak güvenli bir prosedür olmasına rağmen birkaç vaka raporunda ciddi komplikasyonlar bildirmiştir. İşlem sırasında uygulanan bolus sıvı enjeksiyonlarının neden olduğu düşünülen görme bozukluğu nadiren retina kanaması ve körlükle sonuçlanabilir (4,6). İntravasküler enjeksiyon, vasküler yaralanma, serebral vasküler veya pulmoner emboli,

steroidlere reaksiyon, (hipotalamik-hipofiz-adrenal eksen supresyonu, hiperglisemi, elektrolit-metabolik bozukluk, kas kaybı, bozulmuş yara iyileşmesi, bozulmuş immünolojik fonksiyonlar, araknoidit) hipertonic NaCl'e bağlı (hipertansiyon, taşikardi, takipne, pulmoner ödem, hemorajik disfonksiyon) kontrast maddeye bağlı (geçici hipotansiyon, geçici solunum zorluğu, baş ağrısı, nöbetler, bulantı-kusma, baş dönmesi) ve lokal anestezi toksisitesi görülebilir (2, 13).

Kronik bel ağrısı, yönetilmesi zor, iyi bilinen bir sağlık hizmeti ve sosyal sorundur. EL'in konservatif terapötik tedavi yöntemlerine yanıt vermeyen kronik, inatçı ağrıyı gidermek için değerli ve güvenli bir teknik olduğu gösterilmiştir. Manchikanti ve ark.'nın sistematik incelemesinin analizinde perkütan adezyon kanıtının seviye I olduğu gösterilmiştir (11). Mevcut kümülatif kanıtlar göz önüne alındığında, bu prosedürün etkinliği, cerrahi müdahale de dahil olmak üzere kronik bel ağrısının tedavisinde mevcut diğer tedavi yöntemlerine üstün değilse de benzerdir. Son derece nadir olmakla birlikte önemli riskler ve komplikasyonlar olduğundan dikkatli olunmalıdır. Ağrıyı tedavi ederken, tedavi seçimini her hastaya ve kişisel deneyime göre özelleştirmek gereklidir. Sonuç olarak; yeterli kanıt bulunmasa da, hastalar bu tedavi seçenekleri yönünden bilgilendirilmeli, dirençli ağrısı olan hastalara önerilmeli, hekim mutlaka hem kendisinin hem de yöntemin sınırlarını bilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Asano M, Akatsuka M, Uda R, et al: Suspected migration of cervical epidural catheter into the brainstem after a difficult catheter insertion. J Anesth. 2014 Jun;28(3):447-51.
2. Benyamin RM, Vallejo R, Kramer J, et al: Corticosteroid induced psychosis in the pain management setting. Pain Physician. 2008 Nov-Dec;11(6):917-20.
3. Brouwers PJAM, Kottink EJBL, Simon MAM, et al: A cervical anterior spinal artery syndrome after diagnostic blockade of the right C6-nerve root. Pain. 2001 Apr;91(3):397-399.
4. Gill JB, Heavner JE. Visual impairment following epidural fluid injections and epiduroscopy: a review. Pain Med. 2005 Sep-Oct;6(5):367-74.
5. Hayek SM, Helm S, Benyamin RM, et al: Effectiveness of spinal endoscopic adhesiolysis in post lumbar surgery syndrome: a systematic review. Pain Physician. 2009 Mar-Apr;12(2):419-35.
6. Heavner JE, Wyatt DE, Bosscher HA. Lumbosacral epiduroscopy complicated by intravascular injection. Anesthesiology. 2007 Aug;107(2):347-50.
7. Helm S. A review of the role of epidural percutaneous adhesiolysis. Pain Manag. 2012 Nov;2(6):609-16.

8. Jamison DE, Hsu E, Cohen SP. Epidural adhesiolysis: an evidence-based review. *J Neurosurg Sci.* 2014 Jun;58(2):65-76.
9. Lee F, Jamison DE, Hurley RW, et al: Epidural lysis of adhesions. *Korean J Pain.* 2014 Jan;27(1):3-15.
10. Manchikanti L, Boswell MV, Rivera JJ, et al: A randomized, controlled trial of spinal endoscopic adhesiolysis in chronic refractory low back and lower extremity pain. *BMC Anesthesiol.* 2005 Jul 6;5:10.
11. Manchikanti L, Soin A, Boswell MV, et al: Effectiveness of Percutaneous Adhesiolysis in Post Lumbar Surgery Syndrome: A Systematic Analysis of Findings of Systematic Reviews. *Pain Physician.* 2019 Jul;22(4):307-322.
12. Rozin L, Rozin R, Koehler SA, et al: Death during transforaminal epidural steroid nerve root block (C7) due to perforation of the left vertebral artery. *Am J Forensic Med Pathol.* 2003 Dec;24(4):351-5.
13. Simopoulos TT, Kraemer JJ, Glazer P, et al: Vertebral osteomyelitis: a potentially catastrophic outcome after lumbar epidural steroid injection. *Pain Physician.* 2008 Sep-Oct;11(5):693-7.





# 20 OMURGA KÖKENLİ AĞRIDA RADYOFREKANS VE DİĞER ABLATİF UYGULAMALAR

Derya Karaoğlu Gündoğdu, Osman Fikret Sönmez

Omurga kökenli ağrı, günlük rutinde sık karşılaşılan bir durum olup; kimi zaman hastalıkların tanı ve tedavisi için uyarıcı bir semptom iken kimi zaman da kronik süreçte varlığını hissettiren ve ağrıya sebep olan esas patolojilerden çok ağrının giderilmesini gerektiren bir uğraştır. Omurga kökenli ağrıların sebebi mekanik bel ağrısı gibi sadece postür, kas-iskelet sistemi ile ilgili olabileceği gibi metastatik kemik tümörleri gibi ciddi bir primer patolojinin sekonder yansıması da olabilir. Altta yatan patolojiye de bağlı olarak bu ağrıların tedavi yaklaşımları farklılık gösterebilmektedir. Bu bölümde omurga kökenli ağrılarda radyofrekans ve diğer ablatif uygulamalardan bahsedilmiştir.

## ABLATİF UYGULAMALAR

Radyofrekans (RF) ve lazer ablasyon, omurganın fokal malign lezyonlarının ve disk hastalığının tedavisinde uygulanmakta ve etkili tedavi seçenekleri oldukları savunulmaktadır. Standart tedavilerin başarılı olmadığı durumlarda, çoğunlukla da standart tedaviler ile birlikte perkütan RF uygulamaları son zamanlarda özellikle omurga tümörlerine bağlı ağrıda sıklıkla tercih edilmektedir (5, 19, 20, 25). Omuriliğin küçük lezyonlarının (osteoid osteomlar vb.) tedavisinde ise özellikle görüntüleme eşliğinde ve kılavuz tel yardımı ile ablatif uygulamalar kullanılmaktadır (6, 8, 28). İnterstisyel lazer fotokoagülasyon (ILP) etkisi tek optik fiber ile uygulandığında maksimum 15 mm<sup>3</sup>lük alana etki eder ve bu nedenle esas olarak küçük lezyonların tedavisinde tercih edilmektedir (8, 32). RF ablasyonun kullanıldığı diğer lokalizasyonlar düşünüldüğünde (karaciğer vb) spinal tümörlerde, sinir kökü ve spinal kord komşuluğunda uygulama yapıldığından nispeten daha risklidir (9, 18). Omurga tümörleri kadar dejeneratif omurga hastalığı veya lomber disk hernisi hastalığına bağlı RF ve ILP kullanımına da literatürde ve günlük hayatta sıklıkla rastlanmaktadır. Ayrıca perkütan lazer disk dekompresyonu (PLDD), disk hacmini azaltan minimal invaziv perkütan bir teknik olup günlük rutinde kullanım alanları mevcuttur (17, 21). Bu tekniğin bipolar RF

iğnesi kullanılarak yapılmasına Nükleoplasti (NP) denir. Disk hernisi hastalıklarına RF, PLDD ve NP uygulamalarının genel mantığı birbirine benzer olup bu yöntemler disk hacmi ve basıncını azaltmayı amaçlar. Aynı amaç ile termokoagülasyon enerjisinin kullanılması ile de intradiskal elektrotermal terapi (IDET®) tanımlanmıştır. Bu yazıda ablasyon yöntemlerinin endikasyonlarına göre başlıklar altında uygulama yöntemleri, literatür bilgileri, klinik sonuçları ve komplikasyonlarından bahsedilmektedir.

## Metastatik Spinal Tümörlerde Radyofrekans (RF) Ablasyon Uygulamaları

Temel olarak, radyofrekans terimi, yayılan dalgayı değil, yüksek frekans (200-1200 kHz) aralığında salınan alternatif elektrik akımını ifade eder. RF uygulaması bir jeneratör, büyük bir dağıtıcı elektrot (toprak pedi), bir hasta ve bir elektrot iğnesinin seri olarak yerleştirilmesiyle kapalı döngüde alternatif elektrik akımı oluşması ve bu akımın canlı dokuda fokal termal hasar oluşturabilmesi esası ile çalışır. Elektrotlar aracılığıyla hasarın seçili dokuda sınırlı kalmasının sağlanması ile elde edilen alternatif akımın tedavi için kullanımı planlanmıştır. Alternatif akımın canlı doku üzerindeki etkisi lokal iyonik ajitasyon ve ardından lokalize pıhtılaşma sonucu nekrozun oluşması şeklindedir. Geri dönüşü olmayan hücresel hasar, ani protein pıhtılaşması ve doku ölümü için sıcaklık 60° ila 100°C'ye ulaşmalıdır (18). Uygulamada tercihen optimal sıcaklık da 60° ile 100°C arasındadır. Nitekim bu sıcaklığın altında (40-60°C) sitotoksik etki için daha fazla zamana ihtiyaç vardır ve bunun üzerinde (100°-110°C) sonuçlar doku karbonizasyonu ve buharlaşması şeklindedir. Etkili ablasyon, optimize edilmiş ısı üretimi ve minimuma indirilmiş ısı kaybı gerektirir.

RF ablasyonun tümörler için kullanılmasında dikkat edilmesi gereken bazı durumlar vardır. Bir elektrot ile doku içerisinde alternatif akım yayılımı sağlayan RF uygulamasında tümör yıkımı için lezyonun tüm hacmi sitotoksik ısıya maruz bırakılması gerekir. Bu amaçla çoklu ucu olan elektrot sistemi kullanılabilir. Geniş

hacimli ve nöral yapılardan uzak yerleşimli paravertebral yumuşak doku tümörlerinde tek elektrota salin enjeksiyonu uygulayarak etki alanı genişletilebilir, ya da içerden soğutmalı RF elektrotları kullanılarak maksimum dozda akım uygulaması sağlanabilir (17, 18). Bu yöntemler ancak tümör kavitesinin içine güvenli ulaşım sağlanabiliyor ise uygulanmalıdır.

Son çalışmalar, dirençli ağrısı olan hastalarda kemik metastazlarında RF ablasyonu uygulamasını savunmaktadır (5, 9,19). Kemik metastazlarındaki ağrının etiyojisinde kortikal duysal yolak ve periosteal afferent sinirlerin uyarılmasının etkili olduğu kadar tümör kaynaklı sitokinlerin osteoklastik aktiviteyi artırmasının da rol oynadığı bilinmektedir (14). RF ablasyon uygulaması duysal sinirleri ve tümör hücrelerini lokal olarak yok eder, ağrı iletimini keser ve hem sinir duyarlılığı hem de osteoklastik aktivitede yer alan hücresel kaskadı azaltır, böylece ağrının oluşumunu sağlayan üç yolağı da inaktive ederek ağrının azalması veya yok olmasını sağlar (9, 19).

Literatürde metastatik tümörlerde RF uygulamasının endikasyonlarından çok kontrendikasyonlarından bahsedilir. RF ablasyonu için iki önemli kontrendikasyon vardır. Bunlar omuriliğe 1 cm kadar yakın komşulukta olan lezyonlar ve ağırlıklı olarak osteoblastik aktivitesi olan lezyonlardır (19, 20).

RF uygulaması bilgisayarlı tomografi (BT), ultrasonografi (USG), X-ray veya skopi rehberliğinde (5) lokal anestezi altında sedasyonla veya genel anestezi altında yapılabilir. Tümör içine RF uygulaması için geliştirilmiş 3 adet prob bulunmakta olup bunlar; kuru, soğutmalı ve salin infüzyonlu uçlar şeklindedir. Bu prob uçlarının tasarımı genel olarak daha fazla alana alternatif elektriğin güvenli olarak ulaştırılması amacı ile yapılmış olup etkinlikleri kanıtlanmıştır (5, 19, 20). Özellikle salin infüzyonlu prob ucu kullanımı sırasında elektrotların empedans artışları jeneratör tarafından algılanabilir, bu da akım çıkışını azaltabilir ve salin akışını artırabilir niteliktedir (23).

Özellikle spinal tümörlerde kemik dokunun geçilmesi ve hastanın hareketsiz olarak kalması gerekeceği için RF elektrodunun genel anestezi altında lezyona yerleştirilmesi önerilir. Kortikal perforasyon perkütan olarak yerleştirilecek ise 16-18 gauge'lık büyük iğnelerin kullanımı tercih edilir. Elektrotlar yerleştirildikten sonra 40 W başlangıç gücü uygulanır ve işlem sırasında kademeli olarak güç artırılır (5). 4 cm'den büyük lezyonlar için, tümörün pıhtılaşmasını tamamlamak için iğne elektrotunun pozisyonu değiştirildikten sonra işlem tekrarlanmalıdır. Bu çoklu uygulamalarda ablasyon süresi total olarak tanımlandığı için tek uygulamanın süresi uygulama sayısına göre değişebilmektedir (23).

RF ablasyon uygulamasının spinal tümörlerde kullanılmasının esas limitasyonu uygulama alanının sınırlı olması nedeniyle vertebra korpus ve paravertebral tümörlerde çoklu uygulamalara ihtiyaç duyulmasıdır. Yetersiz uygulamalarda ise yüksek nüks oranları bildirilmektedir (23, 30). Uygulamadan sonraki 24 saat içinde hasta yakın takip edilmelidir. Tümör dokusunun nekroza giderkenki ağrısı veya prosedüre bağlı ağrıların kesilmesi önemlidir. İşlemden kullanılan problemlerin sterilizasyonuna dikkat edilmelidir; nitekim enfeksiyon ve sepsis literatürde bahsi geçen komplikasyonlardandır (30). İşlem öncesi RF ablasyon uygulanacak bölgenin anatomik lokalizasyonu ve komşulukları görüntüleme tetkikleri ile iyice değerlendirilmeli ve problemlerin yerleştirilmesi bu komşuluklara maksimum dikkat edilerek yapılmalıdır.

Literatürde ağrılı kemik metastazı olan hastaların %80-95'inde ağrı şikayetlerinde belirgin bir azalma olduğu bildirilmiş ve komplikasyon oranı olarak %0 ile %6,9 arasında değişmekte olan değerler bildirilmiştir (5, 19, 20). RF ile sement uygulaması yapılan vakalar da literatürde mevcuttur. Vertebroplasti çalışma kanülünden 10 ila 11 gauge'lık RF probunun geçebilmesi esasına dayanarak yapılan bu uygulamada RF ardından da vertebroplasti sement enjektörü yerleştirilerek tümör içerisine sement uygulanır. Ancak bu uygulamada özellikle yumuşak doku komponenti fazla olan tümörlerde, nörolojik yapılara çok yakın ve kemik destrüksiyona sebep olmuş ise komplikasyon oranlarının daha yüksek olabileceği belirtilmiştir (20, 25, 30).

Komplikasyonların genellikle spinal kanala yakın tümörlerde meydana geldiği belirtilmektedir (25). Spinal kanala çok yakın lezyonlar için bipolar koagülasyon probunu öneren yazarlar mevcuttur (5, 19). Bu problemler arasındaki dokunun, alternatif elektrik akımı iletileneği için nörolojik yapıların korunacağı görüşü yaygındır. Ancak pratik kullanımda iki probun yerleşiminin her zaman kolay olmadığı vurgulanmaktadır (23).

### **Spinal Osteoid Osteomada RF ve Lazer Ablasyon (İnterstiyel lazer fotokoagülasyon (ILP)) Uygulamaları**

Osteoid osteoma, 2 ile 50 yaş arasındaki erkeklerde daha sık görülen iyi huylu bir kemik tümördür. Omurga lokalizasyonunda %6 civarındadır. Geceleri artan ve aspirin kullanımı ile dramatik olarak iyileşen ağrı ile karakterizedir. Tanı genellikle radyolojik olarak koyulur. Tümörün kendiliğinden kaybolması ise çok nadirdir (32). Kür için nidüsün çıkarılması gereklidir. Eşlik eden ciddi ağrı ve bu ağrının medikal tedavi ile geçmediği durumlarda açık cerrahi ile

tümör nidusunun total eksizyonu önerilir. Tümörün spinal yerleşimli olması hâlinde bazen tümörün total rezeksiyonu çok kapsamlı bir cerrahiye gerektirebilir. Bu tür durumlar için minimal invazif yöntemler olan BT rehberliğinde eksizyon, RF ve ILP, tümör içine alkol enjeksiyonu yöntemleri uygulanabilir. Burada RF ve ILP sonuçları değerlendirilmektedir (32).

Radyolojik olarak vertebra osteoid osteoma tanısı olan, aspirine yanıt vermeyen ve persistan, ciddi ağrıları olan hastalarda minimal invazif yöntemler önerilir. Eğer tümör omurilik ve nörolojik yapılara 5 mm'den daha yakın ise RF ve ILP uygulamaları literatürde kontrendike olarak belirtilir (1, 32) Bununla birlikte ablasyon nedeni ile indüklenen sitotoksikite riski bu hastalarda daha fazla olduğu için nidus içerisine daha düşük güçte ablasyon uygulamaları önerilmektedir (1, 27). RF ablasyon uygulanacak ise diğer RF uygulamalarında olduğu gibi güç kademeli olarak artırılır ancak maksimum 90°C' de bırakılır. Nidus maksimum 6-10 dakika bu sıcaklığa maruz bırakılmalıdır (1). Büyük kemik nekrozunu önlemek için, bu hastalarda soğutmalı veya salin infüzyonlu prob kullanılmalıdır (1, 27).

ILP uygulamalarda, optik fiberlerin perkütan olarak tümör içerisine yerleştirilmesi RF ablasyonda olduğu gibidir. Deneysel çalışmalar, fiber çevresinde, iletilen enerji ile lezyon boyutu arasında iyi bir korelasyon elde edilirken tedavi edilen alandaki kemik dokusunun biyomekanik özelliklerinin korunması sayesinde lezyonun nekroza giderken kemik üretim alanlarının korunduğunu göstermiştir (16)

Lezyona yönelik alanın BT incelemesi hem nidusun çapını ölçmek için hem de işlem sırasında rehberlik göstermesi için kullanılabilir. Nidusun çapı, kullanılacak ablasyon yöntemini ve gerekli olacak enerjiyi belirler. Ablasyon yöntemi hangisi olursa olsun iğnenin nidusa girmesi genellikle şiddetli ağrı ve acı verir. Bu nedenle genel anestezi altındaki uygulamalar tercih edilir ve subperiostal veya kortikal niduslar için 14 ve/veya 18 gauge spinal iğneler kullanılır. ILP' de spinal iğnenin yerleştirilmesinin ardından 400 mikro fiber optik lifler iğneden geçirilir; iğne, çıplak lifin ucu tümörün merkezi içinde kalacak şekilde yaklaşık 5 mm geri çekilerek tümör – optik lif teması sağlanmış olur. Diode lazeri (Diomed® 805 nm, Cambridge, UK), nidus boyutuna (verilen enerji, 400 ile 1200 jul (J)) bağlı olarak saniyede 2W gücünde sürekli dalga modunda açılır. Nörovasküler yapılardan uzakta bulunan tümörün nidusunu pıhtılaştırmak için genellikle maksimum 1200 J enerji uygulanır. Nörovasküler yapıların yakınında bulunan bir tümör için, verilen enerji miktarı formüle göre hesaplanır (formül kaba-

ca nidus hacmindeki her 1 mm<sup>3</sup> artış için 100 J güç artışını ifade eder, gücün maksimum 1200 J olması önerilir). Nörovasküler yapılara yakın yerleşimli tümörlerde minimum mesafe elde edilemezse, termal sinir hasarını önlemek için çevre bölgeye sürekli olarak bir soğutma solüsyonu enjekte edilmelidir. İşlemin sonunda, lokal ağrıyı hafifletmek için 5 ila 10 mL %2'lik naropain subperiostal olarak enjekte edilir (8, 32).

Literatürde, RF ablasyon uygulamalarında %0 ile %2 arasında değişen bir komplikasyon oranı ile %79 ile %86 oranında başarılı olarak ağrının azaldığı bildirilmektedir (8, 28). ILP uygulamalarında ise, %4-33 aralığında minör komplikasyon oranı ile %86 -96 arasında başarı bildirilmektedir (8, 32).

### Perkütan Lazer Disk Dekompresyonu (PLDD)

Dejeneratif omurga hastalıklarından olan disk hernisi hastalığında diskektomi olarak bilinen cerrahi metodun uzun dönem sonuçları, nüks ve komplikasyon oranları cerrahi tedaviye alternatif yeni arayışları beraberinde getirmiştir. PLDD de bu arayışlar sonucu keşfedilmiş bir minimal invazif yöntemdir. PLDD, ince bir optik fiber aracılığıyla intervertebral diske iletilen lazer enerjisini kullanarak nükleus pulposus küçük bir bölümünün ablasyonunu amaçlar. Bu ablasyon nükleus pulposus hacminde küçük bir azalmaya sebep olsa bile intradiskal basınçta önemli bir azalma ile sonuçlanır, böylece disk herniasyonunun azalmasına neden olur (2).

Bu yöntemin uygulanabilmesi için gerekli şartlar şöyledir;

- Düşük ayak, kauda equina sendromu, ilerleyen nörolojik defisit gibi kesin cerrahi endikasyonların olmaması
- Provakatif (düz bacak kaldırma testi gibi) testleri ile artan ağrı, ağrının trasesi ile uyumlu Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) disk hernisi hastalığı olması,
- Motor kuvvet muayenesinin normal olması,
- Patolojik reflekslerin olmaması,
- Derin Tendon Reflekslerinin (DTR) normal olması
- Hastanın ağrısının 6 haftalık konservatif tedavi ve/veya spinal enjeksiyon uygulamalarına yanıt vermemiş olması gereklidir.
- Ağrı olan bacakta uyuşma olabilir veya olmayabilir. Hipoestezinin varlığı PLDD için bir engel değildir.

PLDD uygulaması için kontrendikasyon oluşturan durumlar;

- Hastada nörolojik defisit bulunması,
- Kesin cerrahi endikasyonların olması,
- Kanama diyatezi, önemli psikolojik bozukluk, sekonder kazanç durumlarından biri olması,
- Spondilolistezis, spinal stenoz, nüks disk hastalığı olması,
- Disk alanında önemli daralma olması,
- Cilt, cilt altı veya kas tabakalarının lokal enfeksiyon varlığı durumlarında PLDD uygulanmamalıdır (5, 15).

PLDD, skopi altında gerçekleştirilen bir işlem olmasına rağmen işlem başarısı BT ile değerlendirilir. Çünkü nükleus pulposus içerisindeki ablasyon ancak BT ile görülebilir. Hasta prone pozisonda skopi altında, genellikle lokal anestezi ile işleme alınır. Giriş yeri patolojinin bulunduğu seviyeye göre belirlenirken viseral, vasküler ve nörolojik yapılardan sakınmak önemlidir. L5-S1 disk aralığına giriş sağlamak için krista iliakanın varlığı sebebi ile kavisli iğneler tercih edilebilir. Steril örtünmeyi takiben küçük bir cilt insizyonu ile patolojik diske 18 gauge spinal iğne ile skopi rehberliğinde girilir. Bu yönelimde nöral dokuları korumak amacı ile far lateral olarak ve kambin üçgeni hedeflenerek interdiskal aralığa ulaşılır. İğnenin ucu nükleus pulposusun posteriorundan disk aralığına girer. Hastanın lokal anestezi altında olması bu aşamada önemlidir. Çünkü hastanın radiküler ağrı tariflemesi hâlinde iğnenin yeri değiştirilmelidir. Patolojik disk aralığını doğrulamak amacı ile işleme devam etmeden önce diskografi yapılır. Patolojik disk ve iğnenin yerleşimi doğrulandıktan sonra optik fiber, distal kısmı spinal iğnenin 5 mm ötesine uzanacak şekilde diske yerleştirilir. Lazer, hastanın toleransına bağlı olarak 4 ila 10 saniye aralıklarla 0,5 ile 1 saniyelik darbelerle 15 ile 20 W üretecek şekilde açılır. PLDD için önerilen lazer dozları L1-L2, L2-L3, L3-L4 ve L5-S1 seviyeleri için 1200 ile 1500 J ve L4-L5 için 1500 ila 2000 J arasındadır. Genellikle ablasyon hacmi 1 ile 1,5 cm<sup>3</sup> arasındadır.

Literatürde PLDD uygulanan vakaların %70'inde bacak ağrısının tamamen geçtiği ve 6 ay sonra hasta memnuniyetinin yaklaşık %80 düzeyinde olduğu belirtilmektedir. Ayrıca bu yüksek başarı oranı belirten yayınlarda, vakaların endikasyona göre seçilmesi gerektiği önemle vurgulanmaktadır (5, 15).

## Nükleoplasti (NP)

Nükleoplasti, hem avantajları hem de uygulama yöntemi açısından PLDD 'ye çok benzemektedir. PercDLE™ SpineWand™ ve Coblation® (ArthroCare®, Sunnyvale, CA) teknolojilerinin güçleri ve uygulamaları birleştirilerek perkütan disk dekompresyonu veya NP yapılır. Yani kullandığı yaklaşım aslında yumuşak dokuyu ablasyon ve koagülasyon teknolojisi ile hemen hemen aynıdır. Coblation® teknolojisi, çekirdek içindeki sodyum atomlarından iyonik bir plazma alanı oluşturmak için düşük enerjili bipolar RF dalgası kullanarak ablasyonu sağlar. Bu düşük sıcaklıklı plazma alanı, dokuyu tedavi bölgesinden çıkan gazlara dönüştüren moleküler bir ayrışma süreci yoluyla tedavi alanından bir nevi buharlaştırma ile uzaklaştırır. Diğer RF sistemlerinden (termokoagülasyon) farklı olarak, dokunun ablasyonu ısı enerjisine dayanmaz, bu nedenle termal hasar ve doku nekrozu önlenir. SpineWand™ ise termal kanallar üzerinden bir termal nekroz alanı sağlar (7, 31), ancak bu dokuyu ablasyona uğratan esas güç olmadığı için çok yüksek bir sıcaklık değildir, daha çok ablasyon kanalı çevresindeki sinir ve yumuşak dokuların denatürasyonunu sağlayacak kadardır. Böylece sinir ve komşu doku nekrotik hasarına yol açmaz. Bu iki teknolojinin birleşmesi PLDD' nin bazı dezavantajlarını ortadan kaldırmıştır. NP' nin diğer minimal invaziv ablasyon yöntemleri ve lomber disk hernisi cerrahisi (LDHC)'ne üstünlükleri şöyledir;

- SpineWand™ teknolojisinin termal kanallar üzerinden etki göstermesi sebebi ile end plate dokularında termal hasar riski lazerden daha azdır ancak yine de mevcuttur (7, 26)
- Önemli yumuşak doku yaralanması beklenmez,
- LDHC girişimi sonrası genellikle gözlenen fibrozis riski yoktur,
- İğne içeri girdikten sonra 3 -5 dakikalık işlem süresi mevcuttur,
- İşlem sırasında ve sonrasında hastaneye yatış yoktur. Hastanın uzun dönem istirahat etmesi gerekmez,
- İşlem lokal anestezi altında gerçekleştirilir, anestezi riski yoktur,
- İyileşme süresi LDHC' den çok daha kısadır ve yara izi yoktur,
- Uygulama tekniği PLDD' den daha basit ve uygulama süresinin daha kısa olması ise PLDD ile arasındaki en belirgin farkı oluşturur.



Ancak RF Nucleoplasty® daha pahalı olması ve L5-S1 disk aralığına ulaşmak için kavisli spinal iğnelerinin olmaması PLDD' ye göre dezavantaj oluşturan durumlardır.

Hastanın pozisyonu ve lokal anestezi altında uygulama işlemleri PLDD ile aynıdır. İğnenin girişi ve patolojik disk aralığının tespiti de PLDD gibidir. 17 gauge spinal iğne patolojik disk aralığına yerleştirildikten sonra SpineWand™ sürekli floroskopi kontrolü altında diske ilerletilir. SpineWand™ ilerletildiğinde, Coblation® plazma modu etkinleştirilir, böylece cihazın yolu boyunca doku çıkarılır. Geri çekme sırasında cihazın ucundaki RF ısıtması, bitişik dokunun pıhtılaşmasına neden olur ve bunun sonucunda ablasyon kanalı termal olarak tedavi edilir ve nükleus pulposus içindeki kanala bitişik sinir liflerini denatüre etmek için yeterli termal enerji üretilir. İlk kanal oluşturulduktan sonra SpineWand™ saat yönünde döndürülür. SpineWand™ cihazı kavisli olduğundan, her dönüş yönünü değiştirir ve çekirdeğin içinde yeni bir kanal oluşturur. İstenilen doku küçültme miktarına bağlı olarak toplamda yaklaşık 6 ile 12 kanal oluşturulabilir. NP etkinliği omurganın dejeneratif özelliği ile ters korelasyon gösterir; dejeneratif olmayan disklerde intradiskal basıncı önemli ölçüde azalttığı ancak yüksek derecede dejeneratif diskler üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (7). NP daha önceden cerrahi geçirmiş disk aralığında da uygulanabilir. Ancak literatürde %79 olan NP başarı oranının nüks disk uygulamaları çıkarılınca %82'e çıktığı belirtilmiştir (31). NP'nin de diğer perkütan uygulamalarda olduğu gibi uzun dönem başarı sonuçları net değildir. Bu umut verici sonuçlar, uzun süreli takip ve prospektif çalışmalarla desteklenmelidir.

### **İntradiskal Elektrotermal Terapi (IDET®) (Anüloplasti)**

1997 yılında teknolojinin mucitleri Joel Saal, MD ve Jeff Saal tarafından tanımlanan ağrılı lomber dejeneratif disk hastalığının tedavisi için minimal invaziv bir prosedürdür (29). Bu prosedür ilk olarak konservatif tedaviden fayda görmeyen ve ağrılarının geçmemesi hâlinde spinal stabilizasyon uygulanması planlanan lomber omurganın hafif ve orta dejeneratif disk hastalıklarında kullanılmış ve "diskojenik" sırt ağrısı olan hastaları tedavi etmek için geliştirilmiştir. Diskojenik ağrının en önemli özelliği diskin bulunduğu alan ile sınırlı olması, bacağı yayılmaması, ağrının diskten kaynaklanması ve radikülopati görülüyor olmasıdır. IDET® deneysel çalışmalarında dejeneratif disk içerisindeki lezyonda vasküler granülasyon dokusu ve posterior annülerde yeniden inervasyon gözlenmiştir. IDET® uygulamasında, RF enerjisi,

diske perkütan olarak yerleştirilen termal dirençli bir bobin içinde ısıya dönüştürülür ve uygulamadan 6 hafta sonra iç halka ve bitişik çekirdekte termal nekroz gözlenir. Uygulamanın yine nekroz üzerinden işlemesine rağmen IDET®'in bildirilen faydaları denervasyon ve onarım dışındaki faktörlerle ilişkili olduğu belirtilmektedir (12,13).

Günümüzde Anüloplasti veya IDET® uygulanan hastalar; en az 6 aylık konservatif tedaviye yanıt vermeyen kronik sırt- bel ağrısı olan, günlük aktivitelerinde önemli kısıtlamalara sahip ve bacak ağrısı olmayan hastalardır. Bu hastaların ağrıları ile uyumlu MRG ve diskografi bulguları var ise IDET® (anüloplasti) uygulanabilir. Bu uygulama için diskografi zorunludur ve diskografide tespit edilen hafif -orta dejeneratif disk veya internal disk yırtığı şiddetli, kronik bel- sırt ağrısı ile uyumlu olmalıdır (3,4).

IDET® (anüloplasti) radikülopatisi olanlar, ciddi disk dejenerasyonu ile önemli ölçüde daralması olanlar, disk yüksekliği %50 ve daha fazla azalmış olanlar, aynı düzeyde önceden ameliyat geçirmiş olanlar, önemli psikolojik bozuklukları olanlar, ağrının diskojenik olmayan patolojiye sebep olduğu durumlar, spinal stenoz, spondilolistezis durumlarının varlığı, nörolojik defisit olması, kanama diyatezi olması, deri, deri altı veya kas katmanlarında lokal enfeksiyon varlığında kontrendikedir (13, 29).

Prosedür prensibi, ağrı sinyallerini engellemeye yardımcı olmak için disk duvarındaki sinir uçlarını dağlamaktır. Diğer ablasyon uygulamalarında bahsedildiği gibi spinal iğnenin patoloji olan disk mesafesine yerleştirilmesi sonrasında iğne içerisinden bir elektrotermal kateter (ısıtma teli; SpinCATH®) geçirilir ve kronik ağrıdan sorumlu olduğuna inanılan diskin arka iç duvarı boyunca halka şeklinde konumlandırılır. Daha sonra kateter ucu yavaşça ısıtılır. Bu aşamada kateter ucunun sıcaklık kontrolü sağlanabilir. Ancak genellikle uygulamanın başarısı için 90°C sıcaklığa ulaşması ve uygulamanın 15 – 17 dakikaya tamamlanması önerilir (3,4).

Literatürde %71-74 oranında başarı bildirilmiş olsa da uygulama endikasyonları ve başarı skalaları zor değerlendirilen bir prosedür olması sebebi ile klinik veriler net değildir. Literatür uygulamalarda ciddi bir morbidite bildirilmemiştir ancak vakaların %19'unun herhangi bir ölçekte iyileşme göstermediğini bildirmektedir (13, 29).

### **Faset ve İlişkili Yapıların RF Uygulamaları ile Denervasyonu**

Faset medial dal blokları en sık faset sendromu tanı

ve tedavisi için yapılır. Faset sendromu, faset eklem dejenerasyonu ile görülen kronik bel ve boyun ağrısı nedenlerinden biridir. Kronik bel ağrılarında %25 sebep faset sendromudur. Ağrı sıklıkla ekstansiyonla, rotasyon ve derin palpasyonla artar. Faset sendromunda tipik radiküler ağrı gibi olmasa da kol ve bacağı yansıyan ağrılar olabilir. Bu durumda, lomber diskopatiye veya spondiloza bağlı radikülopatiden ayrımı çok önemlidir. Ayrıca diskektomi veya füzyon uygulanan olguların bir kısmında da faset sendromu gelişebilir. Faset kaynaklı ağrılarda faset eklem inervasyonunu sağlayan ilgili foramenin posterior ramusundan ayrılan medial dalın radyofrekans termoablasyonu ile denervasyonu sık uygulanan ağrı giderme yöntemlerinden birisidir (10).

Bu yöntemlerin diğer yöntemlerden farklı olarak radyolojik olarak şüphede kalınan olgularda tanıya destek olması gibi bir özelliği de bulunmaktadır. İşlem hasta prone pozisyonunda, uyanık ve skopi altında gerçekleştirilir. Faset sendromundan sorumlu olduğu düşünölen fasetin skopi oblik görüntölemede “İskoç köpeğinin” kulağına denk gelecek şekilde işaretlenmesi ile sağlanan üst ve alt medial dalların steroid ile denervasyonu sonucu hastanın şikayetlerinde %50 ve üzerinde düzelme olanlarda faset sendromu tanısı netleşir ve bu hastalar ağrılarının nüks etmesi hâlinde Medial Dal Radyofrekans Termoragölasyon (MDRFT) uygulaması için aday olurlar. MDRFT de teknik olarak yine medial dalın üzerine floroskopik olarak düşölür ve termoablasyon ile medial dal nörotomi uygulanır. Böylece ağrı kaynağı olan faset eklem inervasyonu hedeflenir. Yaklaşık etki süresi 1-2 yıl kadar olup, prosedür tekrarlanabilir (11, 22, 24).

MDRFT’ de literatür bilgisi; lomber faset ağrısı için etkinliğinin iyi olduğu (11), ancak faset eklem içi enjeksiyondan fayda gören ve etkinliği geçtikten sonra uygulanan hastalarda uygulandığında başarı oranlarının daha yüksek olduğu şeklinde (22, 24). Servikal bölge faset sendromlu hastalarda da lomber bölgedeki kadar etkili bir tedavi olduğu belirtilmektedir (24). MDRFT uygulamasına bağlı ciddi komplikasyonlardan bahsedilmemektedir. Ancak işlem sırasında skopi ile işaretleme yapmak ve probu yerleştirdikten sonra ablasyon işlemine başlamadan önce hastanın radiküler ağrısının sorgulanması önemlidir (10,11,24).

## KAYNAKLAR

1. Adam G, Neuerburg J, Vorwerk D, et al: Percutaneous treatment of osteoid osteomas: Combination of drill biopsy and subsequent ethanol injection. *Semin Musculoskelet Radiol* 1:281-284, 1997
2. Andreula C, Muto M, Leonardi M: Interventional spinal procedures. *Eur J Radiol* 50:112-119, 2004
3. Biyani A, Andersson GB, Chaudhary H, An HS: Intradiscal electrothermal therapy: A treatment option in patients with internal disk disruption. *Spine* 28:S8-S14, 2003
4. Bogduk N, Karasek M: Two-year follow-up of a controlled trial of intradiscal electrothermal anuloplasty for chronic low back pain resulting from internal disk disruption. *Spine J* 2:343-350, 2002
5. Callstrom MR, Charboneau JW, Goetz MP, et al: Painful metastases involving bone: Feasibility of percutaneous CT- and US-guided radiofrequency ablation. *Radiology* 224:87-97, 2002
6. Cantwell CP, Obyrne J, Eustace S: Current trends in treatment of osteoid osteoma with an emphasis on radiofrequency ablation. *Eur Radiol* 14:607-617, 2004
7. Chen YC, Lee SH, Chen D: Intradiscal pressure study of Percutaneous disc decompression with Nucleoplasty in human cadavers. *Spine* 28: 661-665, 2003
8. Cioni R, Armillotta N, Bargellini I, et al: CT-guided radiofrequency ablation of ostendais osteoma: Long-term results. *Eur Radiol* 14:1203-1208, 2004
9. Dupuy DE, Hong R, Oliver B, et al: Radiofrequency ablation of spinal tumors: Temperature distribution in the spinal canal. *AJR Am J Roentgenol* 175:1263-1266, 2000
10. Engel A, Rappard G, King W, et al: The effectiveness and risks of fluoroscopically-guided cervical medial branch thermal radiofrequency neurotomy: A systematic review with comprehensive analysis of the published data. *Pain Medicine* 17: 658-669, 2016
11. Falco FJ, Manchikanti L, Datta S, et al: An update of the effectiveness of therapeutic lumbar facet joint interventions. *Pain Physician* 15:909-953, 2012
12. Freedman BA, Cohen SP, Kuklo TR, et al: Intradiscal electrothermal therapy (IDET®) for chronic low back pain in active-duty soldiers: 2-year follow-up. *Spine J* 3:502-509, 2003
13. Freeman BJ, Walters RM, Moore RJ, et al: Does intradiscal electrothermal therapy denervate and repair experimentally induced posterolateral annular tears in an animal model? *Spine* 28:2602-2608, 2003
14. Gamal Nour S, Aschoff AJ, Mitchell ICS, et al: MR imaging-guided radio-frequency thermal ablation of the lumbar vertebrae in porcine models. *Radiology* 224:452-462, 2002

15. Gangi A, Dietemann JL, Ide Ch, et al: Percutaneous laser disk decompression under CT and fluoroscopic guidance: Indications, technique and clinical experience. *Radiographics* 16:89-96, 1996
16. Gangi A, Gasser B, Guth S, et al: New trends in interstitial laser photocoagulation of bones. *Semin Musculoskelet Radiol* 1, 2:331-337, 1997
17. Gazelle GS, Goldberg SN, Solbiati L, et al: Tumor ablation with radiofrequency energy. *Radiology* 217:633-646, 2000
18. Goldberg SN, Gazelle GS, Mueller PR: Thermal ablation therapy for focal malignancy: A unified approach to underlying principles, techniques, and diagnostic imaging guidance. *AJR Am J Roentgenol* 174:323, 2000
19. Goetz MP, Callstrom MR, Charboneau JW, et al: Percutaneous imageguided radiofrequency ablation of painful metastases involving bone: A multicenter study. *J Clin Oncol* 22:300-306, 2004
20. Gronemeyer DH, Schirp S, Gevargez A: Image-guided radiofrequency ablation of spinal tumors: Preliminary experience with an expandable array electrode. *Cancer J* 8:33-39, 2002
21. Honore P, Luger NM, Sabino MA, et al: Osteoprotegerin blocks bone cancer-induced skeletal destruction, skeletal pain and pain-related neurochemical reorganization of the spinal cord. *Nat Med* 6:521-528, 2000
22. Lakemeier S, Lind M, Schultz W, et al: A comparison of intraarticular lumbar facet joint steroid injections and lumbar facet joint radiofrequency denervation in the treatment of low back pain: A randomized, controlled, double-blind trial. *Anesth Analg* 117(1):228-235, 2013
23. Lee JM, Han JK, Kim SH, et al: A comparative experimental study of the in-vitro efficiency of hypertonic saline-enhanced hepatic bipolar and monopolar radiofrequency ablation. *Korean J Radiol* 4:163-169, 2003
24. Liu J, Zhou H, Lu L, et al: The effectiveness of transforaminal versus caudal routes for epidural steroid injections in managing lumbosacral radicular pain. *Medicine (Baltimore)* 95(18):e3373, 2016
25. Nakatsuka A, Yamakado K, Maeda M, et al: Radiofrequency ablation combined with bone cement injection for the treatment of bone malignancies. *J Vasc Interv Radiol* 15:707-712, 2004
26. Nau WH, Diederich CJ: Evaluation of temperature distributions in cadaveric lumbar spine during Nucleoplasty. *Phys Med Biol* 49:158315-94, 2004
27. Parlier-Cuau C, Nizard R, Champsaur P, et al: Percutaneous resection of osteoid osteomas. *Semin Musculoskelet Radiol* 1:257-264, 1997
28. Rosenthal DI, Hornicek FJ, Torriani M: Osteoid osteoma: Percutaneous treatment with radiofrequency energy. *Radiology* 229:171-175, 2003
29. Saal JA, Saal JS: Intradiscal electrothermal treatment for chronic discogenic low back pain: Prospective outcome study with a minimum 2-year follow-up. *Spine* 27966-27973; discussion 27973-27974, 2002
30. Schaefer O, Lohrmann C, Markmiller M, et al: Combined treatment of a spinal metastasis with radiofrequency heat ablation and vertebroplasty. *AJR Am J Roentgenol* 180:1075-1077, 2003
31. Sharps L, Isaacs Z: Percutaneous disk decompression using Nucleoplasty. *Pain Physician* 5:121-126, 2002
32. Witt JD, Hall-Craggs MA, Ripley P, et al: Interstitial laser photocoagulation for the treatment of osteoid osteoma: Results of a prospective study. *J Bone Joint Surg Br* 82-B:1125-1128, 2000



## 21

DEJENERATİF HASTALIKLARDA OZON,  
PRP GİBİ PERKÜTAN UYGULANABİLEN  
İLAÇLARIN KULLANIMI VE GELECEĞİ

Furkan Diren, Mehmet Seçer

## GİRİŞ

Omurganın doğumla birlikte başlayan yaşlanma sürecinde ortaya çıkan dejeneratif değişiklikler hastalarda ağrı ve nörolojik defisite neden olabilir. Burada ortaya çıkan ağrı; dokunun yardım isteğini ifade etmektedir. Uluslararası Ağrı Araştırmaları Derneği'nin ağrı ile ilgili "gerçek veya olası doku hasarı ile ilişkili veya buna benzer hoş olmayan bir duysal ve duygusal deneyim." tanımından da anlaşılacağı gibi ağrı duyusu ile bize ulaşan doku hasarının bilgisidir (28). Bizim de perkütan girişimler ile öncelikli tedavi hedefimiz dejeneratif süreçleri yavaşlatmak, durdurmak mümkünse de geriye çevirerek ağrının giderilmesini sağlamaktır.

Ağrı patogeneğinde disk dejenerasyonu, radiküler ağrı, faset artropatisi, miyofasyal ağrı, sakroiliak eklem ağrısı, spondiloartropatiler ve nosiplastik ağrı yer almaktadır (18). Bel ağrısının etiyojisi tam olarak bilinmemekle birlikte, sıklıkla intervertebral diskin (IVD) dejenerasyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (21). IVD'nin dejenerasyonu sürecinin, artmış hücre dışı matriks yıkımı, anormal matriks sentezi, iltihaplanma ve nosiseptif sinirlerin ve kan damarlarının tipik olarak anöral ve avasküler bir dokuya doğru büyümesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (11, 12, 27, 29). Perkütan girişimler ile uygulanan ilaçların öncelikli hedefi inflamatuvar süreci baskılayarak dejeneratif sürecin önüne geçmektir. Güncel olarak bu durumda en sık kullanılan ilaçlar Ozon (O<sub>3</sub>), PRP (Platelet Rich Plazma) ve Stromal vasküler fraksiyon (SVF) dur. Bunların dışında ekzozom ve kök hücre uygulamaları ile ilgili de klinik çalışmalar bulunmakla birlikte bunların yüksek maliyetleri ve yeterli kanıt değeri yüksek çalışma bulunmaması sebebiyle rutin kullanıma girebilmiş değillerdir.

Ozon (O<sub>3</sub>)

Ozon (O<sub>3</sub>) veya trioksijen, inorganik bir gazdır, diatomik dioksijenden (O<sub>2</sub>) daha düşük stabiliteye sahip bir

oksijen allotropudur (3). Terapötik etki mekanizması, yüksek reaktivitesinde tanımlanabilir: bir kez enjekte edildiğinde, ozon kısa ve kendi kendini sınırlayan bir oksidan etki üretebilir ve bunun sonucunda biyolojik antioksidan hücre tepkisinde bir artış meydana gelir. Bu açıdan ozon, hücre metabolizmasında bir değişikliğe neden olan endojen araçları aktive eden bir ön ilaç görevi görür (31). Etki mekanizmaları; inflamasyonun inhibisyonu, iskemi ve venöz stazın düzeltilmesine, endorfin salınımının refleks indüksiyonuna ve ayrıca antinosiseptif-analjezik etkilerin desteklenmesine kadar uzanır (2). Ozon nukleus pulposusa uygulandığında, proteoglikan moleküllerinin parçalanması ve negatif yüklü sülfat yan zincirlerinin nötralizasyonu ile sonuçlanır (32). Bu muhtemelen diskin su tutma kabiliyetini azaltır ve herniasyon hacminde bir azalma ile sonuçlanır (19).

İntradiskal ozon uygulamasının yan etki ya da komplikasyon oranı <%0.1 olduğu tahmin ediliyor (25, 26).

İntradiskal ozon uygulamalarında endikasyonlar net sınırlar ile çizilmemiştir. Parsiyal motor defisiti olan hastalara uygulayan ve başarılı sonuçlar elde eden çalışma bildirilmiştir (8), ancak genel anlamda en az 3 hafta medikal tedaviye yanıt olmayan, bacak ağrısının ön planda olduğu bel ve bacak ağrıları olan ve MR'larında şikayetleri ile uyumlu disk hernisi olan hastalara uygulanmaktadır. Ekstrude disk hernisi, ileri spinal ya da foraminal stenoz, disk yüksekliğinde %50'den daha fazla azalma, konus ve kauda sendromu olan hastalar ile kanama diyatezi, aktif enfeksiyon, hamile, omurga tümörü, yeterli medikal tedavi görmemiş (3 haftadan az), G6P dehidrojenaz eksikliği olan hastalara uygulanmamaktadır (4, 6, 15, 17).

Ozon uygulaması genellikle sedoanestezi altında uygulanmaktadır. Hastalar ameliyat masasında genellikle prone olarak pozisyonlanır (9, 15). Ancak lateral dekübit pozisyonda, işlem yapılacak yer yukarıda olacak şekilde de yapılabilir (4). İşlemler genellikle skopi altında yapılmakla beraber tomografi altında



da yapılabilir. Ancak tomografi altında yapılması hem yüksek maliyetli hem de alınan radyasyon düzeyi daha fazla olması ve başarı oranları arasında da fark olmaması sebebiyle çok tercih edilmemektedir (33). İntradiskal giriş yolu olarak standart posterolateral, ekstraforaminal yol kullanılmaktadır. Ozon jeneratöründen steril ozon temin edildikten hemen sonra intradiskal olarak uygulanmaktadır (4, 35).

Literatürde ozon tedavisinin intradiskal uygulamaları ile ilgili kanıt değeri yüksek ve uzun takip süreli yeterli çalışma olmamasına rağmen güncel derlemelerde ozon tedavisinin başarı oranlarının yüksek olduğu, işlem maliyetleri ve komplikasyon oranlarının düşük olduğu bildirilmiştir (23, 30). Kanıt değeri yüksek ve uzun takip süreli çalışmalar ile komplikasyon oranları ve hastaların cerrahiye gitme oranları net olarak ortaya konulduğu takdirde ozon tedavisinin etkinliği çok daha iyi anlaşılacaktır.

### PRP (Platelet Rich Plasma)

PRP, santrifüjlenmiş tam kandan elde edilen çeşitli hücrelerin ve büyüme faktörlerinin otolog bir konsantresidir (14). PRP'nin etkilerini, hücre proliferasyonunu ve vaskülarize hücrelerin farklılaşmasını aktive eden dönüştürücü büyüme faktörü- $\beta$ , insülin benzeri büyüme faktörü, trombosit kaynaklı büyüme faktörü ve vasküler endotelial büyüme faktörü dahil olmak üzere yüksek konsantrasyonda büyüme faktörleri sağlayarak elde ettiği gösterilmiştir (10). Vasküler proliferasyonu uyarması avasküler yapıya sahip intervertebral disk üzerindeki etkinliğin sorgulanmasına neden olmakla birlikte antiinflamatuvar etkisinin de olması intradiskal uygulamada etkili olabileceğini düşündürmektedir. Otolog kandan hazırlandığı için kalıcı hasara neden olan komplikasyon bildirilmemiştir. Çalışmalarda 30-200 ml kandan 1-5 ml PRP hazırlanarak uygulama yapılmıştır (14).

Literatürde PRP'nin diskojenik ağrı kontrolü ile ilgili meta analizde, ağrı kontrolünde etkili olduğu gösterilmiştir (5). Ancak intradiskal PRP enjeksiyonu lomber disk hastalığı için ağrı kontrolünde bazı yararlı etkiler gösterse de, derlenen çalışmalardan yapısal veya fonksiyonel iyileşme saptanmamıştır (24).

### Stromal Vasküler Fraksiyon (SVF)

Ciltaltı yağ dokusundan ve genellikle abdominal bölgeden mini lipoaspirasyon tekniği ile yağ dokusu elde edilir. Bu doku içerisinde parakrin fonksiyonu olan büyüme faktörleri ve kök hücreler bulunur. Burada bulunan adipozdoku kaynaklı-mezenkimal kök hücreler (AK-MKH)'in elde edilebilmesi için yağ hücreleri ve eritrositler gibi diğer hücrelerden arın-

dırılması gerekmektedir. Bunun için yıkama işlemi, enzimatik reaksiyon (genellikle kollejanaz 1 ve 2 kullanılır) ve santrifüj uygulanmasından sonra kök hücreleri içeren aspirat elde edilir. Kök hücrelerin ayrıştırıldığı bu işlemler hazır kitler ile yapılmaktadır (1, 22). SVF işlemi standardize edilmiş enzim oranları ve santrifüj süreleri ile yapılmamaktadır. Oranlar ve süreler değişmesine karşın işlemin ana hatları değişmemektedir (13).

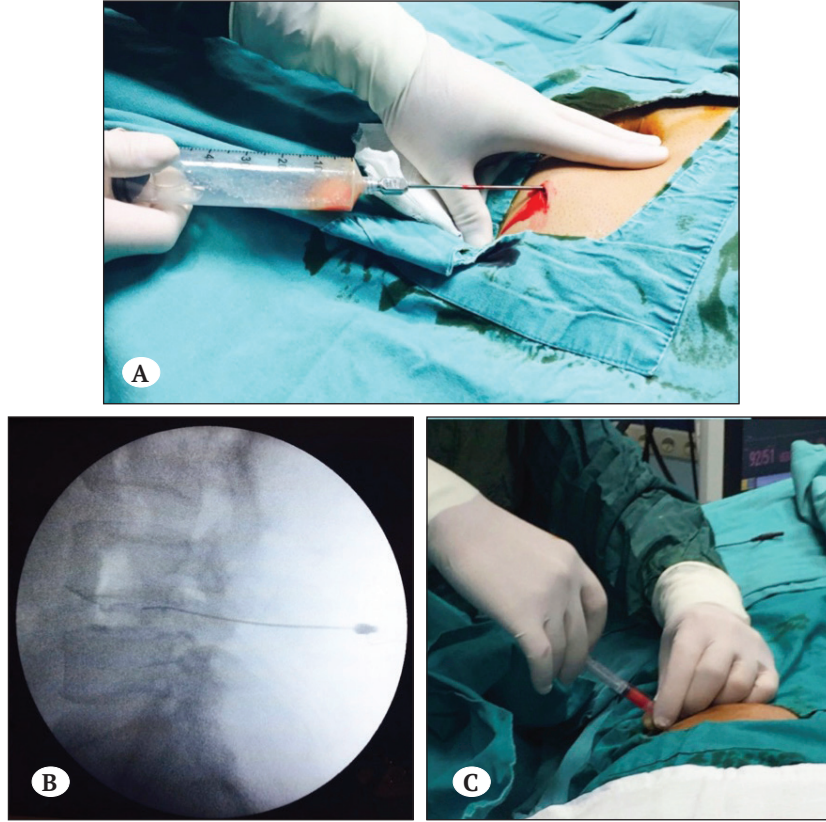
SVF ile elde edilen kök hücreler diyabetes mellitus, yaşlanma karşıtı, dejeneratif kas-iskelet sistemi hastalığı, kardiyovasküler ve metabolik hastalıklar, otizm gibi rahatsızlıklarda kullanılmaktadır (16). Dejeneratif diskopatilerde PRP ile birlikte kullanımı ile ilgili etkili sonuçlar alındığı bildirilmesine karşın klinik deneme olarak literatürde yer bulmuştur (7). Aspirat hazırlandıktan sonra skopi altında intradiskal alana aspirat verilmektedir (Şekil 1).

Dejeneratif diskopatilerde etkinliği ile ilgili yüksek kanıt değeri olan çalışma bulunmamaktadır. PRP'de olduğu gibi SVF'de de büyüme faktörleri bulunmaktadır. Özellikle vasküler endotelial büyüme faktörlerinin avasküler disk içerisine uygulandığında diskin rejeneratif sürecine etkisi ile ilgili halen soru işareti olmasına karşın SVF ile verilen kök hücrelerin ve parakrin fonksiyonu olan sitokinlerin antiinflamatuvar etkilerinin daha fazla olması intradiskal uygulamalarda ağrının kontrol edilmesi açısından etkili olabileceğini düşündürmektedir.

### Ekzozomlar

Kök hücreler tarafından üretilen ve hücrelerden salınan, hücreler arası iletişimi sağlayan parakrin fonksiyonu olan hücreler arası iletişimi sağlayan sinyal vezikülleridir. İçlerinde sitokinler, proteinler, lipidler, mRNA'lar, miRNA'lar, kodlayıcı olmayan RNA'lar (ncRNA) ve ribozomal RNA'lar bulundurmaktadırlar. Kök hücrelere benzer şekilde etkileri bulunmaktadır (20). Ekzozomlar intervertebral disk içerisinde Nükleus Pulposus Hücrelerinin apoptozunu engellediği, ekstrasellüler matriks proteinlerinin parçalanmasını azalttığı ve disk dejenerasyonuna aracılık eden diğer mekanizmaları inhibe ederek intervertebral disk dejenerasyonu önlediği gösterilmiştir (36). Ancak ekzozomlar buldukları ortamda uzun süre kalamadıkları için kısa süreli etkileri vardır. İşte bunun önüne geçip uzun süreli etkiler elde edebilmek için veziküllerin ortamda bulunduğu süreyi uzatmayı sağlayan skafold denilen hücre iskeleti molekülleri kullanılmaktadır (34).

Dejeneratif hastalıklar ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe çoğalmaktadır. Dejeneratif süreçlerin kontrol



**Şekil 1:** SVF işlemi ile intradiskal uygulanması. **A)** Mini lipospirasyon ile yağ dokusu alınması, **B)** Skopi altında disk içerisine girilmesi, **C)** Aspiratın disk içerisine uygulanması.

altına alınması ve rejeneratif süreçlerin uyarılmasında hücresel tedavilerin ışığı gittikçe parlamaktadır. Burada bahsedilen tedavilerin dışında hücresel düzeyde uyarılma sağlayan moleküller de denmektedir. Minimal invazif girişimler; cerrahi yöntemlerden daha avantajlı gibi görünse de; klinik ve radyolojik bulgular en uygun tedavinin seçilmesi açısından değerlendirilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Amirkhani MA, Mohseni R, Soleimani M, et al: A rapid sonication based method for preparation of stromal vascular fraction and mesenchymal stem cells from fat tissue. *Bioimpacts*. 2016;6(2):99-104.
2. Andrade RR, Oliveira-Neto OB, Barbosa LT, et al: Efetividade da ozonioterapia comparada a outras terapias para dor lombar: revisão sistemática com metanálise de ensaios clínicos randomizados [Effectiveness of ozone therapy compared to other therapies for low back pain: a systematic review with meta-analysis of randomized clinical trials]. *Braz J Anesthesiol*. 2019;69(5):493-501.
3. Bocci VA: Scientific and medical aspects of ozone therapy. State of the art. *Arch Med Res*. 2006;37(4):425-435.
4. Buric J, Rigobello L, Hooper D: Five and ten year follow-up on intradiscal ozone injection for disc herniation. *Int J Spine Surg*. 2014;8:17.
5. Chang MC, Park D: The Effect of Intradiscal Platelet-Rich Plasma Injection for Management of Discogenic Lower Back Pain: A Meta-Analysis. *J Pain Res*. 2021;14:505-512.
6. Clavo B, Robaina F, Urrutia G, et al: Ozone therapy versus surgery for lumbar disc herniation: A randomized double-blind controlled trial. *Complement Ther Med*. 2021;59:102724.
7. Comella K, Silbert R, Parlo M: Effects of the intradiscal implantation of stromal vascular fraction plus platelet rich plasma in patients with degenerative disc disease. *J Transl Med*. 2017 May 22;15(1):108.
8. Dall'Olio M, Princiotta C, Cirillo L, et al: Oxygen-ozone therapy for herniated lumbar disc in patients with subacute partial motor weakness due to nerve root compression. *Interv Neuroradiol*. 2014;20(5):547-554.
9. Ercalik T, Kilic M: Efficacy of Intradiscal Ozone Therapy with or without Perforaminal Steroid Injection on Lumbar Disc Herniation: A Double-Blinded Controlled Study. *Pain Physician*. 2020;23(5):477-484.

10. Foster TE, Puskas BL, Mandelbaum BR, et al: Platelet-rich plasma: from basic science to clinical applications. *Am J Sports Med.* 2009;37(11):2259-2272.
11. Freemont AJ: The cellular pathobiology of the degenerate intervertebral disc and discogenic back pain. *Rheumatology (Oxford).* 2009;48(1):5-10.
12. Freemont AJ, Peacock TE, Goupille P, et al: Nerve ingrowth into diseased intervertebral disc in chronic back pain. *Lancet.* 1997;350(9072):178-181.
13. Gentile P, Calabrese C, De Angelis B, et al: Impact of the Different Preparation Methods to Obtain Human Adipose-Derived Stromal Vascular Fraction Cells (AD-SVFs) and Human Adipose-Derived Mesenchymal Stem Cells (AD-MSCs): Enzymatic Digestion Versus Mechanical Centrifugation. *Int J Mol Sci.* 2019;20(21):5471.
14. Hirase T, Jack II RA, Sochacki KR, et al: Systemic Review: Is an Intradiscal Injection of Platelet-Rich Plasma for Lumbar Disc Degeneration Effective?. *Cureus.* 2020;12(6):e8831.
15. Hosseini B, Taheri M, Sheibani K: Comparing the results of intradiscal ozone injection to treat different types of intervertebral disc herniation based on MSU classification. *Interv Neuroradiol.* 2019;25(1):111-116.
16. Karina K, Rosliana I, Rosadi I, et al: Safety of Technique and Procedure of Stromal Vascular Fraction Therapy: From Liposuction to Cell Administration. *Scientifica (Cairo).* 2020;2020:2863624.
17. Kelekis A, Bonaldi G, Cianfoni A, et al: Intradiscal oxygen-ozone chemonucleolysis versus microdiscectomy for lumbar disc herniation radiculopathy: a non-inferiority randomized control trial. *Spine J.* 2022;22(6):895-909.
18. Knezevic NN, Candido KD, Vlaeyen JWS, et al: Low back pain. *Lancet.* 2021;398(10294):78-92.
19. Lehnert T, Naguib NN, Wutzler S, et al: Analysis of disk volume before and after CT-guided intradiscal and periganglionic ozone-oxygen injection for the treatment of lumbar disk herniation. *J Vasc Interv Radiol.* 2012;23(11):1430-1436.
20. Lu K, Li HY, Yang K, et al: Exosomes as potential alternatives to stem cell therapy for intervertebral disc degeneration: in-vitro study on exosomes in interaction of nucleus pulposus cells and bone marrow mesenchymal stem cells. *Stem Cell Res Ther.* 2017;8(1):108.
21. McCann MR, Séguin CA: (2016). Notochord Cells in Intervertebral Disc Development and Degeneration. *Journal of developmental biology*, 4(1), 3.
22. Mehrkens A, Di Maggio N, Gueven S, et al: Non-adherent mesenchymal progenitors from adipose tissue stromal vascular fraction. *Tissue Eng Part A.* 2014;20(5-6):1081-1088.
23. Migliorini F, Maffulli N, Eschweiler J, et al: Ozone injection therapy for intervertebral disc herniation. *Br Med Bull.* 2020;136(1):88-106.
24. Muthu S, Jeyaraman M, Chellamuthu G, et al: Does the Intradiscal Injection of Platelet Rich Plasma Have Any Beneficial Role in the Management of Lumbar Disc Disease?. *Global Spine J.* 2022;12(3):503-514.
25. Muto M, Ambrosanio G, Guarnieri G, et al: Low back pain and sciatica: treatment with intradiscal-intraforaminal O(2)-O (3) injection. Our experience. *Radiol Med.* 2008;113(5):695-706.
26. Pellicanò G, Bonetti M, Muto M, et al: Oxygen-Ozone therapy for herniated disc: analysis of complications. *Neuroradiol J.* 2010;23(1):224
27. Peng Y, Lv FJ: Fibrosis in intervertebral disc degeneration: knowledge and gaps. *Austin J Orthoped Rheumatol.* 2014;1(1).
28. Raja SN, Carr DB, Cohen M, et al: The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain.* 2020;161(9):1976-1982.
29. Risbud MV, Shapiro IM: Role of cytokines in intervertebral disc degeneration: pain and disc content. *Nat Rev Rheumatol.* 2014;10(1):44-56.
30. Sconza C, Leonardi G, Kon E, et al: Oxygen-ozone therapy for the treatment of low back pain: a systematic review of randomized controlled trials. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2021;25(19):6034-6046.
31. Sconza C, Respizzi S, Virelli L, et al: Oxygen-Ozone Therapy for the Treatment of Knee Osteoarthritis: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Arthroscopy.* 2020;36(1):277-286.
32. Soltés L, Mendichi R, Kogan G, et al: Degradative action of reactive oxygen species on hyaluronan. *Biomacromolecules.* 2006;7(3):659-668.
33. Somma F, D'Agostino V, Negro A, et al: Radiation exposure and clinical outcome in patients undergoing percutaneous intradiscal ozone therapy for disc herniation: Fluoroscopic versus conventional CT guidance. *PLoS One.* 2022;17(3):e0264767.
34. Xing H, Zhang Z, Mao Q, et al: Injectable exosome-functionalized extracellular matrix hydrogel for metabolism balance and pyroptosis regulation in intervertebral disc degeneration. *J Nanobiotechnology.* 2021;19(1):264.
35. Zhang Y, Ma Y, Jiang J, et al: Treatment of the lumbar disc herniation with intradiscal and intraforaminal injection of oxygen-ozone. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2013;26(3):317-322.
36. Zhu L, Shi Y, Liu L, et al: Mesenchymal stem cell-derived exosomes ameliorate nucleus pulposus cells apoptosis via delivering miR-142-3p: therapeutic potential for intervertebral disc degenerative diseases. *Cell Cycle.* 2020;19(14):1727-1739.

## 22

ULTRASONOGRAFİ REHBERLİĞİNDE  
SPİNAL ALGOLOJİK GİRİŞİMLER

Feryal Akşan, Derya Güner, Can Eyigör

## GİRİŞ

Görüntüleme yöntemleri ile enjeksiyon teknikleri, multimodal ağrı yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır ve ultrasonografi, bu prosedürleri gerçekleştirmek için giderek daha değerli ve umut verici bir araç hâline gelmiştir. Ultrason rehberliğinin kullanımındaki artış, ultrasonun omurga ağrılarının girişimsel ağrı tedavilerinde de artan kullanımına yol açmıştır. Ultrason kılavuzluğunda nöroaksiyel enjeksiyonların başarılı bir şekilde uygulanması, temel ultrason ilkelerinin ve omurga sonoanatomisinin tam olarak anlaşılmasını gerektirir. Diğer bazı önemli faktörler arasında kemik, yumuşak doku ve nöral yapıların uygun şekilde tanımlanması, temel ultrason görüntülerinin değerlendirilmesi ve iğnenin gerçek zamanlı olarak başarılı bir şekilde takip edilmesi yer alır. Bilindiği gibi ultrasonografik görüntülemenin flouroskopiye göre en önemli avantajı sadece kemik yapıyı değil esas hedef olan sinir ve yumuşak dokuları da görüntüleyebilmesidir. Spinal radiküler ağrı, spinal sinirin veya kökünün sıkışması veya irritasyonundan kaynaklanır. Tedavi seçenekleri konservatif tedaviden cerrahi müdahalelere kadar uzanır. Konservatif yöntemler medikal tedavi ile fizik tedavi ve rehabilitasyon programlarını içerir (9,25). Bununla birlikte, konservatif tedavinin başarısız olduğu ve belirgin nörolojik defisiti olan hastalarda cerrahi tedavi düşünülmelidir. Transforaminal enjeksiyon, spinal radiküler ağrı için köklü, minimal invaziv ve yaygın olarak uygulanan bir prosedürdür. Klasik olarak iğne ucunun görüntülenmesi ve kontrast yayılımının tanımlanması nedeniyle floroskopi veya bilgisayarlı tomografi (BT) altında yapılmaktadır (12,22,34). Bununla birlikte, başlıca dezavantajları hastaların, uygulayıcı hekimin ve yardımcı sağlık personelinin radyasyona maruz kalması, müdahaleyi gerçekleştirmek için özel bir alan gerektirmesi, pahalı ekipman ve ağır kurşun önlükler giyilmesidir. Son yıllarda, ultrason kılavuzluğunda sinir blokları, floroskopi veya BT ile yapılanlara göre radyasyona maruz kalmama, enjeksiyon sırasında radyasyon yalıtımlı özel bir alan gerektirmeme, ekipman hareketli-

liği, yumuşak doku patolojilerini saptama ve gerçek zamanlı görüntüleme gibi çeşitli avantajlar sunduğu için dikkat çekmektedir (31). Nöroaksiyel bloklarda foraminal alanın kemik yapılarla gölgelenmesi ve dolayısıyla iğne ucu pozisyonunun istenen konumda görüntülenememesi, özellikle obez hastalarda derin anatomik yapıların yetersiz görüntülenmesi ultrason rehberliği için yaşanan zorluklar arasında sayılabilir. Ağrı yönetimi müdahaleleri gelişmeye devam ettikçe ultrason kullanımında artış olacağı düşünülmektedir. Bu bölümde ultrasonografi rehberliğinde uygulanan spinal algolojik girişimsel tedavilerden bahsedilmektedir.

## Temel Ultrasonografi İlkeleri ve Spinal Sonografi

Ultrasonografi, megahertz (MHz) seviyesinde yüksek frekanslı geniş bant ses dalgalarının kullanıldığı bir teknolojidir. Tıbbi ultrason 30 kHz ile 500 MHz frekans aralığındadır. Genel olarak düşük frekanslar (30 kHz - 3 MHz) terapötik amaçlar için kullanılırken, yüksek frekanslar (2-40 MHz) görüntüleme ve doppler ile tanı için ve çok yüksek frekanslar (50-500 MHz) mikroskobik görüntüleme kullanılmaktadır (32). Uzaysal çözünürlük iki yakın konumdaki nesneyi ayırt etme yeteneğidir. Uzaysal çözünürlük aksiyel çözünürlük (farklı derinliklerdeki iki nesneyi ayırt etme özelliği) ve lateral çözünürlük (dik olarak yana duran iki nesneyi ayırt etme özelliği) içerir. Yüksek frekanslı ultrasonografik görüntüleme daha iyi çözünürlük ile ilişkilidir, ancak doku penetrasyonu derinlik ile ters orantılıdır (35). Transdüser frekansı seçilirken uzaysal çözünürlük ve ışın penetrasyonu dengelenmelidir. Görüntü kalitesi ultrason ışınının açısına bağlıdır ve hedefe dik olduğunda en iyi görüntü ortaya çıkmaktadır.

Ultrason kılavuzluğunda enjeksiyonlar yapılırken kullanılan 2 tarama yaklaşımı vardır:

1. Düzlem içi yaklaşım (in plane teknik) iğne gövdesinin tamamı dokuya ilerlerken tam olarak görüntülenebilir, ancak ışının iğne ile doğru bir şekilde hizalanması gerekmektedir.



2. Düzlem dışı yaklaşım (out of plane teknik), işlem sırasında iğne gövdesinin tamamı görüntülenebilir sadece dokuya ulaşan iğne ucu parlak bir nokta olarak görülebilir.

Omurga derinde yer alan bir yapı olduğu için spinal sonografide tipik olarak düşük frekanslı (konveks) transdüser kullanılması daha iyi sonuçlar verebilir. Daha yüzeysel alanlarda (servikal bölge gibi) yüksek frekanslı prob tercih edilebilir. Düşük frekanslı prob iyi doku penetrasyonu sağlar ancak nöral yapıların görüntülediği derinlikte çözünürlük iyi değildir. Nöroaksiyel yapıları örten omurganın kemik çerçevesi gelen ultrason sinyalinin büyük kısmını yansıtır. Ayrıca ultrason görüntüleme için akustik pencere (interlaminer ve interspinöz boşluk) nispeten dardır. Bu durum nöroaksiyel yapıların yüksek kalitede görünürlüklerini elde etmek için ek bir zorluk oluşturur. Ultrason teknolojisindeki son gelişmeler, ultrason cihazlarının görüntü işleme yetenekleri, gelişmiş görüntüleme yöntemlerinin kullanılabilirliği (harmonik görüntüleme, abrazyon düzeltme, renkli B mod görüntüleme gibi) ve yeni ultrason tarama protokollerinin geliştirilmesi nöroaksiyel yapıları görüntüleyebilme yeteneğimize katkı sağlamaktadır (7,16,17). Temel olarak median, transvers ve koronal düzlem olmak üzere 3 ana düzlem vardır. Median düzlem orta çizgiden geçer ve vücudu sağ ve sol iki eşit parçaya ayıran longitudinal düzlemdir. Sagittal düzlem de longitudinal düzlemdir ve median düzleme paraleldir. Aksiyel veya horizontal düzlem de denilen transvers düzlem zemine paraleldir. Koronal veya frontal düzlem ise zemine diktir. Omurga transvers veya longitudinal düzlemlerde, hasta oturur pozisyondayken, lateral dekübit veya prone pozisyondayken ultrason ile görüntülenebilir. Nöroaksiyel yapılar median sagittal veya median transvers düzlemlere göre paramedian sagittal düzlemde daha iyi görüntülenebilir. Transvers ve sagittal görüntüleme düzlemleri omurganın ultrason muayenesi sırasında birbirini tamamlar. Koronal düzlem özellikle multiplanar üç boyutlu ultrason görüntüleme sırasında 3D hacminden görüntüler oluşturmak için görüntülenir. Lomber omurganın transvers görüntülenmesi sırasında ultrason ışını spinöz çıkıntı seviyesinde veya interspinöz boşluk arasında yer alabilir. Sagittal tarama orta hat veya bir paramedian düzlem üzerinden yapılabilir. Paramedian düzlem daha sık kullanılır ve paramedian sagittal görüntüleme sırasında ultrason ışını orta hattın laterale gönderilir ve ultrason görüntüleri lamina seviyesinden, artiküler çıkıntı seviyesinden veya transvers çıkıntı seviyesinden elde edilebilir (14). Paramedian sagittal oblik eksende omurga görüntülediğinde nöroaksiyel yapıların USG

çözünürlüğü artmaktadır. Özellikle torasik omurgada paramedian sagittal görüntüleme daha önemlidir.

## Servikal Omurgada Ultrason Rehberliğinde Enjeksiyonlar

Klinik uygulamada servikal ağrı yaygın bir durumdur. Geçici servikal radikülopati, popülasyonun yaklaşık %40'ında hayatlarının bir döneminde meydana gelir (8,36). Fizik tedavi ve diğer rehabilitasyon yöntemlerinin yanı sıra faset eklemlere veya sinir köklerine yönelik enjeksiyon tedavisi servikal radikülopati tedavisinde uygulanır ve özel konservatif tedavinin başarısız olduğu durumlarda endikedir. Nörolojik defisit veya ilişkili myelopatik bulgular varlığında ise cerrahi tedavi önerilir (11). Servikal köklerin enjeksiyon tedavisi için endikasyonlar sınırdan lateral ve foraminal disk hernileri ve ameliyat edilemeyen kemik değişiklikleri ile kronik sinir hasarıdır. Servikal faset eklemler için endikasyonlar, mikrotravma ve instabilite nedeniyle akut faset eklem bozukluğu ve faset eklem hiperplazisi dahil faset eklem osteoartritidir.

## Temel Servikal Omurga Anatomisi

Servikal faset (zigapofizyal) eklemler, hem fibröz eklem kapsülü hem de sinovyal membranı içeren diarthrodial eklemlerdir (27). Servikal omurlar C3 ile C6 seviyelerinde ortak özelliklere sahipken, C1 (atlas), C2 (aksis) ve C7 omurları benzersiz anatomik özelliklere sahiptir (28). C1 (atlas) omurunun bir vertebra gövdesi veya spinöz süreci yoktur. Aynı zamanda gerçek bir faset eklemi de yoktur. Atlas yuvarlak şeklindedir, anterior ve posterior iki arkı ve yan taraflarında birer massa lateralis vardır. Posterior ark genellikle küçüktür, anterior ark kalındır. Massa lateralisler ve transvers proses, anterior ve posterior arka beraber atlas yüzüğü oluşturur. Her bir massa lateralis faset eklemidir. Atlasın en büyük ve en sağlam kısımlarıdır. Anterior ve posterior olmak üzere iki eklem yüzeyi taşırlar. Superior artiküler fasetler böbrek şeklinde konkav ve yüzeyi yukarı doğrudur. Inferior artiküler fasetler düz ve yüzü aşağı, dışarı doğrudur. C2 (aksis) omurunun belirgin bir bifid spinöz süreci (odontoid proses) vardır. C1 vertebra ile merkezi bir eklem oluşturmak üzere üstten çıkıntı yapan dens, rotasyon yapabilen atlantoaksiyal eklemi oluşturur. Eklem periartiküler ligamentler (apikal, alar ve transvers ligamentler) ile güçlendirilir. Atlas C2'nin superior artiküler fasetinde aksis ile artiküle olur. Dens etrafında geniş ve yoğun bir vasküler ağ vardır. Geniş bir aksesuar ligament olan atlantoaksiyel ligament C1, C2 ve oksiputa bağlanır. Kranioservikal stabiliteye katkıda bulunur. Atlantoaksiyel eklemde kemik sınırların eksikliği, geniş akustik pencere oluşumu ile sonuçlanır. Fakat burada asendan vertebral arter-



lerin karmaşık dağılımı olduğu akılda tutulmalıdır. C7 vertebra tüm servikal vertebralar arasında en uzun spinöz proçese (vertebral prominens) sahiptir (6). Spinöz proçes kalın, neredeyse horizontaldır ve tüberküle sonlanır. Transvers proçesi rölatif olarak büyüktür ve anterior tüberküli yoktur veya rudimenterdir. C3-C6 vertebraların her birinin konkav bir superior yüzeyi ve konveks bir inferior yüzeyi vardır. Bitişik vertebralar ile unkovertebral eklemler (Iuschka eklemleri) aracılığı ile artiküle olurlar. Unkovertebral eklem osteofitleri foramina çıkışının daralmasına katkıda bulunabilir. Servikal omurga içindeki spinal kanal gövdenin büyüklüğünden daha geniştir. Aynı zamanda üçgen şeklindedir, pediküller geriye ve laterale doğru yönelmiştir. Her bir vertebranın transvers proçesi, vertebral arterin foramen magnuma doğru yukarı seyrine izin vermek için foramen transversarium tarafından delinmiştir. Her bir transvers proçes, aralarında spinal sinirin oluştuğu bulunan anterior ve posterior tüberküli içerir. C6'nın anterior tüberküli geniştir ve Chassaignac tüberküli olarak adlandırılır. C3-C5 de posterior tüberküller daha aşağıda ve lateralde bulunur. C3-C6 spinöz proçesler bifid olabilir. İlk bifid spinöz proçes C2 vertebraya aittir. Bu işaret diğer servikal vertebraların tanınmasında kullanılır. Faset eklemler aksiyel düzleme doğru 45 derece yönelmiştir ve bu da faset eklemin diğeri üzerinde yönelmiştir ve bu da faset eklemin diğeri üzerinde kaymasına izin verir. Spinal sinirler nöral foramenlerden çıkar. Bu foramenler C2-C3'de en geniştir. C6-C7 seviyesine doğru boyut giderek azalmaktadır. Spinal sinirler kendisiyle uyumlu vertebra gövdelerinin üst kısmından çıkış yaparlar. C1 spinal sinir atlas üstünden, C2 spinal sinir aksis üstünden çıkar. Bu düzen izlendiğinde son servikal kök C8'dir ve C7 ve T1 arasından çıkar. Anterior spinal arter önemli bir arterdir. Servikal spinal kordun anterior 2/3 ünü besler. Kordun santral sulkusunda yer alır ve kordun dorsalinde posterolateralde seyreden bir çift posterior arter ile birlikte. Anterior spinal arter gerekli kanı vertebral arterin servikomedüller bileşkesinden çıkan anterior spinal dallardan sağlar. Bu anatomi epidural steroid enjeksiyonlar ile ilgilidir. Radiküler arterler aortadan çıkar, sinir kökleri ve spinal kordu da beslemektedir. Radikülomedüller arterler anterior spinal artere kan sağlamasında destek olurlar. İntervertebral foramen boyunca bulunurlar ve enjeksiyon sırasında potansiyel olarak anterior spinal arterin hasarına sebep olabilecek şekilde etkilenebilirler. Servikal spinal kordun posterior 1/3 ü küçük ve çift olarak bulunan posterior spinal dallardan beslenir.

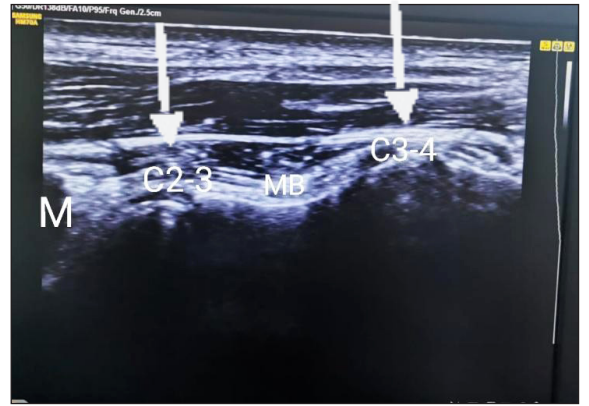
## Servikal Faset Eklem Enjeksiyonları

### Teknik

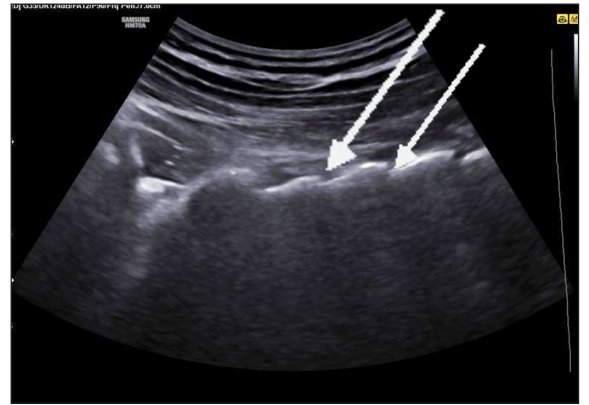
#### Pozisyon:

**1.Lateral yaklaşım:** Hasta, ilgilenilen taraf yukarı bakacak şekilde lateral dekübit pozisyonuna yerleştirilir. Başı yastıkla desteklenir, omuzlar muayene masasına dik olacak şekilde yatırılır. Uygulayıcı lateral yaklaşımda hastanın arkasında yer alır (Şekil 1).

**2.Posterior yaklaşım:** Hasta pron pozisyonunda yatırılır. Pozisyon değiştirilmeden bütün eklemlere ulaşabilme avantajı vardır. Uygulayıcı posterior yaklaşımda hastanın yanında yer alır (Şekil 2).



**Şekil 1.** Lateral dekübit pozisyonunda lineer prob ile mastoid proçesten inferiora doğru ilerleme ile C2-3 ve C3-4 faset eklem ve medial dal (MB) görüntülenmesi (tepe-vadi görüntüsü). Oklar out of plane teknikle servikal faset eklem enjeksiyonunu göstermektedir. M: Mastoid Proçes, MB: Medial Branch (Görsel Dr. Derya Güner'in arşivinden alınmıştır).



**Şekil 2.** Pron pozisyonunda konveks prob ile longitudinal düzlemde servikal faset eklemlerin sonografik görünümü (testere dişi görünümü). Oklar kaudo sefal olarak in plane teknikle faset eklem enjeksiyonunu göstermektedir (Görsel Dr. Derya Güner'in arşivinden alınmıştır).

### Transdüser seçimi:

Servikal omurga çevresindeki kas yapılarının dansitesi nedeniyle servikal girişimlerde yüksek frekanslı lineer prob (5-12 MHz) veya düşük frekanslı konveks prob (2-5 MHz) eşliğinde gerçekleştirilebilir. Obez hastalarda konveks prob tercih edilebilir. Konveks prob, lineer prob ile karşılaştırıldığında in-plane rezolüsyonu düşüktür, fakat genellikle faset eklemlerin cilde göre derinliği nedeniyle önem taşır. Probun footprinti genellikle geniştir, doğru pozisyon için pratik gerekmektedir.

### Sonografik Tarama, Seviye Belirleme ve Enjeksiyon

Pron pozisyonda posterior yaklaşımla enjeksiyon için spinöz süreçler kullanılarak orta hatta longitudinal düzlem taraması uygulanır. Transdüser servikal omurga boyunca oksiputtan başlayarak aşağıya doğru kraniokaudal yönde spinöz süreçler üzerinde ilerletilir ve daha sonra hangi taraf faset eklem enjeksiyonu uygulanacaksa tipik faset eklem görüntüsü (testere dişi görüntüsü) sağlanana kadar laterale kaydırılır. Sonrasında in plane teknikte inferiordan superiora doğru iğne yönlendirilerek bir üst seviye inferior artiküler süreç ve bir alt seviye superior artiküler süreç tarafından oluşturulan faset eklem aralığı hedeflenir. Her bir seviye için ortalama 0,5-1 cc volümde enjektat uygulanır. Lateral yaklaşımda ise uygulanacak faset eklem üstte kalacak şekilde hasta lateral dekübit pozisyonundayken lineer prob ile trakeal orta hattan laterale doğru tarama yapılarak servikal omurların tipik anatomik özelliklerinden yararlanılarak seviye belirlenebilir. C6 vertebra'nın belirgin anterior tüberkülü olması ve C7 vertebra'nın belirgin anterior tüberkülünün olmaması lokalizasyon kolaylığı sağlar. Diğer servikal foramenler belirgin anterior tüberkülere sahiptir. C5 vertebra'nın anterior ve posterior tüberkülleri eşittir. Diğer bir tarama yöntemi ise lateral dekübit pozisyondayken mastoid süreçten başlayarak longitudinal olarak inferiora doğru ilerlemedir. Mastoid süreçten aşağıya doğru ilerlerken ilk karşıma çıkan eklem C2-3 faset eklemdir. Sırayla inferiora doğru tepe çukuru oluşumu diye de bilinen (tepeler faset eklemler, vadiler faset medial dalları temsil etmektedir) C3-4, C4-5, C5-6, C6-7 faset eklemler görüntülenebilir. Enjeksiyon posteriordan anteriora doğru tepe noktalar hedef alınacak şekilde out of plane teknikte uygulanabilir. Servikal omurgada faset eklemler transvers düzleme göre yaklaşık 45 derece açılmıştır (6,28,29). Faset eklemler üst omurgada daha çok vertikal pozisyonda yer alırlar. Her faset eklem fibröz kapsülü vardır ve sinoviyal membran ile çevrelenmiştir. Faset eklem kapsülleri propriosep-

siyon ve ağrı duyusunda rol oynayan yoğun mekanoreseptörler içerir. Bu durumun servikal omurganın nöromodülasyonunu ve aşırı eklem hareketini önlediği düşünülür (21). Faset eklemler servikal ventral ve dorsal raminin medial dalları ile innerve edilirler. Diğer köklerden farklı olarak, C3 spinal sinirin dorsal ramusu yüzeysel ve derin medial dallara sahiptir. Derin medial dal, diğer servikal medial dallarla aynı şekilde C3 eklem sütununu dolaşır ve C3-C4 faset eklemi innerve ederken, C3 dorsal ramusun süperfisiyal medial dalı (TON) laterale doğru ve C2 ve C3 fasetin posterior yüzünün çevresinden kavis çizer. Obliquus capitis semispinalis kasının arka kısmına ulaşmadan önce eklem dallarını verir. Sonuç olarak tek bir sinir (TON) tarafından innerve edilen C2-C3 haricinde her bir faset eklem kendisinin inferior ve superiorundaki medial dallar tarafından innerve edilir. TON faset eklem boyunca ilerleyen tek sinirdir. TON bloğu için hasta lateral dekübit pozisyonuna alınır. Yüksek frekanslı (12-15 MHz) transdüser kullanılır ve transdüserin sefalik ucu mastoid çıkıntı üzerinde olacak şekilde longitudinal düzlemde yerleştirilir. C2'nin artiküler sütunu iyi görüntülenene kadar transdüser inferiora hareket ettirilir. C2-C3 artikülasyonu ve üzerine yerleşen TON görselleştirilene kadar kaudale ilerletilir. Enjeksiyon in plane veya out of plane teknikte uygulanabilmektedir (Şekil 1) (10). Vertebral arter, radiküler besleyici arterler, sinir kökleri ve omurilik bu yapılara çok yakındır. Nörovasküler hasardan kaçınmak için bu girişimler konusunda uzman ve deneyimli kişiler tarafından dikkatle uygulanmalıdır. Büyük oksipital sinir (Greater Oksipital Nerve –GON), C2'nin dorsal ramusunun medial dalıdır. Bu sinir, C1 ve C2 omurları arasında ortaya çıkar ve suboksipital üçgenden çıktıktan sonra obliquus capitis inferior ve semispinalis capitis kasları arasında gidip ense hattında trapezius kasının tendinöz aponeurozundan geçerek yukarı çıkar, boyun arkasını ve oksiput derinin tepesini innerve eder. GON, özellikle obliquus capitis inferior ve semispinalis capitis kasları arasında birçok noktada sıkışabilir (1). GON blokajı sıklıkla migren, oksipital nevralsi, gerilim tipi baş ağrısı, küme baş ağrısı gibi çeşitli baş ağrısı sendromlarında etkin bir tedavi seçeneğidir (Şekil 1,2).

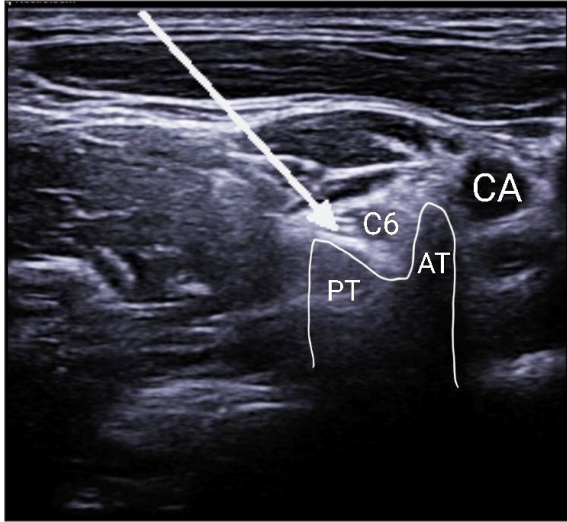
### Servikal Selektif Kök Bloğu

Hasta uygulanacak taraf üstte kalacak şekilde lateral dekübit pozisyona veya pron pozisyona alınır. Yüksek frekanslı (5-12 MHz) transdüser kullanılabilir. Doğru servikal vertebral seviye lokalizasyonu yapılır. C1 vertebra (spinöz süreç yoktur veya küçüktür) ve inferiorunda C2 vertebra (ilk bifid servikal spinöz süreç) tespit edilir. C2 den itibaren seviyeler sıralı olarak

isimlendirilir. Servikal vertebral seviyeyi belirlemek için bir diğer teknik lateral görüntüden C6'dan itibaren yukarı doğru saymaktır. C6 vertebranın anterior tüberküli servikal omurgadaki en büyük tüberküldür. Aynı zamanda vertebral arter de doppler görüntüleme ile tespit edilmelidir. Olguların yaklaşık %90'ında damarlar foramen transversariuma girmeden önce C7'nin anteriorunda ilerler. C7 seviyesinde anterior tüberkül olmadığından vertebral arter açıktadır bu nedenle dikkatli olunmalıdır. Diğer olgularda C5 veya daha yüksek vertebral seviyede girer. Kullanılan işaretler deve hörgücü simgesini oluşturan transvers prosesler ve onların anterior ve posterior tüberküleridir. Sinir kökleri tüberküller arasında oval hipoeoik benekli bir yapı olarak gözlemlenir. Ekstraforaminal yaklaşımda iğne, deve hörgücü arasında lokalize olan oval hipoeoik hedefe doğru yavaşça ilerletilir, iğne ucu posterior tüberkülün derinine ilerlememelidir (Şekil 3) (13). Ekstraforaminal yaklaşım foramen içindeki yoğun radiküler arterler için güvenlik payı sağlamaktadır. Mümkünse işlem sinir stimülatör iğnesi ile uygulanmalıdır. Bazı küçük vasküler yapıların doppler USG ile bile ayırt edilemeyeceği akıld tutulmalı ve enjeksiyon çok dikkatli olarak deneyimli kişiler tarafından uygulanmalıdır (Şekil 3).

### Torasik Omurgada Ultrason Rehberliğinde Enjeksiyonlar

Lomber ve servikal spinal ağrıdan daha az yaygın olmasına rağmen, literatürde torasik spinal ağrının genel popülasyondaki prevalansı %13 ila %15



**Şekil 3.** Lineer prob ile transvers düzlemde C6 selektif sinir kökü bloğu sonografik görüntüsü. Ok İn plane teknikle lateralden mediale C6 sinir kökü ekstraforaminal enjeksiyonunu göstermektedir. CA: carotid arter, C6: C6 sinir kökü, AT: C6 belirgin anterior tüberküli, PT: C6 posterior tüberkül (Görsel Dr. Derya Güner'in arşivinden alınmıştır).

arasındadır ve lomber veya servikal spinal ağrı kadar kısıtlayıcı olabilir (18,20). Torasik spinal sinir bloğu, göğüs omurları ve göğüs kafesi ağrısını ve göğüs cerrahisi sonrası ağrıyı azaltmak için yaygın olarak kullanılmıştır (24,33). Son zamanlarda, osteoporotik torasik vertebral kompresyon kırığına eşlik eden ağrı için torasik spinal sinir bloğu artan sıklık ve endikasyonlarla birlikte ultrason eşliğinde uygulanmaktadır (30). Bununla birlikte, ultrasonografinin floroskopiye kıyasla nispeten küçük görüntü nedeniyle iskelet çerçevesi tarafından üretilen dar akustik pencere-lerden görüntüleme ve hedef segmenti tanımlama zorluğu gibi sınırlamaları vardır.

### Torasik Omurganın Temel ve Sono-Anatomisi

Torasik omurga vertebral kolonun ortasını oluşturan 12 vertebral sütundan oluşur. Kosta tüberküleri ile eklem oluşturan T11 ve T12 vertebralar hariç tümünün transvers prosesleri üzerinde faset eklemler bulunur. Üst torasik vertebralar servikal vertebralara benzer, alt torasik vertebralar çok daha büyüktür. Spinöz prosesler T2 ve T9 seviyeleri arasında en uzundur ve çatıdaki kiremitler gibi her biri üst üste gelirler. Bu durum orta hattan yapıldığı zaman epidural iğnenin insersiyonu veya ultrason ışınının insonasyonu için akut bir açı oluşturur. Spinöz prosesler T2'nin üzerinde ve T9'un altında daha az obliktir. T11 ve T12 nin spinöz prosesleri lomber spinöz proseslerde olduğu gibi geriye doğru yönelmiştir. T10 spinöz prosesin oryantasyonu T11 ve T12 ye benzer hafifce kaudal doğrultuda olacak şekilde değişiklik gösterir. Torasik omurganın ultrason görüntülenmesi üst (T1-T4), orta (T5-T8), alt (T9-T12) olarak 3 bölüm hâlinde incelenir. Transvers veya sagittal planda yapılırsa. Orta ve alt torasik bölgede ciltten lamina ve epidural aralığa olan mesafe sığ olduğu için yüksek frekanslı lineer transdüser kullanılması tercih edilebilir. Ancak görüş alanını daha fazla artırmak için daha düşük frekanslı konveks transdüser yeterli olabilir. Torasik vertebraların laminaları hiperekoikdir ve lomber omurgadaki at başı görünümüne karşılaştırıldığında daha düzdür. Torasik omurgadaki dar interlaminal aralıklar nedeniyle ultrason görüntüleme için akustik pencere lomber bölgeye oranla belirgin olarak daha dardır (3). Bu nedenle torasik omurgadaki yapıların görünürlüğü daha azdır. Optimal görüntüleme için paramedian sagittal oblik tarama gereklidir, böylece lomber bölgedekine benzer olarak ultrason enerjisinin çoğu interlaminal aralığın en geniş kısmı boyunca spinal aralığa girer. Yenidoğan ve infantlarda santral kanal omuriliğinin merkezinde ekojenik bir hat olarak görüldüğü için, spinal kord açıkça belirlenebilirken yetişkinlerde belirlenemez (37). Yetişkinlerde omuriliğinin görüntülenememesine; dar akustik pencere,



omuriliğin hipoekoik olması, omuriliğin anekoik BOS ile çevrili olması ve ultrason ışınının zayıflaması gibi nedenler katkıda bulunabilir. Bu nedenle torasik bölgede vertebral kemerin kemik yapılarının, interspinöz ve interlaminer aralıkların, ligamentum flavum ve anterior kompleksin tanınması ve belirlenmesi önemlidir (7).

## Torasik Faset Eklem Enjeksiyonu

### Teknik

Üst, orta ve alt torasik omurganın ultrason görüntülenmesi için hasta oturur bir şekilde kolları sarkık olarak uyluk üzerinde veya öndeki bir destek üzerinde durur. Başını anterior fleksiyona getirmesi istenir. Eğer hasta oturamazsa başı anterior fleksiyonda olacak şekilde lateral dekübit pozisyona getirilebilir. Uygulayıcı hastanın arkasında durur. Transdüser seçimi; yüksek frekanslı lineer (8-12 MHz), yüksek frekanslı konveks (4-9 MHz) veya düşük frekanslı konveks (2-5 MHz) transdüser olarak tercih edilebilir. Başarılı torasik faset enjeksiyonlarını tamamlamanın anahtarı doğru seviyeyi belirlemektir. Belirli bir torasik intervertebral seviyenin anatomik yer işareti kullanılarak tanımlanması hatalı sonuçlara neden olabilir (2). L5-S1 bileşkesinden yukarı doğru saymak lumbosakral transizyonel anomalileri (S1 lumbalizasyon veya L5 sakralizasyon) nedeni ile yanlış sonuçlara neden olabilir. Bu nedenle etkilenen taraftaki 12. kaburgayı bulmak için kaudalden kraniale tarama kullanılır. Sagittal planda 12. kosta, kostotransvers eklem görülünceye kadar medial olarak takip edilir. Transdüser biraz daha mediale çevrildiğinde, 12. vertebranın hiperekoik laminası görünür hâle gelir. Farklı bir yöntemde birinci kostanın belirlenmesi ile yapılabilir (4). Bu yöntemin dezavantajı ise servikal kosta varlığında sonucun doğruluğunun etkilenemesidir. Transdüser daha sonra, ilgili seviye bulunana kadar laminar seviyeleri sayarken sefalik yönde hareket ettirilir. Bu noktada, hâlâ sagittal düzlemdeyken, transdüser mediale eğilir, böylece ultrason ışını biraz laterale yönelir. Fasetlerin testere dışı görüntüsü görünür hâle geldikten sonra transdüserin inferiorundan iğne kaudal-sefalik olarak eklem içine ilerletilir ve enjeksiyon uygulanır.

## Lumbosakral Omurgada Ultrason Rehberliğinde Enjeksiyonlar

Lomber ağrı ve radiküler alt ekstremité ağrısı, toplumdaki popülasyonun sağlık merkezlerine başvurmalarının önde gelen nedenlerindedir (26). Son yıllarda tüm dünyada yaşlı nüfus artışı ile bel ağrısından etkilenen bireylerin sayısı giderek artmaktadır. Bel ağrısının nokta prevalansı %12, bir yıllık prevalansı %38 ve

yaşam boyu prevalansı yaklaşık %40'tır (23). Lomber disk hernisi, bel ağrısının yaygın etiolojik faktörü olarak tanımlanmaktadır (19). Sadece fiziksel aktiviteyi sınırlamakla kalmaz, aynı zamanda ek sosyal ve ekonomik yük yaratır ve yaşam kalitesini bozar. Lomber disk hernisi tedavisinde medikal tedaviler, fizik tedavi ve rehabilitasyon, algolojik girişimsel tedaviler ve psikoterapiyi de içeren konservatif tedavi seçeneklerinden cerrahi yaklaşımlara kadar tedavi seçenekleri mevcuttur. Son zamanlarda, görüntü kılavuzluğundaki müdahaleler yaygın hâle gelmiştir (5). Geçtiğimiz on yılda, ultrasonun lomber spinal prosedürler için uygun bir görüntüleme yöntemi olduğuna dair daha fazla kanıt gelişmiştir.

## Lomber Omurga Anatomisi

Lomber omurga, önde disklerle ayrılmış L1 ve L5'e numaralandırılan beş vertebradan oluşur. Yukarıda torasik omurga ile aşağıda lumbosakral eklem aracılığıyla sakrum ile birleşir. L1-L4 vertebralar benzer özellikler gösteren tipik vertebralardır. L5 ise atipik vertebradır. L1-L4 vertebraların büyük gövdeleri vardır ve kostal fasetleri yoktur. Vertebral foramen üçgen şeklindedir ve torasik bölgeden büyük, servikal bölgeden küçüktür. Pediküller kısa ve güçlüdür gövdenin üstünden posteriora yönelmiştir. Bu nedenle inferior vertebral çentik, superior vertebral çentikten daha derindir. Spinal proçes kalın, geniş, dörtgen şeklindedir ve geriye doğru yönelmiştir. Transvers proçesler incedir. Superior artiküler proçesler arka ve mediale doğru yönelirken, inferior artiküler proçesler laterale ve öne doğru yönelir. L5 vertebra ise gövdesi en büyük olan vertebradır. Anterior yüzü posterior yüzünden daha geniştir. Bu nedenle keskin lumbosakral açılanma vardır. Pedikülleri kısadır, geriye ve laterale yönelir. L5'in transvers proçesi kısa, kalın, piramit şeklindedir ve pedikülün tamamına tutunur.

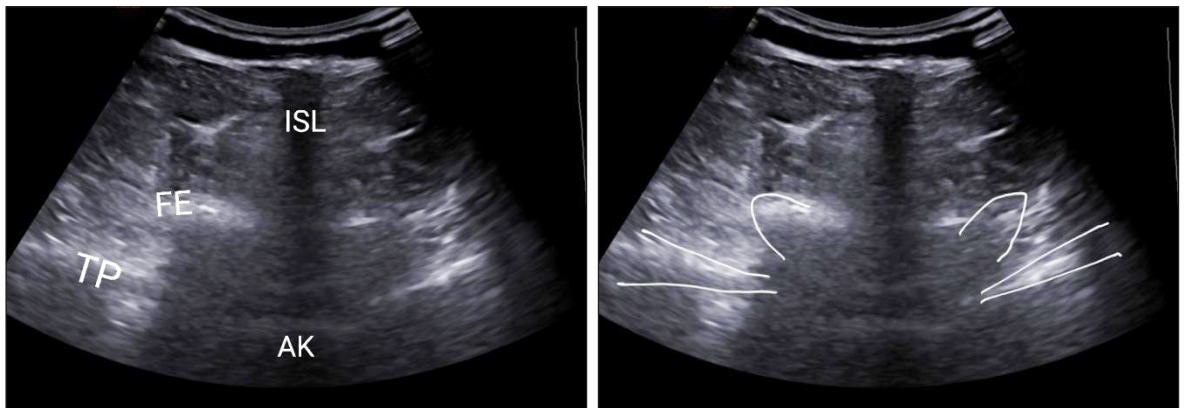
## Lumbosakral Sonoanatomisi

Ultrasonografi ile tanımlanabilen kemikli yapılar arasında spinöz proçesler, transvers proçesler, vertebral laminalar, artiküler proçesler, faset eklemleri ve vertebral cisimlerin arka yüzü bulunur. Lomber sinir kökleri, paraspinal kaslar, ligamentum flavum ve posterior dura gibi yumuşak doku yapıları da görüntülenebilir. Lomber omurga transvers ve sagittal düzlemde düşük frekanslı (2-5 MHz) konveks transdüser ile görüntülenir. Median transvers görüntülemeye, transvers spinöz proçes ve transvers interspinöz görünümü sağlanır. Median sagittal görüntülemeye, lomber spinöz proçes ve interspinöz aralıklar görüntülenir (17). Median düzlemin ultrason görüntülemesi ile nöroaksiyel yapılar sınırlı görüntü-

lenirken, paramedian sagittal düzlemde daha az kemik yapı engeli olduğu için daha geniş akustik pencere bulunur. Bu nedenle paramedian sagittal düzlem spinal kordun daha detaylı görüntülenmesini sağlar ve daha fazla tercih edilen yoldur. Transvers tarama sırasında pozisyon lateral dekübit, pron veya oturur pozisyonda olabilir. Sıklıkla pron pozisyonda hastanın karın boşluğuna yastık yerleştirilerek lomber lordozun ekarte edildiği pozisyonda işlemler uygulanmaktadır. Düşük frekanslı konveks prob omurganın spinöz süreçlerin üzerine transvers olarak yerleştirilir. Transvers spinöz süreç görünümü nöroaksiyel yapıları görüntülemeye çok uygun değildir. Fakat interspinöz süreçler palpe edilemediği zamanlarda orta hattı tespit etmekte yararlıdır. Transdüser hafifçe kraniokaudale yönlendirildiğinde transvers interspinöz görünüm elde edilir. Transvers interspinöz görüntülemeye orta hatta spinal kanal içinde posterior dura, tekal sak ve anterior kompleks görüntülenebilir. Lateralde ise artiküler proses ve transvers proses görüntülenebilir (17). Böylece “kedi başı” na benzeyen sonografik görüntü oluşur. Kemik yapılar ve spinal kanal kedinin başını, artiküler süreçler kedinin kulaklarını ve transvers süreçler kedinin bıyığını simgeler (Şekil 4). Sagittal tarama için, lateral dekübit, pron veya oturur pozisyondaki hastaya lumbosakral omurga maksimal şekilde fleksiyonda olacak şekilde pozisyon verilir. Transdüser, spinöz süreçlerin 1-2 cm lateraline oryantasyon işareti kraniyale doğru olacak şekilde yerleştirilir. Transdüser mediale doğru eğim verilir. Sagittal tarama sakrumun lokasyonu ile başlar. Sakrum önünde geniş bir akustik gölge olan düz hiperekoik bir yapıdır. Transdüser kranial yönde manipüle edilerek L5-S1 interlaminar alan görüntülenir (17). Daha sonra transdüser kraniale hareket ettirilerek L4-L5 ve L3-L4 aralıklar lokalize edilir. Erektör spina kasları hipoekoik, lamina ise hiperekoik görünür. Laminaların sonografik görüntüsü

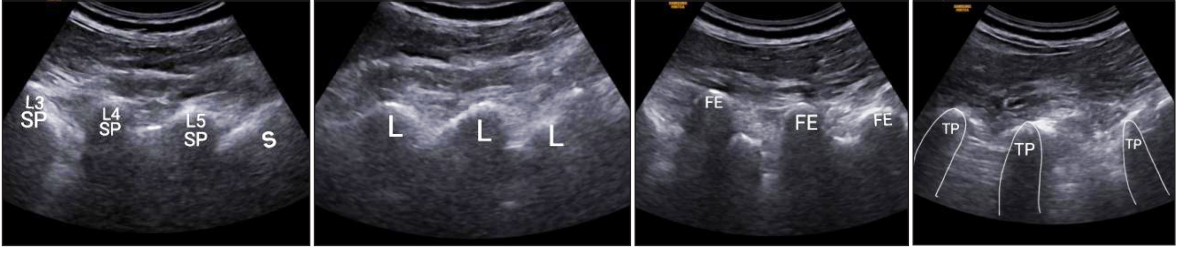
“at başı” görüntüsü olarak adlandırılır. İnterlaminar alan spinal kanaldaki nöroaksiyel yapıların görüntülenebildiği bir akustik penceredir. Ligamentum flavum hiperekoik bir bant olarak gözlenir. Posterior dura ligamentum flavumun anterioruna bitişik daha hiperekoik bir yapıdır. İkisinin arasında birkaç mm genişliğinde hipoekoik bir alan olan epidural aralık bulunur. Serebrospinal sıvı içeren tekal sak, posterior duranın anteriorunda anekoik bir alandır. Tekal sak içinde yer alan kauda equina, anekoik tekal sak içinde multipl horizontal hiperekoik gölgeler şeklinde görülebilmektedir. Vertebranın artiküler süreçleri lamina seviyesinden laterale doğru transdüser kaydırıldığında görülür. Artiküler süreçler tek, devamlı, aralık içermeyen hiperekoik dalgalı çizgi olarak gözlenir. Bu görüntüye “deve hörgücü işareti” denir. Transvers süreçler ise daha lateralde hiperekoik, anteriorunda parmak benzeri olan (mızrak işareti) akustik gölgelerden tanınır (Şekil 5).

Sakrum beş sakral vertebranın füzyonundan oluşmuş üçgen şekilli geniş bir kemiktir. Sakrum pelvisin arka yüzünü oluşturur ve lateralde sakroiliak bileşke ile kalça kemiklerine eklenir. Üçgen şekli nedeniyle bir tabanı, bir tepesi ve dört yüzü (dorsal, ventral, sağ ve sol lateral yüz) vardır. Anatomik olarak sakrumun ventral yüzü aşağı ve ileriye bakarken, dorsal yüzü geriye ve yukarıya doğru bakar. Sakrum orta çizginin her iki tarafında bulunan bir sıra foramen ile bir median ve iki tarafta lateral alana bölünür. Median bölümde, adipoz doku, kauda equina lifleri (filum terminale) epidural aralık, spinal zarlar ve tekal keseyi içeren santral kanal bulunur. Tekal kese sıklıkla S2 seviyesinde sonlanır. S1 veya S3 varyasyonları olabilir. Sakral kanalda genelde S4 seviyesinde biten, fakat bazen daha kaudale uzanabilen epidural venöz pleksus bulunur. Taban lomber vertebralara benzeyen, daha büyük boyutlu, lumbosakral bileşkede L5 vertebra ile

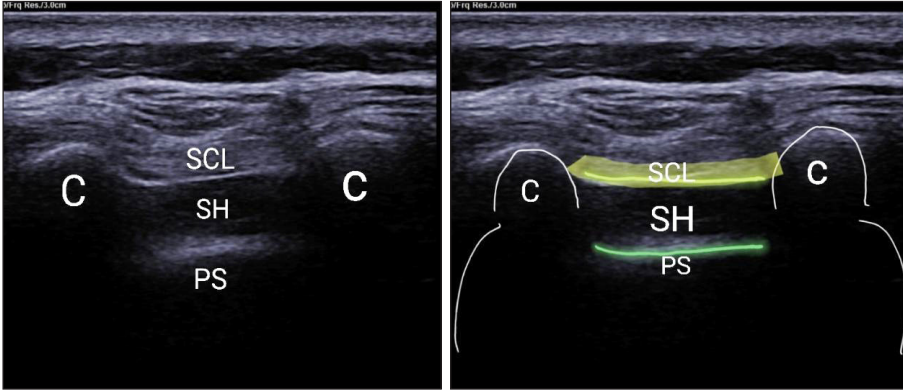


**Şekil 4.** Konveks prob ile transvers düzlemde lomber spinal sonoanatomik yapılar ve “Kedi Başı” Görüntüsü. **ISL:** İnterspinöz Ligament, **FE:** Faset eklemler, **TP:** Transvers Proses, **AK:** Anterior Kompleks (Görseller Dr. Derya Güner’in arşivinden alınmıştır).





**Şekil 5.** Konveks prob ile sagittal düzlemde lomber sonoanatomik yapılar. **A)** Spinöz süreçlerin sagittal sonografik görüntüsü (SP: Spinöz Proses, S: Sakrum). **B)** Lomber vertebral laminaların tipik sonografik "at başı" görüntüsü (L: Lamina). **C)** Lomber vertebra faset eklemlerin tipik sonografik "deve hörgücü" görüntüsü (FE: Faset Eklem). **D)** Lomber Vertebraların transvers süreçlerinin tipik sonografik "mızrak işareti" görüntüsü (TP: Transvers Proses) (Görseller Dr. Derya Güner'in arşivinden alınmıştır).



**Şekil 6.** Lineer prob ile kaudal epidural mesafenin transvers düzlemde sonografik görüntüsü ve kurbağa işareti. C: Sakral Corn, SCL: Sakrococcigeal Ligament, SH: Sakral Hiatus, PS: Posterior Sakrum (Görseller Dr. Derya Güner'in arşivinden alınmıştır).

eklemlenen S1 vertebranın üst yüzeyinden oluşur. Sakrumun apeksi koksiks ile eklemlenen S5 vertebra gövdesi tarafından oluşturulur. Sakrumun pelvik yüzü iç bükeydir, ultrason ile görüntülenemez. Dorsal yüz dışbükeydir, düzensiz görünümündedir, pelvik yüzden daha dardır. Median bölgede üst dört sakral vertebra çıkıntısının birleşmesi ile oluşmuş medial sakral krest bulunur. Dördüncü sakral tüberkülün altında sakrumun arka yüzünde ters U şeklinde "sakral hiatus" denilen bir açıklık vardır. S4 ve S5 sakral vertebraların yetersiz lamina füzyonundan kaynaklanan sakral hiatus, sakral kanalın kaudal sonlanmasıdır. S5'in alt eklem çıkıntıları sakral kornu oluşturur. Sakral hiatusun çatısını ligamentum flavumun uzantısı olan ve sıkı elastik bir zar olan sakrokoksigeal ligament oluşturur (Şekil 4, 5).

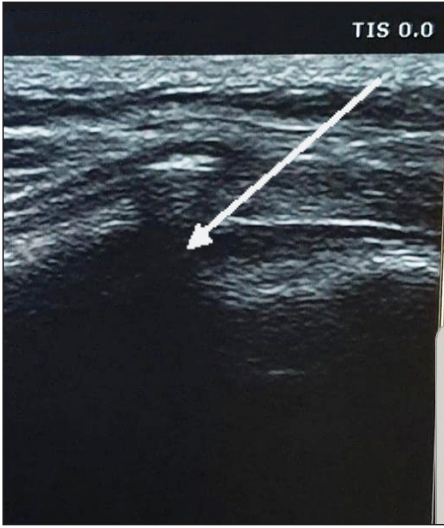
### Kaudal Epidural Enjeksiyon

Kaudal epidural boşluk lomber epidural boşluğun devamıdır ve sakral hiatustan girilerek ulaşılabilir. Hasta lateral dekübit pozisyonda veya ek olarak floroskopi de kullanılacaksa karın altına yastık konularak pron pozisyonda alınabilir. Yüksek frekanslı lineer prob (5-12 MHz) kullanılabilir. Düşük frekanslı (2-5 MHz) konveks prob da sık kullanılır. Transdüser sakrumun alt ucuna ve koksiks üzerine yerleştirilir. Daha sonra transdüser sakral kornu ve hiatus görün-

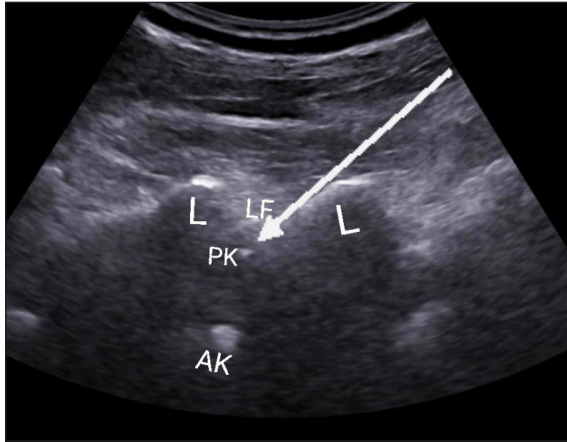
tülenene kadar yavaş yavaş kraniale doğru kaydırılır. Sakral hiatusun iki kenarı iki sakral kornu tarafından oluşturulur. Tipik "kurbağa işareti" sonografik görünümü görüntülenir. Kurbağanın gözleri sakral kornuları, kurbağanın ağız ise sakral hiatusu ve epidural aralığı temsil eder (Şekil 6). Cilt ve subkütan dokunun derininde iki sakral kornuyu birleştiren hiperekoik bir bant olan sakrokoksigeal ligament, sakral hiatusu kaplar. Sakrokoksigeal ligament ile sakrumun dorsal kemik yüzeyi arasında kalan hipoekoik boşluk kaudal epidural boşluktur. Enjeksiyon, prob aksiyal düzlemdeyken out of plane teknikle veya prob longitudinale çevrilerek in plane teknikle sakrokoksigeal ligamentin geçilmesi ile uygulanabilir, sakrokoksigeal ligament geçildikten sonra kemik yapılar nedeniyle iğnenin gidiş yönü görülemeyeceğinden daha fazla ilerletilmemelidir (Şekil 6, 7).

### Lumbosakral interlaminar aralığın ultrasonografik görüntülenmesi:

Lomber intervertebral aralıkların anatomik işaret noktaları (interkristal veya tuffier çizgisi) kullanılarak belirlenmesi kesin bilgi vermez ve intervertebral aralıkların çoğunlukla bir veya iki üst seviye olarak belirlenmesine neden olur. Ultrasonografi kullanılarak lomber intervertebral aralıkların belirlenmesi güvenilirdir. Toplumda %4 - %21 arasında lumbalize



**Şekil 7.** Lineer prob ile kaudal epidural mesafenin longitudinal düzlemde sonografik görüntüsü. Ok: In plane tekniikle kaudal epidural enjeksiyon (Görsel Dr. Derya Güner'in arşivinden alınmıştır).



**Şekil 8.** Konveks prob eşliğinde parasagittal oblik yaklaşım ile interlaminer epidural enjeksiyonun sonoanatomik görüntüsü. L: Lamina, LF: Ligamentum Flavum, PK: Posterior dural kompleks, AK: Anterior dural kompleks (Görsel Dr. Derya Güner'in arşivinden alınmıştır).

S1 veya sakralize L5 görülmesi yanlış değerlendirmeye sebep olabilir (15). Transvers tarama sırasında pozisyon lateral dekübit, pron veya oturur pozisyonda olabilir. Konveks prob ile transvers planda tarama için önce sakrumun median sakral krestini görüntülenir. Sonra prob sefale doğru kaydırılarak L5-S1 seviyesindeki L5 in artiküler çıkıntısı net olarak görüntülenir. Sagittal tarama için sakrum üzerine sagittal olarak yerleştirilen transdüser kranial yönde kaydırılır sırasıyla L5-S1, L4-L5, L3-L4 interlaminal aralık görüntülenebilir. Sıklıkla pron pozisyonda hastanın karın boşluğuna yastık yerleştirilerek lomber lordozun ekarte edildiği pozisyonda işlemler uygulanmaktadır.

Hangi seviyeden interlaminer epidural enjeksiyon yapılması planlanıyorsa konveks prob o seviyede parasagittal düzlemde konumlandırılır. In plane tekniikle ligamentum flavum ve posterior dural kompleks arasındaki epidural bölgeye enjeksiyon uygulanır (Şekil 8). Ağrı tedavisinde nöroaksiyal blokların ve spinal enjeksiyon tedavilerinin ultrasonografi rehberliğinde uygulanışı giderek popüler hâle gelmektedir. Hayati nörovasküler yapılara komşulukları nedeniyle tüm bu uygulamaların sonoanatomisi bilgisine hâkim ve ağrı tedavisinde uzmanlaşmış deneyimli kişilerce uygulanması büyük önem taşımaktadır (Şekil 8).

## KAYNAKLAR

1. Akkaya N, Constantino J: Upper cervical injections. *Ultrasound Imaging & Guidance for Musculoskeletal Interventions in Physical and Rehabilitation Medicine*. Özçakar L (ed): Edi-ermes, Milan, Italy; 2020. 35-47.
2. Arzola C, Avramescu S, Tharmaratnam U, et al: Identification of cervicothoracic intervertebral spaces by surface landmarks and ultrasound. *Can J Anaesth*. 2011 Dec;58(12):1069-74.
3. Avramescu S, Arzola C, Tharmaratnam U, et al: Sonoanatomy of the thoracic spine in adult volunteers. *Reg Anesth Pain Med*. 2012 May-Jun;37(3):349-53.
4. Bouzinac A, Delbos A, Rontes O: Le repérage échographique préalable de la première côte permet de préciser le niveau de réalisation du bloc paravertébral thoracique [Ultrasound location of the first rib confirm the level of realization of thoracic paravertebral block]. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2012 Jun;31(6):571-2. French.
5. Carrino JA, Morrison WB, Parker L, et al: Spinal injection procedures: volume, provider distribution, and reimbursement in the U.S. medicare population from 1993 to 1999. *Radiology*. 2002 Dec;225(3):723-9.
6. Chang KV, Lin CP, Hung CY, et al: Sonographic Nerve Tracking in the Cervical Region: A Pictorial Essay and Video Demonstration. *Am J Phys Med Rehabil*. 2016 Nov;95(11):862-870.
7. Chin KJ, Karmakar MK, Peng P: Ultrasonography of the adult thoracic and lumbar spine for central neuraxial blockade. *Anesthesiology*. 2011 Jun;114(6):1459-85.
8. Cyteval C, Thomas E, Decoux E, et al: Cervical radiculopathy: open study on percutaneous periradicular foraminal steroid infiltration performed under CT control in 30 patients. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004 Mar;25(3):441-5.
9. Devillé WL, van der Windt DA, Dzaferagić A, et al: The test of Lasègue: systematic review of the accuracy in diagnosing herniated discs. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 May 1;25(9):1140-7.

10. Eichenberger U, Greher M, Kapral S, et al: Sonographic visualization and ultrasound-guided block of the third occipital nerve: prospective for a new method to diagnose C2-C3 zygapophysial joint pain. *Anesthesiology*. 2006 Feb; 104(2):303-8.
11. Ellenberg MR, Honet JC, Treanor WJ: Cervical radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994 Mar; 75(3):342-52.
12. Fritz J, Niemeyer T, Clasen S, et al: Management of chronic low back pain: rationales, principles, and targets of imaging-guided spinal injections. *Radiographics*. 2007 Nov-Dec; 27(6):1751-71.
13. Galiano K, Obwegeser AA, Bodner G, et al: Ultrasound-guided periradicular injections in the middle to lower cervical spine: an imaging study of a new approach. *Reg Anesth Pain Med*. 2005 Jul-Aug; 30(4):391-6.
14. Grau T, Leipold RW, Horter J, et al: Paramedian access to the epidural space: the optimum window for ultrasound imaging. *J Clin Anesth*. 2001 May; 13(3):213-7.
15. Hughes RJ, Saifuddin A: Imaging of lumbosacral transitional vertebrae. *Clin Radiol*. 2004 Nov; 59(11):984-91.
16. Karmakar MK, Li X, Ho AM, et al: Real-time ultrasound-guided paramedian epidural access: evaluation of a novel in-plane technique. *Br J Anaesth*. 2009 Jun; 102(6):845-54.
17. Karmakar MK, Li X, Kwok WH, et al: Sonoanatomy relevant for ultrasound-guided central neuraxial blocks via the paramedian approach in the lumbar region. *Br J Radiol*. 2012 Jul; 85(1015):e262-9.
18. Leboeuf-Yde C, Nielsen J, Kyvik KO, et al: Pain in the lumbar, thoracic or cervical regions: do age and gender matter? A population-based study of 34,902 Danish twins 20-71 years of age. *BMC Musculoskelet Disord*. 2009 Apr 20; 10:39.
19. Lin CW, Verwoerd AJ, Maher CG, et al: How is radiating leg pain defined in randomized controlled trials of conservative treatments in primary care? A systematic review. *Eur J Pain*. 2014 Apr; 18(4):455-64.
20. Linton SJ, Hellsing AL, Halldén K: A population-based study of spinal pain among 35-45-year-old individuals. Prevalence, sick leave, and health care use. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998 Jul 1; 23(13):1457-63.
21. Lord SM, McDonald GJ, Bogduk N: Percutaneous radiofrequency neurotomy of the cervical medial branches: a valid treatment for cervical zygapophysial joint pain. *Neurosurgery Quarterly*. 1998; 8:288-308
22. Manchikanti L, Cash KA, Pampati V, et al: Transforaminal epidural injections in chronic lumbar disc herniation: a randomized, double-blind, active-control trial. *Pain Physician*. 2014 Jul-Aug; 17(4):E489-501.
23. Manchikanti L, Singh V, Falco FJ, et al: Epidemiology of low back pain in adults. *Neuromodulation*. 2014 Oct; 17 Suppl 2:3-10.
24. Manchikanti L, Singh V, Falco FJ, et al: Comparative effectiveness of a one-year follow-up of thoracic medial branch blocks in management of chronic thoracic pain: a randomized, double-blind active controlled trial. *Pain Physician*. 2010 Nov-Dec; 13(6):535-48.
25. Merskey H, Bogduk N: Task Force on Taxonomy, International Association for the Study of Pain. Classification of chronic pain: descriptions of chronic pain syndromes and definition of pain terms. 2nd ed. Seattle: IASP Press; 1994.
26. Moore AE, Jeffery R, Gray A, et al: An anatomical ultrasound study of the long posterior sacro-iliac ligament. *Clin Anat*. 2010 Nov; 23(8):971-7.
27. Narouze S, Peng PW: Ultrasound-guided interventional procedures in pain medicine: a review of anatomy, sonoanatomy, and procedures. Part II: axial structures. *Reg Anesth Pain Med*. 2010 Jul-Aug; 35(4):386-96.
28. Narouze SN, Provenzano DA: Sonographically guided cervical facet nerve and joint injections: why sonography? *J Ultrasound Med*. 2013 Nov; 32(11):1885-96.
29. Pal GP, Routal RV, Saggu SK: The orientation of the articular facets of the zygapophysial joints at the cervical and upper thoracic region. *J Anat*. 2001 Apr; 198(Pt 4):431-41.
30. Park KD, Jee H, Nam HS, et al: Effect of medial branch block in chronic facet joint pain for osteoporotic compression fracture: one year retrospective study. *Ann Rehabil Med*. 2013 Apr; 37(2):191-201.
31. Provenzano DA, Narouze S: Sonographically guided lumbar spine procedures. *J Ultrasound Med*. 2013 Jul; 32(7):1109-16.
32. Robinson T: Basic Principles Of Ultrasound. In: Lemoigne Y, Caner A, Rahal G. *Physics for Medical Imaging Applications*. Volume 240. Springer. 2007.
33. Schnabel A, Reichl SU, Kranke P, et al: Efficacy and safety of paravertebral blocks in breast surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Br J Anaesth*. 2010 Dec; 105(6):842-52.
34. Silbergleit R, Mehta BA, Sanders WP, et al: Imaging-guided injection techniques with fluoroscopy and CT for spinal pain management. *Radiographics*. 2001 Jul-Aug; 21(4):927-39; discussion 940-2.
35. Sites BD, Spence BC, Gallagher J, et al: Regional anesthesia meets ultrasound: a specialty in transition. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2008 Apr; 52(4):456-66.
36. Smith MD: Cervical radiculopathy: causes and surgical treatment. *Minn Med*. 1995 Apr; 78(4):28-30, 42-5.
37. Unsinn KM, Geley T, Freund MC, et al: US of the spinal cord in newborns: spectrum of normal findings, variants, congenital anomalies, and acquired diseases. *Radiographics*. 2000 Jul-Aug; 20(4):923-38.

## 23 SERVİKAL BÖLGEYE ALGOLOJİK GİRİŞİMLER

Servi Yıldırım, Mehmet Emre Yıldırım, Haydar Çelik

### GİRİŞ

Servikal omurga patolojileri, baş ağrısı, yüz ağrısı, boyun ağrısı, omuz ağrısı ve üst ekstremitelerde parestezi gibi çeşitli ağrı semptomlarına neden olabilir. Doğru tanı ve uygun tedavi seçeneklerinin belirlenmesi için kapsamlı bir değerlendirme gereklidir. Servikal omurga içine veya çevresine yapılacak girişimler, intravasküler enjeksiyon veya nöronal yaralanma dâhil olmak üzere çok sayıda komplikasyon potansiyeline sahiptir. Floroskopi kullanımının yanı sıra sonografinin daha yeni kullanımı, iğne yerleştirmede, prosedür güvenliğinde ve etkinliğinde iyileşmeye izin vermiştir (13, 18, 20).

### İnterlaminer Servikal Epidural Steroid Enjeksiyonu

Dogliotti, servikal bölgede epidural blok tekniğini ilk tanımlayan kişidir. Lomber epidural kortikosteroid enjeksiyonları 30 yılı aşkın süredir kullanılmaktadır.

Servikal epidural boşluk, üstte foramen magnumdan başlar ve C8-T1 vertebral seviyesinde torasik epidural boşluk olarak devam edecek şekilde sonlanır. Üst sınırı, dura materin periost ve spinal tabakalarının foramen magnumda kaynaşmasıyla oluşur. Her bir vertebral seviyedeki servikal epidural boşluğun sınırları önde posterior longitudinal ligament ve arkada lamina ve ligamentum flavumdur. Servikal epidural boşluğun lateral sınırı, pediküller ve intervertebral foramenlerden oluşur. İntervertebral foramen, üst ve alt pediküllerdeki süperior ve inferior vertebral çıkıntılar tarafından oluşturulur. Servikal pedikül, vertebra korpusundan posterior ve lateral olarak uzanarak anterolateral doğrultuda intervertebral foramenin kenarını oluşturur. Transvers çıkıntı, pedikülden posterolateral doğrultuda uzanarak foramen transversumu çevreler.

Servikal epidural aralık içinde yağ dokusu, arterler, venöz ve lenfatik pleksuslar ve fibröz bağ dokusu bulunur. Epidural aralığın genişliği C5 seviyesinde 1,5-2 mm iken T1 seviyesinde 4 mm'dir. Boynun flek-

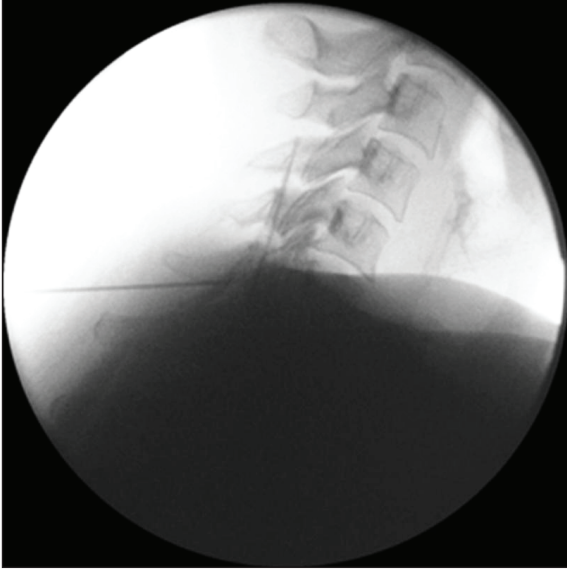
siyonu ile epidural aralık 3-4 mm'ye kadar genişleyebilir. Epidural aralık bu seviyelerde daha geniş olduğu için interlaminer servikal epidural bloğun C7-T1 seviyesinden uygulanması önerilir.

Endikasyonları; Radikülopatinin eşlik ettiği akut disk hernisi, boyun ağrısı, üst ekstremitelerde kompleks rejyonel ağrı sendromu, servikal bölgede ve üst kol bölgesinde görülen akut ve postherpetik nevralji, omuz- el ağrıları, servikal diskektomi sonrası postlaminektomi sendromu, servikal spondiloz, spinal stenozdan oluşur.

Kontrendikasyonları; Lokal enfeksiyonlar, koagülopatiler, instabil hemodinamik bulgular ve psikopatolojilerdir.

Servikal interlaminer epidural blok lateral, pron ve oturma pozisyonunda uygulanabilir. Oturma pozisyon yaklaşımı çoğunlukla direnç kaybı tekniğiyle kör uygulanır, bu nedenle önerilmemektedir. Lateral yaklaşımda hasta lateral dekübit pozisyonunda yatar. Hastanın omurgasında lateral fleksiyon veya rotasyon olmayacak şekilde baş ve boyun stabilize edilir. Sedasyon ve analjezi kullanılabilirse de hasta stimülasyon testlerine cevap verebilir durumda olmalıdır. Nazal kanülle oksijen uygulanması ve vital bulguların monitorizasyonu zorunludur. Hasta lateral dekübit pozisyonunda yatarken, servikal vertebranın lateral floroskopik görüntüsünü elde edecek şekilde C-kollu posteroanterior pozisyonunda yerleştirilir. Vertebral cisim, intervertebral aralık ve spinöz çıkıntılar lateral görüntüde saptanır. C7 vertebranın spinöz çıkıntısının palpasyonu yardımıyla C7-T1 intervertebral aralık belirlenir. Lokal anestezikle cildin infiltrasyonu sonrasında, orta hattan 18-20 G Touhy iğne ile "direnç kaybı" veya "asılı damla" tekniği kullanılarak epidural aralığa ilerlenir. İğnenin yeri floroskopi ile doğrulanır. Negatif aspirasyonu takiben önce radyopak madde verilerek epidural aralıktaki dağılımı kontrol edilir (Şekil 1). Ardından 2-5 ml partikülsüz steroid solüsyonu, tek başına veya düşük konsantrasyonlu lokal anestezik solüsyonu ile birlikte epidural aralığa verilir. Pron pozisyonunda ise hasta yüzüstü





**Şekil 1.** Posterior epidural aralıkta iğne ucunun, C7 ve T1 spinöz çıkıntısının hemen önündeki görünümü. Kontrast madde posterior epidural aralık boyunca yayılmış.

yatırılır. C-kollu anteroposterior pozisyondayken orta hat giriş noktası saptanır. İğne intervertebral aralığa ilerletildikten sonra C-kollu lateral pozisyona getirilir. Lateral yaklaşımla benzer şekilde iğnenin epidural aralıkta yerleşimi doğrulanır ve enjeksiyon yapılır.

Servikal epidural aralığa Touhy iğnesinin içinden kateter de yerleştirilebilir. Kateter yerleştirilmesi pron yaklaşımda daha kolaydır. Kateter yerleştirildikten sonra adeziyoliz veya sürekli infüzyon için kullanılabilir. Her iki durumda da sıkı protokoller uygulanmalıdır.

Hasta işlem sonrası en az 2 saat, vital bulguların monitorizasyonu yapılarak gözlem altında tutulmalıdır. Derlenme odasındaki gözlem belgelenmeli ve hasta bir refakatçi eşliğinde yazılı açıklamalar verilerek derlenme odasından çıkarılmalıdır (16).

Servikal interlaminal epidural steroid enjeksiyonunun komplikasyonları; dural ponksiyon, subdural enjeksiyon, spinal kord hasarı ve buna bağlı kuadripleji, epidural hematoma, vertebral arter ponksiyonu ve partiküllü steroidlere bağlı infarktustur. Vertebral veya radiküler arterle karşılaşma riski transforaminal epidural steroid enjeksiyonuna kıyasla çok daha azdır. Ancak subaraknoid enjeksiyon, spinal kord yaralanması, epidural hematoma ve abse riski daha yüksektir (16).

### **Servikal Epidural Aralığa Transforaminal Yaklaşım**

Transforaminal servikal epidural blokta hedefle-

nen, anterior epidural kompartmandır (interlaminal yaklaşımda posterior kompartman hedeflidir).

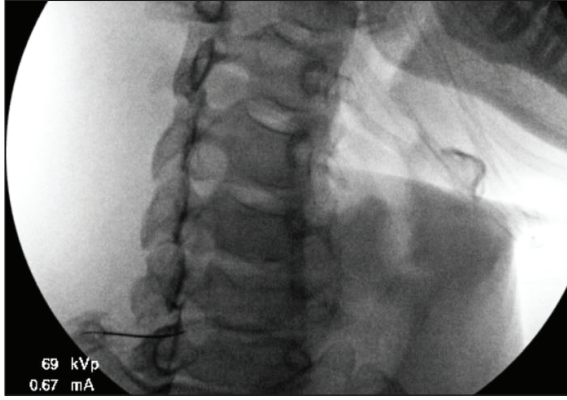
Endikasyonları; radikülopatinin eşlik ettiği akut disk hernisi, boyun ağrısı, üst ekstremité kompleks rejyonel ağrı sendromu, servikal bölgede ve üst kol bölgesinde görülen akut ve postherpetik nevralsi, omuz- el ağrıları, servikal disektomi sonrası postlaminektomi sendromu, servikal spondiloz, spinal stenozdan oluşur.

Kontrendikasyonları; lokal enfeksiyonlar, koagülopatiler, instabil hemodinamik bulgular ve psikopatolojilerdir.

Transforaminal servikal epidural blok için hasta supin pozisyonunda yatırılır. C-kollu lateral yerleştirilerek, tüm servikal vertebraların aynı planda olup olmadığı kontrol edilir. İntravenöz yol, nazal kanülle oksijen uygulaması ve vital bulguların monitorizasyonu zorunludur. Hasta sorulara cevap verebilecek düzeyde sedatize edilebilir. C-kollu anteroposterior pozisyonunda konumlandırılarak servikal vertebralar görüntülenir. Ardından yavaşça laterale doğru hareket ettirilerek intervertebral foramen en geniş çapta görülecek şekilde oblik pozisyon verilir. Optimal görüntüyü elde etmek için C-kollu'yu sefalik veya kaudal yönde de hareket ettirmek gerekebilir. Floroskopi altında görülebilen ilk intervertebral foramen C3'tekidir. Diğerleri buradan itibaren sayılarak belirlenir. Servikal transforaminal blokta mutlaka uzatmalı ve stimüle edilebilen iğneler kullanılmalıdır. Uzatma kısmı girişim öncesinde salinle yıkanmalıdır. Hastanın boynunda sternokleidomastoid kasın lateral kenarı işaretlenir. İğne girişi bu sınırın arkasında olmalıdır. Lokal anesteziyle cilt infiltrasyonunu takiben iğneyle oblik pozisyon- daki C-kolluyla aynı eksen- de olacak şekilde hedef noktaya yönlendirilerek girilir. Daha sonra C-kollu anteroposterior ve lateral pozisyonlarda çevrilerek iğnenin yeri doğrulanır (Şekil 2). İğne intervertebral foramen- den geçtikten sonra radyopak madde sürekli canlı anteroposterior görüntüleme eşliğinde verilir. Vasküler yayılım dikkatle gözlenir, oluşması hâlinde işlem sonlandırılır. Radyopak madde hem foramen içinde hem de sinir kökü etrafında yayılmalıdır. Hangi seviyelere yayıldığını saptamak için C-kollu yeniden oblik pozisyona getirilir. Transforaminal steroid enjeksiyon için sadece 2-3 ml solüsyon yeterlidir. Partikülsüz steroid solüsyonları kullanılır.

İşlem sonrası hasta en az 2 saat, vital bulguların monitorizasyonu yapılarak gözlem altında tutulmalıdır. Derlenme odasındaki gözlem belgelenmeli ve hasta bir refakatçi eşliğinde yazılı açıklamalar verilerek derlenme odasından çıkarılmalıdır.





**Şekil 2.** Servikal transforaminal epidural steroid enjeksiyonu için anterior-oblik düzlemdeki floroskopik görüntüde iğnenin son pozisyonu.

Servikal transforaminal epidural bloğun komplikasyonları; dural ponksiyon, vertebral arter veya vertebral ven ponksiyonu, epidural hematoma, spinal kord hasarı ve nörolojik komplikasyonlardır.

Servikal transforaminal blok teknik ve potansiyel olarak tehlikeli bir bloktur. Uygulayıcı servikal anatomiye çok iyi hâkim olmalı, floroskopi eşliğindeki işlemlerde geniş deneyime sahip olmalıdır.

### Servikal Faset Eklem Enjeksiyonları

Faset (zigapofizeal) eklemler alttaki vertebranın süperior artikuler çıkıntısı ile üstteki vertebranın inferior artikuler çıkıntısı tarafından oluşturulur. Sinoviyumlu bir eklem kırırdağı ve eklem kapsülü bulundurulur. Üst altı vertebranın transvers çıkıntılarının her biri foramen transversum oluşturur. Bu foramenden vertebral arter ve venler ve sempatik sinir pleksusu geçer (4, 5, 17, 19).

Endikasyonları; fasetojenik aksiyal boyun ağrısının tanısal ve tarapotik blokajı, servikal faset eklemlerin artrit ve inflamasyonu, suboksipital baş ağrısı ve servikojenik baş ağrısıdır.

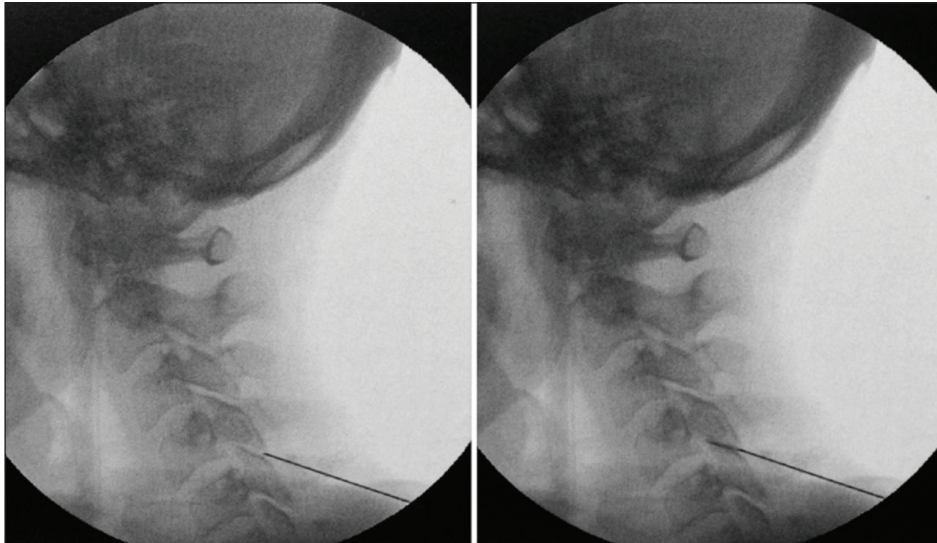
Kontrendikasyonları; lokal enfeksiyonlar, koagülopatiler, instabil hemodinamik bulgular ve psikopatolojilerdir.

Servikal faset eklem enjeksiyonu hasta supin ya da pron pozisyondayken yapılabilir. Supin yaklaşımda SCM kasının lateral kenarı işaretlenir. İğne giriş yeri bu lateral kenarın yaklaşık 1 cm arkasıdır. C-kollu lateral, anteroposterior ve oblik planlarda konumlandırılarak iğnenin yeri doğrulanır (Şekil 3). 0,2 ml gibi çok az miktarda kontrast madde verilir ve eklem içinde düz bir çizgi hâlinde dağıldığı görülmelidir. Daha sonra her bir faset eklem için 0,5 lokal anestetik-steroid karışımı verilir. Eklem hacmi çok küçük olduğu için fazla miktarda solüsyon, eklem içi basınç artışı ve kapsül yırtılmasına neden olabilir.

Komplikasyonları; ağrıda geçici artış, nevrit, dizestezi ve his kaybı, dural ponksiyon, iğnenin transforaminal olarak yanlış yerleşimi, kimyasal menenjit, vertebral arter enjeksiyonu, spinal kord hasarı, vazovagal senkop, geçici ataksi ve Koebner fenomenidir (enjeksiyon hattında görülen cilt lezyonları, irritasyona bağlı kaşıntı, kızarıklık ve enfeksiyona ilerleyebilir).

### Servikal Medial Dal Blokları ve Radyofrekans (RF) Ablasyonu

Servikal faset eklemler C3-C4'ten C7-T1'e kadar, kendi seviyeleri ve bir üst seviyedeki servikal dorsal ramusların medial dalları tarafından innerve edilir. C2-C3 faset eklemine innervasyonu oksipital sinir ve değişkenlik göstermekle birlikte C2'den gelen afferentler



**Şekil 3.** Lateral görüntüde faset eklemdeki iğne ucunun görüntüsü, pron yaklaşım. İğne ucu servikal faset eklem arkasında görülüyor (solda). Eklem boşluğunda kontrast maddenin yayılımı (sağda).

tarafından sağlanır. C7-T1 eklemine bloke etmek için C7 ve C8 medial dallarına enjeksiyon yapılmalıdır. Medial dalın servikal faset eklemden başka yapıları da innerve ettiği unutulmamalıdır. Kemik laminaya ve spinöz çıkıntıya dallar verir ve çevre kasları innerve eder. Bu kaslar omurganın derin segmental stabilizatörleri (multifidus), semispinalis capitis ve semispinalis cervicis kaslarıdır.

Servikal medial dal bloğu endikasyonları; fasetojenik aksiyal boyun ağrısının tanısal ve tarapotik blokajı, whiplash yaralanması gibi servikal bölge travmaları, servikal faset eklemlerin artrit ve inflamasyonu, suboksipital baş ağrısı ve servikojenik baş ağrısıdır.

Kontrendikasyonları; lokal enfeksiyonlar, koagülopatiler, instabil hemodinamik bulgular ve psikopatolojilerdir.

Hasta supin ya da pron pozisyondayken uygulanabilir. İğne ucunun yerleşimi, C-kollu lateral anteroposterior ve oblik konumlandırılarak doğrulanır. Supin yaklaşımda lateral pozisyonda iğne ucu faset kolonun ortasında, trapezoidlerin tam merkezinde olmalıdır, anteroposterior pozisyonda artiküler pilların oluşturduğu kemerin tam orta noktasında ve kemikle temas hâlinde olmalıdır (Şekil 4). Her bir seviye için 0,5-1 ml lokal anestezi ve steroid solüsyonu uygulanır.

Radyofrekans ablasyonda iğne ucunun yeri doğrulandıktan sonra stimülasyon testi yapılır. Parestezi oluşturacak şekilde bir duyuşal stimülasyon ve hafif kontraksiyon oluşturacak şekilde motor stimülasyon verilerek elektrodun yeri doğrulanır. Doğrulandıktan sonra her bir seviye için 0,3 ml, %1 konsantrasyonda lidokain uygulanır. Kısa bir süre beklemenin ardından 70°'de 60 saniye süreyle lezyon oluşturulur. Servikal bölgeye pulsed RF de uygulanabilir. Pulsed RF, 45 V, maksimum 42°, 120 saniyelik 2 siklus şeklinde uygulanır.

Servikal medial dal bloğu ve RF ablasyonunun komplikasyonları; ağrıda geçici artış, nevrit, dizestezi ve his kaybı, dural ponksiyon, iğnenin transforaminal olarak yanlış yerleşimi, kimyasal menenjit, vertebral arter enjeksiyonu, spinal kord hasarı, vazovagal senkop, geçici ataksi ve Koebner fenomenidir.

Servikal sinir köklerine, servikal medial dal ve üçüncü oksipital sinire USG eşliğinde de blok yapılabilir (14).

## TARTIŞMA

Radiküler komponenti olmayan kronik boyun ağrılı hastalarda epidural steroid enjeksiyonunun kulla-



Şekil 4. Lateral görüntüde iğne ucunun yerleşimi.

nımı için sınırlı literatür veri bulunmaktadır (1). Bir çalışmada idiyopatik boyun ağrısı olan 41 hastanın %56'sında tedaviden sonra 6 ay boyunca ağrıda %90 rahatlama sağlandığı bildirilmiştir (3). Başka bir sonuç çalışmasında 58 hastadan 6'sında ağrıda tam rahatlama sağlandığı, 8'inde üç enjeksiyona kadar yapılan tedaviden 3 hafta sonra %51 ila %75 veya %75 ila %91 oranında rahatlama sağlandığı bildirilmiştir (15). Kontrollü bir çalışmada epidural enjeksiyon solüsyonlarının steroid içermesi veya sadece lokal anestezi içermesi durumunda sonuçlarda anlamlı bir fark saptanmamıştır (11). Bu veriler boyun ağrısının tedavisinde epidural steroidler için çok az destek sağlamaktadır.

Servikal faset eklemlere eklem içi steroid enjeksiyonu 1980'lerden beri kullanılmaktadır. Kontrollü bir çalışmada faset kaynaklı boyun ağrısı tanısı kanıtlanmış hastalarda eklem içi steroid enjeksiyonu lokal anestezi enjeksiyonundan daha etkili bulunmamıştır ve her iki tedaviden de 15 gün sonra az sayıda hasta fayda görmüştür (2).

Boyun ağrısını tamamen giderdiği gösterilen tek tedavi perkütan radyofrekans medial dal nörotomisi-dir. Tedavi edilen hastaların %70'inde ağrı tamamen giderilmiştir (8, 9, 12). Hastaların yaklaşık %60'ının 6. ayda, %30 ila %50'sinin 12. ayda ağrılarının tamamen rahatlamış olduğu saptanmıştır (6). Tedavi edilen sinirler rejenerere olduğu için ağrı rekürrensi beklenebilir. Tekrarlayan nörotomilerle yeniden tedavi sağlanır. Her bir tekrarda ortalama 8-18 ay yeniden rahatlama sağlanabilir (9, 10, 7).

## SONUÇ

Boyun ve kol ağrısında tek başına medikal, fizik tedavi ve davranışsal yaklaşımlar bazı durumlarda yetersiz kalmakta, hastaları ve hekimleri girişimsel seçeneklere yönlendirmektedir. Tüm girişimsel tedaviler, mutlaka sterilizasyon kurallarına dikkat edilerek ve mümkün olduğunca floroskopi veya ultrasonografi gibi bir görüntüleme yönteminin yardımıyla uygulanmalıdır. Ortaya çıkabilecek komplikasyonlar düşünüldüğünde, bütün işlemlere gereken önem verilerek, kurallara uygun olarak yapılması gerektiği akıldan çıkarılmamalıdır. Bu girişimsel tedaviler, fonksiyonel iyileştirmeyi, farmakolojik tedaviyi ve bazen alternatif yaklaşımları içeren, multidisipliner bir tedavi kapsamında uygulanırsa daha yararlı olur.

## KAYNAKLAR

1. Ballantyne JC, Fishman SM, Rathmell JP: *Bonica's Management of Pain*. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2019.
2. Barnsley L, Lord SM, Wallis BJ, et al: Lack of effect of intraarticular corticosteroids for chronic pain in the cervical zygapophyseal joints. *N Engl J Med* 1994;330:1047-1050.
3. Cicala RS, Thoni K, Angel JJ: Long-term results of cervical epidural steroid injections. *Clin J Pain* 1989;5:143-145.
4. Clemons RR, Benzon HT: Facet syndrome: facet joint injections and facet nerve blocks. In: Benzon HT, Raja SN, Molloy RE, Liu SS, Fishman SM, editors. *Essentials of pain medicine and regional anesthesia*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2005.
5. Czervionke LF, Fenton DS: Facet joint injection and medial branch block. In: Fenton DS, Czervionke LF, editors. *Image-guided spine intervention*. Philadelphia: Saunders; 2003.
6. Engel A, Rappard G, King W, et al: The effectiveness and risks of fluoroscopically-guided cervical medial branch thermal radiofrequency neurotomy: a systematic review with compreh. *J Spinal Disord Tech* 2008;21:406-408.
7. Husted DS, Orton D, Schofferman J, et al: Effectiveness of repeated radiofrequency neurotomy for cervical facet joint pain. *J Spinal Disord Tech* 2008;21:406-408.
8. Lord SM, Barnsley L, Wallis BJ, et al: Percutaneous radio-frequency neurotomy for chronic cervical zygapophysial-joint pain. *N Engl J Med* 1996;335:1721-1726.
9. Lord SM, McDonald GJ, Bogduk N: Percutaneous radiofrequency neurotomy of the cervical medial branches: a validated treatment for cervical zygapophysial joint pain. *Neurosurg Quart* 1998;8:288-308.
10. MacVicar J, Borowczyk J, MacVicar AM, et al: Cervical medial branch radiofrequency neurotomy in New Zealand. *Pain Med* 2012;13:647-654.
11. Manchikanti L, Cash KA, Pampati V, et al: Two-year follow-up results of fluoroscopic cervical epidural injections in chronic axial or discogenic neck pain: a randomized, double-blind, controlled trial. *Int J Med Sci* 2014;11:309-320.
12. McDonald G, Lord SM, Bogduk N: Long-term follow-up of patients treated with cervical radiofrequency neurotomy for chronic neck pain. *Neurosurgery* 1999;45:61-68.
13. Molloy RE, Benzon HT: Interlaminar epidural steroid injections for cervical radiculopathy. In: Benzon HT, Raja SN, Molloy RE, Liu SS, Fishman SM, editors. *Essentials of pain medicine and regional anesthesia*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2005.
14. Peng P, Finlayson R, Lee SH, et al: *Ultrasound for Interventional Pain Management*. Springer Nature Switzerland AG; 2020.
15. Purkis IE: Cervical epidural steroids. *Pain Clinic* 1986;1:3-7.
16. Raj PP, Erdine S: *Pain-Relieving Procedures, The Illustrated Guide*. 1st ed. John Wiley & Sons Limited; 2012.
17. Raj PP, Lou L, Erdine S, et al: Chapter 30: Cervical facet block and median branch blocks. In: *Radiographic imaging for regional anesthesia and pain management*. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2003. p. 185-96.
18. Rathmell JP. Chapter 5: Interlaminar epidural injection. In: *Atlas of image-guided intervention in regional anesthesia and pain medicine*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. p. 34-63.
19. Rathmell JP: Chapter 7: Facet injection: intra-articular injection, medial branch block, and radiofrequency treatment. In: *Atlas of image-guided intervention in regional anesthesia and pain medicine*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 20.
20. Stizman BT: Epidural injections. In: Fenton DS, Czervionke LF, editors. *Image-guided spine intervention*. Philadelphia: Saunders; 2003.



## 24

# LOMBER DİSK HERNİLERİNDE MİKRODİSKEKTOMİ VE ENDOSKOPİK DİSKEKTOMİ TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Faruk Tonga, Özgür İsmailoğlu

## Tanım ve Kısa Tarihçe

Lomber disk hernileri (LDH); nöroşirürji polikliniklerinde tanınan anlamda en sık başvuru nedenidir. LDH; intervertebral disk dokusunun spinal kanal içine, nöral foramene veya ekstraforaminal bölgeye doğru yer değiştirmesi şeklinde tanımlanabilir. Bel ve/veya bacak ağrılarının neden olan en sık spinal patolojidir (6,21,30). Doğal seyrinde konservatif önlemlerle hastaların çoğunluğunda semptomlarda düzelme görülür (4,25). En az 6 hafta konservatif tedaviye yanıt vermeyen veya ilerleyici nörolojik bozukluğu olan hastalarda cerrahi girişim gereklidir (21,25,30). Cerrahi girişim çeşitleri; klasik açık diskektomi, mikrodiskektomi ve endoskopik diskektomi'dir. LDH operasyonlarındaki temel amaç; fıtıklaşan disk dokularını diskektomi yaparak nöral dokulara yaptığı basıyı ortadan kaldırmaktır. 1980'lere kadar neredeyse tüm dünyada en çok uygulanan klasik açık diskektomi operasyonunu ilk olarak 1934 yılında Mixter ve Barr (27) tanımladı. Geniş cilt insizyonu ve fazlaca paravertebral kas diseksiyonunu azaltmak amacı ile Yaşargil (42) ve Caspar (7) eş zamanlı olarak 1977'de mikroskop eşliğinde yaptıkları mikrodiskektomi (MD) tekniğini yayınladı. Bu teknik spinal cerrahlar tarafından çok olumlu karşılandı, kullanım yaygınlığı hızla arttı ve günümüzde hâlen standart diskektomi tekniği olarak kullanılmaktadır. Epidural mesafede postoperatif dönemde gelişen yapışıklıklar ve skar dokusu nedeniyle araştırmacılar tarafından daha az invazif teknik arayışları devam etti (5,14,18,36). İlk olarak Foley ve Smith (13) 1997'de beraberinde tübuler ekartörlerin kullanıldığı mikroendoskopik diskektomi tekniğini (MED) tanıttı. Teknolojik gelişime uygun olarak cerrahi aletlerde değişime neden oldu ve 2000'li yılların başında Ruetten (32,33) ve Choi (8) transforaminal veya interlaminer bir koridorla spinal kanalda sürekli vizüalizasyona izin veren minimal

invazif full endoskopik diskektomi (FED) spinal cerrahi pratiğine sundu.

Lomber disk hernilerinde mikrodiskektomi ve endoskopik diskektomi (ED) tekniklerinin karşılaştırılması; preoperatif, intraoperatif ve postoperatif olmak üzere üç kategoride değerlendirilmelidir.

## Preoperatif Karşılaştırma

Her iki teknikte LDH operasyonu olduğu için en önemli tanı yöntemi MRG'dir. MD'de çoğunlukla belirli bir miktar laminektomi yapıldığı için yukarı veya aşağı doğru migrate olmuş disk fragmanları dışında MRG görüntüleri üzerinden ayrıca bir preoperatif değerlendirmeye gereksinim yoktur. FED tekniğinde ise çalışma kanülünün yerleştirilmesi hedefe ulaşım açısından çok önemlidir (8). Bu nedenle preoperatif olarak herniasyon dokusunun sagittal ve aksiyal planda anatomik konumu için zonlar (santral, subartiküler, foraminal ve ekstraforaminal zon) çok iyi bilinmelidir (11,12). Preoperatif MRG incelemeleri bir disk mesafesinden diğerine atlayarak değil, ilgili disk mesafesinin bir üst ve bir alt vertebraını kapsayacak ince aksiyal ve ayrıca sagittal ve koronal kesitleri de içerecek biçimde yapılmalıdır. Ayrıca daha önce aynı seviye diskektomi öyküsü, kalsifikasyonlu spinal stenoz, segmental insitabilite, obezite, çok seviyeli dejeneratif spondilopati varlığı iyi değerlendirilmelidir. FED deneyimi fazla olmayan cerrahların bu tip hastalarda MD tekniğini kullanması önerilmektedir (24,37). Transforaminal FED tekniği L1-2, L3-4 ve L4-5 seviyelerinde ve göreceli olarak migrate olmamış intra/ekstrakanaliküler LDH'larda tercih edilir (10,40). L5-S1 disk hernilerinde iliak kanat engelinin dolaylı transforaminal FED yerine interlaminer FED tekniği daha uygundur (10,35). Yerleşim zonundan bağımsız olarak MD tekniği her türlü LDH'da uygulanabilir.



## İntraoperatif Karşılaştırma

MD spinal veya genel anestezi, ED ise çoğunlukla lokal anestezi ile uygulanır (8,16,37). MD tekniğinde cerrahın gözü ile cerrahi alan arasında operasyon mikroskobu vardır. Endoskopik cerrahide ise cerrah ameliyatı bir ekrana bakarak gerçekleştirir. Bu durum yeterli bir ameliyat odası düzenlemesi gerektirir ve alışmakta kısmen zorlanabilecek bir pozisyon- dur. ED’de kullanılan aletler MD’deki aletlere göre daha ince, daha uzun ve dayanıklılık açısından daha hassastır. ED’de daha küçük alanda, daha büyük görüntü ölçeğinde çalışılır. Cerrahın MD’den daha farklı hareketlerle manipülasyon yapması gereklidir. En önemli teknik ayrımı; MD’de manipülasyonların iki elle, ED’de ise tek elle yapılmasıdır. Bir el girişim boyunca çalışma kanülü hareketlerini koordine etmekte kullanılır. Cerrahın bu duruma alışmak için yeni manipülasyon becerileri edinmesi gereklidir.

Spinal cerrahi girişimlerin yapıldığı kliniklerde MD; standart diskektomi tekniği olduğu için peroperatif cerrahi anatomi konusunda neredeyse hiç sıkıntı yaşanmamaktadır. Ancak ED tekniğin her iki çeşiti (transforaminal ve interlaminer) için peroperatif cerrahi anatomi çok önemlidir. İnterlaminer ED’de cerrah aşına olduğu bir anatomik alanda çalışır. Bununla birlikte interlaminer pencerenin disk mesafesi ve herniasyon dokusu ile ilişkisi hasta bazlı ve ayrı ayrı incelenerek önceden belirlenmiş olmalıdır (19). İnterlaminer ED’de cerrah, MD sırasında ayırımı kolaylıkla yapılan epidural yağ dokusu, peridural membran, ligamentum flavum katmanları gibi anatomik dokuların ayırımı çok iyi yapmalıdır. Transforaminal ED’deki güçlük; foramenin mikro ve endoskopik anatomisi hakkındaki bilgi yetersizliği ve cerrahın alışkın olmadığı bir anatomik alanda çalışma zorunluluğudur (28). Bu durum başlangıçta doku ayırt etmekteki güçlükle kendini gösterir. Cerrah, foramenin mikroanatomi konusunda yeterli teorik donanımına sahip olmalıdır. Doku ayırt etmekteki güçlükler; teorik donanımla birlikte girişim sırasında anatomik nirengi noktalarına göre hareket etmek, dokulara saygılı olmak, gereksiz kesme ve koterizasyon işlemlerinden kaçınmakla aşılabılır. Deneyimli cerrahların ameliyatlarını seyretmek bir diğer yararlı yöntemdir. Cerrahın deneyimi arttıkça doku ayırt etmek refleks hâlini alacaktır. Bu nedenle ED teknikleri için eğitim ve deneyim süreci gerekir (17,28).

MD ve ED’nin operasyon süreleri ve kanama miktarları karşılaştırıldığında literatürde güçlü bir birliktelik yoktur. Öğrenim sürecinde ve deneyim yetersizliğinde ED tekniğin operasyon süresi daha uzundur. Ancak endoskopi deneyimi yüksek cerrahlar (istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmamasına rağmen)

MD’ye göre daha kısa sürede ED’yi gerçekleştirmektedir ve intraoperatif kanama da daha az olmaktadır (2,3,9,24,38,41).-

## Postoperatif Karşılaştırma

İnsizyon büyüklükleri, bel ve bacak ağrısındaki değişiklikler, hastane kalış süreleri, komplikasyonlar, nüks oranları, ortalama işe dönüş günleri; MD ve ED tekniklerinin postoperatif karşılaştırılma kriterleridir.

MD’de yaklaşık 2-3cm., ED’de ise 7-8mm. Cilt insizyonu yapılı (9,10,32).

Postoperatif bacak ağrısının azalması hem erken dönemde hem de uzun dönem takiplerde her iki teknik arasında anlamlı fark yoktur (%87-%89). Ancak intraoperatif (kısmen de olsa) laminektomi yapılması, paravertebral kasların kemik yapılardan sıyrılması, lomber insitabilite ve cerrahi alanda epidural fibrozis gelişiminin daha fazla olması nedeniyle bel ağrısı; MD hastalarda ED hastalara oranla daha fazla görülür (16,24,31,34).

MD ve ED tekniklerle opere edilen hastaların hastane kalış sürelerinde belirgin farklılık olmamakla birlikte (22), ED’de daha kısa olduğunu bildiren yayınlar vardır (3,9,16,24,38).

Komplikasyonlar açısından her iki teknik arasında belirgin bir farklılık yoktur (16,24,38).

Uzun süreli takiplerde ED sonrası tekrar operasyon gerektiren nüks LDH oranı %2,3-%15’dir ve MD ile karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık yoktur (1,3,15,23,26,29,34,38,39). ED’nin öğrenim süreci nedeniyle inkomplet dekompresyon ve erken nüks/rezidü oranı (6 aydan önce) daha yüksektir (16,19,24).

ED sonrası işe dönüş zamanı MD’ye göre daha kısadır (3,16,32,34).

## SONUÇ

LDH’nın cerrahi tedavisinde MD ve ED etkili iki farklı tekniktir. MD; tüm dünyada en yaygın kullanılan diskektomi tekniğidir. Cilt kesisinin küçüklüğü, lokal anestezi altında yapılabilirliği, operasyon süresinin daha kısa olması ve erken işe dönüş olanakları ile MD’ye göre daha minimal invazif bir teknik olan ED’nin spinal cerrahlar ve hastalar arasında popülerliği giderek artmaktadır. Ancak uzun öğrenim süreci, deneyim kazanılması ve preoperatif uygun hasta seçimi gerekliliği ED için hâlen en büyük sorun olarak görünmektedir. Tarihsel süreçte diskektomi tekniklerinin sürekli olarak daha da minimal invazif girişime doğru evrildiği göz önünde bulundurulduğunda; ED tekniğin yaygınlaşması kaçınılmazdır.

**KAYNAKLAR**

1. Ahn Y, Lee SH, Park WM, et al: Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent disc herniation: surgical technique, outcome, and prognostic factors of 43 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(16):E326-32.
2. Ahn Y: Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: technical tips to prevent complications. *Expert Rev Med Devices*. 2012;9(4):361-6.
3. Ahn Y, Lee SG, Son S, et al: Transforaminal Endoscopic Lumbar Discectomy Versus Open Lumbar Microdiscectomy: A Comparative Cohort Study with a 5-Year Follow-Up. *Pain Physician*. 2019;22(3):295-304.
4. Benoist M: The natural history of lumbar disc herniation and radiculopathy. *Joint Bone Spine*. 2002;69(2):155-60.
5. Bokov A, Isrelov A, Skorodumov A, et al: An analysis of reasons for failed back surgery syndrome and partial results after different types of surgical lumbar nerve root decompression. *Pain Physician*. 2011;14(6):545-57.
6. Campbell P, Wynne-Jones G, Muller S, et al: The influence of employment social support for risk and prognosis in nonspecific back pain: a systematic review and critical synthesis. *Int Arch Occup Environ Health*. 2013;86(2):119-37.
7. Caspar W: A New Surgical Procedure for Lumbar Disc Herniation Causing Less Tissue Damage Through a Microsurgical Approach. In: Wüllenweber, R., Brock, M., Hamer, J., Klinger, M., Spoerri, O. (eds) *Lumbar Disc Adult Hydrocephalus*. *Advances in Neurosurgery*, vol 4. Springer, Berlin, Heidelberg 1977.
8. Choi G, Lee SH, Raiturker PP, et al: Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for intracanalicular disc herniations at L5-S1 using a rigid working channel endoscope. *Neurosurgery*. 2006;58(1 Suppl):ONS59-68; discussion ONS59-68.
9. Choi KC, Shim HK, Hwang JS, et al: Comparison of Surgical Invasiveness Between Microdiscectomy and 3 Different Endoscopic Discectomy Techniques for Lumbar Disc Herniation. *World Neurosurg*. 2018;116:e750-e758.
10. Dezawa A, Sairyo K: New minimally invasive discectomy technique through the interlaminar space using a percutaneous endoscope. *Asian J Endosc Surg*. 2011;4(2):94-8.
11. Fardon DF, Milette PC: Combined Task Forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. Nomenclature and classification of lumbar disc pathology. Recommendations of the Combined task Forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(5):E93-E113.
12. Fardon DF, Williams AL, Dohring EJ, et al: Sze GK. Lumbar disc nomenclature: version 2.0: Recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society, the American Society of Spine Radiology and the American Society of Neuroradiology. *Spine J*. 2014;14(11):2525-45.
13. Foley KT, Smith MM: Microendoscopic discectomy. *Tech Neurosurg* 1997;3:301-7. 8.
14. Fritsch EW, Heisel J, Rupp S: The failed back surgery syndrome: reasons, intraoperative findings, and long-term results: a report of 182 operative treatments. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(5):626-33.
15. Hoogland T, van den Brekel-Dijkstra K, Schubert M, et al: Endoscopic transforaminal discectomy for recurrent lumbar disc herniation: a prospective, cohort evaluation of 262 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(9):973-8.
16. Jarebi M, Awaf A, Lefranc M, et al: A matched comparison of outcomes between percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for the treatment of lumbar disc herniation: a 2-year retrospective cohort study. *Spine J*. 2021;21(1):114-121.
17. Kanno H, Aizawa T, Hahimoto K, et al: Minimally invasive discectomy for lumbar disc herniation: current concepts, surgical techniques, and outcomes. *Int Orthop*. 2019;43(4):917-922.
18. Kim DH, Jaikumar S, Kam AC: Minimally invasive spine instrumentation. *Neurosurgery*. 2002;51(5 Suppl):S15-25.
19. Kim MJ, Lee SH, Jung ES, et al: Targeted percutaneous transforaminal endoscopic discectomy in 295 patients: comparison with results of microscopic discectomy. *Surg Neurol*. 2007;68(6):623-631.
20. Komori H, Shinomiya K, Nakai O, et al: The natural history of herniated nucleus pulposus with radiculopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(2):225-9.
21. Kreiner DS, Hwang SW, Easa JE. et al. North American Spine Society. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy. *Spine J*. 2014;14(1):180-91.
22. Lau D, Han SJ, Lee JG, et al: Minimally invasive compared to open microdiscectomy for lumbar disc herniation. *J Clin Neurosci*. 2011;18(1):81-4.
23. Leven D, Passias PG, Errico TJ, et al: Risk Factors for Reoperation in Patients Treated Surgically for Intervertebral Disc Herniation: A Subanalysis of Eight-Year SPORT Data. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(16):1316-1325.
24. Liu X, Yuan S, Tian Y, et al: Comparison of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy, microendoscopic discectomy, and microdiscectomy for symptomatic lumbar disc herniation: minimum 2-year follow-up results. *J Neurosurg Spine*. 2018;28(3):317-325.

25. Maroon JC: Current concepts in minimally invasive discectomy. *Neurosurgery*. 2002;51(5 Suppl):S137-45.
26. Mayer HM, Brock M: Percutaneous endoscopic discectomy: surgical technique and preliminary results compared to microsurgical discectomy. *J Neurosurg*. 1993;78(2):216-25.
27. Mixter W, Barr J: Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *N Engl J Med*. 1934;211:210-215.
28. Morgenstern R, Morgenstern C, Yeung AT: The learning curve in foraminal endoscopic discectomy: experience needed to achieve a 90% success rate. *SAS J*. 2007;1(3):100-107.
29. Nellensteijn J, Ostelo R, Bartels R, et al: Transforaminal endoscopic surgery for symptomatic lumbar disc herniations: a systematic review of the literature. *Eur Spine J*. 2010;19(2):181-204.
30. Postacchini F: Management of herniation of the lumbar disc. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81(4):567-76.
31. Rütten S, Komp M, Godolias G: Spinal-Cord-Stimulation (SCS) mittels 8-poligem Elektroden- und Doppelelektroden-System als minimalinvasive Therapie beim Postdiskotomie- und Postfusionssyndrom - Prospektive Studienergebnisse von 34 Patienten [Spinal cord stimulation (SCS) using an 8-pole electrode and double-electrode system as minimally invasive therapy of the post-discotomy and post-fusion syndrome--prospective study results in 34 patients]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2002;140(6):626-31.
32. Ruetten S: The full-endoscopic interlaminar approach for lumbar disc herniations. In: Mayer HM, ed. *Minimally Invasive Spine Surgery*. Berlin Heidelberg New York: Springer; 2005:346-55.
33. Ruetten S, Komp M, Godolias G: A new full-endoscopic technique for the interlaminar operation of lumbar disc herniations using 6 mm endoscopes: prospective 2-year results of 331 patients. *Minim Invas Neurosurg* 2006; 49:80-7.
34. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(9):931-9.
35. Sairyo K, Egawa H, Matsuura T, et al: State of the art: Transforaminal approach for percutaneous endoscopic lumbar discectomy under local anesthesia. *J Med Invest*. 2014;61(3-4):217-25.
36. Salenius P, Laurent LE: Results of operative treatment of lumbar disc herniation. A survey of 886 patients. *Acta Orthop Scand*. 1977;48(6):630-4.
37. Sanusi T, Davis J, Nicassio N, et al: Endoscopic lumbar discectomy under local anesthesia may be an alternative to microdiscectomy: A single centre's experience using the far lateral approach. *Clin Neurol Neurosurg*. 2015;139:324-7.
38. Shi R, Wang F, Hong X, et al: Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus microendoscopic discectomy for the treatment of lumbar disc herniation: a meta-analysis. *Int Orthop*. 2019;43(4):923-937.
39. Swartz KR, Trost GR: Recurrent lumbar disc herniation. *Neurosurg Focus*. 2003;15(3):E10.
40. Tezuka F, Sakai T, Abe M, et al: Anatomical considerations of the iliac crest on percutaneous endoscopic discectomy using a transforaminal approach. *Spine J*. 2017;17(12):1875-1880.
41. Wang K, Hong X, Zhou BY, et al: Evaluation of transforaminal endoscopic lumbar discectomy in the treatment of lumbar disc herniation. *Int Orthop*. 2015;39(8):1599-604.
42. Yasargil MG: Microsurgical operation for herniated disc. In: Wullenweber R, Brock M, Hamer J, Klinger M, Spoerri O, editors. *Advances in Neurosurgery*. Berlin: Springer-Verlag; 1977. p. 81.

## 25

ENDOSKOPIK OMURGA CERRAHİSİ:  
AVANTAJLAR/DEZAVANTAJLAR

Tolga Oğuz, Hakan Yılmaz

## GİRİŞ

Hem cerrahi enstrümantasyondaki hem de tam endoskopik omurga tekniklerindeki gelişmeler, servikal, torasik ve lomber omurga patolojilerinin tedavisinde olumlu klinik sonuçlarla sonuçlanmıştır. Omurgaya yönelik optimal cerrahi yaklaşımlar, patolojik dokuların görselleştirmesini ve eksizyonunu en üst düzeye çıkarırken, patolojik olmayan spinal anatomi ve işlevin korunmasını sağlamalıdır. Doğru endikasyon, doğru teşhis, doğru hasta seçimi ve iyi eğitim ile endoskopik omurga cerrahisi açık omurga cerrahisi kadar iyi sonuç verebilir. Başlangıçta endoskopik teknikler lomber, servikal ve torasik disk hernileri ile sınırlıydı. Ancak son dönemde endoskopik teknikler spinal kanal darlığı ve endoskopik yardımcı füzyon ameliyatlarında da kullanılmaktadır (7,9,13).

Lomber disk hernisi cerrahi tedavisinde ameliyat mikroskobu eşliğinde mikrodiskektomi hâlen günümüzde altın standart olan kabul edilen bir yöntem olarak uygulanmaktadır. Bununla birlikte ilerleyen teknoloji ile paralel olarak minimal invaziv bir teknik olan perkütan endoskopik diskektomi yöntemi nöroşirürji pratiğinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle doku travmasının az olması ve postoperatif hasta iyileşme süresinin daha kısa olması bu yöntemin her geçen gün daha fazla tercih edilen bir girişim olmasında en önemli sebepler olarak göze çarpmaktadır (1,4,7).

Endoskopik teknikler için öğrenme süreci birkaç faktöre bağlıdır. İlk olarak cerrahi anatomi tam olarak anlaşılmalıdır. Spinal anatomi ve ilişkili cerrahi yaklaşım anatomisi gözden geçirilmelidir. Cerrah, cerrahi tekniğin ana bileşenlerinin anlatıldığı ve uygulandığı çoklu kadavra seanslarına katılmalıdır. Son olarak, cerrah ek eğitim amaçları için eğitici vakalarına katılmalıdır (19,27,29).

Endoskopik omurga ameliyatlarının avantajları, daha az doku diseksiyonu ve kas travması, daha az kan kaybı, epidural kan beslemesinde daha az hasar ve bunun sonucunda epidural fibroz, yara izi, hastanede

kalış süresinin azalması, erken fonksiyonel iyileşme ve yaşam kalitesinde iyileşme ve daha iyi kozmetiktir (12,18,26,30).

## Alanı besleyen kollateral akımın ve faset eklemnin korunması

Füzyon cerrahisi de dahil olmak üzere açık mikroskobik dekompresyon operasyonlarında kaslar, bağ yapıları ve paraspinal yumuşak dokuların diseksiyonu ve retraksiyonu kaçınılmazdır. Ameliyat sonrası sırt ve bel ağrısı ağrısı ve hastanede kalış süresi mikrodiskektomi grubunda endoskopik gruba göre anlamlı düzeyde daha yüksektir. Endoskopik bir yaklaşımla yapılan cerrahi paraspinal dokulardaki iyatrojenik hasarı azaltmak, erken aktivite elde etmek ve işe daha erken başlamak açısından yardımcıdır (2,5,6,21).

Omurga cerrahisi sırasında faset eklem yapısının bozulması nöral yapıların optimal dekompresyonunu elde etmek için çoğu zaman kaçınılmazdır. Cerrah tarafından optimal dekompresyon yapılmazsa, eksik spinal kanal dekompresyonu, dinamik stenoz veya erken restenoz gelişimi nedeniyle cerrahi sonuç kötü olacaktır. Mikroskop, dekompresyon için hedef alanın iki boyutlu basit bir görünümünü sunar. Bu nedenle, santral kanal ve lateral resesin başarılı bir şekilde dekompresyonunu yapabilmek için ipsilateral faset eklem yaklaşık %30'unun eksizyonu çoğu vakada gereklidir ve bu da segmental instabilite ile sonuçlanabilir (3,4,8,10).

Tam endoskopik spinal ekipmanın yaklaşık 15° lik bir açısı vardır, bu da dekompresif cerrahi sırasında faset eklem altından tıraşlanmasını mümkün kılar. Endoskopun sağladığı bu açı, mikroskobik cerrahiye kıyasla faset eklemi koruma avantajına sahiptir. Son dönemde popüler hâle gelen biportal endoskopik sistemler, 0° ve 30° lik açı sağlayarak ve operasyon sırasında görüntüyü büyütürken faset ekleme daha az zarar vermemizi sağlar. Endoskopik spinal cerrahide açılı endoskop ve flexible drill kullanımı foraminal lezyonların başarılı bir şekilde dekompresyonunu sağlamıştır. Ciddi foraminal stenozları veya kombine



foraminal ekstraforaminal disk hernileri olan vakalar açık mikrocerrahi yöntemle tedavi edilecekse bir füzyon cerrahisi genelde operasyona eklenir. Bununla birlikte, endoskopik spinal cerrahide füzyon cerrahisi olmadan sadece bir dekompresyon cerrahisi ile lomber foraminal patolojiler tedavi edilebilir (15,17,20).

### Temiz endoskopik çalışma ile görüntü kalitesinde artış

Spinal endoskop kullanımı sonrası operasyon alanının yüksek oranda magnifikasyonu sağlanarak nöral doku yaralanması ve dura yaralanması olasılığı azalmıştır. Spinal endoskopun mikroskopi ile karşılaştırıldığında daha fazla büyütülmüş görüntü sunması açık cerrahide total çıkartılması güç olan bir patolojik lezyonun total çıkartılması yönünde cerraha ayrıcı yardımcı olabilir. Endoskopun daha fazla büyütülmüş görüntü sağlaması cerrahın normal doku ile patolojik dokuyu ayırt etmesi için çok önemlidir. Endoskopta kullanılan sürekli irrigasyon, kemik tozunun ve çıkarılan diğer dokuların yıkanması yoluyla temiz bir ameliyat alanı sağlar (11,14,22).

### Düşük postoperatif enfeksiyon oranı ve maliyet etkinliği

Spinal cerrahları en çok korkutan postoperatif komplikasyonlardan bazıları diskrit, spondilit ve epidural absedir. Antibiyotik profilaksisi sonrası spinal postoperatif enfeksiyon oranı %4,4 olarak bildirilmiştir. Endoskopik spinal cerrahide postoperatif enfeksiyon riski çok nadiren bildirilmiştir. Bunun nedeni küçük cilt kesisi ve sürekli irrigasyon ile temiz bir ameliyat sahası sağlanması olabilir. Postoperatif spinal enfeksiyonun azaltılması, postoperatif ağrıyı, hastanede kalış süresini ve tıbbi maliyeti azaltmak için önemli bir faktördür.

Endoskopik spinal cerrahi açık cerrahiye kıyasla daha yüksek hasta memnuniyet oranı, daha düşük intraoperatif kan kaybı ve daha kısa hastanede kalış süresi ile yeterli ve güvenli bir cerrahi yöntemdir. Daha kısa hastane yatışı, daha az postoperatif enfeksiyon oranı, daha az antibiyotik kullanımı endoskopik cerrahinin açık cerrahiye oranla daha az maliyetli olmasına neden olabilir (16,18,19).

### Operasyon sonrası morbidite oranında azalma

Günümüzde 65 yaş ve üzeri nüfusun yüzdesi giderek artmaktadır. Bu yaşlı grupta diyabetes mellitus, hipertansiyon, kalp yetmezliği, hiperlipidemi, iskemik serebrovasküler hastalık ve kanser dahil olmak üzere birçok tıbbi morbidite operasyon öncesi mevcuttur. Mikrodisektomi ya da füzyon cerrahisi öncesi anestezi konsültasyonu yapılan bu hastalarda

yüksek anestezi riski hem cerrahi perop komplikasyon açısından korkutmakta hem de hastanın operasyonla ilgili riskler anlatıldığında cerrahiden vazgeçmesine neden olabilmektedir. Bu hastalarda uzun ameliyat süresi ve daha fazla intraoperatif kan kaybı ciddi tıbbi komplikasyon gelişimi ile sonuçlanabilir. Spinal endoskopik girişimler daha az anestezi gereksinimi, düşük intraoperatif kan kaybı, düşük terminal hasarı riski ve daha kısa hastanede kalış süresi ile bu yaşlı hastalarda ek morbidite gelişmeksizin hastayı sağlığına kavuşturur (12).

## ENDOSKOPİK LOMBER SPİNAL CERRAHİ

### Kullanılan teknikler

- 1) Perkütan endoskopik transforaminal disektomi
- 2) Perkütan endoskopik interlaminar disektomi
- 3) Perkütan endoskopik ekstraforaminal disektomi
- 4) Endoskop yardımcı (Assisted) tübüler sistem ile disektomi

Perkütan endoskopik transforaminal disektomi ve Perkütan endoskopik interlaminar disektomi pratikte "Tam endoskopik teknik" olarak adlandırılmaktadır.

Genel olarak cerrahi tedavi endikasyonu olan her hasta, tam endoskopik lomber disk cerrahisi yöntemleri ile opere edilebilir. Transforaminal teknikte ligament ya da kemik rezeksiyonu gerektirmediği için anatomik bir giriş yolu olarak tanımlanmıştır. Ancak iliak kanat, migre disk hernileri, alt seviyelerde foramenin dar olması bu girişimin uygulanması esnasında bir takım zorluklara neden olabilmektedir. Bu sebeple L4-5 ve L5-S1 seviyelerinde bazı durumlarda interlaminar teknik de kullanılabilir. Daha üst lomber seviyelerde interlaminar pencerenin dar olması sebebi ile girişim için yüksek devirli endoskopik drill ve Kerrison kullanılarak bir miktar kemik rezeksiyonu yapmak gerekebilmektedir (6,8).

Endoskopik lomber omurga cerrahisinde en popüler iki yaklaşım, Transforaminal ve İnterlaminar endoskopik yaklaşımdır.

### Transforaminal endoskopik lomber disektomi (TELD)

Bu yaklaşımda disektomi ve dekompresyon, çıkan kök ile anterolateral olarak aşağı inen çaprazlayan kök arasındaki intervertebral foramen aracılığıyla gerçekleştirilir, bu nedenle bu cerrahiye başlamadan önce intervertebral foramen anatomisinin çok iyi bilinmesi gerekir. TELD intraforaminal disk hernileri,



ekstraforaminal, far lateral disk hernileri, lateral reses stenozu ve foraminal stenoz için uygun bir cerrahi yöntemdir (25).

### Avantajları

Kas ekartasyonu minimaldir. Lokal anestezi altında uygulanabilir. Açık cerrahiye göre bel ağrısı ve epidural fibrosis daha az görülür. Faset eklemin korunduğu bu yaklaşımda instabilite riski neredeyse yoktur. Operasyon sonrası hastaların hızlı rehabilitasyonu, daha kısa hastanede kalış süreleri ve daha erken gündelik hayatlarına ve iş yaşamlarına dönüşü sağlanmaktadır. Ayrıca optik sistem ve aydınlatmanın cerrahi alana yakın olması daha net görüş sağlamaktadır. Operasyon sırasında basınçlı serum fizyolojik ile irrigasyon yapılması ve epidural pleksusun daha net görülmesi kanama miktarının göreceli olarak daha az olmasına imkân sağlamaktadır. Aynı seansda hem lateral reses hem de foraminal stenozlara müdahale imkânı sunar. Cerrahi esnasında ciddi problem yaşanan durumlarda klasik mikrodiskektomi yöntemine geçilebilmektedir (11,14,24,25,28).

### Dezavantajları

Bu yaklaşım santral disk hernileri ve santral stenoz için uygun bir cerrahi yaklaşım değildir. Foramen girişinde kökün sınırlı hareket alanı olması sebebiyle transforaminal yaklaşım sırasında kökün hasarlanma veya ameliyat sonrası kalıcı dizestezi görülmesi riski vardır. Spondilolistezisli vakalar, nüks disk hernileri, root anomalileri, ileri migre ve kalsifiye disk hernileri ve kauda equina sendromu bu cerrahinin kontrendike olduğu durumlar arasında sayılır. Uzun bir eğitim süresi gerektirmesi bu yaklaşımın diğer bir dezavantajıdır. Özellikle tecrübesi az olan cerrahlar için başlangıçta daha genç yaş, kalsifiye diski bulunmayan, faset hipertrofisi ve lateral reses sendromu bulunmayan ve daha önce geçirilmiş operasyon öyküsü bulunmayan hasta seçiminin daha uygun olacağı önerilmektedir. Endoskopik diskektomi için kullanılan aletlerin yüksek maliyetli olması da kullanımının sınırlı merkezlerde olmasına ve yaygınlaşma hızının yavaş olmasına neden olmaktadır. Operasyon esnasında ana sinir kökü yaralanması, dural yırtılma, hematoma, iç organ yaralanması, damar yaralanması ve muhtemelen öğrenme sırasında cerrahi tecrübe eksikliğinden de kaynaklanabilecek enfeksiyon görülebilmektedir. İşlem sırasında sürekli yapılan serum fizyolojik irrigasyonuna bağlı BOS kaçakları gözden kaçabilmektedir. Migre ve sekstre disk hernilerinde disk parçasının tam olarak çıkarılamaması sonucunda rezidü bildirilen vakalar mevcuttur. İleri yaş ve alkol kullanımının daha yüksek rekürens oranı ile ilişkili olabileceğini bildiren yayınlar mevcuttur (11,14,22,23,31).

## İnterlaminar endoskopik lomber diskektomi

Yüksek iliak krete sahip L5-S1 disk herniasyonuna ve yukarı migre L5-S1 disk herniasyonuna sahip hastalarda transforaminal yaklaşımın uygulanmasında bazı anatomik kısıtlılıklar mevcuttur. Bu gibi durumlarda interlaminar yaklaşım faydalı olabilir. L5-S1 mesafesindeki interlaminar pencere en büyüktür (31 mm) ve L5 laminasının az sarkması L5-S1 seviyesindeki disk herniasyonunda interlaminar yaklaşımı en uygun endoskopik yaklaşım kılar (11,14,33,35).

### Avantajları

L5-S1 mesafesine en iyi erişim sağlayan endoskopik yöntemdir. İleri derece migre disk hernilerinde, kalsifiye disk hernilerinde, median paramedian disk hernilerinde, ileri faset hipertrofisi ile giden santral spinal stenozda, nüks disk hernilerinde, çok seviye ve bilateral disk hernilerinde efektif cerrahi bir yöntem olarak kabul edilir. Standart posterior laminektomiye benzer olması nedeniyle spinal cerrahlar tarafından öğrenme süreci daha kısadır. Diğer endoskopik lomber yaklaşımlardaki gibi faset eklemlerin olabildiğince korunması nedeniyle instabilite riski yok denecek kadar azdır (7,8,11).

### Dezavantajları

Transforaminal yaklaşımdan farklı olarak durayı ekarte etmemiz nedeniyle hastaya epidural veya genel anestezi yapılmasını gerekli kılar. Foraminal ve ekstraforaminal disk hernileri için uygun bir cerrahi girişim değildir. Operasyon öncesi çekilen görüntüleme segmental instabilite olması, skolyoz veya ileri rotasyon ve klinik muayenede kauda equina sendromu bu cerrahi için kontrendikasyonlardır (14,19).

## ENDOSKOPİK SERVİKAL SPİNAL CERRAHİ

### Perkütan endoskopik anterior servikal diskektomi

Lokal anestezi altında uygulanabilir. Günübürlük yatış yeterli olur. Opere edilen segmentin füzyonunu gerektirmemesi nedeniyle füzyon cerrahisine bağlı komplikasyonlar görülmez. Cerrahi prosedür sırasında hasta uyanık olduğundan işlem sırasında hastadan sürekli geri bildirim alınır, bu nedenle daha güvenli bir cerrahidir. Konservatif tedaviye yanıt vermeyen, klinik ve görüntüleme bulguları birbiriyle uyumlu "contained" ya da "non-contained" santral ve parasantral servikal disk hernilerinde efektif bir cerrahi prosedürdür. 25 dereceli optik yardımıyla anatomik yapıların yeterli magnifikasyonu, kısa operasyon süresi, daha az yumuşak doku hasarı, daha az kan kaybı, düşük

maliyet bu cerrahinin avantajlarından. İleri migre disk hernileri, kalsifiye disk hernileri, disk aralığının 5 mm' den dar olması, instabilite ve daha önceki bir anterior servikal girişim bu cerrahi prosedür için kontrendike durumlardır. Cerrahi sırasında gelişebilecek komplikasyonlara sınırlı müdahale şansı olması ve foramenlerin uygun dekompresyonu için yetersiz cerrahi koridor sunması bu cerrahi girişimin dezavantajlarından (32).

### Perkütan endoskopik posterior servikal foraminotomi

Posterior servikal foraminotomi, öndeki normal diskin yapısını bozmadan ekstrüde olmuş foraminal disk herniasyonu ya da foraminal stenoz tedavisinde kullanılan endoskopik prosedürdür. Anterior diskektomi ve füzyon cerrahisine gerek olmadan posteriordan ekstrüde olmuş fragman çıkarılıp yeterli foraminotomi ile kökün rahatlatılması amaçlanır. Aynı zamanda "anahtar deliği foraminotomi" olarak da adlandırılır. Osteofitik servikal foraminal stenoz tedavisinde kullanılabilir. İnstabilite ve servikal kifoz varlığı bu cerrahi prosedür için kontrendike durumlardır (16,27,34).

### Endoskopik torakal diskektomi

Torasik disk hernileri, servikal veya lomber disk hernilerinden çok daha az sıklıkta görülür ve tüm disk herniasyonlarının sadece %0,25-0,75'ini oluşturur. Torasik disk hernilerinin tedavisinde yumuşak doku travmasını azaltmak için endoskopik transpediküler torasik diskektomi tekniği tanımlanmıştır. Bu prosedür semptomatik yumuşak torasik disk herniasyonu için güvenli ve etkilidir. Endoskop tarafından sağlanan daha iyi görüntü root için daha mükemmel dekompresyon olanağı sunar. Bu endoskopik yaklaşımda torakoskopik yaklaşımlarda kullanıldığı gibi postoperatif göğüs drenajı ya da göğüs duvarında ayrı cilt insizyonlarına gerek yoktur. Klasik posterolateral yaklaşıma göre faset eklemi çok daha küçük bir kısmının rezeksiyonu cerrahi için yeterlidir. Kaudal pedikül ve total faset rezeksiyonu gerektirmemesi bu cerrahinin avantajlarından. Posterior ve anterior yaklaşımlara göre vertebra elemanlarının rezeksiyonunu önlemesi nedeniyle stabilizasyon ihtiyacı olmaz. Küçük insizyon, daha az kan kaybı, daha kısa sürede hastanın rehabilitasyonu ve daha az postoperatif ağrı bu cerrahinin diğer avantajları arasında sayılabilir. Kalsifiye torakal disk hernisi, geniş tabanlı paramedian disk hernisi, torasik bölgede posterior longitudinal ligament kalsifikasyonu, akut ya da progresif spinal kord hastalığı bulguları, disk aralığında belirgin daralma, ileri spinal kord kompresyonu bu cerrahi için kontrendike durumlardır. Yine endos-

kopla torasik disk hernisini tedavi edecek cerrahın torasik omurganın anatomik yapısı nedeniyle önemli miktarda cerrahi tecrübeye sahip olması gerekir (3,5).

Sonuç olarak, endoskopik cerrahi tekniklerin gelişmesi ile perkütan endoskopik disk cerrahisi, gün geçtikçe daha fazla merkezde uygulanmaya başlamıştır. Bu yöntemin sağladığı en önemli avantajlar; minimal invazif bir yöntem olması, iatrojenik kas ve ligamentöz yapılarda daha az hasara sebep olması ve böylelikle spinal stabilitenin korunabilmesi, operasyon sonrası hastaların hızlı rehabilitasyonu, daha kısa hastanede kalış süreleri ve daha erken gündelik hayatlarına ve iş yaşamlarına dönüşün sağlanması olarak sayılabilir. Spinal anestezi altında da uygulanabilmesi ve işlem süresinin kısa olması bu yöntemin avantajları arasındadır. Öte yandan cerrahın öğrenme sürecinin uzun olması ve oluşabilecek komplikasyonların büyük oranda cerrahın tecrübesi ile yakından ilgili olması ve ekipmanların yüksek maliyetleri nedeni ile yöntemin yaygınlığının az olması en önemli dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır.

### KAYNAKLAR

1. Ahn Y: Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy. Technical tips to prevent complications. *Expert Rev Med Devices* 9(4):361-366, 2012
2. Ahn SS, Kim SH, Kim DW: Learning curve of percutaneous endoscopic lumbar discectomy based on the period (Early vs. Late) and technique (in-and-out vs. in-and-out-and-in): A retrospective comparative study. *J Korean Neurosurg Soc* 58:539-46, 2015
3. Bae J, Chachan S, Shin SH, et al: Percutaneous endoscopic thoracic discectomy in the upper and midthoracic spine: a technical note. *Neurospine* 16(1):148-153, 2019
4. Chen CM, Sun LW, Tseng C, et al: Surgical outcomes of full endoscopic spinal surgery for lumbar disc herniation over a 10-year period: A retrospective study. *PLoS One* 5;15(11), 2020
5. Cheng XK, Chen B: Percutaneous endoscopic thoracic decompression for thoracic spinal stenosis under local Anesthesia. *World Neurosurg* 139(May):488-494, 2020
6. Choi KC, Kim JS, Ryu KS, et al: Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5-S1 disc herniation: transforaminal versus interlaminar approach. *Pain Physician* 16(6):547-556, 2013
7. Eun SS, Eum JH, Lee SH, et al: Biportal Endoscopic Lumbar Decompression for Lumbar Disk Herniation and Spinal Canal Stenosis: A Technical Note. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 78(4):390-396, 2017
8. Eustacchio S, Flaschka G, Trummer M, et al: Endoscopic percutaneous transforaminal treatment for herniated lumbar discs. *Acta Neurochir* 144: 997-1004, 2002

9. Garg B, Nagraja UB, Jayaswal A: Microendoscopic versus open discectomy for lumbar disc herniation: A prospective randomised study. *J Orthop Surg* 19: 130-134, 2011
10. Hirano Y, Mizuno J, Takeda M, et al: Percutaneous endoscopic lumbar discectomy – Early clinical experience. *Neurol Med Chir* 52: 625-630, 2012
11. Jasper GP, Francisco GM, Telfeian AE: Endoscopic transforaminal discectomy for an extruded lumbar disc herniation. *Pain Physician* 16: E31-E35, 2013
12. Kambin P, Gellman H: Percutaneous lateral discectomy of the lumbar spine. A preliminary report. *Clinical Orthopaedics* 174:127-32, 1983
13. Kim HS, Park JY: Comparative assessment of different percutaneous endoscopic interlaminar lumbar discectomy (PEID) techniques. *Pain Physician* 16: 359-367, 2013
14. Lee DY, Shim CS, Ahn Y, et al: Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for recurrent disc herniation. *J Korean Neurosurg Soc* 46: 515-521, 2009
15. Lee S, Kim SK, Lee SH, et al: Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for migrated disc herniation: Classification of disc migration and surgical approaches. *Eur Spine J* 16:431-437, 2007
16. Namath S, Huss A, Perez-Cruet MJ: Complication management with minimally invasive spine procedures. *Neurosurg Focus* 31: (4):E2, 2011
17. Peng CW, Yeo W, Tan SB: Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: Clinical and quality of life outcomes with a minimum 2 year followup. *J Orthop Surg Res* 4:20, 2009
18. Pirris SM, Dhall S, Mummaneni PV, et al: Minimally invasive approach to extraforaminal disc herniations at the lumbosacral junction using an operating microscope: case series and review of the literature. *Neurosurg Focus* 25:E10, 2008
19. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Full endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine* 33(9):931-9, 2008
20. Ruetten S, Komp M, Godolias G: An extreme lateral access for the surgery of lumbar disc herniations inside the spinal canal using the full-endoscopic uniportal transforaminal approach-technique and prospective results of 463 patients. *Spine* 30(22):2570-8, 2005
21. Sang SE, Sang HL, Luigi AS: Long-term follow-up results of percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Pain Physician* 19:E1161-E1166, 2016
22. Sencer A, Yorukoglu AG, Akcakaya MO: Fully endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy: Shortterm clinical results of 163 surgically treated patients. *World Neurosurg* 82(5): 884-890, 2014
23. Shin KH, Chang HG, Rhee NK, et al: Revisional percutaneous full endoscopic disc surgery for recurrent herniation of previous open lumbar discectomy. *Asian Spine J* 5(1):1-9, 2011
24. Song HP, Sheng HF, Xu WX: A case-control study on the treatment of protrusion of lumbar intervertebral disc through PELD and MED. *Exp Ther Med* 14:3708-3712, 2017
25. Tsou PM, Yeung AT: Transforaminal endoscopic decompression for radiculopathy secondary to intracanal noncontained lumbar disc herniations: Outcome and technique. *Spine J* 2:41-48, 2002
26. Tsou PM, Yeung CA, Yeung AT: Posterolateral transforaminal selective endoscopic discectomy and thermal annuloplasty for chronic lumbar discogenic pain: A minimal access visualized intradiscal surgical procedure. *Spine J* 4: 564-557, 2004
27. Wan Q, Zhang D, Li S, et al: Posterior percutaneous full-endoscopic cervical discectomy under local anesthesia for cervical radiculopathy due to soft-disc herniation: A preliminary clinical study. *J Neurosurg Spine* 29:351-357, 2018
28. Wang B, Lu G, Patel AA, et al: An evaluation of the learning curve for a complex surgical technique: The full endoscopic interlaminar approach for lumbar disc herniations. *Spine J* 11: 122-130, 2011
29. Wang H, Zhou Y, Li C, et al: Risk factors for failure of single-level percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Neurosurg Spine* 23:320-5, 2015
30. Wang M, Zhou Y, Wang J, et al: A 10-year follow-up study on longterm clinic outcomes of lumbar microendoscopic discectomy. *J Neurol Surg A* 73(4):195-198, 2012
31. Xin G, Shi-Sheng H, Hai-Long Z: Morphometric analysis of the YESS and TESSYS techniques of percutaneous transforaminal endoscopic lumbar discectomy. *Clin Anat* 26:728-34, 2013
32. Yang JS, Chu L, Chen L, et al: Anterior or posterior approach of full-endoscopic cervical discectomy for cervical intervertebral disc herniation?: a comparative cohort study. *Spine* 39:1743-50, 2014
33. Yeung AT, Tsou PM: Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: Surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. *Spine* 27:722-731, 2002
34. Ye ZY, Kong WJ, Xin ZJ, et al: Clinical observation of posterior percutaneous full-endoscopic cervical foraminotomy as a treatment for osseous foraminal stenosis. *World Neurosurg* 106:945-952, 2017
35. Yorukoglu AG, Goker B, Tahta A: Fully endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy: Analysis of 47 complications encountered in a series of 835 patients. *Neurocirugia (Astur)* 28(5): 235-241, 2017



# 26

## İTERLAMİNER YAKLAŞIMLA TAM ENDOSKOPIK LOMBER DİSKEKTOMİ

Turan Kandemir, Altay Sencer

### GİRİŞ

Lomber omurgaya ilk minimal invaziv girişim 1948 yılında Valls ve ark.nın tanı amaçlı vertebra korpusundan perkütan teknikle biyopsi almasına dayanmaktadır (14). 1975 yılında Hijikata perkütan diskektomi tekniğini geliştirerek minimal invaziv cerrahinin temelini oluşturmuştur (5). 1980'lerin ilk yarısında modifiye bir artroskop ile intervertebral disk aralığının ilk görüntülenmesinden sonra endoskopik lomber diskektomi teknikleri gelişme göstermiştir (4,8). Tübüler sistem kullanılarak gerçekleştirilen ilk diskektomi 1991 yılında Faubert ve Caspar tarafından tanımlanmıştır (3). Endoskopik diskektomide büyük gelişme ise Yeung tarafından YESS (Yeung Endoskopik Spine Surgery System) endoskopi sisteminin geliştirilmesi (16) ve Ruetten tarafından interlaminer yaklaşımın tarif edilmesi ile sağlanmıştır (10).

Lomber disk cerrahisinde temel amaçlar minimal travmatik doku hasarı oluşturup nöral yapılara hasar vermeden yeterli dekompresyonu sağlamaktır. Bu amaçla endoskopik lomber diskektomi her geçen gün daha popüler hâle gelmektedir. Son dönemde yapılan çalışmalarda perkütan endoskopik diskektominin klinik sonuçları ile açık mikroskobik diskektominin klinik sonuçları benzer bulunmuştur (7,9). Endoskopik yaklaşımda daha az paravertebral kas hasarı olması, kemik yapıların daha az rezeke edilmesi, cerrahi işlem sırasında daha az kan kaybı, daha kısa süreli hastanede yatış imkânı sağlaması ve yara yerinin daha hızlı iyileşmesi gibi birçok avantajı vardır (2).

Perkütan endoskopik diskektomide, transforaminal (TF) yaklaşım ve interlaminer (İL) yaklaşım mevcuttur. Endoskopik transforaminal yaklaşımda L5-S1 disk mesafesine ulaşım; yüksek yerleşimli iliak kanat, geniş transvers proçes varlığı ve sakral alanın forameni daraltması nedeniyle daha güçtür (1). Endoskopik interlaminer yaklaşım öncelikle L5-S1 mesafesindeki disk hernilerine müdahale etmek için geliştirilmiştir olsa da üst seviye disklere de müdahale edilebilmektedir.

İnterlaminer yaklaşımda; interlaminer mesafenin dar olduğu durumlarda, vertebraların posteriyor end-platelerinin osteoproliferasyonunda, posteriyor longitudinal ligament kalsifikasyonunda, lomber stenozlarda ve nüks disklere yeterli dekompresyonu sağlamak teknik olarak daha zor olabilir (15). Son dönemlerde geliştirilen teknikler ve aletlerin yardımıyla bu zorlukların üstesinden gelinmiştir. Endoskopik drill ucu kullanılarak interlaminer yapıyı genişletmek için laminektomi yapılabilmekte ve disk mesafesindeki kalsifiye yapılar temizlenebilmektedir (6).

Ruetten ve ark.nın yayınladığı bir çalışmada 331 hastanın L5-S1 disk hernisine interlaminer yöntemle cerrahi uygulanmış olup hastaların postoperatif uzun zaman takiplerinde bel ağrısı olmayıp %82'sinde iyi klinik sonuçlar elde edilmiştir. Aynı çalışmada hastaların postoperatif VAS skorlarında iyileşme saptanmış olup MacNab skoru iyi ve mükemmel olanların oranı %96.3 olarak saptanmıştır (10).

Ülkemizde yapılan bir klinik çalışmada tam endoskopik interlaminer lomber diskektomi ve mikrodiskektominin maliyetleri karşılaştırılmıştır. Hastanede kalma süresi, cerrahi işlem ve anestezi maliyeti, hemşire bakımı, laboratuvar tetkikleri ve postoperatif medikasyon maliyetleri değerlendirilmiş olup interlaminer lomber diskektomi daha az maliyetli olduğu bildirilmiştir (13).

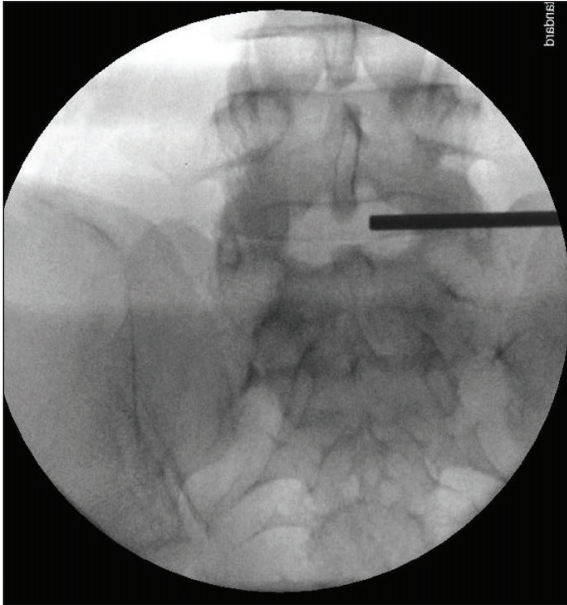
### ENDİKASYONLAR

Klasik mikrodiskektomi endikasyonları tam endoskopik diskektomi için de geçerlidir. Endoskopik yaklaşımda interlaminer yaklaşım ile transforaminal yaklaşım arasındaki seçimi Ruetten ve ark. tanımlamıştır (11,12). İlk seçenek transforaminal yaklaşım olsa da; sekestre fragmanın üst veya alt pedinkülün ortasında yer alması durumunda, iliak kanatın ve transvers proçesin foramene ulaşımı engellediği durumlarda interlaminer yaklaşım tercih edilmelidir. Seçilecek olan yaklaşımda cerrahın tecrübesi büyük rol oynar.



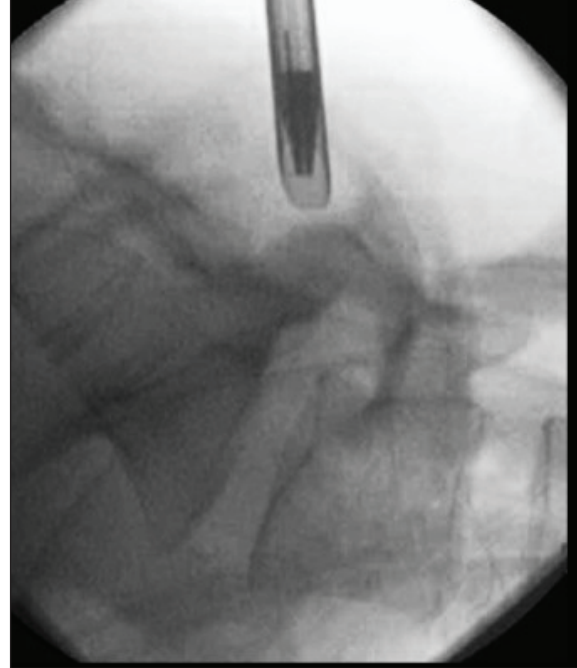
## CERRAHİ TEKNİK

Tam endoskopik interlaminer diskektomi çoğunlukla genel anestezi altında yapılmaktadır. Hasta radyolüsent ameliyat masasına Wilson çerçeve ve kalça ve göğsün desteklendiği prone pozisyonda konumlandırılır. İnterlaminer mesafeyi genişletmek için ameliyat masasına fleksiyon uygulanır. C-kollu skopi ile anterior-posterior görüntüleme yapılarak insizyon noktası belirlenir (Şekil 1). İşlem yapılacak seviyenin süperiyör laminasının alt kenarı hedeflenecek şekilde saat yönüne göre sol tarafta 10, sağ tarafta 2 olacak şekilde yaklaşık olarak 8 mm'lik bir insizyon konulur. Daha sonra 11 numara bistüri ile torakolomber fascia açılır ve 6,9 mm çaplı bir dilatatör yerleştirilir. Dilatatör interlaminer mesafesinin lateral kenarına skopi eşliğinde yerleştirilir. Deneyimli cerrahlar dilatatörü direkt ligamentum flavum üzerine yerleştirebilir fakat yeni başlayan cerrahlar için

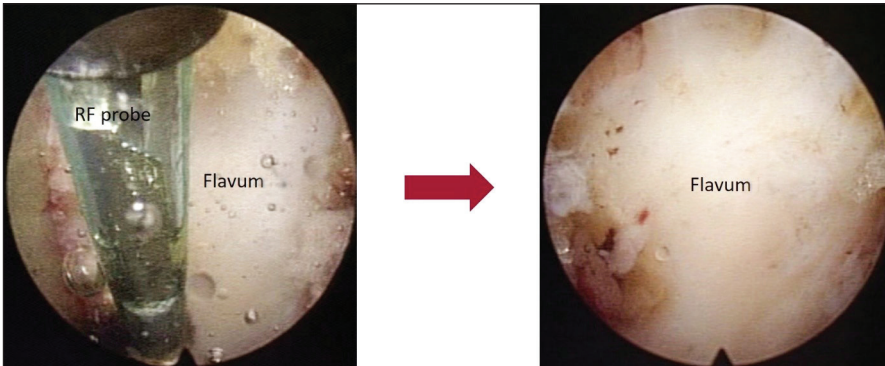


Şekil 1. Skopi eşliğinde ciltten giriş noktasının belirlenmesi.

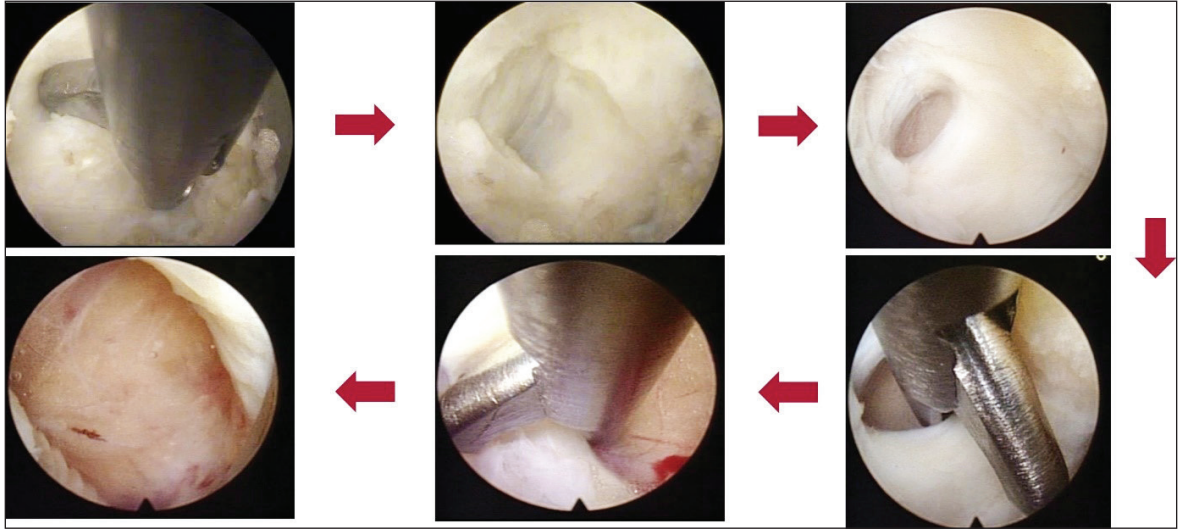
faset ekleme yönelip kemik yapıyı hissetmek daha güvenilir bir yoldur. Spinal kanal penetrasyonundan kaçınmak için skopi kontrolü sonrasında 7,9 mm'lik çalışma kanülü kesik ucu mediale bakacak şekilde dilatatörün üzerinden yerleştirilir (Şekil 2). Bir sonraki adım olarak dilatatör çıkarılır ve endoskop takılır. Endoskopik görünüm ve sürekli yüksek basınçlı salin irrigasyonu altında operasyona devam edilir. Çevredeki yumuşak dokular ve paraspinal kas kalıntıları koterize edilerek ligamentum flavum ortaya konulur (Şekil 3). Gerek duyulduğunda drill veya Kerrison Rongeur yardımıyla laminektomi yapılarak interlaminer mesafe genişletilebilir. Genellikle flavumun 3 ila 5 mm'lik bir kesisi yeterlidir (Şekil 4). Gerekirse bu kesi büyütülebilir. Çalışma kanülü flavum kesisinden ilerletilerek epidural mesafeye ulaşılır. Daha sonra epidural yağ dokusu alınarak veya mobilize edilerek



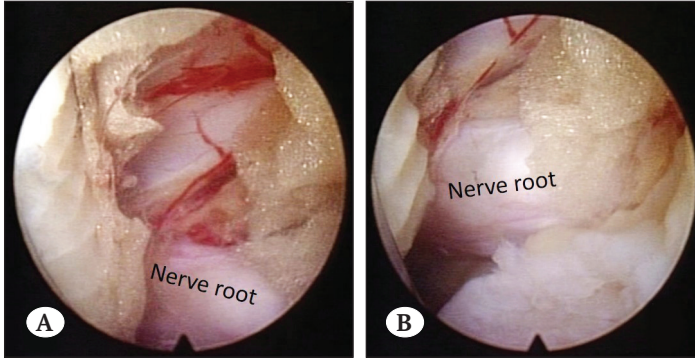
Şekil 2. Çalışma kanülünün skopi eşliğinde yerleştirilmesi.



Şekil 3. Flavumun ortaya konulması.



Şekil 4. Flavumun açılma aşamaları.



Şekil 5. Epidural yağ dokusunun çıkarılması veya mobilizasyonundan sonra nöral yapıların görünümü.

dura mater ve sinir kökü ortaya konulur (Şekil 5). Genellikle kök bir disektör ile mediale doğru çekilir, çalışma kanülünün kesik ucu 180 derece döndürülür ve bu şekilde çalışma kanülü sinir kökünü mediale çekerek lateral epidural boşluğu açığa çıkarır. Epidural damarların koterizasyonunun ardından diskektomi yapılır. Kök ve dural kese üzerindeki baskı ortadan kalktıktan sonra disk aralığına ulaşılması ve tüm disk materyalinin çıkarılması cerrahın tercihinine kalmıştır. Cerrahi işlem tamamlandığında çalışma kanülü ve endoskop çıkarılarak operasyon sonlandırılabilir. Cilt insizyonu için tek bir dikiş gerekebilir. İL yaklaşımında TF yaklaşımdan farklı olarak, kemik rezeksiyonu yapılarak çalışma kanülü kranial ve kaudal hareket ettirebilir. Böylelikle sekestre disk hernilerine ulaşılabilir (10–12).

Ameliyat sonrasında hastalar aynı gün korse desteği olmadan mobilize olabilir. Hastalar aynı gün veya ertesi gün taburcu edilebilir.

## KOMPLİKASYONLAR

Tam endoskopik diskektominin komplikasyonları mikrodiskektomiden farklı değildir. Öğrenme eğrisi önemli bir rol oynayabilir, ancak deneyimli ellerde oranlar aynıdır. Motor ve duyu defisitler %3'ün altında bildirilmektedir. Dural yırtıklar oluşabilir ancak genellikle onarım gerektirmez. İL yaklaşım ile büyük damar yaralanması henüz bildirilmemiştir (17). Erken veya geç reoperasyonlar %5-8 civarında bildirilmektedir ve bu oran mikrodiskektomi ile benzerdir. Çalışma kanülünün yanlış yerleştirilmesi, anatomik oryantasyonun kolayca kaybedilmesine sebep olabilir (15). Bu da operasyon süresinin uzamasına ve iyatrojenik yaralanmaya neden olabilir. Ayrıca nöral elemanların uygun olmayan şekilde manipüle edilmesi, geçici veya kalıcı motor-duyu defisitine neden olabilir (15).

**KAYNAKLAR**

1. Choi SH, Adsul NM, Kim HS, et al: Percutaneous Endoscopic Interlaminar Unilateral Ventral Dural Approach for Symptomatic Bilateral L5–S1 Herniated Nucleus Pulposus. *Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery* 79: 518-523, 2018.
2. Eum JH, Heo DH, Son SK, et al: Percutaneous biportal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a technical note and preliminary clinical results. *Journal of Neurosurgery: Spine* 24: 602-607, 2016.
3. Faubert C, Caspar W: Lumbar percutaneous discectomy. *Neuroradiology* 33: 407-410, 1991.
4. Hermantin FU, Peters T, Quartararo L, et al: A prospective, randomized study comparing the results of open discectomy with those of video-assisted arthroscopic microdiscectomy. *JBJS* 81: 958-65, 1999.
5. Hijikata S: Percutaneous nucleotomy. A new concept technique and 12 years' experience. *Clinical orthopaedics and related research* 9-23, 1989.
6. Hua W, Tu J, Li S, et al: Full-endoscopic discectomy via the interlaminar approach for disc herniation at L4-L5 and L5-S1: An observational study. *Medicine (Baltimore)* 97: e0585, 2018.
7. Kim M, Lee S, Kim HS, et al: A Comparison of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy and Open Lumbar Microdiscectomy for Lumbar Disc Herniation in the Korean: A Meta-Analysis. *Biomed Res Int* 2018: 9073460, 2018.
8. Mayer HM, Brock M, Berlien HP, et al: Percutaneous endoscopic laser discectomy (PELD) a new surgical technique for non-sequestered lumbar discs; içinde *Minimally Invasive Neurosurgery I*. Springer, 1992.
9. Phan K, Xu J, Schultz K, et al: Full-endoscopic versus micro-endoscopic and open discectomy: A systematic review and meta-analysis of outcomes and complications. *Clin Neurol Neurosurg* 154: 1-12, 2017.
10. Ruetten S, Komp M, Godolias G: A new full-endoscopic technique for the interlaminar operation of lumbar disc herniations using 6-mm endoscopes: prospective 2-year results of 331 patients. *Minimally Invasive Neurosurgery* 49: 80-87, 2006.
11. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Use of newly developed instruments and endoscopes: full-endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach. *J Neurosurg Spine* 6: 521-530, 2007.
12. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine (Phila Pa 1976)* 33: 931-939, 2008.
13. Ünsal ÜÜ, Şentürk S: Comparison of direct costs of percutaneous full-endoscopic interlaminar lumbar discectomy and microdiscectomy: Results from Turkey. *Ideggogy Sz* 74: 197-205, 2021.
14. Valls J, Ottolenghi CE, Schajowicz F: Aspiration biopsy in diagnosis of lesions of vertebral bodies. *Journal of the American Medical Association* 136: 376-382, 1948.
15. Wang B, Lü G, Patel AA, et al: An evaluation of the learning curve for a complex surgical technique: the full endoscopic interlaminar approach for lumbar disc herniations. *The Spine Journal* 11: 122-130, 2011.
16. Yeung AT: Minimally invasive disc surgery with the yeung endoscopic spine system (YESS). *Surgical technology international* 8: 267-277, 1999.
17. Yorukoglu AG, Manfrè L, Sencer A: *Endoscopic Percutaneous Discectomy; içinde The Disc and Degenerative Disc Disease*. Springer, 2020.

## 27

TRANSFORAMİNAL YAKLAŞIMLA TAM  
ENDOSKOPIK LOMBER DİSKEKTOMİ

Merih Can Yılmaz, Mehmet Osman Akçakaya, Murat İmer

## GİRİŞ

Lomber disk herniasyonu ve buna bağlı gelişen ağrı ile nörolojik bulgular toplumda önemli bir iş gücü kaybı ve ağrı nedenidir. Yapılan epidemiyolojik çalışmalarda popülasyonun hemen hemen %85'inin hayatının bir döneminde bel ağrısından (bacak ağrısı ile birlikte veya değil) yakındığını göstermiştir (21). Ortalama yaşam süresinin daha uzun olduğu batı dünyasında bel ağrısı 45 yaşın üzerindeki popülasyonda en yaygın disabilite nedeni ve tüm doktor başvurularında ikinci ana şikayeti teşkil etmektedir (44). Ancak, kuşkusuz bu olguların çok az bir kısmında cerrahi tedavi gerekli bir seçenek olarak düşünülmektedir ve genellikle diğer tedavi yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmaktadır. Tedavide ilk etapta konservatif tedavi yaklaşımları düşünülmelidir. Tedavinin ilk basamağında yatak istirahati ve kilo verme gibi basit önlemler vardır (4,5). Medikal tedavide nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar, kas gevşeticiler ve düşük etkili narkotik ajanlar kullanılabilir (19). İstirahat, yaşam şekli değişiklikleri, fizyoterapi, medikal tedavi ve epidural enjeksiyonlardan fayda görmeyen hastalar ve ilerleyici nörolojik defisitleri olan hastalar cerrahi tedavi için adaydırlar. Genel olarak üç ila altı aylık tedaviye yanıt vermeyen hastalar için cerrahi düşünülebilir (6). Cerrahi tedavi yöntemleri konvansiyonel standart diskektomi, mikrodiskektomi, endoskopik diskektomi ve perkütan yöntemler olarak tanımlanabilir. Mikroskop kullanımı ile birlikte günümüzde altın standart tedavi yöntemi hâline gelen mikrodiskektomi daha küçük insizyonlar ve iyi cerrahi görüş sağlamıştır. Açık cerrahi yöntemler dışında perkütan yöntemler de disk hernilerinin cerrahi tedavisinde kullanılır. Nükleoplasti, lazer diskektomi, kemonükleoliz, intradiskal elektrotermal terapi gibi yöntemler zaman zaman popüler olsa da açık cerrahi yöntemlere ciddi bir alternatif oluşturamamıştır. Buna karşın endoskopik disk cerrahisi, ilerleyen yıllar içerisinde endoskop teknolojisinin de gelişmesi ile mikrocerrahiye ciddi bir alternatif hâlini almaya başlamıştır. 1980'lerde Kambin ve Gellmann tarafından posterolateral transforaminal perkütan endoskopik yöntem

tanımlanmış (25), 1990'larda ise hem interlaminer hem de lateral transforaminal teknikler giderek artan şekilde klinik pratik içerisinde yer bulmaya başlamıştır. Mikrodiskektomiye göre daha az invazif olması nedeniyle ilgi gören endoskopik yaklaşımlar özellikle el aletleri ve üç boyutlu görüntüleme sistemleri de dahil olmak üzere yardımcı teknolojilerin de gelişmesi ile mikrocerrahi ile benzer başarı oranları göstermesi nedeniyle giderek ilgi çekmeye devam etmektedir.

## TARİHÇE

1934 yılında Mixter ve Barr, radiküler ağrı için ilk kez laminektomi ile açık diskektomi tekniğini tanımlamışlar ve o günden bu yana bu cerrahi teknik sürekli gelişme göstermiştir (35). Hult, 1951 yılında, abdominal ekstraparitoneal yolla spinal kanalın indirekt olarak nükleotomi yöntemi ile dekompresyonunu gerçekleştirmiştir (24). Özellikle mikroskobun kullanılmaya başlanması ile Caspar (8) ve Yaşargil (53) mikrodiskektomi yöntemini tanımlamışlar ve bu yöntem yıllar içinde altın standart cerrahi tedavi yöntemi hâline gelmiştir.

Transforaminal endoskopik diskektominin gelişmesinde önemli bir basamak olan minimal invaziv yaklaşım, Smith'in intradiskal kimopapain uygulamasıdır (51). Her ne kadar bu teknik sonradan transvers myelit ve anflaktik şok gibi ciddi komplikasyonlara neden olmasından dolayı terk edilmişse de transforaminal endoskopik yaklaşıma temel teşkil etmektedir. (47,51). Kambin'in 1973'te perkütan spinal girişimler için güvenli alan olan Kambin üçgenini tanımlaması ve endoskopik girişimleri başlatması endoskopik yaklaşımda çığır açmıştır (25). 1975'te Hijakata lokal anestezi altında posterolateral perkütan nükleotomi tanımlamış (22), 1983'te Forst ve Hausmann ilk kez bir atroskobu modifiye ederek intervertebral disk aralığında kullanmışlar (17) ve 1985'te ise Onik ve ark. perkütan lomber diskektomi yapmayı sağlayan özel bir aspiratör geliştirmişlerdir (36). 1989'da Schreiber diskoskop kullanarak biportal yaklaşımla anormal nükleus ve annüler yırtıkları ortaya koymak



amacıyla indigo karmen boyasını ilk kez kullanmıştır (48). 1990'da perkütan intradiskal lazer nükleotomi Yonezawa tarafından uygulanmıştır (59). Patsiaouras, anatomik kök çıkımı varyasyonlarına bağlı olarak kök hasarı tariflemiş, lokal anestezi ile uyanık cerrahi yapılar ve kökün medialinden çalışılarak bu hasarın önlenebileceğini raporlamıştır (39). Gebhard'ın bakteriyel diskitis tedavisinde perkütan diskektomi uygulaması ve bu yöntemin daha az maliyetli ve düşük komplikasyon riskli olduğunu göstermesi de transforaminal yöntemin gelişiminde önemlidir (18). Endoskopik disk cerrahisi tekniğinin öğrenilmesi için öncelikle diskitis olgularında perkütan cerrahi tedavi uygulanması, cerrahi öğrenme açısından son derece faydalı bulunmaktadır. 1996 yılında Kambin ve Zhou lateral reses stenozunda kullanılmak üzere mekanik el aletleri ve açılı endoskoplar geliştirmişlerdir (29). 1996'da Matthews ve 1998'de Ditsworth transforaminal yaklaşımı endoskopik disk cerrahi yöntemleri arasına eklemiştir (14,34). Posterolateral yaklaşım dışında lateral transforaminal ve ekstraforaminal yaklaşımların Ruetten ve ark. tarafından tanımlanması da bu cerrahi tekniğin gelişimi açısından önemlidir (41,42,43).

## ANATOMİ

Transforaminal endoskopik diskektomide sırasıyla cilt, ciltaltı, torakolomber fasya geçildikten sonra erektrör spina, quadratus lumborum ve psoas majör kasları geçilerek endoskopik enstrümanlar çalışma alanına ulaşır. Burada Kambin tarafından tanımlanmış üçgen çalışma alanı hemen anulus fibrosus'un dorsolateral köşesinde yer alır ve sınırları medialde çaprazlayan (traversing) kök, dural kese ve superior artiküler faset, ventralde intervertebral disk ile komşu vertebra korpusunun posterioru, anterolateralde çıkan (exiting) kök ve inferiora ise transvers proses tarafından oluşturulur (26,27,28,30,37,45,56) Bazen nadir de olsa komünikan kök (furkal sinir) ile karşılaşılabilir. Eğer lokal anestezi kullanılacaksa sinovertebral sinir ile çalışma alanının anteriorunun innerve olduğu unutulmamalı ve bu aşamada da sinirin anestezine dikkat edilmelidir (52,55,56,57).

Çaprazlayan (traversing) ve çıkan (exiting) köklerin anatomik seyrinin bilinmesi transforaminal yaklaşım için elzemdir. Çaprazlayan (traversing) kök, foramen çıkımından sonra anterolateral seyrederek aşağıya iner ve bir alt seviyedeki transvers prosesin anterioru boyunca uzanır. Bu kökü ve ana dura gövdesini foramen üzerinden gözlemleyebilmek için 20° veya 25° açılı endoskop uçlarına ihtiyaç duyulur. Çıkan (exiting) kök ise transvers prosesin anteriorunda en iyi şekilde yine 25° açılı endoskop ile görülebilir. Transforaminal

endoskopik bakıda omurga kanalı tarafında yukarıda ligamentum flavum, epidural aralık ve ligaman kompleks görüntülenebilir (30,56).

## ENDİKASYON VE OLGU SEÇİMİ

Endikasyon açısından mikrodisektomi ile endoskopik diskektomi cerrahi yöntemleri arasında bir fark bulunmamaktadır. Buna karşın olgulara ait bir takım anatomik farklılıklar veya ekstrüde disk fragmanın uzanımı uygulanacak endoskopik cerrahi yöntemi (interlaminar veya transforaminal) etkilemektedir. Bu bakımdan transforaminal yaklaşım interlaminar yaklaşıma kıyasla bazı kısıtlamalara sahiptir. Ekstrüde veya sekestre disk parçasının kranyale veya kaudale doğru migre olması, parçanın kalsifiye olması veya hastanın pelvis yapısından kaynaklı iliak kanadın disk mesafesine ulaşmaya engel olması gibi durumlar transforaminal yaklaşım tercih edilmemesine sebep olur (49). Her ne kadar bazı gruplar iliak kanadın L5-S1 veya daha nadir olarak L4-5 mesafesine transforaminal yolla yaklaşılmasına engel teşkil ettiği durumlarda iliak kanadın yüksek devirli TUR ile delinerek pelvisten geçilip yaklaşılmasını önerse de bize göre bu invazif bir yaklaşımdır. Bu gibi olgularda ilk tercih olan interlaminar yaklaşım; özellikle nöroşirürji kökenli cerrahların yoğun uygulamaları sonucu tüm dünyada popüler olmuştur. Klinik pratikte kranyale migre parçaların üst pedikülün alt ucunu veya kaudale migre parçaların alt pedikülün ortasını geçmesi durumunda transforaminal yolla çıkartılmaları oldukça zor olmaktadır. Ayrıca spinal stenoz varlığı veya kemik rezeksiyon yapma gereği olması durumunda transforaminal yolla kemik dekompresyonu yapmanın pratik olarak mümkün olmadığını olsa bile çok kısıtlı sayıda olguda ve kısmen mümkün olduğunu da akılda tutmak gerekir (49).

Bir diğer sorun da transforaminal yaklaşım için lateralden seçilen giriş yerinin özellikle üst mesafelerdeki disk hernilerine ulaşmak için kullanılması durumunda batın ve toraks içi yaralanmaların oluşması riskini taşımasıdır (19,20). Bunu önlemek için ameliyat öncesi batın ve toraks bilgisayarlı tomograflerinin çekilmesi ve giriş yolunun bu yaralanmalara imkân vermeyecek şekilde hesaplanması önemlidir.

## ENDOSKOPİK GİRİŞ NOKTALARININ VE GİRİŞ AÇISININ BELİRLENMESİ

Hasta prone pozisyonlandırılır (Şekil 1). Transforaminal endoskopik yaklaşım için hedef yapı Kambin üçgenidir. Buranın doğru şekilde saptanması için AP-Lateral floroskopi kontrolü altında bazı yapıların hedef nokta olarak saptanması gerekir. Bu yapılardan





**Şekil 1.** Hasta pozisyonlanması klasik mikrocerrahide olduğu şekildedir. Ameliyat masası C kolu floroskopinin hastanın altında AP ve lateral pozisyona alınabilmesine imkân verecek şekilde konumlandırılır.

biri diskin anatomik merkezi, diğeri de AP görüntüdeki foraminal anüler penceredir (19,20). Foraminal anüler pencere Kambin üçgeninin tam merkezinde yer alır. Bunların dışında foraminal anüler pencereye giriş açısını belirleyecek olan orta hattın lateralinde kalan cilt penceresi ve lateral görüntüde diski iki eşit parçaya bölen disk eğim çizgisi de yön bulmada önem taşır (19,20).

Bir Kirschner teli vasıtasıyla orta hat spinöz çıkıntılar boyunca kranyo-kaudal doğrultuda işaretlenir. Bu eksene dik olan hedef disk mesafesini gösteren horizontal bir işaretleme daha yapılır. Bu iki eksenin kesişme noktası yukarıda belirtilen diskin anatomik merkezini teşkil eder. Disk aralıklarının normal eğimini takip edebilmek için lateral floroskopi kontrolü gerekir. Bilindiği gibi giriş açısının kranyale doğru olduğu disk mesafesi genelde L3-4 veya L4-5'tir. Bu mesafe negatif eğimli olarak adlandırılır. L5-S1 disk aralığı ise pozitif eğime sahiptir yani kaudale doğru bir giriş açısı gerekmektedir (10,54,58). Yine bir Kirschner teli hastanın lateralinde cildine dayanarak disk aksına paralel görüntüleme yapılır. Bu esnada hedef disk mesafesinin üst ve alt son plaklarının tam ortasıdır. Bu şekilde diskin eğimi hastanın cildine lateral planda çizilir. Kirschner teli aynı pozisyonda tutularak diskin merkezinden cilt yüzeyine kadar olan mesafe not edilir. Bu mesafe spinöz çıkıntılardan geçen orta hattın giriş yerinden uzaklığını belirlemede kullanılır (10,54,58). Klasik posterolateral transforaminal yaklaşımda orta hattan 8-12 cm lateralinden ve cilt penceresi giriş açısı 20°-35° civarında olacak şekilde giriş planlanır (Şekil 2). Ruetten ve ark. tarafından tariflenen lateral transforaminal yaklaşımda ise epidural mesafeye ve spinal kanala daha iyi hâkim olabilmek adına daha yatay bir giriş açısı tercih edilmiştir. Bu durumda spinal kanala tanjansiyel yaklaşılacağı için mümkün olduğunca lateral bir giriş noktası tercih edilmelidir. Uzak lateral disk hernisi varlığında ise bu açının 10°-20° olması gerekir, aynı zamanda



**Şekil 2.** Posterolateral transforaminal yaklaşım için orta hattın 8-12 cm lateralinden, cilt penceresi giriş açısı 20°-35° civarında olacak şekilde giriş yeri planlanır.

orta hattan 12-16 cm lateralinden giriş yapılması gerektiği unutulmamalıdır (9,31).

## CERRAHİ YAKLAŞIM

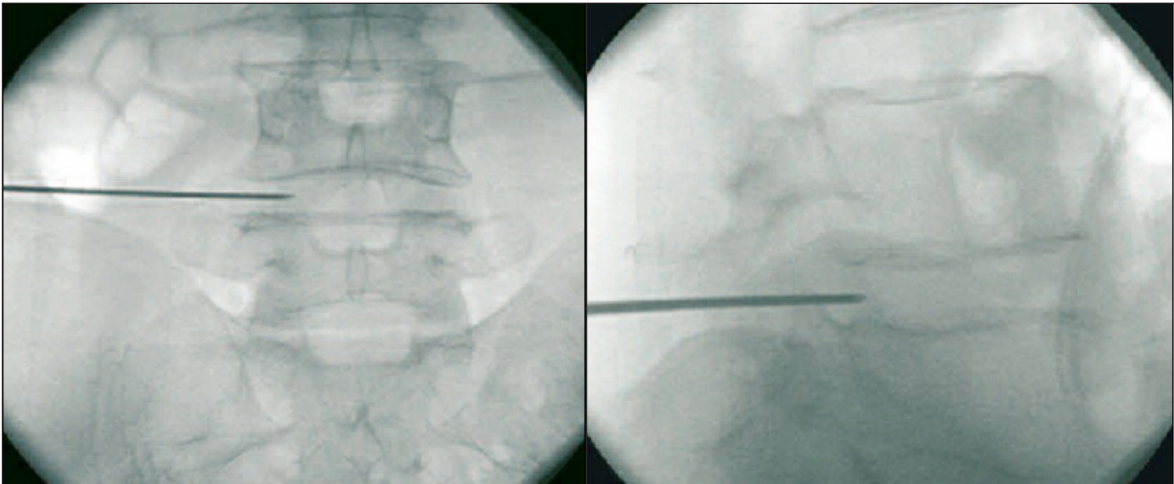
Hasta orotrakeal genel anestezi altında prone pozisyonlandırılır. Rutin arındırım ve örtüm işlemlerini takiben cilt penceresinin derinine lokal analjezik infiltrasyonu uygulanır. 18 gauge iğne cilt penceresinden yukarıda tarif edildiği şekilde spinöz süreçler hizasından çizilen orta hattın 8-12 cm lateralinden 20°-35°'lik bir açıyla disk merkezi hedeflenerek gönderilir. İğnenin doğru düzlemde olduğunu anlamak için iğnenin cilt yüzeyindeki kısmının da floroskopi görüntüsünde izlenmesi gerekir (Ferguson görüntüsü). Bunu sağlamak için floroskopinin doğrultusunun diskin eğimine paralel olması gerekir (10,54,58). AP Floroskopi altında iğne hedef disk mesafesindeki foraminal anüler pencereye doğru midpediküler hatta ilerletilir. Bu esnada kemik dokuda dirençle karşılaşırsa bu genelde faset eklemden kaynaklanır (11). Bu durumda cilt giriş açısını artırmak ve iğneyi

mediale yöneltmek gerekir. İğne ucunun AP floroskopide foraminal anüler pencerenin orta kısmında lateral floroskopide ise arka vertebral çizgi üzerinde yani Kambin üçgeni içinde olduğu görülmelidir (30) (Şekil 3). Ancak ilk kemik direncin hissedildiği noktada iğne ucu medial olarak pediküle yaklaşmışsa çıkan (exiting) kökün hasarlanması veya iğnenin abdomene ya da epidural alana girmesi ihtimali de vardır. Bunu engellemek için bazı yazarlar, hastanın lokal anestezi altında olmasının ve bacak ağrısı olduğunu bildirmesinin yararlı olabileceğini ifade etmişlerdir. İğne anulusu geçtikten sonra isteğe göre disk materyalini renklendirme amacıyla kromatodiskografi uygulanabilir. Kontrast madde ile karıştırılmış indigo-carmen boya aracılığıyla nucleus pulposus boyanmış ve intraoperatif olarak mavi renkte görüntülenmiş olur. Ayrıca uyanık hastada diskografi uygulaması disk içi basıncı artırarak disk kaynaklı ağrıların ayırılmasında de yardımcı olarak kullanılmaktadır (10,54,58).

İğne yerleştirildikten sonra ikinci aşamada dilatörün yollanmasıdır. İnce bir rehber tel 18 gauge iğneden sokulur. Bu tel nucleus pulposusun içine 1-2 cm kadar ilerletilir ve iğne dışarı çekilir. Dış çapı 6.9 mm olan kanüllü dilatör içeride kalan bu kılavuz telin üzerinden anüler pencereye dayanıp sıkıca tutuna kadar ilerletilir. Bu esnada dilatörün içinden anulus fibrosusa lokal anestetik infiltrasyonu yapmak da mümkündür (10,30,54,58). Ancak buna rağmen; eğer hasta lokal anestezi altında ameliyat ediliyorsa, tüm işlemin en ağrılı kısmı anulusun delinmesi aşamasıdır. Mutlaka anestezi tarafından hastaya verilen sedasyon da bu aşamada artırılmalıdır. Dilatör yerleştirildikten sonra onun üzerinden eğik ağızlı 7.9 mm çaplı çalışma kanülü disk içine doğru ilerletilir

ve dilatör dışarı çıkartılır. Çalışma kanülünün içine endoskop yerleştirilerek görüntü alınmaya başlanır. Endoskopik disk cerrahisinde kullanılan çeşitli çap ve uzunlukta çalışma kanülleri vardır. Transforaminal yaklaşımda genelde iki boy eğik ağızlı kanül kullanılmaktadır. Çıkan (exiting) kökü korumak için giriş esnasında dilatörün üzerinde eğik ağızlı kanülün açıklığı ventrale bakacak şekilde yolların. Sonrasında kranyal pediküle gelindiğinde kanül açıklığı dorsale doğru çevrilerek omurga kanalı yönündeki nöral dokular korunmuş olur (40).

Bu aşamadan sonra diskektomi yapılmaya başlanabilir. Sürekli basınçlı su ile yapılan irrigasyon altında direkt görüntüleme ile ameliyata başlanır. Öncelikle anulusun üzerinde yağ dokusu alınır ve radyofrekans probuyla hemostaz sağlanır. Bu işlem hemostazi sağladığı gibi aynı zamanda daha temiz bir görüntü elde edilmesi ve anatomik oryantasyonun sağlanması bakımından da faydalıdır. Epidural yağ dokusu daha mobil iken perianüler yağ dokusu daha stabildir ve hareket etmez (30). Eğer kromatodiskografi yapılmışsa intradiskal alan mavi, anuler duvar beyaz izlenir, epidural alan ise vasküler yapılardan dolayı kırmızımsı bir renkte görülebilir (56). Başlangıçta cilt penceresinden disk merkezine doğru planlanan giriş açısı bu aşamada önem kazanmaktadır. 20°-35°'lik giriş açısı daha çok küçük-orta boyutlu disk hernilerinde ve özellikle sadece ekstrüde veya sekestre parçanın çıkartılmasında yararlıdır. Daha tanjansiyel bir yaklaşım ile 10°-20°'lik bir giriş açısı tercih edilirse epidural alana hâkimiyet artar ve santral herniasyonlara da müdahale etmek kolaylaşır (12,13,33). Bu esnada olan kanamalarda yine hemostaz amaçlı bipolar radyofrekans probu kullanılabilir. Disk mesafesine bir miktar



**Şekil 3.** AP floroskopide spinal iğnenin foraminal anüler pencerenin orta kısmında lateral floroskopide ise arka vertebral çizgi üzerinde yani Kambin üçgeni içinde olduğu görülmektedir.

dekompresyon yapıp disk içi basıncın azaltılması epidural aralığın genişlemesine imkân verir. Bu sayede posterior longitudinal ligamanı (PLL) ve epidural aralığı inceleyerek herniye olmuş disk parçasını aramak daha kolaylaşır. Herniye materyalin çıkartılmasından sonra ameliyatın bitişine karar vermede PLL'nin sürekli irragasyon altında serbest salınımı ve epidural mesafenin rahat olduğunun görülmesi önemlidir.

Uzak lateral disk hernisi varlığında hasta pozisyonu ve giriş yeri lateral transforaminal yaklaşım için yukarıda tarif ettiğimiz yaklaşım ile tamamen aynıdır. Burada dilatatör kaudal pedikül ile çıkan faset kolunun birleşme noktası hedeflenerek konumlandırılır, çünkü uzak lateral disk herniyasyonu varlığında herniye parça kökün foramen içindeki konumunu değiştirebilir. Bunun sonucunda da doğrudan foramenen geçerek ameliyata başlamak çıkan (exiting) kök yaralanmasına neden olabilir. Kaudal pedikül tarafından başlamak bu tip olgularda daha güvenlidir. Dilatatör yerleştirildikten sonra kranyale doğru diseksiyon yapılır ve çıkan (exiting) kök ile foramen anatomisi anlaşılmalıdır. Burada en büyük zorluk lateral transforaminal yaklaşımda foramen içindeki yapılar tarafından sabitlenen kanülü yönetme kolaylığının ekstraforaminal yaklaşımda olmamasıdır. Bir yandan anatomiyi anlamaya çalışırken bir yandan da endoskopun sabit tutulması ayrıca zorluk yaratacaktır. Uzak lateral disk hernilerine endoskopik ekstraforaminal yaklaşım ancak lateral transforaminal endoskopik cerrahide belirli bir düzeyde cerrahi tecrübe elde edildikten sonra uygulanmalıdır.

## TARTIŞMA

Yukarıda da belirttiğimiz gibi mikrodiskektomi, lomber disk herniasyonlarının cerrahi tedavisinde altın standart yöntem olarak kabul edilmektedir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda giderek artan şekilde minimal invazif girişimlere yönelik bir ilgi söz konusudur. Endoskopik ve mikroskobik diskektomi için cerrahi başarı oranları benzer olarak bildirilmiştir (%75-100). Keza nüks oranları da benzerdir (%2-6) (1,49). Ruetten ve ark., 232 hastalık interlaminaler veya transforaminal yolla ameliyat sonuçlarını sundukları seride %92 oranında başarılı sonuç ve %6 oranında nüks bildirmişlerdir (42). Ayrıca nüks olan olguların %75'inde nüks materyalinin de son plaklardan (end plate) oluştuğu da patoloji incelemesi sonucunda gösterilmiştir (42). Bizim yayınladığımız 163 hastada 175 mesafe endoskopik diskektomi erken dönem sonuçlarını sunduğumuz seride 12.ayda Oswestry Disability Index (ODI) ve Visüel Analog Skala (VAS) skorlarına göre subjektif

hasta memnuniyeti %85, nüks oranı ise %3,7 olarak bulunmuştur. Bu 175 mesafenin 104'ü interlaminaler, 71'i ise transforaminal yol ile ameliyat edilmiştir. Nüks olan 6 olgunun 4'ü interlaminaler, 2'si ise transforaminal yolla opere edilmiştir (49). İlginç şekilde, endoskopik teknikle ilk edindiğimiz tecrübeyi yayınladığımız bu seride %1,2 oranında rezidüel disk hernisi saptamıştık. Bu iki olgu da transforaminal yol ile ameliyat ettiğimiz hastalardır. Bu iki hasta da aynı yaklaşımla tekrar opere edilmiştir (49). Yukarıda da anlattığımız PLL'nin sürekli irragasyon altında serbest salınımını görmek ve epidural alan ile PLL'yi rezidüel parça kalmaması açısından detaylı explore etmek çok önemlidir. Ancak bunu doğru yorumlanabilmesi için de belirli bir oranda tecrübe kazanılması gerektiği açıktır.

Mikrodiskektomiyle kıyaslandığında benzer başarı oranları sunan endoskopik yaklaşımların en büyük avantajları ise daha küçük cerrahi kesiler, daha az paravertebral adale hasarı, azalmış epidural nedbe dokusu gelişimi ve hastaların bütün bu faktörlere bağlı daha kısa nekahat dönemi geçirmesi olarak sıralanabilir (42,43). Mikrodiskektomi sonrası paravertebral adalelerde oluşan iyatrojenik hasarın kalıcı bel ağrısının önemli sebeplerinden biri olduğu düşünülmektedir (32). Bu şekilde cerrahi sırasında kas hasarını göstermek için çeşitli biyokimyasal belirteçlerin kan düzeylerinin ölçülmesi fikri birçok çalışmada uygulanmıştır. Kreatinin kinaz (CK), c-reaktif protein (CRP), interlökin 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), interlökin 8 (IL 8), interlökin 6 (IL 6), interlökin 10 (IL 10) ve tümör nekrozis faktörü  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) gibi çeşitli belirteçler açık diskektomi, mikrodiskektomi ve mikroendoskopik tekniklerin kas hasarı bakımından kıyaslanması açısından kullanılmıştır (3,23,46,50). Endoskopik diskektominin kas hasarı bakımından açık diskektomi veya mikrodiskektomi ile kıyaslanmasını amaçlayan çalışmalar ise daha azdır. Pan ve ark. randomize kontrollü bir çalışmada ortalama 4.9 cm'lik cilt insizyonu ile yapılan açık diskektomi ile endoskopik diskektomiye kas hasarını gösteren serum CK düzeyleri ve ameliyat sonrası bel ağrısı bakımından kıyaslamışlar, beklenileceği gibi CK düzeyleri bakımından endoskopik diskektomi grubunda istatistiksel anlamlı olarak daha düşük sonuçlar bulurlarken, ameliyat sonrası bel ağrısı bakımından anlamlı bir fark bulamamışlardır (38). Bir başka çalışmamızda transforaminal endoskopik diskektomi, interlaminaler endoskopik diskektomi ve mikrodiskektomi yapılan hastaları yine serum CK düzeyleri ve ameliyat sonrası bel ağrısı yönünden kıyaslamıştık (1). Ameliyat sonrası 24. saat serum CK düzeyleri bakımından endoskopik girişimler lehine istatistiksel olarak anlamlı düşük değerler bulundu.



Bu çalışmadaki önemli bir bulgu da ameliyat süresinin mikrodisektomi grubunda endoskopik disektomi gruplarına kıyasla belirgin şekilde kısa olmasıdır. Bilindiği üzere serum CK düzeyleri üzerine yaş, cinsiyet veya vücut kütle indeksi gibi faktörlerin etkisi yok iken uzamış ameliyat süresinin CK değerlerinde doğru orantılı bir artışa neden olduğu bilinmektedir (2). Buna rağmen CK değerlerinin endoskopik disektomiye göre yüksek olması bu çalışmanın sonuçlarını daha önemli kılmaktadır. Aynı çalışmada interlaminer ve transforaminal endoskopik disektomiler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamakla birlikte serum CK değerlerinin transforaminal endoskopik yaklaşımda en düşük olduğu da bulunmuştur (1). Bu da transforaminal yaklaşımın daha az invazif olduğunu düşündürdüren bir bulgu olarak değerlendirilmelidir.

Buna karşılık mikrodisektomi tekniğine alışık ve tecrübeli cerrahlar için interlaminer endoskopik disektomiye alışmak, anatomik oryantasyondaki benzerlikler dolayısıyla daha kolay olmaktadır. Transforaminal yaklaşım daha az invazif olmakla birlikte öğrenmesi daha zor, anatomik oryantasyonu ise bütünüyle farklıdır (49). Yukarıda da tanımladığımız gibi endoskopik kanülün doğru yerleştirilmesi çok önemlidir. Bu aşamada yapılacak hatalar kök hasarı ve disektominin yapılamaması ile sonuçlanabilir. Transforaminal steroid enjeksiyonları radiküler ağrıyı ortadan kaldırmak amacıyla klinik pratikte sıklıkla kullanılır (7). Bu yöntem transforaminal endoskopik disk cerrahisine başlamak ve tecrübe kazanmak için önemli bir basamaktır. Bir başka önemli çalışma imkanı da kadavra üzerinde yapılacak endoskopik anatomik yaklaşımlar ve çalışmalar olabilir (49). Ayrıca başlangıçta transforaminal endoskopik disektomide cerrahi sürenin uzun olacağı ve öğrenme sürecinin de zorlu olacağı gözönünde tutulmalıdır.

Bu kadar zorlu bir öğrenme eğrisi olan bu tekniğin uygulamada kullanılır hâle gelmesi sürecinde mutlaka komplikasyonlar ile karşılaşılacaktır. Choi ve ark. 232 hastalık serilerinde 20 olguda endoskop kanülü yerleştirilmesi sırasında çıkan (exiting) kök hasarı geliştiğini raporlamışlardır (12). Bizim 835 hastada toplam 865 disk mesafesine yönelik girişimlerimizde gelişen 47 komplikasyonu ele aldığımız serimizde kök hasarı 6 olguda gerçekleşmiştir (%0,7). Bu oran oldukça düşük olmakla birlikte 5 olgunun tüm bu serinin ilk 60 hastası içerisinde yer aldığı (%8.3) bilgisini vermenin öğrenme eğrisinin zorluğu açısından aydınlatıcı olacağı kanaatindeyiz (60). İki olgu hariç tüm motor defisitlerin interlaminer endoskopik yaklaşımda gözükmesi de ikinci bir önemli ayrıntıdır. Diğer iki olguda ise interlaminer ve transforaminal

yaklaşım aynı seansta iki ayrı mesafe için uygulanmış ve sonuçta defisitler gelişmiştir. (60) Biz bu komplikasyonların uzamış ameliyat zamanı ve çoklu seviye disektomi sırasında nöral dokunun artmış manipülasyonu dolayısıyla olduğunu düşünmekteyiz (49,60), bu nedenle gerekli cerrahi tecrübe kazanılana kadar yalnızca tek seviye endoskopik disk yapılmasını ve çok seviye disektomilere en azından 100 olguluk bir tecrübe edinildikten sonra başlanılmasını tavsiye ederiz.

Transforaminal yaklaşımla en sık görülen komplikasyon disektomilerdir (49,60). Bunun sebebi dorsal kök ganglionunun endoskopi kanülü tarafından basıya uğraması olabilir. Her ne kadar endoskopi kanülü kemik yapılar ile sınırlanan foramen içerisinde teorik olarak stabil bir pozisyonda kalacaksa da biraz daha geniş bir nöral foramen içinde endoskopun ufak ama tekrarlayan hareketleri dorsal kök ganglionu iritasyonu ile sonuçlanabilir (endoskopik yazı, komplikasyonlar yazı). Bu şikayet genelde medikal tedavi ile zamanla kaybolur ama bazı hastalarda transforaminal epidural enjeksiyon da gerekebileceği akılda tutulmalıdır (49,60).

Transforaminal yaklaşımda en korkutucu komplikasyon retroperitoneal organ ve damar yaralanmasıdır. Bu yaralanma riski bilindiği gibi mikrodisektomide de vardır, ancak transforaminal yaklaşımda dikkatli bir planlama ile bunu minimuma indirme olasılığı bulunmaktadır. Bizim tecrübemizde sadece 1 olguda retroperitoneal hematoma ile karşılaştık (%0,1), ancak bu oranının bu kadar düşük olmasının sebebi üst seviye disk hernilerinde rutin cerrahi planlamamızda batin tomografisinin kullanılması olduğunu düşünmekteyiz (60). Ayrıca güvenli giriş doğrultusu tayin etmek amacıyla deneysel sistemler geliştirilmesinin (19,20) veya nöronavigasyon benzeri sistemlerin bu amaçla kullanılmasının önemli olduğu kanaatindeyiz. Güncel olarak yüzey işaretleme sistemi olan 'HELLO' (15) ve nöronavigasyonun kullanımı (16) bu komplikasyonun ortadan kaldırılması ve hasta güvenliği bakımından çok önem taşımaktadır.

Ancak yine yukarıda tarif ettiğimiz gibi transforaminal endoskopik disektomi yönteminin kullanımını kısıtlayan anatomik engeller bulunmaktadır. Örneğin 865 disk mesafesine yönelik girişim tecrübemizde yalnızca 174 mesafe transforaminal yolla ameliyat edilebilmiştir (60). Özellikle iliak kanadın lateral floroskopide forameni kapatması nedeniyle 367 L5-S1 disektominin yalnızca 6'sı, 416 L4-5 disektominin de 115'i transforaminal yolla ameliyat edilebilmiştir.

## SONUÇ

Transforaminal endoskopik diskektomi, klasik mikro-diskektomi ile benzer oranda başarı ve nüks oranları ile uygulanabilmektedir. Ancak cerrahi tekniğin anlaşılabilmesi için bölgenin anatomik oryantasyonunun anlaşılması, ciddi bir emek verilip tekniğin öğrenilmesi ve hangi hastada hangi endoskopik yolun daha uygun olduğunun belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Gerekli cerrahi tecrübeyi kazanmak için anatomik kadavra çalışmaları, transforaminal enjeksiyon girişimleri yapmak yararlı olacaktır. Tüm bu söylenenlerden bağımsız olarak transforaminal endoskopik diskektomi hasta konforuna katkı sağlayan, minimal invazif yapıda güvenli ve etkin bir cerrahi tedavi yöntemidir.

## KAYNAKLAR

1. Akçakaya MO, Yörükoğlu AG, Aydoseli A, et al: Serum creatine phosphokinase levels as an indicator of muscle injury following lumbar disc surgery: Comparison of fully endoscopic discectomy and microdiscectomy. *Clin Neurol Neurosurg* 145:74-78, 2016
2. Arts M, Nieborg A, Brand R et al: Serum creatine phosphokinase as an indicator of muscle injury after various spinal and nonspinal surgical procedures. *J Neurosurg Spine* 7: 282-286, 2007
3. Arts M, Brand R, van der Kallen B, et al: Does minimally invasive lumbar disc surgery result in less muscle injury than conventional surgery? A randomized controlled trial. *Eur Spine J* 20: 51-57, 2011
4. Berker Ö: Lomber disk hastalıklarının konservatif tedavisi. Özer F, Naderi S (ed), *Dejeneratif disk hastalığı*. Ankara: Türk Nöroşirürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Grubu Yayınları. No,4: 85-90
5. Beyazova M: Omurganın dejeneratif sorunlarında cerrahi olmayan tedavi yaklaşımları. Altun N, Yazar T, Benli Tİ (ed), *Dejeneratif Omurga Hastalıkları*, ikinci baskı, Ankara: Türk Omurga Derneği, Ankara 2016: 125-152
6. Bush K, Cowan N, Katz DE, et al: The natural history of sciatica associated with disc pathology: a prospective study with clinical and independant radiologic followup. *Spine* 17: 1205-1212, 1992
7. Cansever T, Kabatas S, Civelek E, et al: Transforaminal epidural steroid injection via a preganglionic approach for the treatment of lumbar radicular pain. *Turk Neurosurg* 22(2): 183-188, 2012
8. Caspar W, Iwa H: A microsurgical operation for lumbar disc herniations. *Neurol Surg* 6: 657-662, 1979
9. Chae KH, Ju CI, Lee SM, et al: Strategies for noncontained lumbar disc herniation by an endoscopic approach: Transforaminal suprapedicular approach, semi-rigid flexible curved probe and 3-dimensional reconstruction CT with discogram. *J Korean Neurosurg Soc* 46(4):312-316, 2009
10. Chang AM, Yeung CA, Yeung TA, et al: Discography and endoscopic lumbar discectomy. In Özgür B, Benzel E, Garfin S(eds): *Minimally invasive spine surgery: A practical guide to anatomy and techniques*, 2009: 105-113
11. Chiu CJ: Endoscopic lumbar foraminoplasty. In Kim H.D, Fessler G.R, Regan J.J (eds): *Endoscopic spine surgery and instrumentation*, New York, 2004: 212-229
12. Choi G, Lee SH, Lokhande P, et al: Percutaneous endoscopic approach for highly migrated intracanal disc herniations by foraminoplastic technique using rigid working channel endoscope. *Spine (Phila Pa 1976)* Jul 1; 33(15): E508-515, 2008
13. Choi G, Lee SH, Bhanot A, et al: Percutaneous endoscopic discectomy for extraforaminal lumbar disc herniations: extraforaminal targeted fragmentectomy technique using working channel endoscope. *Spine (Phila Pa 1976)* Jan 15; 32(2): E93-99, 2007.
14. Ditsworth DA: Endoscopic transforaminal lumbar discectomy and reconfiguration: a postero-lateral approach into the spinal canal. *Surg Neurol* 49: 588-597, 1998
15. Fan G, Guan X, Sun Q, et al: Puncture reduction in percutaneous transforaminal endoscopic discectomy with HE's Lumbar Location (HELLO) system: A cadaver study. *PLoS One* 10: e0144939, 2015
16. Fan G, Han R, Gu X, et al: Navigation improves the learning curve of transforaminal percutaneous endoscopic discectomy. *Int Orthop* 41: 323-332, 2017
17. Forst R, Hausmann B: Nucleoplasty- a new examination technique. *Arch Orthop Trauma Surg* 101: 219-221, 1983
18. Gebhard JS: Percutaneous discectomy for the treatment of bacterial discitis. *Spine* 19: 855-857, 1994
19. Göker B: Endoskopik transforaminal lomber disk cerrahisinde anatomik özelliklerin belirlenmesi ve klinik uygulamaya yönelik özel tasarım cihaz kullanımı (Taze cesetlerde çalışma) (Uzmanlık Tezi) İstanbul: İstanbul Üniversitesi, 2010: 1-84
20. Göker B, Tahta A, Yorukoglu AG, et al: Special designed routing device to ease transforaminal lumbar disc surgery: A cadaveric study. *Journal of Turkish Spinal Surgery* 30(3): 211-221, 2019
21. Hermenau S, Grauger JN: The evaluation and management of axial neck and low back pain. In: Rao R, Smuck M, editors. *Orthopedic Knowledge Update*. Spine 4, Chapter 25. Madrid, España: AAOS; 2012: 283-92



22. Hijikata S: Percutaneous discectomy: A new treatment method for lumbar disc herniation, *J Toden Hosp*, 5: 5-13, 1975
23. Huang TJ, Hsu RW, Li YY, et al: Less Systemic cytokine response in patients following microendoscopic versus open lumbar discectomy. *J Orthop Res* 23: 406-411, 2005
24. Hult L: Retroperitoneal disc fenestration in low-back pain and sciatica: a preliminary report. *Acta Orthop Scand* 20: 342-348, 1952
25. Kambin P, Gellman H: Percutaneous lateral discectomy of the lumbar spine: A preliminary report. *Clin Orthop* 174:127-32, 1983
26. Kambin P, Brager M: Percutaneous posterolateral discectomy anatomy and mechanism. *Clin Orthop* 223: 145-54, 1987
27. Kambin P: Percutaneous lumbar discectomy: current practice. *Surg Rounds Orthop* 31-35, 1988
28. Kambin P: Arthroscopic microdiscectomy. *Arthroscopy* 8: 287-295, 1992
29. Kambin P, Zhou L: History and current status of percutaneous arthroscopic disc surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 21(24, Suppl): 57S-61S, 1996
30. Kambin P: Arthroscopic and endoscopic microdiscectomy via posterolateral access. In: Fessler GR, Sekhar (eds): *Atlas of Neurosurgical Techniques, Spine and Peripheral Nerves*, 2002: 816-825.
31. Kim MJ, Lee SH, Jung ES, et al: Targeted percutaneous transforaminal endoscopic discectomy in 295 patients: comparison with results of microscopic discectomy, *Surg Neurol* 68(6):623-631, 2007
32. Kotil K, Tunckale T, Tatar Z, et al: Serum creatine phosphokinase activity and histological changes in the multifidus muscle: a prospective randomized controlled comparative study of discectomy with or without retraction. *J Neurosurg Spine* 6: 121-125, 2007
33. Lee S, Kim SK, Lee SH, et al: Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for migrated disc herniation: classification of disc migration and surgical approaches, *Eur Spine J* 16(3): 431-437, 2007
34. Mathews HH: Transforaminal endoscopic microdiscectomy. *Neurosurg Clin N Am* 7: 59-63, 1996
35. Mixer WJ, Barr JS: Rupture of intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *N Eng J Med* 211: 210-215, 1934
36. Onik G, Helms CA, Ginsburg L, et al: Percutaneous lumbar discectomy using a new aspiration probe. *Am J Neuroradiol* 6: 290-296, 1985
37. O'Toole JE, Eichholz KM, Fessler RG: Minimally invasive far lateral microendoscopic discectomy for extraforaminal disc herniation at the lumbosacral junction: cadaveric dissection and technical case report, *Spine J* 7(4):414-421, 2007
38. Pan L, Zhang P, Yin Q: Comparison of tissue damages caused by endoscopic lumbar discectomy and traditional lumbar discectomy: A randomized controlled trial. *Int J Surg* 12: 534-537, 2014.
39. Patsiaouras T, Bulstrode C, Cook P: Percutaneous nucleotomy: An anatomic study of the risks of root injury. *Spine* 16: 39-42, 1991
40. Ruetten S, Komp M, Godolias G: An extreme lateral access for the surgery of lumbar disc herniations inside the spinal canal using the full-endoscopic uniportal transforaminal approach: Technique and prospective results of 463 patients. *Spine* 30: 2570-2578, 2005
41. Ruetten S, Komp M, Godolias G: A new full-endoscopic technique for the interlaminar operation of lumbar disc herniations using 6-mm endoscope; Prospective 2-year results of 331 patients. *Minim Invas Neurosurg* 2: 80-87, 2006
42. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Use of newly developed instruments and endoscopes: full-endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar approach and lateral transforaminal approach. *J Neurosurg Spine* 6: 521-530, 2007
43. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective randomized, controlled study. *Spine* 33: 931-939, 2008
44. Saleem S, Aslam HM, Rehmani MA, et al: Lumbar disc degenerative disease: Disc degeneration symptoms and magnetic resonance image findings. *Asian Spine J* 7(4): 322-334, 2013
45. Sasani M, Ozer AF, Oktenoglu T, Canbulat N, Sarioglu AC (2007): Percutaneous endoscopic discectomy for far lateral lumbar disc herniations: prospective study and outcome of 66 patients, *Minim Invasive Neurosurg Apr*;50(2):91-7.
46. Sasaoka R, Nakamura H, Konishi S, et al: Objective assessment of reduced invasiveness in MED: Compared with conventional one-level laminotomy. *Eur Spine J* 15: 577-582, 2006
47. Saunders EC: Treatment of canine intervertebral disc syndrome with chymopapain. *J Am Vet Med Assoc* 145: 893-899, 1964
48. Schreiber A, Suezawa Y, Leu H: Does percutaneous nucleotomy with discoscopy replace conventional discectomy? Eight years of experience and results in treatment of herniated lumbar disc. *Clin Orthop Relat Res* 238: 35-42, 1989
49. Sencer A, Yorukoglu AG, Akçakaya MO, et al: Fully endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy: short-term clinical results of 163 surgically treated patients. *World Neurosurg* 82(5):884-890, 2014

50. Shin DA, Kim KN, Shin HC, et al: The efficacy of microendoscopic discectomy in reducing iatrogenic muscle injury. *J Neurosurg Spine* 8: 39-43, 2008
51. Smith L: Enzyme dissolution of nucleus pulposus in humans. *JAMA* 18: 137- 143, 1964.
52. Tsou PM, Yeung CA, Yeung TA: Posterolateral transforaminal selective endoscopic discectomy and thermal annuloplasty for chronic lumbar discogenic pain: a minimal access visualized intradiscal surgical procedure, *Spine J* 4: 564-573, 2004
53. Yasargil MG: Microsurgical operation for herniated disc. In: Wullenweber R, Brock M, Hamer J, Klinger M, Spoerri O (eds), *Advances in Neurosurgery*. Berlin: Springer-Verlag, 1977: 81-82
54. Yeung TA, Tsou PM: Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation. Surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. *Spine* 27(7):722-731, 2002
55. Yeung TA, Yeung CA: Advances in endoscopic disc and spine surgery: Foraminal approach, *Surg Technol Int* 11: 253-261, 2003
56. Yeung TA: Percutaneous discectomy. In Regan John J, Lieberman Isador H(eds): *Atlas of Minimal Access Spine Surgery*, 2004: 487-515
57. Yeung TA, Savitz MH, Khoo LT, et al: Complications of minimally invasive spinal procedures and surgery-Part IV: Percutaneous and intradiscal techniques. In Vaccaro A.R, Regan J.J (eds): *Complications of Pediatric and Adult Spine Surgery*, Marcel Dekker, New York, NY, 2004: 547-571
58. Yeung TA, Yeung CA: Posterolateral Selective Endoscopic Discectomy: The YESS Technique. In Kim H.D, Fessler G.R, Regan J.J (eds): *Endoscopic Spine Surgery and Instrumentation*, New York, 2004: 201-211
59. Yonezawa T: Percutaneous nucleotomy: An anatomic study of the risks of root injury. *Spine* 15:1175-1185, 1990
60. Yörükoğlu AG, Göker B, Tahta A, et al: Fully endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy: Analysis of 47 complications encountered in a series of 835 patients. *Neurocir Astur Spain*. 28(5): 235-241, 2017



## 28

EKSTRAFORAMİNAL YAKLAŞIMLA TAM  
ENDOSKOPIK LOMBER DİSKEKTOMİ

Hakan Kına, Burak Kazancı

## GİRİŞ

Lomber disk hernisi günümüzde bel ve bacak ağrılarının önemli bir nedenini oluşturmaktadır. Lomber disk herniasyonu, cerrahi tedavi gereksinimine neden olan en yaygın spinal patolojik durumdur (3). Konservatif tedavi yöntemlerinden fayda görmeyen ya da belirgin ve ilerleyici nörolojik bulguları olan hastalar cerrahi tedaviye aday olurlar. Günümüzde cerrahi yöntemler posterior mikrodiskektomi ve perkütan yöntemler olarak ikiye ayrılır. Perkütan yöntemler; kemonükleoliz, nükleoplasti, intradiskal elektrotermal terapi, lazer diskektomi ve interlaminar ya da transforaminal endoskopik diskektomi gibi çeşitli teknikleri içerir. Perkütan yöntemler içerisinde sadece endoskopik yöntem görülerek yapılan işlemdir.

Hijikata 1975 yılında ilk defa floroskopik yöntemle perkütan nükleotomi yapmıştır (4). Daha sonra Kambin 1983'te uniportal arteroskopik diskektomi tanımlamıştır (6). Kambin ve Sampson 1986'da posterolateral yaklaşımla perkütan nükleotomi gerçekleştirmiş ardından endoskopik teknik Kambin ve Onik tarafından modifiye edilerek geliştirilmiştir (7, 9). Daha sonra endoskopik görsel sistemler ve cerrahi ekipmanların da gelişmesiyle endoskopik spinal cerrahinin popüleritesi artmıştır.

Lomber omurganın anatomik yapısı orta hat, paras-pinal ve posterolateral yaklaşım ile minimal invaziv cerrahi girişime güvenilir biçimde olanak sağlamaktadır (12). Transforaminal endoskopik diskektomi tekniğiyle doku bütünlüğü hasarının daha az olması, daha az kanamaya sebep olması, cerrahi sonrası dönemde erken mobilizasyon sağlaması ve hastanın günlük yaşantısına erken dönme imkânı sunması sebebiyle önemli avantajları bulunmaktadır (16). Bununla birlikte patolojik diske ulaşmanın en kısa yolunu sağlayan ve mikroskopik diskektomiye kıyasla cerrahiye bağlı olarak gelişen fibrozise bağlı sorunların daha az görülmesi de önemli avantajlarından birisidir. İşlem genel anestezi altında yapılabildiği gibi, genel anestezinin kontrendike olduğu hastalarda lokal anestezi altında da uygulanabilir.

Günümüzde foraminal ve ekstraforaminal disk herniasyonlarının cerrahi tedavisinde artık birçok merkezde yaygın olarak minimal invaziv cerrahi yöntemler kullanılmaktadır. Avantajları nedeniyle günümüzde lomber disk herniasyonlarına endoskopik girişimler klasik mikrodiskektominin yerini almaya başlamıştır.

## Cerrahi Teknik

Ameliyat salonu endoskopi ve skopi cihazlarının cerrahın zorlanmadan çalışabilmesi için düzenlenmesi önemlidir. Ameliyat masasının ve disk patolojisinin tarafına göre cerrahın pozisyonu, hem C kollu skopiye hem de endoskop monitörünü aynı zamanda görebileceği şekilde ayarlanmalıdır. Tercihen endoskop monitörü cerrahın tam karşısında olmalı ve cerrahın yanına da C kollu skopi yerleştirilmelidir. Skopi ameliyat masasının konumuna göre lateral, oblik ve ön-arka görüntü alabilecek şekilde düzenlenir. Transforaminal Endoskopik Lomber Diskektomi sedo-analjezi, spinal anestezi veya genel anestezi altında yapılabilir. Hasta yüzüstü pozisyonda ameliyat masasına alınır. Ciltten giriş noktasının orta hattan olan uzaklığı preoperatif manyetik rezonans görüntüleme (MRG) veya bilgisayarlı tomografiye (BT) göre hesaplanmalıdır (Şekil 1). Cerrahi seviyeye göre değişmekle birlikte orta hattın yaklaşık 10-12 cm lateralinden giriş yapılır.

Spinal kanalda daha iyi bir görüş imkânı ve çalışma alanı sağlayabilmek için Ruetten ve ark. posterolateral girişe göre daha uzak mesafeden daha horizontal girişimi tercih etmektedirler (10). Lateral transforaminal girişimde, özellikle üst seviye lomber bölgeye girişim sırasında olası iç organ hasarlanması ve toraks yaralanmasına izin vermemek için operasyon öncesi gerekli BT ile MRG görüntüleri dikkatli olarak incelenmelidir (19). Skopi ön-arka pozisyona alınarak giriş yapılacak disk mesafesinde korpus kırıkdağ son uçları birbirine paralel olacak şekilde ayarlanır. Giriş yapılacak disk seviyesi belirlenince laterale doğru bir çizgi çekilerek kesişim noktası işaretlenir.

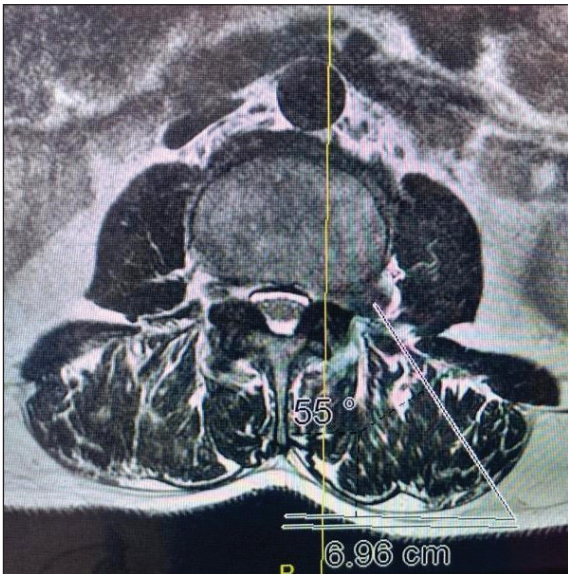
Ciltten giriş noktasına 2-3 ml, kas içine 3-4 ml lokal anestezik enjekte edilir. 18 gauge atravmatik bir



spinal iğne ile hedeflenen noktaya ön-arka grafide skopi kontrolü ile ilerlenir. Ardından kılavuz tel inferior end-plate hedef alınacak şekilde yaklaşık 10-15 derecelik bir açıyla kranialden kaudale doğru ilerletilir (Şekil 2). Kılavuz tel faset eklem düzeyinde kemik direnciyle karşılaşılan kadar ilerletilir. Fasete ilk temas sağlandığında skopi vasıtasıyla ön-arka ve lateral grafi ile teyit edilir. Bu aşamada en önemli yol gösterici Kambin üçgenidir. Ön-arka skopi grafisinde pedikül medialine geçilmeden önce kılavuz tel diske girmiş olmalıdır (Şekil 3). Bu sırada lateral skopi görüntüsü alınarak posterior vertebral hattın üzerinde olunmadığı doğrulanmalıdır.

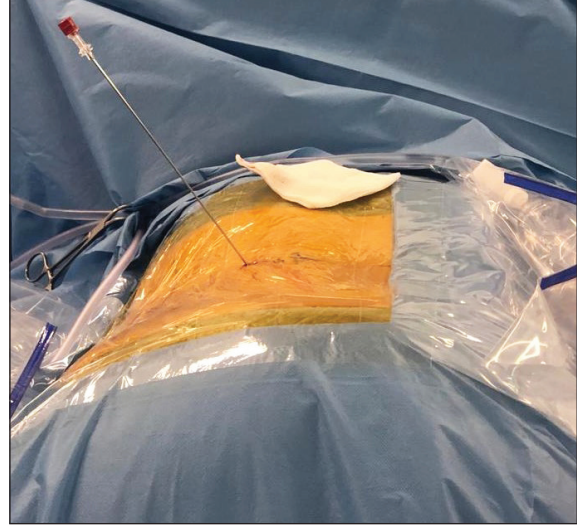
Bu esnada disk mesafesine girilirken geçilen yapıdaki kıkırdak hissi, lokasyonu doğrulamada cerraha yardımcı olur. Kılavuz tel disk mesafesinin orta hattına dek ilerletilir. Bu aşamada kontrast madde ile karıştırılmış indigokarmin boyası nükleus pulpozusa enjekte edilir. İntraoperatif diskografi prosedürü herniye fragmanların indigokarmin ile boyanarak endoskopik görüntüleme altında tanınmasını sağlamaktadır (1). Ardından dilatatörler döndürülerek kılavuz tel üzerinden dokular genişletilir ve dilatatörler diske girildikten sonra kılavuz tel çıkartılır; dilatatörler üzerinden çalışma kanülü açıklığı ventrale bakacak şekilde ilerletilir.

Çalışma kanülü faset hizasına geldiğinde açıklığı yukarı bakacak şekilde döndürülerek itildiğinde faset eklem ventral yüzeyinden kayarak foramene yerleşmesi sağlanmış olur ve dilatatörler çekilir; bu aşamalar skopide ön-arka ve lateral grafiyle kontrol edilir.

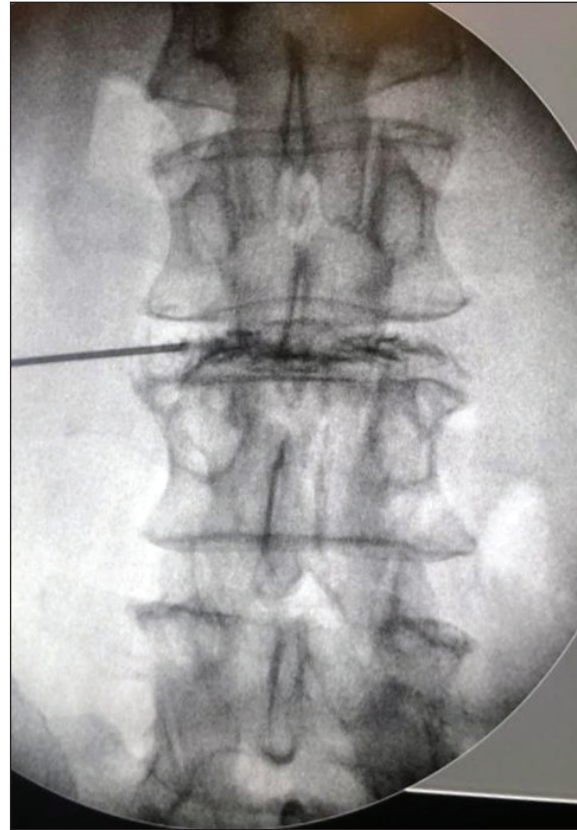


Şekil 1. Preoperatif MRG ile ciltten giriş noktasının orta hattan uzaklığının ölçülmesi.

Ekstraforaminal ve far lateral yerleşimli disk hernilerinde fragmente diskin, çıkan kökün normal anatomik pozisyonunu değiştirebileceği unutulmamalıdır (Şekil 4). Bu vakalarda foraminal güvenli üçgenin çıkan kök



Şekil 2. Kılavuz telin orta hattan uzaklığı ve giriş açısının görünümü.



Şekil 3. Ön-arka skopi grafisinde pedikül medialine geçilmeden kılavuz telin diske girmiş olduğu görülmektedir.



ile yakın ilişkide olacağı düşünülerek çalışma kanülünün lateral foraminal yerleşimdeki gibi yerleştirilmesi mümkün olmayacaktır. Özellikle T1 ağırlıklı lomber MRG'de, sagittal ve aksiyel planlarda çıkan kökün fragmante parçaya bağlı pozisyon değişikliği cerrahi planlamada dikkatlice incelenmelidir (5).

Anatomik planlar üzerindeki çalışmadan sonra lateral foraminal yöntemde olduğu gibi spinal iğne ile ön-arka ve lateral skopi kontrolünde; biraz daha kaudal pediküle doğru yönelerek giriş sağlanır. Bu yaklaşımda çalışma kanülü ve endoskop cerrahın elinde serbest olarak tutulduğu için, lateral foraminal yöntemle göre çalışmak başlangıçta daha zor olmaktadır. Bu nedenle ameliyata, kaudal pedikül tarafından başlamak daha güvenlidir. Endoskopun beyaz ayarı yapıldıktan sonra oda sıcaklığındaki serum fizyolojik endoskopa bağlanır. Çalışma kanülü içinden endoskop yerleştirilir.

Çalışma kanülünün dorso-ventral ve kranio-kaudal yönde küçük hareketleriyle cerrah; superior faset, foraminal ligamanlar, epidural mesafe ve anüler yırtığı ayırt ederek ekspojuza uyum sağlar. Ardından dissektomiye başlanır. Yeterli dekompresyon dural sak, transvers kök veya çıkan kökün rahat mobilitesi ile kontrol edilir. Künt bir prob ile de disk mesafesi kontrol edilebilir. Endoskop ve çalışma kanülü çekilmeden önce hemostaz sağlanmış olmalıdır. Çalışma kanülü çekildikten sonra cilt 4/0 emilebilir sütür ile dikilir.

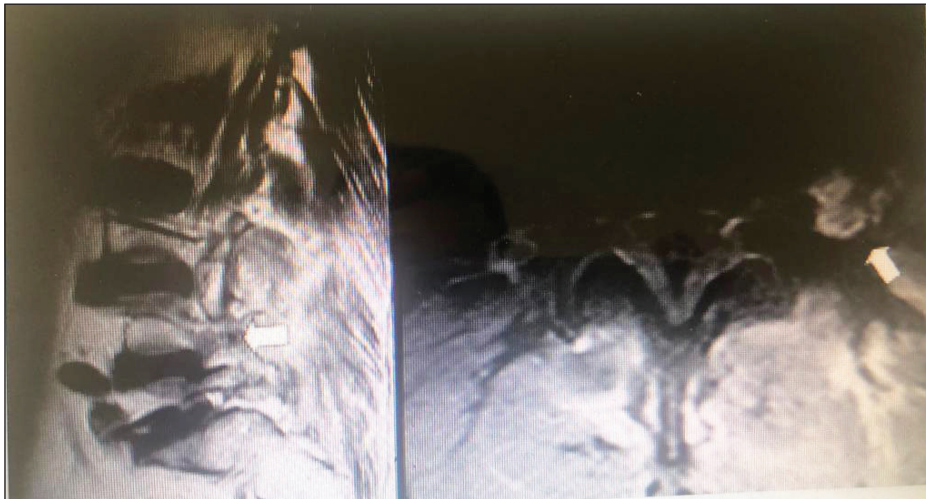
### Hasta Seçimi

Endoskopik dissektomi artan deneyim ve birikim ile gelişen teknolojiye paralel olarak her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır. Giderek mikrodisektomi ile arasındaki endikasyon sınırlaması kapanmaktadır. Ancak endoskopik yaklaşımların standart mikrocerrahi eğitimi kapsamında olmaması bir eğitim süreci

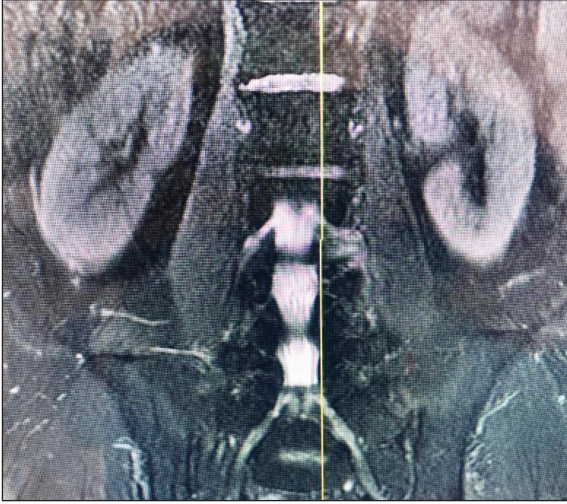
ve öğrenme eğrisini gerektirmektedir. Diğer yandan, disk fragmanının kanal içindeki yerleşimi (medial, paramedian, lateral, far lateral) hastaya göre değişen anatomik farklılıklar, endoskopik yöntemin (interlaminar, transforaminal, vs) belirlenmesinde önemlidir. Disk parçasının kranial ve kaudal yerleşimli olması, kalsifiye olması, özellikle L5-S1 mesafelerine yaklaşımda iliak kanadın çalışma yolu üzerinde olması transforaminal yaklaşım için sınırlamalara sebep olmaktadır. Cinsiyet farklılığına bağlı olarak erkek hastalarda pelvis yapısının değerlendirilmesi önemlidir (Şekil 5). Sıklıkla erkek hastalarda L4-5 foraminal bölgenin iliak kanat tarafından örtülebileceği unutulmamalıdır (1). Bu gibi durumlarda, herniye diskin yerleşimine göre transforaminal yaklaşım yerine interlaminar yaklaşım daha uygun olabilecektir. Özellikle disk fragmanının kranialde üst pedikülün alt ucunu geçtiği ve kaudalde alt pedikülün ortasını geçtiği durumlarda transforaminal giriş tercih edilmemelidir (11).

### Komplikasyonlar

Transforaminal endoskopik dissektomi ve ekstraforaminal endoskopik dissektomide komplikasyonlar benzerdir. Epidural hematoma, sinir kökü yaralanması, dura hasarı, beyin omurilik sıvısı (BOS) sızıntısı, nörolojik defisit, duyu defisiti ve enfeksiyon sayılabılır. Genellikle epidural ve perianüler kanamanın çoğu, cerrahi girişimin sonunda ve çalışma kanülünün çıkarılması sırasında oluşur. Çalışma kanülünün yerleştirilmesi, sinir eksplorasyonu, herniye disk fragmanı çıkarılması aşamalarında sinir kökünde anatomik hasar ve bunun sonucunda fonksiyonel defisit oluşabilir. Giriş ve cerrahi esnasındaki aşamaların atlanmaması muhtemel komplikasyonların oluşmasını engellemekteki en önemli parametredir.



**Şekil 4.** Preoperatif MRG ile kök ve fragmante diskin ilişkisinin değerlendirilmesi.



**Şekil 5.** Disk mesafesi ile pelvis ve iç organların ilişkisinin değerlendirilmesi

### Avantajlar

- Minimal kas manipülasyonu,
- Lokal anestezi altında da uygulanabilir olması,
- Dura retraksiyonuna ihtiyaç duyulmaması,
- Postoperatif bel ağrısı ve epidural fibrozisin mikrodiskektomi yöntemine göre az olması,
- Sınırlı kemik rezeksiyonu ve faset eklem korunması sayesinde iatrojenik instabilite riskinin önlenmesidir.

### Dezavantajlar

- Kraniale veya kaudale yönelmiş median disk hernileri ve santral stenoz için uygun değildir.
- Sınırlı hareket ve sinir kökünün manipülasyonuna bağlı kalıcı dizesteziye neden olabilir.
- Eğitim süreci klasik cerrahi yöntemlere göre daha uzundur.

### TARTIŞMA

Endoskopik lomber cerrahinin en önemli dezavantajı öğrenme süresinin uzun olmasıdır. Komplikasyonlardan kaçınmak için anatomi bilgisinin, ameliyat izlem ve kadavra eğitimlerinin önemi oldukça büyüktür. Endoskopik yöntemlerin rutin olarak uygulandığı kliniklerde tecrübe paylaşımında bulunmalıdır. Skopi kullanımının özellikle transforaminal girişimlerde efektif kullanılması anatomiye hâkimiyet açısından önem teşkil etmektedir. Öncelikle C-kollu skopi altında yapılan enjeksiyon ve ablasyon uygulamak da

cerrahin radyolojik anatomiye hâkimiyetini arttıracaktır.

Preoperatif görüntüleme tetkiklerinin detaylı incelemesi operasyon bölgesine doğru ve komplikasyonsuz yaklaşımın en önemli temelidir. Transforaminal endoskopik yaklaşımda, santral ve subartiküler yerleşimli disk varlığında medial pediküler çizgiye daha horizontal yaklaşım gerekirken, özellikle foraminal ve far lateral disk hernileri için kullanılan ekstraforaminal yaklaşımda pediküler çizgiye daha dik bir açıyla yaklaşmak gerektiği akılda tutulmalıdır.

Endoskopik yöntemle yeni başlayacaklar için mikrodiskektomide belirli bir tecrübeye sahip olmanın önemli bir parametre olduğu unutulmamalıdır. İlk aşamada şikayet başlangıç süresi daha kısa ve bacak ağrısı ön planda olan genç yaştaki hastaların seçilmesi, cerrahi başarı üzerinde olumlu etki yaratacaktır. Ayrıca disk içeriği kalsifiye olmayan, daha önce lomber cerrahi geçirmemiş, faset eklem hipertrofisi ve lateral reses sendromu olmayan hastaların belirlenmesi de başlangıç aşamasındaki olgu seçiminde önemli parametrelerdir.

Endoskopik diskektomilerde mikrocerrahi prosedürlere göre, ameliyat süresi daha kısa, doku travması daha az ve komplikasyon oranı daha düşüktür. Hasta günlük aktivitelerine cerrahi sonrasında gün geri dönebilir ve işleme bağlı herhangi bir rehabilitasyon sürecine ihtiyaç duymaz (17,18). Tekrar eden cerrahi operasyonlarda görülen ve mikrocerrahi girişimlerden sonra yaklaşık %10 oranında klinik bulguya neden olan epidural skar dokusu, endoskopik yöntemlerden sonra minimal düzeyde görülür (15).

Endoskopik disk hernisi ameliyatlarından sonra, yeni bir nörolojik defisit gelişme oranı çok düşüktür. Yine dura yaralanma ihtimali klasik ameliyatlarda olduğu oranda olsa da, çevre anatomik yapıların korunmuş olması nedeniyle bu yaralanmanın ciddi bir BOS fistülüne dönüşme ihtimali çok nadirdir (13,14). Yüzeysel yara yeri enfeksiyonu gelişme riski de standart yöntemlere oranla çok daha düşüktür. Ayrıca bu yöntemde ligaman ve faset eklem alınması minimum düzeyde olduğundan instabilite gelişme ihtimalinde de artışa sebep olmaz (2,8). Mikroskopik diskektomilerin seyrek fakat ciddi komplikasyonlarından olan büyük damar yaralanmaları endoskopik cerrahilerde şimdiye kadar bildirilmemiştir.

Gerek endoskopik, gerekse mikroskopik diskektomi için benzer başarı (%75-100) ve nüks (%2-6) oranları bildirilmektedir. Ruetten ve ark., 2007 yılında yayınladıkları transforaminal ya da interlaminar yolla ameliyat edilmiş 232 hastalık seride %92 oranında

başarılı sonuç bildirmişlerdir (11). Yine aynı seride %6 oranında hastanın nüks nedeniyle yeniden ameliyat edilmesi gerekmiştir. Posterior longitudinal ligaman ve anulustaki kesinin mümkün olduğunca küçük tutulmasına dikkat edilmesi nüks ihtimalini azaltabilir.

## KAYNAKLAR

1. Ahn Y: Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: Technical tips to prevent complications. *Expert Rev Med Devices* 9(4):361-366, 2012
2. Ditsworth DA: Endoscopic transforaminal lumbar discectomy and reconfiguration: Apostero-lateral approach into the spinal canal. *Surg Neurol* 49(6):588-597, 1998
3. Gibson Alastair JN, Jonathan GC, Menno I: Transforaminal endoscopic spinal surgery: The future 'gold standard' for discectomy? A review. *The Surgeon* 10:290-296, 2012
4. Hijikata S: Percutaneous discectomy: A new treatment method for lumbar disc herniation. *J Toden Hosp* 5:5-13, 1975
5. Jang JS, An SH, Lee SH: Transforaminal Percutaneous Endoscopic Discectomy in the Treatment of Foraminal and Extraforaminal Lumbar Disc Herniations. *J Spinal Disord Tech Volume* 19 5:338-343, 2006
6. Kambin P, Gellman H: Percutaneous lateral discectomy of the lumbar spine. A preliminary Report. *Clin Orthop* 174:127-132, 1983
7. Kambin P, Sampson S: Posterolateral percutaneous suction- excision of herniated lumbar intervertebral discs. Report of interim results. *Clin Orthop Relat Res* 207:37-43, 1986
8. Kambin P, Mc Cullen G, Parke W: Minimally invasive arthroscopic spinal surg. *Instruct course lect* 46:143-161, 1997
9. Onik G, Helms C, Ginsburg L: Percutaneous lumbar discectomy using a new aspiration probe. *Am J Roentgenol* 144:1137-1140, 1985
10. Ruetten S, Komp M, Godolias G: An extreme lateral access for the surgery of lumbar disc herniations inside the spinal canal using the full-endoscopic uniportal transforaminal approach-technique and prospective results of 463 patients. *Spine (Phila Pa 1976)* Nov 15 30(22):2570-2578, 2005
11. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Use of newly developed instruments and endoscopes: fullendoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach. *J Neurosurg Spine* 6(6):521-530, 2007
12. Sasani M: Lomber Transforaminal Endoskopik Dissektomi. *Türk Nöroşirürji Dergisi, Cilt: 19 3:201-208, 2009*
13. Tsou PM, Yeung CA, Yeung TA: Posterolateral transforaminal selective endoscopic discectomy and thermal annuloplasty for chronic lumbar discogenic pain: a minimal access visualized intradiscal surgical procedure. *Spine J* 4:564-573, 2004
14. Tzaan WC: Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Chang Gung Med J* 30(3):226-234, 2007
15. Wu X, Zhuang S, Mao Z, et al: Microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation: surgical technique and outcome in 873 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 31(23):2689-2694, 2006
16. Yeung AT, Tsou PM: Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation. *Spine* 27(7):722-731, 2002
17. Yeung TA, Yeung CA: Advances in endoscopic disc and spine surgery: Foraminal approach. *Surg Technol Int* 11:253-261, 2003
18. Yeung TA, Savitz MH, Khoo LT, et al: Complications of minimally invasive spinal procedures and surgery-Part IV: Percutaneous and intradiscal techniques. In Vaccaro A.R, Regan J.J (eds): *Complications of Pediatric and Adult Spine Surgery* Marcel Dekker, New York, 547-571, 2004
19. Yıldırım T, Yılmaz A, Isik HS: Transforaminal Yaklaşım Teknik Hasta Seçimi/Öneriler. *Türk Norosirürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu Bulteni* 5:15-21, 2015



## 29

## ENDOSKOP YARDIMLI MİKROENDOSKOPIK LOMBER DİSKEKTOMİ

Bülent Bozyiğit, Burak Özdemir

Lomber disk hernisi, bel ağrısının diskojenik nedenlerinden en önemli olanıdır. İnsanların %60-80'nin yaşamları boyunca bel ağrısından yakındıkları bildirilmiştir (2,3). Yapılan konservatif ve tedaviden fayda görmeyen hastalara cerrahi müdahale gerekmektedir (20).

Lomber disk hernileri için uygulanan iki cerrahi yöntem vardır. Bunlardan birincisi klasik standart "açık diskektomi" yöntemidir. Bu yöntem Mixter ve Barr tarafından 1934 yılında uygulanmış ve yayınlanmıştır (12). Bunda parsiyel hemilaminektomi ve flavektomi yapıp disk çıkarılır. İkinci yöntem "minimal invaziv diskektomidir". Minimal invaziv grup içinde mikrodiskektomi, perkütan endoskopik diskektomi ve mikroendoskopik diskektomi (MED) ya da endoskop yardımcı mikrodiskektomi diye bilinen yöntemler vardır. Minimal invaziv cerrahi girişimler ilk olarak mikroskobun beyin cerrahi ameliyatlarına girmesinden sonra 1977 yılında Yaşargil ve Caspar tarafından uygulanmış ve yayınlanmıştır (8,21).

Smith ve Foley 1997 yılında minimal invaziv cerrahide ilk kez endoskop kullanarak, sinir dekompresyonunda uygulamışlardır (5,13). Daha sonra 1999 yılında METRx sistemi diye bilinen mikroskobik endoskopik tubuler retraksiyon sistemi geliştirilmiş, Foley ve ark. 2003 yılında tubuler retraktör sistemini modifiye ederek hem mikroskop hem endoskop kullanımına uygun hâle getirmişlerdir.

Standart cerrahi yöntem, açık cerrahi ve mikroskop kullanılarak uygulanan mikrodiskektomi yöntemleridir (18). Mikrodiskektomi hâlen disk cerrahisi için altın standard tedavi yöntemidir. Ancak teknolojik gelişmeler ile birlikte daha minimal cerrahi yöntemler, son yıllarda giderek popüler hâle gelmeye başlamıştır.

Endoskop yardımcı tubuler retraktör sistemi ve diğer endoskopik sistemlerde; kas ve doku hasarının çok az olması, kozmetik açıdan uygunluğu (16), cerrahi sonrası hızlı iyileşme, tecrübe ile birlikte daha kısa operasyon süresi, postoperatif dönemde analjezik

ilaç ve diğer ilaç kullanımlarının çok daha az olması cerrahların ilgisinin artmasına neden olmuştur (7,22). Ancak öğrenme eğrisinin uzunluğu, monitör ile iki boyutlu görmeye alışma zorluğu hâlen bir kısım cerrahın isteksiz davranmasına sebep olmuştur. Yine aynı zamanda sistemlerin pahalı olması, flurosکopi kullanımına bağlı intraoperatif radyasyona maruz kalma, ileri düzey teknolojik ekipman gerekliliği ve birçok sağlık kuruluşunda bu sistemlerin olmaması da cerrahların isteksiz davranmasına neden olmuştur.

Mikroendoskopik tubuler retraksiyon sistemlerinden en çok kullanılanlar;

1. METRx tubuler sistem
2. Destandau endoskopik sistem
3. Easy Go spinal endoskopik sistemdir.

Kendi kliniğimizde Easy Go sistemini kullanmaktayız. Cerrahi teknik, resim ve şekiller bu sisteme aittir.

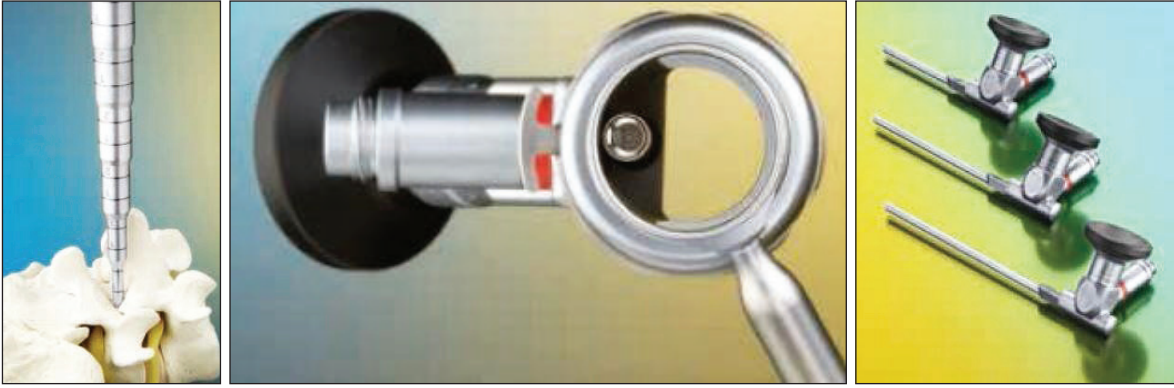
### CERRAHİ TEKNİK

Tüm sistemlerde hasta pozisyonu, odanın hazırlanması ve tubuler retraktör sistemlerinin yerleştirilmesi benzerdir. Kliniğimizde kullandığımız Karl-Storz firmasına ait Easy Go endoskop sistemi, 30 derece Hopkins 2 teleskopu, yüksek çözünürlüklü kamera, tubuler dilatatörler ve retraktörden oluşur (Şekil 1).

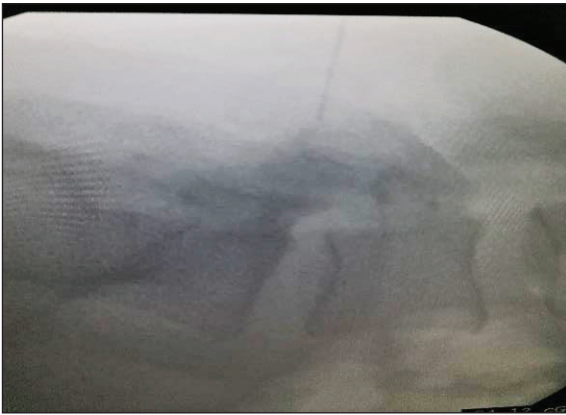
Ameliyatlarımızın büyük kısmını spinal anestezi ile çok az kısmını genel anestezi ile uygulamaktayız. Başlangıç hastalarında genel anestezi kullanılması cerrahın rahat ve sakin çalışabilmesi için tercih edilmelidir.

Hasta radyolusent masada prone pozisyonunda göğüs altı ve iliak krest altlarına yastık koyularak batın altı serbest kalacak şekilde klasik mikrodiskektomi gibi operasyon masasına alınır. Cerrah disk hernisinin olduğu tarafta yer alır. Uygun cilt temizliği ve drape yerleştirildikten sonra 22 gauge spinal iğne kullanılarak lateral flurosکopik görüntü alınarak mesafe tayini yapılır (Şekil 2).





Şekil 1. Easy Go endoskop sistemi. Hopkins teleskop, çalışma kanülü, dilatatörler.



Şekil 2. 22 gauge iğne ile mesafe tayini.

İşaret iğnesini yerleştirirken müdahale edilecek disk seviyesini ortaladığına dikkat edilmelidir. İşareti takiben orta hattın 1 cm lateralinden paramedian 1.5 cm uzunluğunda cilt kesisi yapılır.

Cilt altında fasiyadan dilatatörlerin rahat geçmesi için 1.5 cm lik bir kesi de fasiyaya yapılır. En küçük dilatatör (0.54 cm) spinoz prosese yaslanarak kas içerisine girmeden lamina alt sınırı hissedilecek şekilde kemiğe dayanır. Daha sonra ardışık dilatatörler başlangıç dilatatörü üzerinden geçirilerek hangi çalışma kanülü ile çalışılacaksa (14 mm, 18 mm, 22 mm) o boyuta kadar sırasıyla yerleştirilir. Flurosکopi ile kanülün diski ortaladığına dikkat edilerek kontrol edilir (Şekil 3).

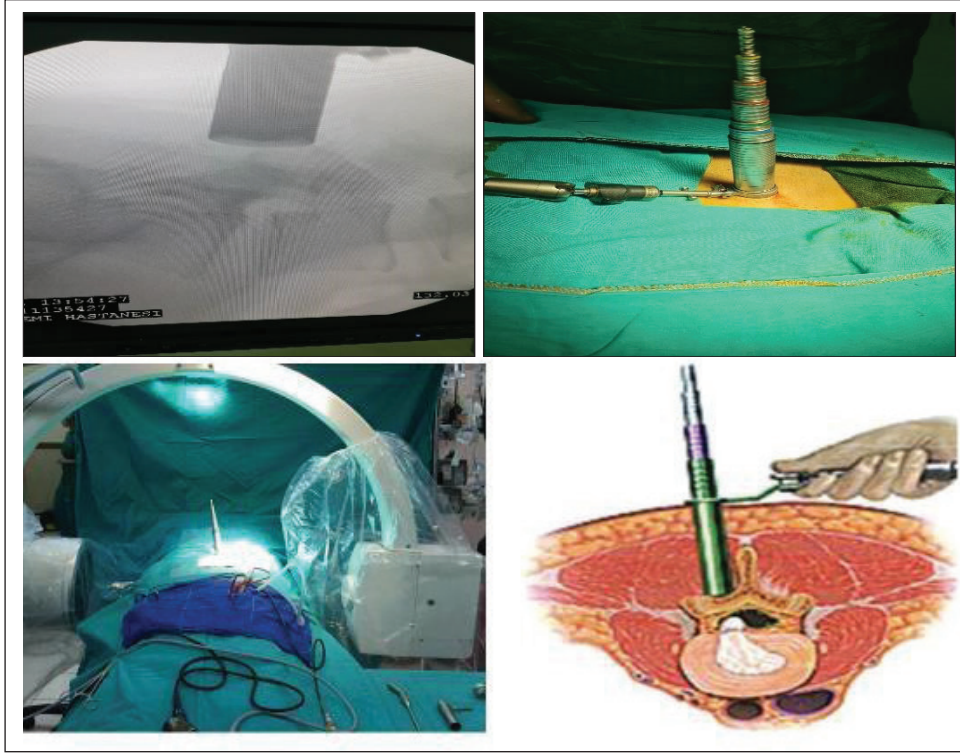
Çalışma kanülü lamina alt sınırını ortaladığı takdirde sinir kökü ve foramene daha kolay hâkim olunabilir. Uygun yerleşimden sonra fleksibl kol ile çalışma kanülü operasyon masasına tespit edilir.

Başlangıç hastalarında yeterli çalışma alanı ve anatomik oryantasyon için en geniş çaplı çalışma kanülünün kullanılması önerilir. Lamina ve lig.flavum üzerindeki yumuşak dokular bipolar koter ile koagule edilip disk forsepsi ile temizlenir.

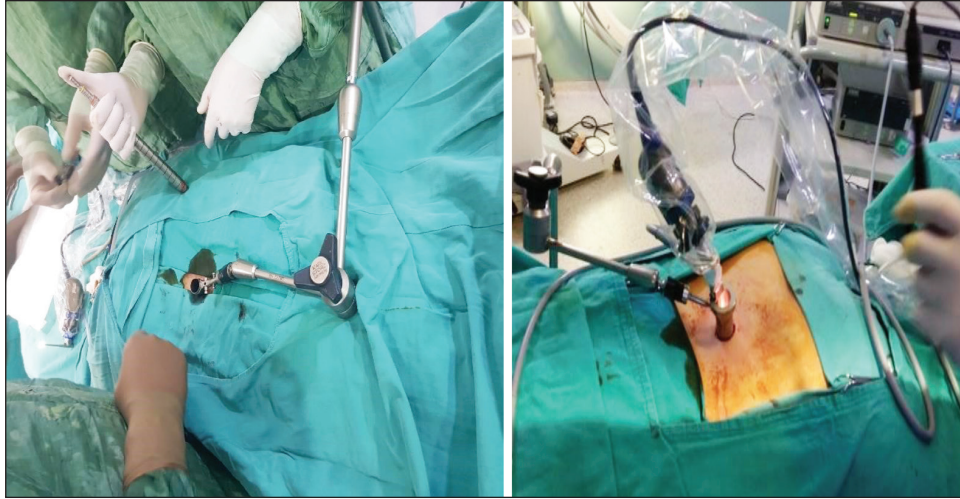
Çalışma kanülü üzerinde teleskopu sabit tutacak özel aparata Hopkins teleskobu yerleştirilir (Şekil 4, 5).

Yüksek devirli drill yardımıyla lamina alt kenarından faset eklemi zarar görmeyecek şekilde 0.5 cm kadar keyhole laminotomi yapılır. Ligamentum flavum, omurganın biyomekaniği dışında, operasyon sonrası epidural fibrozisi engelleyen doğal bir bariyerdir (14,15). Epidural fibrozis gelişimini engellemek için mümkün olduğunca korunmalıdır. Flavum ortaya koyulduktan sonra özel flavum makası yardımıyla flavektomi yapılır. Ben kendi hastalarımda daha güvenli olduğunu düşündüğüm için foramen ve alt lamina süperior kenarını hissederek 2 mm'lik kerrison rongeur yardımıyla flavumu düşürüp kraniale doğru faset medialinden açtığım koridordan flavektomi yapmadan epidural mesafeye ulaşıyorum.

Epidural mesafeye ulaştıktan sonra, öncelikle sinir kökünün tespit edilmesi, preoperatif görüntülerde diskin nerede olduğu, diskin sinir kökü ve dura ile teması, lokalizasyonu iyi değerlendirilip ona göre dikkatli olunmalıdır. Küçük bir alanda çalışılması ve 2 boyutlu görme nedeniyle tecrübe edininceye kadar sinir kökü ve duranın diske yapışık olabileceği düşünülmesi ve oldukça sabırla diseke edilmelidir. Epidural venlerde oluşabilecek kanama görüntüyü bozup çalışmayı zorlaştırabilir. Bunun için adrenalinle yıkanmış pedi ya da pamuk kanamayı kolayca kontrol altına alacaktır. Özellikle sinir aksillasına yerleşmiş fitıklarda sinir kökü lateral resesde sıkışmış olabileceğinden kerrison rongeur ile lateral kemik alınırken dikkatli olunmalıdır. Çalışma kanülü fleksibl kol ile masaya tespit edildiğinden patoloji lokalizasyonuna göre medial kaudal ya da kranial yöne doğru kolayca yönlendirilerek çalışılabilir. Spinal stenoz olan vakalarda mediale yönlendirilerek oldukça güvenli şekilde tek taraflı açılımla spinoz proses tabanı yüksek devirli drill ve kerrison rongeur yardımıyla alınarak karşı taraf flavektomi ve laminektomi yapılabilir ve unila-



**Şekil 3.** Sıralı dilatatörler uygun şekilde yerleştirildikten sonra fluroskepi ile kontrol edilmelidir.



**Şekil 4.** Çalışma kanülünün masaya tespit edilmesi ve Hopkins teleskopun yerleştirilmesi. Monitör cerrahın kolay görebileceği uzaklıkta tam karşısına yerleştirilir.



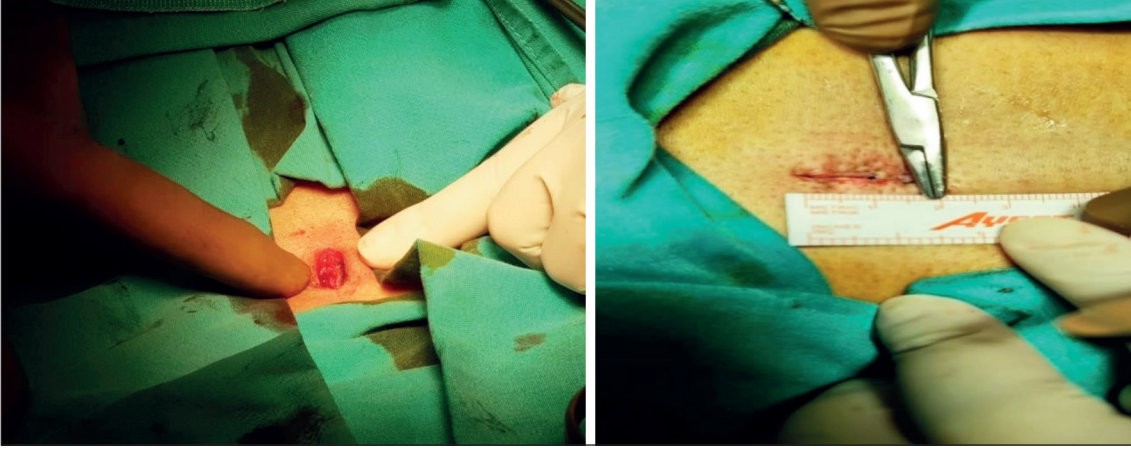
**Şekil 5.** Monitör cerrahın görebileceği şekilde tam karşıda olmalıdır.

teral yaklaşımla bilateral dekompresyon sağlanmış olur.

Bu aşamadan sonra klasik mikrodikektomi gibi epidural mesafe ve foramen sinir hooku yardımıyla kontrol edilir, özel disk forsepsleri yardımıyla disk boşaltılır. Hemostaz sağlandıktan sonra çalışma kanülü çıkarılır. Fasia ve cilde bir ya da iki adet dikiş atılarak operasyon sonlandırılır (Şekil 6).

Hastalar spinal anestezi etkisi tamamen geçtikten sonra 4-6 saatte mobilize edilir. Yaklaşık 12-24 saat sonra taburcu edilirler. 7-10 günlük ev istirahati





Şekil 6. Operasyon sonrası cerrahi insizyon görünümü. Ortalama 14 mm.

sonrası çalışma hayatlarına dönmeleri önerilir. Mikroendoskopik dekompresyon yöntemi sadece median paramedian disklerde değil, aynı zamanda far lateral, ekstraforaminal, kaudal ya da kraniale migre diskler ve spinal stenoz durumunda da başarıyla kullanılabilir (4,6).

## KOMPLİKASYONLAR

Reküran disk; mikrodiskektomi ve açık cerrahi gibi %5-15 arasında görülür (17, 18). Dural ya da nöral yaralanma; dural yırtık oluştuğunda cerrahi çalışma alanı oldukça küçük olduğundan çoğunlukla fibrin yapıştırıcılar yeterli olur (1). Enfeksiyon; çoğunlukla cilt bölgesinde oluşur. Basit cerrahi cilt debritleme ile enfekte doku temizlenir. Derin yerleşimli enfeksiyon çok nadirdir.

Yeterli dekompresyon sağlanmadığında diğer minimal invaziv yöntemlerde olduğu gibi açık ya da mikrocerrahiye geçiş gibi genel komplikasyonlar mikroendoskopik yöntemde de görülebilmektedir (10,11).

Mikroendoskopik diskektomide komplikasyon oranı ortalama %6 olarak bildirilmiştir (9). Çok seviyeli disk ya da spinal stenoz gibi patolojiler ve segmental instabilite durumunda bu yöntem çok uygun değildir.

## SONUÇ

Mikroendoskopik dekompresyon yönteminde mikrodiskektomi gibi %90'lar oranında başarı, ortalama %5 oranında rekürans bildirilmiştir. Tecrübe arttıkça endoskopik yöntemde komplikasyon oranı giderek azalmaktadır. Kısa ameliyat süresi, 30 derece teleskop ile oldukça net ve derinlikli cerrahi saha görüntüsü, asistan eğitimi için monitörden izleme şansı, revizyon

operasyonlarının daha kolay olması, hastanede yatış süresinin kısalığı, erken mobilizasyon ve erken işe dönüş sağlaması, cerrahi esnasında çok az kan kaybı, enfeksiyon oranının daha düşük olması ve kozmetik açıdan oldukça iyi görüntü bu tekniğin önemli avantajlarıdır (1,14,15).

Yöntemin dezavantajları ise öğrenme süresinin uzun ve zorlu olmasıdır. Bu yöntemi zor kılan iki temel konu vardır. Birincisi anatomik oryantasyonun öğrenilmesi, ikincisi ise spinal kanal içinde nöral yapıların manüplasyonudur (19). Diğer bir dezavantaj da cerrahi aletlerin oldukça pahalı olmasıdır.

Bu operasyonlara başlamadan önce kadavra çalışmaları ile el pratiğini geliştirme, anatomik oryantasyon, göz el uyumunun sağlanması için pratik yapma, derinlik duygusunu pekiştirmek ve öncesinde çok sayıda mikrodiskektomi yapmış olmak önemlidir. Ayrıca bu konuda deneyimli cerrahların yanında çok sayıda gözlem yapmış olmak önemlidir. (En az 30 vaka izlemek önerilir.)

Tüm cerrahi branşlarda teknolojik gelişmelerle birlikte minimal cerrahi yöntemler giderek yaygınlaşmaktadır. Daha çok cerrahın bu yöntemleri kullanmasını sağlamak için, asistanlık eğitimi sırasında kendi kliniklerinde uygulanmıyor ise genç hekimlerin deneyimli cerrahların olduğu eğitim kliniklerine gönderilmesi gelecekte oldukça yaygınlaşacağını düşündüğümüz bu yöntemlerin daha başarılı bir şekilde kullanılmasını kolaylaştıracaktır.

## KAYNAKLAR

1. Barkhandt BW, Qadeer M, Oertel JM, et al: Full endoscopic interlaminar lumbar disc surgery; is it the gold standart yet? Worls spinal Column J. 5;88-95, 2014

2. Carragee EJ, Han MY, Suen PW: Clinical Outcomes after discectomy for sciatica; the effects of fragment type and other competence. *J. Bone J surg Am* 85;102-8, 2003
3. Chang X, Chen B, Li HY, et al: The safety and efficiency of minimally invasive discectomy; A meta analysis of prospective randomised controlled trials. *Int orthop.* 238 1225-34, 2014
4. Choi G, Lee SH, Raitarker PP, et al: Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for intracanalicular disc herniations at L5-S1 using a rigid working channel endoscope. *Neurosurgery, ONS Suppl 1, ONS 59 ONS 68*, 2006
5. Foley KT, Smith MM: Microendoscopic discectomy. *Tech. Neurosurg.* 3;301-7, 1997
6. Foley KT, Smith MM, Rampersaud YR: Microendoscopic approach to far lateral lumbar disc herniation. *Neurosurg Focus* .7;5, 1999
7. Hurrington JF, French P: Open versus minimally invasive lumbar microdiscectomy ; Comparison of operative times, length of hospital stay, narcotic use and complications. *Minim. Invasive Neurosurg.* 51:30-5, 2008
8. Iwa H, Caspar W: A microsurgery operation for lumbar disc herniation. *No Shinkei Geka* 6:657-62, 1978
9. Jhala A, Mistry M: Endoscopic lumbar discectomy: Experience of first 100 cases . *Indian J Orthop.* 44; 184-90, 2010
10. Kanbin P: Arthroscopic Microdiscectomy. *Arthroscopy* 8:283-95, 1992
11. King SH, Park SW: symptomatic post discectomy pseudocyst after endoscopic lumbar discectomy. *J. Korean Neurosurg. Soc.* 49:31-6, 2011
12. Mixer WS: Rupture of the lumbar intervertebral disc: An etiologic factor for so-called "sciatic pain" *Ann surg* 106 ; 777-87 ,1937
13. Perez MJ, Smith M, Foley K: Microendoscopic lumbar discectomy. In Perez MJ, Fessler R (editors). *Outpatient spinal surgery.* ST Louis: Quality Medical P-171-83, 2002
14. Ruetten S, Komp M, Godolias S, et al: Recurrent lumbar disc herniation after conventional discectomy. A prospective randomised study comparing full endoscopic interlaminar and transforaminal versus microsurgical revision. *J Spinal Tech.* 22:122-29, 2009
15. Ruetten S, Komp M, Godolias G: Full Endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique. A prospective randomized controlled study. *Spine* 33:931-39, 2008
16. Shick U, Döhnert J, Richter A, et al: Microendoscopic lumbar discectomy versus open surgery; An intraoperative EMG study. *Eur Spine J.* 11; 20-6, 2002
17. Smith N, Masters J, Jensen C, et al: Systematic review of microscopic discectomy for lumbar disc herniation. *Eur Spine J.* 22;2458-65, 2013
18. Tass MJ, Levy J, Petric V, et al: Improved outcome after lumbar microdiscectomy in patients shown excised disc fragments: A prospective, double blind randomised controlled trial. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 80: 1044-6, 2009
19. Wang B, Lü G, Patel A, et al: An evaluation of the learning curve for a complex surgical technique; the endoscopic interlaminar approach for lumbar disc herniations. *The Spine J.* 11:122-30, 2011
20. Wu X, Zhuang S, Mao Z, et al: Microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation; surgical technique and outcome in 873 consecutive cases. *Spine (Philad)* 31; 2689-94, 2006
21. Yaşargil M: Microsurgical operation of herniated lumbar disc. *Adv. Neurosurg* 4; 81, 1977
22. Yeung AT, Yeung CA: Minimally invasive techniques for the management of lumbar disc herniation. *Orthop Clin North Am.* 38; 363-72, 2007





## ENDOSKOP YARDIMLI UNİLATERAL BİPORTAL ENDOSKOPIK LOMBER DİSKEKTOMİ

Samet Dinç, Murat Atar

Minimal invaziv omurga cerrahisi teknolojisi, lomber disk hernisi (LDH) tedavisi için yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk olarak 1980'lerin başında tanımlanan perkütan endoskopik lomber diskektomide (PELD), cerrah tek taraflı tek kanallı endoskopi kullanarak Kambin üçgeni ile doğrudan mesafeye ulaşır ve diskektomiyi gerçekleştirir (15).

PELD, geleneksel açık veya mikroendoskopik cerrahiye kıyasla sadece başarılı sonuçlar vermekle kalmamış, aynı zamanda kas travmasını kontrol etmede, hastanede kalış süresini kısaltmada ve spinal segment stabilitesini korumada avantajlar göstermiştir (29). Sonuç olarak endoskopik lomber diskektomi, LDH için temsili bir minimal invaziv omurga cerrahi tekniği olarak standardize edilmiştir (3).

Unilateral Biportal Endoskopik (UBE) cerrahi tekniği ise ilk olarak 1996'da De Antoni tarafından rapor edilmiştir (7). O dönemde Yeung Endoskopik Omurga Sistemi (YESS) ve Transforaminal Endoskopik Cerrahi Sistem (TESSYS) tekniklerinin yükselişi nedeniyle, UBE tekniğine fazla ilgi gösterilmemiştir (10, 30). Son yıllarda yazarların bildirdiği iyi sonuçlarla diskektomi ve dekompresyonu sağlamak için UBE tekniği yavaş yavaş omurga cerrahlarının dikkatine geri dönmüştür.

Unilateral biportal endoskopik diskektomi (UBE), LDH tedavisi için artroskopik sistem kullanan, hızla büyüyen bir cerrahi yöntemdir. Özellikle, tekniğin iki bağımsız kanal endoskopi sisteminin olması net ve büyütülmüş bir cerrahi alan sağlamakla birlikte, cerrahi manevra esnekliğini geliştirerek cerrahın hassas ve kapsamlı dekompresyon yapmasına yardımcı olur (2).

PELD tekniğinde doku adezyonları, yumuşak doku hasarı ve omurganın stabilitesi üzerindeki etkisi gibi geleneksel cerrahinin dezavantajlarından kaçınılabılır. Daha az intraoperatif kanamaya sahiptir. Postoperatif erken dönemde fonksiyonel egzersiz yapılabilir ve hastanede kalış süresi kısadır. Tüm bunlar hastaların ekonomik yükünü azaltır. Operasyon lokal anestezi altında gerçekleştirilerek hasta ile sürekli iletişim hâlinde olunabilir ve iyatrojenik

sinir yaralanması gibi ciddi komplikasyonlar engellenbilir. Tüm bu avantajlara rağmen PELD tekniğinin tek kanallı endoskopik teknik olması nedeniyle bazı eksiklikler mevcuttur. Yetersiz dekompresyon başarısız veya reküren cerrahiye neden olabilir. Ameliyat sırasında belirli bir dozda radyasyona maruz kalınır ve uygulanan cerrahi teknik, basit diskektomi ile sınırlıdır; dolayısı ile daha karmaşık füzyon cerrahisi mümkün değildir (18, 28, 31).

UBE tekniği gelişmeye devam ettikçe, endikasyonlar sadece spinal kanalın diskektomi ve dekompresyonu için değil, füzyon cerrahisi için de giderek daha kapsamlı hâle gelmektedir (26). UBE tekniği artık sadece PELD'ye ek cerrahi teknik olarak değil, lomber omurga hastalıklarını ele alan kapsamlı bir cerrahi modalite hâline gelmektedir (20).

Daisheng ve ark. lomber disk hernisi ve lomber spinal stenoz için UBE cerrahisini incelemiş ve yüksek hasta memnuniyeti elde etmiştir (6). UBE cerrahisi, lomber disk hernisi veya lomber spinal stenoz (LSS) tedavisinde giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır ve iyi sonuçlar bildirilmiştir (8). 2017 yılında Heo ve ark. lomber interbody füzyonunda başarıyla UBE tekniğini uygulamışlardır (12).

Literatürdeki son bildirimler küçük kohort gruplar ve kısa dönem takipler nedeniyle kısıtlamalar içermektedir. Bu çalışmalar incelendiğinde UBE ve PELD tekniğinin peroperatif ve postoperatif klinik verilerinde benzer sonuçlar sunulmasına rağmen UBE tekniğinin minimal invaziv omurga cerrahisinde makul bir geleceğinin ve yerinin olacağı düşünülmektedir (20).

### Cerrahi Teknik

Genel olarak spinal cerrahide uygulanan endoskopik teknikler teknolojiye bağımlı cerrahi prosedürlerdir. Geniş bir ameliyathanenin yanı sıra; teknik hakkında eğitilmiş cerrahi hemşiresi, radyoloji teknisyeni gibi yardımcılarına da ihtiyaç duyulur.

## Ameliyathanenin hazırlanması ve hasta pozisyonu

Minimal invaziv spinal cerrahi tekniklerde, ameliyathanenin genel düzeni ve yerleşim planının; işleme başlanmadan önce, cerrah için gerekli konforu sağlayacak şekilde ayarlanması ve kontrol edilmesi gereklidir. C kollu floroskopi cihazı ve endoskopi cihazına bağlı video görüntüleme monitörü; cerrahın masadaki hastanın sağında ya da solunda olması fark etmeksizin rahatlıkla görebileceği bir açıda yerleştirilmiş olmalıdır. İşlem patolojinin olduğu taraftan veya bilateral foraminal stenoz/lateral reses darlığı olan olgularda ise semptomun fazla olduğu taraftan gerçekleştirilir. Video monitör geniş görsel erişim sağlanması amacı ile ameliyat masasının ayak ucuna veya cerrahın tam karşısına yerleştirilir. C kollu floroskopi cihazı ise steril bir örtü ile uygun şekilde örtülmeli ve kontaminasyonu önlemek için masanın altından dönmelidir. Hasta, radyolüsent ameliyat masası üzerine prone pozisyonda yatırılır. Hastanın *spina iliaca anterior süperior*'u altına yeterli destek sağlanarak ve masanın kalça eklemine bitişik kısmı fleksiyona alınarak lomber lordozun düzleşmesi sağlanır. Siyatik sinirdeki gerilmeyi azaltmak için ise dizler fleksiyonda tutulur. Açık spinal cerrahi prosedürlerde olduğu gibi profilaktik antibiyotik kullanımı önerilmektedir (21). Steril cerrahi örtünme protokollerine ek olarak cilt üzerine steril drape örtülmesi tavsiye edilmektedir.

## Anestezi

Çoğunlukla genel endotrakeal anestezi tercih edilmektedir. Ancak lokal, epidural veya spinal anestezi ile intravenöz sedasyon verilerek de işlem yapılabilir. Cerrahın konforuna göre tercih yapılmaktadır (9).

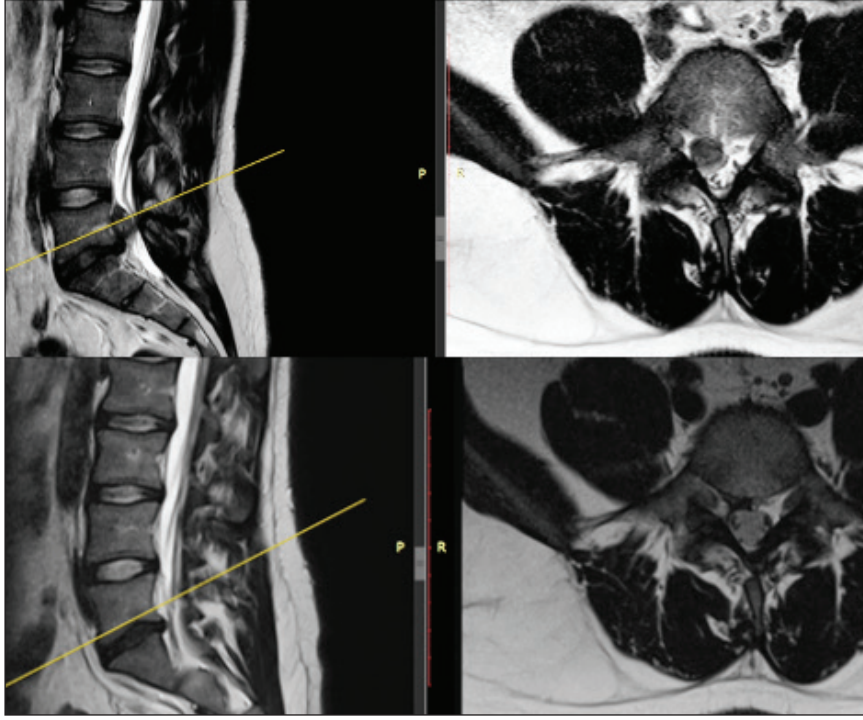
## UBE

Bu işlem için iki adet insizyon gereklidir. Paramedian bölgede, lateral projeksiyonda spinöz çıkıntıların orta kısmının ya da disk aralığının 1 cm üstünde ve altında; anteroposterior projeksiyonda ise pedikülün ipsilateral medial sınırında olacak şekilde aynı taraf iki adet cilt insizyonu yapılır. Cerrah patoloji ile ipsilateral tarafta çalışır. Sağ elini kullanan bir cerrah; sol taraflı yaklaşımlarda kranyal insizyonu endoskopik portal için kullanırken, kaudal insizyonu ise çalışma portalı olarak kullanır. Sağ taraf patolojilerde ise çoğunlukla kranyal insizyon çalışma portalı iken kaudal insizyon ise endoskopik portal olarak kullanılır. Cerrahın karşı tarafında ise retraktörü tutmak için bir asistan yer alır (12, 27).

Cilt ve fasyada yapılan küçük insizyonların ardından; seri dilatatörler 2 portal oluşturacak şekilde yerleştirilir. Bu esnada C kollu floroskopi kılavuzluğundan yararlanır. Yumuşak dokular ve kas yapıları radyofrekans ablyasyon kullanılarak endoskop yardımı ile koagüle edilir ve uygun bir çalışma alanı elde edilir. Ayrıca hemostaz ve görüntü netliğini sağlamak adına endoskopik irrigasyon sistemleri aracılığı ile normal salin solüsyonu kullanılarak irrigasyon yapılır. Hedef intervertebral bölgedeki spinolaminar bileşke tespit edilir ve parsiyel bir laminektomi yapılır. Üst laminanın inferior kısmı ve alt laminanın süperior kısmı çıkartılır. Bu aşamada endoskopik drill kullanımı tercih edilir. İnterlaminar ligaman ve ligamentum flavum ise Kerrison rongeur ve radyofrekans prob kullanılarak diseke edilir ve çıkartılır. Herniye olmuş invertebral disk anulusu diseksiyon ile ortaya konulur. Diskektomi aşamasına geçmeden önce epidural mesafedeki venöz yapılar kanama miktarını en aza indirmek için dikkatlice koagüle edilir. Bu durum optimal cerrahi görüş alanı sağlanmasına da yardımcı olur. Ardından Kerrison rongeur ve hipofiz forsepsi kullanılarak diskektomi işlemi gerçekleştirilir. Sinir kökü dekompresyonunu takiben nöral dokuların kontrolü ve hemostaz yapılarak tercihen bir dren yerleştirilir. Endoskop ve enstrümanların çıkarılmasının ardından ise kapatma işlemine geçilir (14). Gerekli olgularda lateral reses dekompresyonu da yapılabilir. Bilateral foraminal stenozu/lateral reses darlığı olan olgularda ise; endoskopik drill kullanılarak laminotomi karşı tarafa doğru bir miktar daha genişletilerek ve ligamentum flavum Kerrison rongeur yardımı ile alınarak karşı taraf sinir kökü ve lateral reses dekompresyonu da yapılabilir. Şekil 1 ve Şekil 2'de diskektomi yapılan örnek bir olgunun görüntüleri görülmektedir.

Dekompresyon sonrasında segmental instabilitiyi önlemek adına mümkün olduğunca faset eklemlerin bütünlüğü korunmaya çalışılmalıdır. Yapılan bir biyomekanik çalışmaya göre %50'den fazla faset eklem alınmasının segmental instabiliteye yol açabileceği gösterilmiştir (1). UBE tekniği ile yaklaşılan taraf faset ekleminin %80'den fazlası; karşı taraf faset ekleminin ise %90'dan fazlası korunabilmektedir (23, 24).

Unilateral biportal endoskopi tekniğinde en sık karşılaşılan komplikasyon %1,5-9,7 ile dura yırtılmasıdır (11, 13, 16, 25). Dura yırtıklarının çoğu küçük olmakla beraber konservatif olarak yönetilebilir. Ancak 10mm ve üzeri yırtıkların beyin omurilik sıvısı kaçağını önlemek için onarılması gereklidir (16). Endoskop ile dura tamiri mümkündür ancak teknik olarak zordur. UBE tekniğinde sürekli salin irrigasyonu yapılmaktadır. İrrigasyona bağlı oluşan hidrostatik basınç; dural yırtık yolu ile merkezi sinir sistemine zarar verebilir.



**Şekil 1.** Sağ L5-S1 lomber disk hernisinin preoperatif ve postoperatif manyetik rezonans görüntülemeleri (Doç. Dr. Salim Şentürk izniyle).



**Şekil 2.** Olgunun intraoperatif endoskop görüntüsünde sinir kökü ve sekestre disk materyali (Doç. Dr. Salim Şentürk izniyle).

mektedir (5, 19). Bu sebeplerle işlem esnasında etkili bir şekilde onarım yapılamaz ya da cerrah kısa sürede işlemi etkili biçimde tamamlayabileceğinden emin değilse; endoskopik cerrahiden vazgeçilmeli ya da açık cerrahiye dönülmelidir. UBE tekniğinde epidural hematoma nadir değildir; bununla birlikte salin irrigasyonu, radyofrekans prob ve kemik mumu yardımı ile etkili biçimde hemostaz yapılabilmektedir. Ancak irrigasyon ile oluşturulan hidrostatik basınç durdu-

ğunda ölü boşluğa kanama devam edebilir. Çoğu epidural hematoma asemptomatik olmasına rağmen tedavi sonuçlarını etkileyebilir. Semptomatik olması ve spinal kanalda %50'den fazla yer teşkil etmesi hâlinde revizyon cerrahisi gerekli olabilir (19).

Bütün minimal invaziv cerrahi prosedürler teknik olarak zordur. Endoskopik omurga cerrahisi deneyimi olmayan cerrahlar için UBE tekniğinde öğrenme eğrisinin 58 vaka olduğu tahmin edilmektedir (4, 17, 22). Fakat diğer minimal invaziv omurga cerrahisi tekniklerine hâkim olan cerrahlar için UBE tekniğini öğrenmek daha kolay olabilir. UBE tekniği, yeterli deneyime sahip olduktan sonra; lomber, servikal ve torakal omurga dejeneratif hastalıklarının tedavilerinde etkili bir cerrahi teknik olabilir (23).

## KAYNAKLAR

1. Abumi K, Panjabi MM, Kramer KM, et al: Biomechanical evaluation of lumbar spinal stability after graded facetectomies. *Spine (Phila Pa 1976)* 15:1142-1147, 1990
2. Aygun H, Abdulshafi K: Unilateral Biportal Endoscopy Versus Tubular Microendoscopy in Management of Single Level Degenerative Lumbar Canal Stenosis: A Prospective Study. *Clin Spine Surg* 34:E323-E328, 2021
3. Chen F, Xin J, Su C, et al: Pain Variability of Tissues Under Endoscope in Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy and Its Significance: A Retrospective Study. *Pain Physician* 24:E877-E882, 2021

4. Choi DJ, Choi CM, Jung JT, et al: Learning Curve Associated with Complications in Biportal Endoscopic Spinal Surgery: Challenges and Strategies. *Asian Spine J* 10:624-629, 2016
5. Choi G, Kang HY, Modi HN, et al: Risk of developing seizure after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Spinal Disord Tech* 24:83-92, 2011
6. Daisheng T, Bin Z, Jianjun L: Unilateral double channel endoscopy for the treatment of free prolapse lumbar disc herniation. *Chin J Minimally Invasive Surg* 20:33-37, 2020
7. De Antoni DJ, Claro ML, Poehling GG, et al: Translaminar lumbar epidural endoscopy: anatomy, technique, and indications. *Arthroscopy* 12:330-334, 1996
8. Eun SS, Eum JH, Lee SH, et al: Biportal Endoscopic Lumbar Decompression for Lumbar Disk Herniation and Spinal Canal Stenosis: A Technical Note. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 78:390-396, 2017
9. Fessler RG, Sekhar L: (2014) Nöroşirürji Teknikleri Atlası, Omurga Ve Periferik Sinirler. In: Çolak A (ed) Nöroşirürji Teknikleri Atlası, Omurga Ve Periferik Sinirler. p 516
10. He S, Sun Z, Wang Y, et al: Combining YESS and TESSYS techniques during percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for multilevel lumbar disc herniation. *Medicine (Baltimore)* 97:e11240, 2018
11. Heo DH, Ha JS, Lee DC, et al: Repair of Incidental Durotomy Using Sutureless Nonpenetrating Clips via Biportal Endoscopic Surgery. *Global Spine J* 12:452-457, 2022
12. Heo DH, Son SK, Eum JH, et al: Fully endoscopic lumbar interbody fusion using a percutaneous unilateral biportal endoscopic technique: technical note and preliminary clinical results. *Neurosurg Focus* 43:E8, 2017
13. Hong YH, Kim SK, Suh DW, et al: Novel Instruments for Percutaneous Biportal Endoscopic Spine Surgery for Full Decompression and Dural Management: A Comparative Analysis. *Brain Sci* 10:2020
14. Jiang HW, Chen CD, Zhan BS, et al: Unilateral biportal endoscopic discectomy versus percutaneous endoscopic lumbar discectomy in the treatment of lumbar disc herniation: a retrospective study. *J Orthop Surg Res* 17:30, 2022
15. Kambin P: Percutaneous lumbar discectomy. *JAMA* 262:1776, 1989
16. Kim JE, Choi DJ, Park EJ: Risk Factors and Options of Management for an Incidental Dural Tear in Biportal Endoscopic Spine Surgery. *Asian Spine J* 14:790-800, 2020
17. Lee CW, Yoon KJ, Kim SW: Percutaneous Endoscopic Decompression in Lumbar Canal and Lateral Recess Stenosis - The Surgical Learning Curve. *Neurospine* 16:63-71, 2019
18. Li WS, Yan Q, Cong L: Comparison of Endoscopic Discectomy Versus Non-Endoscopic Discectomy for Symptomatic Lumbar Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Spine J* 12:1012-1026, 2022
19. Lin CH, Lin SM, Lan TY, et al: Pneumocephalus with Conscious Disturbance After Full Endoscopic Lumbar Discectomy. *World Neurosurg* 131:112-115, 2019
20. Lin GX, Huang P, Kotheeranurak V, et al: A Systematic Review of Unilateral Biportal Endoscopic Spinal Surgery: Preliminary Clinical Results and Complications. *World Neurosurg* 125:425-432, 2019
21. Mayer HM: (2006) Arthroscopic and Endoscopic Spine Surgery via a Posterolateral Approach. *Minimally Invasive Spine Surgery*. p 334
22. Nomura K, Yoshida M: Assessment of the Learning Curve for Microendoscopic Decompression Surgery for Lumbar Spinal Canal Stenosis through an Analysis of 480 Cases Involving a Single Surgeon. *Global Spine J* 7:54-58, 2017
23. Pao JL: A Review of Unilateral Biportal Endoscopic Decompression for Degenerative Lumbar Canal Stenosis. *Int J Spine Surg* 15:S65-S71, 2021
24. Pao JL, Lin SM, Chen WC, et al: Unilateral biportal endoscopic decompression for degenerative lumbar canal stenosis. *J Spine Surg* 6:438-446, 2020
25. Park HJ, Kim SK, Lee SC, et al: Dural Tears in Percutaneous Biportal Endoscopic Spine Surgery: Anatomical Location and Management. *World Neurosurg* 136:e578-e585, 2020
26. Park MK, Park SA, Son SK, et al: Clinical and radiological outcomes of unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion (ULIF) compared with conventional posterior lumbar interbody fusion (PLIF): 1-year follow-up. *Neurosurg Rev* 42:753-761, 2019
27. Park MK, Son SK, Park WW, et al: Unilateral Biportal Endoscopy for Decompression of Extraforaminal Stenosis at the Lumbosacral Junction: Surgical Techniques and Clinical Outcomes. *Neurospine* 18:871-879, 2021
28. Soliman HM: Irrigation endoscopic discectomy: a novel percutaneous approach for lumbar disc prolapse. *Eur Spine J* 22:1037-1044, 2013
29. Yang JS, Chu L, Chen CM, et al: Foraminoplasty at the Tip or Base of the Superior Articular Process for Lateral Recess Stenosis in Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy: A Multicenter, Retrospective, Controlled Study with 2-Year Follow-Up. *Biomed Res Int* 2018:7692794, 2018
30. Yeung AT: Minimally Invasive Disc Surgery with the Yeung Endoscopic Spine System (YESS). *Surg Technol Int* 8:267-277, 1999
31. Yu H, Zhu B, Liu X: Comparison of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy and Open Lumbar Discectomy in the Treatment of Adolescent Lumbar Disc Herniation: A Retrospective Analysis. *World Neurosurg* 151:e911-e917, 2021



## 31

## TAM ENDOSKOPIK LOMBER TRANSFORAMİNAL YAKLAŞIMLA FORAMİNOTOMİ VE LATERAL RESES DEKOMPRESYONU

Ali Güler, Burak Kazancı

### GİRİŞ

Dejeneratif lomber spinal stenoz (DLSS), vertebral segmentlerde yaşlanma sürecine bağlı spinal kanal veya nöral foramenlerin daralmasına bağlı gelişen bir nörovasküler sıkışma durumudur. Bu durum faset osteoartritine, ligamentum flavum hipertrofisine, annulus fibrosusun protrüzyonuna veya spondilolistezise bağlı gelişebilir. İlk olarak 1940'larda Sarp-yener tarafından konjenital lomber spinal stenoz ve 1950'lerde Verbiest tarafından ise DLSS tanımlanmıştır (24,28). Kronik inflamasyon ve ligamentum flavumun altındaki bağlantı noktasında birikmiş zorlanma, ligamentum flavum kalınlaşmasının başlıca nedenleridir ve kalınlaşmış ligamentum flavumdaki elastikiyet eksikliği, vertebral kanalın dinamik stenozu ile sonuçlanabilir (13). 65 yaş üstü hastalarda spinal cerrahinin en önemli nedenlerinden birisidir. DLSS sıklıkla, kalçada ağrı, bel ve sırt ağrısı, radiküler ağrı, parestezi veya nörolojik kladikasyo gibi bulgu ve semptomlarla kendini gösterir ve hastalar genellikle geriye doğru fleksiyon ile, oturma veya yatma ile rahatlarlar.

DLSS santral stenoz ve lateral stenoz olarak iki kategoriye ayrılabilir. Lateral stenoz da ayrıca foraminal stenoz ve lateral reses stenozu olarak iki alt kategoride daha sınıflandırılabilir (9,20). Lateral reses, lateralde pedikül, arkada superior artiküler faset ve anteriorda vertebra gövdesinin posterolateral yüzeyi ve bitişik intervertebral disk tarafından sınırlanan bir alan olarak tasvir edilmiştir ve genellikle <5 mm lateral reses yüksekliği anormal olarak kabul edilir (2,26). Lomber foraminal stenoz, dejeneratif lomber omurgaların yaklaşık %8-11'ini oluşturan nispeten yaygın bir hastalıktır (4). Sinir kökü basısı nedeniyle, semptomatik foraminal stenoz klasik olarak 2 mm veya daha az posterior intervertebral disk yüksekliği ve 15 mm'den az nöroforaminal yükseklik ile ilişkilidir (15).

DLSS tedavisi hakkında tam bir fikir birliği yoktur. Konservatif tedavinin başarısız olması durumunda en iyi alternatif cerrahi müdahale olmakla birlikte, standart cerrahi müdahaleler total laminektomi, hemiparsiyel laminektomi, tek taraflı yaklaşımla flavektomi bilateral dekompresyon olmuştur. Klasik laminektomili posterior dekompresyonun dezavantajlarından biri, yaklaşık %5.5 vakada semptomatik spondilolistezis insidansına yol açmasıdır ve bunların da yaklaşık %2'si reoperasyon ile füzyon gerektirir (5,25). Omurga patolojisine endoskopik yaklaşım, seçilmiş vakalarda geleneksel açık veya minimal invaziv tekniklere bir alternatif hâline gelmiştir. Postoperatif ağrı, ameliyat süresi, mobilizasyon zamanı ve taburcu olma süresi ile ilgili olarak geleneksel tekniklere göre avantajları mevcuttur. Ayrıca endoskopik teknikler, neredeyse ihmal edilebilir kas hasarı, daha az kan kaybı gibi avantajlara sahiptir (27).

### Anatomi - Sınıflandırma

Lomber spinal kanal santral kanal, subartiküler (lateral reses), foraminal zon (pedikül) ve ekstraforaminal (uzak lateral) zon olarak alt gruplara ayrılabilir. Lateral reses, lateralde pedikül, arkada superior artiküler faset ve anteriorda vertebra gövdesinin posterolateral yüzeyi ve bitişik intervertebral disk tarafından sınırlanan bir alan olarak tasvir edilmiştir (2).

Radyolojik olarak MR ve BT çekimlerinde nöral foramenler giriş, orta ve çıkış bölgelerine ayrılabilir (14). Bu sınıflamada ana lezyonun yerine göre dura-pedikül arası bölge 1 (giriş bölgesi), medial pedikül ile pedikülün merkezi arası bölge 2 (orta bölge), merkez pedikülden faset eklemin lateral sınırına kadar olan bölge ise bölge 3 (çıkış bölgesi) olarak kabul edilmiştir. Giriş bölgesinde faset hipertrofisi baskın patoloji iken; orta bölgede sıklıkla pars interartikularis altındaki osteofit; çıkış bölgesinde ise sıklıkla sublukse ve hipertrofik faset eklemin baskın patoloji olarak görülür.



Ayrıca, lomber faset eklemının artiküler çıkıntılarının altındaki nöroforamen yüksekliğinin 5 mm veya daha fazla olması normal olarak tanımlanmıştır (6). Aynı şekilde 3 ila 4 mm'lik azaltılmış bir genişliğin spinal stenozu düşündürdüğü ve 2 mm veya daha az genişliğin zamanın yaklaşık %80'inde sinir kökü kompresyonu ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür (15).

### Cerrahi Değerlendirme ve Yaklaşım

DLSS'li birçok yaşlı hastanın genel sağlık durumu kötüdür ve tipik olarak genel anesteziyi riskli kılan kardiyak veya pulmoner disfonksiyon gibi komorbiditeleri vardır. Tam endoskopik lomber transforaminal yaklaşımla dekompresyon, lokal anestezi altında yapılabilirdiği için bu gibi durumlarda faydalıdır. Perkütan endoskopik omurga cerrahisinde doğru tanı ve yeterli dekompresyon iki önemli faktördür. Yaşlı hastalar sıklıkla çoklu segmental dejenerasyondan mustaripdir ve endoskopik dekompresyon yapılmadan önce sorumlu sinir köklerini belirlemek için selektif kök blokajı kullanılabilir. Klinik semptomların iyileşmesi ile intervertebral foramen alanı arasında belirli bir ilişki vardır (3). Bilindiği üzere lokal anestezi, sedatif ilaçlar ve analjeziklerin kullanımına bağlı olarak potansiyel solunum depresyonu veya hemodinamik dengesizlik risklerine de sahiptir. Bu nedenle operasyon sırasında hastanın vital bulgularının takibine özen gösterilmelidir. Bununla birlikte üzerinde durulması gereken konulardan bir tanesi de yüzükoyun yatan ve lokal anestezi uygulanmış bir hastada kullanılan teknikten tamamen vazgeçilerek genel anestezi uygulamasına geçiş gerekebileceği, bununla birlikte de endotrakeal entübasyon, hastaya yeniden pozisyon verilmesi ve operasyon sahasının tekrar hazırlanması gerekliliğinin ortaya çıkabileceğidir.

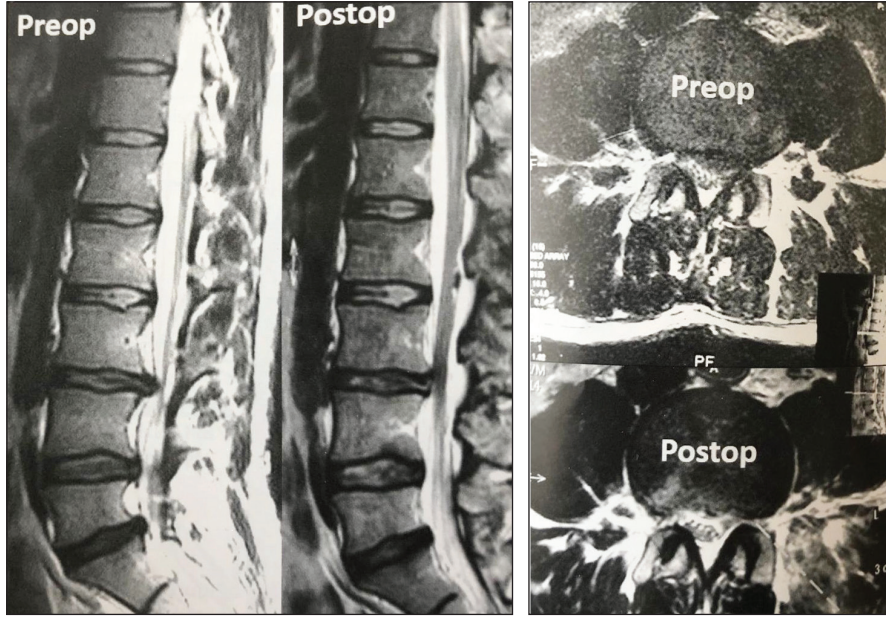
### Transforaminal Endoskopik Lomber Foraminotomi (TELF)

Son yıllarda lomber foraminal stenoz tedavisi için tam endoskopik transforaminal lomber foraminotomi (TELF) sonuçları bildirilmiştir. Teknik son yirmi yılda genişledi ve son zamanlarda karmaşık dejeneratif koşullara veya başarısız bel cerrahisi sendromu tedavisinde, füzyon veya fiksasyon cerrahisinden sonra foraminal stenoz gelişen hastalarda uygulandı (17,23,29). 2000'lerin başında Knight ve ark. endoskopik kılavuzlu foraminal dekompresyonla ilgili deneyimlerini bildirdiler ve buna "foraminoplasti" adını verdiler. Bu prosedürler faset eklemının alttan kesilmesini ve endoskopik diskektomiye, çıkan ve inen sinirlerin mobilizasyonu ve nörolizini ve osteofitlerin ablasyonunu içeriyordu (12). Foraminal stenozun (foraminoplasti) dekompresyonundan sonra sekestre bir lomber diskin çıkarılması için bu tekniği tanım-

lanmasından daha sonra "dıştan içe" teknik olarak popüler hâle geldi. Bununla birlikte, foraminotomi terimi genellikle çıkan bir sinir kökünün serbest bıraktığı foramen dekompresyonunu tanımlamak için kullanılmıştır. Bu nedenle, semptomatik foraminal stenozun dekompresyonunu tanımlamak için "foraminoplasti" yerine geleneksel "foraminotomi" terimi önerilmiştir (1). Stenotik lomber foramenlerin cerrahi dekompresyonu, osteofitlerin kısmi rezeksiyonu, hipertrofik superior artikülasyon prosesi ve lomber foramen sınırlarını oluşturan komşu kaudal pedikülün üst kenarının serbestleştirilmesini gerektirir. Özellikle transforaminal yaklaşımda interlaminar endoskopik yaklaşım ile karşılaştırıldığında, cerrah lateral bir yaklaşımla foramen üzerinde çalışarak çıkan sinir kökünü dekompresyona edebilir, böylece epidural skarlardan kaçınabilir. Endoskopik teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, spinal endoskopinin endikasyonları da yumuşak disk herniasyonundan rijit spinal stenozla doğru genişlemektedir (22). 2013'den itibaren kullanılan, yüksek hızlı motorlar "Perkütan Endoskopik Lomber Foraminotomi (PELF)" ve "Perkütan Endoskopik Laminotomi (PEL)" yöntemleri geliştirildi (19). Transforaminal endoskopik lomber foraminotomi (TELF) TELF, foraminal stenozda dekompresyon sağlamak için kullanışlı ve güvenli bir yöntemdir. Bu teknik, yaşlılarda veya komorbiditesi olan hastalarda endikedir. Preoperatif planlama, foraminal boyutun ve endoskop yörüngesinin belirlenmesinde çok önemlidir.

Mono-radikülopatiden mustarip yaşlı hastalar, tam bir foraminal dekompresyon ve füzyon cerrahisi için gerekli olan genel anesteziyi tolere edemeyebilir, bu nedenle semptomların giderilmesi için tek başına TELF'i uygulanabilir ve güvenli bir prosedür hâline getirir (8,17).

Revizyon cerrahisi, enstrümantasyonun revizyonunu veya füzyon yapısının ek seviyelere genişletilmesini içerir ve morbidite üreten bir cerrahi hâline gelebilir. Yakın tarihli bir çalışmada, O'Neill ve ark. hastaların %27'sinde önemli cerrahi komplikasyonlar saptadı ve bu hastaların %25'inde yeniden ameliyat oldu. Bu nedenle, deformite düzeltme cerrahisi yapmak için güçlü endikasyonlar olmadıkça, radiküler ağrıdan semptomatik rahatlama sağlamayı amaçlayan daha küçük prosedürler dikkate alınmaya değer olabilir (4,21). Sonuç olarak, artrodez cerrahisini takiben radikülopatiden muzdarip hastalar için TELF alternatif bir strateji olabilir., başarılı bir artrodez yapısı içinde sinir köklerinin yüksek oranda hedeflenen endoskopik dekompresyonunun uygulanabilir olduğunu ve semptomatik rahatlama ile sonuçlanabileceğini gösteriyor gibi görünmektedir. TELF tekrarlayan



**Şekil 1.** L3-4 mesafesine soldan tam endoskopik yaklaşımla foraminotomi ve diskektomi yapılan hastanın görüntüleri.

posterior yaklaşımdan kaçınır, gerçekten minimal invazivdir ve genel anestezi gerektirmez.

### Stenoz Tanımı – Foraminotomi Tarihi Gelişimi

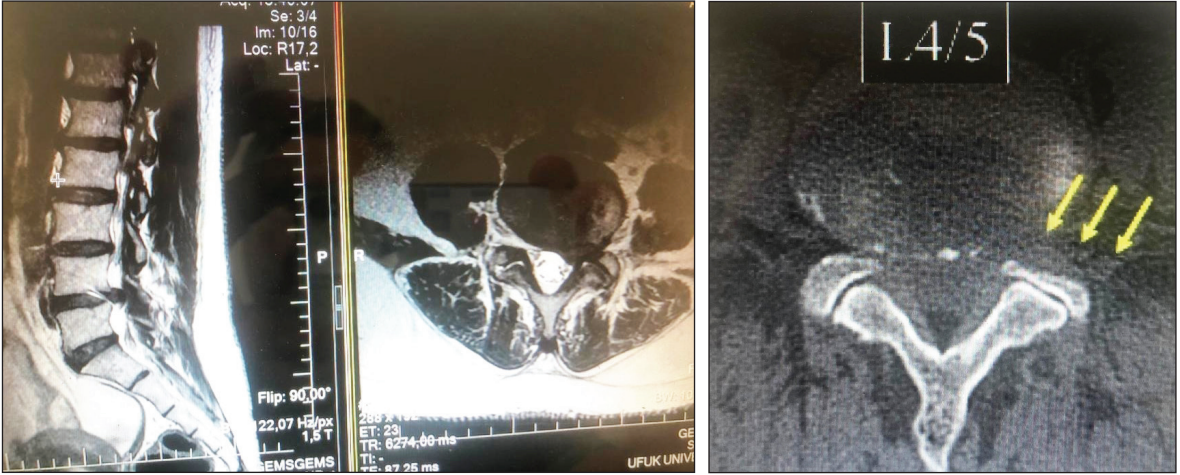
Son zamanlarda popüler olan ve teknoloji ile gelişim kaydeden TELF, foraminal stenozda dekompresyon sağlamak için kullanışlı ve güvenli bir yöntemdir. Bu teknik esas olarak yaşlılarda veya büyük cerrahi için uygun olmayan hastalarda endikedir. Foraminal boyutu ve endoskop yörüngesini belirlemek için doğru radyolojik preoperatif planlama çok önemlidir. Gelişmiş kanama kontrolü ve komplikasyondan kaçınma nedeniyle normal endoskopik tıraş makinesi için foraminal bölgenin delinmesi önerilir. Transforaminal tam endoskopik lateral reses dekompresyonu (TE-LRD), 2017’de geliştirildi. Bu teknik, foraminal ve lateral reses darlığının eşzamanlı dekompresyonunu sağlarken, transforaminal olarak superior artiküler prosesin çıkarılmasına izin verme avantajına sahiptir. Bu prosedürde lamina ve ligamentum flavum korunduğu için TE-LRD geleneksel dekompresyon tekniklerinden farklı bir yaklaşıma sahiptir. Bu farklılık postoperatif spinal yapıyı tek taraflı ve iki taraflı dekompresyon tekniklerine göre farklı kılmaktadır. Minimal invaziv bir dekompresyon prosedürü olması nedeniyle, bu hassas hasta popülasyonunda daha düşük tıbbi komplikasyon oranlarına yol açabilir.

### Transforaminal tam endoskopik lateral reses dekompresyonu (TE-LRD)

Lateral reses, lateralde pedikül, arkada superior artiküler faset ve anteriorda vertebra gövdesinin posterolateral yüzeyi ve bitişik intervertebral disk

tarafından sınırlanan bir alan olarak tasvir edilmiştir ve genellikle <5 mm yüksekliğinde lateral reses darlığının anormal olarak kabul edilir (2,26). Sempomatik lateral girinti stenozu tipik olarak disk ve superior artiküler proçes halkası arasındaki çapraz sinir kökünün sıkışmasından kaynaklanır. Kambin ve arkadaşları ilk olarak lateral resesin transforaminal dekompresyonu kavramını tanıttı (10). Lateral reses darlığı tedavisinde perkütan endoskopik dekompresyon için hem interlaminar hem de transforaminal yaklaşımlar uygulansa da teknik özellikleri ve avantajlarında spesifik farklılıklar vardır. Transforaminal yaklaşım, foramenden intraspinal doğru iyi bir yatay dekompresyon sağlayabilirken; interlaminar yaklaşım, merkezi ve lateral reses darlıkları için dekompresyon gerekiyorsa daha uygundur. Transforaminal yaklaşım lokal anestezi altında yapılabilir, ancak interlaminar yaklaşım ve dekompresyon genellikle genel veya epidural anestezi gerektirir, bu da özellikle komorbiditesi olan yaşlı hastalarda riski artırabilir. Bununla birlikte, yüksek iliak krest, bazı durumlarda L5-S1 seviyesinde transforaminal yaklaşım için bir engel olabilir. Yapılan çalışmalarda interlaminar ve transforaminal yaklaşım yoluyla lomber lateral reses darlığı için endoskopik dekompresyonun tatmin edici klinik sonuçlar elde edebileceğini belirtilmiştir (18).

Tam ölçekli lateral reses dekompresyonu şu üç bileşenden oluşur: parsiyel fasetektomi (dorsal dekompresyon), parsiyel pedikülektomi (lateral dekompresyon) ve omuz osteofitinin ventral rezeksiyonu (ventral dekompresyon). Eşzamanlı diskektomi patolojik duruma göre isteğe bağlıdır.



**Şekil 2.** L4-5 mesafesine soldan tam endoskopik yaklaşımla parsiyel fasetektomi-lateral reses dekompresyonu ve diskektomi yapılan hastanın görüntüleri.

## ENDİKASYONLAR - KONTRENDİKASYONLAR

### Endikasyonlar

Temel olarak radiküler ağrı ve nörolojik kladikasyon tarifleyen, konservatif tedaviye yanıt vermeyen foraminial ve lateral reses stenozlu olgular transforaminal endoskopik foraminotomi için uygundur.

### Kontrendikasyonlar

Santral stenozlu, kauda ekina sendromu olan vakalar, enfeksiyon, instabilite ve şiddetli skolyoz (>40°) olması durumları uygun değildir. Ayrıca; bilateral ve multi seviyeli LSS'li durumlar için endoskopik lazer kullanımı önerilmez.

Tanıda foramenden geçen aksiyal ve sagittal kesitli MR çok önemlidir. Şüpheli olgularda ağrının kökeninin tam aydınlatılması için tanısız transforaminal sinir kök bloğu kullanılabilir.

*Göreceli kontrendikasyon:* Büyük disk herniasyonları ve beraber kauda equina sendromu veya yeni motor defisiti olan hastalarda göreceli olarak önerilmez.

## KOMPLİKASYONLAR

- Enfeksiyon
- Sinir yaralanması
- Dizestezi, parestezi: Postoperatif paresteziler, mevcut sinir kökünün intraoperatif irritasyonundan kaynaklanır ve postoperatif 3. günde ortaya çıkar. Tipik olarak nonsteroid antiinflatuar ilaçlara ve gabapentine yanıt verirler. Şiddetli vakalar transforaminal steroid enjeksiyonu ile tedavi edilebilir.

- Dural yırtık: Endoskopik sistemin düşük basınçlı yıkama sistemi nedeniyle dural yırtıklar gibi bazı yaralanmalar yeteri kadar ciddiye alınmayabilir hatta fark edilmeyebilir. Genellikle üst lomber bölgelerde meydana gelebilir ve kemik yapıların turlanması sırasında oluşabilir. Postoperatif radikülopatilerden kaçınmak için dura greftleri ile onarımı takiben fibrin doku yapıştırıcı ile defekt kapatılmalıdır.
- Yanlış mesafeye uygulama yapılması, diskin yanlış tarafına uygulama yapılması: Ağrının nüksetmesi, yeniden fitiklaşmayı veya yanlış mesafeye işlem yapılmasını düşündürebilir ve özellikle tekrarlayan veya yeni nörolojik defisitlerle ilişkiliyse yeniden radyolojik görüntülemeyi gerektirmelidir.
- Kanama, epidural hematom.
- Skar oluşumu
- Bağırsak yaralanması
- Eksik dekompresyona bağlı revizyon operasyonu ihtiyacının oluşması: Transforaminal işlemlerinin sonrasında komplikasyonlardan, sinir kökü dağılımında disestezi, sinir kökü yaralanması ve eksik dekompresyon nedeniyle revizyon operasyonu insidansı %3.1–9.1 olarak bildirilmektedir (11).

Endoskopik spinal cerrahinin öğrenme eğrisi düz olma ve geleneksel yaklaşımlara göre de daha uzun olma eğilimindedir. Dural yırtıklar, sinir kökü hasarları, kanama ve enfeksiyon, yanlış seviyeye ya da açık tekniklerde olduğu gibi endoskopik tekniklerde de görülebilir. Komplikasyonlar meydana geldiğinde, aynen açık tekniklerde uygulandığı gibi vakaların aynı teknikle değerlendirilmesi ve eğer gerekli ise açık tekniğe geçilmesi gerekmektedir.



## SONUÇ

Lomber spinal stenozun cerrahi tedavisi, geleneksel açık omurga cerrahisinden endoskopik omurga cerrahisini de içeren minimal invaziv omurga cerrahisine doğru kaymıştır. Radyolojik görüntüleme yöntemlerinden özellikle manyetik rezonans görüntülemenin kullanılmaya başlanması ile, klinik belirtilerden sorumlu suçlu segmentin belirlenmesi ve yine diskografi veya bölgesel sinir kökü bloğu ile hassas bir şekilde teşhis etmek ve minimal invaziv yaklaşımla tedavisi mümkündür. Endoskopik omurga ameliyatlarının avantajları arasında daha az doku diseksiyonu ve kas travması olması, azaltılmış kan kaybı, epidural fibroziste azalma ve daha az yara izi, hastanede kalış süresinde kısılma, erken fonksiyonel iyileşme ve yaşam kalitesinde iyileşme ve daha iyi kozmetik sonuçlar sayılabilir. Kesin endikasyon, doğru teşhis ve iyi eğitim ile endoskopik omurga cerrahisi açık omurga cerrahisi kadar iyi sonuç verebilir.

Başlangıçta endoskopik teknik lomber bölge ile sınırlıydı, ancak şimdi servikal ve torasik bölgelerde de kullanılabilir. Endoskopik tekniğin lomber bölgede kullanımı disk hernileri ile sınırlıyken, giderek spinal kanal darlığı ve endoskopik yardımcı füzyon ameliyatlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Uygun endikasyonlar, ameliyat öncesi net görüntüleme ve ön planlama, başarılı sonucun anahtarıdır.

Endoskopik foraminotomiler, etkili foraminal dekompresyona izin verir, ancak komplikasyonları ve etkinliği daha fazla değerlendirmek için daha fazla klinik çalışmalar gereklidir.

Omurga cerrahisi tüm cerrahi branşlarda olduğu gibi aynı anatomik hedeflere daha az kollateral doku hasarı ile ulaşan prosedürel çözümler doğrultusunda ilerlemeye devam etmektedir.

Özetle, transforaminal yaklaşımla endoskopik dekompresyon lomber lateral spinal kanalın doğru ve etkili bir dekompresyonunu sağlayabilir ve özellikle yaşlı hastalar için uygundur (7). İlk cerrahi işlem başarısız olduğunda, açık dekompresyonla karşılaştırılabilir görünen olumlu klinik sonuçların esasına ve daha düşük komplikasyon oranlarına bağlı olarak ikincil cerrahiye bir alternatif olarak düşünülmesi gerektiğini göstermektedir (16). Geç bir komplikasyon olarak lomber instabilite insidansının azalması şeklinde elde edilecek avantajları da vardır. Teknik, tüm bu beklentileri karşılama potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, çoğu çalışmada endoskopik yaklaşımlar önemli bir öğrenme eğrisi ile ilişkilidir. Tekniklerde uzmanlaştıktan sonra, hasta popülasyonu için önemli avantajları vardır. Daha fazla cerrah prosedürü uyarladıkça daha fazla kanıt birikecektir.

Transforaminal yaklaşım ile endoskopik dekompresyon, lomber lateral spinal kanalın doğru ve etkili bir dekompresyonunu sağlayabilir, kısa vadeli olumlu etkilere sahiptir ve özellikle yaşlı hastalar için uygundur. Tam endoskopik omurga cerrahisi, cerrahi alanın yüksek çözünürlüklü, eksen dışı görselleştirilmesini sağlar ve minimal invaziv omurga cerrahisi veya geleneksel omurga cerrahisi ile karşılaştırıldığında, olumlu bir şekilde düşük perioperatif ve postoperatif komplikasyon oranı ile ilişkilidir.

## KAYNAKLAR

1. Ahn Y, Oh HK, Kim H, et al: Percutaneous endoscopic lumbar foraminotomy: an advanced surgical technique and clinical outcomes. *Neurosurgery* 75:124-133, 2014
2. Ciric I, Mikhael MA, Tarkington JA, et al: The lateral recess syndrome A variant of spinal stenosis. *J Neurosurg* 53: 433-43, 1980
3. Ding SQ: Study on the Correlation Between Imaging Changes and Clinical Efficacy of Percutaneous Transforaminal Spinal Endoscopy in the Treatment of Degenerative Lumbar Spinal Stenosis. Shanxi Medical University (2016).
4. Evins AI, Banu MA, Njoku I, et al: Endoscopic lumbar foraminotomy. *J Clin Neurosci* 22:730-4, 2015
5. Guha D, Heary RF, Shamji MF: Iatrogenic spondylolisthesis following laminectomy for degenerative lumbar stenosis: systematic review and current concepts. *Neurosurg Focus* 39(4):E9, 2015
6. Hasegawa T, An HS, Houghton VM, et al: Lumbar foraminal stenosis: critical heights of the intervertebral discs and foramina: a cryomicrotome study in cadavera. *J Bone Joint Surg Am* 77(1):32-38, 1995
7. Hui-gen L, Xue-kang P, Min-jie H, et al: Percutaneous Transforaminal Endoscopic Decompression for Lumbar Lateral Recess Stenosis. *Front Surg* 8:631419, 2021
8. Jasper GP, Francisco GM, Telfeian AE: A retrospective evaluation of the clinical success of transforaminal endoscopic discectomy with foraminotomy in geriatric patients. *Pain Physician* 16:225-9, 2013
9. Kalichman L, Cole R, Kim DH, et al: Spinal stenosis prevalence and association with symptoms: the Framingham Study. *Spine J* 9(7):545-50, 2009
10. Kambin P, Casey K, O'Brien E, et al: Transforaminal arthroscopic decompression of lateral recess stenosis. *J Neurosurg* 84:462-467, 1996
11. Kapetanakis S, Gkantsinikoudis N, Thomaidis T, et al: The role of percutaneous transforaminal endoscopic surgery in lateral recess stenosis in elderly patients. *Asian Spine J* 13: 638-647, 2019

12. Knight MT, Goswami A, Patko JT, et al: Endoscopic foraminoplasty: a prospective study on 250 consecutive patients with independent evaluation. *J Clin Laser Med Surg* 19:73-81, 2001
13. Kosaka H, Sairyo K, Biyani A, et al: Pathomechanism of loss of elasticity and hypertrophy of lumbar ligamentum flavum in elderly patients with lumbar spinal canal stenosis. *Spine* 32:2805-11, 2007
14. Lee CK, Rauschnig W, Glenn W: Lateral lumbar spinal canal stenosis: classification, pathologic anatomy and surgical decompression. *Spine* 13:313-20, 1988
15. Lewandrowski KU: "Outside-in" technique, clinical results, and indications with transforaminal lumbar endoscopic surgery: a retrospective study on 220 patients on applied radiographic classification of foraminal spinal stenosis. *Int J Spine Surg* 8:26, 2014
16. Lewandrowski KU: Endoscopic Transforaminal and Lateral Recess Decompression After Previous Spinal Surgery. *International Journal of Spine Surgery* Vol. 12, No. 2,, pp. 98-111, 2018
17. Li XF, Jin LY, Lv ZD, et al: Efficacy of percutaneous transforaminal endoscopicdecompression treatment for degenerativelumbar spondylolisthesis with spinal stenosis inelderly patients. *Exp Ther Med* 19(2):1417-24, 2020
18. Li Y, Wang B, Wang S, et al: Full-endoscopic decompression for lumbarlateral recess stenosis via an interlaminar approach versus a transforaminalapproach. *World Neurosurg* 128:e632-8, 2019
19. Lu HG, Pan XK, Hu MJ, et al: Percutaneous Transforaminal Endoscopic Decompression for Lumbar Lateral Recess Stenosis.*Front Surg* 8:631419, 2021
20. Lurie J, Tomkins-Lane C: Management of lumbar spinal stenosis. *BMJ* 352:h6234, 2016
21. McGrath LB, Madhavan K, Chieng LO, et al: Early experience with endoscopic revision of lumbar spinal fusions. *Neurosurg Focus* 40:1-5, 2016
22. Ruetten S: Full-endoscopic operations of the spine in disk herniations and spinal stenosis. *Surg Technol Int* 21:284-98, 2011
23. Sairyo K, Chikawa T, Nagamachi A: State-of-the-art-transforaminal percutaneous endoscopic lumbar-surgery under local anesthesia: Discectomy,-foraminoplasty, and ventral facetectomy. *J OrthopSci* 23:229-36, 2018
24. Sarpyener MA: Congenital stricture of the spinal canal. *J Bone Joint Surg Am* 27:70-79, 1945
25. Schöller K, Alimi M, Cong GT, et al: Lumbar spinal stenosisassociated with degenerative lumbar spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis of secondary fusion rates following open vs minimally invasive decompression. *Neurosurgery* 80(3):355e367, 2017
26. Steurer J, Roner S, Gnannt R, et al: Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: A systematic literature review. *BMC Musculoskelet Disord* 12: 175, 2011
27. Tacconi L, Signorelli F, Giordan E: Is full endoscopiclumbar discectomy less invasive than conventional-surgery? A randomized MRI study. *World Neurosurg* 138:e867-75, 2020
28. Verbiest H: Primary stenosis of the lumbar spinalcanal in adults, a new syndrome. *Ned Tijdschr Geneesk* 94:2415-2433, 1950
29. Yeung A, Gore S: Endoscopic foraminal decompressionfor failed back surgery syndrome underlocal anesthesia. *Int J Spine Surg* 8:22, 2014



## 32

## ENDOSKOPIK İNTERLAMİNER LATERAL RESES DEKOMPRESYONU VE FORAMİNOTOMİ

Kadir Altaş, Kemal Alper Afşer

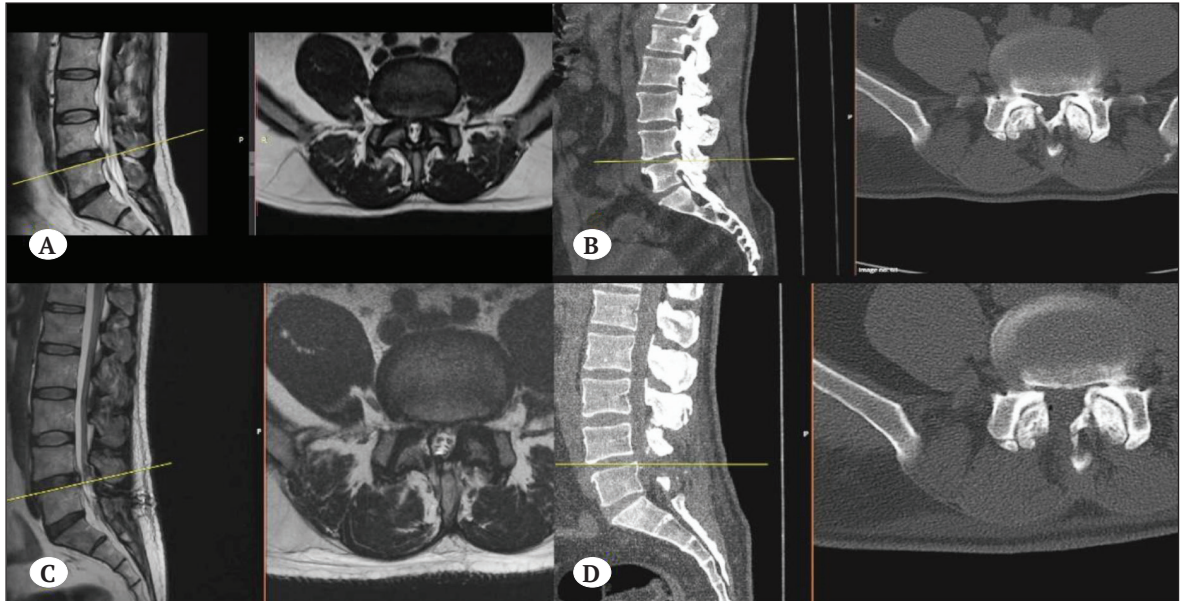
## ENDİKASYONLAR

İnterlaminar endoskopik yaklaşım, ipsilateral lateral resese erişim sağlar. Bu yaklaşım, minimal invaziv cerrahilere benzer geleneksel bir posterior interlaminar cerrahi koridor kullanır. Böylece önce nöral elemanlarla karşılaştığı için sinir hasarı riski minimuma indirgenir (3). L5/S1 seviyesinde, ipsilateral lateral resese ulaşmak için kemik rezeksiyonu minimal veya hiç rezeksiyon gerektirmeden sağlanabilir. L5/S1 seviyesinin üzerindeki lomber segmentlerde, ipsilateral lateral resese ulaşmak için genellikle lamina ve faset eklem medial tarafı parsiyel olarak rezekte edilmesi gerekir. Endoskop, panoramik bir görüş açısı sağladığından, minimal invaziv cerrahiye kıyasla kemik rezeksiyon ihtiyacı tipik olarak daha azdır. Yaklaşım açısının hassas planlaması ve anatomik noktalara gösterilen titiz dikkat, cerrahi iş akışının sürdürülmesine yardımcı olur ve kemik rezeksiyon ihtiyacını en aza indirir.

İnterlaminar endoskopik yaklaşım, pediküllerin medial duvarları içindeki kalsifiye spinal kanal patolojileri için çok uygundur. Özellikle L5/S1 seviyesindeki subartiküler lomber disk hernileri uygun bir endikasyondur. Lateral reses stenozu ve sinovyal kistler bu yaklaşım için ek endikasyonlardır. İnterlaminar yaklaşım, bilateral dekompresyon ve interlaminar kontralateral foraminal dekompresyon için tek taraflı laminotominin temelini oluşturur (5). Subartiküler disk hernileri, lateral reses stenozu ve bazı sinovyal kistler interlaminar ya da transforaminal yaklaşımla tedavi edilebilir.

## YAKLAŞIM

Uygun endoskop tipini ve yaklaşım yörüngesini seçmek için ameliyat öncesi MRG'nin kapsamlı bir incelemesi gereklidir. İnterlaminar yaklaşımlar için iki ana endoskop türü vardır: dış çapı yaklaşık 10 mm olan daha büyük endoskop ve dış çapı yaklaşık 7 mm



**Şekil 1.** A) Hastanın preoperatif sagittal ve aksiyal T2 MRG görüntüleri. B) Preoperatif sagittal ve aksiyal lomber tomografi görüntüsü. C) Postoperatif sagittal ve aksiyal T2 MRG görüntüsü. D) Postoperatif sagittal ve aksiyal lomber tomografi görüntüsü.

olan daha küçük endoskop. Yazarlar, belirli bir interlaminar olguda optimal endoskop tipini belirlemek için aşağıdaki algoritmayı önermektedir:

Spinolaminar açı ile aksiyal MRG'de ölçülen faset eklem arasındaki mesafe 1.5 cm'e eşit veya daha büyükse, daha etkili dekompresyona izin verdiği ve ameliyat alanındaki kanamadan daha az etkilendiği için daha büyük endoskop düşünülmelidir (Şekil 2). Mesafesi 1.5 cm'den az olan veya spinal kanal içinde disk hernileri gibi patolojisi olan hastalarda daha küçük interlaminar endoskop tercih edilir (1).

Ameliyat öncesi belirlenmesi gereken ikinci parametreye optimal rostrokaudal yaklaşım açısıdır. Optimal bir yaklaşım açısı, lateral reses dekompresyonunda istenen rostrokaudal boyutu sağlamak için, superior artiküler prosesin (SAP) üst kısmından kaudal indeks düzeyindeki pedikülün orta kısmına kadar uzanan spinal kanala erişim sağlaması gerekir. Rostrokaudal yaklaşım açısının intraoperatif planlaması için, kaudal indeks düzeyinde vertebra gövdesinin ön-ar-

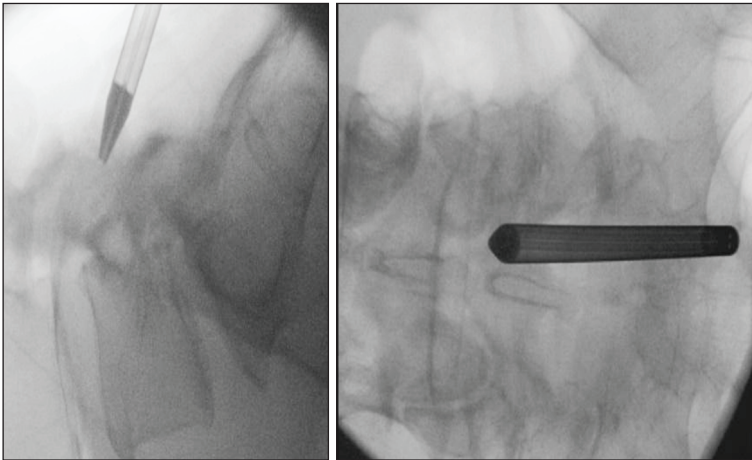


**Şekil 2.** Aksiyal T2 MRG görüntüsünde Spinolaminar açı ile faset eklem arası mesafe.

ka (AP) end plate görünümü elde edilir (Şekil 3). Bu açıya bağlı olarak, C-kol floroskopi ile üst lomber segmentlerde yaklaşık 0 ila 5 derece ve alt lomber segmentlerde yaklaşık 10 ila 15 derece eğim verilir. Amaç, spinöz prosesleri disk alanının izdüşümü üzerinde ortalamaktır. Çok dik bir rostrokaudal yaklaşım açısı seçmek, endoskopun kaudal lamina tarafından engellenebileceği için lateral resesin kaudal kısmının dekompresyonunu engeller. Bu, özellikle üst lomber segmentlerde, segmental stenozun sıklıkla interlaminar aralığın alt kısmında lokalize olduğu ve hipertofi nedeniyle sagittal olarak oryante olmuş faset eklemlerde endişe vericidir. Disk alanı doğrultusunda bir yaklaşım koridoru seçmek, özellikle alt lomber seviyelerde rostral laminanın esasen daha fazla rezeksiyonunu gerektirecektir. Uygun rostrokaudal yaklaşım açısı belirlendikten sonra, AP floroskopik görüntü, bu yaklaşımın hedef alanı olan rostral indeks düzeyinde laminanın inferomedial kenarını da ortaya koymalıdır. Cilt insizyonu, hedef alanın disk alanını geçtiği yerde işaretlenir. 11 numara bistüri kullanılarak küçük bir dikey cilt insizyonu yapılır. Artarda seri genişletici dilatatörler, hedef alan palpe edilene kadar floroskopinin AP yörüngesi boyunca küçük rostrokaudal hareketlerle ilerletilir. Bu aşamada lamina kenarından kasları sıyırmak için eğimli dilatatörler kullanılabilir. Ardından tübüler ekartör, laminanın kenarı eğimin üst ucu palpe edilene kadar dilatatörlerin üzerinden ilerletilir. Tübüler ekartörün eğimli açık ucu, paraspinal kasların retraksiyonunu optimize etmek için mediale bakmalıdır. Yumuşak dokuların, görüş alanını kapatmaması için endoskop getirilene kadar tübüler ekartör kemik yapılarla temas hâlinde kalmalıdır (4).

### HEDEF ALANIN GÖSTERİLMESİ

Önce hedef alan ortaya konulur. En iyi görüş alanı, üstteki yumuşak dokuyu tübüler ekartörün eğimi ile



**Şekil 3.** İntraoperatif floroskopi altında kanülün ve vertebral korpusların lateral ve anterior-posterior görüntüsü.

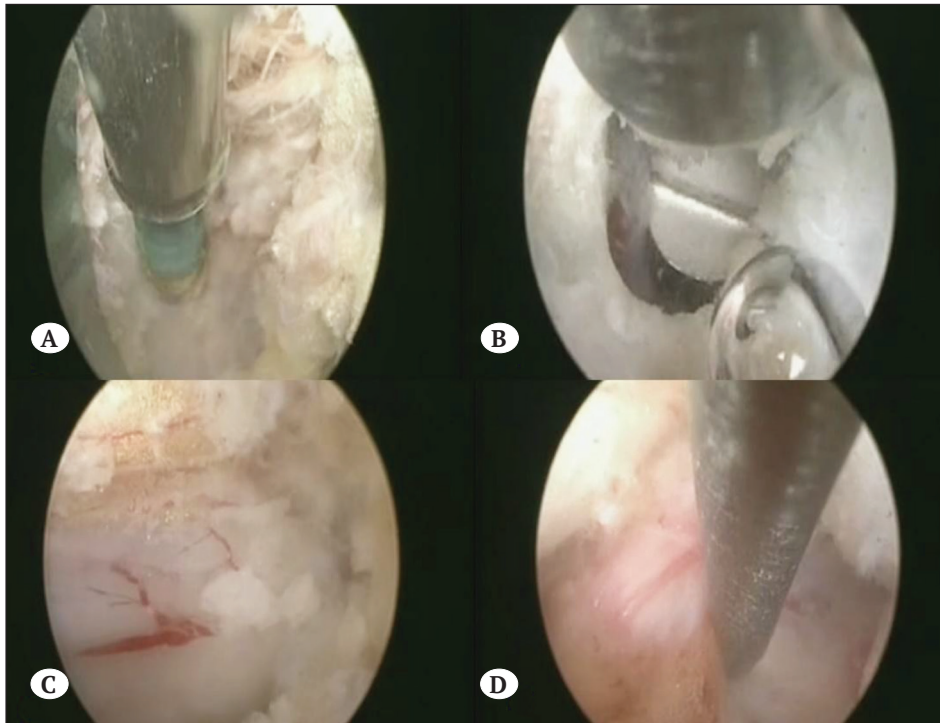
lateral olarak geri çekerek ve forseps, mikro-punch ve bipolar koter yardımı ile dokunun gerilim altında rezeke edilmesi ile gerçekleştirilir (Şekil 4A). İnfero-medial lamina kenarı görüntülendiğinde, görüş alanı spinöz prosesin tabanından alt artiküler çıkıntının ucuna kadar uzamış olur. İnterlaminer yaklaşım için ana anatomik dönüm noktasını oluşturan ligamentum flavumun lamina bağlantısı bu noktada görülebilir. Laminanın inferomedial kenarı boyunca bir elmas burr ile kemiği rezeke etmek tipik olarak ligamentum flavumun bağlantısını ortaya çıkarır. Bu manevra özellikle ciddi faset hipertrofisi, skolyoz veya daha önce cerrahi geçirmiş hastalarda faydalıdır (13).

### HEMİLAMİNEKTOMİ

Elmas veya yandan ısırın bir burr kullanılarak, ligamentum flavumun bağlantısı boyunca kemik rezeksiyonu gerçekleştirilir. Kemik dekompresyonu, ligamentum flavumun spinöz çıkıntının tabanında inceleneye ve kaudal olarak alt artiküler çıkıntının ucuna kadar rostral olarak uzatılır. Ligamentum flavumun bağlantısı boyunca kemik rezeksiyonu, kemik dekompresyonu için ön kenarı oluşturur ve laminanın veya spinöz prosesin tabanının daha yüzeysel kemik rezeksiyonu ihtiyacını belirler. Hemilaminotominin lateral kapsamı bu aşamada ampirik kalır ve daha sonra nöral yapılar ortaya çıkarıldığında tamamlanır (11).

### EPİDURAL ARALIĞA GİRİŞ

Ligamentum flavumun rezeksiyonu ve sıyrılması mikro-punch ile gerçekleştirilebilir. Mikro-punch, ligamentum flavumun liflerine doğrultusuna uygun bir açıyla yönlendirilir ve rotasyonel bir hareketle yavaşça ilerler. Ligamenti aşmadan hemen önce, ligamanın grimsi mavi bir renk değişikliği yaygın olarak gözlenir. Ligamentum flavum açıldıktan sonra, irigasyon sıvısının epidural boşluğa girer ve tekal sakı rekrante eder (Şekil 4C). Lig.flavumun sıyrılması için mikro punch yerine künt bir disektör kullanılabilir. Kemik dekompresyonu sırasında lig.flavum incelirse, açıklık Kerrison rongeur ile genişletilebilir (Şekil 4B). Revizyon cerrahisi, şiddetli stenoz, ciddi segmental listezis veya sinovyal kist durumlarında lig.flavum ile dura arasında yoğun yapışıklıklarla karşılaşılabilir (7). Revizyon cerrahisi durumunda durayı ortaya koymak için ek kemik rezeksiyonu gerekebilir. Ciddi listezis durumlarında, dura lateral reses içinde kısmen erode olmuş olabilir. Titiz diseksiyon ve her Kerrison ısırığının doğrudan görüntülenmesi dura bütünlüğünün korunmasına yardımcı olabilir. Lig.flavum ve dura arasında bir hat belirlenemezse, daha mediyal bir giriş seçilebilir ve dura ortaya çıkarılıncaya kadar orta hat boyunca lig.flavum rezeke edilebilir. Lig.flavum rezeksiyonu öncesinde, bağın iç kısmının bipolar koter ile koterize edilmesi ince kanamaları önleyebilir. Aynı şekilde epidural yağ ve damarlar rezeksiyondan önce koterize edilmelidir. Epidural fasyal tabakaların



**Şekil 4.** A) Kanül ile interlaminer aralığa giriş. B) Kerrison rongeur ile kemik rezeksiyonu. C) Epidural mesafeye girilme aşaması. D) Nöral foramenin dekompresyonu.



rezeksiyonu ile dura, tutucu forseps ile titiz bir şekilde açığa çıkarılır. Dikkatli bir diseksiyon ve duranın iyi bir şekilde ortaya konulması nöral elemanların yan kenarlarının belirsiz bir şekilde tanımlanmaması için gereklidir (10).

### LATERAL MARJİNLERİN GÖSTERİLMESİ

Nöral elemanların lateral marjinlerinin en iyi görünümü, dekompresyon sahasının rostral kısmından yapılır. Bipolar koter yardımı ile asıcı venler ve bağ doku koterize edilir. Endoskop laterale alınarak bir dissektör yardımı ile tekal sak retrakte edilir ve nöral elemanların lateral marjinine ulaşılır. Aşağı lomber segmentlerde (L4/L5,L5/S1) traversing root'un aksillası nöral elemanların lateral marjinleri ile karışabilir, bu gibi durumlarda nöral elemanlar kolayca medialize edilemez (6).

### LATERAL RESES DEKOMPRESYONU

Lateral reses dekompresyonu için hemilaminotominin yeteri kadar geniş olması gerekmektedir. Lateral resesteki lig.flavumun kerrison ronguer kullanılarak rezeke edilir. Süperior artiküler faset eklemine medial dekompresyonu kerrison ronguer ya da endoskopik drill yardımı ile yapılır (8).

Nöral elemanların dekompresyonu süperior artiküler faset eklemine tepe noktasından kaudal laminanın orta noktasına dek yapılır. Dekompresyon için kaudal pedinkülün görülmesi ve kaudal laminanın alınması genellikle gereklidir.

Kaudal laminanın dekompresyonu; spondilolistezis ya da geniş orta har disk hernisi olan hastalarda fizyolojik segmental hareketler esnasında nöral elemanlara alan yaratmak için önemlidir (2).

### NÖRAL ELEMANLARIN VENTRAL DEKOMPRESYONU VE FORAMİNOTOMİ

Nöral elemanlar tübüler retraktör ile retrakte edilir. Diskin annulusu, disk fragmanı gözlenebilir. Posterior endplate'den kaynaklanan kemik patolojileri endoskopik drill yardımı ile, yumuşak dokudan kaynaklanan patolojiler mikro punch yardımı ile temizlenir. Dekompresyon tamamlandıktan sonra tübüler retraktör spinal kanala doğru çevrilir, nöral elemanların serbest ve pulsatil olduğu gözlenir. Bu noktada süperior artiküler faset'in tepe noktası, kaudal pedinkülün orta noktası, traversing root ve foraminal saha kontrol edilerek dekompresyondan emin olmak gerekir (9,12).

### KAYNAKLAR

1. Ahn Y: Percutaneous endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis. *Expert Rev Med Devices* 2014; 11:605-616
2. Cavusoglu H, Kaya RA, Turkmenoglu O, et al: Efficacy of unilateral laminectomy for bilateral decompression in lumbar spinal stenosis. *Turk Neurosurg.* 2007;17(2):100- 8
3. Choi G, Lee SH, Raiturker PP, et al: Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for intracanalicular disc herniations at L5-S1 using a rigid working channel endoscope. *Neurosurgery* 58(1 Suppl): ONS59-ONS68; discussion ONS59-ONS68, 2006
4. Cho JY, Lee SH, Lee HY: Prevention of development of postoperative dysesthesia in transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for intracanalicular lumbar disc herniation: floating retraction technique. *Minim. Invasive Neurosurg.* 54(5-6), 214-218 (2011).
5. Godolias G, Komp M, Ruetten S: An extreme lateral access for the surgery of lumbar disc herniations inside the spinal canal using the fullendoscopic uniportal transforaminal approach-technique and prospective results of 463 patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 30:2570-2578, 2005
6. Gore SR, Yeung AT: Evolving methodology in treating discogenic back pain by Selective Endoscopic Discectomy (SED) and thermal annuloplasty. *J Minimally Invasive Spinal Tech* 1:8-16, 2001
7. Hahn P, Komp M, Oezdemir S, et al: Bilateral spinal decompression of lumbar central stenosis with the full-endoscopic interlaminar versus microsurgical laminotomy technique: a prospective, randomized, controlled study. *Pain Physician* 18:61-70, 2015
8. Kim DH: Percutaneous Endoscopic Decompressive Laminectomy and Foraminotomy In: Kim DH, Choi G, Deshpande K, Asawasaksakul A. *Endoscopic Spine Surgery*. 2th edition, USA, pp 67-73.
9. Laing RJ, Seeley H, Wilby MJ: Laminectomy for lumbar canal stenosis: a safe and effective treatment. *Br J Neurosurg* 2006; 20(6)391-395
10. Mathews HH: Transforaminal endoscopic microdiscectomy. *Neurosurg Clin North Am* 7 : 59-63, 1996
11. Soliman HM: Irrigation endoscopic decompressive laminotomy. A new endoscopic approach for spinal stenosis decompression. *Spine J* 15:2282-2289, 2015
12. Tsou PM, Yeung AT: Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 27:722-731, 2002
13. Youn MS, Shin JK, Goh TS, et al: Endoscopic posterior decompression under local anesthesia for degenerative lumbar spinal stenosis. *J Neurosurg Spine.* 2018 Dec 1; 29(6):661-666.



## 33

## TAM ENDOSKOPIK LOMBER UNİLATERAL LAMİNOTOMİ VE BİLATERAL DEKOMPRESYON

Hakan Sabuncuoğlu, Burak Kazancı, Sait Kayhan

## GİRİŞ-TERMINOLOJİ

Minimal invaziv spinal cerrahi ile ilgili önemli bir konunun anlatılacağı bu bölümde lomber spinal stenoz (LSS) tanısı zemininde semptomatik hastalara uygulanan tam endoskopik lomber unilateral laminotomi ve bilateral dekompresyon tedavi yönteminden bahsedeceğiz. 1950 yılında Henk Verbiest tarafından tarif edilen LSS en basit tanımıyla, kemik ve yumuşak dokuların spinal korda, sinir köklerine ve spinal sinirlere bası yapmasıyla ortaya çıkan klinik tablodur.

LSS'yi doğumsal (primer) ve edinsel (sekonder) olarak ikiye ayırabiliriz. Doğumsal dar kanala örnek olarak akondroplazi ve Morquio sendromu gibi konjenital hastalıklar sıralanabilirken, edinsel dar kanala başta dejenerasyon olmak üzere posttravmatik, spondilolistezis, malign süreçler ve ankilozan spondilit gibi romatolojik hastalıklar örnek olarak verilebilir (10).

## Epidemiyoloji

Yaşlanma ile ortaya çıkan spinal dejenerasyon, LSS'nin en yaygın nedenidir. Genellikle 6. veya 7. dekatta semptom veren LSS daha çok kadınlarda gözlenir ve 65 yaş üstü hastalarda omurga cerrahisi için en yaygın endikasyonu oluşturur. LSS prevalansının 2025 yılına kadar %59 artarak 64 milyon yaşlı erişkine ulaşması beklenmektedir (5,17). Semptomatik LSS en yaygın L4-L5 seviyesini etkiler. İkinci en sık L3-L4 seviyesi iken üçüncü sırada ise L2-L3 seviyesi etkilenmektedir.

## Semptomlar – Fizik Muayene

LSS hastalarının en tipik bulgusu genellikle yürürken ve ayakta dururken progresif olarak artan, otururken ve yatarken rahatlayan alt ekstremitte ağrısıdır. Nörojenik kladikasyon olarak tanımlanan ve yürüme mesafesini azaltan bu durumu hastalar baldırda ağrı, uyuşma, keçeleşme, kramp veya bacaklarda boşalma hissi olarak nitelerler. LSS'li hastalar ayrıca öne doğru eğilerek yürüme eğilimindedirler (17).

LSS'den şüphelenilen hastaların muayenesinde nörojenik kladikasyoya ek olarak vasküler kladikasyon (distal nabızlar palpe edilerek) sorgulanmalıdır. Ayrıca hastaların motor muayenesi yapılmalı ve özellikle L5 sinir kökünden innerve olan baş parmak ekstansor kası muayene edilmelidir. Hastalarda düz bacak kaldırma testinin çoğunlukla negatif olabileceği akılda tutulmalıdır.

## Cerrahi Endikasyonlar

LSS tanısı alan semptomatik hastalarda cerrahi endikasyon konulurken radyolojik görüntüleme tetkiklerinin incelenmesi önemlidir. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tetkiklerinde lomber spinal kanalın ön arka çapının LSS için 10-12 mm olması yeterli iken mutlak LSS demek için <10 mm altında olması gerekmektedir (Tablo 1). LSS değerlendirilmesinde spinal kanal alan ölçümü de önemlidir. Literatür incelendiğinde genellikle LSS için dural kese kesit alanının 100 mm<sup>2</sup>'den az olması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca LSS için lateral reses yüksekliği ≤ 2 mm ve/veya lateral reses derinliği ≤ 3 mm olması veya lateral reses açısı <30° altında olması tanı koydurucu olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 2). Normalde 8-12 mm çapa sahip olan intervertebral foramenlerin stenozundan bahsetmek için ise intervertebral foramenin ≤ 3 mm çapın altına düşmesi gerekmektedir (Tablo 3) (3,13).

**Tablo 1.** Lomber Dar Kanal Tanısında Radyolojik Ölçümler (MRG)

Santral Kanal Darlık Derecesi	Rölatif Darlık	Mutlak Darlık
Santral Kanal Ön-Arka Çap	10-12 mm	<10 mm

**Tablo 2.** Lateral Reses Sendromu Tanısında Radyolojik Ölçümler (MRG)

Lateral Reses Sendromu Darlık Derecesi	Yüksekliği Derinliği Açısı		
	≤2 mm	≤3 mm	<30°

**Tablo 3.** İntervertebral Foramen Darlık Derecesi Radyolojik Ölçümler (MRI)

İntervertebral Foramen Darlık Derecesi	Çapı
	≤3 mm

### Cerrahi Tedavi Yöntemleri

Literatürdeki çalışmalar, LSS tanısı alan hastalar dikkatli bir şekilde seçildiği takdirde cerrahi tedavinin konservatif tedaviden daha iyi olduğunu göstermiştir (12). Posterior yaklaşım LSS cerrahi tedavisinde, nöroşirürji pratiğinde en yaygın kullanılan yaklaşım şeklidir. Posterior yaklaşım ile total laminektomi, laminoplasti, unilateral dekompresyon, split dekompresyon ve endoskopik yöntemler uygulanabilmektedir. Omurga cerrahisi, Sir Victor Horsley'in spinal kanal içerisindeki bir patolojiye laminektomi yapmasıyla başlamıştır. Arkasından günümüze kadar birçok cerrahi yöntem geliştirilmiştir. LSS'nin cerrahi tedavisinde temel amaç yeterli dekompresyonun sağlanmasıdır.

### Total Laminektomi

LSS'nin geleneksel tedavisini oluşturan laminektomi; lamina, spinöz prosesler, interspinöz ligamentler, ligamentum flavum (LF) ve medial faset eklemi dahil olmak üzere posterior yapıların çıkarılmasına dayanmaktadır (8,17). LSS cerrahi tedavisinde total laminektomiye intervertebral foramen dekompresyonunu da eklemek gerekmektedir.

### Laminoplasti

Daha çok konjenital LSS olgularında endikasyonu bulunan laminoplasti yöntemi, ender olmakla beraber uygun erişkin LSS hastalarında da tercih edilebilen bir cerrahi yöntemdir. Laminoplasti, laminanın LF'dan dekolle edilerek, açılımı sonrası bir taraf laminanın menteşe gibi kullanılarak spinal kanal alanını artırmaya yönelik bir cerrahi yöntemdir.

### Transspinöz Split Laminektomi

Son yıllarda popülerleşmeye başlayan bu yaklaşım daha az invaziv olmasıyla ön plana çıkmaktadır. Temel olarak interspinöz aralıktan osteotomi ile LF'nin alınmasıyla medial fasetlerin ve sinir köklerinin dekompresyonuna dayanmaktadır. Cerrahi işlem interspinöz ligamanların ve spinöz çıkıntının sütüre edilmesiyle sonlandırılmaktadır.

### Unilateral Dekompresyon

Unilateral laminektomi/laminotomi veya hemilaminektomi/hemilaminotomi aynı total laminektomide anlatıldığı şekilde uygulanmaktadır. Buradaki en

temel ayırım diseksiyonun interspinöz ligamentin tek tarafıyla sınırlı kalmasıyla anatomik hasarın daha az olmasıdır. Unilateral dekompresyonda hemilaminektomi sonrası LF duradan dikkatlice disseke edildikten sonra unilateral fasetin spinal kanal içine giren kısımları alınmaktadır.

### Tam Endoskopik Lomber Unilateral Laminotomi ve Bilateral Dekompresyon

Günümüzde önemini giderek artıran minimal invaziv spinal cerrahi, genişleyebilen retraktörler sonrasında tübüler sistemler ve en sonunda endoskopik perkütan yöntemlere doğru evrilmiştir. Bu yöntemde temel olarak doğrudan endoskopik görüntüleme altında, spinöz prosesin tabanına uzanan ve LF'yi açığa çıkaran ipsilateral bir laminotomi oluşturulur. LF parça parça rezeke edilerek epidural boşluğa ulaşılır. Endoskopun optiği döndürülerek bilateral medial fasetektomi ve intervertebral foramenler dekompresyon edilir.

### Lomber İnterlaminar Endoskopik Cerrahide Anatomi

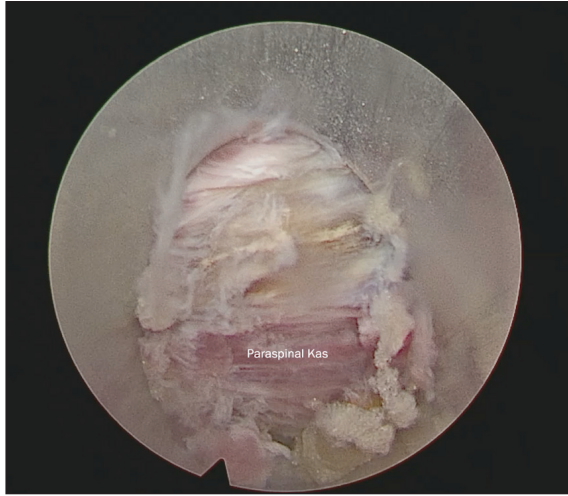
Tüm cerrahi yaklaşımlarda olduğu gibi endoskopik interlaminar cerrahide de anatomi bilgisi çok değerlidir. Gerek cerrahi süreçteki konfor ve başarıda gerek olası komplikasyonlardan korunmada en etkin faktör anatomik farkındalığımızdır. Spinal minimal invaziv yaklaşımlardaki son teknolojik gelişmelerden olan endoskopik cerrahide de bu gereksinimimiz en üst düzeydedir. Cerrahi olarak tercih edilme nedenlerinin başında bölge anatomik yapılarına minimal hasar verilmesi ile diğer benzer cerrahi yöntemlerle aynı başarı oranına sahip olması gelmektedir.

### Torakolomber Fasya

Torakolomber fasya, iç içe geçmiş, beyazımsı liflerden oluşan büyük bir bant olarak görünür. Kan kaynağı yoktur. Torakolomber fasyanın 3 tabakası vardır: Anterior, orta ve posterior. Anterior tabaka en ince, posterior tabaka ise en kalın tabakadır.

### Paraspinal Kaslar

Sacrospinalis, quadratus lumborum ve psoas majör kasları kırmızımsı görünür ve endoskopik büyütme ve aydınlatma altında kolayca görüntülenen demetler şeklindedir (Şekil 1). Kas lifleri orta derecede damarlıdır. Tam endoskopik omurga cerrahisinin sonunda ameliyatta kullanılan küçük insizyondan bu yoğun kanlanma olan bölgeden kaynaklanan kanama görülse de paraspinal kaslara ve deriye yapılan baskı ile rahatlıkla kontrol altına alınır (7).



Şekil 1. Paraspinal kas.

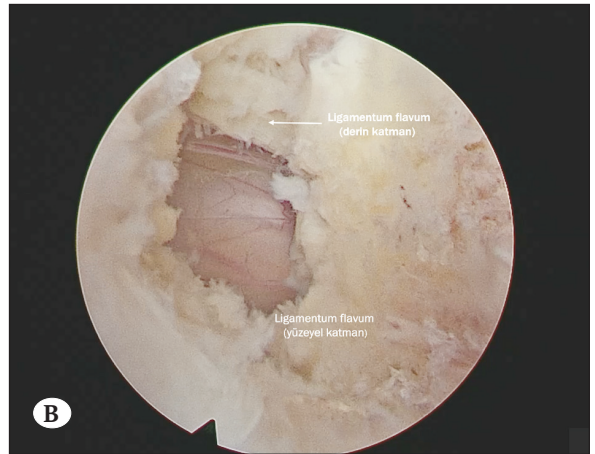
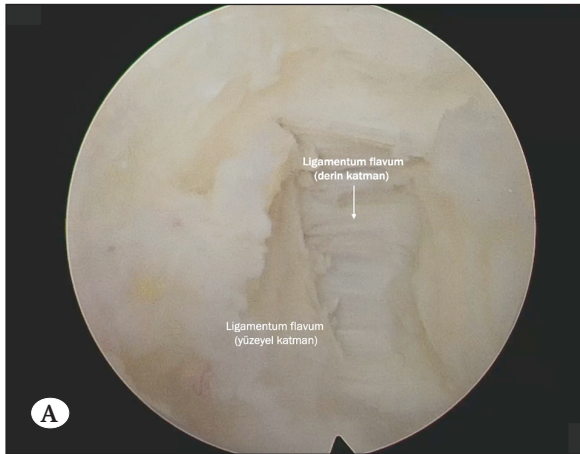


Şekil 2. Ligamentum flavum.

## Ligamentum Flavum

Sarı elastik lifler içermeleri nedeniyle LF ismi verilmiştir. LF ikinci servikal vertebradan sakral vertebraya kadar uzanır ve intervertebral diskler, kaslar, fasya ve kemik elemanları ile birlikte vertebral destek sistemine katkıda bulunur (16). LF, lamina arkları arasında kalan aralıkları kapatır (Şekil 2). Bu bağ omur boyunca uzanan tek bir şerit şeklinde olmayıp segmental bir dizilim gösterir. Her bir bağın lifleri yan yana dizilmiş olup aralarında ancak birkaç venin geçebileceği aralıklar vardır. Bu bağ dıştan derin sırt kasları tarafından sarılmıştır (4). LF esas olarak uzunlamasına elastin lifleri ve daha az ölçüde ince kollajen lif demetleri ve iç şekilli fibroblastlardan oluşur. Bu bağ sayesinde omurganın ön tarafa doğru eğilmesi sırasında laminaların birbirinden uzaklaşmasını engellenir ve normal postür için omurganın dik durmasına destek sağlanır (4). LF'nin genellikle yüzeysel ve derin katmanlardan oluştuğu kabul edilir (Şekil 3A, B). Multifidus kası ve ligamentum yüzeysel tabakası, spinöz çıkıntının tabanına ve sefalad laminanın ventral tarafına yapışmıştır. Daha derindeki katman, yukarı laminadaki kemiğin ön-alt ve ön-üst yüzlerini ayıran kemik çıkıntıya bağlıdır. İki katman, altaki laminaya yaklaştıkça ayrıldığından, yüzeysel katman kranio-dorsal yüze yapışır ve daha derin katman, alt laminanın kranio-ventral yüzüne yapışır (9).

LF, L1 ve L2 seviyelerinde yukarı laminanın ventral yüzünün yaklaşık %50'sini kaplar ve alt lomber seviyelerde %70'e yükselir. Üst lomber seviyelerde alt laminanın ventral yüzüne yapışıklık uzunluğu 1-2 mm iken, alt lomber seviyelerde 5-6 mm'ye çıkar (16).



Şekil 3: A) Ligamentum flavum yüzeysel ve derin katmanı (derin katman açılmadan önce). B) Ligamentum flavum yüzeysel ve derin katmanı (derin katman açıldıktan sonra).



## Faset Eklem ve Kapsülü

Artiküler çıkıntılar superior ve inferior olarak birbirini tamamlar ve faset eklemlerini yaparlar. Superior faset dorsomediale bakar, yukarıdan gelen inferior fasetle buluşur. İnfior faset laminanın bir uzantısıdır, ventrolaterale bakar ve alt vertebranın superior artikuler çıkıntısı ile faset eklemi oluşturur.

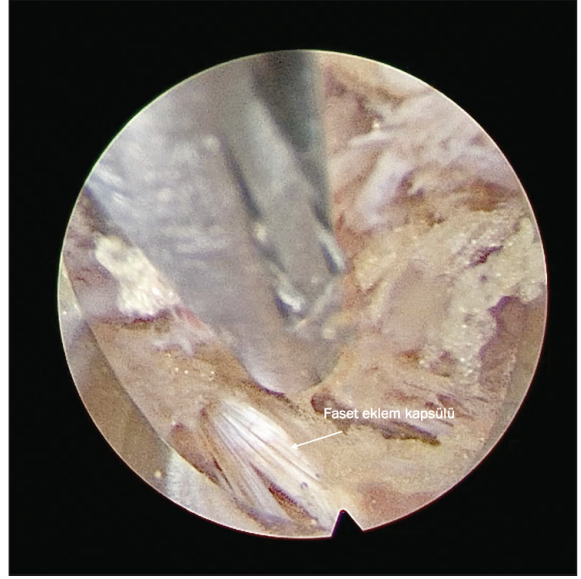
Lomber bölgede faset eklem yüzleri sagittal plandadır. L1-L4 düzeylerinde eklem yüzleri sagittal plana bakarken, L5 inferior artiküler çıkıntıları koronal plana döner. Faset eklem kapsülü diğer adıyla capsula articularis, faset eklem katılan çıkıntıların eklem yüzü kenarlarına tutunur. İnce ve gevşek bir yapısı vardır (4). Endoskopta beyaz-sedef rengi karışık bir görüntü verir (Şekil 4). Faset eklem tanınmasında önemli bir anatomik yapıdır. Çalışılan cerrahi alanda lateralde görüntülenir.

## Epidural Yağ Dokusu

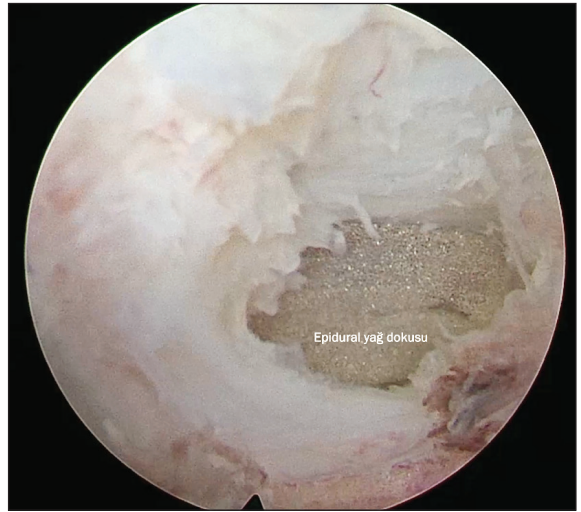
Epidural yağ dokusu genellikle vücutta solunum ile hareket eden oldukça büyük yağ globülleri olarak görülür ve hasta solunması sırasında açılmış olan LF'den çıkararak nöral yapıların görüntülenmesini engelleyebilir (Şekil 5). Nöral yapıların net olarak tanımlanması için bu yağ dokularının bipolar ile küçültülmesi gerekir. Forseps ile çekilerek eksizye edilmesi ek kanama olasılığını artıracığı için önerilmez.

## Peridural Membran

Mikrocerrahi ile yapılan girişimlerde büyük ölçüde göz ardı edilen peridural membran, kan damarları ve yağ dokusu ile bağlantıları var olan anatomik bir yapıdır. Medial planda PLL'nin dorsal yüzeyine doğru uzanır ve lateral olarak spinal kanalı hizalamak için lateral olarak uzanır ve onu "lateral membran" olarak tanımlamıştır. Peridural membran en ayrıntılı açıklaması Wiltse tarafından yapılmıştır. Bu yapıyı dorsal vertebra ve medial pediküler yüzeyleri kaplayarak lamina ve LF'nin ventral yüzeyleri boyunca devam eden spinal kemik kanalın içini çevreleyen kılıf olarak tanımlamıştır. Peridural membran dorsal vertebral yüzeyde kemiğe yapışık değildir, dorsal yüzeyinde yer alan Batson pleksus nedeniyle kemik ile peridural membran arasında potansiyel bir boşluk vardır. Mikrocerrahi girişimler sırasında dokuların kolayca hasar görmesi peridural membranın intraoperatif gözlemlenmesinin önüne geçmiştir. İnterlaminar endoskopik müdahaleler gerektiren tüm vakalarda, LF'nin açılmasını takiben araknoid benzeri vasküler yapısı ile hassas bir membranöz peridural membran gözlemlenir (Şekil 6). Yağ dokusu, peridural membrana dorsal olarak yapışiktır. Yağ dokusunun



Şekil 4. Faset eklem kapsülü.



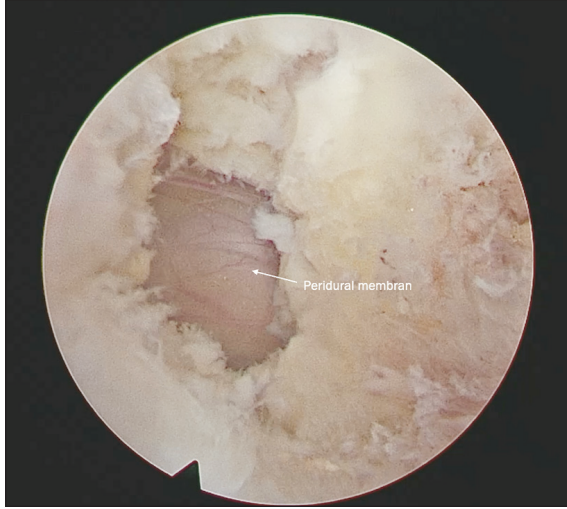
Şekil 5. Epidural yağ dokusu.

fazla olduğu durumlarda, LF açıldıktan sonra ilk olarak yağ dokusu, ardından ona yapışan peridural membran görüntülenebilir (16). Peridural membran, epidural yağ dokusunun altında duranın üzerindedir. Endoskopta duranın mat olarak görülmesine neden olur. Peridural membran da açıldıktan sonra duranın parlak sedef rengindeki görüntüsüyle karşılaşılar.

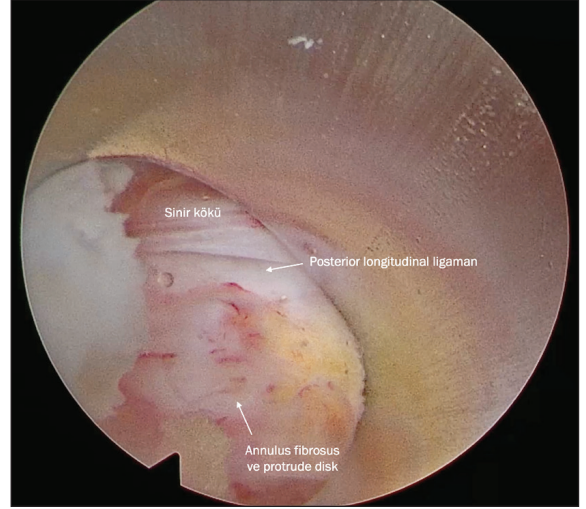
## Dural Kese

Epidural yağ dokusu ile peridural membran altında gri renkte üzeri ince kapiller damarlarla çevrili beyin omurilik sıvısı pulsasyonu olan bir yapıdır (Şekil 7). Büyük bası altında ise pulsasyon alınamayabilir.

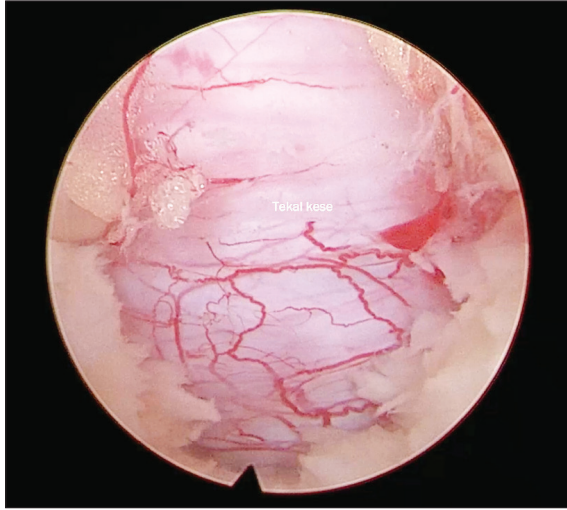




**Şekil 6.** Peridural membran.



**Şekil 8.** Posterior longitudinal ligaman ve annulus fibrosus.



**Şekil 7.** Tekal kese.

### Posterior Longitudinal Ligaman

Posterior longitudinal ligaman (PLL), tektoryal membranın alt kenarı ile devamlılık içinde kranyal olarak başlar ve C2 vertebraşının dorsal yüzeyinden sakrum ve koksikse kadar uzanır (16). PLL'nin boyun, torakal ve lomber vertebralarda 3 ayrı katmandan oluştuğu bildirilmiştir. Ancak kabul edilen görüş, PLL'nin yüzeysel ve derin katmanlardan oluştuğudur. Derin tabaka, intervertebral disk (IVD) üzerinden geçerken vertebralarn üst ve alt kenarlarına güçlü bir şekilde yapışır ve liflerinin vertebral uç plakalarına yapıştığı bulunmuştur (16). PLL'nin yüzeysel katmanı, 8-10 mm genişliğinde bir bant olarak vertebral gövdeler üzerinde uzunlamasına uzanır ve IVD'ye yaklaşırken derin katmana yelpaze şeklinde yayılır, derin katman lifleri ve anulus ile iç içe geçer. PLL'nin

yanal olarak açılan yüzeysel ve derin katmanları foramenlere ulaşır. Yanal olarak, PLL anulusa daha güçlü bir şekilde yapışır. PLL yüzey tabakasının enine genişliği, L4 ve L5 lomber seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir daralma gösterir (16). Endoskopik girişimler sırasında PLL ve anulus dokuları ayırt edilemez (Şekil 8). Bunun önemli bir nedeni fıtıklaşmanın neden olduğu anatomik değişikliklerdir.

### Sinir Yapıları

Lomber omurgadaki sinir kökleri, seviyelerinin üzerinde vertebral segmentten düzenli olarak çıkar ve kanal içinde kaudal olarak uzanırlar (Şekil 9). Foramene giriş noktasında sinir kökü, foramen içinde bulunduğu pedikülün infero-medialindeki kemik oluşunda yağ dokusu ile çevrili olarak yer alır ve foramende boyutunu genişleterek dorsal spinal ganglionu oluşturur (14). Ganglion genellikle intervertebral foramen sınırları içinde pedikülden daha aşağıdadır. Ganglionu geçtikten sonra sinir kökü pediküler taban üzerinde ventrolateral olarak ilerler ve foramenden çıkış noktasında dorsal ve ventral dallara ayrılır.

Her lomber seviyede, sayıları 2 ile 6 arasında değişen ventral ve dorsal kökler birleşerek intradural dalı oluşturur (14). Dural kese orijini ile ganglion arasında uzanan sinir, omurilik siniri veya sinir kökü olarak adlandırılrsa da, bu aslında dural bir zarfa sarılı motor ve duyu dalları ile karışık bir sinirdir. Bu iki sinir kökü gangliyonda birleştikten sonra periferik sinir karakterini kazanırlar (16). Yapılan çalışmalarda L1-L4 arası tüm sinir köklerinin tekal keseden disk mesafesinin kaudalinden ayrıldığı gösterilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre L5 sinir kökü tekal keseden %8-12

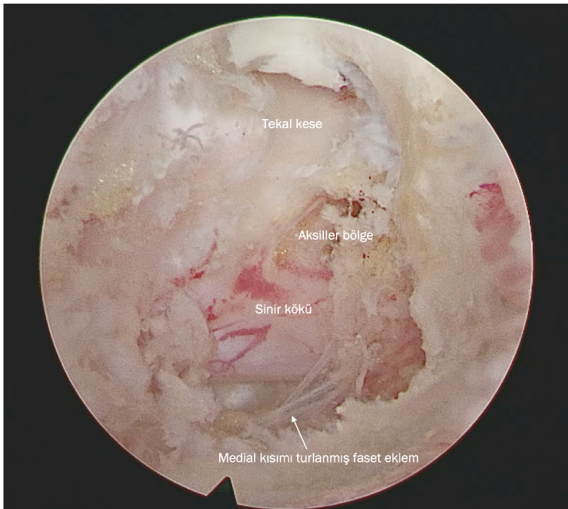
disk mesafesi üstünden, %25-28 disk mesafesi hizasından, % 62-64 oranında da disk mesafesi altından ayrılmaktadır. S1'deki kök ayrımı, %75 oranında disk alanı kranialinden ve geri kalanı ise disk alanından kaynaklanır (14). Bu dağılımlar L5-S1 disk düzeyinde özellikle aksiller herniasyonların neden daha sık olduğunu açıklamaktadır.

### Annulus Fibrosis

Annulus fibrosis (AF), jel benzeri nucleus pulposusu (NP) kaplayan sağlam, lastik benzeri bir yapıdır (Şekil 8). AF omurganın dönme stabilitesini artırır ve basınç stresine direnmeye yardımcı olur. Su ve sağlam elastik kollajen liflerinden oluşan katmanlı bir yapıdır. Polarize ışık altında incelendiğinde soğan zarı benzeri 15-25 konsantrik katmandan oluştuğu gözlenir. Lifler bir radyal lastiğin yapısına benzer şekilde vertikal eksene 60 derecelik açılarda yönelmiştir. Lameller arasında elastik lifler yer alır. Bu lifler radyal olarak bir lamelden diğerine geçerek lamelleri birbirine bağlar. Kollajen, proteoglikan jel ile birbirine bağlanmış proteinden yapılmış lifli demetlerden oluşur. AF'nin fibröz demetlerinden bir bölümü longitudinal spinal ligamanların liflerinin arasına karışır, bir bölümü dışa doğru dönerek vertebra korpuslarının dış yüzlerindeki kortikal kemikle kaynaşır. Bir bölümü de ait olduğu tabaka içerisinde oblik gidişle bir yay çizerek diskin karşı tarafındaki kırık tabla ve kemik halkanın içine girer (2). Vertebralar arası diskler, vasküler bir kaynağı olmayan yapılardır. Her disk osmoz yoluyla, gerekli besinleri emer.

### Nucleus Pulposus

Nucleus pulposus (NP) diskin merkezindeki notokord kökenli, jelatinöz yapıdaki bölümdür (Şekil 8).



Şekil 9. Lomber bölge sinir kökü ve çevre anatomik yapılarla ilişkisi.

İnsanlarda orijinal embriyolojik notokord hücrelerinin doğumdan sonra hızla azaldığı ve 4 yaştan sonra hemen hemen tamamen kaybolduğu düşünülmektedir. NP yapısal bileşenleri, AF ile benzerlik gösteren su, kollajen ve proteoglikanlardır. Fark, bu maddelerin konsantrasyonudur. NP halkadan daha fazla su içerir. Kitesinin %80-89'ını su oluşturur (2).

NP'deki su molekülleri, bol miktarda proteoglikanların hidrofilik glikozaminoglikan yan zincirlerine bağlıdır. NP seyrek kondrosit benzeri hücreleri ile amorf, su bakımından zengin bir hücre dışı matriks-ten oluşur. Her bir intervertebral diskin merkezinde yer alan NP, jel benzeri elastik bir madde ile doldurulmuştur. AF ve NP stresi ve ağırlığı bir vertebradan diğerine iletir ve diske hareketlilik ile sıkıştırma yükü altında mekanik enerjiyi emme yeteneği verir. NP oksijen ve besin sağlamak ve metabolizmanın atık ürünlerini uzaklaştırmak için difüzyona dayanan avasküler bir dokudur ve innervasyondan yoksundur. Bu özellikler nedeniyle eklem hiyalin kırıkdağına benzer.

### Tam Endoskopik Lomber Unilateral Laminotomi ve Bilateral Dekompresyon

Lomber endoskopik unilateral laminotomi ve bilateral dekompresyon (ULBD) bacak veya kalça semptomları ile beraber nörojenik klodikasyon nedeniyle başvuran hastalarda merkezi ve iki taraflı reses darlığının etkili bir şekilde dekompresyonuna izin verir. Cerrahi endikasyonlar açık veya minimal invaziv laminektomilerle benzerdir. Minimal invaziv tübüler tekniğe benzer şekilde, tam endoskopik teknik nöral elemanların öncelikle disk-faset eklem kompleksi seviyesinde dekompresyonuna izin verir. Bu nedenle dejeneratif lomber spinal stenoz bu işlem için uygun bir endikasyondur. Endoskopik ULBD, sinovyal kistlerin rezeksiyonu, diskektomiler ve kontralateral foraminotomiler ile kombine edilebilir. Buna karşılık geniş bir alana yayılma eğiliminde olan epidural hematoma ve enfeksiyon vakalarında endoskopik ULBD ile yeterli dekompresyon elde edilemeyebilir. Tam endoskopik teknik, obez hastalarda spinal dekompresyon için açık ve minimal invaziv omurga cerrahisi tekniklerine oranla daha avantajlıdır, çünkü kalın deri altı yağ dokusu ve buna bağlı uzun çalışma koridoru veya cerrahi saha aydınlatma sorunları yoktur. Evre 1 spondilolistezis, fleksiyon/ekstansiyon röntgenlerinde dinamik instabilite veya vertikal planda foraminal stenoz olmadığı sürece bir kontrendikasyon değildir. Bilateral dekompresyon için lomber endoskopik tek taraflı laminotomilerin kontrendikasyonları arasında evre 2 spondilolistezis, istmik spondilolizis, önemli lateral kayma veya önemli skolyoz (sagittal dikey



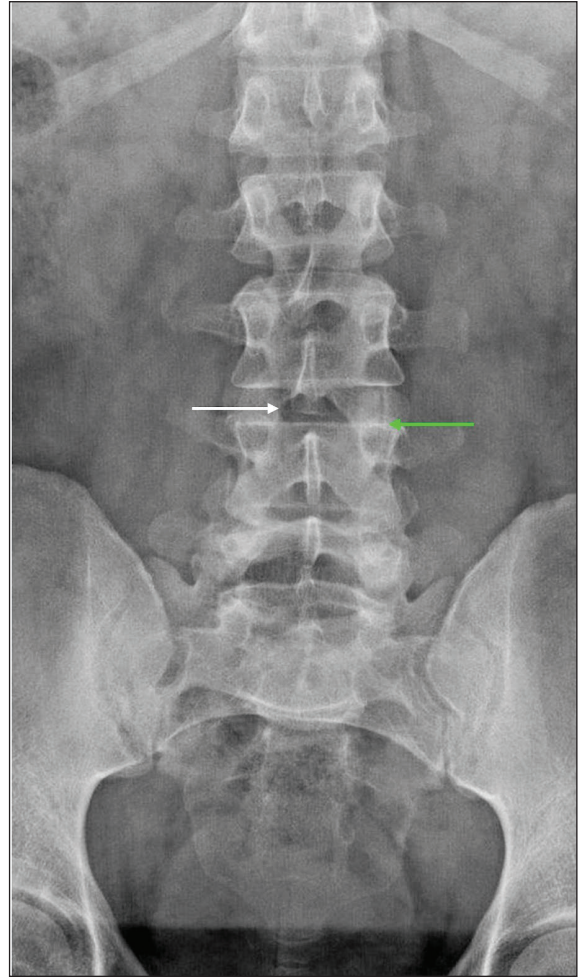
eksen > 6 cm; lomber lordoz-pelvik insidans uyumsuzluğu > 10 derece; koronal Cobb > 20) vardır (11).

### Cerrahi Yaklaşım

Tam endoskopik ULBD için optimal bir rostrokaudal yaklaşım açısının belirlenmesi son derece önemlidir. Yaklaşım açısının doğru olarak belirlenmesi uygun ve geniş bir interlaminar alanda çalışmayı sağlar ve kemik çıkarma gereksinimi ile ameliyat süresini büyük ölçüde azaltır. Ayrıca optimize edilmiş bir yaklaşım açısı, laminanın alt kısmından spinal kanala yaklaşıldığı için pars interarticularisin korunmasına yardımcı olur. İstenen düzeyde kraniokaudal dekompresyon oluşturmak için optimal yaklaşım açısının; superior artiküler prosesin (SAP) ucundan pedikülün orta kısmına kadar uzanan bölgede spinal kanala erişim sağlaması gerekir. Ayrıca optimal yaklaşım açısı, spinöz prosesler arasındaki boşluk yoluyla kontralateral resese erişime izin verir. Çok dik bir yaklaşımın seçilmesi, endoskop kaudal spinöz proses tarafından engellendiğinden, kontralateral resesin kaudal kısmına erişimi engeller. Çok düz bir yaklaşım seçilmesi durumunda ise spinöz prosesin alt kısmının daha yoğun rezeksiyonu gerekir ve etkin kontralateral dekompresyon yapılması engellenir. İntraoperatif kraniokaudal yaklaşım açısının doğru saptanması için, ön-arka floroskopide interpinöz bölgenin disk mesafesinin ortasına getirilmesi büyük önem taşır (Şekil 10).

Bu açı seviyeye bağlı olarak, alt lomber seviyeler için yaklaşık 10 ila 15 derecelik ve üst lomber omurga için yaklaşık 0 ila 5 derecelik bir kaudal C-kollu skopi eğimini gerektirir. Amaç disk alanının izdüşümü üzerinde spinöz prosesler arasındaki boşluğu ortalamaktır. Üst lomber omurgada, rostrokaudal yaklaşım açısı ya kaudal vertebranın üst uç plakası ile aynı seviyededir ya da biraz kifotiktir (5 derece kadar). Bu seviyelerde spinal stenoz sıklıkla sagittal yönelimli faset eklemlerin aşırı büyümesinden kaynaklanır. Çok dik bir rostrokaudal yaklaşım açısı seçmek, endoskop kaudal lamina tarafından saptırıldığı için stenozun kaudal yönünün dekompresyonunu engelleyebilir (11).

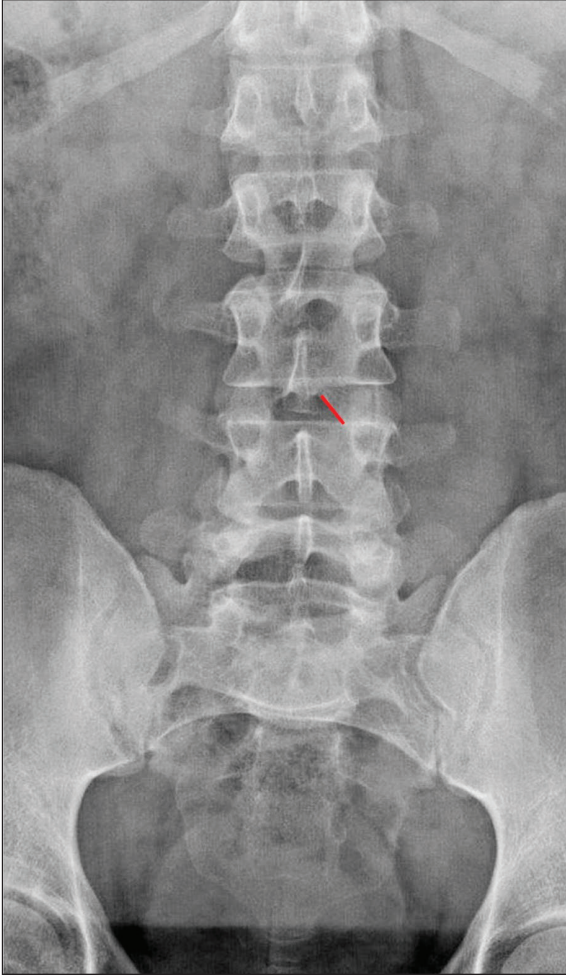
İnsizyon AP direkt grafide saptanmış lamina inferio-medial kısmının disk mesafesinin ortasını kestiği yere yapılır. Bir 11 numaralı bistüri kullanılarak küçük bir dikey cilt kesisi yapılır. Daha sonra floroskopinin AP görüntüsü altında küçük kraniokaudal hareketlerle faset eklemin medial yönü veya laminanın inferomedial kenarı palpe edilene kadar trokar ilerletilir (Şekil 11).



**Şekil 10.** Tam endoskopik lomber unilateral laminotomi ve bilateral dekompresyon için cerrahi öncesinde interpinöz bölgenin skopi altında disk mesafesinin ortasına getirilmesi çok önemlidir (beyaz ok). Kaudal vertebranın son plağını PA grafide net olarak görülmelidir (yeşil ok).

Trokar yerleştirildikten sonra üzerine dilatör yerleştirilir ve trokar çıkarılır. Özellikle yarıklı dilatörler kasları laminadan ayırmak için kullanılır ve böylece palpasyon sonrası cerrahi sahayı görmeyi kolaylaştırır. Hafifçe aşağı doğru basınç uygulayarak dilatörlerin laminanın kenarı ile tam temas hâlinde olmasına dikkat edilmelidir. L5-S1 mesafesinde dilatörler ligamentum flavum üzerinde konumlandırılabilir. Bu durumlarda, lateral floroskopik görüntüler uygun derinliğin doğrulanmasında yardımcıdır. LF'nin kör palpasyonu ve sonrasında oluşabilecek penetrasyonu, sinir yapılarına zarar verebileceğinden dolayı önerilmez.

Dilatasyon işleminden sonra, tübüler ekartör açık eğimli ucu mediale bakacak şekilde yerleştirilir ve hafif aşağı doğru basınç uygulanarak hedef alanla sağlam kemik teması hâlinde tutulur. Bu aşamada hafif aşağı



**Şekil 11.** Tam endoskopik lomber unilateral laminotomi ve bilateral dekompresyon cerrahisinde insizyon sonrası trokar yerleştirirken hedef laminanın inferomedial kenarı olmalıdır.

doğru uygulanan basınç yapılmazsa, tübüler ekartör kayıp yer değiştirebilir ve hedefleme işlemine baştan başlamak gerekebilir. Doğuştan dar spinal kanalı olan veya üst lomber spinal segmentleri ameliyat edilecek hastalarda daha küçük endoskop kullanımı görüntülemeyi kolaylaştırır, çünkü daha büyük endoskoplarla elde edilen görüntü bazen ipsilateral faset eklemi tarafından bloke edilebilir. Görmek amacıyla kamera ile zorlu döndürme manevrası yapılabilir, ancak bu da cerrahi süreci zorlaştırabilir. Bununla birlikte bu tür vakalarda daha iyi görüntü alanı sağlayan daha küçük interlaminar endoskoplar kullanılabilir ancak bunlar daha kırılmalıdır, kemik ve yumuşak doku rezeksiyonu için daha az kullanışlıdır ve kanamadan daha fazla etkilenirler. Genel bir kural olarak, spinolaminar açı ile faset eklem arasındaki mesafe 1,5 cm veya daha büyükse santral stenoz için kullanılan endoskop kullanılması uygun olur. Bir diğer sorun da dilatör

ile hedef bölgeyi yani laminanın inferomedial kenarını palpe edememe sorunudur. Bunun nedenlerinden biri hatalı radyografik hedeflemedir. Kontrol AP ve lateral direkt grafi çekilerek yapılmalıdır. Hedeflemeyi doğru yapabilmek için kaudal son plak görüntülemesi temel alınmalıdır (Şekil 10).

Endoskop aşamasında da hedef alanın görüntülenmesi sorun olabilir. Bu durumda tübüler ekartörün yetersiz konumlandırılması söz konusu olabilir. Uygun konumu ve seviyeyi doğrulamak için AP ve lateral direkt grafi çekilmelidir. Çalışma tüpünün yukarı doğru kayması da hedef alan görüntülemesinde sorun yaratabilir. Bu durumda da AP ve lateral direkt grafi ile çalışma tüpünün yeri saptanmalı, hedef alandan uzaklaşma söz konusu ise geri dönülerek dilatör ve tübüler retraktör hedefleme işlemleri tekrarlanmalıdır. Kemik doku palpasyonu ve LF'nin tanımlanması bu aşamada özellikle önemlidir.

Bazı durumlarda çalışma tüpü ilerletilemez. Bu durumda çalışma tüpü aşırı büyük bir faset eklem üzerinde olabilir. Daha küçük çaplı bir interlaminar endoskop kullanarak sorun çözülebilir ya da büyük faset eklem kısmen rezeke edilebilir (11).

### Kemik Dokuların Tanımlanması

İlk olarak çalışma tüpü ile palpe edilen laminanın hedef alan olarak kabul ettiğimiz inferomedial kenarı görselleştirilir. Bunu başarmak için, üstteki kas ve bağ dokusu tübüler ekartörün içinden koter ve mikroforsepslerle rezeke edilir. Amaç laminanın inferomedial kenarını ortaya çıkarmak ve lamina ile LF ilişkisini ortaya koyacak şekilde diseksiyon yapmaktır. Bir elmas veya yan kesici tur ucu kullanılarak, LF'nin yapıştığı yer belirlenene kadar lamina inferomedial kenarı rezeke edilir. Bu noktada, uygun konumu ve seviyeyi doğrulamak için son bir AP direkt grafi çekilir. Tüm kemik dekompresyonuna rehberlik ettiği için LF'nin laminaya yapıştığı noktayı ULBD için önemli bir anatomik nokta olarak akılda tutmak gerekir (11).

### Laminotomi

Elmas tur ucu kullanılarak, santral kemik dekompresyonu LF'nin kemiğe yapıştığı yer boyunca gerçekleştirilir. En etkili kemik dekompresyonu için elmas tur uç bir miktar LF'yi aşağıya itecek şekilde ilerletilir, bu manevra ile LF'nin kemiğe yapıştığı hat açığa çıkarılmış olur ve bu bağın yerleşimi boyunca kemiğin verimli bir şekilde rezeke edilmesi sağlanır. Ayrıca mikroforseps ve bipolar koter kullanılarak LF'nin laminaya yapıştığı yerin görülmesi sağlanır ve yüzeyel katmanları ayrılır. Bu aşamada bipolar kullanımının lamina ve LF yapışma yeri boyunca kullanılması-



na özen gösterilmelidir. Daha sonra kemik dekompresyonu ipsilateral laminanın inferomedial tarafında başlatılır. Ardından spinal kanalın geniş olduğu alt lomber segmentlerde özellikle önemli olan spinöz çıkıntının tabanı alttan elmas tur ucuyla turlanır. Spinöz proses alttan turlandığında, LF'nin yapışma yeri kontralateral laminaya kadar takip edilir. Keskin bir disektör kullanılarak LF kontralateral laminanın ventral yüzeyinden diseke edilir. Bu manevra, kontralateral laminanın genişlik açısını değerlendirmemizi ve kontralateral resese erişmek için spinöz prosese yapılacak ek alttan turlama ihtiyacını belirlememizi sağlar. Kontralateral lamina daha sonra faset eklemi- ne ulaşılan kadar elmas tur ucu kullanılarak alttan turlanır. Bu noktada kaudal laminanın rezeksiyonu başlatılır. Kaudal laminanın rostral kenarı, üzerinde yer alan yüzeysel bağ dokusunun hipofiz rongeurs ile rezeke edilmesiyle açığa çıkartılır. Rostral kenar görüntülenerek LF yapışma yeri boyunca lamina elmas tur ucuyla turlanarak rezeke edilir ve daha sonra laminanın rostral kenarına sığ olarak yapışan bu bağ açılarak epidural boşluğa girilir. Tam endoskopik omurga cerrahisinde kullanılan sürekli irrigasyon tekal keseyi geri ittiğinden, tur laminanın rostral kenarı boyunca güvenle kullanılabilir. Kaudal spinöz prosesin alttan turlanmasının ardından, kontralateral laminanın rostral kenarı superior artiküler proses görülene kadar rezeke edilir (11).

### Flavektomi

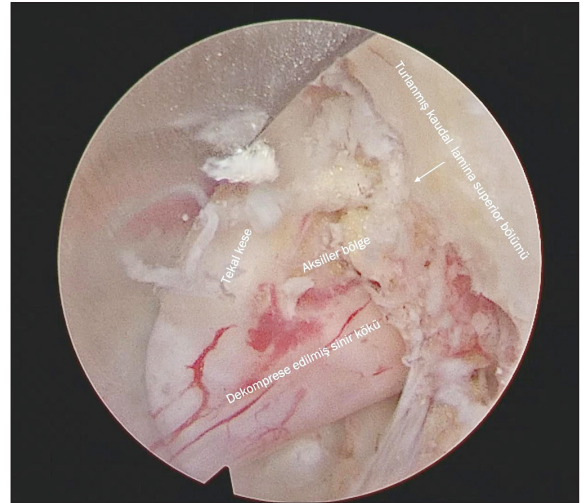
Flavektomi öncesinde yoğun kanamayı önlemek için laminaya yapışık artık LF parçaları bipolar koter ile koterize edilir. Daha sonra gerekirse keskin bir disektör veya küret kullanılarak kalan LF kalıntıları temizlenir. Kaudal laminanın rostral kenarının rezeksiyonu sırasında epidural boşluğa girilmiş olduğundan LF parçaları da Kerrison rongeur kullanılarak rezeke edilebilir. Bağın kemik bağlantıları ayırdıktan sonra, LF'nin blok hâlinde çıkarılması amacıyla bir hipofiz mikroforsepsi kullanılması uygun olur. Bu manevra sırasında, herhangi bir yapışma nedeniyle dura hasarını önlemek için sürekli dural keseyi izlemeye özen gösterilmelidir. LF'nin tekal keseye olan yapışıklıkları revizyon veya ileri derecede lateral reses darlığı olan olgularda, büyük disk herniasyonlarında veya sinovyal kistlerde görülebilir.

Bazen LF'yi tanımlama sorunu ile karşı karşıya kalınabilir. Kemik rezeksiyonuna rağmen LF belirlenemiyorsa, kemik doku çalışması ya spinöz çıkıntının çok medialinde ya da faset eklem bölgesinde çok lateralde yapılmış demektir. Endoskopun yörengesinin doğrulanması ve yeniden doğru alana yönlendirme için AP ve lateral direkt grafi ile kontrol yapılmalıdır.

LF açılması sonrası duranın tanımlanması da sorun olabilir. Kanala giriş için çok lateral veya sinir kökünün aksillasında kalınmış olabilir, özellikle bu durum L5-S1 disk mesafesinde sık görülür. Spinal kanalın çok dar olduğu durumlarda üst lomber segmentlerde kontralateral LF iç tarafı tekal kese ile karıştırılabilir. Endoskopun mediolateral tarafında tekal kesenin anatomik görünümü ve pulsasyonunun görüntülenmesi sağlanarak doğrulama yapılmalıdır. Nöral elemanların yan sınırları tanımlanamıyorsa, çalışmanın yeri yeniden direkt graflerle belirlenmeli ve gerekirse lateral reses dekompresyonu genişletilmelidir (Şekil 12) (11).

### Lateral Reses Dekompresyonu

Bilateral resesteki epidural yağ dokusu, kan damarları ve LF bipolar koter kullanılarak iyice koterize edilir. Kalan LF parçaları mikroforseps veya Kerrison ronjur ile rezeke edilir. Lateral reseslerin kemik dekompresyonu Kerrison ronjurlar veya yan korumalı tur uçları kullanılarak gerçekleştirilir. Superior artiküler prosesin medial yönüne erişim sağlamak için inferior artiküler prosesin alt kısmının kesilmesi gerekli olabilir. Bazı durumlarda inferior artiküler prosesi çalışma tüpü ile nazıkçe geri çekerek superior artiküler prosesin medial yönüne erişim sağlanabilir. Bu manevra inferior artiküler faseti kırabileceğinden osteoporozlu hastalarda kullanılmamalıdır. Ayrıca inferior artiküler proses spondilotik olgularda yerinden oynatılamayabilir, bu durumlarda da zorlama yapmamak gerekir. Kerrison ronjur veya yan korumalı



**Şekil 12.** LSS'nin tam endoskopik dekompresyonunda nöral elemanların dekompresyonu çok önemlidir. Bu resimde unilateral (cerrahi yapılan) tarafta tekal kese lateral sınırı ve sinir kökü tümüyle dekomprese edilmiş görünmektedir. Kaudal laminanın turlanarak rezeke edilmiş bölümü ok ile gösterilmiştir.

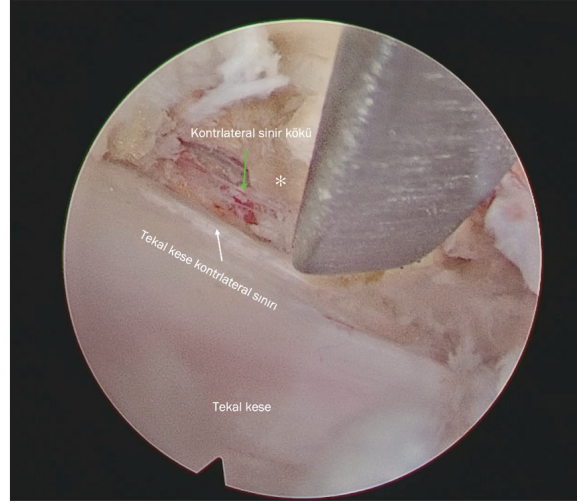
tur kullanılarak superior artiküler prosesin medial kısmı nöral elemanların yan kenarı boyunca rezektif edilir. Bu teknik kullanılarak superior artiküler prosesin ucundan kaudal pedikülün orta kısmına kadar uzanan nöral elemanların hassas dekompresyonu gerçekleştirilebilir. Künt bir disektör kullanılarak kontralateral foramen, disk ve pedikül palpe edilip görüntülenebilir. Gerekirse kontralateral foramen kemik dekompresyonu da yapılabilir. Lateral reses dekompresyonu sırasında kemik doku kanaması görülebilir. Eklem yüzeyine yakın küçük kapiller bir damardan kanamayı kontrol etmek zor olabilir. Bipolar koter ile hassas hedefleme ve kanama bölgesine fiziksel baskı kanamayı durdurmaya yardımcı olabilir. Sulama sıvısı içine epinefrin konulabilir. Ayrıca elmas tur ucu ile kanama olan kemik dokunun hassas bir şekilde turlanması da kanamanın kontrol altına alınmasına yardımcı olabilir (11).

### Nöral Yapıların Mobilizasyonu

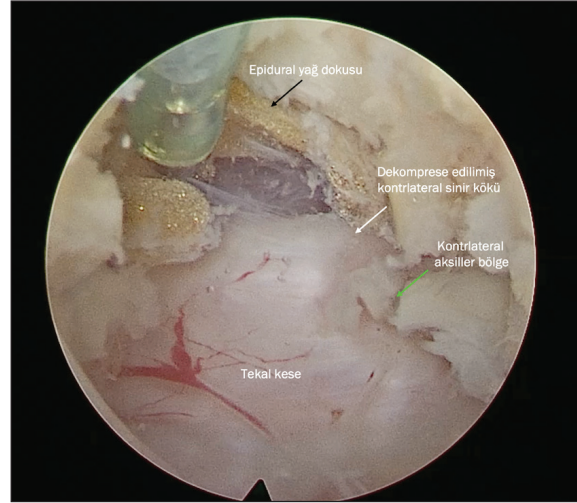
Nöral elemanların bilateral sınırlarının (örneğin L5-S1 mesafesinde inen kök S1, L4-L5 mesafesinde inen kök L5 ve tekal kesenin lateral kenarları) tanımlanması mutlaka yapılmalıdır. Bu işlem cerrahi alanının rostral tarafında (superior artiküler prosesin uç kısmında veya üstünde) oldukça kolay şekilde gerçekleştirilebilir. Epidural yağ dokusu, damarlar ve diğer yumuşak dokuların çıkarılmasıyla tekal kesenin ortaya konulması bu adımı büyük ölçüde kolaylaştırır. Nöral yapılar ortaya konulduktan sonra bu yapıların lateral kenarını nazikçe mediale itmek için disk seviyesinde künt bir disektör kullanılır. Kök rahat hareket ettirilemiyorsa sinir kökünün lateral reses altında sıkışmış olması yani yetersiz dekompresyon yapılmış olması düşünülmelidir. Bu durumlarda inen sinir kökünün omuz kısmı görülüp dekompresyonu yapıldıkça lateral resesin rostral tarafında daha fazla kemik doku turlama işleminin yapılması gerekir (Şekil 13). İnen sinir kökü boyunca olan rezidüel lateral reses stenozu, sinir kökünün superior artiküler prosesin ucundan kaudal pedikülün orta kısmına kadar yeterli dekompresyonu yapılarak giderilmelidir. Kaudal pedikül seviyesinde perinöral yağ dokusunun görünümü, yeterli bir dekompresyonun olduğunu doğrular (Şekil 14) (11).

### TARTIŞMA

Dünya genelinde yaşam beklentisi arttıkça, yaşlanan nüfusla beraber dejeneratif hastalıkların prevalansı artış göstermektedir. Lomber spinal stenoz yaşlı popülasyonda dejeneratif spinal patolojinin en sık nedenidir. Bu sorunun cerrahi tedavisine yıllar içinde artan bir gereksinim oluşmuştur.



**Şekil 13.** LSS'nin tam endoskopik dekompresyonunda kontralateral (karşı) tarafta tekal kese lateral sınırı (beyaz ok) rahatlıkla gözlemlenirken, kontrilateral sinir kökü de (yeşil ok) görüntüye girmektedir. Ancak superior artiküler proses (SAP) nedeniyle (asterisk ile işaretli) sinir kökü basılı haldedir. Burada henüz perinöral yağ dokusu gözlenmemektedir. Bu da nöral dekompresyonun istenen düzeyde olmadığını gösteren önemli bir işarettir.



**Şekil 14.** Resimde kontrilateral (karşı) tarafta superior artiküler proses (SAP) turlanmış ve kontrilateral sinir kökü (beyaz ok) dekomprese edilmiştir. Kontrilateral taraf sinir kökü aksillası (yeşil ok) ve epidural yağ dokusu (siyah ok) ile gösterilmiştir. Epidural yağ dokusunun gözlenmesi yeterli nöral dekompresyonun olduğunu doğrular.

Geçmiş yıllarda LSS'nin geleneksel tedavisi, total laminektomi ve/veya beraberinde medial faset rezeksiyonu ve foraminotomi ile yapılmıştır (8). Mikrocerrahi ile beraber bu süreç daha az invaziv hâle gelmiş ve uzun yıllar nöroşirürjide geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Ancak daha yaşlı bir popülasyonda

cerrahi tedavi süreci genellikle komorbiditeleri, çoklu ilaç kullanımı, hareketsizliğe bağlı artan kırılgnlık, daha düşük yara iyileşme potansiyelleri, kan kaybı ve transfüzyona bağlı sorunlar nedeniyle karmaşıktır. Bilateral foraminotomi ve bilateral dekompresyon ile yapılan cerrahiler sonrasında unilateral yaklaşımlar gibi doku koruyucu girişimler de kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojinin gelişimiyle lomber kanal ve lateral reses için tübüler ekartör ve perkütan endoskop içeren sistemler cerrahi seçenekler arasına katılmıştır. İyatrojenik hasarı en aza indirmek ve segmental stabiliteyi korumak amaçlı kullanılan bu yöntemlerle, geleneksel yöntemlere göre daha olumlu klinik sonuçlar bildirilmiştir (1,6,15). Stenoz için tam endoskopik lomber dekompresyon, uniportal endoskopik laminotomi yardımıyla yapılabilir. Uniportal tam endoskopik lomber stenoz dekompresyonu tanımlı yakın zamanda tam endoskopik lomber unilateral laminotomi ve bilateral dekompresyon olarak yeniden tanımlanarak değiştirilmiştir (18). Bu cerrahide amaç spinal kanalın açılması, yeterli LF'nin çıkarılması ve minimum faset rezeksiyonu yapılarak iki taraflı sinir köklerinin dekompresyonudur. Endoskopik omurga cerrahisi tekniklerinin gelişmesiyle tam endoskopik omurga cerrahisi en minimal invaziv dekompresyon yöntemi olarak LSS'li hastalarda önemli yararlar göstermiştir (18).

## KAYNAKLAR

1. Arai Y, Hirai T, Yoshii T, et al: A prospective comparative study of 2 minimally invasive decompression procedures for lumbar spinal canal stenosis. *The Spine Journal* 39(4):332–340, 2014
2. Doğanavşargil B, Öztıp F: İntervertebral disk dejenerasyonunun patolojisi. *Omurga ve Omurilik Cerrahisi 1.Cilt* (Ed:Zileli M, Özer A), İntertıp Yayınevi, İzmir, 2014, 528
3. Doualla-Bija M, Takang MA, Mankaa E, et al: Characteristics and determinants of clinical symptoms in radiographic lumbar spinal stenosis in a tertiary health care centre in sub-Saharan Africa. *BMC Musculoskelet Disord* 18(1):494, 2017
4. Elhan A, Arıncı K: *Articulaciones vertebrales. Anatomi-Kemikler, Eklemler, Kaslar, İç Organlar, 1.Cilt* (Ed:Elhan A, Arıncı K), Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara, 2014, 115-117
5. Hasan S, McGrath LB, Sen RD, et al: Comparison of full-endoscopic and minimally invasive decompression for lumbar spinal stenosis in the setting of degenerative scoliosis and spondylolisthesis. *Neurosurg Focus* 46(5):E16, 2019
6. Hong SW, Choi KY, Ahnet Y, et al: A comparison of unilateral and bilateral laminotomies for decompression of L4–L5 spinal stenosis. *The Spine Journal* E172-178, 2011
7. Kambin P: *Arthroscopic and endoscopic anatomy of the lumbar spine. Arthroscopic and Endoscopic Spinal Surgery, Text and Atlas.* (Ed:Kambin P), Humana Press, 2005, 29-47
8. Lee CW, Yoon KJ, Ha SS: Comparative analysis between three different lumbar decompression techniques (Microscopic, tubular, and endoscopic) in lumbar canal and lateral recess stenosis: Preliminary report. *Biomed Res Int* 6078469, 2019
9. Olzewski AD, Yaszemski MJ, White AA: The anatomy of human ligamentum flavum. *Spine* 21(20):2307-2312, 1996
10. Ratish S, Gao ZX, Prasad HM, et al: Percutaneous endoscopic lumbar spine surgery for lumbar disc herniation and lumbar spine stenosis: Emphasizing on clinical outcomes of transforaminal technique. *Surgical Science* 9(2):63-84, 2018
11. Ruetten-Hasan S, Hofstetter CP: Lumbar endoscopic unilateral laminotomy for bilateral decompression. *Atlas of Full Endoscopic Spine Surgery* (Eds:Hofstetter CP, Ruetten S, Zhou Y, Wang MY), Thieme, 2020, Dijital kitap, Bölüm 14
12. Song Q, Zhu B, Zhao W, et al: Full endoscopic lumbar decompression versus open decompression and fusion surgery for the lumbar spinal stenosis: A 3-year follow-up study. *J Pain Res.* 14:1331-1338, 2021
13. Steurer J, Roner S, Gnannt R, et al: Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: a systematic literature review. *BMC Musculoskelet Disord* 28;12:175, 2011
14. Suh SW, Shingade VU, Lee SH, et al: Origin of lumbar spinal roots and their relationship to intervertebral discs: a cadaver and radiological study. *J Bone Joint Surg Br* 87(4):518-22, 2005
15. Thome C, Zevgaridis D, Lehet O, et al: Outcome after less invasive decompression of lumbar spinal stenosis: a randomized comparison of unilateral laminotomy, bilateral laminotomy and laminectomy. *Journal of Neurosurgery: Spine* 3(2):129–141, 2005
16. Uluğ MH, Birler AK: *Endoscopic anatomy. Full Endoscopic Lumbar Discectomy-Transforaminal Approach* (Ed: Uluğ MH, Birler AK), 2021, Sistemantik Digital Book Workshop, 55-107
17. Zhang B, Kong Q, Yan Y, et al: Degenerative central lumbar spinal stenosis: is endoscopic decompression through bilateral transforaminal approach sufficient? *BMC Musculoskelet Disord* 21(1):714, 2020
18. Zhao XB, Ma HJ, Geng B, et al: Percutaneous endoscopic unilateral laminotomy and bilateral decompression for lumbar spinal stenosis. *Orthop Surg.* 13(2):641-650, 2021





## 34

## ENDOSKOPIK TRANSFORAMİNAL TORAKAL DİSK CERRAHİSİ

Güliden Demirci Otluoğlu, Orkun Koban

## GİRİŞ

Torakal bölge yerleşimli disk hernileri anatomik olarak daha sınırlı bir hareket açıklığı ve daha stabil bir yapıya sahip olması sebebiyle servikal ve lomber bölgede görülen disk hernilerinden daha nadir olarak günlük nöroşirürji pratiğine yansımaktadır. Tüm tedavi gerektiren disk hernileri içerisindeki görülme sıklığı %0.25 ila %1 arasında değişmektedir (13). Tanı konulduğunda %30 – 70 arasında kalsifikasyonun eşlik ettiği bilinmektedir ve bu özellik cerrahi yaklaşımı belirlemede önem teşkil etmektedir (17). Görülme sıklığı 30 – 50 yaş arası bireylerde artmakta ve cinsiyet baskınlığı bulunmamaktadır (7).

Endoskopi sistemlerinin ve bağlantılı olarak aydınlatma imkânlarının hızlı bir şekilde gelişmesi özellikle spinal cerrahide minimal invaziv yaklaşımların gelişmesinde katalizör görevini üstlenmiştir (11, 12). Endoskopik transforaminal yaklaşım ile disk hernisi cerrahisi özellikle lomber bölgede daha yaygın olarak tercih edilmektedir. Torakal disk hernilerine endoskopik transforaminal yaklaşımın detayları bu bölümde özetlenmeye çalışılmıştır.

## KLİNİK TABLO VE CERRAHİ ENDİKASYONLAR

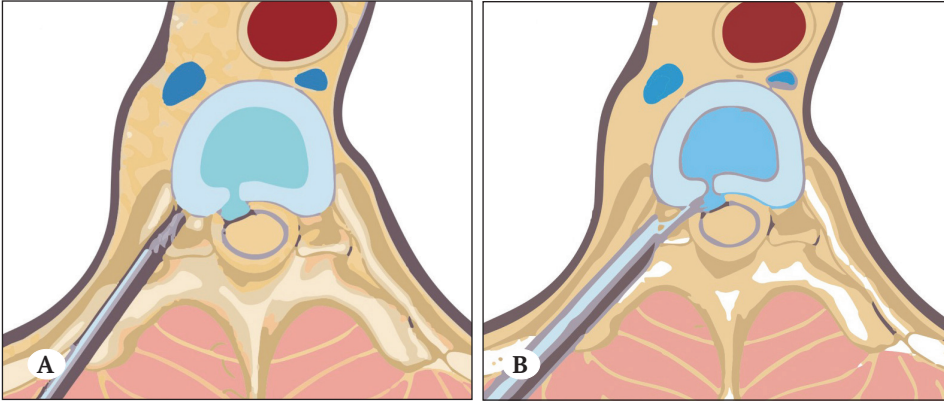
Torakal disk hernilerinin klinik tablosu bulunduğu seviyeye göre çeşitlilik gösterebilir. Kliniğe yansıyan ana şikâyet özellikle erken dönemde sırt ağrısıdır. Üst torakal bölge yerleşimli (T4-T5 ve üzeri) disk hernilerinde eşlik eden boyun ağrısı görülebilmektedir. Alt torakal bölgede yerleşim gösteren (T8-T9 ve altı) disk hernileri ise sırt ağrısı ve gecikmiş olgularda daha sık olmakla birlikte myelopati bulguları, sfinkter disfonksiyonu ve paraparezi ile bulgu verebilir (16). Tanı konulması ve cerrahi müdahalenin yönteminin belirlenmesinde manyetik rezonans (MR) ve bilgisayarlı tomografi (BT) incelemeleri birlikte değerlendirmeye alınmalıdır. MR bulgusu olarak yumuşak disk görünümünün BT incelemesi ile karşılaştırılması ve kalsifikasyonun olmadığına doğrulanması gerekmektedir. Yüzde 42 oranında eşlik eden kalsifikas-

yonun görüldüğü akılda tutulmalıdır (15). Mevcut sınırlı literatür bilgisine baktığımızda eşlik eden kalsifikasyon, ossifiye posterior longitudinal ligaman, ligamentum flavum kalsifikasyonu ya da ileri düzeyde myelopatinin varlığında endoskopik transforaminal yaklaşımın tercih edilmemesi gerektiğini görüyoruz (1, 5). Tanı aşamasında selektif sinir blokajından da destek alınabilir (5).

## CERRAHİ TEKNİK

Endoskopik transforaminal torakal disk cerrahisi için cerrahin kişisel deneyim ve tercihinin göre hasta genel anestezi ya da sedasyon altında operasyona alınabilir. Sedasyon altında uygulanacak cerrahi esnasında hastadan geri dönüş alma imkânı olduğu akılda bulundurulabilir (4, 10).

Hasta yüzüstü pozisyonda iken; sedasyon altında ise ilave olarak lokal anestezi uygulaması sonrasında seviye tespiti kılavuz iğne ile yapılır. Giriş noktası orta hattın 7- 9 cm lateralinde ve 20 – 30° kraniokaudal doğrultuda yan çıkış hedeflenecek şekilde belirlenebilir. Seviye tespiti ve trasenin belirlenmesi esnasında hem AP hem de lateral X-ray görüntüleri birlikte değerlendirilmelidir. Cerrah patolojinin olduğu tarafta, monitörler ise uygun şekilde cerrahin karşı tarafında yer alacak şekilde ayarlanmalıdır. Trasenin belirlenmesi esnasındaki en güvenli yol kosta başı ile torasik faset eklem arasında yer almaktadır (6, 14). Kılavuz tel ile trase belirlendikten sonra artan genişlikte dilatatörler kullanılarak cerrahi alana ulaşım sağlanır. Çalışma kanalı ve endoskop sisteminin sabitlenmesi esnasında tekrarlayan X-ray (AP / LAT) kontrolü ile güvenli cerrahi koşulların korunduğu mutlaka teyit edilmelidir. Oryantasyonun korunması nöral hasarı engellemedeki en önemli faktördür. Anatomik farklılıklar göz önüne alındığında T2 – T9 seviyeleri arasındaki cerrahilerde superior articular processin ve kosta başının medial kısmının tıraşlanması gereklidir ve bu aşamada yüksek hızlı drill kullanılabilir. Sonuç olarak foramenin kalıcı olarak da genişletilmesi mümkündür. T10 ve alt seviyelerde ise



Şekil 1.

lomber anatomiye benzerlik daha fazla olduğu için kosta başının rezeksiyonuna daha az ihtiyaç duyulmaktadır (9). Disk mesafesine ulaşıldığında annulotomi için lazer ya da uygun ebatta bladeler kullanılabilir (Şekil 1A). Forceps yardımı ile diskektomi gerçekleştirilir (Şekil 1B).

Endoskopik transforaminal yaklaşım ile hipertrofik posterior longitudinal ligaman ve ekstrüde disk materyalinin eksizyonu sağlanabilmektedir. Sinir kökünün direkt dekompresyonu mümkündür. Cerrahinin tamamlanmasını takiben alana dren konulması cerrahın kişisel tercihine bağlıdır (5).

## KOMPLİKASYONLAR

Torakal disk cerrahisinin geçmişine göz attığımızda posterior-median yaklaşımların komplikasyon oranları ve kalıcı morbidite görülme riski alternatif cerrahi yaklaşımların aranmasını tetikleyen faktörlerin başında yer almaktadır. Torakal spinal kordun vasküler yapısının servikal bölgeden farklılık göstermesi ve daha sıklıkla torakal disk hernilerinin yerleşiminin yüksek oranda kalsifikasyon içermesine ilave anterior baskınlığının olması da bir diğer önemli unsuru oluşturmaktadır (2, 3).

Antero-lateral transtorasik yaklaşımlara genel olarak bakıldığında (VATS, Endoskopik torakoskopi, torakoskopik mikrodisektomi ve mini torakotomi ile retroperitoneal yaklaşımlar) komplikasyon oranlarının %24'e kadar ulaşabildiği görülmektedir (8).

Endoskopik transforaminal torakal disk cerrahisi hakkında elimizdeki literatür bilgisi olgu sunumları ya da sınırlı sayıdaki olgu serilerine dayanmaktadır. Karşılaşılabilecek komplikasyonlar; dura hasarı, kök ve/veya kord hasarı, geçici parestezi ya da nöralji, revizyon cerrahisi ihtiyacı ve epidural kanamalar olarak özetlenebilir. Gibson ve ark. yapmış oldukları çok merkezli derleme çalışması sonucunda tüm

komplikasyon oranının %6,7 olduğu ve en sık karşılaşılan komplikasyonun ise %2 (11/460) oranında dura hasarı olduğu grlmştir (9). Yüzde 2 (10/460) oranında parestezi ve %1,5 ile revizyon cerrahisi ihtiyacı gelişmesi diğer en sık karşılaşılan komplikasyonları oluşturmaktadır.

Bae ve ark. yapmış olduğu 92 vakayı içeren tek merkezde takip edilen cerrahi seride ise komplikasyon oranı %6,5 olarak belirtilmiştir. Bir hastada geçici motor zayıflık, 3 hastada ise parestezi gelişmiştir. İki hastada semptomatik nks disk hernisi tespit edilmiş ve birine revizyon cerrahisi uygulanmıştır. Tüm seri değerlendirildiğinde ameliyat sonrası hasta memnuniyetinin %90,2 olduğu grlmştir (1).

## SON SÖZ

Endoskopik transforaminal torakal disk cerrahisinin deneyimli merkezlerde görece daha düşük komplikasyon oranları ile anterolateral yaklaşımlara bir alternatif olduğu görülmektedir. Uygun vakalarda hasta memnuniyet oranlarının tatminkâr olduğu sonucuna varılmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Bae J, Chachan S, Shin SH, et al: Transforaminal endoscopic thoracic discectomy with foraminoplasty for the treatment of thoracic disc herniation. J Spine Surg 6:397-404, 2020
2. Bouthors C, Benzakour A, Court C: Surgical treatment of thoracic disc herniation: an overview. Int Orthop 43:807-816, 2019
3. Carson J, Gumpert J, Jefferson A: Diagnosis and treatment of thoracic intervertebral disc protrusions. J Neurol Neurosurg Psychiatry 34:68-77, 1971
4. Cheng XK, Chen B: Percutaneous Endoscopic Thoracic Decompression for Thoracic Spinal Stenosis Under Local Anesthesia. World Neurosurg 139:488-494, 2020

5. Choi G, Munoz-Suarez D: Transforaminal Endoscopic Thoracic Discectomy: Technical Review to Prevent Complications. *Neurospine* 17:S58-S65, 2020
6. Choi KY, Eun SS, Lee SH, et al: Percutaneous endoscopic thoracic discectomy; transforaminal approach. *Minim Invasive Neurosurg* 53:25-28, 2010
7. Court C, Mansour E, Bouthors C: Thoracic disc herniation: Surgical treatment. *Orthop Traumatol Surg Res* 104:S31-S40, 2018
8. Elhadi AM, Zehri AH, Zaidi HA, et al: Surgical efficacy of minimally invasive thoracic discectomy. *J Clin Neurosci* 22:1708-1713, 2015
9. Gibson RDS, Wagner R, Gibson JNA: Full endoscopic surgery for thoracic pathology: an assessment of supportive evidence. *EFORT Open Rev* 6:50-60, 2021
10. Houra K, Saftic R: Transforaminal Endoscopic Discectomy for Large, Two Level Calcified, Thoracic Disc Herniations With 5-Year Follow-up. *Neurospine* 17:954-959, 2020
11. Kim M, Kim HS, Oh SW, et al: Evolution of Spinal Endoscopic Surgery. *Neurospine* 16:6-14, 2019
12. Mayer HM: A History of Endoscopic Lumbar Spine Surgery: What Have We Learnt? *Biomed Res Int* 2019:4583943, 2019
13. McInerney J, Ball PA: The pathophysiology of thoracic disc disease. *Neurosurg Focus* 9:e1, 2000
14. Nie HF, Liu KX: Endoscopic transforaminal thoracic foraminotomy and discectomy for the treatment of thoracic disc herniation. *Minim Invasive Surg* 2013:264105, 2013
15. Quint U, Bordon G, Preissl I, et al: Thoracoscopic treatment for single level symptomatic thoracic disc herniation: a prospective followed cohort study in a group of 167 consecutive cases. *Eur Spine J* 21:637-645, 2012
16. Sharma SB, Kim JS: A Review of Minimally Invasive Surgical Techniques for the Management of Thoracic Disc Herniations. *Neurospine* 16:24-33, 2019
17. Stillerman CB, Chen TC, Couldwell WT, et al: Experience in the surgical management of 82 symptomatic herniated thoracic discs and review of the literature. *J Neurosurg* 88:623-633, 1998





## TORAKAL TAM ENDOSKOPIK İNTER/ TRANSLAMİNER YAKLAŞIMLA UNİLATERAL LAMİNOTOMİ VE BİLATERAL DEKOMPRESYON

Balkan Şahin, Özkan Çeliker

Torasik endoskopik omurga cerrahisi, özellikle endoskopik disektomi ve dekompresyon teknikleri yoluyla torakal spinal disk hernilerini ve torakal spinal darlığı tedavi etmek için kullanılan bir minimal invaziv omurga cerrahisi şeklindedir. Açık prosedürlerin uzun iyileşme süresi ve buna bağlı komplikasyonları nedeniyle, bu minimal invaziv yaklaşım, öncelikle terapötik etkinliği korunurken doku travmasını azaltmayı amaçlar (3).

Endoskopik omurga cerrahisinde en sık kullanılan sistem perkütan endoskopik veya tam endoskopik sistemdir. Bu tipik olarak: (I) Çalışma kanalı ve optiklerin aynı tüpün içinden kullanıldığı, kanal endoskopunun; (II) cilt insizyonu ile tam perkütan yaklaşımın ve (III) sürekli salin irrigasyonu ile monoportal yaklaşımın kullanılmasıdır. Bu teknik 1980'lerin ortalarında geliştirilmiş ve standart endoskopik omurga cerrahisi hâline gelmiştir (4,10,11,22).

Geleneksel olarak cerrahi; nörolojik defisit, yapısal deformite veya cerrahi dışı tedavilerin yetersizliğinde endikedir (5). Endoskopik yaklaşımlar çok sayıda torasik omurga patolojisi için tanımlanmıştır. Ruetten ve ark. tarafından derlenen kanıtlar interlaminar, ekstraforaminal veya transtorasik retroplevral yaklaşımların torakal omurgada tam endoskopik uniportal dekompresyonların yeterli dekompresyona izin verdiği, travmayı en aza indirdiği, teknik avantajlara ve düşük komplikasyon oranlarına sahip olduğunu göstermiştir (18).

Abuzayed ve ark. tarafından gerçekleştirilen kadavra çalışmaları, endoskopik yaklaşımların anterior torasik omurganın daha iyi görüntülenmesine izin vereceğini ve bunun da fitiklaşmış diskler, travma/dejenerasyondan dolayı oluşan vertebra gövdesi instabilitesi, omurgayı/diski etkileyen enfektif lezyonlar ve hatta torasik sempatektomi gibi durumlarda tedavi kalitesini artırabileceğini göstermiştir (1). Endoskopun ventral torasik omurgaya geniş bir görüş alanı sunması, torasik metastazlarda sepeyasyon cerrahisinde fayda

sağladığı ve bunun da kostotransversektomi ihtiyacını azaltabileceği gösterilmiştir (5).

Transforaminal endoskopik cerrahi gelişirken, ilk öğrenme eğrisi zorluğu ve uzman eğitimine erişim eksikliği tekniğin yavaş benimsenmesine sebep oldu. Eş zamanlı olarak, 1990'ların sonlarında Destandau ve Foley tarafından tübüler ekartör sisteminin geliştirilmesi, interlaminar bir pencere kullanan yeni bir minimal invaziv teknikler çağını açtı (7). Bu teknikler başlangıçta endoskopik destekli olmasına ve diğer interlaminar endoskopik sistemlerin geliştirilmesine yol açmasına rağmen mikroskop kullanımı kısa sürede çoğu omurga cerrahisi arasında endoskopun yerini aldı (11,12). Bununla birlikte, endoskopik teknoloji ve tekniklerdeki gelişmelerle, endoskopik interlaminar yaklaşımlar yeniden popülerlik kazandı (19). Mevcut interlaminar endoskopik teknikler, Unilateral laminektomi ile bilateral dekompresyonda, dar bir endoskopun manevra kabiliyeti ve endoskopun optik dönüşü ile görüş alanını manipüle etme yeteneği sayesinde geniş görüş alanı sağlayarak ve cerrahi hedefe geniş dekompresyon imkânı vermektedir.

Torasik omurgada tekniklerin uygun şekilde kullanılması ve uyarlanmasının teknik olarak zor olabileceği ve yalnızca hasta güvenliğinden taviz verilmediği takdirde düşünülmesi gerektiği yeniden vurgulanmalıdır (9).

### GÖRÜNTÜLEME

Endoskopik müdahaleleri belirlemek için tanı standartları olarak en fazla 3 ay öncesinde alınmış ve uygun spinal manyetik rezonans görüntüleme (MRG) veya bilgisayarlı tomografi (BT) gerekmektedir (22).

Torasik omurgada çalışırken uygun seviyenin belirlenmesi en zorlu konulardan biridir. Ameliyat öncesi görüntüler ya tam omurga röntgenlerini ya da BT'yi içermelidir. Floroskopi eşliğinde, T12'deki son kot tanımlanarak, L5/S1'den rostral veya C7/T1'den

kaudal olarak sayılarak doğru seviye belirlenebilir. Doğru seviyenin, radyo opak implantların planlanan seviye pedikül içine girişimsel radyoloji veya BT kılavuzluğunda navigasyon kullanılarak implantasyonu ile de belirlenebilir.

## ANATOMİ

### Lamina ve Ligamentum Flavum

Bilateral dekompresyon için yapılan torasik endoskopik tek taraflı laminotomiler sırasında, trokarın ucu ile ilk önce vertebranın posterior elemanları ile karşılaşır. Torakal laminalar, omurganın diğer bölümlerine kıyasla hem yükseklik hem de kalınlık bakımından daha büyüktür. Alt torakale indikçe torakal laminaların yüksekliği artar ve T11 ise en büyüğüdür. Ortalama 5 mm kalınlığa sahip T2 lamina ise en kalın olanıdır. Ligamentum flavum, kraniyal laminanın ventral alt yarısına ve kaudal laminanın ise ventral üst kenarına yapışır. Ligamentum flavum yüksekliği ve genişliği, üst ve alt torasik omurgadan kademeli olarak artar. Ayrıca, ligamentum flavum tarafından kaplanan ventral lamina yüksekliği üstten (T1–T2: %31,7) alt seviyelere (T12–L1: %41,7) doğru artar (2).

### Faset Eklem ve İntervertebral Foramen

Torakal intervertebral foramen, daha küçük bir boyut ve kostaların eklenmesi dışında konfigürasyon olarak lomber foramenlere benzer. T2–T9’da, kosta başı disk aralığına bitişiktir ve disk aralığının superioruna geçer. T10’da kosta başı disk aralığı seviyesindedir, T11 ve T12’de ise kosta başı daha aşağıdadır ve tüm disk aralığını örtmez (17). Torakal spinal sinirler, üst pedikülün 2 ila 3 mm altında ve foramenin alt pedikülünün 2 ila 3 mm yukarısında, foramenin merkezinde bulunurlar (8). Torasik pediküller, medialde lateralden daha kalın olan bir kortikal kemik yapısına sahiptirler. Spongioz doku ise pedikülün yaklaşık %79’unu oluşturur (15). Torakal pediküllerin, genişliklerinden daha uzundur. Torakal omurgadaki faset eklemler ise koronal düzlemde yer alır.

## POZİSYON

Torakal omurga cerrahisi için uygun hasta pozisyonu, optimal çalışma koşulları için önemlidir. Omurga cerrahisi sırasında hastalar sıklıkla fizyolojik olmayan bir pozisyonadırlar ve bu da komplikasyonlara neden olabilir (13). Komplikasyonlar arasında periferik sinir yaralanması ve ameliyat sonrası görme kaybının farkında olmak önemlidir çünkü bunlar omurga cerrahisi sırasında hastanın pozisyonuna bağlı olarak fonksiyon kaybına neden olan nadir ama önemli komplikasyonlardır (13). Yüzüstü pozisyon

vermenin bu nadir komplikasyonlarına ek olarak, hastalar yüzüstü pozisyona getirildiğinde artan karın içi basıncının farkında olmak önemlidir. Düşük karın içi basıncının, vena kavaya olan baskının azalması sayesinde ameliyat sırasında kan kaybı miktarını düşürdüğü gösterilmiştir (16). Torakal spinal cerrahi sırasında prone pozisyonun, kalbe venöz dönüşün azalmasına ve artan intratorasik basıncın bir sonucu olarak sol ventrikül kompliyansının azalmasıyla kardiyak indekste bir düşmeye neden olabilir (21).

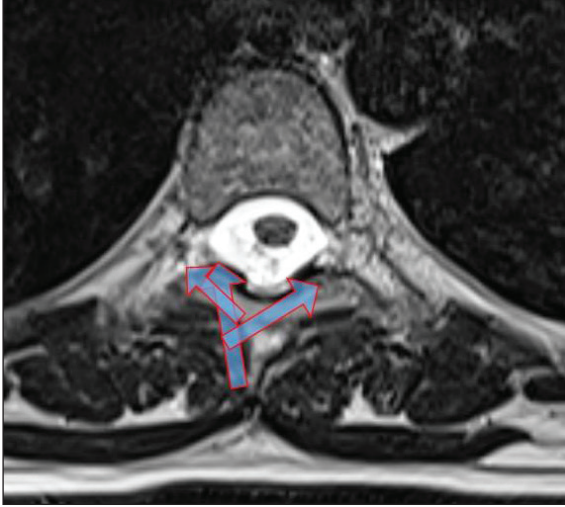
## Endikasyonlar

Endoskopik interlaminar yaklaşım, ipsilateral lateral resese ulaşmayı sağlar. Bu yaklaşım, minimal invaziv tübüler ameliyatlarda, geleneksel posterior interlaminar cerrahi koridoru kullanılır. Böylece önce nöral elemanlarla karşılaşılır ve yaralanma riski minimumdur. Endoskop eksen dışı panoramik görüş sağladığından, düz bir görüş hattı gerektirmek yerine “köşelerden” bakabildiğinden dolayı minimal invaziv cerrahiye kıyasla endoskopik teknikte kemik eksizyon ihtiyacı daha azdır. Bununla birlikte, endoskopik cerrahi sürecinde, geniş osteofitlerin alınmasının gerektiği skolyoz gibi vakalarda cerrahi süre uzayabilir. Yaklaşım açısının hassas bir şekilde planlanması ve anatomik landmarklar cerrahi akışının rahat ilerlemesine yardımcı olur ve kemik eksizyonu ihtiyacını en aza indirir. İnterlaminar endoskopik yaklaşım, pediküllerin medial duvarları içindeki kanalla sınırlı spinal patolojiler için çok uygundur. Lateral reses stenozu ve sinovyal kistler bu yaklaşım için ek endikasyonlardır.

İnterlaminar yaklaşım, bilateral dekompresyon ve interlaminar kontralateral foraminal dekompresyon için tek taraflı laminotominin temelini oluşturur (Şekil 1). Yine aşağıdaki patolojiler interlaminar veya transforaminal yaklaşımla tedavi edilebilir: subartiküler disk hernileri, lateral reses stenozu ve bazı sinovyal kistler.

## YAKLAŞIM

Uygun endoskop tipini ve yaklaşım açısını belirlemek için ameliyat öncesi spinal MR’nin kapsamlı bir incelemesi gereklidir. İnterlaminar yaklaşımlar için iki ana tip endoskop vardır: dış çapı yaklaşık 10 mm olan daha büyük endoskop ve dış çapı yaklaşık 7 mm olan daha küçük endoskop. Genellikle, belirli bir interlaminar vaka için optimal endoskop tipini belirlemek için aşağıdaki algoritma önerilmektedir; Spinolaminar açı ile aksiyal MR’da ölçülen faset eklem arasındaki mesafe 1,5 cm’ye eşit veya daha fazla ise, daha verimli dekompresyona izin verdiği ve



**Şekil 1.** Translaminar yaklaşımda isilateral ve kontrilateral ulaşım açıları.

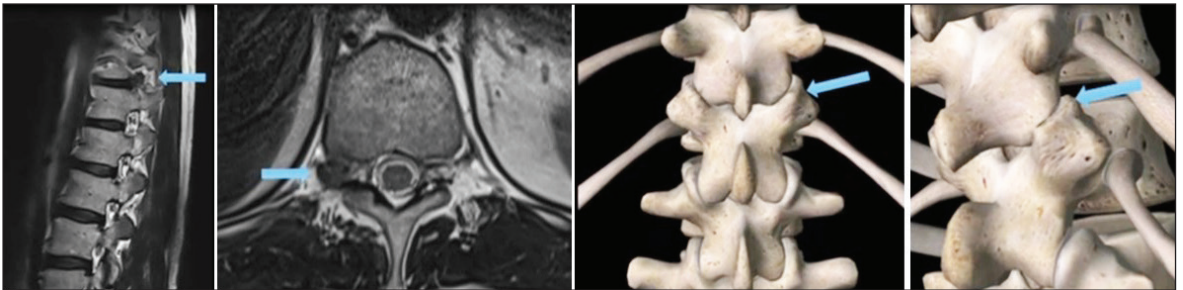
ameliyat alanındaki kanamadan daha az etkilendiği için daha büyük endoskop düşünülmelidir. Mesafesi 1.5 cm'den az olan veya spinal kanal içinde disk gibi patolojisi olan hastalarda daha küçük interlaminar endoskop tercih edilir.

Ameliyat öncesi belirlenmesi gereken ikinci parametreye optimal rostrokaudal yaklaşım açısıdır. Optimal bir yaklaşım açısı, superior artiküler proses ucundan lateral reses dekompresyonunun istenen rostrokaudal uzantısını oluşturan kaudal indeks düzeyindeki pedikülün orta kısmına kadar uzanan spinal kanala erişim sağlamalıdır. Rostrokaudal yaklaşım açısının intraoperatif planlaması için, kaudal indeks düzeyinde vertebra gövdesinin ön-arka (AP) endplate görünümü elde edilir. Çok dik bir rostrokaudal yaklaşım

açısı seçmek, endoskop kaudal lamina tarafından saptırıldığından lateral girintinin kaudal yönünün dekompresyonunu engeller. Uygun rostrokaudal yaklaşım açısı belirlendikten sonra, AP floroskopik görüntü, bu yaklaşımın hedef alanı olan rostral indeks düzeyinde laminanın inferomedial kenarını da ortaya çıkarmalıdır. Cilt insizyonu, hedef alanın disk alanını geçtiği yerde işaretlenir. 11 numaralı bıçak kullanılarak küçük bir dikey cilt kesisi yapılır. Dilatörler, hedef alan palpe edilene kadar floroskopinin AP yörengesi boyunca küçük rostrokaudal hareketlerle ilerletilir (Şekil 2). Palpasyondan görselleştirmeye geçişi kolaylaştırmak için lamina kenarından kasları soyarak için eğimli dilatörler kullanılabilir. Daha sonra tübüler ekartör, laminanın kenar ucu ile palpe edilene kadar dilatörlerin üzerinden ilerletilir. Tübüler ekartörün açık eğimi, paraspinal kasların retraksiyonunu optimize etmek için mediale bakmalıdır. Önce hedef alan görülür. İyi bir görüş için, üstteki yumuşak dokuyu tübüler ekartörün eğimi ile lateral olarak geri çekerek, kavrama forseps, mikro-punch ve bipolar koter ile gerilim altında dokuyu rezeke ederek gerçekleştirilir. İnteromedial lamina kenarı görüntülendiğinde, görüş alanı spinöz çıkıntının tabanından alt artiküler çıkıntının ucuna kadar uzatılır (Şekil 3). İnterlaminar yaklaşım için ana anatomik landmark olan ligamentum flavum lamina eki bu noktada görülebilir. Laminanın inferomedial kenarı boyunca bir elmas burr ile kemiği rezeke etmek, tipik olarak sarı ligamentum flavumu ortaya çıkarır (Şekil 4).

### Epidural Boşluğa Yaklaşım

Laminektomi ile birlikte ligamentum flavum inline rezeksiyonu ve transgresyonu mikro-punch ile gerçekleştirilebilir. Kemik dekompresyonu sırasın-

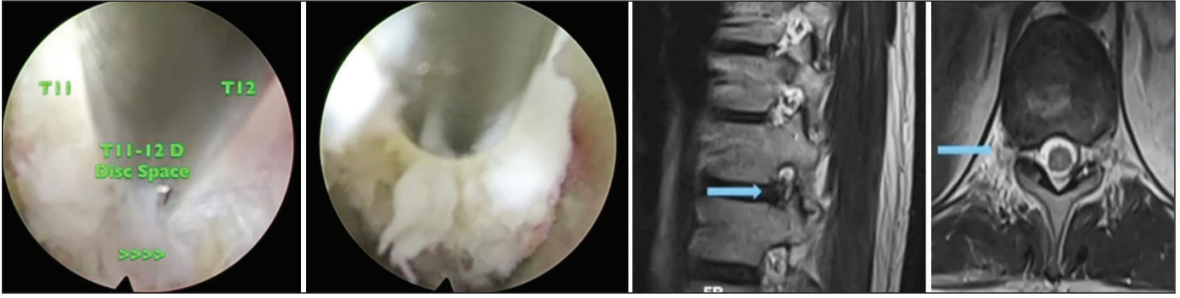


**Şekil 2.** T11-T12 sağ foraminal diski olan hasta ve cerrahi girişim planlaması.



**Şekil 3.** Çalışma kanülünün yerleştirilmesi sırasında skopi görüntüleri ve endoskopik görüntü.





**Şekil 4.** Endoskopik görüntüde disk yapısının çıkartılması ve postop MR görüntüleri.

da ligamentum flavum incelmışse, açıklık Kerrison rongeur ile genişletilebilir. Ligamentum flavum açıldıktan sonra irigasyon sıvısı epidural boşluğa girebilir. Revizyon cerrahisi, şiddetli stenoz veya sinovyal kist durumlarında ligamentum flavum ile dura arasında yoğun yapışıklıklarla karşılaşılabilir. Titiz diseksiyon ve her Kerrison ısırığının doğrudan sürekli görüntülenmesi dura bütünlüğünün korunmasına yardımcı olabilir.

### Komplikasyonlardan Kaçınma

Komplikasyonlar esas olarak bu tekniklere aşına olmayan cerrahlarda yüksektir. Bu nedenle endoskopik yaklaşımın bu alanda kapsamlı eğitim almış cerrahlar tarafından yapılmasını sağlamak önemlidir (6). Komplikasyonları azaltmanın başka bir yöntemi de torasik omurgaya erişmek için transtorasik yaklaşımların kullanımını en aza indirmektir. Transtorasik yaklaşım cerrahi alanın daha iyi görüntülenmesini sağlayabilirken, ateletazi, pnömoni, plörit, interkostal nevralji ve ameliyat sonrası göğüs tüpü yerleştirme ihtiyacını içeren sayısız postoperatif pulmoner komplikasyonla ilişkilidir (20). Posterolateral yaklaşımlar ise pulmoner komplikasyon riskini azaltır ancak cerrahi bölgeye eşit erişim sağlamaz. Bununla birlikte, Kasliwal ve Deutsch'ün retrolateral yaklaşımı gibi posterolateral yaklaşımlardaki yenilikler, komplikasyon riskini artırmadan cerrahi alana eşit derecede iyi erişim sağlar (14). Bu nedenle, gelecekte bu tekniğin komplikasyonlarını azaltmak için daha posterolateral yaklaşımların kullanımını ve teknolojik gelişimini teşvik etmek çok önemlidir (20).

### KAYNAKLAR

1. Abuzayed B, Tuna Y, Gazioglu N: Thoracoscopic anatomy and approaches of the anterior thoracic spine: cadaver study. *Surg Radiol Anat* 34: 539-549, 2012.
2. Ahmadi SA, Suzuki A, Terai H, et al: Anatomical analysis of the human ligamentum flavum in the thoracic spine: Clinical implications for posterior thoracic spinal surgery. *J Orthop Sci* 24: 62-67, 2019.
3. Ahn Y: Current techniques of endoscopic decompression in spine surgery. *Ann Transl Med* 7: S169, 2019.
4. Birkenmaier C, Komp M, Leu HF, et al: The current state of endoscopic disc surgery: review of controlled studies comparing full-endoscopic procedures for disc herniations to standard procedures. *Pain Physician* 16: 335-344, 2013.
5. Cofano F, Di Perna G, Marengo N, et al: Transpedicular 3D endoscope-assisted thoracic corpectomy for separation surgery in spinal metastases: feasibility of the technique and preliminary results of a promising experience. *Neurosurg Rev* 43: 351-360, 2020.
6. Derman PB, Waldorff E, Zhang N, et al: Accuracy of various fluoroscopic landmarks for determination of midline implant placement within the cervical disc space. *Eur Spine J* 30: 554-559, 2021.
7. Destandau J: A special device for endoscopic surgery of lumbar disc herniation. *Neurol Res* 21: 39-42, 1999.
8. Ebraheim NA, Xu R, Ahmad M, et al: The quantitative anatomy of the thoracic facet and the posterior projection of its inferior facet. *Spine (Phila Pa 1976)* 22: 1811-1817; discussion 1818, 1997.
9. Fiani B, Siddiqi I, Reardon T, et al: Thoracic Endoscopic Spine Surgery: A Comprehensive Review. *Int J Spine Surg* 14: 762-771, 2020.
10. Hijikata S: Percutaneous nucleotomy. A new concept technique and 12 years' experience. *Clin Orthop Relat Res* 9-23, 1989.
11. Kambin P, O'Brien E, Zhou L, et al: Arthroscopic microdiscectomy and selective fragmentectomy. *Clin Orthop Relat Res* 150-167, 1998.
12. Kambin P, Sampson S: Posterolateral percutaneous suction-excision of herniated lumbar intervertebral discs. Report of interim results. *Clin Orthop Relat Res* 37-43, 1986.



13. Kamel I, Barnette R: Positioning patients for spine surgery: Avoiding uncommon position-related complications. *World J Orthop* 5: 425-443, 2014.
14. Kasliwal MK, Deutsch H: Minimally invasive retropleural approach for central thoracic disc herniation. *Minim Invasive Neurosurg* 54: 167-171, 2011.
15. Kothe R, O'Holleran JD, Liu W, et al: Internal architecture of the thoracic pedicle. An anatomic study. *Spine (Phila Pa 1976)* 21: 264-270, 1996.
16. Lee TC, Yang LC, Chen HJ: Effect of patient position and hypotensive anesthesia on inferior vena caval pressure. *Spine (Phila Pa 1976)* 23: 941-947; discussion 947-948, 1998.
17. Moro T, Kikuchi S, Konno S: Necessity of rib head resection for anterior discectomy in the thoracic spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 29: 1703-1705, 2004.
18. Ruetten S, Hahn P, Oezdemir S, et al: Full-endoscopic uniportal decompression in disc herniations and stenosis of the thoracic spine using the interlaminar, extraforaminal, or transthoracic retropleural approach. *J Neurosurg Spine* 29: 157-168, 2018.
19. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Use of newly developed instruments and endoscopes: full-endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach. *J Neurosurg Spine* 6: 521-530, 2007.
20. Sharma SB, Kim JS: A Review of Minimally Invasive Surgical Techniques for the Management of Thoracic Disc Herniations. *Neurospine* 16: 24-33, 2019.
21. Sudheer PS, Logan SW, Ateleanu B, et al: Haemodynamic effects of the prone position: a comparison of propofol total intravenous and inhalation anaesthesia. *Anaesthesia* 61: 138-141, 2006.
22. Yeung AT, Tsou PM: Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: Surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 27: 722-731, 2002.



## ANTERİOR TAM ENDOSKOPIK SERVİKAL DİSKEKTOMİ

Egemen Işıtan, Bekir Tunç, Ali Dalgıç

### GİRİŞ

Günümüzde servikal disk hernisi cerrahisinde anterior ve posterior yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Posterior mikrodiskektomi, posterior endoskopik diskektomi veya endoskopik yardımcı diskektomi uygulanmasına karşın günümüzde altın standart kabul edilen tedavi yöntemi anterior mikrodiskektomi ve füzyon cerrahisidir (16). Bu tedavilerin başarıyla uygulanmasına karşın gelişen teknoloji ile birlikte nöroşirürji pratiğinde daha minimal invaziv, postoperatif komplikasyonları daha az olan ve hasta konforunu artıran girişim yöntemleri düşünülmüş ve pratikte uygulanmaya başlanmıştır. Anterior servikal diskektomi ve füzyon (ASDF) cerrahisinde kesi yerinin büyük olması, komşu segment dejenerasyonu gelişme olasılığı, yerleştirilen greft ile ilgili komplikasyonların (malpozisyon, enfeksiyon vb.) göreceli fazla olması nedeniyle daha az invaziv girişim olan tam endoskopik anterior diskektomiyi gündeme getirmiştir.

Son yıllarda, daha az cerrahi travma, daha net cerrahi alan görüşü ve postoperatif dönemde iyileşmenin daha hızlı olması nedeniyle tam endoskopik tekniklerin kullanımı gittikçe artmaktadır. ASDF cerrahisinde hareket segmentinin azalması takiplerinde gelişebilecek komşu segment hastalığına bağlı tekrarlayan cerrahilerle hareket segmentinin daha da azalması hastalarda önemli sağlık sorunlarına (kronik ağrı, nörolojik defisitler, myelopati vb.) yol açmaktadır (9). Bu nedenle günümüzde ve gelecekte füzyon gerektirmeyen minimal invaziv cerrahiler her zaman cerrahlar için araştırma konusu olacaktır. Endoskopik servikal disk cerrahisi servikal dejeneratif hastalıklarda başarıyla uygulanmakta ve konservatif tedavi ile klasik cerrahiler arasında bir köprü oluşturur (11).

Günümüzde endoskopik servikal diskektomi anterior yaklaşım ve posterior interlaminar yaklaşım olarak uygulanmaktadır. Anterior tam endoskopik servikal diskektomi (ATESD) iki ayrı teknikte uygulanmaktadır:

1. Anterior perkütan tam endoskopik transkorporeal diskektomi

2. Anterior intradiskal tam endoskopik diskektomi

1989 yılında Tajima ve ark. ilk defa perkütan endoskopik anterior servikal diskektomi tanımını yapmışlardır (15). 1994 yılında Bonaldi ve ark. tarafından transdiskal yaklaşımla endoskopik anterior servikal diskektomi tanımlanmıştır (2). Tek mesafe anterior endoskopik diskektomi Saringer, Choi ve Ruetten tarafından uygulanmış ve çeşitli literatür çalışmaları yapmışlardır (6, 13, 14). Çalışmalarında, dejeneratif disk dokusu ile foramende basılı olan sinir kökünü endoskop altında mekanik dekompresyon, radyofrekans (termal dekompresyon), nöroliz gibi yöntemlerle siniri rahatlatmayı amaçlamışlardır.

### Hasta Seçimi

Cerrahi tekniğin uygulanması ve başarısı için hasta seçimi çok önemlidir. Her ne kadar komplikasyonu füzyon yapılan yöntemlere göre daha az olsa da yanlış hasta seçimi kötü sonuçlara neden olabilir. Genellikle tek taraflı radiküler ağrısı olan lateral yerleşimli yumuşak disk hernileri olan hastalar en uygun hasta grubudur (1). Cerrahin tecrübesi ve şartlara bağlı olarak santral veya parasantral disk hernilerinde de uygulanabilir. Altı haftalık konservatif tedaviye rağmen geçmeyen radiküler ağrı, 2 mm'den büyük osteofit olmaması ve disk mesafe yüksekliğinin 4 mm'den büyük olması da teknik için önemli durumlardır (5).

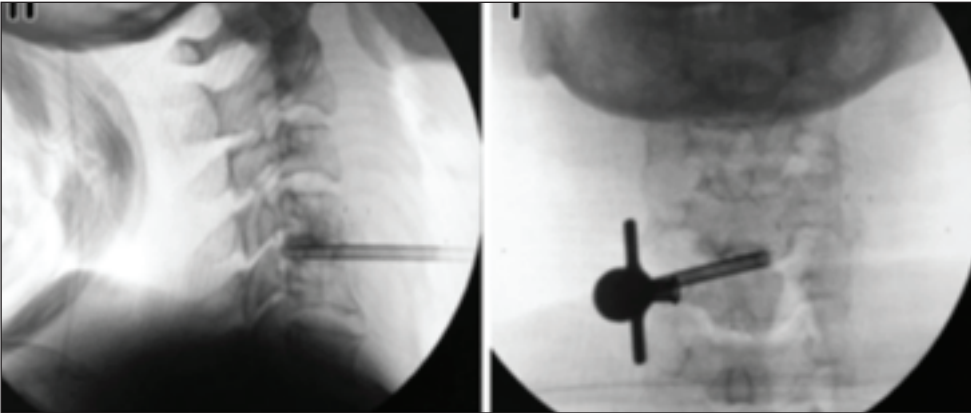
Cerrahi tercihte önemli diğer bir nokta da instabilite olması durumunda ATESD tekniği yerine füzyon ve diskektomi tercih edilmelidir. ATESD tekniğinde cerrahi uygulanacak hasta seçiminde; disk mesafesi 4 mm altında olan, kalsifiye veya sert kıvamlı disklerde, kifotik deformite varlığında, ileri derecede superiora ya da inferiora migre olan disklerde, kalsifiye posterior longitudinal ligaman varlığında, neoplazi enfeksiyon kırık varlığında ATESD tekniği uygun değildir (5). Bu şartlar ATESD tekniği için altın standart kurallar olmayıp işlemi yapan cerrahin tercihi ve tecrübesine göre değişkenlik gösterebilir.

## Cerrahi Teknik

Anterior intradiskal tam endoskopik diskektomi; klasik anterior yaklaşım gibi supin pozisyonda baş hafif ekstansiyona alınarak ve servikal lordozu korumak için omuzların altına yumuşak destek koyularak hastaya pozisyon verilir. Bu yaklaşımda hastanın durumuna göre genel anestezi verilmeden sedasyon ve nazal oksijen verilerek yapılabilir. Skopi ile girilecek olan intervertebral disk mesafesi işaretlenir ve genellikle sağ taraftan tercih edilir. Lateralde sternokleidomastoid kasının medial sınırı ile bu mesafenin orta noktasına lineer çizgi çizilir. Trakea ve özofagus mediale, karotid kılıf laterale cerrahın parmak palpasyonu ile itilerek oluşan güvenli aralıktan skopi eşliğinde kılavuz iğne ile disk mesafesi bulunur (12). Bu aşamada cerrahın tercihinine göre opak madde verilerek diskografi yapılabilir. İğne içinden rehber tel yolları ardından iğne alınarak yaklaşık 4 mm'lik cilt insizyonu ile cilt geçilir (12). Ardından endoskopik dilatasyon tüpleri ve çalışma kanülü yerleştirilir (Şekil 1). Pretekeal ve prevertebral fasya disseke edilir ve bu aşamada disk mesafesi skopi ile tekrar kontrol edilir. Bu aşamada endoskop anterior anulus fibrozusu göstermektedir. Özel bir dilatasyon tüpü ile anulotomi yapılarak endoskop ile disk mesafesi içine girilir. Disk mesafesinde çalışma kanülü içinden

forseps yardımı ile diskektomi yapılarak posteriora ulaşılarak termal ablasyon veya forsepsler ile mekanik diskektomi gibi nöral dekompresyon yapılabilir. Gerekliyse küçük boyuttaki osteofitler alınabilir. Yüksek devirli 3'mmlik elmas uçlu driller kullanılarak unkovertebral eklem tıraşlanarak foraminotomi yapılarak kök dekompresyonu sağlanır (17). Hemostazın ardından işlem sonlandırılarak cilt usulüne uygun bir şekilde kapatılır.

Anterior perkütan tam endoskopik transkorporeal diskektomi; pozisyon ve anatomik giriş yeri ve tekniği intradiskal yöntemle benzerdir. Ağrı kontrolü zor olacağından genel anestezi ile yapılır. Hastalara nazogastrik tüp takılır ve bu tüpten özofagus görüntülemek için radyo opak madde verilerek özofagus skopi ile kontrol edilir (3). Mesafe skopi ile belirlendikten sonra tüm hastalarda alttaki vertebra korpusu drille edilir. Drill sonrası korpus içinden kanal açılarak korpusun posterosuperioru hedeflenerek tam endoskopik sistem yerleştirilir (Şekil 2) (3). Endoskopun önünde kalan kemik parçaları rongeur veya drill yardımı ile temizlenerek net görüş alanı sağlanır. Hook ve forseps yardımı ile protrüde olmuş disk çıkarılarak dekompresyon sağlanır. Dekompresyon sonrası dural kese kontrol edilir. Hemostaz sağlanmasını takiben sistem çıkarılarak cilt usulüne uygun kapatılır.

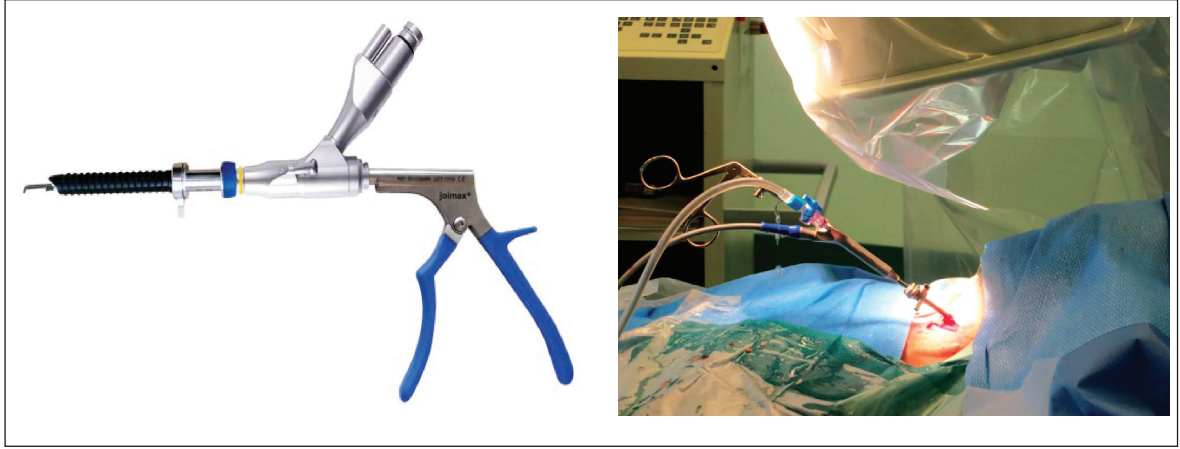


**Şekil 1.** Skopi altında çalışma kanülünün görünümü.



**Şekil 2.** Skopi altında giriş iğnesi (A) ve endoskopik tüpler (B, C).





Şekil 3. ILESSYS Delta endoskop çalışma kanülü ve intraoperatif kurulumu.

### Komplikasyonlar ve Avantajlar

ATESD tekniğinde klasik açık cerrahilere göre komplikasyonlar daha az görülmektedir. Bu komplikasyonlar; prevertebral hematoma, özofagus yaralanması, karotid arter yaralanması, disfoni, dura hasarı ve BOS gelişi, BOS gelişi sonrası oluşan fistül, kord yaralanması sonrası nörolojik defisit, operasyon sırasında cerrahinin başarısızlığı sonrası açık klasik yöntemle geçilmesi, intradiskal yaklaşımda hastaların takibinde disk yüksekliğinin azalması ve disk dejenerasyonunun hızlanması görülebilmektedir (10).

Weijun Kong ve ark.nın 2019 yılında yaptığı anterior perkütan tam endoskopik transkorporeal diskektomi yöntemiyle 32 hastalık serilerinde hastaların şikayetlerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede azaldığı ve hastanede kalış süresinin kıaldığı bulunmuş ve hiçbir hastalarında kanama, disfaji, disfoni gibi ciddi komplikasyonlar görülmemiştir.

Transkorporeal yaklaşımda disk mesafesine zarar verilmemesi ve korpusun rejenere olması nedeni servikal hareket segmenti korunmaktadır (7). Endoskopik cerrahilerde insizyonun az havayla temas eden cerrahi alanın dar olması nedeni enfeksiyon riski çok düşüktür. Transkorporeal yaklaşımda çoğunlukla açılan kemik kanalı elde edilen otolog kemik greftlerle endoskop altında kısmi onarılmaktadır, bu nedenle postoperatif dönemde hızlı iyileşme olmakta, kırık görülmemektedir (4, 8). Endoskopik cerrahilerde peroperatif komplikasyonların minimal olması kan transfüzyon ihtiyacının olmaması bazı hastalarda genel anestezi de gerektirmemesi nedeni hastanede kalış süresi çok kısadır.

Transdiskal yaklaşımda hasta postoperatif birkaç saat gözlem altında tutularak taburcu edilebilir. Tüm bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda; anterior

tam endoskopik diskektominin klinik tecrübe arttıkça gelişen teknoloji ile birlikte kullanımı artacaktır.

Jorge Felipe ve ark.nın 2019 yılında yaptıkları çalışmada 1997 ve 2018 yılları arasında 293 hastaya anterior transdiskal yaklaşımla cerrahi uygulamışlar ve bu seride peroperatif kanamanın çok az olduğunu, vizüel ağrı skalasının 7.8'den 2.2'ye düştüğünü bulmuşlardır. Aynı çalışmada 3 hastada hematoma geliştiği 2 hastada karotid arterde yaralanma 3 hastada da disfoni geliştiği bulunmuştur.

Yong Ahn ve ark. 2020 yılında yaptıkları bir çalışmada ATESD ve ASDF uyguladıkları sırasıyla 51 ve 64 hastadan oluşan grupları karşılaştırmışlar ve cerrahi sonuçlarda modifiye Macnab kriterlerine göre değerlendirmişler, aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Bu nedenle komplikasyonları daha az olması nedeni ATESD tekniği güvenli bir seçenek olarak tavsiye etmişlerdir.

### KAYNAKLAR

1. Ahn Y, Lee SH, Lee SC, et al: Factors Predicting Excellent Outcome of Percutaneous Cervical Discectomy: Analysis of 111 Consecutive Cases. *Neuroradiology* 2004;46:378-84.
2. Bonaldi G, Minonzo G, Belloni G, et al: Percutaneous Cervical Discectomy: Preliminary Experience. *Neuroradiology* 1994;36(6):483-486.
3. Chen X, Gao JA, Du Q, et al: Percutaneous Full-Endoscopic Anterior Transcorporeal Cervical Discectomy for the Treatment of Cervical Disc Herniation: Surgical Design and Results. *Pain Physician*. 2021 Sep;24(6):E811-E819. PMID: 34554701.
4. Choi G, Lee SH, Bhanot A, et al: Modified Transcorporeal Anterior Cervical Microforaminotomy for Cervical Radiculopathy: A Technical Note And Early Results. *Eur Spine J*. 2007;16(9):1387-93.

5. Choi G, Uniyal P, Hassan Z, et al: A New Progression Towards a Safer Anterior Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy: A Technical Report. *J Spine* 2016;5:329.
6. Choi G: Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy: 16 Years of Experience And Literature Review. *Coluna/Columna* 2009;8:344-8.
7. Deng ZL, Chu L, Chen L, et al: Anterior Transcorporeal Approach of Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy for Disc Herniation at the C4-C5 Levels: A Technical Note. *Spine J.* 2016;16(5):659-66.
8. Du Q, Wang X, Qin JP, et al: Percutaneous Full-Endoscopic Anterior Transcorporeal Procedure for Cervical Disc Herniation: A Novel Procedure and Early Follow-Up Study. *World Neurosurg.* 2017.
9. George B, Zerah M, Lot G, et al: Oblique Transcorporeal Approach to Anteriorly Located Lesions in the Cervical Spinal Canal. *Acta Neurochir (Wien).* 1993;121:187-190.
10. Haijun M, Haoping Z, Honggang Z, et al: Clinical Study on the Efficacy And Safety of Percutaneous Endoscopic Anterior Cervical Discectomy in The Treatment of Cervical Disc Herniation. *Int Orthop.* 2021;45(5):1247-1256.
11. Quillo-Olvera J, Lin GX, Kim JS: Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy: A Technical Review, *Annals of Translational Medicine*, vol. 6, no. 6, p. 100, 2018.
12. Ramírez León JF, Rugeles Ortíz JG, Martínez CR, et al: Surgical Treatment of Cervical Radiculopathy Using An Anterior Cervical Endoscopic Decompression. *J Spine Surg.* 2020; 6(Suppl.1):S179-S185.
13. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Full-Endoscopic Anterior Decompression Versus Conventional Anterior Decompression and Fusion in Cervical Disc Herniations. *Int Orthop* 2009;33:1677-82.,
14. Saringer WF, Reddy B, Nöbauer-Huhmann I, et al: Endoscopic Anterior Cervical Foraminotomy for Unilateral Radiculopathy: Anatomical Morphometric Analysis and Preliminary Clinical Experience. *J Neurosur* 2003;98:171-80.
15. Tajima T, Sakamoto H, Yamakawa H: Discectomy Cervicale Percutanea. *Rev Med Orthop* 1989;17:7-10
16. Villavicencio AT, Pushchak E, Burneikiene S, et al: The Safety of Instrumented Outpatient Anterior Cervical Discectomy and Fusion. *Spine J* 2007;7:148-53.
17. Yadav YR, Parihar V, Ratre S, et al: Endoscopic Anterior Decompression in Cervical Disc Disease. *Neurol India.* 2014 Jul-Aug;62(4):417-22.

## ENDOSKOPIK POSTERİOR SERVİKAL DİSKEKTOMİ VE LAMİNOFORAMİNOTOMİ

Resul Karadeniz, Ali Dalgıç

### GİRİŞ

Servikal spinal bölgenin en sık görülen hastalıkları disk hernileri ile kronik dejeneratif değişikliklere bağlı foraminal ve/veya santral stenozdur (18). Herniasyon ve darlıklar, tutulan seviyeye göre radikülopati ve/veya miyelopati belirti ve bulguları ile klinik tablo oluşturmaktadır (14).

Servikal disk hernilerinin ve stenoz tablosunun cerrahi tedavisinde boyunun ön yüzünden veya arkasından yapılan yöntemler tanımlanmıştır. Servikal disk olgularında, önden yaklaşım ile yapılan mikrodiskektomi ve füzyon ameliyatı hâlen altın standart olarak kabul edilmektedir (1). Stenoz olgularında ise basının yeri, seviyesi tutulan mesafe sayısı, servikal lordoz ve dizilim göz önüne alınarak önden ya da arkadan yaklaşıma karar verilmekle birlikte; son yıllarda arkadan yapılan dekompresyon teknikleri daha fazla tercih edilmektedir.

Mikrocerrahi teknikler 20. yüzyılın sonlarında cerrahi yaklaşımlarda bir çığır açmış, ardından endoskopik sistemlerin ortaya çıkması ile 21. yüzyılın başlarında yeni bir alan oluşmuştur. Bilimsel gelişmelere paralel olarak endoskop teknolojisinin ilerlemesi ve kullanımının yaygınlaşması ile minimal invaziv cerrahi teknikler alanında azımsanmayacak deneyim ve birikim meydana gelmiştir. Endoskopik yaklaşımlar, minimal invaziv teknikler olup cerrahi koridor boyunca çevre dokuya en az zarar veren ve anatomik dizilimi koruyucu cerrahi yaklaşımlar olarak cerrahi tedavi yelpazesinde yerini almıştır. Servikal omurga ameliyatları için endoskop kullanımı ilk olarak 1990'lı yılların sonlarında kullanılmaya başlanmıştır. 2002 yılında Fessler endoskopik yardımcı tübüler ekartör sistemini kullanarak servikal radikülopati bulgu ve belirtileri olan hastalardaki cerrahi deneyimlerini bildirmiştir (13).

Lateral veya foraminal bölgede yerleşen disk hernileri veya darlıklar için arkadan yaklaşım ile uygulan mikroskobik, endoskop yardımcı veya tam endoskopik diskektomi veya posterior foraminotomi tarzında

yapılan cerrahi yaklaşımlar, önden yaklaşım ile yapılan diskektomi ve füzyon ameliyatının alternatifleridir (4). Bu yöntemler yeni gelişen minimal invaziv teknikler olup, geleneksel olarak uygulanan mikro-cerrahilerin ağrı ve morbiditesini azaltmak üzere kas koruyucu bir yaklaşım sağlamaktadır. Sinir kökü üzerinde bası sonucu oluşan patolojinin tedavisinde ise mikro-cerrahi yöntemler ile aynı etkinliği göstermektedir (19).

Endoskopi sistemlerinde ışık kaynağı ve kamera çalışma kanülünün ucunda, cerrahi alanın hemen üzerindedir. Dolayısıyla aydınlatma ve görüş alanı mikroskopa eşdeğer olmakla birlikte iki boyutlu görüntü sağlamaktadır. Mikroskopta cerrahi alanı "görerek/dokunarak" çalışmak mümkün olmakla birlikte; endoskopi sistemlerinde kameranın yansıttığı bir ekrandan, "bakarak/hissederek" çalışmak gerekmektedir. Bu yüzden, endoskopi sistemlerine geçişte cerrahin bir öğrenme süreci olmaktadır.

Omurga cerrahisinde kullanılan endoskopi teknikleri, endoskopik ekipmana göre üç farklı gruba ayrılabilir;

1. Perkütan tam endoskopik sistem: Tek bir tüp içerisinde kamera, ışık kaynağı, çalışma ve yıkama kanalı olan bir sistemdir. Çalışma tüpünün dış çapı farklı ürünler olmakla birlikte 9 mm'den küçüktür (16).
2. Tüp temelli endoskopi sistemi: Endoskopi yardımcı veya mikroendoskopik yöntem de denilmektedir. Bu sistemde tübüler bir çalışma kanalın yerleştirildikten sonra alt ucuna takılan kamera ve ışık kaynağı mevcuttur. Yıkama sistemi otomatik olmaması bir dezavantaj olmakla birlikte her iki elin kullanılabilmesi önemli bir avantajdır. Bu yöntem aslında tam endoskopik bir yöntemdir; ancak yöntemin ilk kullanılmaya başladığı dönemde, kameraların görüntü kalitesinin düşük olmasından dolayı ameliyatlar tüp içinden yapılan mikrocerrahi ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, mikroendoskopik yöntem de denilmektedir (16).

3. Biportal endoskopi sistemi: İki ayrı çalışma portalı olan sistemdir. Bu portallardan birine endoskop yerleştirilir, diğeri ise cerrahi işlemi gerçekleştirmek için kullanılan çalışma kanalıdır (16).

Bu yöntemlerin hepsi tam endoskopik yöntemlerdir. Perkütan endoskopi yönteminde sürekli saline irri-gasyonu kullanılması gerekmektedir, fakat tüp bazlı endoskopik sistemde (mikroendoskopik yöntem) sürekli bir saline irri-gasyonuna gerek olmadan cerrahi işlem uygulanabilir ve bimanüel tarzda standart mikrocerrahi aletlerin kullanımına olanak sağladığı için öğrenme eğrisini kolaylaştırmaktadır (8, 16).

Servikal omurgaya cerrahi olarak yaklaşım yolları hastanın mevcut patolojisine göre belirlenmelidir. Arkadan yaklaşım ile kullanılan endoskopi tekniklerinde servikal disk hernilerine, foraminal seviyedeki stenozlara müdahale edilebilir. Lateral yerleşimli boyun fıtıklarında, ligamentum flavum ve/veya faset eklem hipertrofisine bağlı kanal darlıklarında arkadan yaklaşımlar tercih edilebilir. Orta hat ya da mediolateral yerleşimli, özellikle kalsifiye olmuş hernilerin arkadan yaklaşım ile çıkarımı sırasında, omurilik ekartasyonu gerekeceğinden dolayı güvenli değildir. Bu patolojiler için önden yaklaşım tercih edilmelidir (16). Endoskopik yol ile uygulanan arkadan yaklaşım için servikal diskektomi, posteriyor servikal foraminotomi” ve laminektomi teknikleri uygulanan cerrahi yöntemlerdir.

### Posterior Servikal Diskektomi ve Laminoforaminotomi

Posteriyor foraminotomi ilk olarak servikal radikülopati şikâyeti olan hastaların, cerrahi olarak servikal sinir kökünü rahatlatmak amacıyla faset eklem mediyal kısmını parsiyel olarak çıkarılarak gerçekleştirilmiştir (4). Geleneksel olarak uygulanan arkadan yaklaşımlarda servikal bölgenin ekstansör grup kasları laminadan ve spinöz proçesten ayrılarak omurgaya ulaşılmaktadır. Bu kasların lamina ve spinöz proçesten ayrılması hastalarda ciddi kas travması, aksiyel boyun ağrısı, omuz ağrısı, lordoz kaybı ve omurgada instabilite gibi komplikasyonlara neden olabilmektedir (2,10).

Endoskopik teknikler ile yapılan posterior servikal laminoforaminotomide, cerrahi koridorda yer alan yumuşak dokuların arasından geçilerek herhangi bir sıyrma ya da kesi yapılmamaktadır. Sinir kökü basısına yol açan foraminal darlık veya lateral yerleşimli boyun fıtığı saptanan olgularda, kemik pencere açılarak sinir kökünün rahatlatılmasını sağlamaktadır. Dural kesenin lateralinde, foraminal yerleşimli olan basılarda posteriyor servikal foraminotominin etkili

ve güvenli olduğu bildirilmiştir (20). Mediyal veya önden olan omurilik ya da sinir kökü basısı için bu yaklaşım uygun olmayıp bu basının kaldırılması için önden yaklaşım seçilmelidir (3,11).

Uygun Hastalar;

- Sürekli veya ilerleyici radiküler ağrısı ve/veya nörolojik kuvvet kaybına yol açan lateral yerleşimli yumuşak boyun fıtıkları, foraminal stenoz, faset eklem kistlerine bağlı gelişen servikal sinir kökü basılarında (9,17,18,21).
- Tek taraflı olarak tek veya iki mesafe omurga seviyesini tutan omuriliğe bası oluşturan kanama, epidural ampiyem gibi nadir görülen patolojiler (16, 17).
- Önde yaklaşım için kontraendikasyon oluşturan trakeostomi, boyun bölgesine uygulanan radyoterapi öyküsü, önden yaklaşımın zor olduğu, serviko-torasik bölgede olan patoloji varlığı, disfaji öyküsü olan hastalarda oluşan sinir kökü basılarında (16, 17).
- Reküren laringeal sinir hasarının ciddi morbidite veya sosyo-ekonomik sorun oluşturacağı şarkıcı, öğretmen gibi sesi ile mesleğini icra eden hastalar

Kontrendikasyonlar:

- Radiküler ağrının eşlik etmediği boyun ağrısı
- Servikal instabilite veya deformite olması
- Omurilik basısı olan orta hat yerleşimli boyun fıtığı, lateral yerleşmiş olsa da kalsifiye disk hernileri
- Orta hatta bulunan ligaman kasifikasyonu (OPLL),
- Bilateral foraminal darlık göreceli bir kontrendikasyon olup faset eklemlerin iki yanlı olarak yarısından fazlasının alınmasının instabiliteye yol açabileceği unutulmamalıdır.

### Posterior Endoskopik Servikal Laminoforaminotomi Cerrahi Tekniği

Hasta genel endotrakeal anestezi altında, pron pozisyonda ameliyata alınmaktadır. Oturur pozisyon artık terkedilmiştir. Prone pozisyonda, göğüs kafesinin havalanması ve karın içi organların basınç altında olmamasına dikkat edilmelidir. Baş, aybaşı/atalı başlıkta, hafif fleksiyonda, venöz dönüşü sağlamak için kalp seviyesi üzerine kaldırılarak sabitlenir. Ekran cerrahın karşısında olmalıdır. Floreskopi kullanılarak cerrahi uygulanacak mesafe tespit edilir; mesafe tayini yapılamıyorsa teknik değiştirilmelidir.



Cilt insizyonu orta hattan yaklaşık 2 cm yanda ve orta hatta paralel olarak açılır. Cilt insizyonunun uzunluğu kullanılacak sisteme göre belirlenerek 7-14 mm arasında değişebilmektedir. Tek seviye uygulanacak cerrahide cilt insizyonu çalışma kanülünün merkezi doğrudan işlem yapılacak noktayı gösterecek şekilde ayarlanır. İki seviye uygulanacak cerrahide ise cilt kesisinin etkilenen iki seviyenin ortasında olacak şekilde belirlenmesi önerilir ve çalışma kanülünün açısı her iki faset eklemine göre ayarlanabilir. Nadiren üç seviye için yapılan yaklaşımlarda ise cilt insizyonunun ortada kalacak seviye üzerinde olması önerilmektedir. Endoskopik yaklaşımların cerrahi planlaması önemlidir. Uygulanacak cilt insizyonunun cerrahi mesafeden uzak kalması cerrahinin başarı oranını düşürebilmektedir. Cilt insizyonu mesafeden lateralde kaldıysa mesafeye ulaşmak için tam fasetektomi yaparak mümkün olabileceği gibi fazla medialde kalması endoskopun spinöz proses tarafından laterale itilmesine yol açabilmektedir. Ayrıca sinir kökünün önünde bulunan epidural venlerin görüş alanında olması gerekebilir. Bu nedenle cerrahi işlem önceden iyice planlanmalı ve cilt insizyonu uygun pozisyonda olmalıdır. Cilt insizyonu ile birlikte kas fasyası da açılır. Mikroendoskopik olarak gerçekleştirilecek yaklaşımda en ince dilatör kullanılarak vertebral arka kadar kaslar dilate edilerek dilatör derinletilir. Ardından çalışma kanülü için yeterli genişleme sağlamak için daha büyük olan dilatörler sırayla yerleştirilir. Yerleştirilen tüm dilatörler vertebral arka temas etmesi gerekmektedir. Dilatörler yerinde sabit tutulurken çalışma kanülü yerleştirilir ve çalışma kanülü uygun pozisyonda masaya sabitlenir. Tam endoskopik olarak gerçekleştirilen yaklaşımda ise yine mikroendoskopik işlem ile aynı aşamalar yapılmaktadır sadece en son yerleştirilen çalışma kanülü masaya sabitlenmeyip cerrah tarafından tutulmaktadır. Bu işlemlerin tümü floroskopi altında gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Çalışma kanülü uygun pozisyona yerleştirildikten sonra endoskop yerleştirilir ve cerrahi alan görülür. Optik işaretleyici orta hattı gösterir, ardından bipolar forceps ve tutucu forceps yardımı ile faset ve lamina üzerinde kalan kas, yağ ve yumuşak dokular temizlenerek faset eklem ile vertebral ark ortaya konulur. Ligamentum flavum çıkartılmadan önce üst seviyede olan lamina ile faset eklem medial yüzü elmas uçlu motor yardımı ile inceltir ve dural kesenin lateral yüzeyi ile o seviyeden çıkan sinir kökü görülmüş olur. Faset eklem medial yarısı kaldırılarak sinir kökü medialden laterale doğru dekomprese edilir. Dural kese ile sinir kökünün birleştiği yerde venöz pleksus basısı sonucu yoğun kanama görülebilir. Hemostatik ajanlar ile bu kanama kontrol altına alınabilir. Sinir

kökünün rahatlatılmasından sonra cerrahi alan yıkanır. Hemostaz sağlandıktan sonra çalışma kanülü çıkartılır. Fasya, subkutan ve subkütiküler dokular sütüre edilerek işlem sonlandırılır.

Lateral disk herniasyonu veya kemik yapılarla bağlı foraminal stenoz nedeniyle servikal radikülopati tedavisinde tam endoskopik yaklaşımın başarı oranının %93,6, mikroendoskopik yaklaşımın başarı oranının ise %89,9 olduğu ve iki yöntem arasında yapılan istatistiksel değerlendirmede anlamlı bir fark saptanmadığı bildirilmiştir. Arkadan yaklaşım ile gerçekleştirilen yöntemler benzer olmakla birlikte, mikroskop yardımı ve mikroendoskopik yöntem ile gerçekleştirilen yaklaşımların başarı oranının %93,6 olarak bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (12, 15). Daha önce servikal omurgada geçirilmiş cerrahi öyküsü olan hastalarda başarı oranı daha düşüktür (5-7, 16, 17). Endoskopik yol ile uygulanan cerrahi tedavi hastanın hastanede yatış süresini kısaltmakta, ameliyat sonrası analjezik kullanımını azaltmakta ve ameliyattaki kanama miktarını da azaltmaktadır (16).

Posterior Endoskopik Servikal Laminoforaminotomi Komplikasyonları:

- Epidural kanama
- Dural yaralanma
- BOS fistülü
- Boyun fıtığının tekrarlama
- Geçici sinir kökü felci
- Yüzeysel doku iyileşmemesi

Tam endoskopik prosedürler için komplikasyon oranı %3 ile %6,1 arasında iken, bu oran mikroendoskopik prosedürler için %3,5'tir. Tam endoskopik uygulamada yeniden ameliyat edilen hastaların oranının %6,1, mikroendoskopik uygulamada yeniden ameliyat edilen hastaların oranının %5,3 olduğu bildirilmiştir (16).

## KAYNAKLAR

1. Ahn Y, Keum HJ, Shin SH: Percutaneous endoscopic cervical discectomy versus anterior cervical discectomy and fusion: a comparative cohort study with a five-year follow-up. *Journal of Clinical Medicine*, 2020. 9(2): p. 371.
2. Albert TJ, Vaccaro A: Postlaminectomy kyphosis. *Spine*, 1998. 23(24): p. 2738-2745.
3. Baker AD: The treatment of certain cervical-spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion, in *Classic Papers in Orthopaedics*. 2014, Springer. p. 293-295.

4. Bateman JE: Cervical Nerve Root Compression Resulting From Disc Degeneration And Root-Sleeve Fibrosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 1953. 35(1): p. 166-166.
5. Bhatia S, Brooks NP: Posterior endoscopic cervical foraminotomy. *Neurosurgery Clinics*, 2020. 31(1): p. 9-16.
6. Bucknall V, Gibson JA: Cervical endoscopic spinal surgery: a review of the current literature. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 2018. 26(1): p. 2309499018758520.
7. Burkhardt BW, Müller S, Oertel JM: Influence of prior cervical surgery on surgical outcome of endoscopic posterior cervical foraminotomy for osseous foraminal stenosis. *World neurosurgery*, 2016. 95: p. 14-21
8. Burkhardt BW, Oertel JM: The learning process of endoscopic spinal surgery for degenerative cervical and lumbar disorders using the EasyGO! system. *World Neurosurgery*, 2018. 119: p. 479-487
9. Burkhardt BW, Oertel JM: Endoscopic Posterior Cervical Foraminotomy: 2-Dimensional Operative Video. *Operative Neurosurgery*, 2020. 18(2): p. E41-E41.
10. Chiba K, et al: Long-term results of expansive open-door laminoplasty for cervical myelopathy– average 14-year follow-up study. *Spine*, 2006. 31(26): p. 2998-3005
11. Cloward RB: The anterior approach for removal of ruptured cervical disks. *Journal of neurosurgery*, 1958. 15(6): p. 602-617
12. Dalgıç A, et al: Posterior Cervical Discectomy via Keyhole Foraminotomy: A Case Series Comparing Microdiscectomy with Endoscope-Assisted Discectomy. *Turkish Neurosurgery*, 2021.
13. Fessler RG, Khoo LT: Minimally invasive cervical microendoscopic foraminotomy: an initial clinical experience. *Neurosurgery*, 2002. 51(suppl\_2): p. S2-S7-S2-45
14. Gatam AR, et al: Full Endoscopic Posterior Cervical Foraminotomy in Management of Foraminal Disc Herniation and Foraminal Stenosis. *Orthopedic Research and Reviews*, 2022. 14: p. 1.
15. Karaoglu DG, et al: Posterior Endoscope-Assisted Discectomy Is an Effective Technique for Cervical Soft Disk Herniation. *Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery*, 2021. 82(03): p. 197-203.
16. Oertel JM, Burkhardt BW: Endoscopic Cervical Spine Surgery, in *Cervical Spine*. 2022, Springer. p. 171-192
17. Ruetten S, et al: A new full-endoscopic technique for cervical posterior foraminotomy in the treatment of lateral disc herniations using 6.9-mm endoscopes: prospective 2-year results of 87 patients. *Minimally Invasive Neurosurgery*, 2007. 50(04): p. 219-226.
18. Ruetten S, et al: Full-endoscopic cervical posterior foraminotomy for the operation of lateral disc herniations using 5.9-mm endoscopes: a prospective, randomized, controlled study. *Spine*, 2008. 33(9): p. 940-948.
19. Sahai N, et al: Minimally invasive posterior cervical foraminotomy as an alternative to anterior cervical discectomy and fusion for unilateral cervical radiculopathy: a systematic review and meta-analysis. *Spine*, 2019. 44(24): p. 1731-1739.
20. Williams RW: Microcervical foraminotomy. A surgical alternative for intractable radicular pain. *Spine*, 1983. 8(7): p. 708-716.
21. Yang JS, et al: Anterior or posterior approach of full-endoscopic cervical discectomy for cervical intervertebral disc herniation? A comparative cohort study. *Spine*, 2014. 39(21): p. 1743-1750.

## TORAKAL TRANSFORAMİNAL MİKRODİSKEKTOMİ

Sedat Dalbayrak, Ahmet Öğrenci, Mazhar Mammadov

### GİRİŞ

Torakal disk hernileri nadir olarak görülseler de hastaların sosyal ve iş hayatlarını ciddi derecede etkileyebilecek patolojilerdendir (3,6). Nadir olarak görülmelerinden ve anatomik bölge olarak spinal kord çevresinde çalışıldığından dolayı teknik olarak zordur. Cerrahi tedavi sırasında kord retraksiyonuna dikkat edilmelidir (2). O nedenle deneyimli merkezlerde yapılması önerilebilecek patolojilerdir.

Torakal diskektomi için çeşitli cerrahi yaklaşımlar (transpediküler, kostotransversektomi, lateral ekstravaviter ve transtorasik yaklaşımlar dahil olmak üzere) tarif edilmiştir (1,8,11). Bu yaklaşımlar kordun lateralinden anterioruna hâkim olacak şekilde yapılan yaklaşımlardır. Bu yaklaşımların hemen hemen hepsi majör insizyon, kas diseksiyonu ve anlamlı derecede kemik çıkarımını gerektirir. Operasyon sonrasında hastanede kalış süresi postoperatif ağrı ve medikal tedavi maliyetleri nispeten yüksektir (12). Ayrıca hastaların fazla kemik çıkarımına bağlı stabilitesinde bozulma olabilmekte ve instabiliteye bağlı stabilizasyon gereksinimi olabilmektedir (5). Enstrümantasyon ve füzyon yapılması da ek problemleri beraberinde getirebilmektedir.

Majör cerrahilerin yanında minimal invaziv yaklaşımlar da tanımlanmıştır. Endoskop ve tübüler sistemler kullanılarak yapılan yaklaşımların yanında minimal invaziv olan transforaminal mikroskopik diskektomi (TFMD) her klinikte yapılabilecek ek malzeme ve cihaz gereksinimi olmayan bir yaklaşımdır (9,10).

Kas diseksiyonu, kemik çıkarımı, insizyon boyutu, hastanede kalış süresi, preop kan kaybı ve maliyetler son derece düşüktür.

### Cerrahi Teknik

Cerrahi tedavi genel anestezi altında hasta prone pozisyona yatırılarak, yan destek jelleri ile desteklenerek ve tercihe bağlı olarak nöromonitorizasyon altında uygulanabilir.

Floroskopi ile seviye dikkatle sayılmalıdır. AP grafi ile alt torakalden kotların sayılması daha kolaylık sağlayabilir. Hastanın yapısına göre 6-10 cm lateralden cilt kesisi uygulanır. Ortalama 2-3 cm.lik kesi yeterli olmaktadır. Sonrasında cilt altı doku geçildikten sonra fascia açılır ve kas parmak diseksiyonu ile mediale doğru yaklaşık 35-45 derecelik açı ile ilerlenir. Sonrasında vertebral yapılardan transvers çıkıntı, faset eklem hissedilebilir. Parmak diseksiyonu sırasında kot üzerinde kalınmaya dikkat edilmelidir. Sonrasında yine bir floroskopi ile doğrulama yapılır. Operasyon mikroskobu sahaya çekilir. Patolojik seviyedeki intervertebral foramen hedeflenir, foramen ortaya konur ve çıkan kök bulunur. Faset eklem lateralinden kısmi rezeksiyona başlanır. Medialde dura görüldükten sonra patolojinin uzanımına ve kalsifikasyon durumuna göre; kaudal korpusun pedikülü turlanarak inferiora, foramenden çıkan kök gereğinde bağlanarak superiora genişletilir. Kot çıkarılmasına ve total fasetektomi yapılmasına gerek olmamaktadır.

Disk seviyesine komşu korpus kenarlarının altı turlanarak kalsifiye disk ve osteofitler, anterior boşluğa doğru diseke edilerek çıkarılır. Bu nöral dokunun retraksiyonunu da engeller. Bu nedenle kalsifiye disk ve osteofitin altını inceleyecek şekilde tur ve küretlerle çalışılmalıdır. Düşürülecek parçanın dura yapışık olup olmamasına dikkat edilmelidir. Duraya yapışık olan kalsifiye diskler ve ligamanlar itina ile ayrılmalıdır. Kord seviyesinde BOS boşalması sonrasında zaten sıkışık olan nöral doku dekompresyonu daha zorlu olabilmektedir. O nedenle yapışık olan dokuların rezeksiyonu mümkünse sona bırakılmalıdır. Bu seviyede dural yırtık yine de dikilmelidir. Genelde transmusküler cerrahi olduğu için kas kapanması fistül olmasına engel olmaktadır. Torakal alt pediküller arası mesafenin daha geniş olması nedeniyle daha kolay bir cerrahi mümkün iken üst torakalde dahi hemen hemen her seviyede bu işlemi uygulamak mümkün olmaktadır (Şekil 1).

## Genel Bakış

Asemptomatik ya da kısa süreli semptomatik torasik disk hernileri daha sık olmakla birlikte semptom veren kord basısına neden olan ve şikayetleri konservatif tedavilerle geçmeyen hastalarda cerrahi tedavi düşünmek gerekecektir (4). Semptomlar genel olarak patoloji bölgesine yakın orta hat ağrısı ve traseye uygun kök yayılımlı yan ağrıları şeklindedir. Kord basısına bağlı olarak yürüme bozukluğu nörolojik defisit de görülebilmektedir. Bir diğer problem de nadir de olsa sfinkter kusurları olabilmektedir.

Cerrahi tedavide de hastanın mevcut sıkıntılarının daha kötü bir nörolojik tablo ile çıkmaması önemlidir. O nedenle minimal retraksiyon yapılmalıdır.

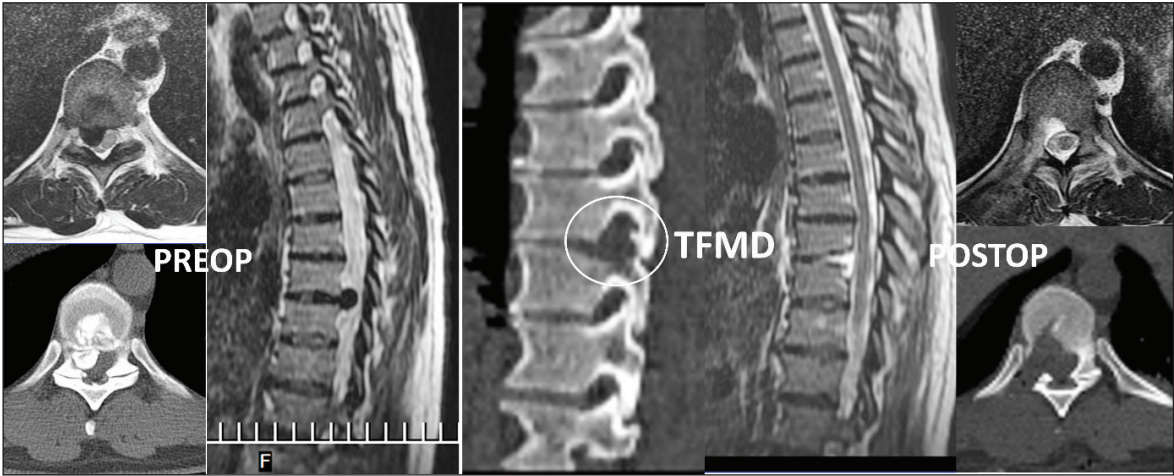
Minimal invaziv torakal disk cerrahileri içinde en minimali de transforaminal endoskopik ve mikroskopik diskektomi sayılabilir (7,13). Mikroskopik diskektomi için ek alet gereksinimi de yoktur. Standart cerrahi aletler yeterli olabilmektedir. Disk rezek-

siyonu sırasında küçük osteotomların olması, minik küretlerin olması yardımcı olacaktır.

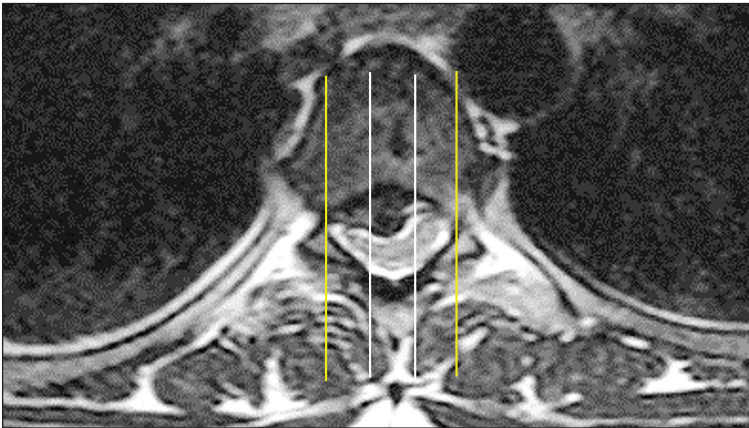
Her torakal disk hernisi için mikroskopik transforaminal yaklaşım tercih edilebilir (Şekil 2). Ancak girilecek tarafa göre, spinal kanalın karşı 1/3'üne kadar uzanan kalsifite diskler için yeterli olamayabilir. O nedenle bu hastalarda, aynı seans veya başka bir seansta bilateral transforaminal yaklaşım düşünülmelidir.

Aslından bu yaklaşım far lateral lomber mikrodiskektomiye benzediğinden öncelikle bu cerrahi yaklaşımı çokça uygulamış hekimlerin bu cerrahi yapmasını önermekteyiz. Küçük bir hasta grubunda bilateral transforaminal yaklaşım gerekmektedir.

Preoperatif değerlendirme bu hastalarda en önemli esaslardan birisidir. Her hastaya mutlaka BT çekilmelidir. Ayrıca torakalde disk seviyesi alt pediküle yakın olduğu için aşağıya doğru yerleşimli diskler için geniş pedikül rezeksiyonu gerekebilir. Ya da başka bir cerrahi yaklaşım seçilmelidir.



**Şekil 1.** 39 yaşında kadın hasta. T9-T10 kalsifiye disk hernisi. Preop ve TFMD sonrası postop görüntüleri. Orta sağdan transforaminal giriş sahəsi ve genişletilmiş foramen ile alınan kemik görülmekte.



## Şekil 2. Olgu Seçimi

- Tek tarafa lokalize paramedian ve lateral yerleşimli disk hernileri,
- Orta hattı geçmeyenler tercih,
- En fazla karşı 1/3'e uzanan
- Birden fazla seviyede ve aynı tarafta ise rahatlıkla yaklaşılabilir
  - o Ancak her biri ayrı bir TFMD



Kranyal ve/veya özellikle kaudal uzanımı fazla, kanalın 1/3 laterallerine uzanan, santral yerleşimli, geniş tabanlı ve kalsifiye disklerde, anterior yaklaşımlar tercih edilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Aizawa T, Sato T, Sasaki H, et al: Results of surgical treatment for thoracic myelopathy: minimum 2-year follow-up study in 132 patients. *J Neurosurg Spine* 2007;7:13–20
2. Albrand OW, Corkill G: Thoracic disc herniation. Treatment and prognosis. *Spine* 1979;4:41–46
3. Arce CA, Dohrmann GJ: Herniated thoracic disks. *Neurol Clin* 1985;3:383–392.
4. Arseni C, Nash F: Thoracic intervertebral disc protrusion: a clinical study. *J Neurosurg* 1960;17:418–430.
5. Bransford R, Zhang F, Bellabarba C, et al: Early experience treating thoracic disc herniations using a modified transfacet pedicle-sparing decompression and fusion. *J Neurosurg Spine* 2010;12:221–31.
6. Campbell E, Kite WC Jr, Whitfield RD: The thoracic herniated intervertebral disc syndrome. *J Neurosurg* 1957;14:61–67.
7. Dalbayrak S, Yaman O, Oztürk K, et al: Transforaminal approach in thoracal disc pathologies: transforaminal microdiscectomy technique. *Minim Invasive Surg.* 2014;2014:301945.
8. Debnath UK, McConnell JR, Sengupta DK, et al: Results of hemivertebrectomy and fusion for symptomatic thoracic disc herniation. *Eur Spine J* 2003;12:292–299.
9. Isaacs RE, Podichetty VK, Sandhu FA, et al: Thoracic microendoscopic discectomy: a human cadaver study. *Spine* 2005;30:1226–1231.
10. Lidar Z, Lifshutz J, Bhattacharjee S, et al: Minimally invasive, extracavitary approach for thoracic disc herniation: technical report and preliminary results. *Spine J* 2006;6:157–163.
11. Maiman DJ, Larson SJ, Luck E, et al: Lateral extracavitary approach to the spine for thoracic disc herniation: report of 23 cases. *Neurosurgery* 1984;14:178–182.
12. Perez-Cruet MJ, Kim BS, Sandhu F, et al: Thoracic microendoscopic discectomy. *J Neurosurg Spine* 2004;1:58–63
13. Regev GJ, Salame K, Behrbalk E, et al: Minimally invasive transforaminal, thoracic microscopic discectomy: technical report and preliminary results and complications. *Spine J.* 2012 Jul;12(7):570-6.



## 39

ENDOSKOPIK OMURGA CERRAHİSİNDE  
KOMPLİKASYONLAR VE YÖNETİMİ

Aydın Sinan Apaydın, Ahmet Gürhan Gürçay

Minimal invaziv spinal cerrahi teknikler günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Endoskopi ise giderek yaygınlaşan, minimal invaziv spinal cerrahi için önemli ve kullanışlı bir araçtır. Endoskopik servikal, torakal ve lomber cerrahi teknikler ilk başlarda disk herniasyonları için kullanılmasına rağmen gelişen teknoloji ve tekniklerle spinal dar kanal ve füzyon ameliyatlarında da kullanılmaya başlanmıştır (10, 13). Minimal invaziv spinal cerrahide amaç anatomik ve fizyolojik olarak en az hasar ile hedef bölgeye ulaşım nöral elemanlar üzerindeki baskının kaldırılmasıdır. Minimal invaziv endoskopik omurga cerrahisinde sıklıkla transforaminal, interlaminar veya translaminar yaklaşımlar kullanılmaktadır. Minimal invaziv spinal cerrahi teknikleri ile minimal kas, ligaman ve kemik hasarı oluşturulmakta olup yük taşıyıcı sistemler etkilenmemektedir ve böylece cerrahiye bağlı instabilite riski en aza inmektedir. Endoskopik minimal invaziv spinal cerrahi sonrası hastanede yatış süresi kısaltılmakta, rehabilitasyon sürecinde daha hızlı ilerlenebilmekte ve işe dönüş süresi kısaltılmaktadır (30). Diğer yöntemlere göre daha az travmatik olan endoskopik minimal invaziv spinal cerrahi yöntemi ile iyileşme sürecinin daha hızlı ve daha ağrısız olması tercih nedenleri arasındadır (6). Spinal cerrahide endoskopik yöntemlerin kullanılmasında en önemli amaç, en az travma ile hedef anatomik bölgeye ulaşmaktır. Genel olarak yapılan minimal invaziv yaklaşım tanımlanan, klasik yöntemlerden farklı değildir. Bu ikisinin arasındaki fark daha görüntüsel olarak büyütülmüş dokuda çalışma, daha ufak cerrahi aletler kullanma ve daha küçük insizyonlarla cerrahi yapılacak bölgeye ulaşmaktır. Minimal invaziv cerrahi yöntemlerde, minimal anatomik hasar ile klasik cerrahi yöntemlerdeki gibi cerrahi hedef ve sonuç elde edilmektedir.

### Endoskopik Servikal Omurga Cerrahisinin Komplikasyonları ve Yönetim

Endoskopik servikal cerrahi girişimleri ilk olarak 2000 yılının başlarında kadavra üzerinde tanımlanmış olup 2001 yılında klinik kullanımı bildirilmiştir (26).

Güncel literatür incelendiğinde günümüzde servikal endoskopik disk cerrahisinin komplikasyonlarına yönelik ayrıntılı yayınlar bulunmamaktadır. Minimal invaziv spinal cerrahi ile klasik cerrahiye karşılaştıran Jeffrey ve ark. kan kaybının, operasyon sonrasında hastanede kalış süresinin ve ağrı kesici kullanımının azaldığını göstermişlerdir (18). Ancak Epstein, minimal invaziv spinal cerrahi ile klasik servikal foraminotomi arasında negatif risk-yarar oranının olduğunu ve klasik tekniklerin kullanılmasını desteklediğini açıklamıştır. Epstein, gerçek komplikasyon oranlarının bilinmediğini ve minimal invaziv cerrahi öğrenim sürecinin uzunluğu ve bu süre zarfında morbidite ve mortalite oranlarının yüksek olabileceğini savunmaktadır (11).

Endoskopik spinal cerrahi esnasında anterior servikal yaklaşımlarda karotis kılıf, posterior servikal yaklaşımlarda ise vertebral arter yakınından müdahale edildiği için yaralanma ihtimalleri yüksektir. En çok korkulan komplikasyonlardan biridir. Bu vasküler yaralanmaya bağlı komplikasyonları minimize etmek için endoskopik anterior servikal yaklaşımlarda karotis kılıf ve juguler venin yeri ve konumu iyi tespit edilmeli ve anatomik varyasyonlar iyi değerlendirilmelidir. Endoskopik posterior servikal yaklaşımlarda ise vertebral arter yaralanmasından kaçınmak için cerrahi öncesinde MR ve BT ile beraber BT anjiyografi görüntülemesi yapılması vertebral arterin konumu ve varyasyonlar hakkında cerraha yardımcı olacaktır ve vasküler yaralanma komplikasyon riskini azaltacaktır. Klasik posterior servikal yaklaşımlarda vertebral arter yaralanması oranı %0,3-0,5 arasında değişen oranlarda görünmesine rağmen (14) endoskopik spinal cerrahide vertebral arter yaralanması ile ilgili ayrıntılı literatür bulunmamaktadır. Karotid arter yaralanması ise Tzaan'ın 121 olguluk serisinde bir adet bildirilmiştir (34). Cerrahi bölgeye komşu anatomik yaralanma riski olan diğer yapılar ise özofagus, trakea, reküren laringeal sinir ve sinir kökleridir. Genellikle disfaji ile kendini gösteren özofagus yaralanması ihmal edildiği durumlarda osteomyelit, diskrit, sepsis, mediastinit ve mortalite ile sonuçlanabilecek durumlar oluşabi-

lır. Klasik anterior servikal cerrahide özofagus yaralanması görülme sıklığı %0,02-1,52 arasında değişen oranlardır (29). Endoskopik spinal cerrahide ise bildirilen özofagus yaralanması bulunmamaktadır. Trakea yaralanması trakeanın anatomik lokalizasyonu ve yapısı nedeniyle çok daha nadir görülen komplikasyonlardan biridir. Reküren laringeal sinir hasarı Chiu ve ark. 1200 hastada yaptığı çalışmada lazer termodiskoplasti ile perkütan mikrodekompresif endoskopik servikal disektomi cerrahisine sadece 1 hastada ses kısıklığı ile klinik vermiştir (7). Posterior servikal endoskopik cerrahide genellikle cerrahi esnasında termal hasar ve aşırı retraksiyona bağlı olarak sinir kök hasarı gelişebilir (22). Posterior servikal endoskopik cerrahide sinir kökü felci görülme sıklığı cerrahi tekniğe ve yaklaşıma göre değişkenlik göstermekte olup %1,5-4,5 arasında değişmektedir (22,36).

Endoskopik servikal cerrahide görülebilecek diğer komplikasyonlardan biri de cerrahi esnasında dura hasarına bağlı beyin omurilik sıvısı kaçağıdır. Diğer komplikasyonlarda olduğu gibi cerrahin tecrübesi dura hasarı görülme sıklığını etkilemektedir. Literatürde dura hasarı görülme oranı %2-8 arasında değişmektedir (1).

Endoskopik cerrahi esnasında da diğer cerrahi yöntemlerde olduğu gibi en çok görülen komplikasyonlardan birisi de hematomdur. Cerrahi esnasında kanama kontrolü yapılarak ilerlenilmesi, oluşabilecek hematoma riskini azaltmaktadır. Hematomdan kaçınılmasının en önemli sebebi özofagus veya spinal kord gibi komşu anatomik bölgelerde oluşabilecek basılardan kaçınılmaktır. Ruetten' nin 103 hastalık serisinden oluşan bir çalışmada sadece bir hastada yüzeysel hematoma oluştuğu bildirilmiştir (30).

Yanlış spinal mesafenin cerrahisi, yetersiz disektomi, postoperatif enfeksiyon gibi görülebilecek diğer komplikasyonlarda sık karşılaşılmaktadır. Ancak literatürde klasik cerrahi ile karşılaştırılacak çalışmalar bulunmamaktadır.

Postoperatif takipte en çok kullanılan fonksiyonel skalalardan biri MacNab kriterleridir (Tablo 1). Endoskopik servikal cerrahide başarıyı etkileyen en önemli faktörlerden birisi uygun hasta seçimidir. Başarı oranları değişik serilerde MacNab değerlendirilmesine göre %40-85 arasında mükemmel, %30-40 arasında iyi, %15-30 arasında orta ve %8-15 arasında kötü olarak bildirilmiştir (2, 25).

**Tablo 1.** MacNab Skalası

Mükemmel	Ağrı ve fonksiyonel kısıtlanma yok
İyi	Hastanın normal işini ve günlük aktivitesini nadiren etkileyen ağrı
Orta	Fonksiyonel iyileşme mevcut, ancak normal iş ve günlük yaşantısını değiştirmesini gerektirecek derecede ağrı
Kötü	İyileşme yok ya da kötüleşme var ve yeni bir cerrahi tedavi gerekebilir

Bu oranlar klasik mikroskobik cerrahi veya açık cerrahi ile karşılaştırıldığında etkinlik açısından beklentileri karşılamayabilir. Ancak gelişen teknoloji, uygun hasta seçimi ve maliyetlerin düşürülmeye çalışılması gibi nedenlerle klasik mikroskobik veya açık cerrahinin yerine minimal invaziv yöntemlerin giderek artması öngörülmektedir. Öğrenme eğrisi ve uygun hasta seçimi ile kanıta dayalı klinik çalışmalar başarı oranlarının yükselmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak endoskopik servikal cerrahi ile klasik açık cerrahi karşılaştırıldığında benzer komplikasyon oranlarına sahip olmakla beraber postoperatif hastanede yatış süresi, analjezik tedavi süresi ve cerrahi esnasında kan kaybının azalması gibi durumlar ele alındığında endoskopik servikal cerrahi, beyin ve sinir cerrahi doktorlarının bu konuda tecrübelerinin artması ile daha sık tercih edilen bir yaklaşım olacaktır.

### Endoskopik Torakal Omurga Cerrahisinin Komplikasyonları ve Yönetim

Endoskopik spinal cerrahide teknolojik gelişmeler ve teknik ilerlemeler minimal invaziv spinal cerrahinin gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Torakoskopik omurga cerrahisi, klasik açık cerrahi ile aynı doğruluk ve bütünlük içerisinde torakal omurga patolojilerine ulaşmayı ve tedavi etmeyi sağlamaktadır (4).

Torakoskopik cerrahi ile ilgili klinik bildiriler 1910'da, Jacobaeus'un tüberküloz nedeniyle oluşan akciğer adezyonlarının teşhisinde ve lizisinde bir torakoskop kullanmasının ardından yayınlandı (20). Mack-Regan (23) ve Rosenthal (28) torakoskopun torakal omurga patolojilerinde kullanımını geliştirerek yaygınlaştırdılar. Torakoskopinin spinal hastalıklar için kullanımı ile ilgili ilk makale Mack ve ark. tarafından yayınlandı (23).



Torakoskopik yaklaşımlar sağdan ya da soldan yapılabilir. Sağ tarafta lateralde azygos veninden aorta kadar geniş bir spinal cerrahi alan bulunmaktadır. Torakoskopik cerrahi T3'den T10'a kadar kolaylıkla gerçekleştirilebilir. T9 omurga altında sol taraftan yapılacak yaklaşımlarda genelde omurganın sol posterolateral yüzündeki aort, diafragma içerisinden geçirilerek anterior pozisyona çekilir. Aort, vena kava ve vena azygos gibi majör vasküler yapılar korunmalıdır. Torakoskopik cerrahi tecrübelerimiz radyolojik tetkiklerin taraf seçiminden önce iyi değerlendirilmesi gerektiğini öğretmiştir. Cerrahi esnasında anatomik yapıların iyi bilinmesi ayrıca vasküler yapıların anatomik varyasyonlarının da bilinmesi cerrahi yaklaşımın en az sorun ve komplikasyonla gerçekleştirilmesine yardımcı eder.

Endoskop yardımcı veya tamamen endoskop ile torakal bölgeye anterior ve posterior girişimler mümkündür. Seçilecek cerrahi yöntem her ne olursa olsun torakal bölge anatomisine hâkim olmak gerekmektedir. Torakal omurga spinal kord dekompresyonu amacıyla yapılan cerrahilerde olabildiğince spinal kord manipülasyonlarından kaçınmak gerekmektedir. Torakal omurga patolojilerinde anterior olmayan minimal invaziv yaklaşımlarda yetersiz ve görüş alanı kısıtlılığı nedeniyle posterior alanın destabilizasyonuna neden olabilmektedir (5). Anterior yaklaşımlar ise posterior yaklaşımlara göre spinal kord için yeterli ve daha net görüş alanı sağlamaktadır. Ancak anterior yaklaşımlarda torasik bölgenin ve plevral kavitenin açılışından dolayı posterior yaklaşıma göre daha sık oranda komplikasyon görülebilmektedir (12, 23).

Torakal vertebra patolojilerinde arteriordan torakotomi ile cerrahi yaklaşımın postop akciğer problemleri, büyük damar yaralanma ve mediasten yaralanma riski, postoperatif dönemde şiddetli ve uzun süre devam eden ağrı nedeniyle önemli derecede morbidite artmaktadır (33).

Endoskopik omurga cerrahisinde komplikasyonlar genellikle anestezi ve akciğer ilişkili olmaktadır, hastanın cerrahi pozisyonuna ve cerrahi tekniğe bağlı olarak karşılaşılmaktadır. Yapılan bir derleme çalışmada endoskopik spinal cerrahilerde teknik ve komplikasyonlarıyla ilgili tüm komplikasyon oranı %42,3 olarak bildirilmiştir. İnterkostal nevralsi ve periton laserasyonu çok nadir görülmekte olup intraoperatif kan kaybı, postoperatif akciğer problemleri ve geçici sinir hasarlanmalarının daha sık görüldüğü bildirilmiştir (35). Komplikasyon oranlarının farklı olmasının altta yatan sebeplerinden başlıcaları; altta yatan patoloji, cerrahi yaklaşım teknik ve cerrahin endoskopik cerrahi deneyimine göre değişmektedir. Watanabe ve ark. ilk 4 yıl içerisinde karşılaşılan yoğun kanama

ve respiratuar komplikasyonların son 4 yılda anlamlı azaldığını bildirerek cerrahi tecrübeyle komplikasyon oranının azaldığını göstermişlerdir (35).

Endoskopik torakal omurga cerrahisi öncesinde ayrıntılı görüntüleme, detaylı anamnez ve fizik muayene yapılmalıdır. Öncesinde var olan kronik akciğer hastalığı gibi durumlarda dikkatli olunmalıdır. Cerrahi esnasında eğer tek akciğer havalandırılır ve akciğer uzun dönemde ventile edilmez ise akciğerde sekresyon artar ve cerrahi sonrasında atelektazi ve pnömoniye neden olabilir (19). Pnömoni ve atelektaziden korunmak için ameliyat esnasında sönmüş olan akciğerin her saat başı 5-10 dakika aralıklı olarak havalandırılıp, şişirilmesi önerilir (24). Cerrahi sürenin kısalması, preoperatif ve postoperatif akciğer solunum fizyoterapi desteği ile risk azalmış olur.

Endoskopik torakal omurga cerrahisinde cerrahi pozisyon da komplikasyon ile direkt ilişkilidir. Genelde patolojinin bulunduğu yere ve aortun pozisyonuna göre cerrahi yaklaşım değişmekle birlikte, çoğunlukla sağ lateral dekübit pozisyonunda alınır. Bu yaklaşım ile cerrah soldan çalışır ve vena cava inferior ile karaciğer yaralanması açısından daha güvenli bir pozisyon olur. Hastanın uzandığı tarafta fazla abduksiyon nedeniyle uzamış cerrahilerde brakial pleksus hasarı veya aynı taraflı fibula başında peroneal siniri basısı sonucu düşük ayak gelişebilir. Bu sebepten dolayı bası bölgeleri silikon jel pedlerle yeterli düzeyde doldurulmalıdır. Eğer yeteri kadar desteklenmezse basınç ülseri ve rabdomyoliz ile giden kas yıkımıyla birlikte böbrek yetmezliği gelişebilir (24).

Endoskopik torakal omurga cerrahisinde kullanılan endoskopik enstrümanlar plevral kaviteye yerleştirilirken çok dikkatli olunmalıdır. Akciğer parankimine ve intratorasik venlerde yaralanma olabilir. Göğüs boşluğunda büyük damar yaralanması sonucu postoperatif hava kaçağı ve intraoperatif ciddi kan kaybı görülebilir. Kan kaybı genellikle yeterli görüş açısı sağlanamaması nedeniyle yeterli hemostaz yapılamamasındandır (26). Özellikle torakal omurga burst kırıklarının tedavisinde epidural venöz pleksus ve segmental arterlerden kaynaklanan intraoperatif ciddi kan kaybı görülebilir. İnfior vena cava veya torasik aorta yaralanmaları hayati tehlike oluşturabilecek komplikasyonlardandır (25). Endoskopun trokarları yavaş ve dikkatli yerleştirilmeli ve interkostal sinirlere bası yapmadığından emin olunmalıdır. İşlem esnasında cerrah torakarlar yerleştirildiğinde her birinin plevral kavitenin içinde tüm dokuları tam kat geçtiğinden emin olmalıdır. Eğer tam kat geçmemiş olursa subkutanöz veya mediastinal amfizem gelişebilir.

Geçici interkostal nevralsi en sık görülen endoskopik torakal cerrahi komplikasyonlarından biridir. Genelde kendiliğinden birkaç hafta içerisinde iyileşir. Cerrahi bölgede dura mater yaralanması ile beraber BOS kaçağı olabilir. BOS kaçağı ile beraber baş ağrısı, menenjit ve yara yeri akıntısı ve enfeksiyon gibi komplikasyonlarda eşlik edebilir. Özellikle göğüs tüpü olan hastalarda negatif basınçla mevcut olan dural yaralanmaya bağlı BOS kaçağı artabilir. Böyle durumlarda hasta ilk 24 saat düz yatırılmalı, mayi desteği verilmeli ve tüp aspiratörle bağlantılı olmamalıdır. Ayrıca endoskopik torakal cerrahi esnasında parapleji gibi ciddi komplikasyonlarda görülebilir (17). Sonuç olarak öğrenme süreci zor olan endoskopik torakal omurga cerrahi tekniğinde bahsedilen komplikasyonları en aza indirmek için en önemli kriterler; hasta seçimi ve cerrahın tecrübesidir.

### Endoskopik Lomber Omurga Cerrahisinin Komplikasyonları ve Yönetim

Endoskopik lomber omurga cerrahi tekniklerine komplikasyonlar değişmekte olup son zamanlarda klinik tercih ve kullanımı ciddi oranda artış göstermektedir. Endoskopik transforaminal yaklaşımlarda teknik olarak “kör intradiskal dekompresyon”la başlamış, sonrasında hedef odaklı girişime dönüşmüştür (16). Bu yaklaşımın temel amacı foraminal pencerenin kullanılması yani transforaminal yolla yapılmasıdır. Transforaminal girişim tecrübesinin artması, endoskop ve cerrahi enstrümanlardaki gelişmeler ile kauda equina, inen ve çıkan sinirler, diğer nöral yapıların ekspozisyonunu ve gerektiğinde herniasyon dokusunun nöral dokulardan diseksiyon imkânı sağlamıştır. Aslında “üçüncü evre” veya “nöral doku diseksiyon evresi” diyebileceğimiz yeni bir tekniğe günümüzde ulaşılmıştır. Transforaminal yaklaşımda yanlış mesafenin opere edilmesi, dura ve sinir kökü yaralanması, intraabdominal yaralanmalar, vasküler yaralanmalar, epidural mesafenin kanaması, yetersiz dekompresyon görülen en sık komplikasyonlardandır. Mesafe tayini yapılırken çok dikkatli olunmalı ve mesafenin çift kontrol mekanizmasıyla belirlenmesi gerekir. Kanama kontrolünün iyi yapılması gerekmekte olup yeteri süre hemostaz yapılmalıdır. Cerrahi öncesi planlama intraabdominal yaralanmalar için çok önemlidir. Özellikle giriş açısı hesaplanırken retroperitoneal mesafenin genişliğine dikkat edilmelidir. En önemli komplikasyon yetersiz dekompresyondur. Choi ve ark. tek merkezde planladıkları transforaminal yaklaşım ile yapılan 10228 olgu üzerinde yapılan incelemede yetersiz cerrahi oranını %2,8 olarak saptamışlardır (9). Yetersiz dekompresyon yapılan cerrahilerde en büyük neden %33,6 ile

yanlış alet pozisyonudur. Diğer nedenler ise santral yerleşimli herniasyonlar, migrate ve aksiller yerleşimli herniasyonlardır.

Transforaminal girişimlerde en önemli aşama spinal iğne ve buna bağlı olarak çalışma kanülü ve endoskopun yerleştirilmesidir. Santral ve aksiller yerleşimli herniasyonlarda ve migrate herniasyonlarda cerrah çok dikkatli olmalı ve deneyim derecesine göre davranmalıdır. Yetersiz dekompresyon sonucu hastanın preoperatif semptomları düzelmeyebilir. Bir diğer erken komplikasyon ise postoperatif başlayan yeni semptomlardır. Bu durum genellikle dikkatsiz iğne ve çalışma kanülü yerleştirme ile oluşan sinir yaralanması sonucu oluşur.

İğne yerleştirilmesi sırasında intraabdominal giriş yapılırken organ ve vasküler yaralanmalara dikkat edilmelidir. Lee ve ark. 10000 olguluk seride iki tane cerrahi girişim gerektiren 4 retroperitoneal hematoma olgusu bildirmişlerdir (2). Yumuşak doku enfeksiyonu, mesane enfeksiyonu ve dura hasarına bağlı BOS fistülü geç postoperatif komplikasyonlardandır.

Posterolateral endoskopik lomber diskektomi (PELD) tekniği Kambin’ in transforaminal yaklaşımı üzerine kurulmuştur (15). PELD yaklaşımı daha çok foraminal veya ekstraforaminal kullanıldığı gibi migrasyon gösteren disklerde de kullanılabilir (21). Klasik açık mikrodiskektomiye göre PELD tekniğinin paraspinal kasların korunması, hızlı iyileşme süreci, minimal postoperatif ağrı, kısa hastanede kalış süresi, minimal instabilite sebebi ve düşük oranlarda epidural skar gibi avantajları bulunmaktadır (8).

Posterolateral endoskopik lomber diskektomi komplikasyonları genel olarak epidural hematoma, sinir kökü yaralanması, dura hasarına bağlı BOS fistülü, motor ve duyu defisiti, erken ve geç dönem enfeksiyonlar olarak sayılabilir. Endoskopik diskektominin komplikasyonları standart mikrodiskektomi ile hemen hemen aynıdır. Bu komplikasyonlar sadece bu yaklaşıma özel değil genel olarak endoskopik lomber diskektomide karşılaşılan komplikasyonlardır (4). Cerrahi girişimin sonunda ve çalışma kanülünün çıkarılması esnasında epidural kanamalara çok dikkat etmek gerekir. Çalışma kanülü yerleştirilirken, sinir eksplorasyonu, herniye disk fragmanı çıkarılırken sinir kök hasarı oluşabilir. Çalışma kanülü yerleştirilirken uygun açı ve anatomide yerleştirmek gerekir. Postoperatif yara yeri enfeksiyonu diğer spinal cerrahi girişimlerde olduğu gibi görülebilir. İmmünsupresif tedavi alan, diabetes mellitus olan hastalarda daha dikkatli olup, gerekli tedavi önlemlerini almak gerekir.

Dura yaralanması olduğunda bir tüp içerisinde bunu tamir etmek kolay değildir. Mikro portegü eşliğinde ve küçük yuvarlak bir iğneli atravmatik iplik kullanılarak dura tamiri yapılabilir. Böyle durumlarda fasyanın da çok iyi kapatılması gereklidir. Bütün bu önlemlere rağmen BOS sızıntısı devam ediyorsa 3-4 gün süreyle lomber drenaj uygulanabilir.

Endoskopun ucundaki aydınlatmanın oluşturacağı termal etkiyi ortadan kaldırmak için cerrahi alanın sık sık yıkanması gerekir.

Tam endoskopik diskektomi ameliyatının da komplikasyonları standart mikrodiskektomiden farklı değildir. Genel olarak bu girişimlerin çoğunun uzun bir öğrenme süresi vardır. Ameliyatın başarısında ve komplikasyon görülme ihtimallerinde eğitim, tecrübe seviyesi ve uygun hasta seçimi çok önemli rol oynar.

## KAYNAKLAR

1. Adamson TE: Microendoscopic posterior cervical laminoforaminotomy for unilateral radiculopathy: results of a new technique in 100 cases. *J Neurosurg* 2001;95: 51-57
2. Ahn Y, Kim JK, Lee BH, et al: Postoperative retroperitoneal hematoma following transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Neurosurg Spine* 2009; 10: 595-602
3. Ahny Lee SC, Shin SW, Chung SE: Factors predicting excellent outcome of percutaneous discectomy: Analysis of 111 consecutive cases. *Neuroradiology* 46:378-384,2004
4. Al Sayyad MJ, Crawford AH, Wolf RK: Early experiences with video-assisted thoracoscopic surgery: our first 70 cases. *Spine* 29(17):1945-1951,2004
5. Börm W, Bazner U, König RW, et al: Surgical treatment of thoracic disc herniations via tailored posterior approaches. *Eur Spine J* 2011;(20):1684-1690.
6. Casimiro M: Short-Term Outcome Comparison Between Full-Endoscopic Interlaminar Approach and Open Minimally Invasive Microsurgical Technique for Treatment of Lumbar Disc Herniation. *World Neurosurgery* 2017;108:894-900
7. Chiu JC, Clifford T, Greenspan M: Percutaneous micro-decompressive endoscopic-cervical discectomy with laser thermolipolasty. *Mt. Sinai J Med* 67:278-282, 2000
8. Choi KC, Kim JS, Ryu KS, et al: Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5-S1 disc herniation: transforaminal versus interlaminar approach. *Pain Physician* 2013; 16: 547-556
9. Choi KC, Lee JH, Kim JS, et al: Unsuccessful percutaneous endoscopic lumbar discectomy: A single-center experience of 10228 cases. *Neurosurg* 2015;76(4):372-381
10. Englund J: Lumbar spinal stenosis. *Curr Sports Med Rep* 2007;6(1):50-5
11. Epstein NE: Minimally invasive/endoscopic vs 'open' posterior cervical laminoforaminotomy: do the risks outweigh the benefits? *Surg Neurol* 71:330-331, 2009
12. Fessler RG, Sturgill M: Review. Complications of surgery for thoracic disc disease. *Surg Neurol*; 1998(49):609-618.
13. Foley KT, Holly LT, Schwender JD: Minimally invasive lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003;28 (15 Suppl): S26-35
14. Golfinos JG, Dickman Ca, Zabramski JM, et al: Repair of vertebral artery injury during anterior cervical decompression. *Spine (Phila Pa 1976)* 1994 19:2552-2556. PMID:7855680
15. Guan X, Gu X, Zhang L, et al: Morphometric analysis of the working zone for posterolateral endoscopic lumbar discectomy based on magnetic resonance neurography. *J Spinal Disord Tech* 2015; 28: E78-84
16. Hijikata S, Yamagishi M, Nakayama T: Percutaneous discectomy: a new treatment method for lumbar disc herniation. *J Neurosurg* 1957; 5: 5-13
17. Huang TJ, Hsu RW, Sum CW, et al: Complications in thoracoscopic spinal surgery: a study of 90 consecutive patients. *Surg Endosc* 1999, 13 (4), 346-350
18. Jeffrey GC, Kalil GA, Steinmertz MP, et al: Minimally Invasive versus Open Cervical Foraminotomy: A Systematic Review. *Global Spine J* 2011;1:9-14
19. Krisht KM, Mumert ML, Schmidt MH: Management considerations and strategies to avoid complications associated with the thoracoscopic approach for corpectomy. *Neurosurg Focus* 2011, 31 (4), E14
20. Kuklo TR, Lenke LG: Thoracoscopic spine surgery: current indications and techniques. *Orthop Nurs* 19(6):15-22,2000
21. Lee S, Kim SK, Lee SH, et al: Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for migrated disc herniation: classification of disc migration and surgical approaches. *Eur Spine J* 2007; 16: 431-437
22. Lee U, Kim CH, Chung CK, et al: The Recovery of Motor Strength after Posterior Percutaneous Endoscopic Cervical Foraminotomy and Discectomy. *World Neurosurg*. 15:532-538, 2018
23. Mack MJ, Regan JJ, Bobechko WP, et al: Application of thoracoscopy for disease of the spine. *Ann Thorac Surg* 1993;(56):736-738
24. Perez-Cruet MJ, Fessler RG, Perin NI: Review: complications of minimally invasive spinal surgery. *Neurosurgery* 2002, 51 (S Suppl), S26-36
25. Pimenta L, Orduz RD, Parra ML, et al: Microendoscopic discectomy and interbody fusion (MEDIF): Results of a minimally invasive technique. *Acta Orthopædica Mexicana* 19 (Suppl. 1):11-14, 2005

26. Ragel BT, Kan P, Schmidt MH: Blood transfusions after thoracoscopic anterior thoracolumbar vertebrectomy. *Acta Neurochir (Wien)* 2010, 152(4), 597-603
27. Roh SW, Kim DH, Cardos AC, et al: Endoscopic foraminotomy using MED system cadaveric specimens. *Spine* 25:260-264, 2000
28. Rosenthal D, Dickman CA: Thoracoscopic microsurgical excision of herniated thoracic discs. *J Neurosurg* 89(2):224-235, 1998
29. Ruetten S: Full-Endoscopic Interlaminar Lumbar Discectomy and Spinal Decompression, In: Kim D, Kim Y.C, Kim K.H. *Minimally Invasive Percutaneeus Spinal Techniques*. Saunders, an imprint of Elsevier Inc, Philedelphia 2011, pp 351-359
30. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Full-endoscopic anterior decompression versus conventional anterior decompression and fusion in cervical disc herniations. *Int. Orthop.* 2009; 33:1677-1682
31. Sameer HH, Baum GR, Riley JP, et al: Esophageal perforation after anterior cervical spinesurgery a systematic review of the literatüre. *J Neurosurg Spine* 25:285-291,2016
32. Sasani M: Lumbar transforaminal endoscopic discectomy. *Türk Nöroşirurji Dergisi* 2009; 19(3): 201-208
33. Szabo V, Büki A, Doczi T, et al: Minimally invasive, extrapleural-anterolateral approach to the spine. *Ideggyogy Sz* 2018;71(9-10):293-301
34. Tzaan WC: Anterior percutaneous endoscopic cervical discectomy for cervical intervertebral disc herniation: outcome, complications, and technique. *J Spinal Disord Tech.* 2011 Oct;24(7):421-31.
35. Watanabe K, Yabuki S, Konno S, et al: Complications of endoscopic spinal surgery: a retrospective study of thoracoscopy and retroperitoneoscopy. *J Orthop Sci* 2007, 12(1),42-48
36. Wu PF, Liu BH, Wang B, et al: Complications of Full Endoscopic Versus Microendoscopic Foraminotomy for Cervical Radiculopathy: A Systematic Review and Meta-analysis. *World Neurosurg* 14:217-227, 2018



## 40

## LOMBER SPİNAL STENOZDA UNİLATERAL YAKLAŞIMLA BİLATERAL DEKOMPRESYON

Oğuzhan Dinç, Kudret Türeyen

## GİRİŞ

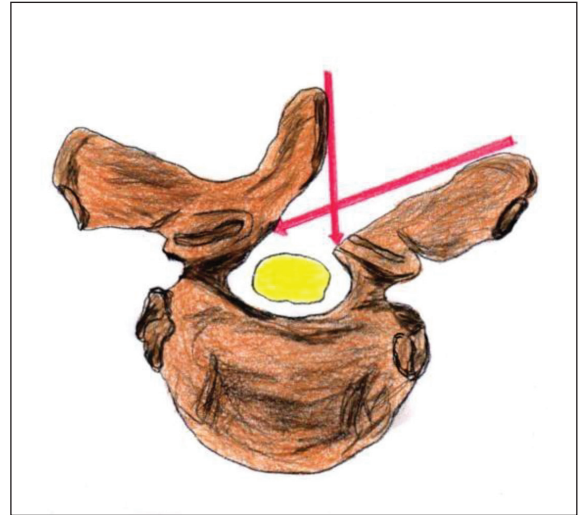
Lomber spinal stenoz, santral vertebral kanalın, lateral reseslerin ve intervertebral foramenlerin kemik ve yumuşak dokuda meydana gelen değişiklikler sonucunda daralmasıdır. Bu daralma konjenital veya edinil olabilir. Oluşan stenoz neticesinde nöronal yapıların basıya maruz kalması sonucu yürüme mesafesinde azalma, bel ve bacak ağrısı, yürümekle artan bacaklarda uyuşmalar ve alt ekstremitelerde nörolojik kayıplara sebep olabilir. Kaudal sinirlerin orta veya şiddetli derecede basısına bağlı belirti ve semptomları olan, konservatif tedavilere cevap alınamayan hastalarda cerrahi tedavi iyi bir seçenektir. Uygun vakaların yaklaşık %80'inde cerrahi tedavi sonuçları tatminkâr olsa da uzun vadede bu oran azalabilir. Sinir köklerinin hafif düzeyde sıkışması genellikle ameliyat kararı almak için uygun değildir. Çünkü bu vakalarda semptomların, özellikle de nörojenik klodikasyonun kesin stenoz kaynaklı olup olmadığını belirlemek gerekir. Bu nedenle erken cerrahi tedavinin sonuçları istenildiği gibi olmayabilir (13). Spinal stenoz konusunda, klasik laminektomi, bilateral laminotomi, tek taraflı laminotomi, spinöz proses ayırma tekniği, endoskopik cerrahiler, laminektomi ile birlikte füzyon cerrahileri, dinamik füzyon cerrahileri, hibrit cerrahiler gibi birçok cerrahi yöntem tanımlanmıştır. Genellikle 60 yaş üzerinde olan bu grup hastalarda, morbiditeyi azaltmak, hastaya en minimal müdahale ile en fazla faydayı sağlayabilmek adına son yıllarda lomber spinal stenoz cerrahisinde minimal invaziv girişimler daha da önem kazanmıştır.

Lomber dar kanala unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon son zamanlarda giderek artan bir şekilde kullanılan ve popüler olan minimal invaziv cerrahi bir tekniktir. Uygulanan bu teknik ile anatomik yapılara tek taraftan girilerek geniş iki taraflı dekompresyon sağlanır (16) (Şekil 1). Böylelikle paraspinal kaslara, spinöz proses, interspinöz ligament ve orta hat yapılarına verilebilecek iatrojenik zararlar en aza indirilmektedir. Posterior gerilim bantı sağlam kalmaktadır. Yirmibeş yıldan uzun bir süredir

kullanılmakta olan bu teknik, ilk olarak McCulloch ve Young tarafından tanımlanmıştır (9,10). Geleneksel laminektomi ile yapılan cerrahi dekompresyon da yeterli bir nörolojik iyileşme sağlayabilir. Ancak unilateral yaklaşımla yapılan bilateral dekompresyonda orta hat destekleyici yapıların ve kontralateral lomber kas sisteminin, spinöz proseslerin bütünlüğü korunur (2,12).

## CERRAHI TEKNİK

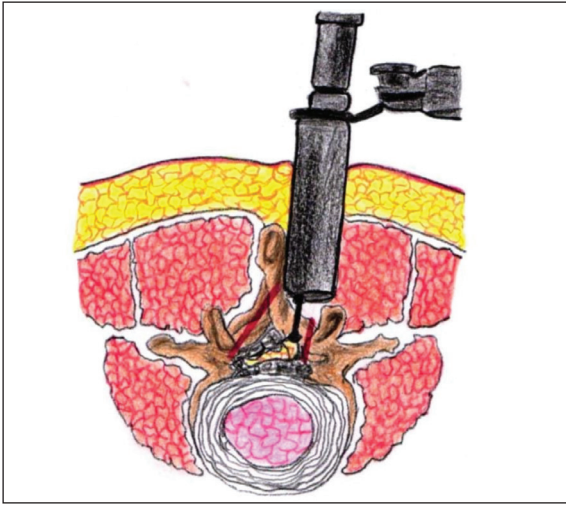
Unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon, standart posterior omurga cerrahisinde olduğu gibi, hastanın ameliyat masasına yüzüstü olacak şekilde (prone pozisyonda) yatırılmasıyla gerçekleştirilir. Hastalar genel veya spinal anestezi altında ameliyata alınır. C kolu skopi yardımıyla seviye tespiti yapılır (Şekil 2). Teknik, genelde posterior orta hat lomber fasyanın insizyonu ve paravertebral kasların ipsilateral olarak diseksiyonunu gerektirir. Yaklaşımın yönü, hastanın genellikle patolojik bulgularının çok olduğu taraftan yapılır, nadiren de cerrahin el yatkınlığı dikkate alınarak belirlenir (11).



Şekil 1. Unilateral girilerek bilateral dekompresyon şematik gösterimi.

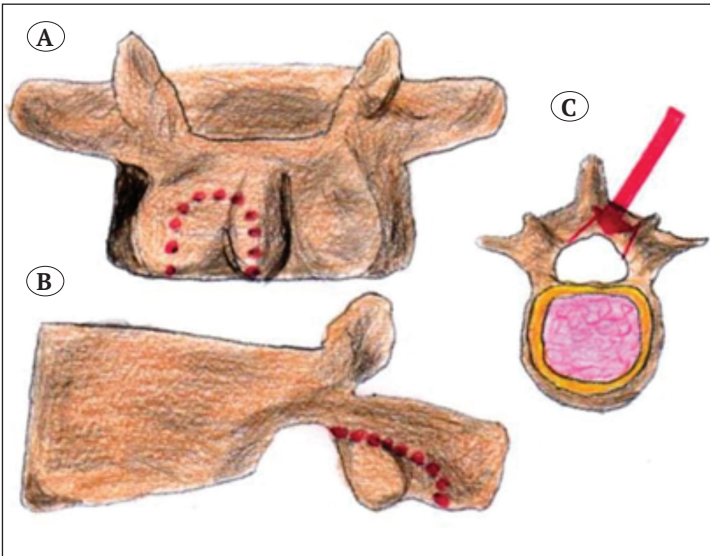


**Şekil 2.** Hastaya Wilson frame kullanılarak prone pozisyon verilmesi ve skopi ile mesafe tayini.



**Şekil 3.** Tubüler retractor aracılığı ile cerrahi sahanın ortaya konulması.

Kaslar sıyrıldıktan sonra kas ekartasyonu (Tercihe göre Taylor ekartörü veya tubuler retractor...vb kullanılabilir) sağlanır ve cerrahi alan ortaya çıkarılır (Şekil 3). Üst laminanın alt kısmı belirlenir ve laminotomiye buradan başlanır. Örneğin bir L4/L5 dekompresyonu için L4 vertebraının spinöz proses-lamina birleşiminden drilleme başlatılır (Şekil 4) (11). Mikroskop altında yüksek devirli drill yardımıyla ipsilateral hemilaminotomi yapılır. Bu drillemede diamond uç kullanmak daha güvenlidir. Bu hastaların büyük bölümü osteoporotik hastalar olduğu için diamond uç kullanmakta zorluk yaşanmaz. Kemik ile ilgili olan tüm işlemler bitene kadar ligamentum flavumu kaldırmamak, dura yaralanmasını en aza indirmek için bir koruma sağlar. Kemik dekompresyon sonrası ligamentum flavum eksizyonu yapılır. İpsilateral nöral kök çıkışıların rahatladığından emin olununcaya kadar bu işleme devam edilir (1). Stenoza neden olan



**Şekil 4.** Farklı açılardan laminektomi sahasının görünümü (A, B ve C).

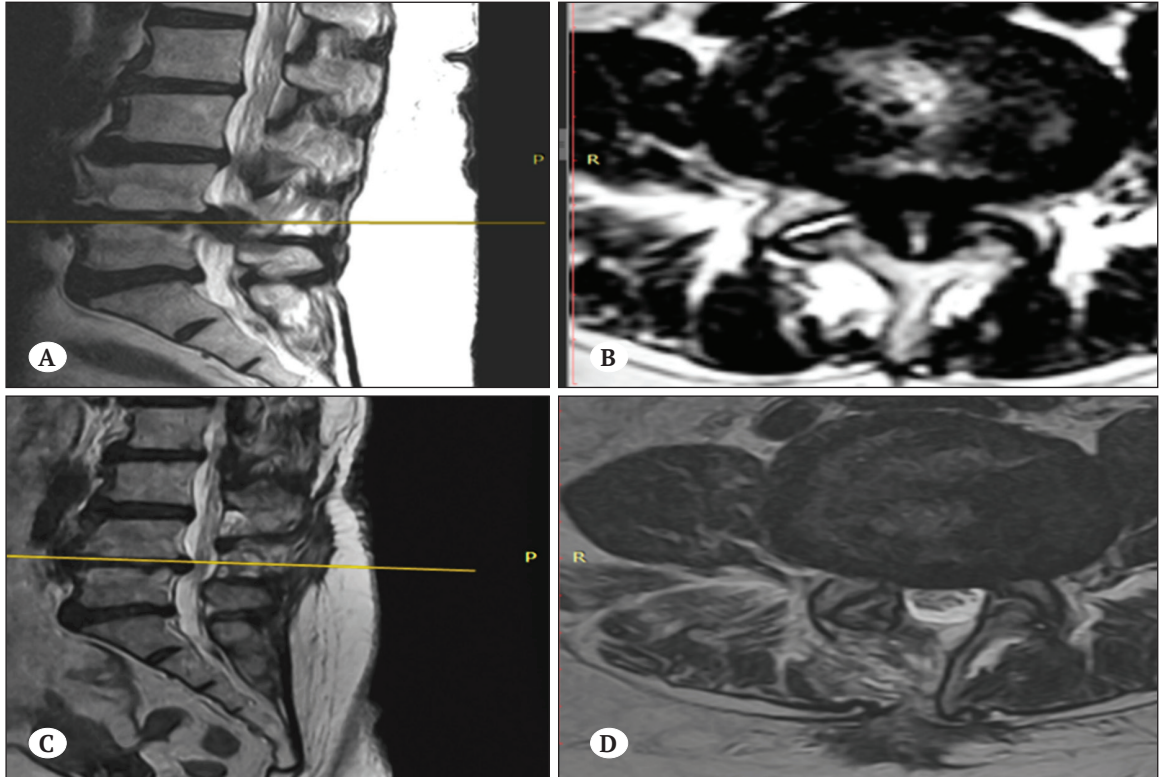
ve laterali daraltan kemik doku ve kalınlaşmış ligament, hipertrofik faset altından uygun açılı Kerrison rongeurlar ve küretler yardımıyla temizlendikten sonra aynı tarafın dekompresyonu foramen de kontrol edilerek sona erdirilir. İpsilateral kısımda faset altını küret ile temizlerken üst sinir köküne zarar vermemek için küreti oldukça kontrollü bir şekilde kullanmak gerekir. İnstabiliteye sebebiyet vermemek için gerekiyorsa faset ekleminden fazlasının alınmamasında fayda vardır. Rutin değildir ama çok gerekli görülürse ve gerçekten belirgin bası varsa, darlığa sebebiyet verdiği düşünülüyorsa mikrodiskektomi de eklenebilir. Ameliyatın devamında karşı taraf nöral kanalı daha rahat görebilmek için cerrahin tercihine göre ameliyat masasına karşı tarafa doğru eğim ve mikroskoba uygun yönde aç verilir. Yüksek devirli drill spinöz proses alt tarafında kullanılırken ligamentum flavum koruyucu bir bariyer vazifesi yapması için korunur. Öncelikle yüksek devirli diamond uç yardımıyla spinöz proses alt kısmı ile laminanın kranyal ve kaudal bölümleri inceltilir. Supraspinöz ve interspinöz ligamentlerin korunması, stabilitenin korunması açısından önem taşımaktadır. Kemik ile ilgili işlemler bitince karşı taraf ve orta hat ligamentum flavum uygun rongeur ve punch kullanılarak alınır. Kanal çapı bu suretle rahatlatılmış olur.

Karşı tarafın flavumu alındıktan sonra karşı taraf fasetinin gerekirse medial kısımları da lateral resesler yeteri miktarda açılıncaya kadar alınabilir. Kontralateral nöral foramen çıkışı ve sinir kökünün rahatladığından emin olunduktan sonra çok gerekli olduğu düşünülüyorsa nadiren ipsilateral taraftan karşı tarafa uygun aletler yardımıyla diskektomi de yapılabilir. Kanal ve foramenler tekrar kontrol edilir, tüm basıların kalktığından emin olunduktan sonra ameliyat sonlandırılır (7,11).

## TARTIŞMA

### Endikasyonlar ve Kontraendikasyonlar

Ameliyat için ana endikasyon alt ekstremitelerde ve kalçada ağrı ve paresteziye sebep olan nörojenik klaudikasyodur. Semptomlar genellikle yürümekle ve belin ekstensiyon hareketi ile belirginleşir, fleksiyon ile azalır. Lomber omurgada stenoz varlığı manyetik rezonans görüntüleme yöntemiyle görüntülenmelidir (8) (Şekil 5). Lomber kanal stenozuna bağlı olarak nörolojik klaudikasyo gelişen hastalar, lateral reses stenozu sonucu radikülopatisi olan hastalar ve santal lomber kanal stenozu ile birlikte faset eklem kisti olan hastalar unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon cerrahisi uygulanması açısından değerlendirilir.



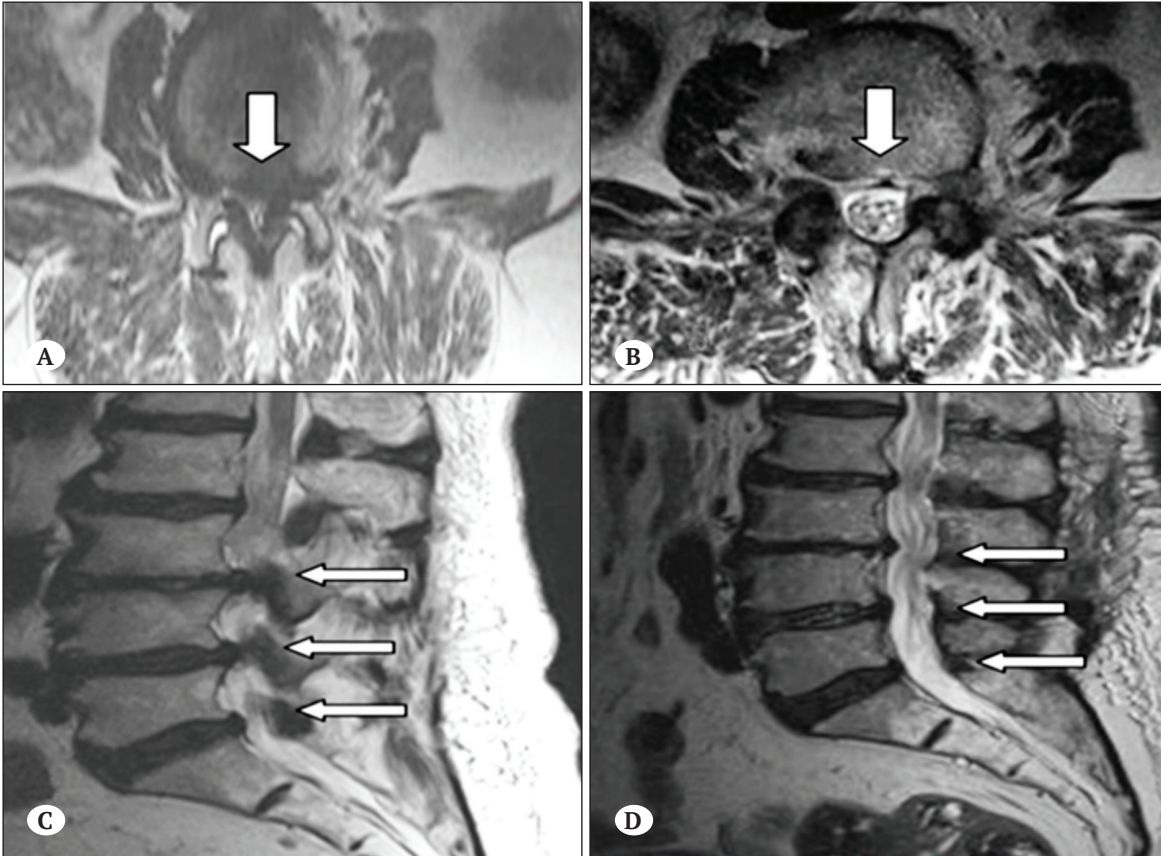
**Şekil 5.** Tek seviyeli spinal stenoz. Pre op sagittal (A) ve aksiyal (B) MR görüntüleri. Post op 16. ayda sagittal (C) ve aksiyal (D) MR görüntüleri.



dirilebilirler. Geçirilmiş lomber cerrahi hikayesi olan hastalarda bilateral dekompresyon cerrahisi gerekli olabilir. Bu nedenle bu tür vakalarda tek taraflı yaklaşım uygun olmayabilir. Kontralateral taraftaki dekompresyon nöral foramenin girişine veya orta bölgesine kadar ulaşabilir. Ancak nöral foramenin çıkışında veya uzak yerleşimli bir stenoz söz konusu ise yine unilateral yaklaşım yeterli olmayabilir. Pediküllerin normalden kısa olduğu konjenital stenozlu hastalarda ve darlığın baştan sona kadar aynı çapta olduğu vakalarda da unilateral yaklaşım ile bilateral dekompresyon cerrahisi uygun bir seçenek olmayabilir (11). Hastanın uygulanacak girişim açısından bilgilendirilmesi, gerekli eğitimin verilmesi ve hekim ile hastanın ortak bir şekilde süreci devam ettirmeleri, cerrahi tedavinin sonuçları açısından önem arz etmektedir (8). Bu operasyon sonrası hastaların varsa osteoporozu ile mutlaka mücadele edilmelidir. Beli doğru kullanma eğitimi verilerek yaşlarına uygun, kaslarını güçlendirici egzersizler ve fazla kilolular için diyet programları uygulanmalıdır.

Lomber omurga kanal darlıklarında, eşlik eden instabilite ve ağır dejeneratif değişiklikler söz konusu oldu-

ğunda stabilizasyon ve füzyon cerrahisi gerekebilir. Belirgin instabilite ve spondilolistezis yoksa dekompresyon cerrahisi yeterli olmaktadır. Amaç nöral yapıların yeterince rahatlatılması, omurga anatomisinin ve biyomekanik fonksiyonların mümkün olduğu kadar korunmasıdır. Unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon cerrahisi yapılan hastaların standart prosedür uygulanan hastalarla karşılaştırıldığı bir çalışmada, unilateral yaklaşım uygulanan hastaların ameliyat sürelerinin daha kısa olduğu, daha az kanama meydana geldiği, olası komplikasyonların daha az görüldüğü, hastanede yatış süresinin daha kısa olduğu ve ameliyat sonrası dönemde daha erken mobilize oldukları gözlenmiştir. Ek olarak, standart mikrocerrahi ile lomber disk hernisi yapan her nöroşirürjiyenin kolayca yapabileceği bir operasyondur (14). Bu girişim omurganın anatomik yapısını ve biyomekanik fonksiyonlarını mümkün olduğunca koruduğu için çok seviyeli lomber kanal darlıklarında da oldukça kullanışlı bir tekniktir (Şekil 6) (5). Ayrıca standart cerrahiye kıyasla biyomekanik fonksiyonların korunmasında daha etkilidir. Vertebral kolonun biyomekanikliğinin %80'inden fazlasını koruyan bir tekniktir (6).



**Şekil 6.** Çok seviyeli spinal stenoz. Pre op aksiyal (A) ve sagittal (C) MR görüntüleri. Post op 12. ayda aksiyal (B) ve sagittal (D) MR görüntüleri.

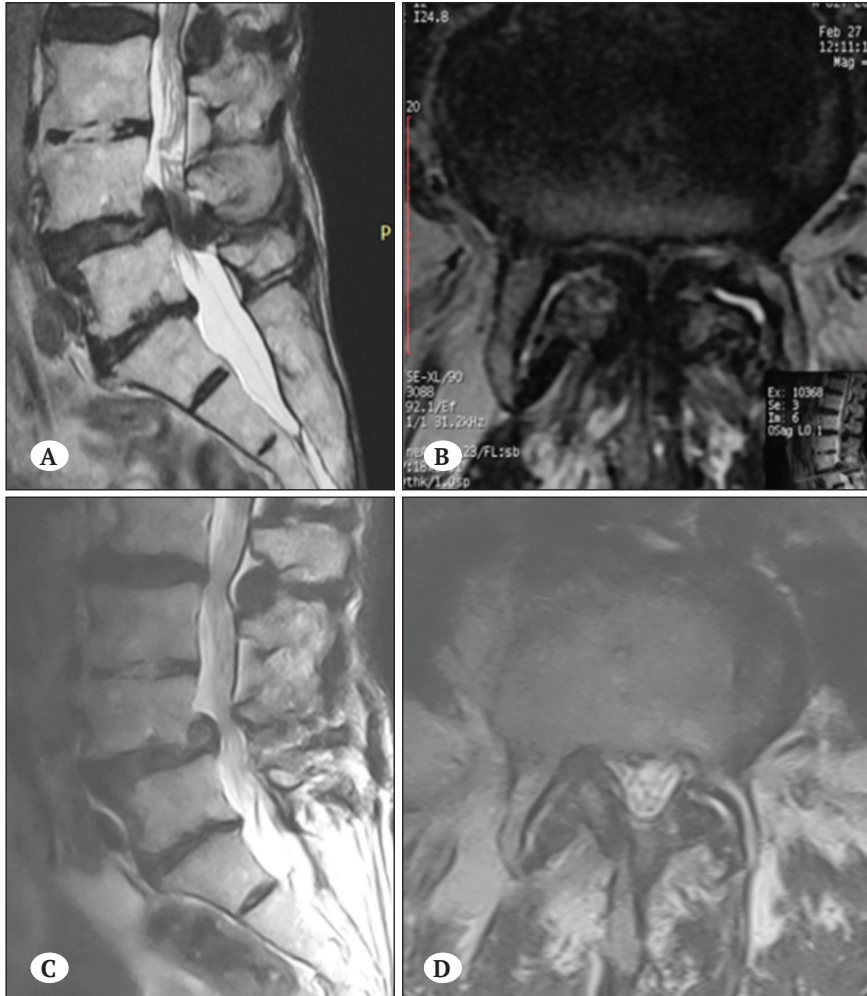


Minimal invaziv cerrahi uygulanan 75 yaş ve üzeri bir hasta grubu üzerinde yapılan çalışmada, ameliyat sonrası semptomatik bel ve bacak ağrılarının anlamlı oranda azaldığı, fiziksel fonksiyonların iyileştiği gözlenmiştir (15). Spinal stenoz cerrahisi yapılan hastalar genellikle 65 yaş ve üzeri hasta grubudur. Özellikle ülkemizde bu hastaların büyük çoğunluğu osteoporotiktir veya kemik kalitesi iyi değildir. Genellikle dejenere spinal stenoz gelişene kadarki doğal süreçte lateral ve anterior füzyonlar oluşmaktadır. Yani spinal kanal yıllar içinde daralırken vertebral kolon da kendisini stabilize etme çabasıdır. Eğer instabilite yoksa enstrümente füzyon cerrahileri uygulanması bir üstünlük sağlamaz. Bilakis bu yaş grubunda bu tip cerrahilerin majör ve minör komplikasyon oranları %40'lara kadar ulaşmakta, ileride enstrümanlara bağlı komşu segment daralması başta olmak üzere birçok ek sorunlar yaşanmaktadır. Hatta

grade 1 spondilolistezisi olan hastalarda dahi stabilizasyon önerilmemektedir (Şekil 7) (3,4).

## SONUÇ

Unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon, lomber spinal stenozlu hastalarda santral kanalın ve bilateral nöral foramenlerin genişletilmesinde etkili minimal invaziv bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Paraspinal kasların tek taraflı tam korunması, arka kolon biyomekanik yapısının %80'den fazla korunması, dolayısıyla iatrojenik instabiliteye sebep olmaması, bu tekniğin en önemli avantajlarından. Komplikasyon oranının düşük olması, hastanede yatış süresinin kısa olması, kanama miktarının az ve maliyetinin düşük olması da seçilmiş vakalarda tek taraftan yaklaşımla bilateral dekompresyon cerrahisini uygun bir seçenek olarak öne çıkarmaktadır.



**Şekil 7.** Grade 1 spondilolistezis ve spinal stenoz. Pre op sagittal (A) ve aksiyal (B) MR görüntüleri. 12 ay sonraki MR görüntüleri. Post op 12. ay sagittal (C) ve axiyal (D) MR görüntüleri.

**KAYNAKLAR**

1. Çavuşoğlu H, Kaya RA, Türkmenoğlu D, et al: Midterm outcome after unilateral approach for bilateral decompression of lumbar spinal stenosis: 5 years prospective study. *Eur Spine J* 2007 Dec;16(12):2133-2142.
2. Den Boogert HF, Keers JC, Marinus Oterdoom DL, et al: Bilateral versus unilateral interlaminar approach for bilateral decompression in patients with single level degenerative lumbar spinal stenosis: a multicenter retrospective study of 175 patients on post-operative pain, functional disability and patient satisfaction. *J Neurosurg Spine*. 2015 Sep;23(3):326-35. Epub 2015 Jun 19.
3. Epstein NE: Low reoperation rate following 336 multilevel lumbar laminectomies with non-instrumented fusions. *Surgical Neurology International*: Spine 2016, Vol 7, Suppl 13- A Supplement to Surgical Neurology International. S 331-336.
4. Försth P, Olafsson G, Carlsson T, et al: A randomized Controlled Trial of Fusion Surgery for Lumbar Spinal Stenosis. *N Engl J Med* 2016; 374:1413-1423.
5. Haba K, Ikeda M, Soma M, et al: Bilateral decompression of multilevel lumbar spinal stenosis through an unilateral approach. *J Clin Neurosci* 2005 Feb;12(2):169-71.
6. Hamasaki T, Tanaka N, Kim J, et al: Biomechanical assesment of minimally invazive decompression for lumbar spinal stenosis: a cadaver study. *J Spinal Disord Tech*. 2009 Oct;22(7):486-91.
7. Kaya A: Lomber spinal stenozun cerrahi tedavisinde unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon. *Türk Nörşir Derg*. 2009, Cilt:19 Sayı:3,209-215.
8. Lonne G, Cha TD: Minimally Invazive Decompression in Lumbar Spinal Stenosis: *JBJS Essent Surg Tech* 2016 Dec 28; 6(4):e41.
9. McCulloch JA: Microsurgery for spinal canal stenosis: the resculpturing or laminoplasty procedure. In: Williams RW, McCulloch JA, Young PH, editors. Rockville, Maryland: Aspen; 1990. Microsurgery of the lumbar spine:p87-93.
10. McCulloch JA, Young PH: Essentials of spinal microsurgery. Philadelphia: Lippincott-Raven;1998.
11. Mobbs R, MBBS, FRACS, et al: Minimally invazive unilateral laminectomy for bilateral decompression. *J Neurosurg Spine*. 2014 Aug;21(2):179-86.
12. Morgalla MH, Noak N, Merkle M, et al: Lumbar spinal stenosis in elderly patients: is aunilateral micro-surgical approach sufficient for decompression? *J Neurosurg Spine* 2011 Mar;14(3):305-12. Epub 2011 Jan 14.
13. Postacchini, Franco MD: Surgical Managment of Lumbar Spinal Stenosis, *Spine*: May 15,1999- Volume 24-Issue 10-p 1043-1047.
14. Rahman M, Summers LE, Richter B, et al: Comparison of Techniques for Decompressive Lumbar Laminectomy: the minimally invazive versus the classic open approach. *Minim Invazive Neurosurg* 2008;51(2):100-105.
15. Rosen DS, O'Toole J, Eicholz KM, et al: Minimally invazive lumbar spinal decompression in the elderly: outcomes of 50 patients aged 75 years and older. *Neurosurgery* 2007 Mar; 60(3):503-9; discussion 509-10.
16. Starzer B, Schnake KJ: Microscopic bilateral decompression by unilateral approach in spinal stenosis. *Eur Spine J*. 2016 Aug; 25(Suppl2):270-1.

## 41

LOMBER OMURGA CERRAHİSİNDE  
KOMPLİKASYONLAR VE YÖNETİM

Güngör Usta, Alparslan Şenel

**Komplikasyon tanımı**

Komplikasyon, Fransızca 'complicue' kelimesinden köken almış olup anlamı 'karmaşıklık' olarak ifade edilmektedir. Türk Tabipleri Birliği Meslek Etiği Kuralları 13. maddesine göre; komplikasyon, hekimin hiçbir kusuru olmamasına karşın tıbbi müdahale sonucu ortaya çıkan istenmeyen sonuç ya da sonuçlardır. Bir başka ifadeyle izin verilen risktir. Arıkan ve arkadaşlarına göre, hastanın veya doktorun elinde olmadan meydana gelen, istenmeyen olumsuz gelişmeler olarak kabul edilir (3).

Gerek hasta gerek hekim penceresinden bakıldığında zaman zaman komplikasyon ile birbirinden ayırmakta güçlük çekilebilen diğer bir konu malpraktis kavramıdır. Malpraktis, Latince "male" ve "praxis" kelimelerinden türemiş olup, hatalı uygulama anlamına gelir. Burada hatalı uygulama tıp mesleği için 'tıbbi hatalı uygulama' olarak düşünülmelidir. Türk Tabipleri Birliği Hekimlik Meslek Etiği Kurallarının 13. maddesine göre malpraktis, bilgisizlik, deneyimsizlik veya ilgisizlik nedeniyle bir hastanın zarar görmesi, hekimliğin kötü uygulanması anlamına gelir. Komplikasyon ve malpraktis ayrımı hekime karşı açılmış davalarda en belirleyici kriterdir.

Lomber omurga cerrahisinde komplikasyonlar en deneyimsizinden en deneyimliye kadar her cerrahın başına gelebilecek durumlardır. Doğru hasta seçimi, uygun pozisyon, doğru alet kullanımı, iyi bir aydınlatma ve doğru teknik komplikasyonlardan kaçınmada en önemli etkenlerdir. Bu komplikasyonları genel olarak şu şekilde sınıflandırabiliriz:

- Hastanın pozisyonuna bağlı komplikasyonlar
- Nörolojik komplikasyonlar
- Vasküler yaralanma
- Omurga dışı diğer organlarda (abdominal ve pelvik organlar vb.) oluşan komplikasyonlar
- Kanama

- Enfeksiyon (erken/geç)
- Spinal deformite ve instabilite
- Enstrüman ilişkili komplikasyonlar
- Diğerleri ( yabancı cisim unutulması, yanlış mesafe, vb.)

**Pozisyona Bağlı Komplikasyonlar**

**Kornea hasarı:** Ameliyat sırasında hastanın gözlerinin mutlaka kapatılıp korunması gerekir. Açık kalan veya başka bir yüzeye temas eden korneada ciddi tahribat ve aşırı irritasyon oluşabilir. Genellikle göz damlası ve pomatlarla kısa sürede iyileşme sağlanır.

**Görme kaybı:** Gözlere direkt bası veya hipotansiyon sonucu retinal arterde oklüzyon, retinada infarkt ve görme kaybı gelişebilir (21). Hastaya pozisyon verilirken gözlere bası olup olmadığı mutlaka kontrol edilmelidir.

**Periferik sinir zedelenmeleri:** Hastanın pozisyonuna bağlı olarak bası ve gerilme sonucu sinir zedelenmeleri görülebilir. Kolun aşırı abduksiyonu sonucu brakial pleksus, kolun ameliyat masasının kenarından sarkması sonucu radial, dirseğin fleksiyonda ve kompresyonda kalması sonucu ulnar, inguinal bölgenin basıya uğramasıyla lateral femoral kutanöz sinir basısına bağlı meralgia parestetika ve fibula başı seviyesinde bası ile peroneal sinir parezileri meydana gelebilir (30). Aşırı ekstremitte basısı olmaksızın pozisyon vermek, yumuşak yastıklar kullanmak bu komplikasyonları azaltacaktır.

**Omurilik hasarı:** Servikal spondilozu olan hastaların ameliyat sırasında boynunun aşırı ekstansiyona getirilmesi santral kord sendromuna neden olabilir. Özellikle yaşlı hastalarda boynun hiperekstansiyonda kalmamasına özen gösterilmelidir.

**Nörolojik Komplikasyonlar**

**Dura yaralanması:** Özellikle lomber disk cerrahisinde görülen bir komplikasyondur. Mikrodiskektomilerin %1.8'inde makrodiskektomilerin %5.3'ünde

görülür (27). Dura açılması en sık ligamentum flavum kesilirken, sinir kökü diseke edilirken ya da disk fragmanı duradan diseke edilirken oluşur. Diskektomi sırasında dura veya sinir kökü zedelenmesini önlemek için pituiter forseps ağzı kapalı olarak disk mesafesine sokulmalı, forseps çalışılan derinliğe ilerletilirken ağzı açılmalıdır. Dura açılırsa aspiratör içerisine sinir köklerinin aspire edilmemesine dikkat edilmelidir, bu ek nörolojik defisitlere neden olabilir. Dural zedelenme pamuk ile örtülmeli, ince çaplı aspiratörler kullanılmalı, aspiratörün emiş gücü azaltılmalı, dural yaralanma tam olarak ortaya konulmalı ve mümkünse beyin omurilik sıvısı (BOS) sızdırmayacak şekilde 6/0 ipekle sütüre edilmelidir. Küçük defektler gelfoam ile basitçe tampona edilebilir. Bu hastalar postoperatif 1-2 gün mobilize edilmemelidir. Dural zedelenme tamir edilmezse, psödomeningosel veya BOS fistülüne neden olabilir (11). Psödomeningosel bel ağrısı, radiküler semptomlar, intrakranial hipotansiyona bağlı baş ağrısı ve kronik subdural hematoma neden olabilir (5) (Şekil 1).

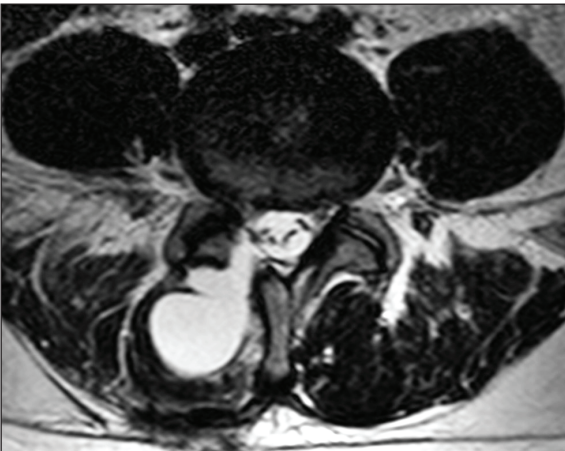
Küçük dural defekten kauda ekuina liflerinin herniye olması şiddetli bacak ağrısına neden olabilir. Dural defektin tamiri ile olguların çoğunda semptomlar düzelir. BOS fistülü gelişirse perkütan lomber kateter ile eksternal drenaj dura ve cerrahi sahanın iyileşmesine izin verir ve enfeksiyon riskini azaltır. Drenajdan 3-5 gün sonra BOS gelişi devam ederse reoperasyon düşünülmelidir.

**Sinir kökü yaralanması:** Genellikle sinir köklerinin anatomik varyasyonunun olduğu olgularda, identifikasyonun iyi yapılamaması sonucu oluşmaktadır. Büyük herniye olmuş disk materyalinin üzerinde yassılaştırmış sinir kökünü tanımada yetersizlik veya aksillar disk hernisinde sinir kökü lateralde olduğun-

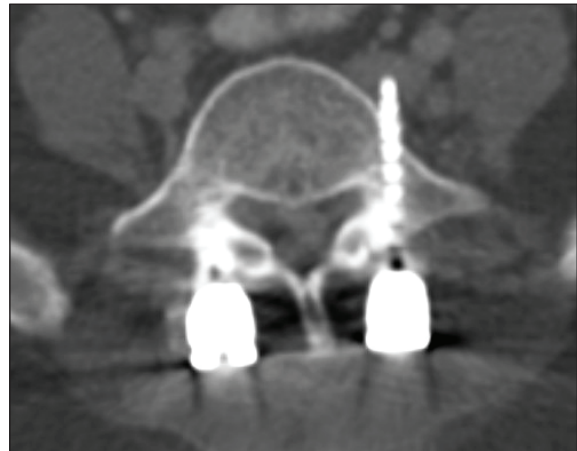
da zedelenme riski artmaktadır. Sinir kökü tam olarak identifiye edilinceye kadar anulus fibrosus kesilmemelidir. Sinir kökü kolayca ekarte edilene kadar yeterli miktarda kemik ve ligaman alınmalıdır. Yeterli aydınlatma ve büyütme, iyi kanama kontrolü sinir kökü lokalizasyonunu tanımada çok önemlidir. Monopolar veya bipolar koterin uygunsuz kullanımı termal zedelenmeye bağlı nörolojik defisitlere yol açabilir. Çalışılan bölgede sinir kökü iyice identifiye edilene kadar koter kullanılmamalıdır. Yine yüksek hızlı drill kullanımı sinir kökü yaralanması yapabilecek bir diğer etkidir. Nöral yapıları örtecek ve koruyacak şekilde cerrahi alanda pedi kullanılmalıdır. Lomber spinal cerrahi sonrası oluşabilecek en önemli komplikasyonlardan biri de 'kauda ekuina sendromu'dur. Nadir görülen bu komplikasyonda olguların çoğu uyandıklarında perianal duyu kaybı, idrar yapamama, bacak kaslarında güçsüzlük ve dermatomal uyuşuktan yakınır. Cerrahi yapılan seviyede kanalın dar olması olması cerrahi sonrası kauda ekuina sendromu gelişmesine öncü bir faktördür. Spinal stenozlu hastalarda sinir köklerinde arteriyel beslenme azalır, bu da kauda ekuina liflerini hasarlanmaya karşı daha hassas yapar. Laminektomi esnasında kauda ekuina liflerine direkt bası defisitlere neden olabilir. Stenoz varsa disk mesafesine ulaşmak için drill kullanımı, daha geniş laminektomi, küçük ve daha uygun aletlerin kullanımı bu komplikasyonu azaltılabilir.

### Vasküler Yaralanma

Lomber disk cerrahisinde görülebilecek nadir fakat çok ciddi komplikasyonların başında vasküler yaralanmalar gelir. En sık yaralanma 'ana iliak arter'de ve genellikle L4-5 seviyesinde meydana gelmektedir (1) (Şekil 2). Olguların yarısında disk mesafesinden belirgin bir kanama meydana gelir. Ameliyat sırasında



**Şekil 1.** Lomber disk cerrahisinden sonra gelişen psödomeningosel.



**Şekil 2.** Vida-damar teması, sol iliak arter.



veya anesteziyen sonra uyanma aşamasında açıklanamayan hipotansiyon ve taşikardi varlığında vasküler yaralanma mutlaka akla getirilmelidir. Gecikmiş vakalarda, alt batında büyüyen kitle, açıklanamayan anemi, alt ekstremitelerde şişme ve tromboemboli vasküler hasarı düşündürmelidir. Nadiren retroperitoneal hematoma lezyonu sınırlayabilir, daha sonra psödoanevrizma gelişebilir (10).

Lomber cerrahide damar yaralanması genellikle disk mesafesinin aşırı boşaltılması düşüncesinden kaynaklanır. Bu komplikasyon farkedildiğinde operasyon derhal sonlandırılmalı, hasta supin pozisyona çevrilerek hasar vasküler cerrahlar tarafından tamir edilmelidir.

### Abdominal ve Pelvik Organ Yaralanmaları

Posterior lumbosakral spinal girişimlerde üreter ve bağırsak yaralanmaları vasküler zedelenmeye kıyasla daha nadir görülen komplikasyonlardır. Birlikte vasküler zedelenme de olabilir. Üreterler omurganın anterolateralinde retroperitoneal olarak seyrederek, büyük damarlardan daha lateralde yerleşir, omurga ve psoas adalesi önünde, periüreteral yağ dokusu içinde uzanır. Pelvik kıyı seviyesinde iliak arterler üzerinden ventrale çaprazlar ve pelvis içine girer. Üreter en sık L4-5, daha az L5-S1 mesafesindeki disk cerrahisinde zedelenir (16). Tanı genellikle birkaç hafta gecikir. Klinik tablo karın ağrısı, distansiyon, hematüri veya üriner enfeksiyon şeklinde olabilir. İntravenöz veya retrograd pyelogram zedelenme bölgesini tam olarak gösterir. Olguların çoğunda ürolojik tamir mümkündür.

Bağırsak zedelenmesi disk mesafesinin ventral penetrasyonu sonucu nadir, fakat ciddi komplikasyonlardan birisidir. Smith ve ark. 5200 lomber disk cerrahisi serisinde 2 vaka bildirmişlerdir (26). Olguların çoğunda L5-S1 diskektomiden sonra ileumda zedelenme olur. İntestinal mukoza rongeur ile zedelenmişse intraoperatif tanı aşıkardır, aksi takdirde akut abdomen ile erken postoperatif dönemde, intestinal florayı işaret eden kronik yara enfeksiyonu ile geç dönemde teşhis konulabilir. Eksploratif laparotomi ve perfore olan kısmın onarılması gereklidir.

### Kanama

Lomber omurga cerrahisinde peroperatif kan kaybı ameliyatın büyüklüğüne göre, birkaç spancı kirletecek miktardan hastanın hayatını riske sokacak miktarlara kadar değişen seviyede olabilir. Bazen genişlemiş epidural venlerden ciddi kanama olabilir. Eğer kontrol edilemezse önemli miktarda kan kaybı olur. Aşırı kanama cerrahın tecrübesine göre vakaların %3.5-7.1'inde olmaktadır. Prone pozisyonun-

da aşırı kanama varsa yastıklar kontrol edilmelidir. Gereğinden fazla omurga posterior yüzeyi disseksiyonundan kaçınılmalı, kemikten olan kanamalar bone wax ile durdurulmalı, disk mesafesine girmeden önce epidural venler pedillerle kenara itilmelidir. Epidural venlerden olan kanamalar için koterizasyon işleminde ısrarcı olunmamalı, epidural mesafeye pedi veya pamuk konulup beklenmelidir. Topikal traneksamik asid(TXA)'in spinal cerrahi geçiren hastalarda postoperatif kan kaybını ve hastanede kalış süresini olumlu şekilde azalttığı bildirilmiştir (29). Hastanın daha geniş açıldığı posterior girişimlerde mutlaka dren kullanılmalıdır.

### Enfeksiyon

Lomber spinal cerrahiye bağlı enfeksiyon oranı %0.3-5 arasında değişmektedir. Mootaz ve ark. minimal invaziv disk cerrahisi uygulanan 4350 hasta serisinde bu oranı %0.09 olarak bildirmişlerdir (25). Enfeksiyon insidansı cerrahi işlem süresi 3 saati aşarsa artar. Diabet, uzun süre steroid kullanımı, obezite, uzun ameliyat süresi enfeksiyon gelişmesini kolaylaştırıcı faktörlerdir. Spinal cerrahi sonrası oluşan enfeksiyon, basit yüzeysel yara enfeksiyonu, fasya ve kasları kapsayan daha derin yerleşimli ya da disk mesafesini kapsayıcı şekilde olabilir.

**Yüzeysel yara enfeksiyonu:** Postoperatif dönemde ateş, yara yerinde şişlik, kızarıklık, hassasiyet gibi durumlarda yara yeri enfeksiyonu düşünülmelidir. Mümkünse sürüntü alınarak gram boyama ve kültür yapılmalı, klinik şüphe doğrulanırsa antibiyotik verilmelidir. Antibiyotik tedavisine rağmen, enfeksiyon veya enfeksiyon şüphesi devam ederse, yara debride edilmeli ve irrigasyon yapılmalıdır.

**Diskitis:** İntervertebral diskin enfeksiyonu ile birlikte subkondral vertebral yüzeylerin osteomyelitidir. Sıklıkla intervertebral disk cerrahisi sonrası veya hematogen yolla oluşur. Genel olarak %0.5; profilaktik antibiyotik kullanılmadan yapılan diskektomilerde %3.7 oranında görüldüğü bildirilmiştir (23). Diskitis kliniğinde genellikle semptomlar hemen kendini göstermez. Tanı konulana kadar haftalar hatta aylar geçebilir. Postoperatif 2 hafta ile 3 ay arasındaki sürede ortaya çıkan şiddetli bel ağrısı varlığında mutlaka diskitis ekarte edilmelidir. Yara yerine palpasyonda hassasiyet, postür bozukluğu, harekete karşı direnme isteği görülür. En belirleyici laboratuvar bulguları sedimentasyon hızının (genellikle 100 mm/saatten yüksek) ve C-reaktif protein (CRP) artışıdır. Erken dönemde radyolojik bulgular normal olabilir. Geç radyografik değişiklikler, disk mesafesinde daralma, end plate erozyonu ve marjinal osteofitlerin geliş-

midir. BT'de etkilenen disk mesafesinin hipodansitesi postoperatif 10 gün gibi erken bir dönemde tespit edilebilir, ancak çok güvenilir değildir. MR, akut dönemde, omurga ve disk mesafesi arasındaki sınıırın kaybolması ile birlikte T1 ağırlıklı kesitlerde azalmış, T2 ağırlıklı kesitlerde artmış sinyal intensitesi gösterir. Kontrastlı T1 ağırlıklı kesitlerde omurga ve disk mesafesinde homojen tutulum gösterir. Diskitis olgularının çoğunda 6-12 ay sonra disk mesafesinde spontan füzyon gelişir. Disk mesafesinin iğne aspirasyonu sıklıkla sterilidir. Organizma üretilbildiğinde en sık etken Staphylococcus'tur. 3-6 hafta intravenöz, sonrasında 3-6 hafta oral antibiyotik tedavisi önerilmektedir. Kronik enfeksiyon ve sonrasında ciddi dejenerasyonu önlemek için erken teşhis ve tedavi önemlidir.

**Osteomyelit:** İntervertebral disk enfeksiyonu komşu omurga cisminde yayılarak kemik dokuya invaze olabilir. Bu komplikasyon disk cerrahisinden sonra nadiren görülür. Osteomyelit nadiren lomber spinal cerrahiden 1-2 yıl sonra ortaya çıkabilir. Başlangıçta şiddetli disk mesafe enfeksiyonu şeklinde başlayabilir. Fakat daha sonra semptomlar giderek şiddetlenir. Sistemik semptomlar daha belirgin olabilir. Sedimentasyon hızı daima yüksektir. İlk düz grafilerde kemik tutulumundan şüphe edilebilir, seri grafilerle omurga cisminde yükseklik kaybı gösterilebilir. Tipik radyolojik bulgular birkaç aydan önce ortaya çıkmaz. BT, düz grafiden önce omurga cismindeki destrüksiyonu gösterebilir. MR, radyolojik değişiklikler görülmeden önce diskitis bulgularını gösterebilir. Yatak istirahati ve antibiyotik tedavisi yeterli olabilir.

**Epidural abse:** Lomber cerrahiden sonra çok nadiren görülür. Postoperatif dönemde progresif nörolojik defisit gelişen hastalarda özellikle şüphelenilmelidir. Şiddetli bel ağrısı, ilerleyici nörolojik defisit ve genellikle ateş görülür. MR tanı koydurucudur (Şekil 3). Tedavi dekompresyon ve antibiyoterapiyi içerir. Kliniğin hızlı kötüleştiği hastalarda acil cerrahi girişim gerekebilir (22).

### Spinal Deformite ve İnstabilite

**Kifoz:** Lomber bölgede kifoz, sıklıkla düz bel olarak bilinir ve lomber lordozun kaybını ifade eder. Deformitenin bu tipi geniş laminektomi veya fasetektomi yapılması, enstrümantasyon esnasında lomber lordozun korunmasının ihmal edilmesi sonucu oluşabilir. Düz bel sendromunun en sık semptomları ayakta durmada yetersizlik ve bel ağrısıdır.

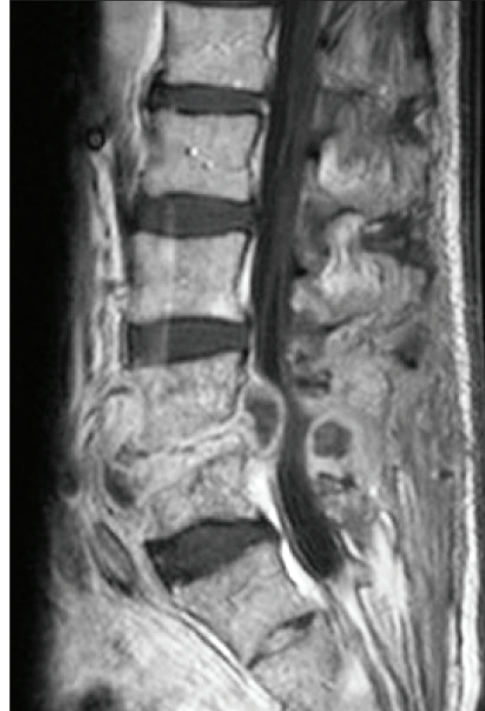
**Spondilolistezis:** Lomber spinal stabilitede en büyük rolü faset eklemleri oynar. Lomber cerrahide faset eklemlerinin önemli ölçüde bozulması veya alınması

deformite riskini artırır. Ayrıca laminektomi esnasında pars interartikularisin korunmaması postoperatif spondilolistezis gelişmesine yol açabilir.

**İnstabilite:** Agresif diskektomi mikroinstabiliteye neden olabilir. Bel ağrısı ön plandadır. Edinsel stenoz için laminektomi yapılan olgularda instabilite gelişme insidansı %3.7-20 arasında değişmektedir (2). İnstabilite gelişme riskini artıran faktörler; çok seviye lomber laminektomi, faset eklemının korunmaması, lomber diskektomi ve laminektominin birlikte yapılması, osteoporoz, çocukluk çağında laminektomi yapılmasıdır. Spinal lezyonların çıkarılmasında yüksek devirli drilllerle hemilaminektomi, lomber stenozda ise hemilaminektomi ile bilateral dekompresyon, geniş lezyonlarda ise laminotomi veya laminoplasti yapılması instabilite ihtimalini azaltacaktır (19). Yapılan cerrahi işlem esnasında instabilite gelişebileceği düşünülüyorsa aynı seansta dinamik enstrümantasyon veya füzyon ve enstrümantasyon faydalı olacaktır.

### Spinal Enstrümantasyona Bağlı Komplikasyonlar

İmplantın yerleştirilmesi esnasında veya sonrasında zaman içinde gelişebilen komplikasyonlardır. Ameliyat esnasında implant yerleştirilirken nöral dokularda hasarlanma, iskemi veya kanama gibi komplikasyonlar görülebilir. Geç dönemde ise implantın yer değiştirmesi, gevşemesi veya kırılmasına bağlı olumsuz

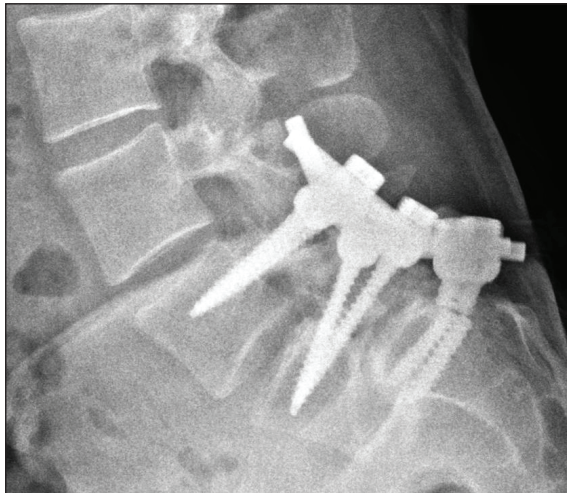


**Şekil 3.** Disk cerrahisi sonrası gelişmiş diskitis, osteomyelit ve epidural abse.

durumlar gelişebilir (8) (Şekil 4). Enstrüman ilişkili komplikasyonları genel olarak yanlış veya yetersiz enstrüman seçimi, enstrümanın-füzyon alanının yanlış kullanılması, yetersiz dekortikasyon, yetersiz greft kullanımı, psödoartroz, implantın gevşemesi-irilmesi, metal duyarlılığı, ağrı ve hassasiyet, paravertebral kaslarda atrofi, kemiklerde rezorpsiyon, enfeksiyon, korreksiyon kaybı şeklinde sıralayabiliriz.

Pedikül vidasının uygunsuz yerleştirilmesi literatürde %5-15 arasında bildirilmektedir (24). Pediküler vida yerleştirilmesine bağlı nörolojik yaralanma riski %0.6-11 arasında bildirilmiştir (28). Komplikasyonların çoğu vida gevşemesi veya enstrüman yorgunludur. Vidanın kendisi veya pedikül duvarının kırılmasına bağlı kemik fragmanlar sinir yaralanmasına, dura hasarına yol açabilir. Pediküler vida uygulaması yapılırken mutlaka intraoperatif görüntüleme yapılmalıdır (8). Vida kırılması %0.8-24.5 arasında görülür ve kaudaldeki vidaların kırılma olasılığı kranialdekilere göre daha fazladır. Lumbosakral spinal cerrahide kafes uygulamalarında da benzer komplikasyonlar görülebilir. Unilateral fiksasyon, kafes malpozisyonu-migrasyonu, vertebral korpus kollapsı, disk mesafesinin aşırı disktraksiyonu, geçici nörolojik defisit gibi durumlar ortaya çıkabilir.

**Psödoartroz:** Spinal cerrahinin geç dönem komplikasyonlarından. Spinal füzyon ameliyatı geçirmiş hastalarda önemli bir ağrı ve reoperasyon nedenidir. Hofler ve ark. torasik veya lomber füzyon ameliyatı geçirmiş hastalarda bu oranı %1.8 olarak bildirmişlerdir (14). İmplantasyon sonrası füzyon sağlanamayan hastalarda implant yetmezliği kaçınılmazdır. Kırılan enstrümanlar psödoartrozun belirleyici bulgusudur (13). İlk cerrahi sonrası psödoartroz oranı %11-17



**Şekil 4.** Posterior enstrümantasyon yapılmış hastada kırık S1 vidaları.

iken ikinci cerrahi sonrası bu oran %20'lere çıkmaktadır (4). Otolog kemik greftinin kullanılmaması veya artrodez uygulamasındaki yetersizlik psödoartroz riskini artırır (12).

**Komşu segment hastalığı:** Komşu segment hastalığı, spinal füzyon ameliyatından sonra gelişen dejeneratif disk hastalığı, faset eklem artrit, kifoz, stenoz, kompresyon fraktürleri, listezis ve instabilite gibi birçok durumu barındırabilen bir komplikasyonlar grubudur. Burch ve ark. bir meta-analiz çalışmasında, spinal füzyon ameliyatı geçirmiş hastalarda komşu segment hastalığına bağlı reoperasyon oranını %8 olarak bildirmişlerdir (6). Komşu hareketli segmentteki disk ve fasetlerdeki yükün arttığı bildirilmiştir. Komşu segmentteki hareket oranının artması füzyon yapılan segmentten hareketin komşu segmente aktarılması sonucu ortaya çıkar. Cunningham ve ark. posterior füzyon yaptıkları seviyenin komşu segmentindeki disk içi basıncın %45 oranında arttığını bildirmişlerdir (7). Füzyona katılan seviye sayısı ile ortaya çıkan komşu segment hastalığı arasında direkt ilişki mevcuttur. Etebar ve Cahill'in yaptıkları bir çalışmada ikiden fazla seviyenin füzyona dahil edilmesinin komşu segment hastalığı riskini artırdığını bildirmişlerdir (9).

**Crankshaft fenomeni:** Crankshaft fenomeni idiopatik, konjenital ve nöromusküler skolyozu olan pediatrik hastalarda görülen ve posterior spinal cerrahiden sonra oluşan progresif rotasyonel ve açılmal spinal deformitedir. Büyümesini tamamlamamış hastalarda posterior spinal füzyon sonrası omurganın anterior elemanlarının büyümeye devam etmesi sonucu oluştuğu düşünülmektedir (18).

### Diğer Komplikasyonlar

**Yanlış mesafe, yanlış seviye:** Hem hasta hem de cerrah açısından spinal cerrahinin hiç de hoş olmayan komplikasyonlarından biri de yanlış seviye-taraf cerrahisidir. 3505 beyin cerrahinin davet edildiği bir anket çalışmasında 415 cerrah anket sorularını yanıtlamış ve çalışma sonucuna göre %50'sinin en az bir kez yanlış seviye ameliyatı yaptığı bildirilmiştir (17). Ameliyat öncesi doğru taraf, doğru seviye hatta doğru hasta çok sistematik ve sıra içinde teyit edilmelidir. Özellikle insizyon yapılmadan hemen önce cerrah, hastanın doğru tarafında durduğunu ameliyathanedeki ekip ile teyit etmelidir. Yanlış seviye olduğu ameliyat sonrasında fark edilirse bu hastalara revizyon cerrahisi yapılmalıdır. Günümüzde özellikle skopi cihazının yaygın kullanıma girilmesiyle birlikte peroperatuar yanlış seviye açılışları azalmıştır.



**Yabancı cisim bırakılması:** Spañç, pamuk veya pedilerin sahada unutulması tekstiloma diye adlandırılan kütleli lezyonlara dönüşerek epidural veya paravertebral abseye neden olabilir (19). İsrarla iyileşmeyen, iyileşmesi geciken cerrahi yaralarda mutlaka yabancı cisim akla getirilmelidir. Hasta reopere edilerek yabancı cisim çıkarılmalıdır. İplere tespit edilen pedilerin kullanımı, spañcın bir ucunun cilt kesisinin dışında bırakılması veya kesileri küçük tutarak spañç kullanılmaması bu komplikasyonu azaltacaktır.

**Patolojinin gözden kaçırılması:** Mikrodiskektomi yapılan olgularda yetersiz ekspozura bağlı olarak patoloji atlanabilir. Preoperatif kaliteli MR ile doğru bir planlama yapılırsa bu komplikasyon azaltılabilir. Disk materyalinin pedikül, sinir kökü ve disk mesafesi ile ilişkisi iyi değerlendirilmelidir. İntradural veya intradiküler disk hernisi de kolayca gözden kaçabilir. Dura veya sinir kökü yeterince rahatlamazsa veya disektörle durada sertlik hissedilirse dura açılmalıdır (15).

## KAYNAKLAR

1. Akhaddar A, Alaoui M, Turgut M, et al: Iatrogenic vascular laceration during posterior lumbar disc surgery: a literature review. *Neurosurg Rev*. 2021 Apr;44(2):821-842.doi:10.1007/s10143-020-01311-5.
2. Arginteanu MS, Perin NI: Management of postlaminectomy instability. *Contemp Neurosurg* 19(7):1-7, 1997
3. Arıkan M, Kalkan E, Erdi F, ve ark. Tıp hukuku olgularında Malpraktis-Komplikasyon ayrımı: Tıp Fakültesi ve Hukuk Fakültesi Son Sınıf Öğrencilerinin Konuya Bakış Açısı, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Türk Nöroşir Derg* 26 (1):40-48, 2016.
4. Berven S, Kao H, Deviren V, et al: Treatment of thoracic pseudoarthrosis in the adult: Is combined surgery necessary? *Clin Orthop Relat Res* 2003;411:25-31
5. Bier AD, Soo TM, Claybrooks R: Subdural Hematoma After Microdiscectomy: A Case Report and Review Of The Literature. *Spine J*. 2009 Oct;9(10):e9-e12.
6. Burch MB, Wieggers NW, Patil S, et al: Incidence and Risk Factors of Reoperation in Patients With Adjacent Segment Disease: A meta-analysis. *J Craniovertebr Junction Spine*. Jan-Mar 2020;11(1):9-16.
7. Cunningham BW, Kotani Y, McNulty PS, et al: The effect of spinal destabilization and instrumentation on lumbar intradiscal pressure: an in vitro biomechanical analysis. *Spine(Phila Pa 1976)*. 15;22(22):2655-63, 1997
8. Dalbayrak S: Torakal Omurga Cerrahisinde Komplikasyonlar, Zileli M, Özer F(ed). Omurilik ve Omurga Cerrahisi, Cilt 2, İzmir: Saray Medikal Yayıncılık, 1997:1763-1772
9. Etebar S, Cahill DW: Risk factors of adjacent segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability. *J Neurosurg* 90:163-9, 1999
10. Fruhwirth J, Koch G, Amann W, et al: Vascular complications of lumbar disc surgery. *Acta Neurochir (Wien)* 138:912-916, 1996
11. Greenberg MS: *Spine and Spinal Cord*,(2010),18,442-452
12. Hassanzadeh H, Jain A, El Dafrawy MH, et al: Clinical results and functional outcomes of primary and revision spinal deformity surgery in adults. *J Bone Joint Surg Am*. Aug 7;95(15):1413-9, 2013
13. Heinig CF: Egshell procedure. In Luque ER(ed):*Segmental Spinal Instrumentation*, Thorofare, NJ:Slack, 1984, pp 221-230
14. Hoffer RC, Swong K, Martin B, et al: Risk of Pseudoarthrosis After Spinal Fusion:Analysis From the Healthcare Cost and Utilization Project. *World Neurosurg*. 2018 Dec;120:e194-e202.
15. Koç RK, Akdemir H, Öktem İS, et al: Intradural lumbar disc herniation: report of two cases. *Neurosurg Rev* 24:44-47, 2001
16. Krone A, Heller V, Osterhage HR: Ureteral injury in lumbar disc surgery. *Acta Neurochir (Wien)* 78:108-112, 1985
17. Mody MG, Nourbakhsh A, Stahl DL, et al: The prevalence of wrong level surgery among spine surgeons. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008 Jan 15;33(2):194-8.
18. Murphy RF, Mooney JF: The Crankshaft Phenomenon. *J Am Acad Orthop Surg*. 2017 Sep;25899:e185-e193.
19. Öktem İS, Akdemir H, Kurtsoy A, et al: Hemilaminectomy for the removal of the spinal lesions. *Spinal Cord* 38:92-96, 2000
20. Ökten Aİ, Adam A, Gezercan Y: Textiloma: a case of foreign body mimicking a spinal mass. *Eur Spine J*. 2006 Oct;15 Suppl5(Suppl 5):626-9.
21. Patil CG, Lad EM, Lad SP, et al: Visual Loss After Spine Surgery: a Population Based Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008 Jun 1;33(13):1491-6.
22. Rigamonti D, Liem L, Sampath P, et al: Spinal Epidural Abscess: contemporary trends in etiology, evaluation and management. *Surg Neurol* 52:189-196,1999
23. Rohde V, Meyer B, Schaller C, et al: Spondylodiscitis after lumbar discectomy. incidence and a proposal for prophylaxis. *Spine* 23:615-620, 1998
24. Sarwahi V, Wendolowski SF, Gecelter RC, et al: Are We Underestimating the Significance of Pedicle Screw Misplacement? *Spine(Phila Pa 1976)*. 2016 May;41(9):E548-55.
25. Shousha M, Cirovic D, Boehm H: Infection Rate After Minimally Invasive Noninstrumented Spinal Surgery Based on 4350 Procedures. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2015 Feb 1;40(3):201-5.



26. Smith EB, Debord JR, Hanigan WC: Intestinal Injury After Lumbar Discectomy. *Surg Gynecol Obstet.* 1991 Jul;173(1):22-4
27. Stolke D, Sollmann WP, Seifert V: Intra and Postoperative Complications in Lumbar Disc Surgery. *Spine*(1989) vol:14, no:1,56-59
28. Türkmen C: Torakolomber Posterior Enstrumantasyonun Komplikasyonları. Zileli M, Özer F(ed), *Omurluk ve Omurga Cerrahisi, Cilt 2.* İzmir: Saray Medikal Yayıncılık, 1997:1749-1763
29. Yerneni K, Burke JF, Tuchman A, et al: Topical Tranexamic Acid In Spinal Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Clin Neurosci.* 2019 Mar;61:114-119.
30. Yoshida S, Oya S, Matsui T: Risk factors of meralgia paresthetica after prone position surgery: Possible influence of operating position, laminectomy level, and preoperative thoracic kyphosis. *J Clin Neurosci.* 2021 Jul;89:292-296.



# 42

## SERVİKAL DİSK HERNİSİ OLGULARINDA ANTERİOR MİNİMAL İNVAZİV CERRAHİ TEKNİKLER

Serkan Civlan, M. Erdal Coşkun

Servikal disk hernisi ve servikal stenoz genellikle radikülopati veya myelopati bulguları ile kliniğe yansıyan sık görülen hastalıklardır. Servikal radikülopatide genellikle ağrı, parestezi ve motor güçsüzlük gibi klinik şikayetler görülürken, servikal myelopatide ise yürüyüş bozukluğu, motor güçsüzlük, el beceri kaybı, parestezi, miksiyon ya da defekasyon disfonksiyonları gibi bulgular görülür (13). Servikal disk hernisi ve stenozunda geleneksel cerrahi yaklaşımlar olarak anterior servikal diskektomi ve füzyon, posterior servikal foraminotomi, posterior laminektomi ve füzyon veya sadece laminektomi sayılabilir (21, 25). Son yıllarda anterior servikal cerrahi girişim düşünülen hastalarda uygun endikasyon dahilinde geleneksel cerrahi yaklaşımlar dışında minimal invaziv cerrahi teknikler sıkça uygulanmaya başlamıştır.

### PERKÜTAN ENDOSKOPIK SERVİKAL DİSKEKTOMİ

Servikal disk hernisinde altın standart cerrahi tedavi anterior servikal diskektomi ve füzyon operasyonudur. Günümüzde yüksek çözünürlüklü kameralar, ışık kaynakları, endoskopik optikler, yüksek hızlı drill ve irrigasyon sistemlerindeki gelişmeler, beyin cerrahi kliniklerinde endoskopik sistemlerin kullanımını artırmış ve dokuya daha az zarar veren etkili, güvenli tekniklerin gelişimine yol açmıştır (4, 26). Son yıllarda genel olarak perkütan uygulamaların gelişmesiyle özellikle spinal cerrahilerde perkütan girişimlerin rolü ve önemi artmıştır (19). Endoskopik cerrahi teknikler ilk yıllarda sadece spinal disk cerrahisinde kullanılırken son zamanlarda spinal stenoz cerrahilerinde de kullanılmaya başlanmıştır.

Minimal invaziv girişimler sayesinde sağlıklı doku daha çok korunmuş olup, operasyon süresi azalmış, postoperatif ağrı oranı azalmış, hastanede kalma süresi azalmış, intraoperatif kanama miktarlarında azalma görülmüş ve hastalar daha kısa sürede gündelik yaşamlarına dönmüştür (18, 22). Endoskopik girişimler, hastaları sadece semptomatik olarak

rahatlatmayı amaçlamayıp, aynı geleneksel cerrahi yöntemlerdeki gibi diskektomi, foraminotomi gibi etkin tedaviyi amaçladığı için son yıllarda arzu edilen tedavi yöntemi olmaya başlamıştır. Minimal invaziv cerrahi tekniklerin dezavantajları arasında, operasyon sırasında oluşabilecek komplikasyonlara karşı sınırlı bir cerrahi alan olmasından dolayı kısıtlı müdahale, her alandaki servikal disklerin yapılamayıp yerleşim yerlerine göre karar verilmesi, sadece yumuşak servikal disk herniasyonlarına uygun olması, sinir kökü dekompresyonu için küçük bir alan sağlanması ve cerrah için yüksek öğrenme eğrisi olması sayılabilir.

Perkütan servikal diskektomi ilk defa Tajima ve ark. tarafından tanımlanmış ve ardından servikal disk hastalığının tedavisinde çeşitli minimal invaziv teknikler uygulanmaya başlamıştır. Bu tekniklerden bazıları; kemonükleoz uygulamaları, anterior perkütan servikal diskektomi sonrası kemopapain uygulamaları ve lazerler, perkütan servikal dekompresyon olarak sayılabilir (3, 4, 18). Endoskopik anterior servikal girişimlerde yeterli dekompresyonun yapılabildiği gösterilmiştir. Bu yüzden servikal disk hernileri ve tek seviyeli spondiloz tedavisinde, geleneksel cerrahi tekniklerine iyi bir alternatif olarak düşünülebilir.

### Cerrahi Yaklaşımlar

Perkütan endoskopik servikal diskektomi (PECD) servikal disk hernisinin perkütan yöntemle anterior veya posterior girişim ile tedavi edilmesine dayanır. PECD deki temel hedef radiküler semptomlara ya da ağrıya neden olan yumuşak diskleri eksize etmektir. Cerrahin kararına göre yumuşak disk hernilerine anterior veya posterior girişim ile endoskopik yaklaşım yapılmaktadır (31). Endoskopik girişimlerde yaklaşımın şekline disk hernisinin zonuna göre karar verilmektedir. Spinal kordun lateral sınırlarının medialinde bası yapan yumuşak herniasyonlar için anterior yaklaşım yapılırken, spinal kordun lateral sınırlarının lateralinde yer alan herniasyonlar için posterior yaklaşım kullanılır (23, 31). Anterior yaklaşım, özellikle santral

ve parasantral disk hernilerinde etkili olmasına rağmen yumuşak foraminal disk hernilerinde de anterior yaklaşım kullanılabilir. Perkütan endoskopik servikal diskektomide komplikasyonlarını önlemek için anterior girişimlerde disk aralığının yüksekliğinin en az 3 mm olmalıdır. Hem anterior hem de posterior yaklaşımlarda ise sekestre disk fragmanının kraniokaudal yerleşimi vertebra korpusunun yarısını geçmemelidir (3).

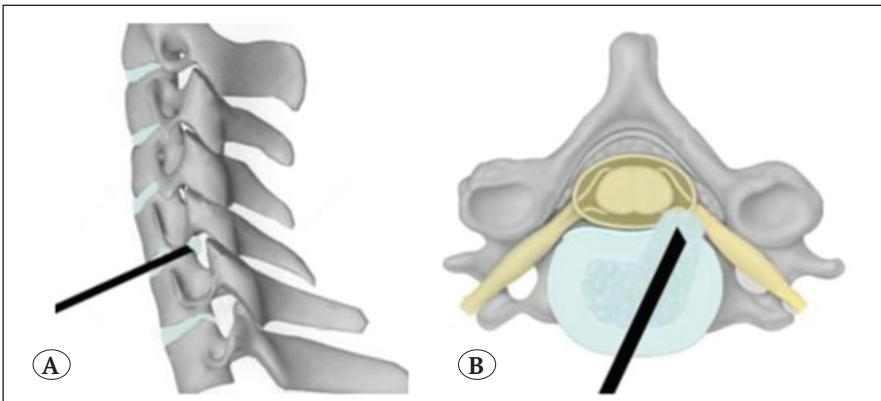
Perkütan endoskopik servikal diskektomi operasyonunu yapacak olan cerrah özellikle geleneksel açık servikal cerrahi konusunda deneyimli olmalıdır. Servikal cerrahilerde vasküler ya da visseral organ yaralanması olma ihtimali asla unutulmamalıdır. Minimal invaziv servikal girişimlerde ciddi komplikasyonlar meydana gelebilmektedir. Perkütan servikal cerrahide komplikasyon insidansı oldukça az olmasına rağmen, komplikasyon meydana gelirse derhal açık cerrahiye geçilmelidir. Yardımcı personel ve ekipmanlar bu tarz acil durumlar için her an hazır olmalıdır (3).

Lokal anestezi ile birlikte intravenöz sedatif ve analjezik ilaçlarında kullanılması moniterize anestezi bakımı olarak tanımlanmaktadır. Minimal invaziv endoskopik girişimlerde genellikle monitörize anestezi bakımı, lokal anestezi ile birlikte tercih edilen yöntemdir. İstenen sedasyon seviyesi hastanın havayolu ve reflekslerin korunduğu, sözel iletişime engel olunmadığı bilinçli sedasyondur. Hastayla ameliyat öncesi iyi bir iletişim kurulmalı ve ameliyathanede görsel ve işitsel uyaranlar kısıtlanmalıdır. Hastanın uyanık olması cerrah için intraoperatif dönemde hastayla iletişim kurmasına semptom ve bulguları değerlendirmesine avantaj sağlamaktadır (30). Gerekli olduğunda derin sedasyon veya genel anestezi uygulanabileceği unutulmamalı ekip ve ekipmanlar hazır durumda bulundurulmalıdır. Hasta supin pozisyonda başı hafif ekstansiyonda olacak şekilde operasyon masasına alınır. Servikal diske ulaşırken lateralde, sternocleidomastoideus kasının medialinde bulunan

karotis arteri ile medialde bulunan trakea ve özofagus dikkat edilmesi gereken yapılardır. Derin fasyanın pretrakeal tabakası mediale çekildiğinde derinde bu fasya ile birleşen prevertebral fasyada mediale çekileceğinden trakea, özofagus, larenks, troid, paratroid bezde mediale doğru çekilmiş olur. Karotis arterde cerrahi alandan laterale alındığında vertebralara arasındaki disk yapılarının anterior bölümleri parmakla hissedilir (18). SCM medialine göre karotis arter C3-4 seviyesinde daha medialde, C6-7 seviyesinde daha lateralde seyir gösterir. C7-Th1 seviyesinde ise pnömotoraks olmasını önlemek için daha medial yaklaşım önerilmektedir. Skopi ile kontrolü takiben disk mesafesine bir iğne yerleştirilir. Skopi ile seviye tespiti yapılarak iğne disk içerisinde ilerletilir. Herniasyon tipini ve basının kaynağını anlama amacıyla intraoperatif diskografi yapılabilir. İğne içerisinden disk mesafesine kılavuz tel yollar ve cilt üzerine 3 mm'lik kesi yapılır. Takiben kılavuz tel üzerinden sırasıyla dilatörler ilerletilerek çalışma kanülü için yer hazırlanır ve çalışma kanülü yerleştirilir (Şekil 1). Anterior yaklaşımda tüm dekompresyon işlemi disk içerisinden yapılmaktadır. Çalışma kanülü içerisinden kesici bıçakla diskin anulusu sirküler şekilde açılır ve mikroforsepler ve laserler yardımıyla disk temizlenir. Uncinate eklemler drill yardımıyla açılarak diskin çıkarılması kolaylaştırılabilir. Post operatif kifozdan korunma amacıyla diskin anterior bölgesi korunur. Disk mesafesi bolca yıkanır (1). Herniye diski küçültmek ve koagüle etmek için Holmium-yttrium-aluminum-garnet lazerler kullanılabilir (16).

### Endoskopik Anterior Servikal Transkorporal Diskektomi Tekniği

Yaklaşım anterior servikal diskektomi ile benzerlik göstermektedir. SCM medialine 1,5 cm'lik kesi yapılır ve Smith Robinson'un tarif ettiği şekilde carotis lateralde trakea, özofagus medialde kalacak şekilde küt diseksiyon yapılır (29). Üst vertebra korpusu üzerine skopi eşliğinde 13 mm'lik tübüler retraktör yerleştirir-



**Şekil 1.** Anterior girişim ile perkütan endoskopik servikal diskektomi şematik görüntüsü. **A)** Sagittal görüntü **B)** Aksial görüntü.



lır. Daha sonra içerisinde herniye diske doğru yönelimi sağlayacak şekilde 1 adet kılavuz pin yerleştirilir. Ardından kılavuz pin üzerinden 6,5 mm genişliğindeki kanüllü drill kullanılarak posterior longitudinal ligaman ve üst korpus inferior endplate'in birleşim yerine doğru bir kanal oluşturulur. Bu kanaldan diskin anterior yapısına zarar vermeden herniye olmuş ventral disk fragmanına ulaşılır ve çıkarılır (26).

### Endoskopik Omurga Cerrahisinde Cerrahi Ekipmanlar

Endoskopik spinal cerrahi tekniğin yeni yapıldığı ameliyathanelerde odanın kurulumu büyük önem taşımaktadır. Cerrah endoskop monitörünü, anatomik oryantasyon için C kollu skopi ekranını rahatça görebileceği ve operasyon sırasında kamera, cerrahi aletleri yönlendirebileceği bir ortam sağlamalıdır. Endoskopik omurga cerrahisinde kullanılan mevcut 4 temel endoskop sistemi vardır. Bunlar; perkütan endoskop (full endoskopik sistem), mikroendoskop, epiduroskop ve biportal endoskop olarak adlandırılır. Bunların içinde en sık kullanılan optik sistem ve çalışma kanülü içeren perkütan endoskop sistemidir. Full endoskopik spinal cerrahide kranial ve kaudal hareketle yeterli görüş alanı sağlamak amacıyla daha çok 25 derece açılı endoskop kullanılmaktadır. Küçük tek bir adet insizyonundan girilir. Çalışma kanülünün konik uç yapısı, endoskopu sert hareketlerden korur ve sinirin mediale doğru çekilmesini sağlar. Çalışma kanülünün çapı farklı olmakla birlikte genelde 3,5-4,8 mm arasında olmaktadır. Operasyon sırasında optiğin

ucunun kirlenmesini önlemek amacıyla belirli bir basınçla serum fizyolojik ile sürekli yıkama yapılır (4).

Perkütan endoskopik servikal disektomi de çalışma kanüllü endoskoplar çok önemlidir. Farklı firmalara ait çeşitli endoskop sistemleri olsa da aynı temel çalışma prensibine sahiptirler. Bir endoskop sistemi, ışık kaynağı ile beraber 0-25 derece rod lens kamera sistemi ve çalışma kanülünden oluşmaktadır. Çalışma kanülü, içerisinde çeşitli cerrahi aletlerin kullanılacağı şekilde tasarlanmıştır. Yumuşak dokuyu temizlemek ve herniye disk fragmanını çıkarmak için kullanılan disektör, kerrison rongeur, makas ve forsepsler, hemostaz ve doku ablasyonu için kullanılan radiofrekans koagülatörler ve lazerler kullanılan aletlere örneklerdir (Şekil 2). Günümüzde endoskopik spinal cerrahide daha geniş laminotomi ve foraminotomi yapma imkânı veren drill motor sistemlerinde kullanılmaktadır. Serum fizyolojik solüsyonla sürekli belirli basınçta yapılan irrigasyon, işlem esnasında görüntüyü netleştirmekle beraber aynı zamanda nöral koruma da sağlamaktadır (3).

Perkütan endoskopik spinal cerrahide dekompresyonun etkinliğini artırmak için endoskopik Ho-YAG lazer kullanılabilir. Lazerin amacı anulusun neovaskülarizasyonu bozmak ve herniye olmuş fragmanı temizlemektir. Mikroforsepsler ile çıkarılmayan dokular lazer ile küçültülüp yakılabilir. Endoskopik Ho-YAG lazer 0,3-0,5 mm arasında derinliğe etki etmektedir (2).



Şekil 2. Endoskopik omurga cerrahisinde ekipmanlar.

## Anterior Perkütan Endoskopik Servikal Diskektomi Endikasyonları ve Kontrendikasyonları (2, 4)

Anterior perkütan endoskopik servikal diskektomi için endikasyonları:

- 1) Servikal MRG ve BT' de yumuşak disk görünümü olması
- 2) Boyun ağrısı ve/veya radiküler semptomlar radyoloji ile uyumlu olması
- 3) Genel anestezinin yüksek risk verdiği yumuşak disk herniasyonuna bağlı radikülopatisi olan hastalar
- 4) Altı hafta boyunca konservatif tedaviye rağmen şikayetleri gerilemeyen hastalar

Anterior perkütan endoskopik servikal diskektomi için kontrendikasyonları:

- 1) Kalsifiye olmuş diskler
- 2) Belirgin segmental instabilite görülen hastalar
- 3) Şiddetli servikal spondilolitik myelopatisi olan hastalar
- 4) Disk aralığını daraltan ileri derece spondiloz
- 5) Disk hastalığına benzeyen nörolojik ya da vasküler patolojileri olması

Perkütan endoskopik servikal diskektomi cerrahisinde başarı oranı %51-94,5 arası değişmektedir. Klinik yakınma olarak radiküler kol ağrısıyla başvuran hastaların boyun ağrısıyla başvuran hastalara göre postoperatif dönemde daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Endoskopik cerrahide servikal disk herniasyonunun yerleşim yerine göre bakacak olursak lateral herniasyonu (foraminal ve posterolateral) olan hasta grubunda, santral herniasyonu olan hasta grubuna göre daha çok başarı elde edilmiştir. Doğru endikasyonlarla başarı şansı artmaktadır (1, 2).

Tek merkezli yapılan bir çalışmada perkütan endoskopik servikal diskektomi yapılan 116 hasta ortalama üç yıl takip edilerek retrospektif olarak değerlendirilmiş. Hastaların radikülopati ve boyun ağrıları VAS skorlarında anlamlı derecede azalma saptanmış ve yapılan işlemin %87,1 oranında başarılı olduğu belirtilmiştir (18).

Perkütan endoskopik servikal diskektomi yapılan, ortama yaşları 38 olan 19 hasta grubu içeren bir çalışmada ise sadece 1 hastada rekürren disk hernisi meydana gelmiştir. VAS ve NDI skorlarında anlamlı

düşüşler elde edilmiştir. Ortalama yaşı 32 olan 6 hasta grubuna servikal transkorporeal diskektomi uygulanmış ve VAS ve NDI skorlarında anlamlı düşüşler saptanmıştır (26).

Parihar ve ark. yaptığı çalışmada 187 kişilik hasta grubuna PECD yapılmış olup 29 aylık takiplerinde VAS skorları kol ağrısı için 6,7'den 1,7 ye, boyun ağrıları için ise 3,2'den 1,1'e azaldığı görülmüştür. Bu seride aynı zamanda intervertebral aralığa bir kafes ya da protez yerleştirilmemesine rağmen servikal lordozda düzleme sağlandığı belirtilmiştir (21). Farklı yayınlarda anterior servikal diskektomi ve füzyon (ASDF) işleminin, perkütan endoskopik servikal diskektomiye göre, servikal lordoz katkısının daha fazla olduğu belirtilmekle birlikte, perkütan girişimin kimi hastalarda lordozda düzelmeye kimisinde ise lordozda kayba neden olduğu görülmektedir. Ancak ortak bir sonuç vardır ki bu da radiografik servikal dizilime bakılmaksızın klinik sonuçlardaki iyilik hâlidir (11, 15). Bununla birlikte teorik olarak füzyonun servikal dizilime katkısı daha fazla gibi görülse de; perkütan endoskopik girişimlerde, füzyon cerrahisinden sonra görülebilen, psödoartroz ya da komşu segment hastalığı gibi istenmeyen durumlar görülmemektedir (20, 23, 25).

Jeffrey ve ark. yaptıkları çalışmada minimal invaziv spinal cerrahi teknikler ile geleneksel açık cerrahi teknikleri karşılaştırmış ve preoperatif kan kaybının, hastanede kalış sürelerinin ve postoperatif ağrı kesici kullanımının minimal invaziv yöntemlerde azaldığını saptamışlardır (6). Epstein ve ark. ise minimal invaziv spinal cerrahi ile servikal foraminotomi yöntemini karşılaştırdıklarında, açık cerrahi tekniklerinin kullanılmasını destelediklerini, minimal invaziv tekniklerin öğrenim süresinin uzunluğunu ve bu sürede mortalite ve morbidite oranlarının yüksek olabileceğini vurgulamaktadır (7).

Perkütan endoskopik servikal cerrahilerde anterior girişimlerde en korkulan komplikasyon karotis arter yaralanması, posterior girişimlerde ise vertebral arter yaralanmasıdır. Tzaan ve ark.'nın yayınladıkları 121 olgunluk seride sadece 1 adet karotid arter yaralanması raporlanmıştır (27). Literatür incelendiğinde anterior endoskopik servikal cerrahi sonrası raporlanan özofagus yaralanma olgusu bulunmamaktadır.

Perkütan endoskopik servikal girişimler, avantajları ve dezavantajları göz önünde bulundurularak, doğru endikasyonlarda başarı oranı yüksek olan ve günümüzdeki endoskopik teknolojilerin gelişimiyle birlikte kullanımı yaygınlaşan önemli bir cerrahi yöntemdir.

## SERVİKAL ANTERİOR MİKROFORAMİNOTOMİ

Servikal anterior mikroforaminotomi, omurgaya unkovertebral bölgede açılan küçük bir pencere yoluyla, disk mesafesini koruyarak, lezyon bölgesine doğru ilerlenip disk fragmanını veya osteofit parçasını çıkarmayı amaçlayan bir tekniktir. Bu tekniğin geleneksel olarak yapılan anterior servikal cerrahi tekniklere göre en önemli üstünlüğü hareketli segmentin korunmasıdır. Posterior servikal cerrahi tekniklere en önemli üstünlüğü ise posterior operasyonlarda yapılan indirekt dekompresyon yerine, anteriordan yapıldığı için foramenin önden direkt yolla dekompresyon yapılabilmesidir.

Servikal disk herniasyonlarında, cerrahi sonrası füz-yon gereksinimi yaratmadan, etraf dokuya en az zarar ile disk bütünlüğünü bozmadan, hedef bölgeye ulaşarak nöral yapıların dekompresyonu amaçlanmış ve günümüze kadar birçok farklı teknikler uygulanmıştır. İlk olarak 1958 yılında Cloward ve Smith tarafından tanımlanan anterior servikal disektomi sonrası, 1968 yılında Verbiest servikal disektomiyi (füzyonlu ve füzyonsuz) anterolateral yaklaşım ile uygulamıştır (28). 1976 yılında Hakuba bu girişimi modifiye ederek vertebral arteri mobilize etmeden gerçekleştirmiş ve transunkodiskal yaklaşım olarak tanımlamıştır (12). 1993 yılında Bernard George, karotisin lateralinden girerek unkovertabral bölge korpus ve disklerin lateral kısımlarının drillendiği oblik transkorporeal drillleme yöntemini uygulamıştır (8, 9). 1996 yılında ise Hae-Dong Jho, unsinat çıkıntıyı, diskin lateralini ve vertebra son plağı latera yüzeyini çıkardığı, servikal anterior mikroforaminotomi tekniğini ilk kez tanımlamıştır (14).

Anterior servikal mikroforaminotomi tekniği ile yapılacak cerrahide, uygun hasta seçimi başarı şansını oldukça etkilemektedir. Posterolateral osteofit veya disk fragmanı nedeniyle tek taraflı radiküler semptomlara neden olan spondilolitik radikulopati olguları uygun hastalardır. Şiddetli boyun ağrısı olan, her iki taraflı ağrısı olan, faset eklem kökenli osteofit basısı

olan, radyolojik olarak instabilite görünümüne sahip olgularda kontrendikedir (24).

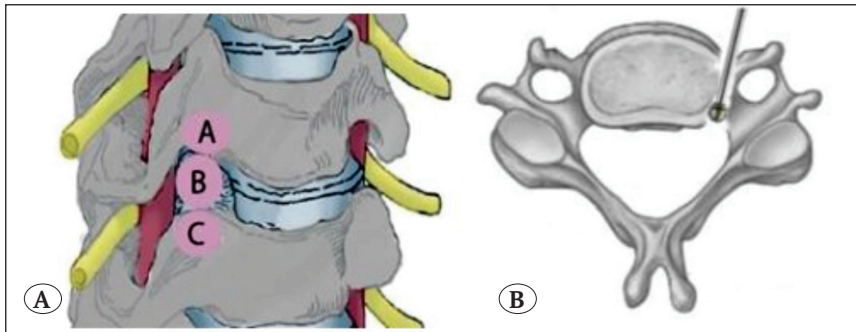
## Cerrahi Yaklaşımlar

Teknik supine pozisyonda genel anestezi ile mikroskop veya endoskop eşliğinde uygulanır. İnsizyonun orta noktası, orta hattan 3-4 cm lateralde olacak şekilde cilt, platizma, derin fasya, standart şekilde açılarak omurgaya ulaşılır. Seviye tespiti skopi ile doğrulandıktan sonra, longus coli kası ile örtülü olan unkovertebral bileşkeye ulaşmak cerrahi girişim için hedef alandır. Longus colli kasının diseksiyonu lateralde üst ve alt omurun transvers çıkıntısının medial kenarına, unkusun lateraline kadar ilerletilir. Longus coli kasının o seviyede kesilerek çıkarılması veya lateralden, medialden disseke edilmesi sırasında sempatik zincir ve vertebral arter komşulukları akılda tutulmalıdır. Ardından mikroskop eşliğinde yüksek devirli drill uç (1,8-2 mm'lik) ile uncus dillemeye başlanır. Drilleme sırasında medialde diski korumak için, lateralde vertebral artere yakın olmamak için ince bir kortikal kemik bırakılarak ilerlenir. Yukarıda ise luschka eklemi yüzeyinde görülen fibröz doku ve görülen osteofitler temizlenir. Posterior korteks drill ile yeterince inceltildikten sonra ince hook veya küretle alınır, osteofitler her yöne doğru temizlenir ve kemik dekompresyon tamamlanır. Sadece foraminal stenozu olan olgularda dekompresyon tek başına yeterlidir. Ancak yumuşak disk beraberliğinde posterior longitudinal ligament açılıp disk eksizyonu da uygulanmalıdır. Hemostaz sağlandıktan sonra anatomik katlar usulüne uygun kapatılarak cerrahiye son verilir.

Cerrahin deneyimi ve hedef lezyonun yerine göre drillenmenin başlangıç yeri ve genişliği değişebilir. Jho dört drilleme yöntemi tanımlamıştır (Şekil 3) (14):

**Üst vertebra transkorporeal yaklaşım:** Üstteki vertebranın alt yan kenarı drillenmeye başlanır. C6-C7 ve C7-T1 diskleri için uygundur.

**Transunkal yaklaşım:** Alt vertebra uncusu drillenmeye başlanır. C4-C5 ve C5- C6 diskleri için uygundur.



**Şekil 3.** Servikal anterior mikroforaminotomi şematik görüntüleri A) A- Üst vertebra transkorporeal yaklaşım B- Transunkal yaklaşım C- Alt vertebra transkorporeal yaklaşım. B) Servikal anterior mikroforaminotomi tekniğinde drilleme işlemi aksiyal görüntü.

**Alt vertebra transkorporal yaklaşım:** Alt vertebra'nın yan kenarı drillenmeye başlanır. C3-C4 diskleri için uygundur.

**Anterior servikal foraminoplasti:** Drilleme hem üst vertebra alt yan kenarı hem uncus hem de alt vertebra yan kenarını kapsar. Ciddi foraminal darlıklarda uygundur.

Anterior servikal mikroforaminotomi tekniğinde oluşabilecek en büyük komplikasyon vertebral arter yaralanması olabileceğidir. Yapılan literatür araştırmalarında bu teknik ile cerrahi yapılan olgularda vertebral arter yaralanması tespit edilmemiştir. Longus coli kası komşuluğunda bulunan sempatik zincir zedelenmesinde ise oluşabilecek horner sendromu akılda tutulması gereken bir komplikasyondur. Klasik anterior servikal diskektomi ve füzyon cerrahisine göre bu teknikte orta hatta doğru diseksiyon ve ekstansiyon yapılmadığından rekürren laringeal sinir yaralanması çok az görülür.

Sınırlı endikasyon aralığına sahip olmasına rağmen anterior servikal mikroforaminotomi tekniği ile doğru hastalarda çok iyi sonuçlar alındığı tespit edilmiştir. Choi ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada hastaların %92 oranında radiküler semptomlarının düzeldiği belirtilmiş ancak boyun ağrısı şikayetinde ise sadece %60-65 oranında düzelmeye gözlenmiştir (5). Yapılan çalışmalarda bu teknik tek taraflı radikülopatisi olan veya foraminal yumuşak disk herniasyonu olan hastalarda uygulandığında %80-95 aralığında iyi sonuçlar alındığı gözlenmiştir (14, 17). Literatür incelendiğinde istisna olarak Hacker ve Miller'in yaptıkları çalışmada diğer yayınların aksine başarı şansının çok yüksek olmadığını belirtmişlerdir. Hacker ve Miller'in yaptıkları çalışma anterior servikal mikroforaminotomi uyguladıkları olguların sadece %50'sinde mükemmel, iyi sonuç ve %30'unda ise tekrar ameliyat oranı bildirmiştir (10).

Anterior servikal mikroforaminotomi tekniği, endikasyonu doğru konulmuş hastalarda füzyon cerrahisine gerek kalmadan, hedef lezyona anteriordan direkt olarak ulaşan bir teknik olması nedeniyle, cerrahi deneyimler arttıkça, ilerleyen yıllarda sık kullanılmaya aday minimal invaziv bir tekniktir.

## KAYNAKLAR

1. Ahn Y, Lee S, Chung S, et al: (2005). Percutaneous endoscopic cervical discectomy for discogenic cervical headache due to soft disc herniation. 47(12), 924-930.

2. Ahn Y, Lee S, Lee S, et al: (2004). Factors predicting excellent outcome of percutaneous cervical discectomy: analysis of 111 consecutive cases. 46(5), 378-384.
3. Ahn YJE: (2016). Percutaneous endoscopic cervical discectomy using working channel endoscopes. 13(6), 601-610.
4. Ahn YJIO: (2019). Endoscopic spine discectomy: indications and outcomes. 43(4), 909-916.
5. Choi G, Lee SH, Bhanot A, et al: (2007). Modified transcorporeal anterior cervical microforaminotomy for cervical radiculopathy: a technical note and early results. 16(9), 1387-1393.
6. Clark JG, Abdullah KG, Steinmetz MP, et al: (2011). Minimally invasive versus open cervical foraminotomy: a systematic review. 1(1), 009-014.
7. Epstein NE, JSn: (2009). Minimally invasive/ endoscopic vs" open" posterior cervical laminoforaminotomy: do the risks outweigh the benefits? In (Vol. 71, pp. 330-331).
8. George B, Lot GJ, MIN: (1994). Oblique transcorporeal drilling to treat anterior compression of the spinal cord at the cervical level. 37(02), 48-52.
9. George B, Zerah M, Lot G, et al: (1993). Oblique transcorporeal approach to anteriorly located lesions in the cervical spinal canal. 121(3), 187-190.
10. Hacker RJ, Miller CG, JJNS: (2003). Failed anterior cervical foraminotomy. 98(2), 126-130.
11. Haden N, Latimer M, Seeley H, et al: (2005). Loss of inter-vertebral disc height after anterior cervical discectomy. 19(6), 469-474.
12. Hakuba A: Trans-unco-discal approach. A combined anterior and lateral approach to cervical discs. J Neurosurg 45: 284-291, 1976
13. Iyer S, Kim H: (2016). Cervical radiculopathy. Curr Rev Musculoskelet Med 9: 272-280. In.
14. Jho HD, JJon: (1996). Microsurgical anterior cervical foraminotomy for radiculopathy: a new approach to cervical disc herniation. 84(2), 155-160.
15. Kim CH, Shin KH, Chung CK, et al: (2015). Changes in cervical sagittal alignment after single-level posterior percutaneous endoscopic cervical discectomy. 5(1), 31-38.
16. Knight MT, Goswami A, Patko J, et al: (2001). Cervical percutaneous laser disc decompression: preliminary results of an ongoing prospective outcome study. 19(1), 3-8.
17. Kotani Y, McNulty PS, Abumi K, et al: (1998). The role of anteromedial foraminotomy and the uncovertebral joints in the stability of the cervical spine: a biomechanical study. 23(14), 1559-1565.
18. Lee SH, Kim KT, Jeong BO, et al: (2007). The safety zone of percutaneous cervical approach: a dynamic computed tomographic study. 32(20), E569-E574.



19. Lee SH, Lee JH, Choi WC, et al: (2007). Anterior minimally invasive approaches for the cervical spine. 38(3), 327-337.
20. Middleton SD, Wagner R, Gibson JA: (2017). Multi-level spine endoscopy: a review of available evidence and case report. 2(7), 317-323.
21. Parihar VS, Yadav N, Ratte S, et al: (2018). Endoscopic anterior approach for cervical disc disease (disc preserving surgery). 115, e599-e609.
22. Platt A, Gerard CS, O'Toole JE: (2020). Comparison of outcomes following minimally invasive and open posterior cervical foraminotomy: description of minimally invasive technique and review of literature. 6(1), 243.
23. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: (2009). Full-endoscopic anterior decompression versus conventional anterior decompression and fusion in cervical disc herniations. 33(6), 1677-1682.
24. Saringer W. (2006). Anterior cervical foraminotomy (microsurgical and endoscopic). In *Minimally Invasive Spine Surgery* (pp. 82-91): Springer.
25. Shen J, Shaaya E, Bae J, et al: (2021). Endoscopic spine surgery of the cervicothoracic spine: a review of current applications. 15(suppl 3), S93-S103.
26. Shen J, Telfeian AE, Shaaya E, et al: (2020). Full endoscopic cervical spine surgery. 6(2), 383.
27. Tzaan WC, et al: (2011). Anterior percutaneous endoscopic cervical discectomy for cervical intervertebral disc herniation: outcome, complications, and technique. 24(7), 421-431.
28. Verbiest HJ, et al: (1968). A lateral approach to the cervical spine: technique and indications. 28(3), 191-203.
29. Vigo V, Pastor-Escartín F, Doniz-Gonzalez A, et al: (2021). The Smith-Robinson approach to the subaxial cervical spine: a stepwise microsurgical technique using volumetric models from anatomic dissections. 20(1), 83-90.
30. Wan Q, Zhang D, Li S, et al: (2018). Posterior percutaneous full-endoscopic cervical discectomy under local anesthesia for cervical radiculopathy due to soft-disc herniation: a preliminary clinical study. 29(4), 351-357.
31. Yang JS, Chu L, Chen L, et al: (2014). Anterior or posterior approach of full-endoscopic cervical discectomy for cervical intervertebral disc herniation? A comparative cohort study. 39(21), 1743-1750.



## 43

SERVİKAL DİSK HERNİSİ OLGULARINDA  
POSTERİOR MİNİMAL İNVAZİV YAKLAŞIMLAR

Mehmet Meral, Rahmi Kemal Koç

Servikal disk hernisi hastalığında posterior girişim ile cerrahi tedavi ilk olarak 1944 yılında Spurling ve Scoville, tarafından tanımlanmış olup günümüzde de posterolateral servikal disk hernileri ve servikal foraminal stenozun tedavisinde kullanılmaktadır (8). Ayrıca anterior yaklaşımın çeşitli sebeplerden dolayı yapılamadığı hastalarda da alternatif bir yöntemdir. Son yıllarda mikroskop, endoskop ve görüntüleme sistemlerindeki teknik gelişmeler ile minimal invaziv cerrahi girişim daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (3,6). Minimal invaziv cerrahi girişim ile açık cerrahi tekniklerle yapılan ameliyatlardan daha iyi klinik sonuçlar, daha az riskle ve daha hızlı bir iyileşme süreci elde edebilme amaçlanmaktadır. Klasik açık posterior girişimlerde lamina ve foramene ulaşabilmek için geniş kesiler yapmak gerekir. Paraspinal kasların diseksiyonu ve retraksiyonu ameliyat sonrası belirgin boyun ağrısı, kas atrofisi ve spazma neden olmaktadır. Bu nedenle minimal invaziv teknikler posterior servikal disk cerrahisinde günümüzde altın standart olarak kabul edilmektedir. Minimal invaziv cerrahi daha küçük cilt insizyonu ve daha az kas diseksiyonu gerektirmekte, böylelikle ameliyat sonrası boyun ağrısı ve kas spazmı daha az görülmektedir.

Servikal disk hernisi olgularında minimal invaziv posterior yaklaşımlar, laminoforaminotomi ile sekestrektomi ve endoskopik girişimleri içerir (7). Son yıllarda birçok çalışmada, foraminal basıya bağlı radiküler semptomların varlığında servikal foraminotomi ve laminotomi yoluyla dekompresyon, ayrıntılı bir şekilde irdelenmiştir (2, 9). Gerçekten de anterior tekniklerle karşılaştırıldığında anahtar deliği şeklinde (keyhole) laminoforaminotomi ile posterior yaklaşımlar sinir köküne ve disk ile osteofitlere daha iyi yaklaşım sağlamaktadır. Raynour (4), anatomik çalışmasında posterior yaklaşımla, çıkan sinir kökünün 3-5 mm izlenebildiğini, standart anterior yaklaşımla ise sadece 1.2 mm görüntülenebildiğini göstermiştir.

Bütün cerrahi girişimlerde olduğu gibi, servikal disk hernisi için cerrahiye aday hasta seçimi oldukça dikkat gerektirir. Tutucu tedavilerin tümüne cevap

vermemiş ısrarlı radiküler ağrı ve / veya ilerleyici nörolojik defisit başlıca endikasyonlardır.

### Posterior Servikal Minimal İnvaziv Cerrahi Yöntemler

**Mikroskopik laminoforaminotomi:** Küçük kesi ve minimal kas diseksiyonu sonrası yerleştirilen minimal invaziv retraktörlerin mikroskop altında kullanılması ile uygulanan teknik.

**Mikroendoskopik laminoforaminotomi:** Tübüler retraktörlere monte edilen endoskopların uygulanması ile oluşan teknik.

**Tam endoskopik laminoforaminotomi:** Tamamıyla endoskop kullanılarak uygulanan teknik.

Yukardaki bu teknikler posterior servikal disk cerrahisinde en sık uygulanan yöntemler olup birbirlerine belirgin üstünlükleri yoktur. Cerrahin tecrübesi yol gösterici olmalıdır (5,7).

### Endikasyonlar

- Servikal radikülopati;
  - Foraminal soft disk herniyasyonu (en uygun endikasyon)
  - Foraminal osteofitik stenoz
- Patoloji orta hattı geçmemeli
- Anterior diskektomi ve füzyon cerrahisi sonrası devam eden radikülopati semptomlarında
- Anterior yaklaşımların kontrendike olduğu servikal disk patolojilerinde (trakeostomi, radyoterapi)

### Kontrendikasyonlar

- Büyük santral disk/ spondiloz
- Miyelopati
- Primer aksiyal boyun ağrısı
- Segmental instabilite
- İleri kifoz

### Avantajları

- Hareketli segment korunur
  - Komşu segmentte dejeneratif değişikliklerin oluşumu azalır
- Kemik füzyon ve immobilizasyona gerek yok
- Çoklu seviyede uygulanabilir
- Sinir kökü direkt dekomprese edilir
- Ucuzdur

### Dezavantajları

- Reküren disk herniyasyonu
- İntraoperatif kanama
- Boyun ağrısı

**Cerrahi teknik:** Cerrahide, prone (yüzükoyun) pozisyon ya da oturur pozisyon tercih edilebilir. Her iki pozisyonda da, hastanın kafası Mayfield-Kees sabitleyici ile sabitlenebilir. Prone pozisyonu hava embolisi riski daha az olduğu için daha çok tercih edilmektedir. Prone pozisyonda daha kaudal seviyelerde iyi floroskopik görüntü elde edebilmek için masaya sabitlenen bantlar ile omuzlar traksiyona alınır. Aynı zamanda sırt bölgesinde de cildi traksiyona alacak bir bant yapıştirılarak, operasyon bölgelerindeki cilt katlantıları ortadan kaldırılır. Floroskopi veya gezici röntgen ile lateral görüntü alınır ve seviye tespiti yapılır. Mikroskopik laminoforaminotomi yapılıyorsa, ilgili seviyeye orta hat veya orta hattın 0.5 cm lateralinde 2-2.5 cm'lik cilt insizyonu yapılır. Ardından, paravertebral kaslar spinöz çıkıntı ve laminadan diseke edilir ve cerrahi alana ulaşılır. Eğer operasyon endoskopik yöntem ile gerçekleştiriliyorsa, lamina-faset bileşkesinin bulunması önemlidir. Floroskopide AP görüntülerde, çizilen düz çizgiler ile orta hat ve lateral kitlenin en lateral noktaları belirlenir. Sonrasında lateral floroskopik görüntülerden yararlanarak 18G spinal iğne ile daha önce AP görüntülerde belirlenmiş olan lamina-faset bileşke çizgisi üzerinden girilir. Foramen seviyesi ve insizyon yeri belirlenir ve insizyon yapılır. Mikroendoskopik veya tam endoskopik yöntem tercih ediliyorsa, kullanılacak sistem ile uyumlu olarak 1-2 cm'lik insizyon yapılır. İnsizyon yapıldıktan sonra, dilatörlerin yerleştirilmesi için fasya da kesilme-lidir. Lateral floroskopik görüntüler altında, kılavuz tel veya rehber yerleştirilir. Rehber üzerinden seri dilatörler ve en son olarak kullanılacak sistem ile uyumlu olarak 14-18 mm'lik tübüler retraktör veya 8-12 mm'lik endoskopik kanül yerleştirilir. Cerrahinin tercihinine göre, açılı ya da düz endoskopik kanül kullanılabilir. Anteroposterior floroskopik görüntüde

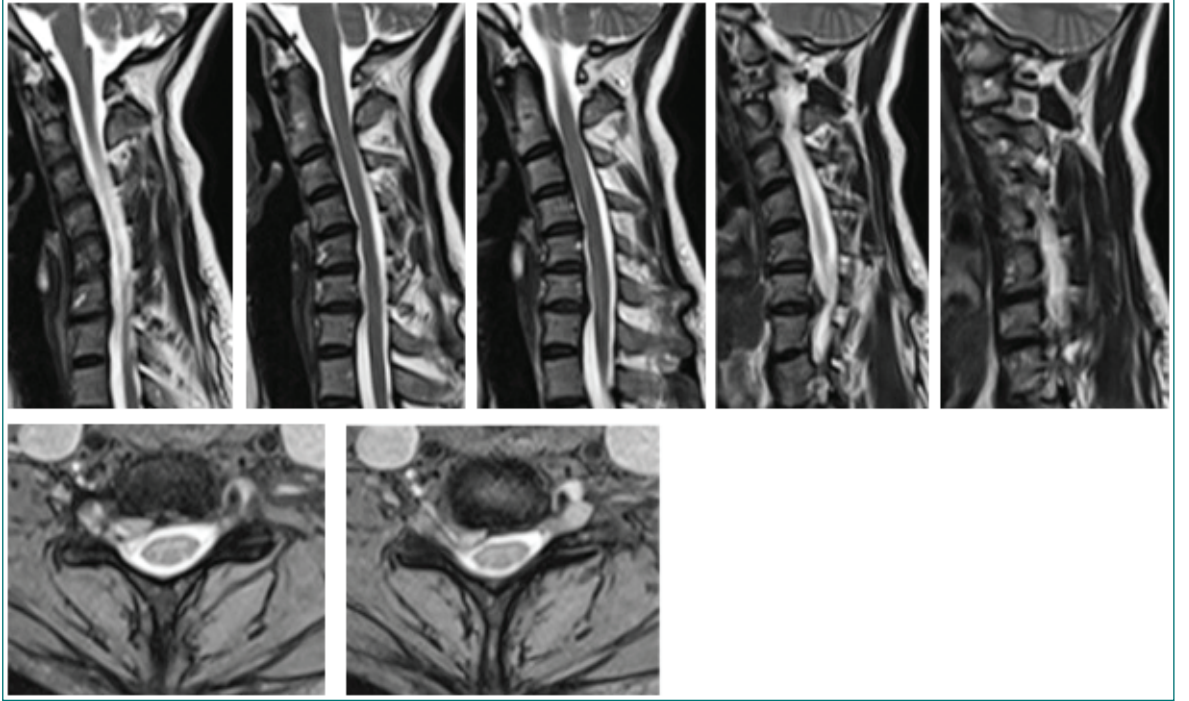
kanülün lamina-faset bileşke üzerinden olduğundan emin olur. Tübüler retraktör veya endoskopik kanül masaya sabitlenir. Aynı insizyon kullanılarak ve işlem tekrarlanarak bir üst ve/veya bir alt seviyeye de aynı seansta ameliyat edilebilir. Mikro-endoskopik yöntem uygulanıyorsa, endoskop tübüler retraktöre monte edilir. Tam endoskopik yöntemde ise endoskop kanülün içine yerleştirilir.

Superior ve inferior lamina ve fasetin medial kenarı üzerindeki yumuşak dokular unipolar/bipolarkoter kullanılarak temizlenir. Yüksek hızlı drill ile superior ve inferior laminalara parsiyel hemilaminotomi yapılır. Superior vertebranın inferior fasetinin medial kenarı drillendikten sonra, inferior vertebranın superior faseti ortaya konulur ve medial sınırı drillenir. Sonrasında küret veya sinir hooku yardımı ile ligamentum flavum drillenen bölgenin altından ayrılır ve Kerrison Rongeur kullanılarak hemilaminotomi tamamlanır. Ligamentum flavum dissektör ve sinir hooku yardımı ile duranın lateral sınırı ve sinir kökü üzerinden ayrılır. Epidural venler düşük akımlı bipolar koter ile koagüle edilir. Gerekirse mikromakas ile kesilir. Cerrahinin her aşamasında hemostaza önem verilmeli. Beklenmeyen kanama olduğunda prone pozisyon seçilmişse hastanın başı yükseltilebilir. Floseal, fibriler surgical gibi ürünler kullanılabilir. Yeterli kemik rezeksiyonu ve ligamentum flavum disseksiyonu yapılması, manipülasyon esnasında dural yaralanma riskini azaltması nedeniyle önemlidir. Penfield dissektörü ile sinir kökü mobilize edilir ve ek patolojilerin varlığı araştırılır. Sinir kökünün aksillasının disseksiyonu ile genellikle disk herniasyonu ve/veya osteofite ulaşılır. Kas gücü kaybı belirginse sinir kökünün aksillasında, ağrı ön planda ise kökün omuz bölgesinde disk hernisi beklenir. Yumuşak disk herniasyonu varsa, sinir hooku ile sinir kökü altındaki serbest parça mobilize edilerek çıkarılır. Disk posterior longitudinal ligamen veya Sharpey lifi altında ise ligamanda küçük kesi yapılarak diske ulaşılır. Disk aralığının eksplorasyonu gereksizdir. Bu bölgedeki osteofitik çıkıntılar kolayca rezeke edilemez. Bu sebeple mümkün olduğunca geniş laminoforaminotomi ile sinir kökünün indirekt dekompresyonu sağlanmalı ve bundan emin olunmalıdır. Lokal belirgin osteofit basısı varsa mini osteotom veya karşıya bakan küçük küretlerle osteofit çıkarılabilir. Foraminotominin sınırları, cerrahi öncesi MR ve BT'de sinir kökü basısının sınırlarına göre planlanmalıdır. Cerrahi sırasında, superior veya inferior pediküllerin medial ve superior veya inferior sınırlarının sinir hooku ile palpe edilerek foramen ve kanalın sınırlarının belirlenmesi ve sinirin foramen boyunca dekomprese olduğunun sinir hooku kullanılarak konfirme edilme-

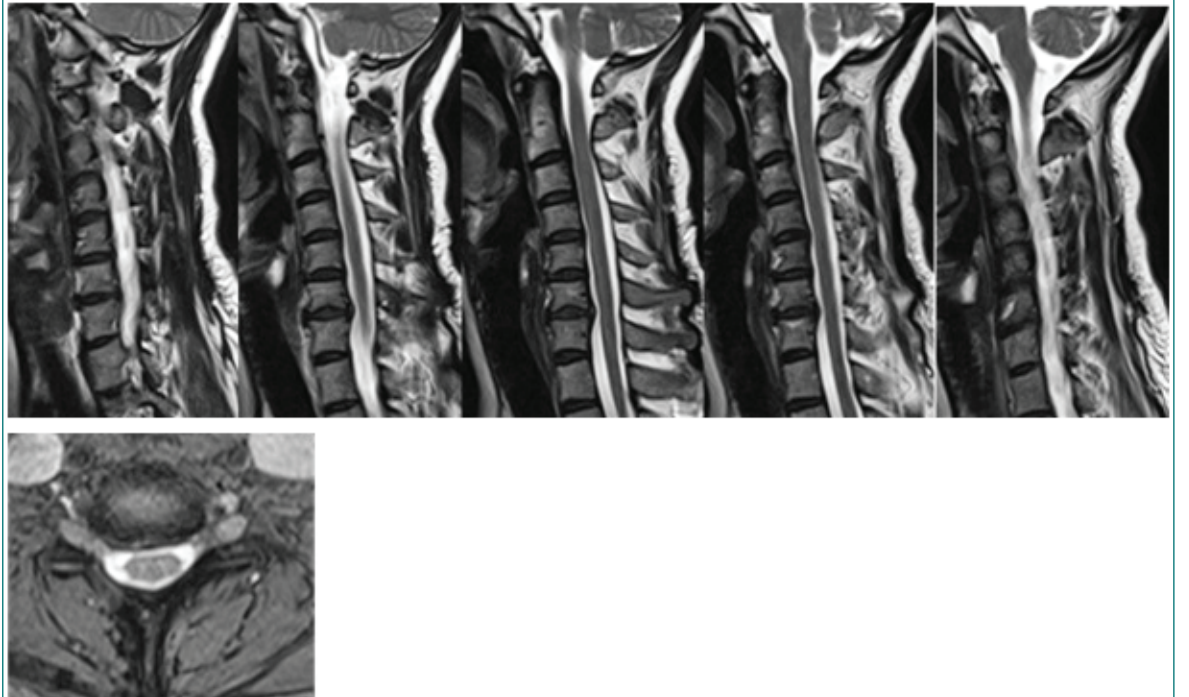


si ile dekompresyonun yeterli olduğuna karar verilir. Böylelikle gereksiz faset rezeksiyonu önlenir. Faset kapsülü korunmalı, minimal fasetektomi yapılabilir.

Hemostaz sağlandıktan sonra kullanılan ekartör, tübüler retraktör veya endoskopik kanül çıkartılır. Fasya ve cilt sütüre edilir (Şekil 1, 2).



**Şekil 1.** 37 y, K: 1 aydır boyun ve sağ kolda ağrı, uyuşma ve güçsüzlük. Sağ dirsek ekstansiyon 1/5 güçte. MR da C6-7 sağ posterolateral soft disk hernisi gözleniyor.



**Şekil 2.** C6-7 sağ posterior foraminotomi sekestrektomi yapıldı. Postop ağrıları geçti. 6. ay da şikayeti yok. MR da bası gözüküyor.

**Postoperatif takip:** Hastalar postop 8. saatte mobilize edilebilir, ertesi günde sadece ağrı kesiciler gerektiğinde kullanılmaları için reçete edilerek taburcu edilebilirler. Hastalar normal günlük yaşantılarına aşamalı olarak dönerler ve immobilizasyon uygulamasına gerek yoktur. Bir hafta sonra yara kontrolü yapılır. Basit egzersizlere başlanır. Hastaya, evde yapacağı boyun kuvvetlendirme ve mobilizasyon egzersizleri tarif edilmelidir. Ağrısı fazla olan nadir sayıdaki ve fiziksel güç gerektiren işlerde çalışan hastalarda ise, kısa süreli Nelson tipi boyunluk kullanılabilir ve fizik tedavi programına başlanabilir. Genellikle hastalar dört hafta içinde tüm normal aktivitelerine dönebilir.

**Komplikasyonlar:** Literatürde bildirilmiş komplikasyonlar; nüks disk herniasyonu, venöz kanamaya bağlı aşırı kan kaybıdır. Fessler ve Khoo, operasyondaki kanamanın oturur pozisyonda prone pozisyona göre daha az olduğunu bildirmişlerdir (3). Aynı çalışmada 25 hastalık seride, 3 hastada dura açılması komplikasyonu bildirilmiştir. Adamson ise, 100 hastalık mikro-endoskopik laminoforaminotomi serisinde, iki hastada dura açılması komplikasyonu bildirmiştir (1). Adamson bu hastalara lomber dren yerleştirmemiş, Fessler ise operasyon sonrası 2-3 gün süre ile lomber dren yerleştirmiştir (3). Minimal invaziv yöntemler sonrası psödomeningosel oluşma riski, insizyon ve eksplorasyonun küçük olmasından dolayı düşüktür.

## SONUÇ

Servikal bölge posterolateral orta hattı geçmeyen soft disk hernilerinde posterior girişimler çok uygundur. Minimal invaziv laminoforaminotomi güvenli bir teknik olup açık tekniğe göre sonuçları benzerdir. Minimal invaziv bir girişim olması nedeniyle, cerrahi morbidite azdır. Endoskopik sistemler, tekniğin öğrenme süresinin uzun olması, cerrahi tecrübe

gerektirmesi ve endoskopik ekipmanların maliyeti nedeniyle mikro laminoforaminotomiye göre avantajlı gözükmemektedir.

## KAYNAKLAR

1. Adamson TE. Posterior cervical endoscopic laminoforaminotomy. In: Shen FH, Samartzis D, Fessler RG, editors. *Textbook of the Cervical Spine*. Maryland Heights, MO: Elsevier/ Saunders; 2015. P.331-6
2. Epstein NE: Circumferential surgery for the management cervical ossification of the posterior longitudinal ligament. *J Spinal Disord* 11:200-207, 1998
3. Fessler RG, Khoo LT: Minimal invasive cervical microendoscopic foraminotomy: An initial clinical experience. *Neurosurgery* 51: 537-545, 2002
4. Raynor RB: Anterior or posterior approach to the cervical spine: Anatomical and radiographic evaluation and comparison. *Neurosurgery* 12: 7-13, 1983
5. Roh SW, Kim DH, Cardoso AC, et al: Endoscopic foraminotomy using MED system in cadaveric specimens. *Spine (Phila Pa)* 1976 25(2):260-4, 2000
6. Russel SM, Benjamin V: Posterior surgical approach to the cervical neural foramen for intervertebral disc disease. *Neurosurgery* 54: 662-666, 2004
7. Siddiqui A, Yonemura K. Posterior cervical MED and laminoforaminotomy. In: Kim DH, Fessler RG, Regan JJ, editors. *Endoscopic Spine Surgery and Instrumentation: Percutaneous procedures*. New York: Thieme; 2005. P.66-73
8. Spurling R, Scoville WB: Lateral rupture of the cervical intervertebral discs: A common cause of shoulder and arm pain. *Surg Gynae Obst* 78: 350-358, 1944
9. Zeidman SM, Ducker TB: Posterior cervical laminoforaminotomy for radiculopathy: Review of 172 cases. *Neurosurgery* 33: 356-362, 1993

## 44

## SERVİKAL DİSK HERNİLERİNDE ANTERİOR PERKÜTAN UYGULAMALAR

Mehmet Emre Yıldırım, Servi Yıldırım, Haydar Çelik

## GİRİŞ

Servikal intervertebral disk hernileri, servikal köklere yaptığı bası ile servikal radikülopati yani etkilenen üst ekstremitelerde kuvvetsizlik, kola yayılan ağrı, uyuşukluk gibi semptomlarla karşımıza çıktığı gibi her iki üst ve alt ekstremiteleri, hatta bazen sfinkterleri bile etkileyebilen doğrudan omurilik basısı yani servikal myelopati tablosu ile de karşımıza çıkan bir hastalık grubudur.

Servikal kök basısı ile seyreden servikal disk herniasyonlarının geleneksel tedavisinde yıllardır, traksiyon, fizyoterapi, steroid olmayan anti inflamatuvar ilaçlar ve kas gevşeticiler gibi konservatif yöntemler öncelikli olarak kullanılmıştır. Bu yöntemlerden olumlu yanıt alınamayan veya tetkik ve muayeneler sonucunda endikasyon koyulan hastalarda ise dekompresyon ve füzyon için açık cerrahiler birazdan tarihçesi verileceği şekilde yıllardır yapılagelmiştir. Son yirmi yılda ise omurga cerrahisindeki genel eğilim, cerrahların ameliyat ile ilişkili travmayı azaltma istekleri, hastaların açık cerrahi prosedürlere alternatifler konusunda artmış farkındalığı ve yeni teknolojilerin hızla geliştirilmesi gibi faktörlerin etkisiyle giderek artan bir şekilde popülerleşerek uygulanmaya başlayan minimal invaziv cerrahi yöntemlere kaymaktadır.

## TARİHÇE

Servikal disk herniasyonlarının klinik semptomları ve anatomik lokasyonları Stookey tarafından 1928 yılında tanımlandı (44). Takiben Mixter ve Barr 1934 yılında herniye disk ile siyatalji arasındaki ilişkiyi açıkça ortaya koyup laminektomi ve disk eksizyonunun ağrıyı başarılı bir şekilde ortadan kaldırdığına yönelik kanıtlar elde etti (28). Servikal disk herniasyonları 1940'lı yıllarda posterior yaklaşım ile opere edilmeye başlanıp (12,43) 1950'li yıllara gelindiğinde ise Bailey ve Badgley (5) ve Cloward (8) interbody füzyon ile birlikte anterior yaklaşımı popülerize ettiler. Füzyon ile birlikte uygulanan anterior servikal cerrahinin güvenli, efektif ve iyi oranda füzyon sağla-

dığını gösteren çalışmalara rağmen (14,40), anterior cerrahide cerrahi alana ulaşma ile ilgili komplikasyonlar (11,26), psödoartroz (34,47), disk aralığının daralması (18,45,48), başarılı füzyona sekonder gelişen azalmış mobilite ile ilişkili sorunlar ve bunlara bağlı geç dejeneratif değişikliklerin artışı (27) tartışma konusu olmaya devam etti. Takip eden yıllarda hareketin korunumu ve füzyonun engellenmesi için posterior laminoforaminotomi ve diskektomi tekrar ön plana çıkmasına rağmen servikal kordun manipülasyona duyarlı olması sebebi ile kullanımı lateral servikal disk herniasyonları ile sınırlı kaldı (3,40,44). Ayrıca postoperatif boyun kaslarında gelişen ağrı ve operasyon esnasındaki kanama gibi cerrahi alana posteriordan ulaşım esnasında gelişen problemleri de birlikte getirdi (39,49). Servikal disk hernisini füzyon olmaksızın anterior servikal diskektomi ile opere edecek teknikler tanımlanmaya başlandı (29,38,41). Total disk replasmanı (4,40), çeşitli anterior foraminotomi prosedürleri (6,15,16,19,23,37,46), posterior mikroendoskop veya mikroskop kullanımına uygun keyhole foraminotomiler (1,31) ortaya konuldu. 1973 yılında Fukushima (13) ventrikülofibroskopu tanıtarak perkütan tedavi için temel atmasına rağmen 2000'li yılların başında perkütanöz endoskopik servikal diskektomi (PESD) servikal disk hernisi olgularında minimal invaziv bir tedavi seçeneği olarak yaygın biçimde kabul görmeye başlandı (14,24). Son olarak 2007 yılında ise Ruetten ve ark. posterior perkütanöz endoskopik servikal diskektomi tanımladı (35,36).

## Perkütanöz Endoskopik Servikal Diskektomi (PESD)

Geçtiğimiz on yıllar içerisinde perkütanöz ve endoskopik teknolojilerin ilerlemesine sekonder olarak minimal invaziv girişimler gittikçe yaygınlaşan kullanım alanı bulmuşlardır. Spinal problemlere perkütanöz yaklaşımların sağlıklı dokuları koruma, kısa hastane kalış süreleri, daha az ameliyat sonrası ağrı ve göreceli hızlı hasta iyileşmesi avantajları mevcuttur. PESD yumuşak servikal disklerde anterior servikal dekompresyon ve füzyon operasyonlarının



(ASDF) iyi bir alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır. Prosedürün amacı herniye kitlenin lokal anestezi altında ortadan kaldırılması ve/veya nükleus pulposusun hacminin azaltılarak semptomların oluşumuna sebep olan nöral elemanlar üstündeki basıyı yok etmektir (21).

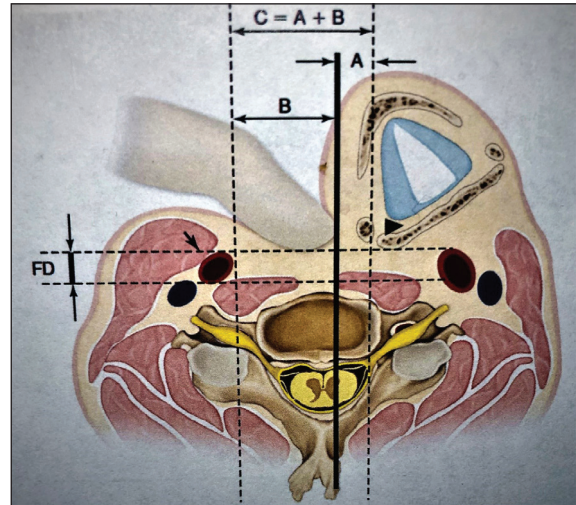
Servikal disk hernisi olgularında ASDF hâlen ana cerrahi seçenek olarak görülmekte olup spinal kanala girişim esnasında karşımıza çıkabilecek epidural kanama, perinöral fibrozis, disfazi, ses kısıklığı veya greft ile ilgili gelişebilecek problemleri de beraberine getirmektedir (21). PESD ise lokal anestezi altında uygulanan minimal invazif bir yöntem olup bahsedilen komplikasyonlardan kaçınılmasını sağlamakla birlikte füzyon operasyonlarından farklı olarak intervertebral segmentin mobilitesini de büyük oranda korumaktadır (21).

### Cerrahi Endikasyonlar ve Rölatif Kontrendikasyonlar

PESD yöntemi esas olarak posterior longitudinal ligamentin posterioruna uzanmayan, manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yöntemleri ile teyit edilmiş lateral, santral ve foraminal yumuşak diskler için endike olmakla birlikte bulging bulguları fazla olan diskopatilerde de myelopati yapmış olmadığı sürece bariz bir kontrendikasyona sahip değildir (2,21). Yayınlanan serilerde tanımlanmış uzun dönem mükemmel sonuçlar için iki majör faktör göz önünde bulundurulmuş olup bunlar radiküler özellikteki kol ağrısı ve lateral disk herniyasyonlarıdır (2). 50 yaş altı, radiküler ağrı için provokatif testleri pozitif olan, görüntüleme yöntemleri ile tespit edilmiş tek seviyeli, anterior intervertebral disk aralığı >4 mm olan, fragmente bir disk parçasının bulunmadığı, segmental instabilitesi ve ağır nörolojik defisiti olmayan hastalarda endikedir (21). Anterior angulasyonu 11 dereceden büyük olan, anterior intervertebral alanda ossifikasyonları bulunup, herniye diskten bağımsız olarak ölçülen 2 mm'den büyük posterior osteofitlerin varlığında yöntemin kullanılması önerilmemekte olup ağır myelopati ve ağır nörolojik defisit varlığında yöntemin kullanılması kontrendikedir (21). Akut piramidal sendromu olan hastalarda, ilerleyici myelopati ile seyredabilen diskopati dışında tümör, enfeksiyon, kırık gibi segmental instabiliteye sebebiyet vermiş diğer patolojilerde ve geçirilmiş cerrahiye sekonder gelişen granülasyonların oluşturduğu rekürren vakalarda endoskopik perkütan yolla girişimler önerilmez. Migrate ve kalsifiye disklerde, ossifiye posterior longitudinal ligament varlığında, disk aralığını daraltan spondilolizis varlığında (<3 mm), disk herniyasyonlarını taklit edebilen vasküler ve nörolojik hastalıklarda da kullanılması uygun değildir (21).

### Cerrahi Hazırlık ve Teknik

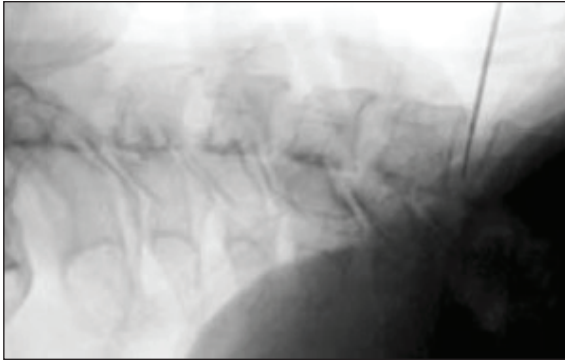
Perkütan endoskopik servikal diskektomi, operasyon odasında genellikle lokal anestezi ve nöroleptikler ile sedatif analjezi altında yapılması tercih edilir. Bu sayede cerrah hastada gelişebilecek değişiklikleri, semptomları ve işaretleri izleme imkânı bulur. Ancak pozisyonu tolere edemeyen veya kendi isteği bu yönde olan hastalarda işlem genel anestezi altında da yapılabilir (21). Operasyon klasik anterior servikal cerrahilerde olduğu gibi supine pozisyonda ve baş hafif ekstansiyonda uygulanır. Omuzların altına yumuşak bir yastık yerleştirilir. Baş hareketini engellemek için baş bir flaster ile tespit edilebilir. Floroskopik görüntüyü engelliyorsa yine flaster yardımıyla omuzlar bilateral aşağıya çekilip sabitlenir. Genellikle sağ elini kullanan cerrahlar sağ yaklaşımı tercih edebilirler ancak lateral disklerde görüş açısını optimize ettiği gerekçesi ile patoloji ile farklı taraftan girilerek yapılan işlemi yararlı bulan yazarlar mevcuttur. Girişim öncesi antibiyotik alerjisi yoksa profilaksi amaçlı 1 gr sefalosporin uygulaması önerilir. Skopi ile mesafe tayini sonrasında %1 lidokainli solüsyon ile cilt ve subkutanöz dokular infiltre edilip palpasyon ile sternokleidomastoid kasın medial kenarı belirlenir. Operasyon esnasında anterior servikal bölgede dikkat edilmesi gereken karotid arter, juguler ven, nervus vagus, trakea, özofagus, tiroid bezi, süperior tiroidal arter, laringeal sinirler gibi pek çok anatomik yapı bulunmaktadır. Lee ve ark.nın (25) tanımladığı iki parmak yöntemi ile güvenli bölge belirlenip (Şekil 1)



**Şekil 1 (21).** Anterior girişim için güvenli alanın tespiti A: Cerrahin parmak ucundan kontrateral trake ve özofagus; B: Parmak ucundan ipsilateral karotis artere olan uzaklık; C: Güvenli alan; X: Parmak pulpası ucundan vertebral cismin ventral yüzüne olan uzaklık. Girişim esnasında floroskopi altında mesafenin <5 mm olması farengo-özofageal yapıların olası hasarını en aza indirir.



orta parmak yardımı ile trakea ve özefagus mediale, işaret parmak ile de karotis palpasyonu hissedilerek laterale mobile edilecek şekilde basınç uygulanarak vertebral korpusun ventral yüzü palpe edilene kadar ilerlenir. Genellikle paramedian orta hat 2-5 mm laterali doğru giriş bölgesi olacak olup skopi altında girişim yapılacak bölgenin corpus anteriora uzaklığının (Şekil 1'de X ile belirtilen alan) 5 mm'den küçük olması önerilir (25). Bu sayede sindirim sistemi elemanlarının yaralanması riski en aza indirilir. 18 numara spinal iğne ile parmaklar arasından skopi altında anteriordan disk mesafesine girilir (Şekil 2). Kontrast madde verilip diskografi yapılarak disk mesafesinde bulunduğu teyit edilip endoskop altında rahat çalışabilmek için indigo karmin gibi boyalarla disk mesafesi boyanması da sağlanabilir. Kullanılacak çalışma kanalının çapına göre cilt insizyonu yapıp kılavuz tel gönderilerek disk mesafesi işaretlendikten sonra sıralı dilatatörler (Şekil 3) ile endoskopik çalışma kanalı disk mesafesine yerleştirilir (21). Çalışma kanalı içerisinde endoskopik olarak mikroküretler, hooklar, trepan, disk forcepsleri, karrison ronjurlar, ve lazer probu gibi aletler kullanılarak diskektomi yapılır (17). Minimal invaziv cerrahi planlanmışsa disk içerisinden posteriora gidilip sadece herniye veya sekestre

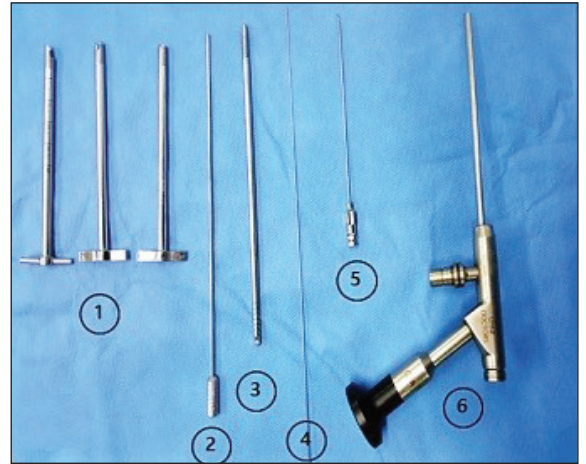


**Şekil 2.** 18 numara iğnenin disk mesafesine yerleştirilmesi.

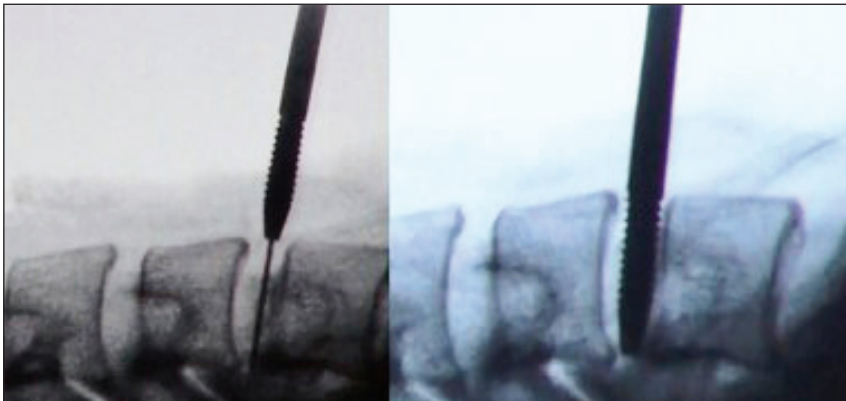
parçaya müdahale edilebilir (21,33). Disk anterioru büyük ölçüde korunduğu için kifotik deformite gelişme riski oldukça düşük olmaktadır (33). Disk yüksekliğinin korunması, anterior anulus ve longitudinal ligament bütünlüğünün korunması, longus colli kaslarının korunabilmesi sayesinde de hareket koruyucu bir cerrahi yapılmış olacaktır. Temiz görüş için devamlı irrigasyon tavsiye edilmektedir (17). İrrigasyonun bir diğer amacı ise lazer vaporizasyon veya radyofrekans ablasyon ile nükleoplasti yapılan olgularda nöral dokunun ısıl hasar görmesini engellemektir (17). Diren genellikle koyulmaz. Standart yara kapanışı sonrası hasta 3-24 saat gözlem altında bulundurulur (21). Yumuşak servikal bir kolar ile post op 3-14 gün takibi yapıp rehabilitasyon egzersizleri 4-6. haftada başlanır (21).

### Kullanılan Cerrahi Aletler

Günümüzde spinal bölgeye yapılacak perkütan endoskopik girişimler için geliştirilmiş servikal çalışma kanalı olan endoskoplar kullanılmaktadır. Dış



**Şekil 4 (7).** Servikal endoskopi seti. 1-Kısmi dışli kanüller; 2-Dilatör, 3-Dışli obturatör, 4-Guide tel, 5-18G iğne, 6-endoskop.



**Şekil 3.** Dilatatörler kullanımı sonrası obturatorun disk mesafesine yerleştirilmesi.

kalibrasyonu değişik kalınlıklarda olmakla birlikte 4.2 mm, 5.9 mm, 6.3 mm'lik endoskoplar mevcuttur (21). Çalışma kanülü 1.9 mm genişliğe sahip olup yüksek çözünürlüklü endoskop buradan geçmektedir (21). Ek iki adet daha boşluğu olup mikroforseps küret hook gibi aletler bu boşluklar vasıtasıyla kullanılır. Ayrıca holmium-yttrium-aluminyum-garnet (ho:YAG) lazer kullanımı ve endoskopik lazer foraminoplastiye uygundur. Ho:YAG lazer doku penetrasyonu yaklaşık 0.3-0.5 mm arasında çevre dokulara ısı etkisi ise minimaldir. İrrigasyon ile birlikte kullanıldığında çevre dokulara ısı hasarı görmezden gelinebilecek düzeydedir (21). Ekstrüde disk fragmanları alınırken daralmış forameni genişletmede ve yan vuruşlarla osteofitleri temizlemede kullanımı deneyimli ellerde uygulanabilir (30).

### Komplikasyonlar ve Sonuçlar

Cerrahi işlem sırasında gelişebilecek komplikasyonlar arasında en ciddi olanlar omurilik ve sinir köklerinin yaralanması olmakla birlikte, dura zedelenmesine bağlı BOS fistülleri, vasküler yaralanmalara bağlı kanamalar ve endoskopik görüş alanının bozulması karşılaşılabilecek diğer komplikasyonlar arasındadır (9,42). Girişim esnasında özofageal, tiroidal, laringeal veya vasküler yapıların zedelenme olasılığı olup cerrahi teknik ve öğrenme eğrisi geliştikçe bu tarz yaralanmaların sıklığı azalmaktadır (32). Postoperatif dönemde karşılaşılabilecek komplikasyonlar arasında enfeksiyon, rekürrens, dejeneratif süreçlerin artması, kalıcı veya geçici nörolojik defisitler ile karşılaşılabılır (17). Geniş anterior servikal dekompresyon ve füzyon operasyonunda komplikasyon ile karşılaşılma oranı %0.1 olarak bildirilmiş olup endoskopik serilerde seriler arasında farklılıklar olmasına rağmen %3 gibi görece yüksek oranda açık cerrahi yöntemler ile reoperasyon mevcuttur (2). Endoskopik serilerde %5 oranında BOS fistülü, %5 oranında vasküler yaralanma, %2 oranında diskitis, %2 oranında ise laringeal yaralanma bildirilen çalışmalar mevcuttur (10).

Postoperatif takipte MacNab kriterleri olarak bilinen fonksiyonel skala yaygınlıkla kullanılmaktadır (Tablo 1). Başarı oranları değişik serilerde bu sınıflamaya göre %40-85 mükemmel, %30-40 iyi, %8-15 orta, %10-15 kötü olarak bildirilmiştir (2,20). Endoskopik yaklaşımlarda başarının en önemli belirtecini iyi hasta seçimi olduğu çalışmalarda vurgulanmış olup, ana şikâyeti radiküler ağrı olan, radyolojik olarak disk dejenerasyonu az olup kifotik deformitesi olmayan hastaların ideal grupta olduğu bildirilmiştir (2). Klasik mikroskobik ve açık cerrahi ile karşılaştırıldığında seçilmiş hastalarda disk yüksekliğinin korunması, hareket koruyucu özelliği ile sagittal sıralanmayı

koruması yönleri ile istatistiksel anlamlı avantajları bildiren çalışmalar da mevcuttur (22).

**Tablo 1.** MacNab Skalası

Mükemmel	Ağrı ve fonksiyonel kısıtlama yok
İyi	Hastanın normal işini ve günlük aktivitesini nadiren etkileyen ağrı
Orta	Fonksiyonel iyileşme mevcut, ancak normal iş ve günlük yaşantısını değiştirecek düzeyde ağrı
Kötü	İyileşme yok ya da kötüleşme var yeni cerrahi tedavi gerekebilir

Sonuç olarak gelişen teknoloji, hasta tercihlerinin yönelimi, maliyet ve harcanan zamanın düşürülmeye çalışılması gibi pek çok neden doğrultusunda minimal invaziv cerrahi girişimler giderek daha yüksek oranda uygulanmaktadır. Yapılan yeni çalışmalar, yaygınlaşan teknolojik imkânlar ve cerrahların artan tecrübesi ile birlikte uygulamanın kullanım alanının genişleyip ve başarı oranının artacağı görülmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Adamson TE: Microendoscopic posterior cervical laminoforaminotomy for unilateral radiculopathy: results of a new technique in 100 cases. *J Neurosurg.* 2001;95:51-57.
2. Ahn Y, Lee SH, Lee SC, et al: Factors predicting excellent outcome of percutaneous cervical discectomy: analysis of 111 consecutive cases. *Neuroradiology.* 2004;46:378-384.
3. Aldrich F: Posterolateral microdiscectomy for cervical monoradiculopathy caused by posterolateral soft cervical disc sequestration. *J Neurosurg.* 1990;72:370-377.
4. Anderson PA, Sasso RC, Riew KD: Comparison of adverse events between the Bryan artificial cervical disc and anterior cervical arthrodesis. *Spine.* 2008;33:1305-1312.
5. Bailey RW, Badgley CE: (1960) Stabilization of the cervical spine by anterior fusion. *J Bone Joint Surg Am* 42A:565-569
6. Choi G, Lee SH, Bhanot A, et al: Modified transcorporeal anterior cervical microforaminotomy for cervical radiculopathy: a technical note and early results. *Eur Spine J.* 2007;16:1387-1393.
7. Choi G, Uniyal P, Hassan Z, et al: A New Progression Towards a Safer Anterior Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy: A Technical Report. *Journal of Spine.* 2016, 5:4
8. Cloward R: The anterior approach for removal of ruptured cervical discs. *J Neurosurg.* 1958;15:602-617

9. Epstein NE: A review of laminoforaminotomy for the management of lateral and foraminal cervical disc herniations or spurs. *Surg Neurol.* 2002;57:226–233.
10. Epstein NE: Minimally invasive/endoscopic vs “open” posterior cervical laminoforaminotomy : do the risk outweigh the benefits. Editorial. *Surgical Neurology* 71:330-331, 2009
11. Flynn TB: Neurological complications of anterior cervical interbody fusion. *Spine.* 1982;7:536–539.
12. Frykholm R: Deformities of dural pouches and strictures of dural sheaths in the cervical region producing nerve-root compression. A contribution to the etiology and operative treatment of brachial neuralgia. *J Neurosurg.* 1947;4:403–413.
13. Fukushima T, Ishijima B, Hirakawa K: (1973) Ventriculofiberscope: a new technique for endoscopic diagnosis and operation. *J Neurosurg* 38:251–256
14. Gastambide D, Peyrou P, Lee SH: Percutaneous cervical discectomy. In: Bentley G, Bohler N, Dorfmann H, et al, eds. *Surgical Techniques in Orthopaedics and Traumatology.* Paris: Elsevier SAS, 55-Paris095-A-10; 2003:1–7.
15. Jho HD: Microsurgical anterior cervical foraminotomy for radiculopathy: a new approach to cervical disc herniations. *J Neurosurg.* 1996;84:155–160.
16. Johnson JP, Filler AG, MacBride DQ, et al: Anterior cervical foraminotomy for unilateral radicular disease. *Spine.* 2000;25: 905–909.
17. Kahraman S: Minimal İnvaziv Servikal Cerrahi. Omurilik ve Omurga Cerrahisi, Ed. Zileli M, Özer AF, 3. Baskı, İntertıp Yayinevi, İzmir, 2014, s: 1712-1716
18. Kettler A, Wilke HJ, Claes L: Effects of neck movement on stability and subsidence in cervical interbody fusion: an in vitro study. *J Neurosurg.* 2001;94:97–107.
19. Kumar GR, Maurice-Williams RS, Bradford R: Cervical foraminotomy: an effective treatment for cervical spondylotic radiculopathy. *Br J Neurosurg.* 1998;12:563–568.
20. Laing RJ, Ng I, Seeley HM, et al: Prospective study of clinical and radiological outcome after anterior cervical discectomy. *Br J Neurosurg.* 2001;15:319–323.
21. Lee JH: Anterior and Posterior Endoscopic Approaches to the Cervical Spine. *Surgical Anatomy and Techniques to the Spine*, Ed: Kathryn DeFtancesco, Sekond Edition, Elsevier Saunders, Philedelphia 2013, (page 153-161)
22. Lee JH: Radiographic Changes After Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy: A Long Term Follow-up. *Photomed Laser Surg.* 2014 Dec 1; 32(12): 663-668
23. Lee JY, Lohr M, Impekoven P, et al: Small keyhole transuncal foraminotomy for unilateral cervical radiculopathy. *Acta Neurochir.* 2006;148:951–958.
24. Lee SH, Ahn Y, Kang BU, et al: Percutaneous endoscopic cervical discectomy for noncontained soft disc herniations: surgical technique and clinical follow-up over a minimum of two years. *WSJ.* 2006;1:141–147
25. Lee SH, Kim KT, Jeong BO: The safety zone of percutaneous cervical approach: a dynamic tomographic study. *Spine* 32E:569-e574,2007
26. Lu J, Wu X, Li Y, et al: Surgical results of anterior corpectomy in the aged patients with cervical myelopathy. *Eur Spine J.* 2008;17: 129–135.
27. Maiman DJ, Kumaresan S, Yoganadan N, et al: Biomechanical effect of anterior cervical spine fusion on adjacent segments. *Biomed Mater Eng.* 1999;9:27–38.
28. Mixer WJ, Barr JS: (1934) Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *N Engl J Med* 211:210–215
29. Nandoe Tewarie RD, Bartels RH, Peul WC: Long-term outcome after anterior cervical discectomy without fusion. *Eur Spine J.* 2007;16:1411–1416.
30. Nardi PV, Cabezas D, Cesaroni A: Percutaneous cervical nucleoplasty using coblation technology. Clinical results in fifty consecutive cases. *Acta Neurochir.* 2005;92(suppl):73–78
31. O’Toole JE, Sheikh H, Eichholz KM, et al: Endoscopic posterior cervical foraminotomy and discectomy. *Neurosurg Clin N Am.* 2006;17:411–422.
32. Pedram M, Castagnera L, Carat X, et al: Pharyngolaryngeal lesions in patients undergoing cervical spine surgery through the anterior approach: contribution of methylprednisolone. *Eur Spine.* 2003;12: 84–90.
33. Riew KD, Cheng I, Pimenta L, et al: Posterior cervical spine surgery for radiculopathy. *Neurosurgery.* 2007;60(suppl):57–63.
34. Robinson RA, Walker AE, Ferlic DC, et al: The results of anterior interbody fusion of the cervical spine. *J Bone Joint Surg [Am].* 1962;44:1569–1587.
35. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: A new full-endoscopic technique for cervical posterior foraminotomy in the treatment of lateral disc herniations using 6.9-mm endoscopes: prospective 2-year results of 87 patients. *Minim Invasive Neurosurg.* 2007;50: 219–226.
36. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al: Full-endoscopic cervical posterior foraminotomy for the operation of lateral disc herniations using 5.9-mm endoscopes: a prospective, randomized, controlled study. *Spine.* 2008;33:940–948.
37. Saringer W, Reddy B, Nobauer-Huhmann I, et al: Endoscopic anterior cervical foraminotomy for unilateral radiculopathy: anatomical morphometric analysis and preliminary clinical experience. *J Neurosurg.* 2003;98(2 suppl):171–180.

38. Savolainen S, Rinne J, Hernesniemi J: A prospective randomized study of anterior single-level cervical operation with long-term follow-up: surgical fusion is unnecessary. *Neurosurgery*. 1998;42: 51–55.
39. Scoville WB, Dohrmann GJ, Corkill G: Late results of cervical disc surgery. *J Neurosurg*. 1976;45:203–210.
40. Senter HJ, Kortyna R, Kemp WR: Anterior cervical discectomy with hydroxylapatite fusion. *Neurosurgery*. 1989;25:39–42.
41. Sonntag VK, Klara P: Controversy in spine care. Is fusion necessary after anterior cervical discectomy? *Spine*. 1996;21:1111–1113.
42. Spanu G, Marchionni M, Adinolfi D, et al: Complications following anterior cervical spine surgery for disc diseases: an analysis of ten years experience. *Chir Organi Mov*. 2005;90:229–240.
43. Spurling RG, Scoville WB: Lateral rupture of the cervical intervertebral disc. Common cause of shoulder and arm pain. *Surg Gynecol Obstet*. 1944;798:350–358.
44. Stookey B: (1928) Compression of the spinal cord due to ventral extradural cervical chondromas. *Arch Neurol Psych* 20:275–278
45. Tureyen K: Disc height loss after anterior cervical microdiscectomy with titanium intervertebral cage fusion. *Acta Neurochir (Wien)*. 2003;145:565–569.
46. Verbiest H: A lateral approach to cervical spine: technique and indications. *J Neurosurg*. 1968;28:191–203.
47. Wang JC, McDonough PW, Endow KK, et al: The effect of cervical plating on single-level anterior cervical discectomy and fusion. *J Spinal Disord*. 1999;12:467–471.
48. Wilke HJ, Kettler A, Goetz C, et al: Subsidence resulting from simulated postoperative neck movements. *Spine*. 2000;25: 2762–2770.
49. Woertgen C, Rothoerl RD, Henkel J, et al: Long term outcome after cervical foraminotomy. *J Clin Neurosci*. 2000;7:312–315.



## 45

## SERVİKAL OMURGADA PERKÜTAN STABİLİZASYON TEKNİKLERİ

Ömer Akar, Yusuf Şükrü Çağlar

## GİRİŞ

Sebebi ne olursa olsun instabil servikal vertebralarda cerrahi tedavisinin ana amacı sağlam stabilizasyon ile füzyon elde etmektir. Servikal vertebralarda pedikül anatomisi iyi değerlendirilerek uygun teknik kullanılarak servikal pedikül vidalama uygulandığında üç kolonda stabilizasyon ve füzyon sağlanır. Faset eklem aralığını ve dört kortikal yüzeyi geçen transfacet vida ile stabilizasyonda benzer biyomekanik sağlamlık elde edilebilir. Cerrahi tedavi gerektiren hastalarda geleneksel yöntemler, büyük cerrahi insizyon, geniş kas ekstansiyonu gerektirir. Bu durum uzun ameliyat süresi ve artmış kan kaybı ve enfeksiyon riskinin artması ile ilişkilidir. Minimal invaziv yöntemler tüm cerrahi branşlarda popülerliğini gün geçtikçe artırmaktadır. Spinal cerrahide de minimal invaziv yöntemlerle diskektomi, interbody füzyon, anterior-posterior enstrümantasyon işlemleri yapılabilmektedir. Bu yöntemin avantajları olarak geleneksel yöntemlere göre küçük insizyon, kasların korunması, az cerrahi süresi, az kan kaybı, postoperatif ağrının az olması sayılabilir. Dezavantajları ise cerrahi deneyim gerektirmesi, artmış radyasyon maruziyeti ve füzyon imkânının sınırlı olmasıdır. Bu nedenle, yüksek stabilizasyon gücüne sahip transfacet ve pedikül vidaların perkütan olarak uygulanması alternatif bir yöntem olarak düşünülebilir. Perkütan enstrümantasyonda füzyon uygulanamaması nedeniyle vida kırılması ya da sistem yetersizliği, sık olmasa da görülebilmektedir. Bu yüzden füzyonun kesin gerekli olduğu hastalarda perkütan enstrümantasyon önerilmemektedir.

Dejeneratif hastalıklar, travma, tümör veya iatrojenik sebeplere bağlı gelişen servikal instabilitenin cerrahi tedavisinde posterior servikal stabilizasyon teknikleri ile füzyon elde etmek yaygın olarak uygulanmaktadır (10,13,16). Servikal füzyonla ilişkili ilk bildirimler Cloward ve Smith Robinson tarafından yayımlanmıştır ve büyük bir kısmı non-union ile sonuçlanan enstrümantasyonsuz olgulardır (8,30). Pedikül vidalarının minimal invaziv cerrahi yöntemle yerleştirilmesi ise 1977 yılında Magerl ve ark. tarafından tanımlan-

mış, bu tarihte beklenen ilgiyi görmemiş, 2001 yılında Foley ve ark. tarafından tanımlanan perkütan kavisi rod yerleştirme sistemi sonrasında tekrar popüleritesi artmıştır (11,22,23).

İnterspinöz telleme, lateral kitle vidası ile rod-plak, servikal pedikül vidası ile rod ve transfacet vida ile stabilizasyonlar iyi bilinen posterior servikal cerrahi teknikleridir (6,9). Herbirinin kendine ait avantaj ve dezavantajları vardır. Bunların arasında lateral kitle-rod ile stabilizasyon en yaygın olarak kullanılan cerrahi yöntemdir. Patoloji ne olursa olsun füzyon elde etmek için uygulanan stabilizasyonun üç kolonun tespiti hedeflenmektedir ancak buna ulaşmak teknik olarak oldukça zordur (10,13). Bu cerrahi teknikler arasında faset eklem içinden geçip faset eklemine dondurarak stabilizasyon sağlayan transfacet vidalama yöntemi, son yıllarda gelişmeye başladı ve lateral kitle-rod sistemine alternatif bir seçenek hâline geldi (4). Ameliyathane içinde kullanılabilen radyolojik tetkiklerin sağladığı kolaylıklar ile bu yöntemin perkütan olarak da uygulanabilmesi diğer yöntemlerden ayıran özelliğidir (4,12,24). Adale hasarı oluşturulmadığı için kan kaybı olmaması, postoperatif dönemde çok daha az ağrı, açık cerrahide uygulanan stabilizasyon tekniklerine göre benzer veya daha iyi biyomekanik stabilite sağlaması nedenleri ile perkütan servikal transfacet girişimini cazip hâle getirmeye başlamıştır (4,13,26,37).

Posterior servikal stabilizasyon teknikleri, daha az doku hasarı ile cerrahiye gerçekleştirmek ve en az komplikasyon riski ile hedefe ulaşmak için gelişen teknolojiye de faydalanılarak zaman içinde minimal invaziv girişim yönünde gelişmeye başlamıştır. Bu hedefe ulaşmak için transfacet (transartiküler) ve transpediküler girişimlerin perkütan olarak uygulanmaları son yıllarda bildirilmeye başlanmasına rağmen hâlen beklenen popüleriteyi yakalayamamıştır (4,13). Perkütan enstrümantasyon cerrahisi esnasında cerrahi ekibin radyasyon maruziyetinin açık cerrahiye göre yüksek olduğu aşikârdır (32). Wang ve ark. yaptıkları çalışmada perkütan yöntemde cerra-

hi ekibin radyasyona maruziyetinin 6-7 kat yüksek olduğunu ve bu nedenle koruyucu ekipmanların kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir (34). Bu yazıda minimal invazif girişim olan perkütan transfaset ve transpediküler vidalama ile stabilizasyonun cerrahi uygulama teknikleri anlatılmaya çalışılmıştır.

### Perkütan Servikal Transfaset Stabilizasyon

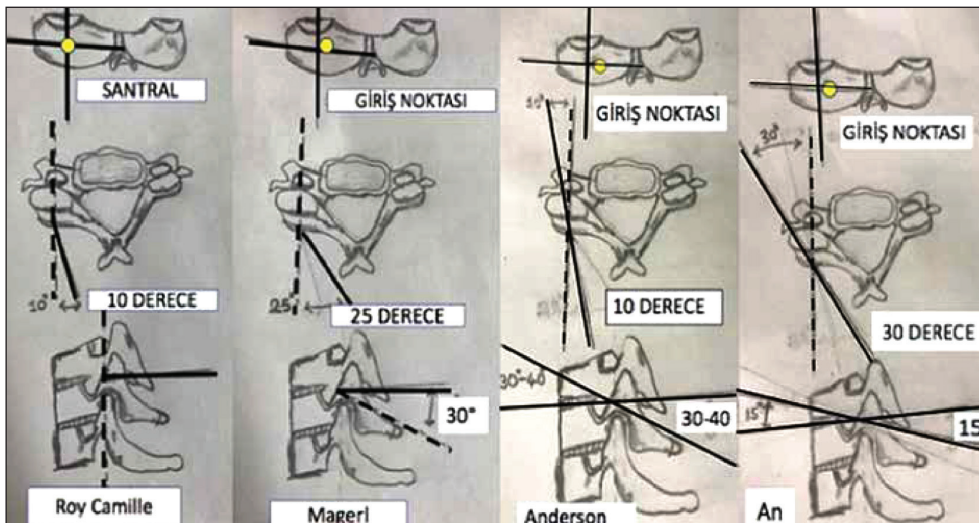
Lateral kitle vida ve rod sistemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ancak vidaların uygulanacağı anatomik noktanın normal morfolojiye sahip olması gerekir (Şekil 1) (9). Orta ve alt servikal vertebraların transfaset yol ile fiksasyonu, stabilizasyonu sağlayan alternatif ve basit bir yöntemdir (33). Dört kortikal yüzeyi (lateral kitlenin dorsal korteksi, inferior ve süperior subartiküler proçesin subkondral kemik yüzeyi ve kaudal faset ekleminin ventral duvarı) geçen transfaset vidalar, bir veya iki kortikal yüzeyi geçen lateral mass vidalarına göre biyomekanik olarak daha dirençli bir şekilde kemiğe tutunduğu gösterilmiştir (13,16,33). Perkütan olmayan girişim ile C1-2 transartiküler fiksasyonda vertebral arter (VA) ve sinir kökü hasarı, subaksiyel stabilizasyon için kullanılan lateral kitle ve transpediküler stabilizasyon tekniklerinde komplikasyonlar bildirilmiştir (16,21,35). Orta ve alt servikal vertebraların transfaset vida ile stabilizasyonunun oldukça güvenli bir şekilde uygulanabileceği bildirilmiştir (10,13,18,33).

### Transfaset Stabilizasyonda Teknik

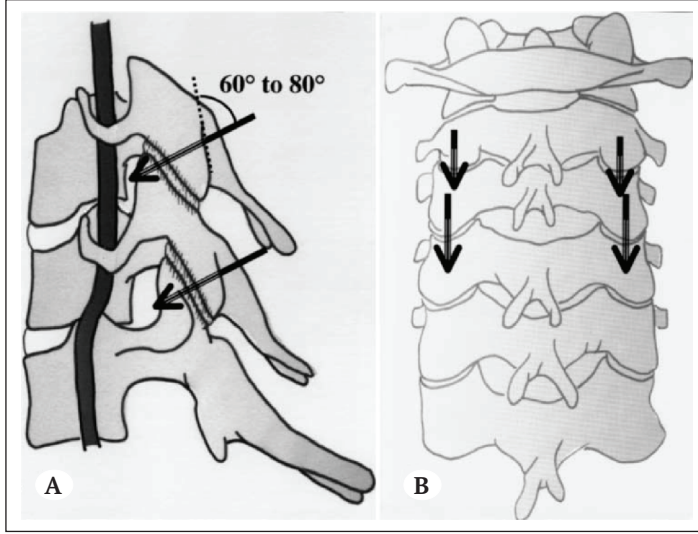
İster perkütan ister açık cerrahi ile transfaset vidalamada, lateral kitle ve faset eklemin anatomik yapısı iyi bilinmelidir. Lateral kitleler C3-4 seviyesinde eşkenar dörtgene (rhomboid) benzerdir ve alt seviyelere indikçe incilir, C7 seviyesinde en ince kalınlığa ulaşır.

Başlıca hareketi rotasyon olan servikal faset eklemleri frontal plana paralel ve transvers plana göre 45 derece eğimdedirler (5). Lateral kitleler ve faset eklemler spinal kord, sinir kökü ve VA gibi önemli nörovasküler yapılara yakın komşuluk gösterirler. Bazen anatomik varyasyonlar nedeni ile beklenilmeyen komplikasyonlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle posterior servikal yaklaşım öncesi preoperatif bilgisayarlı tomografi (BT) ile lateral kitle ve faset eklemin anatomik yapısı, nörovasküler yapılar ile ilişkisi iyi değerlendirilmelidir.

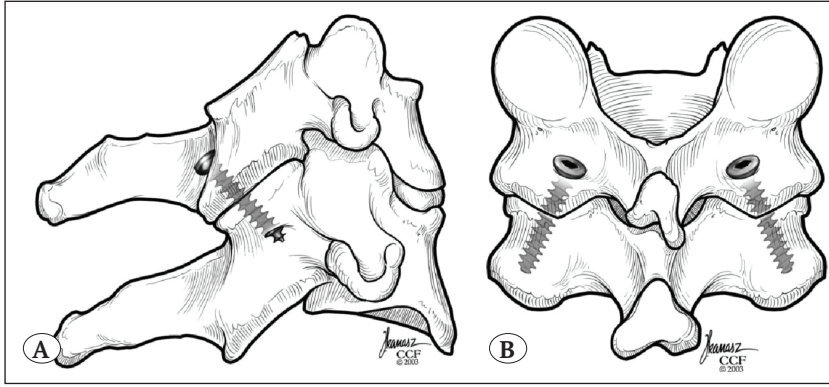
Transfaset vidalama ile stabilizasyon sık kullanılan bir cerrahi yöntem değildir. Perkütan transfaset girişim ile ilgili çok kısıtlı klinik çalışma bildirilmiştir (4,12). Subaksiyel servikal vertebralara transfaset vida ile stabilizasyon için birkaç cerrahi teknik bildirilmiştir (10,16,18,26,33). Bunların arasında Takayasu (Şekil 2) ve DalCanto (Şekil 3) teknikleri en popüler olanlarıdır (10,33). Takayasu tekniği ile transfaset vidalama için laminanın lateral sınırı ile faset ekleminin lateral sınırı arasındaki orta hat belirlenir. Lateral kitlenin üst 1/3 bölümünün alt sınırından genellikle 60°-80° rostrokaudal, 0° lateral açı ile faset eklem yüzeylerine dik olacak şekilde ilerletilen vida, faset ekleminin intervertebral foramenine bakan ventral korteksi de geçer. Böylece dört kortikal yüzeyden geçerek stabilizasyon sağlanmış olur (33). DalCanto tekniğinde ise lateral kitlenin orta noktasının 2 mm kaudal giriş noktası olarak belirlenir ve 40° kaudal, 20° lateral açı ile intervertebral foramen lateraline doğru vidalar yönlendirilir (10). Takayasu ve ark. tekniklerinin güvenli yöntem olduğunu belirtmesine rağmen bu yöntemde uzun vida kullanılması nörovasküler hasara neden olabilir (33). Zhao ve ark. DalCanto ve Takayasu tekniklerini anatomik çalışmada karşılaştırmışlardır (39).



Şekil 1. Farklı tekniklerde lateral kitle vidası giriş noktaları.



**Şekil 2.** Takayasu tekniği ile transfaset vidaların uygulama tekniğinin çizimi. Vida, kaudale doğru 70°, laterale ise 0° açı ile faset yüzeylerine dik olacak şekilde yönlendirilerek vidalama yapılır. Bu teknik kuvvetli bir stabilizasyon sağlamakta ancak vida ucunun foramen içine kadar uzanması nedeni ile nörovasküler hasar oluşturma riski taşımaktadır. Bu teknikte gereğinden fazla uzun vida kullanılmamalıdır.



**Şekil 3.** DalCanto tekniği ile transfaset vidaların A) lateral B) anterior-posterior uygulama tekniğinin çizimi. Vida, kaudale doğru 40°, laterale ise 20° açı ile faset yüzeylerine dik olacak şekilde yönlendirilerek vidalama yapılır. Bu teknikte vidanın ucu transvers proçes ile faset birleşim noktasına doğru hedeflenmesi daha güvenilir bir vidalama sağlar.

Uzun vida kullanılması durumunda VA ve sinir kökü yaralanmasının Takayasu tekniğinde yüksek olduğu, DalCanto yönteminde ise girişim sırasında daha fazla faset kırılması oluştuğunu saptamışlardır. Liu ve ark. yaptıkları anatomik çalışmada daha farklı giriş noktası ve açıları ile hiç nörovasküler hasarın oluşmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmaya göre ideal noktanın lateral kitlenin orta noktasının 1 mm mediali olduğu ve ideal drilllemenin de 37° kaudal, 16° lateral yönde açıldırma olduğunu ileri sürmüşlerdir (19).

Perkütan servikal transfaset vidalama girişimi için hasta prone pozisyonda baş radyolüsent çivili başlık ile tespit edilmeli, çivili başlığın pozisyonu flüoroskopik kontrollere engel olmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Baş ve boyun nötral pozisyonda tespit edildiği kontrol edilmelidir. Sinir kökü fonksiyonlarının takibi için nöromonitorizasyon kullanılmalıdır. Özellikle C2-3 seviyesinin transfaset yol ile stabilizasyonunda vidaya doğru yol açısının elde edilmesinde oksipital kemik protuberansının bazen engel olabileceği düşünülmeli, bu durum preoperatif değerlendirmede ve

cerrahi pozisyon verilirken dikkate alınmalıdır (33). Bu nedenle baş hafifçe fleksiyona getirilerek çivili başlık tespit edilmelidir. Öte taraftan, C2-3 hatta C3-4 seviyesine transfaset yol ile vida göndermenin teknik olarak mümkün olduğu ancak pratik uygulamada oksipital pretuberansın vida gönderilmesi için uygun açının verilmesine engel olması nedeni ile pek mümkün olmadığı bildirilmiştir (24). Perkütan transfaset vida gönderilmesi için önce çalışma kanullerinin girebileceği kadar çentik insizyonlar tercihen biplanar flüoroskopi altında uygun trase belirlendikten sonra hedef seviyenin kranial bölgesine ve orta hattına yapılmalıdır. İnsizyonlar en üst seviye (C2-3 ve C3-4) için oksipital kemiğin protuberansına kadar çıkılması gerekebilir. En alt seviye için (C7-T1) C5 spinoz proçesinin üzerine çentik insizyon yapılması önerilmektedir (13). Vidanın doğru giriş noktasını belirlemek için önce flüoroskopi altında Kirschner tel'i (K-tel) ile adele ve fascia içinden ilerletilerek kranialdeki vertebranın inferior artiküler proçesinin lateral kitlesine doğru ilerletilip dayatılır (13). Başlama noktası, Takayasu veya DalCanto ya da diğer tanımla-



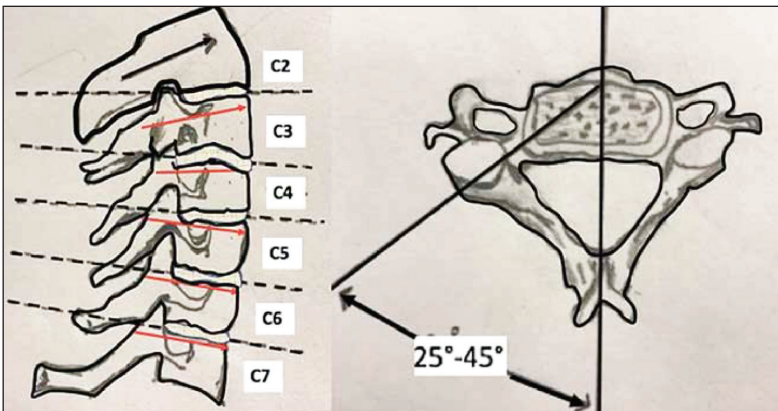
nan giriş noktaları cerrahın tercihine göre belirlenir. Bu nokta K-tel'i lateral kitleye penetre edilmeden önce ön arka ve lateral fluroskepi ile doğrulanmalıdır. İntervertebral foramenlerden kaçınarak vida gönderilmek isteniyorsa K-tel'i servikal vertebra aksına 20° lateral ve 40° kaudale doğru açılarak drillenir (10,13,16). Telin ucu VA ve sinir kökünden kaçınmak için en güvenli alan olan transvers proces ile fasetin birleşme noktasına doğru hedeflenmelidir (13). K-tel'i yerleştirildikten sonra ön-arka ve yan fluroskepi ile telin yeri doğrulanır ve vidanın gönderilmesine kolaylık sağlayan çalışma kanülü yerleştirilir. Çapı 4.0 mm ve uzunluğu preoperatif ölçümler ile belirlenen kendiliğinden dış açarak ilerleyebilen (self tapping) kanüllü vidalar hazırlanır. Vidanın içinden K-tel geçirilerek telin kılavuzluğunda faset eklem yüzeylerine dik olarak ilerletilen vida ile transfacet vidalama gerçekleştirilir (13). Ekstremitte travmasında fiksasyon amaçlı kullanılan kanüllü sistemler bu cerrahi için kullanılabilirliği bildirilmiştir (4). Güvenli vida yerleştirme işlemi kranial vertebranın inferior artiküler prosesinde doğru noktanın tespiti ile başlar ve kaudaldeki vertebranın süperior artiküler prosesine doğru yönlendirme ile devam eder. Bu doğrultuda vida vertebral arter ve sinir köküne zarar vermemesi için hafifçe laterale doğru veya yukarıda tanımlanan Takayasu tekniği gibi intervertebral foramene doğru da yönlendirilebilir. Faset eklem yüzeyinin iki kortikal yüzü geçildikten sonra vidanın ucu kaudaldeki vertebranın süperior artiküler prosesinden pedikül içine doğru yönlendirilmesi de daha fazla biyomekanik direnç sağladığı bildirilmiştir (18,39). Vidanın ventral korteksi aşmaması vertebral arter ve sinir kökünü yaralama riski açısından önemlidir (4,33).

### Perkütan Transpediküler Stabilizasyon

Transpediküler vida fiksasyonu omurga instabilitelerinin tedavisinde son zamanlarda sık kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle omurgada aynı anda hem

posterior dekompresyon, hem de rekonstrüksiyon yapmak mümkündür (2,3). Tümörler, anterior füzyon bozuklukları, romatoid artrit, ankilozan spondilit gibi dejeneratif bozukluklar, enfeksiyonlar ve laminektomi sonrası oluşan kifozların tedavisinde de bu yöntem kullanılabilir (3,27). Servikal omur pedikülleri oldukça sağlam yapılardır ve kuvvetli tutunma noktaları oluştururlar (27). Ancak, transpediküler vida fiksasyonunun yakın komşulukta bulunduğu omurilik, sinir kökleri, faset eklemler ve vertebral arter gibi yapılara zarar verme riski bulunmaktadır (1,2,14,27).

Lamina, spinöz proses ve faset eklem hasarları ile oluşan instabilitenin cerrahisinde füzyon elde etmek için transpediküler stabilizasyon, alternatif ve güçlü bir seçenek hâline gelir. Güçlü fiksasyon sağlamasına rağmen servikal pedikül vidasının uygun ve sorunsuz bir şekilde yerleştirilmesi teknik olarak zordur. Posterior servikal elemanların çok az sayıda anatomik belirleyici nokta ihtiva etmesi, orta ve alt servikal vertebra pediküllerinin ince olması, vertebral arter, spinal kord ve sinir kökünün pediküle yakın komşuluk göstermesi nedenleri ile yanlış gönderilen vidanın bahsedilen nörovasküler yapılara zarar verme olasılığı söz konusudur (20). Bu nedenle servikal pedikül vidasının başarılı bir şekilde yerleştirilebilmesi için pedikül morfolojisinin üç boyutlu olarak çok iyi bilinmesi, vidanın ideal bir şekilde yerleştirilmesini sağlayan en önemli faktördür (Şekil 4). Preoperatif servikal vertebra pedikülünün BT yardımı ile morfometrik analizi ve cerrahi sırasında kolaylık sağlayacak bilgilerin elde edilmesi önemlidir (25). Perkütan olmayan yöntem ile sadece lateral kitlenin yüzey landmarkından faydalanarak vida giriş noktasının belirlenmesi ile yapılan servikal vertebranın transpediküler yol ile stabilizasyonu 1994 yılında Abumi ve ark. tarafından bildirildikten sonra son zamanlarda popüleritesi artmıştır (1,2). Çalışmalarında, pedikül vidaları her seviye için aynı giriş noktası kullanılmış, sagittal açılarda için intraoperatif fluroskepi ile yapılmış, nörolojik



**Şekil 4.** Servikal pedikül vidalarının giriş noktalarının ve açılarının şematik görüntüsü.



ve vasküler komplikasyon oluşmadığı bildirmişlerdir. Ludwig ve ark. servikal pedikül vidalamada üç cerrahi teknik ile vidanın doğru yerleşim oranlarını anatomik çalışma ile karşılaştırmışlardır (20). 1-Topografik landmarklar, 2-mini lamino-foraminotomi ile görsel ve hook yardımı ile pedikül duvarının hissedilmesi ve 3- bilgisayar destekli görüntüleme kılavuzlu cerrahi sistem kullanılarak pedikül vidalarını yerleştirmişlerdir. Hiçbir grupta fluroskepi kullanılmamış ve esnek pedikül prob kullanılmadan drill ile vida trasesi belirlendikten sonra vidalar gönderilmiştir. Çalışma sonucunda topografik bulgular ile yerleştirilen pedikül vidalarının ancak %12.5'u pedikül içinde, %87.5 oranında pedikül hasarına neden olduğu ve %58 oranında VA, %19 oranında da sinir kökü hasar riski saptanmıştır. Mini laminotomi- foraminotomi ile pedikül hissedilerek pedikül vidalarının başarılı bir şekilde yerleştirilebilme oranının %45 olduğu, %55 oranındaki başarısız vidaların ise %43 oranında VA hasarı oluşturma riski oluşturduğu saptanmıştır. Bilgisayar yardımıyla cerrahi sistem kullanılması durumunda ise başarılı pedikül vida yerleştirme oranı %76 olarak bulunmuştur. Nörovasküler hasar oluşturabilecek kadar pedikül hasarı ise %10.6 olarak saptanmıştır. Bu çalışma, özellikle açık cerrahide ve hatta anatomik bir çalışma da bile fluroskepi kullanılmadan pedikülün gözlenmesi ile anatomik oryantasyonuna rağmen servikal vertebra pedikülüne vida yerleştirilmesinin ne kadar riskli olabileceğini göstermektedir. Servikal pedikül anatomisindeki varyasyonlar ve yüksek komplikasyon riskinin bilgisayar yardımıyla görüntüleme kılavuzluğu ile vidaların gönderilmesinin en güvenilir yöntem olduğu klinik çalışmalar ile de gösterilmiştir (17,28,29).

Kim ve ark. orta hat kas diseksiyonu sonrası pedikül vidalarını geliştirdikleri perkütan el aletleri ile ayrı insizyonlar ile lateralden perkütan olarak göndermişler ve bu tekniği hibrit yöntem olarak isimlendirmişlerdir (15). Klinik olgularının karşılaştırmalarında perkütan gönderilen vidaların orta hat insizyon ile gönderilen vidaya göre doğru yerleşiminin daha fazla olduğunu saptamışlardır. Bunun nedeni olarak da orta hat insizyonundan pedikül vidası gönderilirken servikal semispinal kasların mediale doğru yeterli açı verilmesine engel olduğunu bu nedenle pedikül duvarının lateral bölümünde kırılma ve vidanın laterale yönelme olasılığının yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Kısa segment stabilizasyon için bile geniş kas diseksiyonu gerektirmesi, özellikle C3 veya C6 vertebralarını içine alan pediküler stabilizasyon için C2 veya C7 spinöz süreçlerine yapışan semispinöz kasların diseksiyonunu gerektireceğinden, kifotik deformite gibi ek sorunlar ile sonuçlanabileceğinden

vidaların perkütan olarak gönderilmesi önerilmiştir (15).

### Transpediküler Stabilizasyonda Teknik

Bilimsel yazında perkütan servikal transpediküler vida-rod ile stabilizasyonun klinik uygulaması ile ilgili klinik çalışmalar kısıtlıdır (15,29,31). Bu yöntemin cerrahi tekniği ile ilgili olarak da tanımlanmış standart bir teknik bildirilmemiştir. Ancak temelde Abumi ve ark.nın tanımladığı cerrahi tekniğe uygun veya bilgisayar yardımıyla sterotaksik yöntemler veya başlama noktası dahil tüm aşamalar fluroskepi ile tayin edilerek vida trasesi belirlenerek pedikül vida girişi için belirleyici noktadır. C3-C7 arası vertebra lateral kitle orta noktasının hafifçe lateralinden üstteki vertebranın artiküler sürecine yakın yerinden giriş noktası belirlenir. Vida giriş deliği vidaları gönderilmiştir (1,15,29) Abumi cerrahi tekniğinde C2 laminasının üst kenarı C2 oluşturulduktan sonra transvers planda mediale doğru 25°-45°, C2 vertebra-sı için ise 15°-45° açı ile vida gönderilir (1,2). Servikal pedikül ile stabilizasyon da rod veya plak yerleştirilmesi gerektirdiğinden orta hat cilt insizyonu ve stabilizasyon segmentinin kaudalinde ki spinöz sürecin üst, kranialdeki spinöz sürecin alt sınırına kadar kas diseksiyonu ile hibrit yaklaşım uygulanmaktadır (15,29).

Perkütan yolla servikal transpediküler vidalama girişimi için hasta prone pozisyonda nöronavigasyon eşliğinde baş radyolüsent çivili başlık ile tespit edilmeli, çivili başlığın pozisyonu fluroskepik kontrollere engel olmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Baş ve boynun nötral pozisyonda tespit edildiği özellikle kontrol edilmeli ve alt servikal vertebraların görülebilmesi için omuzlar kaudale doğru çekilerek tespit edilmelidir. Sinir kökü ve spinal kord fonksiyonlarını takip edilmesi için mutlaka nöromonitorizasyon kullanılmalıdır. Rod yerleştirme ve gerektiğinde dekompresyon veya kanal içi patolojinin cerrahi tedavisi için orta hat cilt insizyonu ve lateral kitle laterale kadar kas seperasyonu yapılır. Vida gönderilecek vertebra pedikülünün açısı ameliyat öncesi çekilen BT ile hesaplanması vidanın giriş yerinin ne kadar lateralde kalacağını belirler (15). Saptanan cilt giriş noktasından K-tel, fluroskepi ile lateral kitleye doğru ilerletilir. Abumi tekniği ile vida giriş noktası belirlenecekse yukarıda tanımlanan giriş noktasına ulaşmak için fluroskepi ile yan, ön-arka ve pedikül aksına dik olacak şekilde oblik çekimler ile lateral kitle giriş noktası doğrulandıktan sonra K-tel ile korteks geçilir (31). K-tel üzerinden dilatatörler geçirilerek kas içinden geçen trase genişletilir. Dilatatör üzerinden de lateral kitle üzerinden kaymaması için ucu tırtıklı

çalışma kanülü pediküle giriş noktasını ortalayacak şekilde yerleştirilir ve orta hat cilt insizyonundan da giriş yeri kontrol edilir (15). Fluroskopi kontrolü eşliğinde pedikül içine drill ile pilot delik açıldıktan sonra pedikül vidası korpus içine doğru gönderilir. Pedikül vidası navigasyon eşliğinde de yerleştirilebilir (28,29). Ameliyat öncesi lateral kitle giriş noktası bilgisayar yardımı ile belirlendikten sonra navigasyon eşliğinde uygun açının sağlanabileceği cilt giriş noktasından cerrahi işlem başlar, vidanın nihai pozisyonu elde edilene kadar devam eder. Orta hat cilt insizyonu yapmadan lateral 2-3 cm insizyonlar ile perkütan pedikül vidalar yerleştirildikten sonra kas arası künt diseksiyon ile rodların yerleştirilebildiği de bildirilmiştir (31). Cerrahi teknik olarak da Abumi ve ark. tanımladığı giriş noktalarını fluroskopi eşliğinde belirleyerek servikal pedikül vidalarını göndermişlerdir (1,2). Servikal vertebra pedikülüne perkütan yaklaşımın en uygun olduğu, hareketin korunabilmesi ve C2 spinöz prosesine yapışan semispinöz kasların diseksiyonuna gerek kalmaması nedenleri ile en fizyolojik cerrahi yöntem olduğu patoloji, cerrahi stabilizasyon gerektiren Hangman's kırığıdır (7). Bu kırığın perkütan vida ile stabilizasyonunda nöromonitorizasyon ile birlikte intraoperatif BT (O-arm), navigasyon veya fluroskopinin kullanılması önerilmektedir (7,36,38). Fluroskopi veya navigasyon ile cilt ve pedikül giriş yerleri belirlendikten sonra daha önce bahsedilen yöntemlerde kullanılan Ktel, dilatatör ve çalışma kanülleri aracılığı ile çekirtmeli kanüllü vidalar kırık hattından geçirilir ve C2 korpus içine doğru gönderilerek kırık hattı komprese edilir (7,36). Gerek K-tel gerekse de vidanın gönderilmesi aşamalarında navigasyon kullanılsa bile fluroskopi ile implant seyri kontrol edilmelidir. Trakea ve özofagus yaralanmasına neden olmamak için vida ucunun anterior korteksi geçmemesi ve eğer cerrahi floroskopi ile yapılacaksa ön-arka görüntülemenin ağız açık pozisyonda pedikül lokalizasyonunun yapılması önerilmektedir (36).

Servikal pediküllerin anatomik oryantasyonundaki farklılıklar ve nörovasküler yapıların yakın komşuluğu, vida ile stabilizasyonunu komplikasyon, mortalite ve morbidite açısından riskli hâle getirmektedir. Bu nedenle bu cerrahi yöntemin tecrübeli cerrahlar ve mümkünse navigasyon gibi bilgisayar yardımlı kılavuzlar eşliğinde yapılması gerekir.

## KAYNAKLAR

1. Abumi K, Itoh H, Taneichi H, et al: Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report. *J Spinal Disord* 1994;7(1):19-28.
2. Abumi K, Kaneda K. Pedicle screw fixation for nontraumatic lesions of the cervical spine. *Spine* 1997;22(16):1853-63.
3. Abumi K, Kaneda K, Shono Y, et al: One-stage posterior decompression and reconstruction of the cervical spine by using pedicle screw fixation systems. *J Neurosurg* 90:19-26, 1999.
4. Ahmad F, Sherman JD, Wang MY. Percutaneous Trans-Facet Screws for Supplemental Posterior Cervical Fixation. *World neurosurgery*. 12// 2012;78(6):716.e711-716.e714.
5. Aydoğan M, Enercan M, Hamzaoglu A, et al: Reconstruction of the subaxial cervical spine using lateral mass and facet screw instrumentation. *Spine* 2012;37(5):335-41.
6. Barrey C, Mertens P, Rumelhart C, et al: Biomechanical evaluation of cervical lateral mass fixation: a comparison of the Roy-Camille and Magerl screw techniques. *Journal of Neurosurgery: Spine* 2004;100(3):268-76.
7. Buchholz AL, Morgan SL, Robinson LC, et al: Minimally invasive percutaneous screw fixation of traumatic spondylolisthesis of the axis. *J Neurosurg Spine* 2015; 22(5):459-65.
8. Cloward RB. Treatment of acute fractures and fracturedislocations of the cervical spine by vertebral-body fusion. A report of eleven cases. *J Neurosurg* 1961; 18:201-9.
9. Cooper PR, Cohen A, Rosiello A, et al: Posterior stabilization of cervical spine fractures and subluxations using plates and screws. *Neurosurgery* 1988;23(3):300-6.
10. DalCanto RA, Lieberman I, Inceoglu S, et al: Biomechanical comparison of transarticular facet screws to lateral mass plates in two-level instrumentations of the cervical spine. *Spine* 2005;30(8):897-2.
11. Foley KT, Gupta SK, Justis JR, et al: Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. *Neurosurgical Focus* 10(4):1-9, 2001
12. Holly LT, Foley KT. Percutaneous placement of posterior cervical screws using three-dimensional fluoroscopy. *Spine* 2006;31(5):536-40.
13. Husain A, Akpolat YT, Palmer DK, et al: A comparison of open versus percutaneous cervical transfacet fixation. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2016p. 1-6.
14. Karaikovic EE, Kunakornsawat S, Daubs MD, et al: Surgical anatomy of the cervical pedicles: Landmarks for posterior cervical pedicle entrance localization. *J Spinal Disord* 13:63-72, 2000.
15. Kim MK, Cho SM, You SH, et al: Hybrid Technique for Cervical Pedicle Screw Placement: Combination of Miniopen Surgery and Use of a Percutaneous Cannula System- Pilot Study. *Spine* 2015;40(15):1181-6.

16. Klekamp JW, Ugbo JL, Heller JG, et al: Cervical transfacet versus lateral mass screws: a biomechanical comparison. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* 2000;13(6): 515-8.
17. Kotani Y, Abumi K, Ito M, et al: Improved accuracy of computer-assisted cervical pedicle screw insertion. *J Neurosurg* 2003;99(3 Suppl):257-63.
18. Liu G, Xu R, Ma W, et al: Biomechanical comparison of cervical transfacet pedicle screws versus pedicle screws. *Chinese medical journal* 2008;121(15):1390-3.
19. Liu G, Xu R, Ma W, et al: Anatomical considerations for the placement of cervical transarticular screws. *J Neurosurg Spine* 2011;14(1):114-21.
20. Ludwig SC, Kramer DL, Balderston RA, et al: Placement of pedicle screws in the human cadaveric cervical spine: comparative accuracy of three techniques. *Spine* 2000;25(13):1655-67.
21. Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, et al: Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. *Journal of neurosurgery* 1997;86(6):961-8.
22. Magerl FP: Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop Relat Res* 189:125-141, 1984
23. Magerl F, Aebi M, Gertzbein S, et al: A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *European Spine Journal* 3(4):184-201, 1994
24. Milchtem C, Yu WD, Ho A, et al: Anatomical parameters of subaxial percutaneous transfacet screw fixation based on the analysis of 50 computed tomography scans: Clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2012;16(6):573-8.
25. Miyamoto H, Uno K. Cervical pedicle screw insertion using a computed tomography cutout technique. *J Neurosurg Spine* 2009;11(6):681-7.
26. Miyanji F, Mahar A, Oka R, et al: Biomechanical differences between transfacet and lateral mass screw-rod constructs for multilevel posterior cervical spine stabilization. *Spine*. Nov 01 2008;33(23):E865-9.
27. Panjabi MM, Shin EK, Chen NC, et al: Internal morphology of human cervical pedicles. *Spine* 25:1197-1205, 2000.
28. Rath SA, Moszko S, Schaffner PM, et al: Accuracy of pedicle screw insertion in the cervical spine for internal fixation using frameless stereotactic guidance. *J Neurosurg Spine* 2008;8(3):237-45.
29. Richter M, Cakir B, Schmidt R. Cervical pedicle screws: conventional versus computer-assisted placement of cannulated screws. *Spine* 2005;30(20):2280-7.
30. Robinson RA, Southwick WO. Indications and technics for early stabilization of the neck in some fracture dislocations of the cervical spine. *South Med J* 1960; 53:565-79.
31. Schaefer C, Begemann P, Fuhrhop I, et al: Percutaneous instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine using pedicle screws: preliminary clinical results and analysis of accuracy. *Eur Spine J* 2011;20(6):977- 85.
32. Sembrano JN, Yson SC, Polly DW: Percutaneous pedicle screws. *Minimally Invasive Spine Surgery: Surgical Techniques and Disease Management*. Springer, 2019: 215-225
33. Takayasu M, Hara M, Yamauchi K, et al: Transarticular screw fixation in the middle and lower cervical spine: technical note. *Journal of Neurosurgery: Spine* 2003;99(1):132-6.
34. Wang H, Zhou Y, Li C, et al: Comparison of open versus percutaneous pedicle screw fixation using the sextant system in the treatment of traumatic thoracolumbar fractures. *Clin Spine Surg* 30(3):E239-E46, 2017
35. Wright NM, Laurysen C. Vertebral artery injury in C1-2 transarticular screw fixation: results of a survey of the AANS/CNS section on disorders of the spine and peripheral nerves. *Journal of neurosurgery* 1998;88(4):634-40.
36. Wu YS, Lin Y, Zhang XL, et al: Management of hangman's fracture with percutaneous transpedicular screw fixation. *Eur Spine J* 2013;22(1):79-86.
37. Yi S, Rim D-C, Nam K-S ve ark. Biomechanical Comparison of cervical fixation via transarticular facet screws without rods versus lateral mass screws with rods. *World neurosurgery*. 4// 2015;83(4):548-52.
38. Yoshida G, Kanemura T, Ishikawa Y. Percutaneous Pedicle Screw Fixation of a Hangman's Fracture Using Intraoperative, Full Rotation, Three-dimensional Image (O-arm)- based Navigation: A Technical Case Report. *Asian Spine J* 2012;6(3):194-8.
39. Zhao L, Xu R, Liu J, et al: Comparison of two techniques for transarticular screw implantation in the subaxial cervical spine. *J Spinal Disord Tech* 2011;24(2):126-31.





## 46

SERVİKAL SPONDİLOTİK MYELOPATİDE  
POSTERİOR GİRİŞİMLER VE İLGİLİ ŞEHİR  
EFSANELERİ

Alperen Kaya, M. Murat Hancı

Bu bölümde spondilolitik myelopati hakkında ayrıntılara değinilmeyecektir onlar zaten ilgili bölümlerinde sunulmuşlardır. Burada yalnızca artık gözden düşmüş veya düşürülmüş fakat sinir cerrahisinin vazgeçilmezi olan “dekompresif laminektomi” ele alınacaktır. Ayrıca bu başlık altında itibarsızlaştırmanın nedenleri ve propaganda araçlarına değinilecektir.

Spondilolitik miyelopati genel olarak progresif seyirli, değişik derecelerde maluliyete yol açan, en sık karşılaşılan omurga problemidir (15). Girişim gerektirecek düzeyde olan olguların 100.000 de 1.6 olduğu düşünülen ve kesinlikle yaşlanan toplum ile prevalansı artan bir sorundur. Yıllar içerisinde spondilolitik myelopati için yapılan girişimler (1990-2000) %90 artarken ABD’de özellikle sağlık sigortası olanlarda benzer bir dönemde (1992-2005) bu girişimlere füzyon eklenmesi %206 artmıştır (14).

Boyun ağrısı ile tezahür edebileceği gibi kolda ağrı, ellerde becerisizlik, yürüme güçlüğü, spastisite, el intrinsek kaslarında atrofi gibi çok zengin bir semptomatolojiye sahip olarak da karşımıza çıkabilmektedir (19).

Yegâne olumlu yanı ileri yaşlarda ortaya çıkmasıdır. Üzerindeki ortak görüş tedavisinin cerrahi olduğudur. Gerçi hafif formlar için yaşam tarzı değişiklikleri, çeşitli fizik tedavi modalitelerinin uygulanması veya NMDA bloker (riluzole) kullanımı gibi öneriler mevcut ise de bunlar öneriden öteye geçememektedir (13).

Cerrahi girişim gerekliliği konusunda bir uzlaşma var ise de yaklaşımlar çok çeşitlilik arz etmektedir (18).

1. Anterior yaklaşımlar
  - a. Diskektomi
  - b. Diskektomi+ füzyon
  - c. Korpektomi + füzyon
  - d. Oblik dekompresyon

- e. Artroplastisi
2. Posterior yaklaşımlar
  - a. Laminektomi
  - b. Khan operasyonu (+dentat ligaman eksizyonu) (tarih oldu)
  - c. Laminektomi + Füzyon
  - d. Laminoplasti
  - e. Skip Laminektomi
  - f. Unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon
3. Kombine yaklaşımlar

1950’li yıllarda anterior servikal yaklaşım tanımlanmaya değin posterior yaklaşım yegâne tedavi yöntemi olarak karşımıza çıkmakta idi.

Posterior yaklaşımın avantajları

- Birden çok seviye kolayca ekspozite edilebilir
- Çoğunlukla ek olarak stabilizasyon gerektirmez
- Omurgada gereksiz katılığa yol açmadığı için komşu segment dejenerasyonunu hızlandırmaz
- Kökler doğrudan bakı altında dekomprese edilebilir
- Özofagus, büyük damarlar gibi yapıları risk altına sokmadan yaklaşılabilir
- Aşına olunan bir anatomi ve etkinliği kanıtlanmış bir yöntemdir.

Posterior yaklaşımın dezavantajları:

- Post-operatif ense ağrısı (laminoplasti de daha fazla)
- Segmental instabilite ve kifoz gelişebilme potansiyeli

- Median - Ventral lokalizasyonlu osteofite ulaşmak yüksek riskli (pratik olarak olanaksız)

Laminektomi ile tedavi edilen myelopatiye yol açan servikal dar kanal olgularında %68-95 oranında iyileşme ve %33 ünde ise şifa elde edildiği bildirilmektedir (17).

Post-operatif kifoz gelişiminin %6 - %46 arasında olduğu ayrıca segmental instabilitenin yaklaşık %18 olduğu için stabilizasyonun rutin olarak uygulanmasına gerek duyulmamalıdır (3).

Kifoz konusunda bu denli yüksek oran bildirerek karışıklık yaratan iki seri vardır ki bunlar G.J. Kaptain ve Y. Kato'nun yazılarıdır. Şimdi bunları inceleyelim.

Kato'nun makalesinde konu olan 52 olgu OPLL olgusu olup progresif kifozun %47 oranında görüldüğünü fakat nörolojik tablonun kötüleşmesi ile illiyetti olmadığını söyleyerek yazısını bitirir. Nörolojik kötüleşme görülen 6 olgu ise travma ile ilişkilendirmiştir (8).

Gelelim Kaptain'ın pesimistlik ve laminektomi karşıtlarına dayanak oluşturan makalesine; yazar burada laminektomiye dayanılmaz ağrılara ve deformiteye, nörolojik kötüleşmelere neden olan bir yöntem olarak girizgâh yapmakta ve %21 oranında deformite geliştiğini bildirmektedir. Fakat yazıyı okuduğunuzda kifozu giden hastaların zaten buna eğilimli hastalar olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca sonuçta da kifoz ile nörolojik kötüleşme arasında bağlantı kurulamadığına değinilmektedir. Ama yine de laminektomiye faset füzyonunun eklenmesi veya laminoplasti yapılmasının yararlı olacağı söylenmektedir (7).

Üç yıl takipli bir başka seride basit laminektomi ile fonksiyonel düzelmenin olduğunu ve hastaların

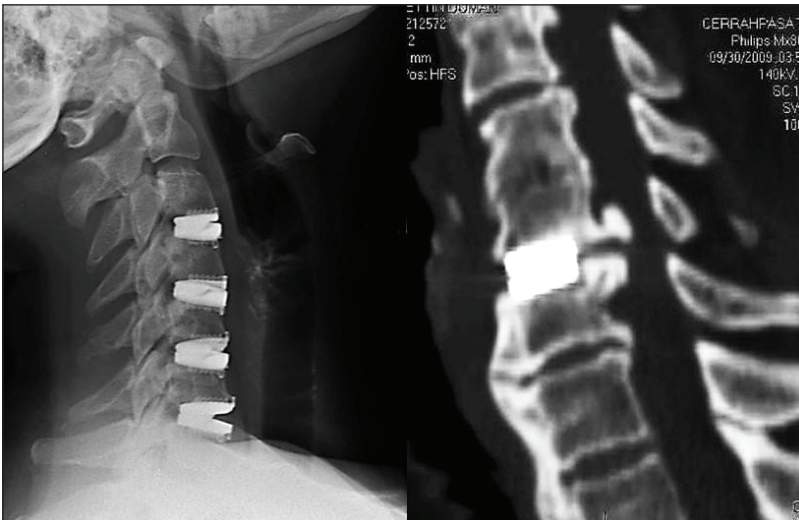
%90'nın sonuçtan tatmin olduğunu belirterek enstrümanlı füzyonun mutlaka eklenmesi gerekli olmadığı vurgulamaktadır (11).

Büyük olgu sayısı içeren uzun takipli bir seride basit laminektomi ile füzyon ilave edilmesi karşılaştırılmış sonuç olarak grupların fonksiyonel sonuçlarının arasında fark olmadığı fakat füzyon eklenen grubun daha fazla komplikasyona maruz kaldığı ortaya konularak önemli olan hususun olgu seçimi olduğu ve dizilim bozukluğu olsa bile bunun fonksiyonel sonucu etkilemediği vurgulanmıştır (10).

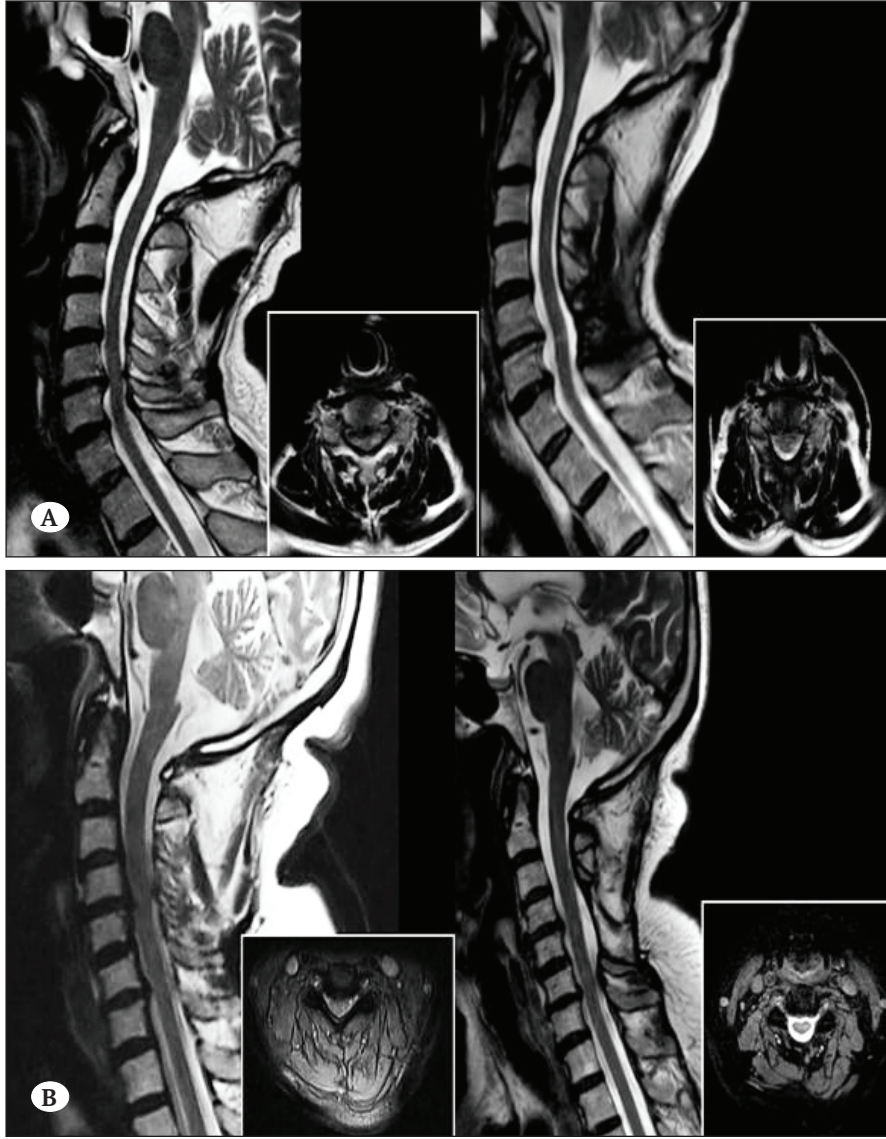
Epstein ise 2003'te kaleme aldığı derlemesinde laminektominin yeterince yüksek başarıya sahip olduğunu buna enstrümanlı füzyon eklenmesinin veya laminoplasti yapılmasının olgu bazında değerlendirilmesi gerekliliğini vurgulayarak orta yolcu bir çizgi izlemiştir (6).

Laminektomi ve laminoplastiyi karşılaştıran yazılar da laminoplastinin üstün olduğunu oraya koyamamışlardır. Gerçi laminoplasti girişime özgü komplikasyonları, deformite gelişimini engellememesi, daha uzun süren bir girişim olması, daha geniş kas diseksiyonu gerektirmesi, postoperatif döneminin daha ağırlı olması gibi olumsuzluklarına rağmen basit laminektomin yerine artan bir sıklıkla uygulanmaktadır. Postoperatif dönemde nörolojik tablonun düzelmesi söz konusu olduğunda her iki yöntemin birbirlerine üstünlüğü gösterilememiştir (4,5).

“Servikal laminektomiye füzyon eklenmeli midir?” sorusunu irdeleyen Kim ve ark. lordoz kaybı olan, ön kolon desteği bozulmuş, spondilolistezisi mevcut olan olgularda basit laminektominin kifotik deformiteye yola açacağını bildirmiş ve böyle olgularda füzyon ilave edilmesinin yararlı olduğunu yoksa basit



**Şekil 1.** Ne amaçla yapıldığına dair hiç bir bilimsel temeli olmayan iki olgu örneği. Yorumu sizlere bırakıyoruz.



**Şekil 2.** Basit laminektomi uygulanmış iki farklı olgu: C5-6 stenoz nedeniyle laminektomi sonrası postoperatif 4. ay (A) ve C4-5 stenoz nedeniyle laminektomi sonrası postoperatif 2. yılda (B) alınan MR görüntülemelerinde medullanın posteriora deplasmanı açıkça görülmektedir. Ayrıca kifotik deformitenin olmadığı da dikkati çekmektedir.

laminektominin etkin bir seçenek olduğunu ileri sürmüştür (9).

Lawrence ve ark. da benzer bir sonuca varmışlar ve üç veya daha fazla seviyeyi tutan spondiloz olgularında posterior dekompresyonun optimum bir çözüm olduğunu vurgularken dizilimin kilit nokta olduğunu, zaten kifotik olan bir omurgada uygulandığı takdirde medullanın posterior deplasmanının yeterli olamayacağını ve ventral basının şiddetleneceğini, dolayısı ile yapılmaması gerektiğini bildirmişlerdir. Postlaminektomi kifozunun ileri derecede dejeneratif değişiklikler gösteren, disk yüksekliğini ve hareketliliğini kaybetmiş olan yaşlı omurgalarda görülmediğini belirterek olgu seçiminin önemine değinmişlerdir (12,13,16).

Yukarıda değinildiği ve hepimizin malumu olduğu üzere posterior dekompresyon yapılan olgularda

medulla dorsal yönde deplase olabilmektedir. Bu tablo literatürde “drift” olarak isimlendirmektedir. Hakeza bu sözcük bizim dilimize yol mağandalarının gösterisi olarak girmiş ise de Türkçe’de tam karşılığı bulunmadığından “omuriliğin hicreti” şeklinde de isimlendirilebilir. Özellikle lordotik omurgada yapılacak laminektomi sonrasında belirgin olarak ortaya çıkmakta ve etkin bir dekompresyon sağlamaktadır. Fakat bu etkinlik laminoplasti yapıldığında bu denli net olarak gözlenmemektedir (1).

Günümüzde gittikçe yaygınlaşan “over treatment – aşırı tedavi” konseptinin canhıraş bir şekilde savunulmasının demonstratif örneği olarak ve maalesef WFNS Spine Committee Recommendations (Dünya Nöroşirürji Dernekleri Federasyonu Omurga Komitesi Tavsiyeleri) olarak yayınlanmış olan yazısında Baja-

mal ve ark. hiçbir kanıta dayandırmaksızın laminektomi dışlamakta, kombine girişimleri ve bu yapılmayacak ise füzyon veya laminoplastinin yapılmasını savunmaktadır (2).

Bu aşırı görüş maalesef ülkemizde de taraftar bulmaktadır, bunun olumsuz sonuçlarına hepimiz şahit olmaktadır. Bu gereksiz girişimler davalar olarak geriye dönmekte ve tazminat talepleri Damokles'in kılıcı gibi kafamızın üzerinde sallanmaktadır.

Sonuç olarak diyebiliriz ki: dekompresif laminektomi uygun olgu seçimi yapıldığında etkin, sorunsuz bir tedavi yöntemi olarak hâlen değerini korumaktadır. Olgunun gereksinimlerine göre faset füzyonu ve /veya anterior girişimlerle de kombine edilebilir. Diğer yandan "myoarchitectonic spinolaminoplasti", "skip laminektomi" gibi kıymeti kendinden menkul yöntemlere başvurmamak en hayırlısı olacaktır. Ayrıca lomber kanal darlığında etkin bir tedavi alternatifi olmasına karşın "unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon" yapmaya servikal bölgede tevessül edilmemelidir; sonuç yetersiz dekompresyon olabileceği gibi nörolojik yıkımlara da yol açabilir.

## KAYNAKLAR

1. Ashana AO, Ajiboye RM, Sheppard WL, et al. Spinal Cord Drift Following Laminoplasty Versus Laminectomy and Fusion for Cervical Spondylotic Myelopathy. *Int J Spine Surg.* 2021 Apr;15(2):205-212.
2. Bajamal AH, Kim SH, Arifianto MR, et al. Posterior Surgical Techniques for Cervical Spondylotic Myelopathy: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine.* 2019 Sep;16(3):421-434.
3. Bakhsheshian J, Mehta VA, Liu JC. Current Diagnosis and Management of Cervical Spondylotic Myelopathy. *Global Spine J.* 2017 Sep;7(6):572-586.
4. Bartels RH, van Tulder MW, Moojen WA, et al. Laminoplasty and laminectomy for cervical spondylotic myelopathy: a systematic review. *Eur Spine J.* 2015 Apr;24 Suppl 2:160-7.
5. Chang H, Kim C, Choi BW. Selective laminectomy for cervical spondylotic myelopathy: a comparative analysis with laminoplasty technique. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017 May;137(5):611-616.
6. Epstein NE. Laminectomy for cervical myelopathy. *Spinal Cord.* 2003 Jun;41(6):317-27.
7. Kaptain GJ, Simmons NE, Replogle RE, et al. Incidence and outcome of kyphotic deformity following laminectomy for cervical spondylotic myelopathy. *J Neurosurg.* 2000 Oct;93(2 Suppl):199-204.
8. Kato Y, Iwasaki M, Fuji T, et al. Long-term follow-up results of laminectomy for cervical myelopathy caused by ossification of the posterior longitudinal ligament. *J Neurosurg.* 1998 Aug;89(2):217-23.
9. Kim BS, Dhillon RS. Cervical Laminectomy With or Without Lateral Mass Instrumentation: A Comparison of Outcomes. *Clin Spine Surg.* 2019 Jul;32(6):226-232.
10. Kire N, Jain S, Merchant ZA, et al. The Efficacy of Posterior Cervical Laminectomy for Multilevel Degenerative Cervical Spondylotic Myelopathy in Long Term Period. *Asian J Neurosurg.* 2019 Jul-Sep;14(3):848-852.
11. Laiginhas AR, Silva PA, Pereira P, et al. Long-term clinical and radiological follow-up after laminectomy for cervical spondylotic myelopathy. *Surg Neurol Int.* 2015 Oct 13;6:162.
12. Lawrence BD, Brodke DS. Posterior surgery for cervical myelopathy: indications, techniques, and outcomes. *Orthop Clin North Am.* 2012 Jan;43(1):29-40, vii-viii.
13. Lebl DR, Bono CM. Update on the Diagnosis and Management of Cervical Spondylotic Myelopathy. *J Am Acad Orthop Surg.* 2015 Nov;23(11):648-60.
14. Palejwala SK, Rughani AI, Lemole GM Jr, et al. Socioeconomic and regional differences in the treatment of cervical spondylotic myelopathy. *Surg Neurol Int.* 2017 May 26;8:92.
15. Parthiban J, Alves OL, Chandrachari KP, et al. Value of Surgery and Nonsurgical Approaches for Cervical Spondylotic Myelopathy: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine.* 2019 Sep;16(3):403-407.
16. Ross MN, Ross DA. Minimally Invasive Cervical Laminectomy for Cervical Spondylotic Myelopathy. *Clin Spine Surg.* 2018 Oct;31(8):331-338.
17. Wiggins GC, Shaffrey CI. Dorsal surgery for myelopathy and myeloradiculopathy. *Neurosurgery.* 2007 Jan;60(1 Suppl 1):S71-81.
18. Wilson JR, Tetreault LA, Kim J, et al. State of the Art in Degenerative Cervical Myelopathy: An Update on Current Clinical Evidence. *Neurosurgery.* 2017 Mar 1;80(3S):S33-S45.
19. Zileli M, Borkar SA, Sinha S, et al. Cervical Spondylotic Myelopathy: Natural Course and the Value of Diagnostic Techniques -WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine.* 2019 Sep;16(3):386-402.



## 47

## TORAKOSKOPİ İLE DİSKEKTOMİ VE ENSTRÜMANTASYON

Mehmet Yiğit Akgün, Ali Fahir Özer

## GİRİŞ

Video torakoskopinin veya video yardımcı torakal cerrahinin (VATC) gelişimi, potansiyel olarak son dekatlarda torakal vertebraya yaklaşımda en önemli gelişmelerden birini temsil etmektedir. Endoskopi-deki teknik gelişmeler, cerrahi müdahaleler için daha invaziv prosedürlere yerine minimal invaziv cerrahi uygulamaların tercih edilmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Endoskopik tekniklerin avantajları arasında insizyon boyutunda küçülme, ağrıda azalma, postoperatif akciğer fonksiyonlarında çabuk düzelmeye ve erken mobilizasyon sayılabilmektedir. Özellikle endoskopik teknikler çok çeşitli torasik spinal hastalıklarda uygulanabilmektedir (2,6). Ek bir avantaj ise, yüksek torasik patolojilere (T1-T4), torakotomi ile anterior ulaşım zorluğu nedeni ile torakoskopi ile nispeten daha rahat ulaşımıdır (9).

Açık bir transtorasik prosedüre karşı VATC'yi seçerken çeşitli faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Hastanın tek akciğer ventilasyonunu tolere edebilme kapasitesi en önemlileri arasındadır, çünkü uygun vizüalizasyon ancak aynı taraftaki akciğerin kollapse ile sağlanabilmektedir. Torakoskopik olarak yüz güldürücü sonuçlara ulaşıp ulaşamayacağı belirlerken spesifik patoloji de dikkate alınmalıdır. Belki de en önemli husus, cerrahin ve cerrahi ekibin torakoskopi konusundaki deneyimi, standart aletlere ve prosedüre aşinalığıdır (10).

Prosedürün dezavantajları arasında ise, birincisi, VATC'yi başarılı bir şekilde kullanmak için teknik becerilerin kazanılması için gerekli olan zamandır. Bu genellikle in vivo laboratuvar çalışması, atölye çalışmaları ve kadavra uygulaması ile sağlanmaktadır. Aynı zamanda diğer torakoskopik omurga ameliyatlarını gözlemek için tecrübeli merkezlerde gözlem de gerektirebilmektedir (1). Ek bir husus ise, gerçek bir torakoskopik spinal enstrümantasyon sisteminin her zaman bulunmamasıdır. Seçilmiş vakalar için, bu sistem nihayetinde torakoskopinin ve özellikle torakoskopik olarak yerleştirilmiş enstrümantasyonun farklılıklarını ve özelliklerini ele alacaktır.

## Endikasyonları ve Kontrendikasyonları

Genel olarak, anterior torasik omurga prosedürü gerektiren herhangi bir hasta için VATC endikedir (Tablo 1). Pulmoner veya kardiyak öyküsü olan hastalar yüksek riskli olarak kabul edilir ve torakoskopi için uygun adaylar olarak değerlendirilir.

VATC, vertebral cisim veya intervertebral disk biyopsileri, torasik paravertebral apse drenajı ve osteomyelit debridmanı için rutin olarak kullanılmaktadır. Bu teknik, torakoskopi veya torakotomi ile torakal diskektomi operasyonu başarısız olan olgularda da uygulanabilir, çünkü yaklaşım genellikle karşı taraftan da mümkündür (6).

Tablo 1. Torakoskopik Spinal Cerrahi Endikasyonları

Endikasyon	Prosedür
Enfeksiyon/Tümör	Biopsi
Paravertebral Abse	Drenaj
Osteomyelit	Debridman
Torakal Disk Herniasyonu (ortahat-kalsifiye)	Diskektomi
Torakal/Torakolomber Fraktür	Dekompresyon/Füzyon
Konjenital Skolyoz	Hemivertebral Eksizyonu
Skolyoz/Deformite	Anterior spinal dekompresyon ve füzyon, ya da anterior spinal enstrümantasyon/füzyon

Dejeneratif disk hastalığının yanı sıra skolyoz deformitesi olan hastaların cerrahisi için de anterior spinal gevşeme ve/veya füzyon bildirilmiştir. Konjenital skolyozda hemivertebral eksizyonu ve/veya epifizyodez de başarıyla gerçekleştirilebilmektedir. Kemik grefti ile osteotomi yanısıra vertebral tümörler veya travma için korpektomi diğer endikasyonlar arasında yer almaktadır (3).

İdiyopatik skolyoz için torakoskopik olarak omurga enstrümantasyonu ve füzyon da uygulanabilmektedir. Bu teknik, anterior spinal füzyonun avantajlarını (kifoz açısının düzeltilmesi, füzyon seviyelerinde azalma, daha iyi füzyon hızı) torakoskopik cerrahinin avantajlarıyla birleştirir. İdeal cerrahi aday olarak, majör bir torasik eğriliği olan zayıf bireyler tanımlanmaktadır (18).

Kontrendikasyonlar arasında, şiddetli veya akut solunum yetmezliği veya pozitif basınçlı ventilasyon ile yüksek hava yolu basınçları nedeniyle tek akciğer ventilasyonunu tolere edemeyen hastalar sayılabilmektedir. Genel olarak, %50'nin altındaki zorlu vital kapasite (FVC) ve zorlu respiratuar hacmi (FEV) değerleri, özellikle pediatrik popülasyonda, tek akciğer ventilasyonunu tolere edemeyen bireyleri kapsamaktadır. Önceki torakotomi, göreceli bir kontrendikasyon olarak kabul edilmektedir (8).

### Cerrahi Anatomi

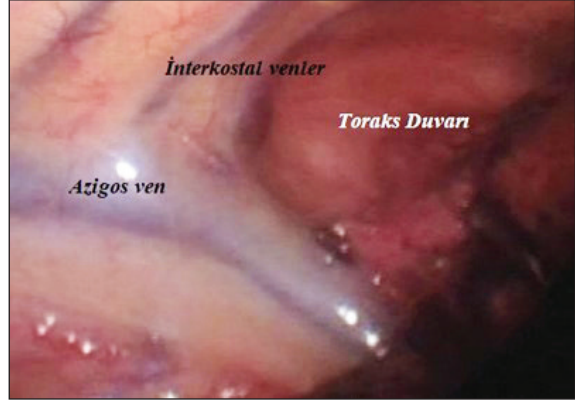
Akciğer söndürüldüğünde toraksa endoskopiyle girildiğinde ilk görülen tüm toraks duvarını kaplayan plevradır (Şekil 1).

Toraks duvarını kaplayan plevranın altında kostalara paralel giden damar sistemi görülür. Özellikle venler koyu mor renkli olarak daha kolay ayırt edilebilirler (Şekil 1). Kostaların oluşturduğu duvar aşağı doğru izlenerek omurgaya ulaşılır.

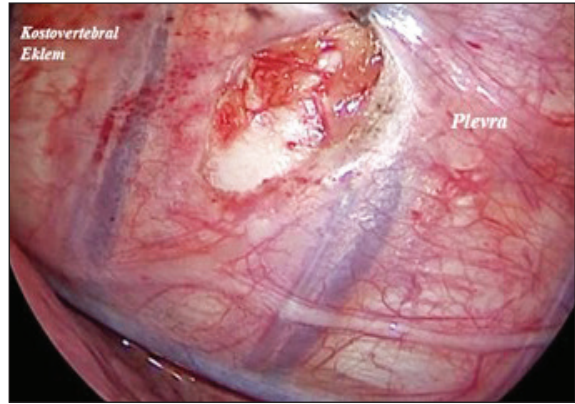
En belirgin yapı kostovertebral eklemdir ve disk mesafesini ortalar (Şekil 2). Omurgaya dikkatle bakıldığında omurları ve disk mesafelerini ayırt etmek mümkündür. Bir omuru daha yaklaştırarak incelediğimizde orta kısma yakın olan oluğun içinden geçen segmental arter ve ven görülebilir (Şekil 3). Alt tarafa doğru gidildiğinde toraks kafesi büyür ve tam alt duvar toraks kavitesine doğru bombeleşen diyafram görülür (Şekil 4). Endoskop altında toraksın hareketleriyle birlikte o da hareketlidir.

Diyaframa yaklaştıkça toraksın posterior duvarını oluşturan yukarı çıkan lomber venlerin ve interkostal venlerin sağ tarafta oluşturduğu büyük venöz damar sistemi olan Azygos venöz sistem plevranın altında göze çarpar (Şekil 1). Plevranın altından yukarı doğru

çıkarak sağ ana bronşu çaprazlayıp Vena Cava'ya dökülür. Sol taraftaki karşıtı ise hemiazygos ven olarak adlandırılır. Anatomik olarak oldukça varyasyon gösterirler. Medial duvar solunum hareketleri ile hareket eden adeta içi hava dolu olduğu için sünger duygusu yaratan akciğer dokusu vardır (Şekil 5).



Şekil 1. Plevra, toraks duvarı ve venler



Şekil 2. Torakoskopik görünüm: vertebra gövdelerinin lateralinden ve kot başlarının anteriorundan parietal plevranın insizyonu.



Şekil 3. Segmental arter ve ven dikkatli şekilde koagüle edilmelidir.

Akciğer retrakte edildiğinde plevranın altında her kalp ritmi ile dolup boşalan aort nabazanını görmek mümkündür. Toraks kavitesi yukarı doğru giderek küçülür ve kubbe şeklinde ufalarak kapanır. Plevranın altında ince uzun beyaz hatlar hâlinde sempatik lifleri görmek mümkündür.

Torasik omurga hastalığı için torakoskopik yaklaşımın çoğu, aortaya göre azigos venin lateralinde daha fazla çalışma alanı ve spinal yüzey alanının olduğu sağ taraftan gerçekleştirilmektedir. T9'un altında, aortun diyaframdan geçerken omurganın sol posterolateral tarafından uzaklaşarak anterioruna doğru hareket etmesi sayesinde sol taraflı yaklaşımlar da uygulanabilmektedir. Toraks boşluğuna erişim, morbiditeyi önlemek için organların anatomik pozisyonuna uygun olarak yapılır. Aort arter, vena cava ve vena azigos gibi büyük damarların kesin olarak ortaya konulması gerekmektedir (7).

Anatomik oryantasyon kesinlikle torakoskopik cerrahide önemli bir rol oynar. Kolumna vertebralis, aort, kaburga ve pediküller cerrahi yönlendiren anatomik landmarklardır. Disk seviyesinin konumu için, kot başları temel landmarklar olarak değerlendirilmektedir. Pediküller, kansellöz bir merkeze sahip yoğun oval kemik silindirleridir. Vertebral gövdeyi posterior arkin geri kalanına bağlarlar (17).

Kotlar arasındaki boşluğun, transvers proçes ile birleştiği yer ve pedikül yüzeyi ile vertebranın gövdesi kosto-vertebral üçgeni oluşturur. Bu alan, spinal kanala girmek için uygun noktayı belirleme de önemli bir role sahiptir.

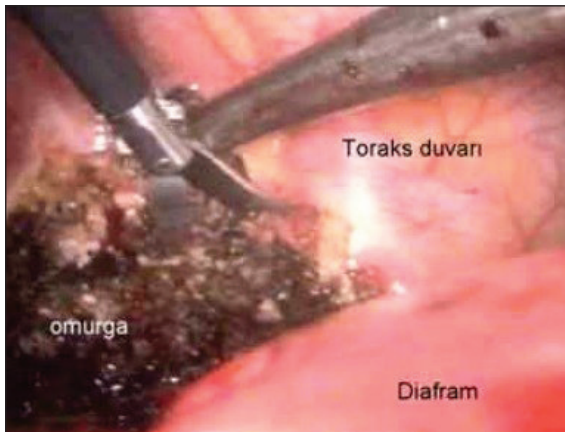
Torakoskopik deneyimimiz, çalışılacak tarafın seçiminden önce, preoperatif görüntüleme modalitelerinin detaylı değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Damarların anatomik varyasyonu

saptamak daha az mortalite ve morbidite oranları ile operasyonların bitirilmesine yardımcı olmaktadır. Bilinmesi gereken diğer anatomik oluşum ise interkostal arter, ven ve sinir ile vertebra gövdesinin yüzeyindeki segmental ven ve arterdir. Segmental damarlar ve sinir, nöral foramenlerde birleşir. Vertebra gövdesinin orta kısmındaki segmental interkostal damarların ligasyonu tartışmalı bir konudur. Birçok yazar, enstrümantasyon uygulanmayan diskektomi vakalarında segmental damarların ligasyonuna karşı çıkmaktadır. Damarların, vertebra gövdesi ortaya konurken dikkatli retraksiyonu ve ayrımı önerilmektedir. Bu damarların ligasyonu neticesinde, enstrümantasyonun eşlik ettiği veya etmediği diskektomi vakalarımızda, kendi pratiğimizde herhangi bir nörolojik defisit saptanmamıştır (11,19).

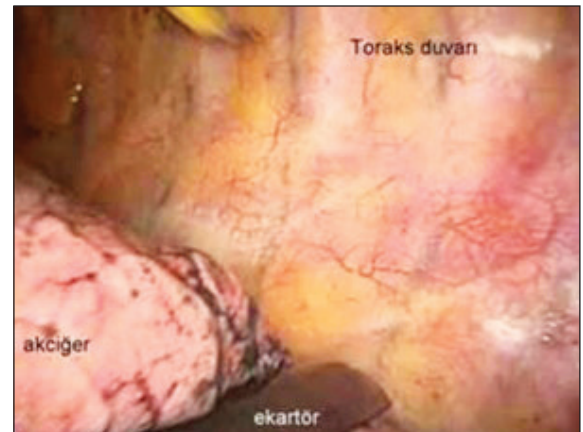
T3'ten T10'a kadar torakoskopik cerrahi kolaylıkla yapılabilmektedir. Ancak tüm torakolomber bileşkenin torakoskop ile ortaya konulması sırasında bazı kısıtlamalar ortaya çıkmaktadır. Cerrahide anatomik landmarkların iyi analiz edilmesi gereklidir. Diyaframın aşağı doğru iyi bir şekilde retrakte edilmesi, T12'nin kısmi olarak, T11'in ise tam olarak ortaya konulmasına imkân kılmaktadır.

### Tekniklerin Karşılaştırılması

Aslında yaklaşımların temel amaçları benzer olmakla birlikte yolları ise farklıdır. Bu nedenle ağrı sendromları, interkostal nöroloji, pulmoner disfonksiyon gibi torakoskopi ve torakotomi ile ilişkili morbidite dereceleri aynı değildir. Torakoskopik omurga cerrahisi ile ilgili çalışmalar genellikle torakotomi ile karşılaştırıldığında, torakoskopik yaklaşımlar daha avantajlı görülse dahi, açık cerrahinin daha iyi ekspozur, kolay cerrahi manipülasyon ve arteryel/venöz yaralanmalarda daha kolay homeostaz gibi avantajları bulunmaktadır. Torakoskopinin, omurga ve spinal kordun



**Şekil 4.** Toraksın alt omurgalarında çalışılırken diaframın sürekli retrakte edilmesi gerekir.



**Şekil 5.** Toraks boşluğu, retrakte edilmekte olan akciğer görülmekte.



**Tablo 2.** Torakal Omurgaya Operatif Yaklaşımların Karşılaştırılması

Karakteristik	Torakoskopi	Torakotomi
Yaklaşım	Anterolateral	Anterolateral
Spinal Kord Ventral Yüz Ulaşım	Tam, Direkt	Tam, Direkt
İnsizyon Boyutu	3-5 cm	20-30 cm
Kas Açılımı	Minimal	Ekstensif
Post op Göğüs Tüpü	Var	Var
Post. Spinal Elemanlara Ulaşım (Dekompresyon ve Füzyon için)	Yok	Yok
Vertebral Gövdeye Ulaşım (Vida-Plak Fiksasyon için)	Var	Var
Kosta Rezeksiyonu Miktarı	Kot başından 2-3 cm kadar	18-25 cm kot rezeksiyonu
Post op İnterkostal nevralsi	Nadir, Geçici	Yaygın, Uzun süreli

tüm ventral yüzeyine doğrudan erişim imkânı sağlama, anterior transtorasik yaklaşımla ilişkili morbidite ve ağrının azalmasını sağlamaktadır. Torakoskopinin diğer faydaları, kas insizyonlarının minimal olması ve kaburga rezeksiyonunun olmamasıdır (5). Torasik omurgaya operatif yaklaşımların karşılaştırılması Tablo 2’de özetlenmiştir.

### Cerrahi Prosedür

Torakoskopik cerrahide kullanılan aletler endoskopik toraks cerrahisinde kullanılan aletlerin aynısıdır ancak torakoskopik yaklaşımda mesafe klasik işlemlere göre daha uzundur. Ayrıca herhangi bir acil durum olasılığına karşın, torakotomide kullanılan ekipmanlar da operasyon odasında hazır olarak bulunmalıdır. Vertebra cerrahisinde sapları 20 ile 30 cm arasında değişen keski, küret, hipofiz forsepsleri, sinir hookları kullanılmalıdır. Keskinin üzerinde gidilen derinliği belirten metrik cetvel vardır. Ayrıca plevra diseksiyonu için özel tasarlanmış uzun şaftlı makas, koter, bipolar ve yumuşak doku forsepleri kullanılmaktadır (Şekil 6).

Havalı drill sistemlerinin endoskopik cerrahi için geliştirilmiş uzun şaftlı uçları mevcuttur. Özellikle torakal disektomi olgularında ve vertebrektomi yapılan olgularda drill sistemi son derece gereklidir. Endoskopide de son geliştirilen teknoloji üç boyutlu endoskopik görünümün elde edilmesidir. Bilindiği gibi endoskopik görünümün en büyük dezavantajı cerrahi alanın iki boyutlu görünümünü vermesi olup, bu nedenle çalışma güçlüğü yaratmasıdır. Yeni teknoloji ile özel gözlükler takılarak monitörde üç boyutlu görüntü elde etmek mümkün hâle gelmiştir.

Operasyonun rahat uygulanabilmesi için geniş bir ameliyathane önerilmektedir. İki monitör ve floroskopi gibi pahalı ekipmanlar, çok sayıda personel ve cerrahın rahat edebilmesi için büyük odaya ihtiyaç vardır. Anesteziyoloji ekibi ameliyat masasının baş tarafında yer alır. Floroskopi ekipmanı steril bir şekilde örtülür. Kesi öncesinde seviye tayini ve intraoperatif lateral / anterior / posterior görüntüler elde etmek için ameliyat masasının (hasta) ayakucu tarafına yerleştirilir (Şekil 7).

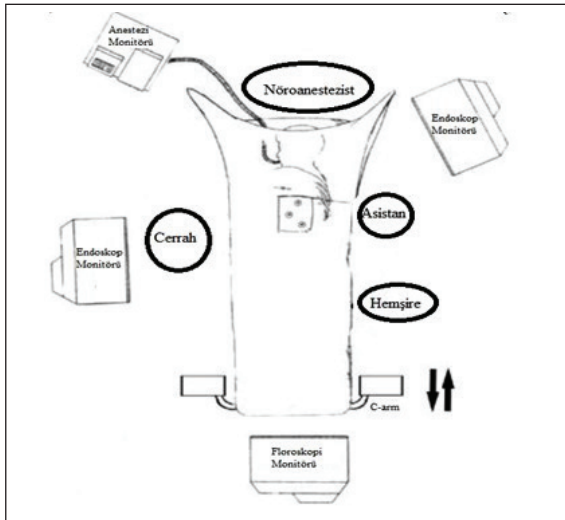
**Şekil 6.** Torakoskopik cerrahi aletler.



Genellikle 15 mm ve 20 mm'lik portallarla çalışılmalıdır. Fleksibil portallar, sert olanlara göre daha tercih edilir. Endoskopik cerrahiye yeni başlayanlar için anatomiye olduğu gibi gösterdiğinden dolayı 0° açılı endoskoplar öncelikle tercih edilmelidir ancak 30°'lik endoskoplar el becerisi ve deneyim arttıkça daha rahat bir çalışma imkânı sağlayabilirler. Akciğeri retrakte etmek için 'kaz ayağı' diyerek adlandırduğumuz özel retraktörler kullanılır ki sönmüş akciğer dokusunun zedelenmeden çekilmesi için son derece kullanışlı aletlerdir.

İşlem radyolüsent ameliyat masasında genel anestezi altında gerçekleştirilir. Tüm hastalara çift lümenli tüp ile endotrakeal entübasyon uygulanır. Arter hattı, santral ven kateteri, pnömatik kompresyon çorabı ve idrar sondası gibi tüm başlangıç hazırlıklarının yapılması gerekmektedir. Tüm hastalar ayrıca torakoskopik cerrahi sırasında komplikasyon oluşması durumunda uygulanabilecek konvansiyonel torakotomi için hazırlanmalıdır. Daha sonra hastalara sağ veya sol-yukarı lateral dekübit pozisyonunda ameliyat edilecek taraf yukarı bakacak şekilde pozisyon verilir.

Hedefin lokalizasyonuna bağlı olarak üç ila dört portal trokar kullanılması gerekir. İlk 10 mm portal, posterior aksiller ve orta hat arasına posterolateral olarak doğrudan hedef omurga veya disk segmenti üzerine yerleştirilir. İkinci portal ön aksiller hat ile birinci portalı geçen enine hattın kesiştiği noktaya yerleştirilir (Şekil 8). Bu yöntem, her türlü omurga bozukluklarında, işlem sırasında rahat manipülasyona ve 0-30 derece açılı optiklerin kullanılmasına izin vermektedir. Cerrahi işlem süresince hastanın omurilik fonksiyonları Somato Sensoryal Evoked Potansiyelleri (SEP) ve Motor Evoked Potansiyelleri (MEP) ile



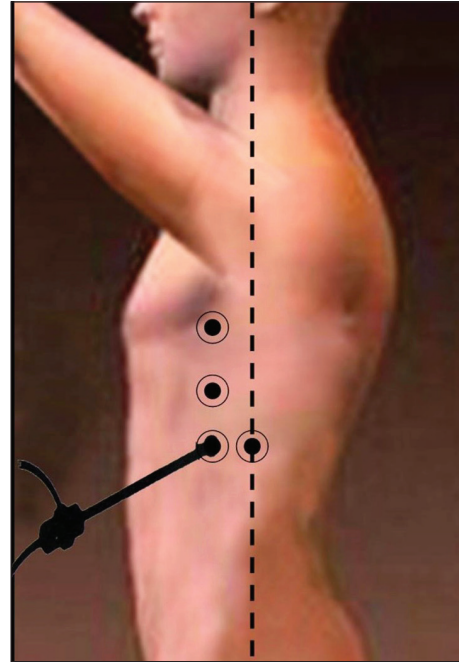
Şekil 7. Ameliyathane düzeni.

izlenmelidir.

Örneklendirmek gerekirse vertebrada enstrümantasyon yapılacak olgularda vidaların yerleştirme açısına göre iki portal orta aksiller hattın posterioruna ikisi de anterioruna veya üstüne yerleştirilir. Biyopsi olacak basit bir olguda ise, üç portal yeterli olup biri veya ikisi orta aksiller hat üzerine konularak omurgayı dik görecektir şekilde yerleştirilir. Torakal diskektomide ise portallardan ikisi mutlaka orta aksiller hattın önüne yerleştirilmelidir.

Kostalar, kostokondral eklemler ve vertebraların üstü plevra ile kaplıdır. Kosto vertebral eklemler üst vertebralarda diski tam ortalayacak şekilde biter. Örneklensek T6 kostası, T5-T6 diskini ortalamaktadır. Daha alt seviyelerde ise, eklem alttaki vertebraya doğru kayar. L1 ve T12 vertebraları diyaframın yapıldığı bölge olduğu için endoskopik cerrahi için çok uygun değildir. T11'den yukarı vertebralara yapılacak cerrahi müdahalede torakoskopik vertebral cerrahi seçilmesi gereken yöntemdir.

Biyopsilerde, soğuk abse gibi paravertebral kitlelerde veya sempatektomide kostovertebral eklemi çıkarmaya gerek yoktur. Torakal diskektomi ve vertebrektomide olduğu gibi eğer kanal içine müdahale edilecekse cerrahi alana hâkim olmak için önce kosta vertebral eklem çıkarılır. Bu şekilde hem foramen, hem de diskin posterior kısmı ile vertebraların diske bakan



Şekil 8. Trokarların sayısı ve yeri, omurga patolojisinin türüne ve omurga bozukluklarının anatomik düzeyine bağlıdır.

posterior kısımlarına hâkim olunur. Segmental arterler plevra altında ve vertebra cisimlerini ortalayarak geçer. Kontrolsüz bir kanamaya neden olmamak için öncelikle cerrahi alan ortaya konulurken segmental arterlerin önceden ve aortadan uzak bir noktada ligatüre edilmesi önemlidir.

Aksillanın alt kenarına yakın portalların yerleştirilmesi üst torasik bölgeye (T1-T5) erişim sağlar. Brakiyal pleksus ve aksiller arter /vene zarar verme riskini en aza indirmek için ilk iki interkostal boşluktan kaçınılır. Kol kaldırılır ve cerrahi yoldan çekilir. Çalışma portalları üçüncü ila beşinci interkostal boşluklarda kullanılırken, endoskop ise latissimus dorsi kasının hemen anteriorunda dördüncü boşlukta nispeten daha posteriora doğru yerleştirilir.

Diğer bölgeler ile karşılaştırıldığında, orta torasik bölgeler (T5-T10), üç veya dört portal kullanarak ortaya konulması en kolay seviyelerdir. 0 derecelik açılı endoskop ile T şeklinde veya alternatif olarak L şeklinde bir portal konfigürasyonu ile operasyon gerçekleştirilebilmektedir.

Alt torasik omurga (T9-L1), omurgaya erişim sağlamak için retrakte edilmesi gereken diyaframa çok yakındır. Ters Trendelenburg pozisyonu, diyafram retraksiyonu miktarını azaltmak için karaciğeri, dalağı ve periton boşluğunun içeriğini kaudal olarak hareket ettirmeye yardımcı olur. T12 veya L1'in az miktarda ortaya konulabilmesi için genellikle pulmoner ligamanın detaşe edilmesi gerekmektedir.

Neredeyse tüm torasik omurga patolojilerinde, ameliyathane düzeni ve hasta konumlandırma, torakoskopik görüntüleme ve aletler, portal yerleştirme ve yara kapatma ile erken postoperatif yönetimin temel hususlarının benzer olduğunu belirtmek gerekmektedir. Akciğer ekspansiyonu ve yara kapanmasından önce 32 Fr göğüs tüpü yerleştirilmesi gerekmektedir.

Torakal diskektomide disk mesafesi ortada kalarak, her iki vertebra korpusundan kalsifiye diske ve tüm kanala önden hâkim olacak şekilde posterior longitudinal ligamana doğru yüksek devirli motorla tıraşlanmaya başlanılır. Kanala ne kadar yaklaştığımız foramenen sokulan bir disektörle kontrol edilir. Yeteri kadar inceleme sağlandıktan sonra tıraşlamaya elmas uçla devam edilmelidir. Daha sonra çoğunlukla ligamana yapışık olan disk kaviteye doğru çekilerek çıkartılır. Bu şekilde spinal korda travma yapılmamış olur (12,15).

Vertebrektomide ise tüm omura hâkim olabilmek için bir alt ve bir üst kostovertebral eklem çıkarılır. Omurun bir alt ve bir üst diskine işaret konularak skopi ile teyit edilir. Önce üst ve alt diskektomiler

yapılır, sonra tıpkı diskektomide olduğu gibi kanala doğru omurga tıraşlanır. Ligamana gelince durulur. Kerrisonlar yardımı ile alt kısımda anterior longitudinal ligamana yapışık kalan omur artıkları alınır. Uzun şaftlı ucu her yöne dönen kerrisonların kullanımı çok pratiktir. Daha sonra mesafeye endoskopik kullanıma uygun yapılmış kafes veya kemik greft konulabilir. Akrilik dökülebilir. Endoskopik cerrahi torakal 11 dahil daha yukarıdaki vertebralar için uygundur (16).

Santral ossifiye torasik disk hernileri olan hastalarda endoskopik torasik diskektomi anterior yaklaşımın avantajlarına sahiptir. Bu hastalarda geleneksel cerrahi, torakotomi ile anterior yaklaşımdır. Endoskopik torasik diskektomi, torakotomiye bağlı göğüs duvarı morbiditesini önemli ölçüde azaltmıştır (4). Doğru endikasyon koyulmuş hastalar torakoskopik cerrahi sonrası yüz güldürücü sonuçlara ulaşmak için önemli bir noktadır. Rosenthal ve Dickman, torakoskopik diskektomi geçiren 55 hastanın %79'unun radiküler ağrıların tamamen iyileştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, miyelopatili hastaların %60'ının nörolojik fayda gördüğünü bildirmişlerdir (13). Kliniğimizde yapılan olgu örnekleri Şekil 9, 10 ve 11'de gösterilmiştir.

### Torakoskopik İnternal Fiksasyon Teknikleri

Torakoskopik internal fiksasyon, ventral patolojileri ele almak için açık torakotomi ile benzer prensipler kullanılmaktadır. Dickman, anterior korpektomi ve rekonstrüksiyon için torakoskopi yapılan hastalarla açık torakotomi uygulanan hastaları karşılaştıran veriler yayınlamış ve iki grupta elde edilen dekompresyon, rekonstrüksiyon veya fiksasyon derecelerinde hiçbir fark saptanmamıştır. Torakoskopik prosedürler daha az kan kaybı, daha kısa yoğun bakım ünitesinde kalış, daha az analjezi, erken rehabilitasyon ve daha kısa hastanede kalış süresi ile ilişkilendirilmiştir (7).

VATC, tek veya çok seviyeli korpektomi vakaları için mükemmel bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Teknik olarak, cerrah VATC sistemi konusunda tecrübe kazandıkça, prosedür açık torakotomiden daha az morbidite ile gerçekleştirilebilmektedir. Spinal enstrümantasyon tekniklerinde devam eden ilerlemeler ile ventral patolojiler için VATC giderek artan sıklıkta kullanılabilir olacaktır.

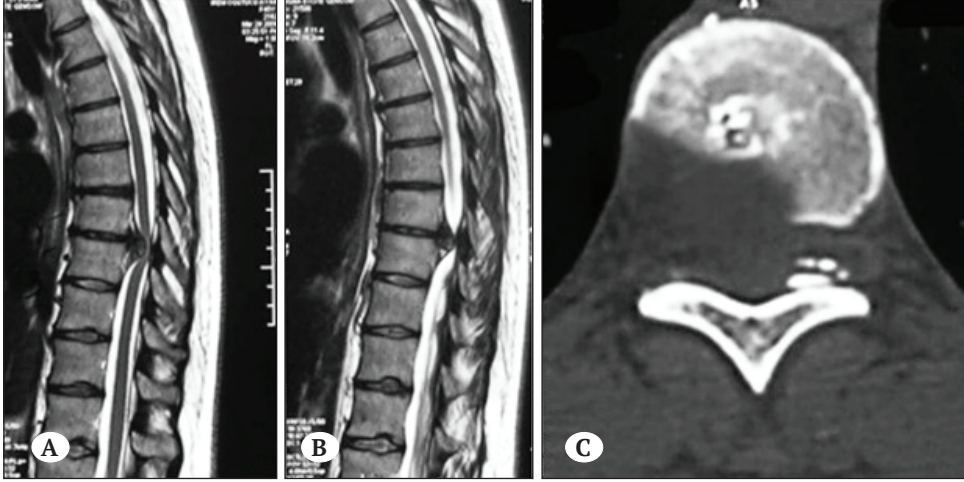
### Torakoskopik İnternal Fiksasyon Teknikleri Z Plak Kullanımı

Enstrümanın kemiğe doğru yerleştirilmesini sağlamak için floroskopik ve endoskopik kılavuz kullanılır. Vidaların genişliği, bikortikal ilerlemeyi sağlamak için pre op görüntüleme modalitelerinden belirlenir. Plak'ın yüksekliğine uyum sağlamak için seçilen vidalar genellikle bikortikal ölçümden 5 mm daha uzun

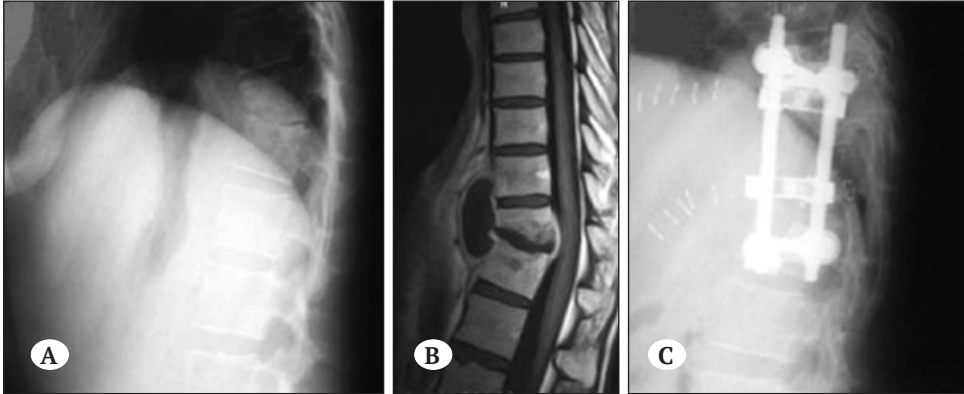
olmalıdır. Vertebral end platalere paralel olarak arka kenarın 1 cm önüne ve end plateden 1 cm uzağa ve 10 derece medial açı ile yerleştirilir.

Plaklar yerleştirilmeden önce greft korpektomi defekti içine yerleştirilir. Distraksiyon sistemi kullanılarak greft yerleştirme sırasında bir miktar distraksiyon

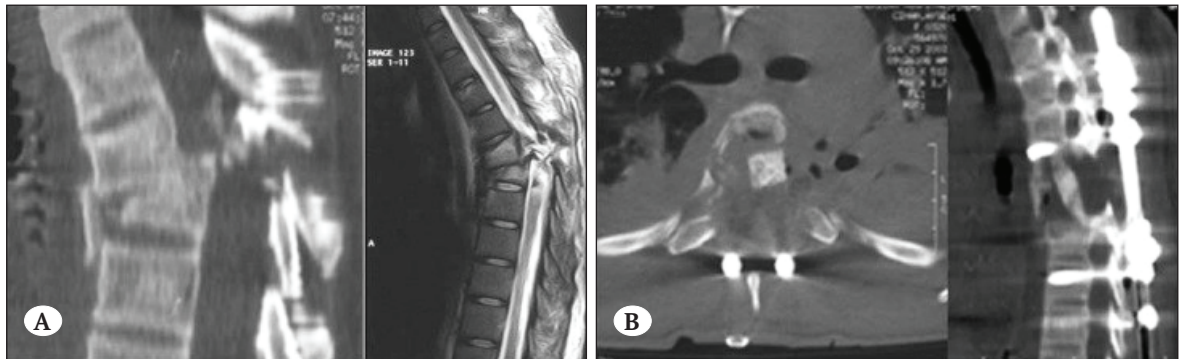
uygulanabilir. Greftin tatmin edici bir şekilde yerleştirilmesinden sonra, plak veya rod sistemi yerleştirilir. Plak veya rod sistemi iki vidanın üzerine yerleştirilmiştir. Ardından bir uçta nutsların sıkılması ile kompresyon sağlanabilir ve greftin endplatalere sıkıca tutunması sağlanır (14).



**Şekil 9.** Kalsifiye T8-9 santral disk herniasyonu. Preoperatif T2 ağırlıklı sagittal MR (A,B) ve postoperatif aksiyel BT (C) görüntüsü.



**Şekil 10.** Tüberküloz osteomyelit. Preoperatif direkt grafi (A), MR (B) ve postoperatif direkt grafi (C).



**Şekil 11.** Travma sonrası fraktür ve dislokasyon. Preoperatif BT ve MR (A), postoperatif BT (B).



### **Torakoskopik İnternal Fiksasyon Teknikleri Modüler Anterior Sistemin Kullanımı**

Fraktür olan vertebranın sınırları cilt üzerinde işaretlenir. Çalışma kanalı hedef vertebra (12,5 mm) üzerinde ortalanmalıdır. Optik kanal (10 mm), spinal eksende hedef vertebraya iki ila üç interkostal boşluk kalacak şekilde kraniyale yerleştirilir. Orta ve üst torasik omurganın fraktürleri için, optik kanal hedef vertebranın kaudal kısmına yerleştirilir. Aspirasyon/irigasyon (5 mm) ve ekartör (10 mm), çalışma ve optik kanalın yaklaşık 5 ila 10 cm önüne yerleştirilmelidir.

Hedef alan artık ön porttan sokulan bir fan ekartörü yardımıyla ortaya konulabilir. Retraktör diyaframı tutar ve diyaframın omurgaya insersiyosunu ortaya çıkarır. Hareket segmentinin anterior çevresi ve aortun seyri künt bir prob ile palpe edilir. Diyaframın diseksiyon hattı monopolar koterizasyon ile işaretlenir. Diyafram daha sonra endoskopik makaslar kullanılarak kesilir. İşlem sonunda diyaframın kapanmasını kolaylaştırmak için omurgada 1 cm'lik bir kenar bırakılır. Retroperitoneal yağ dokusu, psoas insersiyonlarının anterior yüzeyinden açığa çıkar ve mobilize edilir. Psoas kası, vertebra gövdelerinden çok dikkatli bir şekilde diseksiyon edilmeli, altta uzanan "gizli" olan segmental kan damarlarının zarar görmesi engellenmelidir.

Torasik ve lomber omurga (MACS TL) modüler anterior yapı plak sistemi için; vidalar, vertebra gövdesinin posterior sınırından yaklaşık 1 ila 1.5 cm uzakta, kortikal yüzey keskin bir trepan ile açıldıktan sonra vertebra gövdesine yerleştirilir. Diskektomi veya vertebrektomi ve greft yatağının uygun şekilde hazırlanmasından sonra, hazırlanan disk aralığından biraz daha büyük bir greft yerleştirmek ve greft kompresyonunu sağlamak için vertebra gövdelerine distraksiyon uygulanabilir. Plak veya rod yerleştirildikten ve poliaksiyel plak iyi hizalandıktan sonra, sabitleme somunu ve kitleme vidaları kullanılarak düzenek sabitlenebilir.

### **Torakoskopik Anterior Gevşetme ve Omurga Deformitesinin Düzeltilmesi**

Anterior gevşetme ve anterior enstrümantasyon, posterior füzyon tekniklerine göre çeşitli avantajlara sahiptir. Anterior füzyon teknikleri, hareketi korumak amacıyla daha az hareket segmenti ile sınırlandırılmaktadır. Anterior gevşetme, anterior longitudinal ligamentin kesilmesini, anulusun açılmasını ve disk materyalinin çıkarılmasını, böylece omurganın esnekliğinin artırılmasını gerektirmektedir.

Açık torakotomi ile ulaşılabilecek hareket segmentlerinin sayısı, torasik intervertebral disk boşluklarına

erişimin zorluğu nedeni ile sınırlıdır. Açık torakotomi yaklaşımı kullanılarak anterior fiksasyon yapıldığında, üst torasik omurgada füzyon oranlarının yüksek olmadığı bildirilmiştir. Endoskopik teknikler kullanılarak, disk boşluklarına erişmek için iyi bir vizüalizasyon sağlamak ve optimal yörüngede ilerlemek için birden fazla portal yerleştirilebilir, bu sayede diskektomi, end plate dekontikasyonu ve vertebral gövdeye unikortikal/bikortikal vidanın yerleştirilmesi gerçekleştirilebilmektedir. Endoskopik portallar, torasik apekten kaudala (diyaframa) doğru yönlendirilerek, tüm torasik omurgayı görselleştirecek şekilde konumlandırılır. Anatomik seviye, floroskopi ve/veya akciğer apeksinden kotların sayımı ile doğrulanabilmektedir.

Plevra, omurganın füzyon gelişmesi gereken seviyesi boyunca longitudinal olarak açılır, disk tanımlanır ve fazla yumuşak doku eksize edilir. Diskektomi gerçekleştirilir ve end plateler dekontike edilir. Anterior gevşetme, anterior longitudinal ligamentin kesilmesiyle tamamlanır, bu da hareket segmentinin artan mobilizasyonu ile sonuçlanmaktadır.

Vidalar her seviyede kot başının hemen anterioruna yerleştirilir ve hem endoskopik hem de floroskopik muayene ile doğrulama yapılır. 10 derecelik bir yörünge ile, başlangıç kılavuzundan (Kirschner teli (K-teli)) gönderilir ve spinal kord hasarından kaçınmak için vida bu yörünge üzerinden ilerletilir. Segmental damarlar izole edilir ve koagülasyon öncesinde hemoklipler uygulanır. Vida, bikortikal olacak şekilde ilerletilmelidir.

Vidalar tüm seviyelerde yerleştirildikten sonra, vertebra gövdesi yüzeyi yumuşak dokudan temizlenir ve osteofitler drillenir. End platelerin hazırlanmasından sonra disk boşluklarına morselize kot başları, iliak krest veya allogreft jel yerleştirilir. Ardından uygun rodler yerleştirilir, gerekli düzeltme manevraları uygulanır ve hemostazın ardından operasyona son verilebilir.

### **Torakoskopik Ameliyatlara Bağlı Gelişen Komplikasyonlar**

Torakoskopik spinal cerrahinin birçok potansiyel komplikasyonu bildirilmiştir. Torakoskopik omurga cerrahisinde en sık karşılaşılan komplikasyonlar interkostal nevralsi (%7.7) ve semptomatik atelektazidir (%6.4). Ameliyat sonrası atelektazi ve pnömoni, akciğerin ameliyat sırasında geçici olarak yeniden şişirilmeyle azaltılabilir. Her 2 saatlik cerrahi süre için akciğerin 10 dakika ventile edilmesi önerilmektedir. Diğer torakoskopik omurga cerrahisi komplikasyonları; aşırı (2 lt üzeri) intraoperatif kan kaybı



(%2.5-5.5), pnömoni (%1-3), yara enfeksiyonları (%1-3) ve şilotoraksdır (%1). Kardiyak aritmiler görülebilmektedir. Kalbe yakın monopolar koterizasyondan kaçınılarak bu komplikasyonlar önlenebilir ve akciğer retraksiyonunu en aza indirerek veya kaçınarak pulmoner laserasyonlardan kaçınılabılır. Hemidiyafram ve perikardiyal penetrasyon, tansiyon pnömotoraks, uzun torasik sinir yaralanması, pulmoner emboli eşzamanlı bilateral pnömorhaces ve pnömoretroperitonum ki bunlar subkutan amfizem ile birliktedir, daha az bildirilen torakoskopik omurga cerrahisi komplikasyonlarıdır (17).

## SONUÇ

Daha yeni teknolojik gelişmeler, minimal invaziv enstrümantasyon kullanan mevcut tekniklerde iyileştirmelere yol açacaktır. Optik görüntülerin daha iyi çözünürlüğü, yakınlaştırma özellikli ayarlanabilir odak, esnek yönlendirilebilir endoskoplar, çalışma kanallarının daha fazla kullanımı ve geliştirilmiş üç boyutlu görüntüleme ile, cerrahi teknikleri ve morbidite oranlarını iyileştirecektir.

Robotik, endoskopik ve görüntü kılavuzlu sistemlerin entegrasyonu ile minimal invaziv omurga cerrahisi ile heyecan verici yeni sınırlara başlanmaktadır. Karmaşık spinal enstrümantasyonlardan, simple diskektomilere kadar birçok operasyon küçük portallar aracılığıyla daha hassas bir şekilde gerçekleştirilebilir, böylece morbidite azaltılır, yoğun bakım ünitesinde geçen süre kısaltılır, hastanede kalış süresi azaltılır, ilaçları azaltılır ve masrafları minimal düzeyde tutulmuş olur.

## KAYNAKLAR

- Al-Sayyad MJ, Crawford AH, Wolf RK: Early experiences with video-assisted thoracoscopic surgery : our first 70 cases. *Spine*. 2004; 29 :1945-1951.
- Anand N, Regan JJ. Video assisted thoracoscopic surgery for thoracic disc disease. *Spine*. 2002; 27:871-879.
- Arlet V. Anterior thoracoscopic spine release in deformity surgery: a meta-analysis and review. *Eur Spine J*. 2000 Feb;9 Suppl 1(Suppl 1):S17-23.
- Bisson EF, Jost GF, Apfelbaum RI, et al: Thoracoscopic discectomy and instrumented fusion using a minimally invasive plate system: surgical technique and early clinical outcome. *Neurosurg Focus*. 2011 Apr;30(4):E15.
- Bomback DA, Charles G, Widmann R, et al: Video-assisted thoracoscopic surgery compared with thoracotomy: early and late follow-up of radiographical and functional outcome. *Spine J*. 2007 Jul-Aug;7(4):399-405.
- Dickman CA, Karahalios DG. Thoracoscopic spinal surgery. *Clin Neurosurg*. 1996; 43: 392±422.
- Dickman CA, Rosenthal D, Karahalios DG, et al. Thoracic vertebrectomy and reconstruction using a microsurgical thoracoscopic approach. *Neurosurgery*. 1996; 38:279-293.
- Fiani B, Siddiqi I, Reardon T, et al: Thoracic Endoscopic Spine Surgery: A Comprehensive Review. *Int J Spine Surg*. 2020 Oct;14(5):762-771.
- Huang TJ, Hsu RW, Liu HP, et al: Video-assisted thoracoscopic surgery to the upper thoracic spine. *Surg Endosc*. 1999 Feb;13(2):123-6.
- Johnson JP, Drazin D, King WA, et al: Image-guided navigation and video-assisted thoracoscopic spine surgery: the second generation. *Neurosurg Focus*. 2014 Mar;36(3):E8.
- Orchowski J, Bridwell K, Lenke L. Neurological deficit from a purely vascular etiology after unilateral vessel ligation during anterior thoracolumbar fusion of the spine. *Spine* 2005; 30: 406-10.
- Ozer AF. Torakal Omurlara Torakoskopik Anterior Yaklaşım. *Türk Nöroşirürji Dergisi*. 2009; Cilt: 19, Sayı: 3, 158-164
- Rosenthal D, Rosenthal R, De Simone A. Removal of Minimally Invasive Procedures In Spine Surgery a protruded thoracic disc using microsurgical endoscopy. A new technique. *Spine* 1994; 19: 1087-91.
- Rosenthal D: Endoscopic approaches to the thoracic spine. *Eur Spine J*. 2000; 9[Suppl 1]:S8-S16.
- Sasani M, Fahir Ozer A, Oktenoglu T, et al: Thoracoscopic surgery for thoracic disc herniation. *J Neurosurg Sci*. 2011 Dec;55(4):391-5.
- Sasani M, Ozer AF. Endoscopic Thoracal Procedures (Vats). *Minimally Invasive Procedures in Spine Surgery*. Ed. Khoo TL, Ozer AF. Publisher: Intertip
- Theodore N, Dickman CA. Thoracoscopic approaches to the Spine. In Winn HR (ed): *Youmans Neurological surgery*. Philadelphia, Saunders 2004; 4: 4757-4770.
- Upasani VV, Newton PO. Anterior and thoracoscopic scoliosis surgery for idiopathic scoliosis. *Orthop Clin North Am*. 2007 Oct;38(4):531-40, vi.
- Winter RB, Lonstein JE, Denis F, et al: Paraplegia resulting from vessel ligation. *Spine* 1996; 21: 1232-1233.



## 48

## MİNİMAL İNVAZİV SPİNAL CERRAHİDE NE ZAMAN STABİLİZASYON?

Hakan Şimşek, Erman Güler, Hakan Somay

Son birkaç on yılda, omurga cerrahisi pratiği önemli teknik ve teknolojik ilerlemelerden geçmiştir. Sınırları zorlamaya devam etme çabasıyla, minimal invaziv omurga cerrahisi, azaltılmış yumuşak doku manipülasyonu, azaltılmış kan kaybı, daha düşük cerrahi alan enfeksiyon oranları, daha iyi kozmetik ve erken ambulasyon/işe dönüş sağlamaktadır. Sağlık sistemi değer temelli bakıma doğru evrimini sürdürürken, tüketici odaklı sağlık planları da hastanın minimal invaziv cerrahi ameliyatı algısının etkisini dikkate almayı giderek daha önemli hâle getirdi. Bir asrı aşkın zaman içinde omurga cerrahisi insanların yeni ihtiyaçları ve daha iyiye ulaşma çabaları sonucu daha az invaziv olana doğru gelişmiştir. Spinal dar kanalda cerrahi tedavi 1900 yıllarına kadar dayanmaktadır (35). 1911 yılında Bailey ve Casamajor, dar kanalı nöral kompresyonun sebebi olarak detaylı tarif ettiler (3). Spinal dar kanalın geleneksel tedavisi genişçe laminektomiyle birlikte medial fasetin ventral kısmının lateral reses boyunca alınması ve buna foraminotomi ilave edilmesinden ibarettir (42). Lee'nin spinal dar kanal sınıflaması konunun anlaşılması açısından oldukça yararlıdır (25). Cerrahi tekniğin ilerlemesi ve ekipmanın da gelişmesi ile bilateral foraminotomi, unilateral yaklaşımla bilateral cerrahi dekompresyon yapılmaya başlanmış ve bunların klinik olarak etkili oldukları gösterilmiştir (9, 19, 32). Minimal invaziv teknikler de zaman içinde tanıtılmışlardır. Bunlar başlıca mekanik, kimyasal işlemler, lazer, mikroskobik mikrocerrahi ve endoskopik tekniklerdir (30). Foley ve Smith disk cerrahisinde mikroendoskopik diskektomi tekniğini popülerize ettiler (12-14). Mikrodiskektomi için mikroendoskopik tubuler retraktör sistemi (METRS-MD) ile minimal invaziv spinal cerrahi gelişti. Cerrahların bu konularda deneyimlerinin ve birikimin artması ile artık bu sistem spinal disk cerrahisinin de ötesine taşındı. METRS-MD kullanılarak, sonradan gelişmiş dar kanalda ve grade-I spondilolisteziste unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon giderek yaygınlaşmaya başladı (3,21,31,36).

Dejeneratif lomber spinal dar kanal (DLSDK), spinal kanal içindeki dejeneratif değişikliklere bağlı olarak

omurgada vasküler ve nöral yapılara ait alanın daralmasını tanımlar (23,25). Semptomatik olduğunda, gluteal bölge ve alt ekstremitelerin ağrısıyla oluşan değişken bir klinik sendromu oluşturur. Buna bel ağrısının da birlikte görülebildiği alt ekstremitelerde güçsüzlük ve ağrı da eklenebilir. Semptomatik DLSDK'da bu semptomları ortaya çıkaran veya bunları rahatlatıp ortadan kaldıran aktiviteler vardır. Genellikle ayakta dik pozisyonda yürümekle ortaya çıkar. Öne eğilmek, oturmak, uzanmak veya yürürken durup dinlenmek semptomları yatıştırıp ortadan kaldırır (23). DLSDK, alt ekstremitelerde fonksiyon bozukluğu ve ağrının en sık sebebidir. Anatomik çalışmalarda, kanal çapının 10-12mm arasında olması göreceli spinal darlık, 10 mm'den az olması ise mutlak (ileri derecede) spinal darlık olarak kabul edilmektedir (25,41). Lateral resesin minimal yüksekliği 5 mm olup, 3-4 mm olması darlık lehine değerlendirilir. Hafif ya da orta derecede dar kanalı olan hastaların yaklaşık yarısı durumu tolere edebilmektedir. Bu hastalarda hızlı nörolojik kötüleşme nadiren görülür (23).

Lomber dar kanal patogenezinde sürecin başında disk dejenerasyonu olmaktadır.

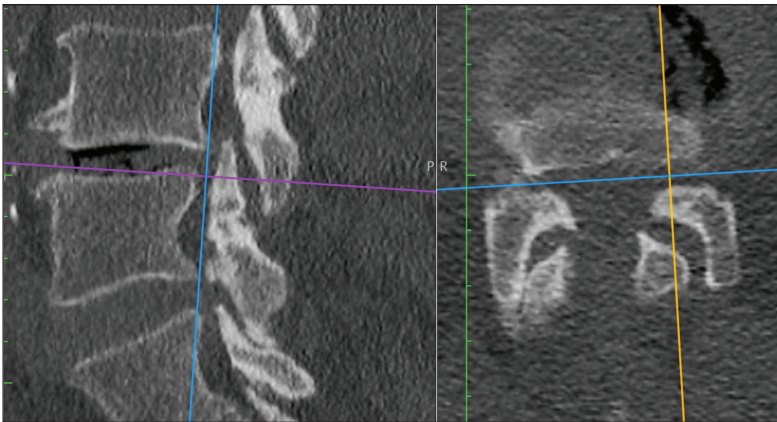
Normal bir omurgada yükler intervertebral disk dokusu, faset eklem ve kapsülü, vertebra korpusları ile son plakları ve ligamanlar tarafınca karşılanmaktadır. Disklerin dejenere olmadığı durumlarda aksiyel yüklerin %90'ı disk tarafınca karşılanır iken dejenerasyon süreçleri sonucunda bu oran %55-60 seviyelerine kadar geriler. Kalan yük ise faset eklem ve eklem kapsülü üzerine yoğunlaşır (33). Bu durumda özellikle üst faset eklem yüzü etkilenmekte, ilerleyen dönemlerde ise faset eklem yüzlerinin bozulması ve eklem kapsülü hasarları meydana gelmektedir. Diskin dejenerasyonla beraber hacim kaybetmesi ve anulus fibrosis lif yapısının bozulması ile diskin kanal içine taşması gerçekleşir. Bu disk mesafesinin daralmasına neden olur. Bu değişiklik nedeniyle faset eklem yapılarında da dejenerasyon, ligamentum flavumda bükülerek/kısalarak kalınlaşma, özellikle medial faset prosesinde hipertrofik değişiklikler ve osteofit oluşumu gerçek-

leşir. Bütün bu değişiklikler sonucu spinal kanalda daralma meydana gelir (19,41,45). Disk mesafesinin çökmesi ve faset eklemlerde bu çökmeden kaynaklanan değişim sürecinde eklemlerde mikro düzeyde patolojik hareketlilik başlar. Bu da ilerleyen süreçte faset eklemlerde yapısal defekt olmadan özellikle medial yüzdeki fasette olan rotasyon ve ileri derecedeki dejenerasyon sonucu kaymalara neden olur (Şekil 1). Bu kaymalara dejeneratif spondilolistezis (DS) denilmektedir (11,19,38). Sonuçta ortaya çıkan spinal dar kanal tedavisinde cerrahi dekompresyon yapılması konusunda genel kanı oluşmuştur (1,2,4-8,11,18,28,31,34,38,43,45). Ancak dekompresyonla beraber, bu hastaların taşıdıkları instabilite potansiyelleri için tedaviye füzyon eklenmesi veya füzyonla birlikte enstrümanla fiksasyon yapılması konusunda farklı görüşler vardır (2,8,10,11,14,15,18,21,26,27,34,43). Sadece bel ağrısı ile ortaya çıkmış semptomatik dejeneratif spondilolistezisi olan hastalarda eğer nörolojik defisit yoksa konservatif tedaviler denenebilir. Ancak bunlarda da hangi yöntemlerin esas olarak tercih edileceğine dair kanıta dayalı net bir kılavuz ortaya konulmamıştır (5,37). Konservatif tedavi içinde aktivite kısıtlanması, antienflamatuar tedavi ile ağrının kesilmesi, epidural steroid enjeksiyonları ve gün içindeki aktivitelerin düzenlenmesi, korse kullanılması, egzersiz, ultrason, elektrik stimülasyonunu içeren fizik tedavi ve rehabilitasyon sayılabilir. Egzersizler spinal kasların güçlenerek spinal stabilitenin korunmasını ve hareket açıklığının yeniden kazanılmasını sağlayabilir (37). Fleksiyon egzersizlerinin ekstensiyon tabanlı hareketlere nazaran daha iyi fonksiyonel kapasite sağladığına ve ağrıyı hafifletmede daha etkili olduğuna dair bazı kanıtlar vardır. Korse kullanılması da nörojenik kladikasyonu olan hastalarda yürüme mesafesini uzatabilir (39). Multiple transforaminal epidural steroid enjeksiyonlarıyla radikülopatinin ön planda olduğu hastalarda ağrı 3 ila 36 ay kadar zaman boyunca sağaltılabiliyor (22).

Konservatif tedavilere rağmen tam iyileşme sağlanamayan düşük dereceli spondilolistezisi olan semptomatik spinal dar kanallı hastalarda cerrahi tedavinin düşünülmesi gerektiği konusunda genel konsensus oluşmuştur (5,20,22). Radiküler ağrı ve/veya nörojenik kladikasyonu olan hastalar cerrahi tedaviye uygun hastalardır. Bu hasta grubunu 3 ila 6 ay kadar konservatif tedavinin denenmesinden sonra yeterli sonuç alınamayan hastalar oluşturmaktadır (11,39). Eyer şeklinde (*saddle*) anestezi, bağırsak-mesane disfonksiyonu gibi *kauda ekuina* sendromunu akla getiren semptomlarla gelen hastalarda ise acil cerrahi tedavi gereklidir. DLSDK hastalığında cerrahi tedavi konusunda ortak kanaat oluşmuş olmakla beraber yalnız cerrahi dekompresyon yapılması ile dekompresyona füzyon ilave edilmesi ve bunun da enstrümanla mı yapılacağı konusunda karşıt görüşler vardır (4,7,10,11,16,17,20,28,34,37,38). Dekompresyona füzyon ilave edildiğinde sadece dekompresyon yapılanlara göre daha iyi klinik sonuç alındığı bildirilmektedir (17, 24, 27). Enstrüman kullanılarak füzyon yapıldığında ise psödoartroz riski çok azalmakta, ancak klinik düzellemeyle ilgili anlamlı üstünlük sağlamamaktadır. İnose'nin çalışmasında ise, sadece dekompresyona karşı, dekompresyon ve füzyon yapılmasının klinik üstünlüğü saptanmış, fakat dekompresyon ve füzyona enstrümantasyon ilavesinin fark yaratmadığı belirtilmiştir (18,23,27,28,34).

Sonuç olarak semptomatik ve ilerleyici DLSDK hastalarında tedavi cerrahidir. Hastanın ağrısının ilerlemesi ve yaşam kalitesinin giderek bozularak mobilitesinin azalması, konservatif tedaviden cerrahi tedaviye geçmenin kriteri olmalıdır. İlerleyici kuvvet kaybı ve sfinkter kontrolünün kaybolması ise mutlak ve acil cerrahi tedavi endikasyonlarıdır (5,20,28,34,37).

Dejeneratif spondilolistezisli hastanın klinik olarak durumu ne kadar kötü ise cerrahi tedaviden de faydalanma olasılığı o kadar yüksektir. Cerrahide amaç

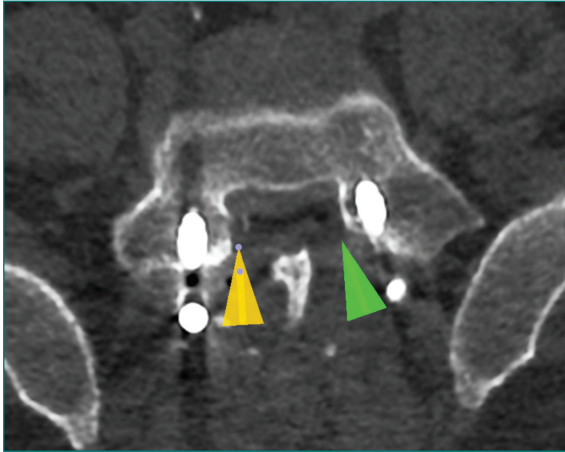


**Şekil 1.** Bilgisayarlı tomografi (BT) sagittal kesitte L4-L5 intervertebral disk mesafesinde havanın izlenmektedir. Aksiyel kesitte ise bu segmentteki instabilitenin diğer bir işareti olan faset eklemlerde ayrılma ve intervertebral forameni daraltan faset hipertrofisi görülebilmektedir.



hastanın yaşam kalitesini yükseltmek, hastayı daha uzun mesafe yürüyebilir hâle getirmektir. Prencip olarak cerrahi tedavide yeterince dekompresyon yapmak gerekir. Darlık olan tüm seviyelerde yeterli laminektomi yapılmalı, lateral reses pedikül duvarına sıfırlanacak kadar yeterli dekomprese edilmeli, rotasyona uğramış ve hipertrofiye uğramış medial fasette mümkünse ilave instabilite yaratmayacak azami miktarda fasetektomi yapılmalı, intervertebral foramen- de yeterli foraminotomi de yapılarak kökün rahatlatıldığı kontrol edilmesi gerekir (Şekil 2) (6). Spinal kolonun arka elemanlarının anatomik yapısını bozmadan ligamanetum flavum orta hatta kadar alınarak orta hatta da kanal genişliğinin sağlanması gerekir (1,7,9,29,31,34,38). Cerrahi dekompresyona, enstrümantasyonlu veya enstrümantasyonsuz füzyonun da ilave edilmesinin daha iyi sonuçlar verdiğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Enstrümanla veya enstrüman- sız füzyon için endikasyonları literatür ışığında özet-lemek gerekirse (11,15,18,24,27,34,37,38,40,44,46):

- Füzyon için mutlak endikasyonlar:
  - İki ya da üç kolonun hasarlandığı travma, tümör, enfeksiyon
  - İatrojenik instabilite
  - İstmik spondilolistezis
- Relatif endikasyonlar:
  - Dejeneratif spondilolistezis



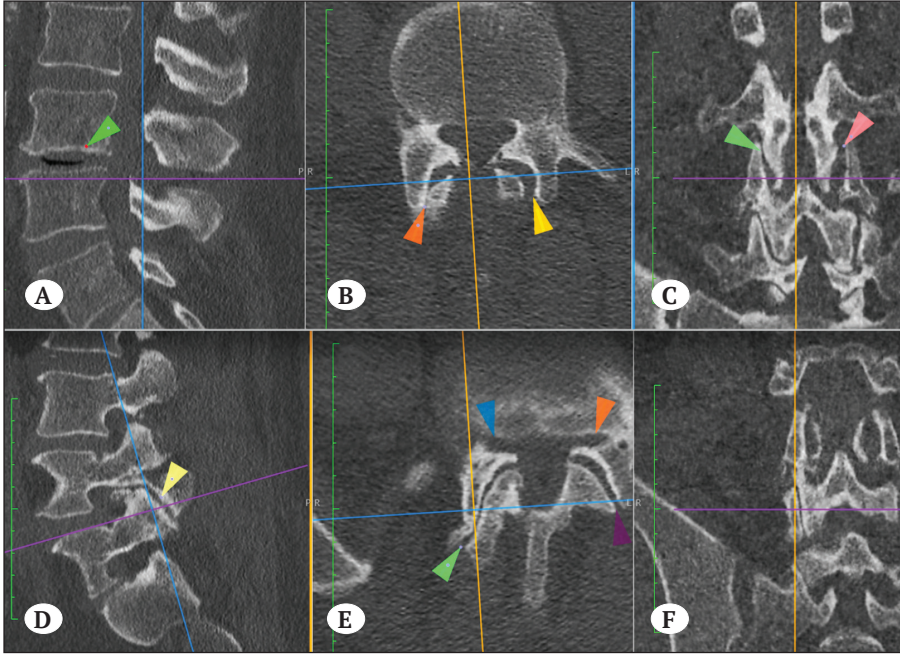
**Şekil 2.** Postoperatif dönemde çekilen bilgisayarlı tomografide aksiyel kesitte L4 L5 mesafesinde dekomprese edilen her iki lateral resesin ok uçlarının işaret ettiği şekilde pedikül duvarı boyunca vertebra korpusa kadar sıfırlanarak efektif dekompresyon sağlandığı görülmektedir.

- Radyolojik olarak gösterilebilen, ağrının ve nörolojik bulguların eşlik ettiği dinamik instabilite (dinamik lateral grafide 3 mm'den fazla hareketlenme, bilgisayarlı tomografi görüntüsünde vakum fenomeni, faset eklemlerinde ayrılma) (Şekil 1).
- Yetişkin skolyozu
- Mekanik bel ağrısı

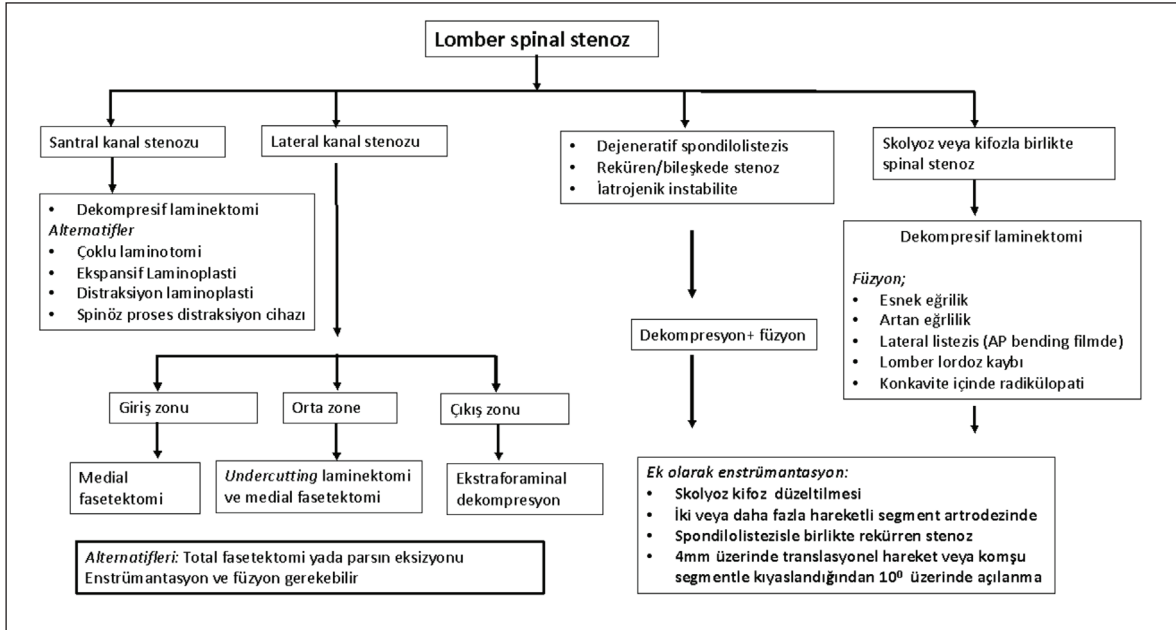
Lee'nin tanımladığı dar kanal sınıflamasına uygun şekilde spinal dar kanal tedavisinde Sengupta'nın önerdiği cerrahi akış şeması hâlen refere edilebilir bir kaynaktır (25,38) (Tablo 1):

DLSDK olan tüm hastalar öncelikle konservatif tedavi açısından değerlendirilmeli ve tedavi edilmelidir. Bu hastalarda ani nörolojik kötüleşme beklemeyiz. Hastaların çoğunluğu cerrahi dışı tedavilerle uzun takip süreleri boyunca ya iyiye gidebilir ya da durumlarını korurlar. Cerrahi tedavi, konservatif tedavilerden istifade edemeyen hastaların kendi kararlarıyla tercih edilmelidir. Belirgin spondilolistezisi veya deformitesi olmayan santral spinal stenozlu hastalarda dekompresyon en iyi tercihtir. Cerrahi dekompresyon esnasında iatrojenik instabiliteye yol açmamaya özen gösterilmelidir. Bunun için faset eklemleri ve pars interartikularis korunmalıdır (6,23,38). Lateral kanal stenozlarında ise sınırlı laminotomi ve lateral reses dekompresyonu yapılarak postoperatif instabilite önlenir (Şekil 2). Dekompresif laminotomi yaparken stabilitenin bozulmaması için, sınırlı davranarak mümkün olduğunca orta hat posterior elemanların korunması önemlidir. Önemli olan açıklığın ne kadar olduğundan öte yeterli dekompresyonun yapılabilmesidir. Dekompresyon hastaların %80'inde mükemmel veya çok iyi sonuç verir. Erken postoperatif dönemdeki iyileşmenin reküren stenoz gelişip tekrardan eski duruma dönerek hastanın kötüleşmesi çok uzun dönem takiplerde görülebilir.

Spinal stenozun, instabilite, dejeneratif spondilolistezis, deformite, iatrojenik instabilite veya reküren stenozla bağlantılı olduğu gösterildiğinde, genellikle füzyon önerilir (11,17,23,34,37,38). Enstrümantasyonun da ilave edilmesi füzyon oranını belirgin artırır. Genişçe dekompresyon ve instabil olan segmentte füzyon, hastanın durumuna ve intraoperatif gözleme göre enstrümantasyon ilavesi dejeneratif tip I spondilolisteziste tercih edilebilir cerrahi tedavi yöntemi- dir (Şekil 3-6).

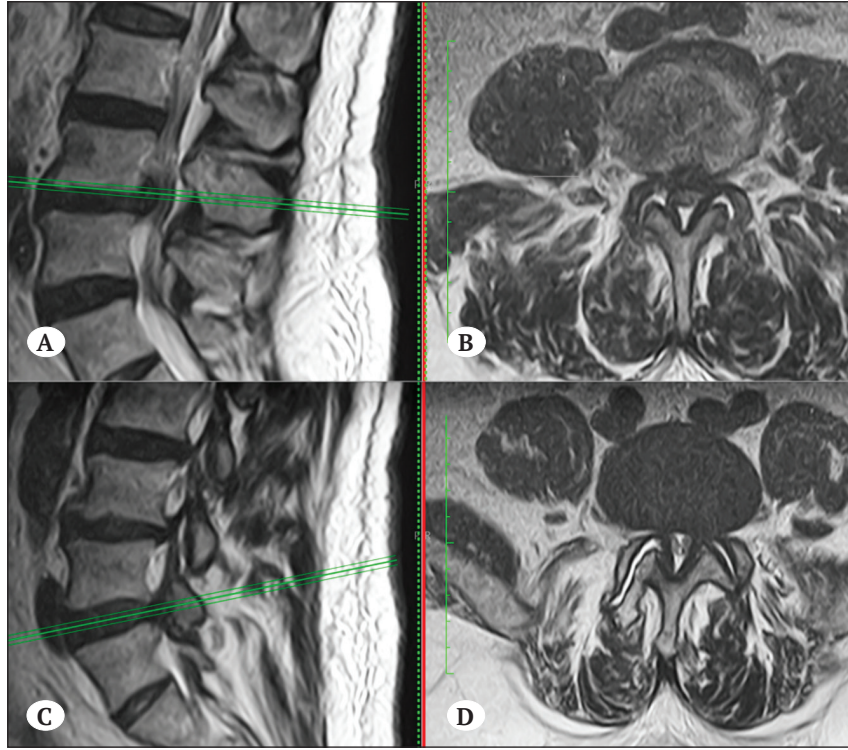


**Şekil 3.** 65 yaşında erkek hasta, yürüyebilmek için öne doğru eğilmesi, her iki bacakta ağrı ve 50 metrede nörojenik kladikasyon ile başvurdu ve hasta ameliyat edildi. Aynı hastanın preoperatif dönemde çekilen BT kesitlerinde **A)** instabilite ve diskte dejenerasyon göstergesi olan vakum fenomeni ve **B, C)** faset eklemlerde ayrılmalar görülmektedir. L4-L5 mesafesinde vakum fenomeni olmamakla beraber **D)** faset eklemlerde yine ayrılmalar ve nöral forameni daraltan osteofit oluşumu gözlenmektedir. **E)** Sağ L4-L5 faset eklemlerinde ileri derecede hipertrofik dejenerasyon geliştiği ve lateral reses stenozu da oluştuğu görülmüyor.

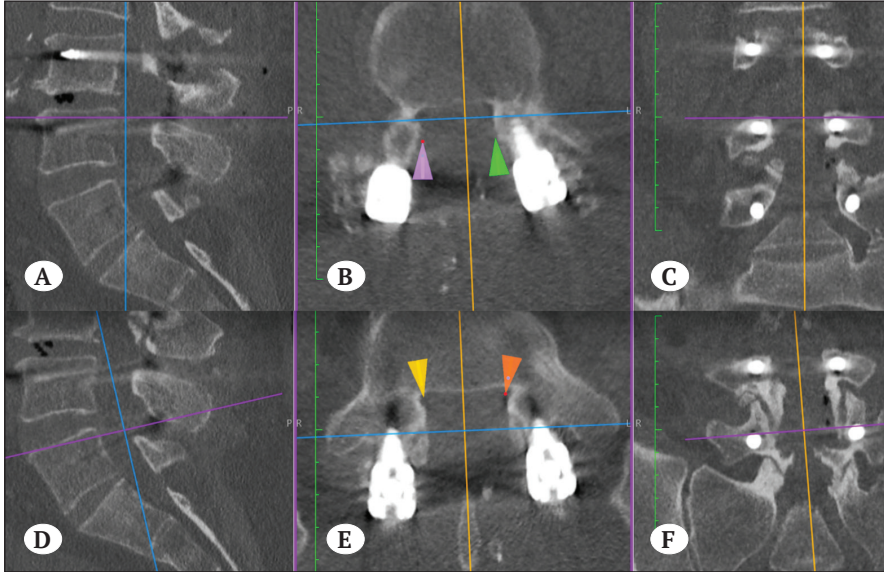


**Tablo 1.** Sengupta'nın tarif ettiği algoritmaya göre DLSDK hastalarında cerrahi tedavi önerilmekte, bunlardan da lateral kanal stenozu olanlarda şayet midzon veya lateral zonda dekompresyon sırasında pars alınır ya da total laminektomi yapılmak zorunda kalınırsa dekompresyona füzyon ve/veya enstrümantasyon ilave edilmesi önerilmektedir. Dejeneratif spondilolistezis, rekürren stenoz, veya iatrojenik instabilite olanlarda ve ayrı grup olarak kifoz/skolyozla birlikte spinal stenozu olanlarda dekompresyonla birlikte doğrudan füzyon önerilmekte. Radyolojik olarak da gösterilebilen dinamik instabilite ve listezisle beraber rekürren stenozlarda enstrümantasyon uygulaması algoritmada yer almaktadır.

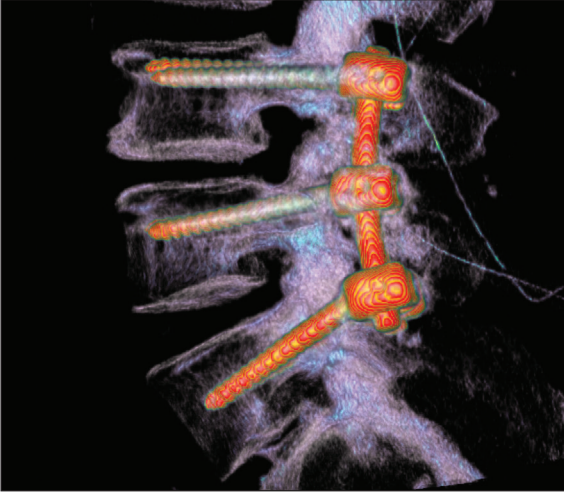




**Şekil 4.** Aynı hastanın manyetik rezonans görüntülemesinde **A)** sagittal planda L3-L4 mesafesinde instabilite ile birlikte orta hattan kanala taşan ve **B)** aksiyel görüntüde kraniale migre olan disk hernisi ile birlikte kanalda ileri derecede stenoz olduğu görülmektedir. **C)** L4-L5 mesafesinde belirgin disk taşması olmamakla birlikte, **D)** faset eklemlerinin dejeneratif hipertrofisi ve ligamentum flavum hipertrofisi ile kanalda santral ve lateral stenozun birlikte geliştiği görülmektedir.



**Şekil 5.** Hastanın ameliyatından sonraki BT tetkikinde **A)** sagittal diziliminin ve orta hat posterior elemanlarının korunduğu görülmektedir. **B)** Spinal kanal L3-L4 mesafesinde sınırlı diskektomi ve dekompresyon yapılmıştır. Lateral reseler de (ok başları) pedikül duvarı boyunca korpusa kadar düzlenerek **C)** kanal kranio-kaudal yönde de yeterince dekompresye edilmiştir. Bir alt mesafe olan L4-L5 mesafesinde diskektomi yapılmamış, **D, E)** lateral reseler açılmış, hipertrofik olan fasetlerde yeterince fasetektomi yapılmıştır. **F)** Koronal kesitte enstrümantasyonla birlikte önceden instabilite göstergesi olarak ayırık duran artiküler proseslerin eklem fasetlerinin birbirlerine iyice yaklaştıkları görülmektedir. Daha kolay füzyon olacağı düşünülmelidir.



**Şekil 6.** 3D BT konfigürasyonu görüntüsünde spinal dizilimin ve orta hat arka elemanlarının korunduğu, sadece etkilenen segmentlerin enstrüman ile fiks edildiği izleniyor.

## KAYNAKLAR

1. Austevoll IM, Gjestad R, Solberg T, et al. Comparative Effectiveness of Microdecompression Alone vs Decompression Plus Instrumented Fusion in Lumbar Degenerative Spondylolisthesis. *JAMA Netw Open.* 2020;3(9):e2015015.
2. Austevoll IM, Hermansen E, Fagerland MW, et al. Decompression with or without Fusion in Degenerative Lumbar Spondylolisthesis. *N Engl J Med.* 2021;385(6):526-38.
3. Bailey PC, L. . Osteo-arthritis of the spine as a cause of compression of the spinal cord and its roots. . *J Nerv Ment Dis.* 1911;38:588-609.
4. Bridwell KH, Sedgewick TA, O'Brien MF, et al. The role of fusion and instrumentation in the treatment of degenerative spondylolisthesis with spinal stenosis. *J Spinal Disord.* 1993;6(6):461-72.
5. Bydon M, Alvi MA, Goyal A. Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Definition, Natural History, Conservative Management, and Surgical Treatment. *Neurosurg Clin N Am.* 2019;30(3):299-304.
6. Cawley DT, Shenoy R, Benton A, et al. The evolution of partial undercutting facetectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis. *J Spine Surg.* 2018;4(2):451-5.
7. Colak A, Topuz K, Kutlay M, et al. A less invasive surgical approach in the lumbar lateral recess stenosis: direct approach to the medial wall of the pedicle. *Eur Spine J.* 2008;17(12):1745-51.
8. Detwiler PW, Marciano FF, Porter RW, et al. Lumbar stenosis: indications for fusion with and without instrumentation. *Neurosurg Focus.* 1997;3(2):e4; discussion 1 p following e4.
9. diPierro CG, Helm GA, Shaffrey CI, et al. Treatment of lumbar spinal stenosis by extensive unilateral decompression and contralateral autologous bone fusion: operative technique and results. *J Neurosurg.* 1996;84(2):166-73.
10. Epstein NE. Commentary on: Laminectomy plus fusion versus laminectomy alone for lumbar spondylolisthesis by Ghogawala Z, Dziura J, Butler WE, Dai F, Terrin N, Magge SN, et al. *NEJM* 2016;374(15):1424-34. *Surg Neurol Int.* 2016;7(Suppl 25):S644-S7.
11. Fischgrund JS, Mackay M, Herkowitz HN, et al. 1997 Volvo Award winner in clinical studies. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective, randomized study comparing decompressive laminectomy and arthrodesis with and without spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(24):2807-12.
12. Foley KT, Lefkowitz MA. Advances in minimally invasive spine surgery. *Clin Neurosurg.* 2002;49:499-517.
13. Foley KT, Smith MM, Rampersaud YR. Microendoscopic approach to far-lateral lumbar disc herniation. *Neurosurg Focus.* 1999;7(5):e5.
14. Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally invasive lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28(15 Suppl):S26-35.
15. Gehrchen PM, Dahl B, Katonis P, et al. No difference in clinical outcome after posterolateral lumbar fusion between patients with isthmic spondylolisthesis and those with degenerative disc disease using pedicle screw instrumentation: a comparative study of 112 patients with 4 years of follow-up. *Eur Spine J.* 2002;11(5):423-7.
16. Ghogawala Z, Dziura J, Butler WE, et al. Laminectomy plus Fusion versus Laminectomy Alone for Lumbar Spondylolisthesis. *N Engl J Med.* 2016;374:1424-34.
17. Herkowitz HN. Degenerative lumbar spondylolisthesis: evolution of surgical management. *Spine J.* 2009;9(7):605-6.
18. Inose H, Kato T, Sasaki M, et al. Comparison of decompression, decompression plus fusion, and decompression plus stabilization: a long-term follow-up of a prospective, randomized study. *Spine J.* 2022;22(5):747-55.
19. Jane JA Sr, Jane JA Jr, Helm GA, et al. Acquired lumbar spinal stenosis. *Clin Neurosurg.* 1996;43:275-99.
20. Katz JN, Zimmerman ZE, Mass H, et al. Diagnosis and Management of Lumbar Spinal Stenosis: A Review. *JAMA.* 2022;327(17):1688-99.
21. Khalilullah T, Tummala S, Panchal R. Spondylolisthesis and Idiopathic Sarcopenia Treated With Minimally Invasive Surgery for Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: A Case Study and Literature Review. *Cureus.* 2022;14(5):e25086.



22. Koc Z, Ozcakar S, Sivrioglu K, et al. Effectiveness of physical therapy and epidural steroid injections in lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(10):985-9.
23. Kreiner DS, Shaffer WO, Baisden JL, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis (update). *Spine J*. 2013;13(7):734-43.
24. Kuntz KM, Snider RK, Weinstein JN, et al. Cost-effectiveness of fusion with and without instrumentation for patients with degenerative spondylolisthesis and spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(9):1132-9.
25. Lee CK, Rauschnig W, Glenn W. Lateral lumbar spinal canal stenosis: classification, pathologic anatomy and surgical decompression. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1988;13(3):313-20.
26. Lee TC. Transpedicular reduction and stabilization for postlaminectomy lumbar instability. *Acta Neurochir (Wien)*. 1996;138(2):139-44; discussion 44-5.
27. Martin CR, Gruszczynski AT, Braunsfurth HA, et al. The surgical management of degenerative lumbar spondylolisthesis: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(16):1791-8.
28. Matz PG, Meagher RJ, Lamer T, et al. Guideline summary review: An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J*. 2016;16(3):439-48.
29. Nguyen KML, Nguyen DTD. Minimally Invasive Treatment for Degenerative Lumbar Spine. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2020;23(4):100700.
30. Onik G, Mooney V, Maroon JC, et al. Automated percutaneous discectomy: a prospective multi-institutional study. *Neurosurgery*. 1990;26(2):228-32; discussion 32-3.
31. Palmer S, Turner R, Palmer R. Bilateral decompressive surgery in lumbar spinal stenosis associated with spondylolisthesis: unilateral approach and use of a microscope and tubular retractor system. *Neurosurg Focus*. 2002;13(1):E4.
32. Poletti CE. Central lumbar stenosis caused by ligamentum flavum: unilateral laminotomy for bilateral ligamentectomy: preliminary report of two cases. *Neurosurgery*. 1995;37(2):343-7.
33. Pollintine P, Przybyla AS, Dolan P, et al. Neural arch load-bearing in old and degenerated spines. *J Biomech*. 2004;37(2):197-204.
34. Roitberg B, Zileli M, Sharif S, et al. Mobility-Preserving Surgery for Lumbar Spinal Stenosis: WFNS Spine Committee Recommendations. *World Neurosurg X*. 2020;7:100078.
35. Sachs BF, J. Progressive ankylotic rigidity of the spine (spondylose rhizomelique). *J Nerv Ment Dis*. 1900;27:1-15.
36. Saleh I, Librianto D. Surgical treatment of spondylolisthesis using long arm screw: A literature review. *Ann Med Surg (Lond)*. 2022;73:103200.
37. Samuel AM, Moore HG, Cunningham ME. Treatment for Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Current Concepts and New Evidence. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2017;10(4):521-9.
38. Sengupta DK, Herkowitz HN. Lumbar spinal stenosis. Treatment strategies and indications for surgery. *Orthop Clin North Am*. 2003;34(2):281-95.
39. Sinaki M, Lutness MP, Ilstrup DM, et al. Lumbar spondylolisthesis: retrospective comparison and three-year follow-up of two conservative treatment programs. *Arch Phys Med Rehabil*. 1989;70(8):594-8.
40. Sonntag VK, Marciano FF. Is fusion indicated for lumbar spinal disorders? *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(24 Suppl):138S-42S.
41. Verbiest H. Pathomorphologic aspects of developmental lumbar stenosis. *Orthop Clin North Am*. 1975;6(1):177-96.
42. Verbiest H. Results of surgical treatment of idiopathic developmental stenosis of the lumbar vertebral canal. A review of twenty-seven years' experience. *J Bone Joint Surg Br*. 1977;59(2):181-8.
43. Watters WC, 3rd, Bono CM, Gilbert TJ, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J*. 2009;9(7):609-14.
44. Xu Y, Yen D, Whitehead M, et al. Use of instrumented lumbar spinal surgery for degenerative conditions: trends and costs over time in Ontario, Canada. *Can J Surg*. 2019;62(6):393-401.
45. Yong-Hing K, Kirkaldy-Willis WH. The pathophysiology of degenerative disease of the lumbar spine. *Orthop Clin North Am*. 1983;14(3):491-504.
46. Yücetaş CÜ, N.; Özdemir, N. Lomber Dar Kanal ve>Listezis: Ne zaman Stabilizasyon? *Türk Nöroşir Derg* 2018;28:238-43.



## 49

ERİŞKİN MİNİMAL İNVAZİV SPİNAL  
DEFORMİTE CERRAHİSİNDE ALGORİTMA:  
DÜNÜ, BUGÜNÜ, GELECEĞİ

Mehmet Kenan, Fatih Keskin

Yetişkin spinal deformitesi (YSD) bir sağlık hizmeti önceliğidir, çünkü patolojinin yaşlanan nüfus ile görülme sıklığı artmaktadır ve etkilenen hastalar ağrı ve nörolojik defisit dahil olmak üzere önemli sağlık sorunlarına sahiptirler (8). Torakolomber deformitenin neden olduğu skolyoz ve kifoz dejeneratif disk hastalığı, osteoporoz, romatoid artrit, önceden var olan deformite, travma, enfeksiyon ve iyatrojenik nedenler gibi nedenlerle gelişen çeşitli patolojilerin bir sonucudur (2). Birincil başvuru semptomları arasında kronik sırt/bel ağrısı, deformite ve stenozdan kaynaklanan nörojenik klodikasyon yer alır. YSD tedavisinde geleneksel açık cerrahi teknikler etkili olmasına rağmen, bu tekniklerin yüksek oranda komplikasyonları beraberinde getirir. Spinal deformiteye minimal invaziv cerrahi (MIS) yaklaşımları, açık cerrahi ilişkili komplikasyonları azaltma potansiyeli sunmaktadır. MIS yaklaşımları yumuşak doku travmasını azaltma, intraoperatif kan kaybını azaltma ve cerrahi alan enfeksiyonlarını en aza indirme fırsatı ile giderek daha etkili ve tasarruflu olarak kabul edilmektedir (1). Bu avantajlar, lomber deformiteden etkilenen daha fazla eşlik eden tıbbi komorbiditeye sahip giderek daha yaşlı bir hasta popülasyonunda özellikle önem arz etmektedir.

YSD'li tüm hastalar MIS için aday değildir. MIS tekniklerinin kendine özgü sınırlı müdahale kapasitesi nedeniyle, özellikle sagittal düzlemde ciddi ve rijit deformitesi olan hastalar için uygun veya optimal cerrahi seçenek olmayabilir. Daha önce yapılan çalışmalarda, MIS yaklaşımlarının bazı durumlarda sagittal deformiteyi düzeltebileceği öne sürülmüştür (11). Minimal invaziv spinal deformite cerrahisi (MISDEF) algoritması, cerrahlara MIS teknikleriyle hangi hastaların deformite düzeltmeye aday olduğunu belirlemede rehberlik etmek için oluşturulmuştur.

MİNİMAL İNVAZİV OMURGA DEFORMİTESİ  
CERRAHİSİ TASARIMI

YSD tedavisinin hedefleri nöronal yapıların dekompresyonu, koronal, sagittal ve aksiyel planda global dengenin oluşturulması ve başarılı bir füzyonun sağlanmasıdır. YSD yönetimine rehberlik etmek için çok sayıda sınıflandırma şeması önerilmiştir. 2010 yılında Silva ve Lenke, YSD'nin düzeltilmesine rehberlik etmek için altı düzeyde operatif tedavi (I-VI) yayınlamıştır (9). Bu yaklaşım nörojenik klodikasyon ve radikülopati, sırt ağrısı, anterior osteofitler, listezis, koronal Cobb açısı, lomber kifoz ve sagittal dizilim varlığı dahil olmak üzere çeşitli radyografik ve klinik faktörlere dayanmaktadır. Bu ölçümlere göz önünde bulundurulduğunda yazarlar dekompresyon, enstrümantasyonlu posterior spinal füzyon, anterior füzyon ve osteotomiler dahil artan karmaşıklıkta altı farklı tedavi basamağı önermişlerdir. Bu tedavi seviyeleri, cerraha hastanın kendine özgü spinal patolojisini tedavi etmek için optimal açık cerrahi yaklaşıma karar vermede rehberlik etmeyi amaçlamıştır.

Son yıllarda spinopelvik dizilimin, deformitenin klinik durumu ve sonuçları üzerindeki etkisiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir. Optimum sonuçlara ulaşmak için  $<20^\circ$  pelvik tilt (PT),  $<10^\circ$  az pelvik insidans-lomber lordoz (PI-LL) uyumsuzluğu ve  $<5$  cm sagittal vertikal eksen (SVA) önerilmiştir. Bu spinopelvik parametrelere uygun olarak, Mummaneni ve ark, YSD tedavisi ile ilgili olarak MIS yaklaşımına uygun hastaları belirlemek ve cerrahlara sistematik bir kılavuz sağlamak için MISDEF algoritmasını önermiştir (6). MISDEF algoritması, sahadaki uzmanlardan fikir alınarak Delphi yaklaşımı adıyla geliştirilmiştir. Bu öneri cerrahi dışı tedavilerde başarısız olan semptomatik deformitesi olan yetişkin hastalar için oluşturulmuştur. Optimal yaklaşım, ameliyat öncesi radyografik parametrelere bağlıdır. Bu kriterlere göre uygun cerrahi seçenekler MIS'den geleneksel açık cerrahi tekniklere kadar uzanır. Bu algoritmanın ilk taslağı altı potansiyel işleme sahipti, ancak gözlemciler arası ve

gözlem içi güvenilirliğin düşük olduğu bulunarak revize edildi.

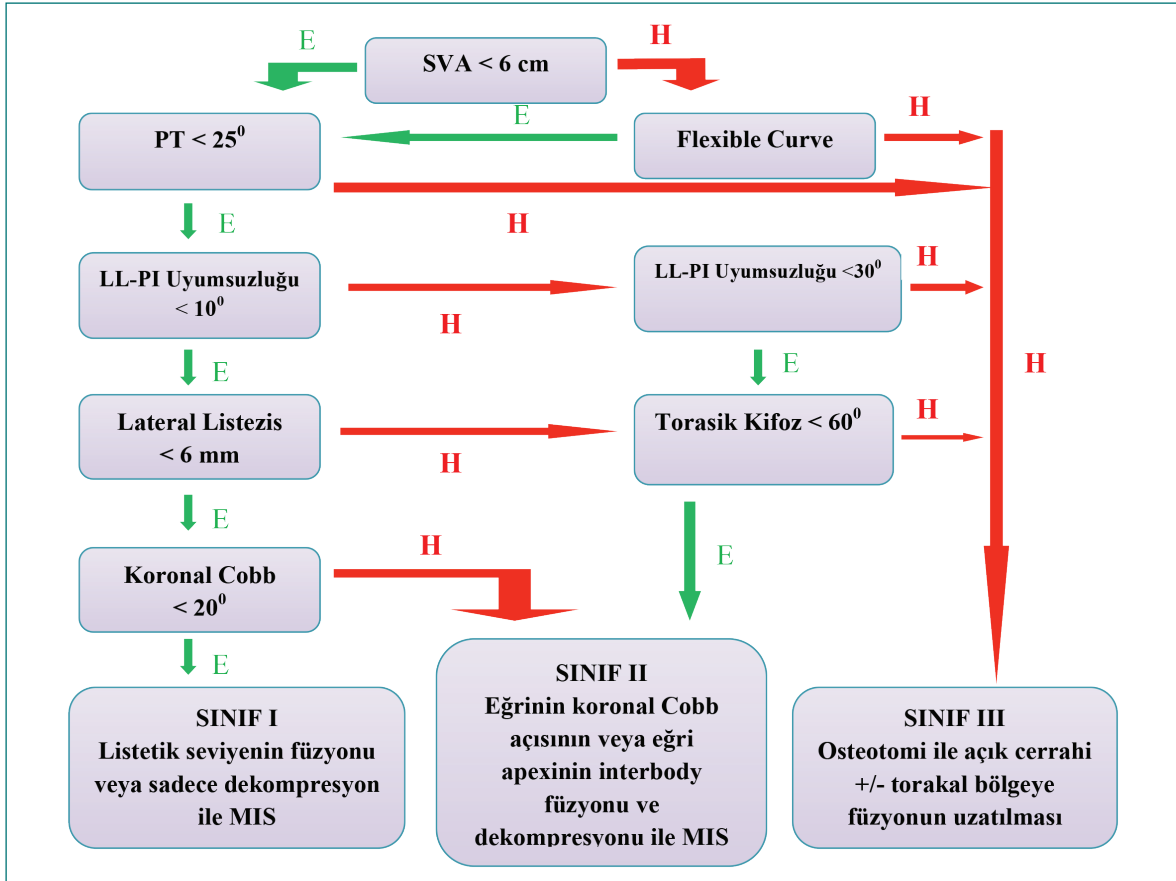
Yazarlar algoritmayı basitleştirmek ve sınırlamaları gidermek için, orijinal tedavi algoritmasını üç genel sınıfta yeniden tasarladılar. **Sınıf I** yaklaşımı, statik veya genişletilebilir bir tubüler ekartör kullanılarak kas koruyucu bir MIS yaklaşımıyla tek başına dekompresyonu veya bir listetik seviyenin füzyonunu içerir. Sınıf I vakalarda, enstrümantasyon perkütan olarak veya genişletilebilir tübüler ekartör aracılığıyla yerleştirilir. **Sınıf II** yaklaşımı, tipik olarak skolyoz apeksini içeren çok seviyeli bir MIS tekniği aracılığıyla dekompresyon ve füzyonu içerir. **Sınıf III** yaklaşımı, osteotomi veya füzyonun torasik bölgeye yayılması ile geleneksel açık yaklaşımdır.

Bu algoritmanın güvenilirliğini değerlendirmek için, seçilen cerrahlara MISDEF algoritması anlatılmış ve radyolojik ölçümleri ile sunulan hastalara algoritmaya uygun operasyon uygulanması yapılması istenmiştir. Hasta grupları arasında sınıflamalar cerrahlar tarafından benzer şekilde yapılabilmektedir. Bu durum algoritmanın evrenselliğini gösterebilmiştir (5).

## MİNİMAL İNVAZİV OMURGA DEFORMİTE CERRAHİSİ ALGORİTMASI

MISDEF algoritmasında ilerlemek için çeşitli radyografik faktörler göz önünde bulundurulur. Algoritmada ilerleme noktaları, temel spinopelvik parametrelere dayanır. Bu parametreler SVA, PT, PI-LL, Lateral Listezis ve Koronal Cobb açısını içerir. Önceki araştırmalar, bu radyografik parametrelerin YSD'li hastalarda morbiditeyi ve cerrahi sonucu etkilemedeki önemini vurgulamıştır. YSD'li 752 hastayı kapsayan çok merkezli bir incelemede Glassman ve ark, SVA'daki artışın doğrusal olarak deformitenin şiddeti ile ilişkili olduğunu belirttiler ve Scoliosis Research Society hasta anketi, Oswestry Disabilite İndeksi (ODI) ve Medical Outcomes dahil olmak üzere sağlıkla ilgili birçok yaşam kalitesi ölçümünde bu parametre yer almaktadır (3). Skolyozlu 73 yetişkin üzerinde yapılan benzer bir derlemede, Mac-Thiong ve ark. 6 cm'den büyük SVA ile YSD morbiditesi arasında bir ilişki tespit ettiler (4).

PI ve LL arasındaki uyumsuzluğun 10'dan büyük olması morbidite ile ilişkilidir. YSD'li 492 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada önemli bir sağlık göstergesi



**Şekil 1.** MISDEF algoritması: E, evet (yeşil ok); H, Hayır (kırmızı ok); LL, lomber lordoz; PI, pelvik insidans; PT, Pelvik tilt; SVA, sagittal vertical aksis (6).



olan ODI yi kötüleştiren spinopelvik parametreler, 20'den büyük PT, 47 mm'den büyük SVA ve 11'den büyük PI-LL dir. SVA'nın normal olduğu kompanse spinopelvik deformitede bile, PI-LL daha kötü sakatlık ile ilişkilidir (7). 104 hasta üzerinde yapılan başka bir çalışmada Than ve ark, YSD için MIS'yi takiben «en iyi» ve «en kötü» sonuçlara sahip hastalar arasındaki radyografik ölçümleri karşılaştırdılar. ODI skorundaki değişime dayalı olarak hastaların ilk %20'si («en iyi» grup) ile alttaki %20'lik («en kötü» grup) karşılaştırıldı. Bu iki grup arasında preoperatif PI-LL uyumsuzluğu açısından fark olmamasına rağmen, en iyi grupta postoperatif SVA (3.4 cm - 6.9 cm) ve PI-LL uyumsuzluğu (10.4<sup>o</sup> - 19.4<sup>o</sup>) anlamlı olarak daha azdı (10).

Bu spinopelvik parametrelerin bildirilen önemi göz önüne alındığında, MISDEF algoritması ayakta skoloz grafileri kullanılarak ameliyat öncesi radyografik değerlendirmeye dayanmaktadır. Ek olarak, MIS tekniklerinin sınırlı sagittal düzeltmeye izin veren interbody füzyon tekniklerine olanak vermesi nedeniyle, belirgin sagittal düzlem deformitesi olan hastalar geleneksel açık ameliyatlara yönlendirilir. Grafide 6 cm'den küçük SVA vakalarında, MIS yaklaşımını tercih ederek sınıf I ve sınıf II'ye yönlendirir. Ancak, SVA 7 veya daha büyükse ve deformite rijitse, algoritma sınıf III'e doğru ilerler. Benzer şekilde, PI-LL uyumsuzluğunun derecesi ve PT, sınıf III bir durumun tercih edilip edilmediğini etkiler. Genel olarak, daha hafif deformite, MIS tekniklerini tercih ederek daha düşük MISDEF sınıfı ile sonuçlanır.

## SINIF I

Genel olarak, sınıf I deformiteleri olan hastalar, spinal kanal, lateral reses veya foramen darlığının neden olduğu nörojenik klodikasyon veya radikülopati ile başvurur. Sınıf I tedavi, tek bir seviyede füzyonlu veya füzyonsuz MIS dekompresyonunu içerir. Sınıf I tedaviye aday olan hastalarda tipik olarak SVA 6 cm'den az, PT 25'ten küçük, LL-PI uyumsuzluğu 10 dereceden az, lateral listezis 6 mm'den az, koronal Cobb açısı 20 dereceden az, ve torasik kifoz 60 dereceden azdır. Sınıf I yaklaşımın amacı, sagittal veya koronal dizilimin düzeltilmesinden ziyade lateral reses veya foramenlerde santral kanal veya foraminal sinir köklerinin dekompresyonudur. MIS teknikleri bu durumlarda çok uygundur ve dekompresyon, sabit veya genişleyebilen bir tübüler ekartör aracılığıyla sağlanır. Endikasyonu varsa spondilolisteziste olduğu gibi füzyon da yapılabilir. Tipik olarak, bu ya bir MIS transforaminal lomber interbody füzyonudur (TLIF) ya da perkütan enstrümantasyonlu lateral lomber interbody füzyonudur (LLIF).

## SINIF II

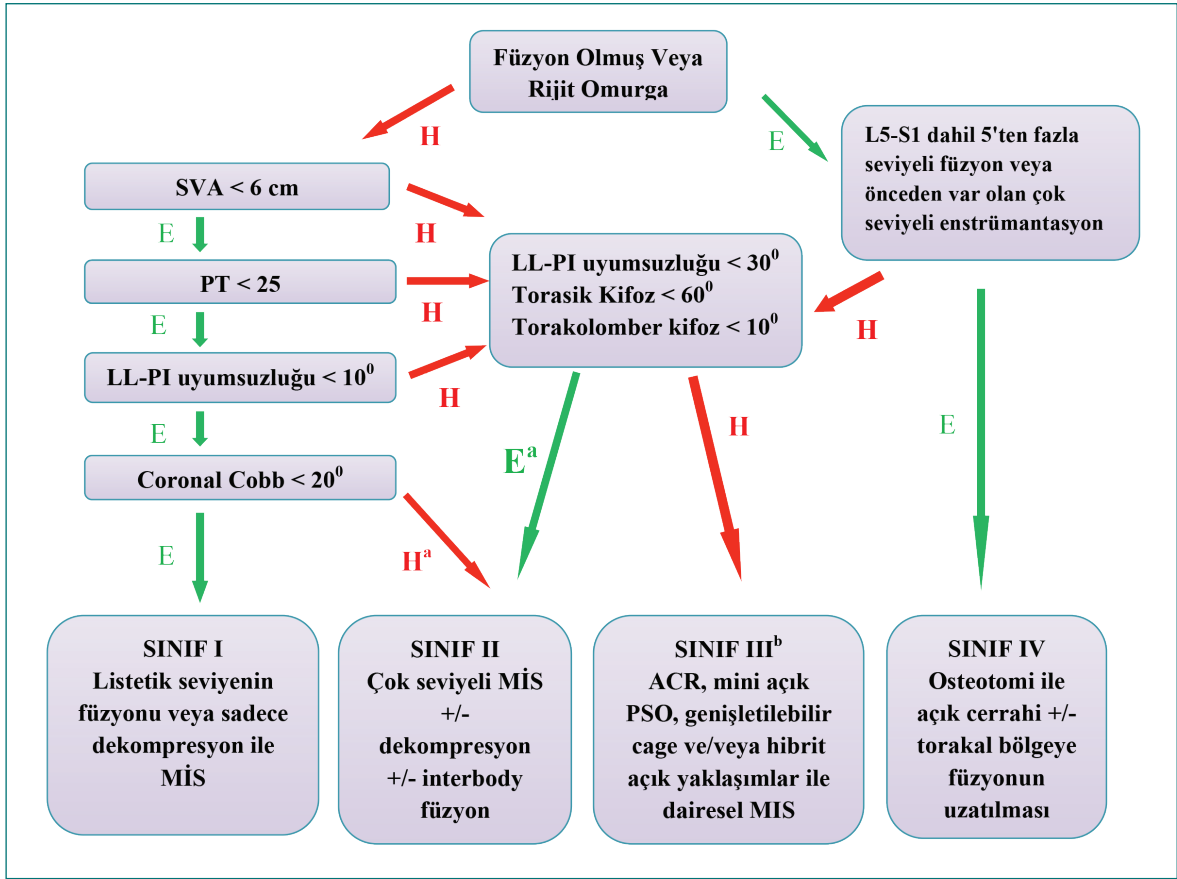
Darlıktan kaynaklanan semptomlara ek olarak, sınıf II deformiteleri olan hastalar sıklıkla deformite ile ilişkili daha belirgin sırt/bel ağrısı ile başvururlar. Bu hastalarda SVA 6 cm'den az, PI-LL 10 - 30 derece arasında, koronal Cobb açısı 20 dereceden büyük ve grade 1 veya 2 spondilolistezis veya lateral listezis vardır. Bu sınıf ayrıca, supin pozisyonda kısmen düzelen esnek skolyozu olan 6 cm'den büyük veya buna eşit SVA'sı olan hastaları da içerir. Sınıf I hastalar için cerrahi yaklaşıma benzer şekilde, dekompresyon MIS ile sabit veya genişleyebilen tübüler ekartörler aracılığıyla çoklu seviyelerde sağlanır. Cerrah, perkütan enstrümantasyon ile birlikte çok seviyeli MIS TLIF veya LLIF kullanabilir. Sınıf I'in aksine, sınıf II deformiteler 1'den fazla seviyede füzyon gerektirir ve skoloz apeksine veya koronal Cobb açısına uzanabilir. Bu, dekompresyona ek olarak deformitenin bir miktar düzeltilmesine izin verir.

## SINIF III

Sınıf III deformiteler sıklıkla belirgin sırt ve/veya bacak ağrısı ile kendini gösterir. Bu hastalar rijit bir skolyoz ve 6 cm'den büyük SVA, 30 dereceden büyük PI-LL, 25 dereceden büyük PT ve 60 dereceden büyük torasik kifoz ile karakterizedir. Bu sınıftaki hastalar MIS için aday değildir. Bu önemli deformitelerin güvenilir bir şekilde düzeltilmesi için çok seviyeli faset osteotomileri veya üç sütunlu osteotomiler ile geleneksel açık cerrahi gerektirir.

## MIS'İN GELECEĞİ

Esas olarak perkütan fiksasyon ile çoklu seviyelerde LLIF veya MIS TLIF içeren MIS teknikleri için en önemli sorun, sınırlı derecede sagittal düzeltmedir. Orijinal MISDEF algoritması, mevcut teknikleri yanıtsızlık için oluşturulmuştur. Erken MIS tekniklerinin önemli spinopelvik dizilim bozukluğu vakalarında yeterli sagittal düzeltme sağlayamayacağı endişesini ele alan MISDEF algoritması, MIS'in makul bir seçenek olduğu hastaları belirlemek için oluşturulmuştur. 2014 yılında MISDEF algoritmasının yayınlanmasından bu yana, ön kolon serbestleştirme ve hiperlordotik kafesler gibi yeni cihazlar dahil olmak üzere MIS teknikleri ve cihazlarında gelişmeler olmuştur. Anterior kolonun yeniden hizalanması, diskektomi ve anterior longitudinal ligamanın serbest bırakılması için lateral trans-psoas yaklaşımını içeren daha yeni bir MIS tekniğidir (6). Lordotik interbody kafesleri, anterior kolonu uzatmak için vertebra gövdelerine yerleştirilir, sabitlenir ve sagittal hizalamayı önemli ölçüde iyileştirmek için bir MIS yaklaşımına izin verir.



**Şekil 2.** Yetişkin omurga deformitesinin düzeltilmesi için revize edilmiş MISDEF algoritması: **ACR**, ön kolon yeniden hizalaması; **H**, hayır (kırmızı ok); **E**, evet (yeşil ok); **PSO**, pedikül subtraction osteotomisi; **a**, 60°'tan büyük eğriler için, çift ana eğriler için sınıf III'ü düşünün. **b**, Deneyimli MIS cerrahları için.

Güncel MIS tekniklerini ve gelişmiş sagittal düzeltme derecesine izin veren implant teknolojisini yanıtsamak için revize edilmiş bir MISDEF algoritması önerilmiştir. Gözden geçirilmiş algoritma, değiştirilmiş bir Delphi tekniği ile tasarlanmıştır ve daha yeni MIS yaklaşımlarını içeren dört tedavi sınıfı önerir. Orijinaline benzer şekilde, revize edilmiş algoritma radyografik parametrelere dayanmaktadır: SVA, PT, LL-PI uyumsuzluğu ve koronal Cobb açısı. Ek olarak, algoritma omurganın rijit olup olmadığını, gerekli füzyonun kapsamını ve önceden var olan çok seviyeli enstrümantasyonu dikkate alır. Bu algoritmanın güvenilirliği şu anda değerlendirilmektedir.

MISDEF algoritmasını kullanarak uygun hasta seçimi, deformite düzeltmede MIS adaylarını belirlemede cerrahlara rehberlik edebilir. Güvenilir ve tekrarlanabilir olduğu gösterilen algoritma SVA, PI-LL uyumsuzluğu, PT ve koronal Cobb açısı gibi temel radyografik parametrelere dayanmaktadır: Bu ölçümler, cerrahları üç tedavi sınıfına yönlendirir. Algoritma yalnızca radyografik deformite ölçümlerine odaklandığından

semptomatoloji ve tıbbi komorbiditeleri içeren klinik özellikler dikkate alınmalıdır. Gelecekteki çalışmalar MISDEF algoritmasını ve bunun postoperatif sonuçlar üzerindeki etkisini doğrulamayı amaçlayacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Anand N, Baron EM, Thaiyananthan G. Minimally invasive multilevel percutaneous correction and fusion for adult lumbar degenerative scoliosis: a technique and feasibility study. *J Spinal Disord Tech* 2008;21(7):459-67.
2. Daffner SD, Vaccaro AR. Adult degenerative lumbar scoliosis. *Am J Orthop* 2003;32(2): 77-82.
3. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine* 2005;30(18): 2024-9.
4. Mac-Thiong JM, Transfeldt EE, Mehdod AA, et al. Can c7 plumbline and gravity line predict health related quality of life in adult scoliosis? *Spine* 2009;34(15):E519-27.

5. Mummaneni PV, Shaffrey CI, Lenke LG, et al. The minimally invasive spinal deformity surgery algorithm: a reproducible rational framework for decision making in minimally invasive spinal deformity surgery. *Neurosurg Focus* 2014;36(5).
6. Saigal R, Mundis GM Jr, Eastlack R, et al. Anterior column realignment (ACR) in adult sagittal deformity correction: technique and review of the literature. *Spine* 2016;41, S66–73.
7. Schwab FJ, Blondel B, Bess S. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis. *Spine* 2013;38(13):E803–12.
8. Schwab F, Dubey A, Pagala M. Adult scoliosis: a health assessment analysis by SF-36. *Spine* 2003;28(6):602–6.
9. Silva FE, Lenke LG. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management. *Neurosurg Focus* 2010;28.
10. Than KD, Park P, Fu KM, et al. Clinical and radiographic parameters associated with best versus worst clinical outcomes in minimally invasive spinal deformity surgery. *J Neurosurg Spine* 2016;25(1): 21–5.
11. Wang MY, Mummaneni PV. Minimally invasive surgery for thoracolumbar spinal deformity: initial clinical experience with clinical and radiographic outcomes. *Neurosurg Focus* 2010;28.





## 50

## SKOLYOZ VE DİNAMİK ENSTRÜMANTASYON

Serdar Onur Aydın, Özkan Ateş

Omurga deformiteleri omurga cerrahisinin zorlu ve problemlili konularından birisidir. Deformitenin tipi, hastanın yaşı, etiyojisi gibi faktörler yapılacak tedaviyi şekillendirir (1). Yeni teknolojik gelişmelerle beraber hareket koruyucu cerrahi teknikleri, cihazları ve uygulama alanları her geçen gün artmaktadır (4). Total disk replasmanları, laminoplasti, interspinöz implantlar ve dinamik posterior stabilizasyon sistemleri başlıca hareket koruyucu cerrahide kullanılan araçlardır (7).

Hareket koruyucu cerrahinin bu araçlarını kısaca özetleyecek olursak total disk replasmanı uygulanması için başlıca endikasyon dejeneratif disk hastalığı ve disk dejenerasyonuna bağlı bel ağrısıdır. Ancak bu yöntem için osteopeni, osteoporoz, faset dejenerasyonu, instabilite, bariz kök basısı, skolyoz, yaş kısıtlamaları gibi çok sayıda kontrendikasyonu vardır ve kullanımı kısıtlıdır (19). Servikal bölgede kullanımı daha sık olup radikülopati ve disk herniasyonu olan hastalara kullanılır. Spinal stenozlu hastalarda dist-raksiyon ve göreceli kifoz yaparak nöral dokulara alan açmayı hedefleyen interspinöz implantlar kullanılmıştır (14). Ancak kontrendike olduğu durumların fazlalığı ve bu implantların kullanılabileceği spinal stenozun derecesi konusunda daha kesin tanımlamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Laminoplasti, özellikle servikal miyelopati/radikülopatili hastalarda füzyon ve laminektomiye kıyasla çeşitli avantajlara ve daha az komplikasyona sahiptir (9). Dinamik posterior stabilizasyon bazı hasta gruplarında geleneksel füzyonun yerini alabilmektedir, rijit sistemlerle kıyaslandığında ağrı ve sagittal balansın sağlanmasında başarılı olduğu gösterilmiştir (16).

### DEJENERATİF OMURGA VE DİNAMİK POSTERİOR ENSTRÜMANTASYON

Omurgada en sık ve yaygın kullanılan yöntem olan füzyon tekniklerine bağlı problemler ve sınırlamalar, hareketi koruyucu stratejilerin gelişmesine neden oldu. Yapay nükleus replasmanı, yapay disk replasmanı ve posterior dinamik stabilizasyon teknikleri dejeneratif omurga deformitesi tedavisinde kullanılmaktadır (10, 13, 17).

Posterior dinamik enstrümantasyon (PDE) teknikleri rijit olan füzyon tekniklerinden farklı olarak hareketli sistemler olup omurgaya binen yükü omurga ve rod sistemi arasında pay eder, komşu segmentlerde yük artışına engel olur (6). Enstrümante edilen kısmın doğal hareket yeteneğini kısmen kısıtlar ve vücudun yeni sisteme adaptasyonu için olanak sağlar.

Dynesis sistemleri sagittal ve koronal deformitesi olmayan dejeneratif omurgaya uygulanmış ve başarılı sonuçlara sahip bir PDE yöntemidir (12). Dynesis haricinde semirijit rod sistemleri (Isobar TTL), Cosmic posterior dinamik sistemleri (Ulrich Medical), Accuflex rod sistemi (Globus Medical), Total faset artroplasti sistemleri (Archus) gibi birçok sistem kullanılmış denemiş ancak çok yaygınlaşmamıştır (22).

Deformite görülen bölgelerde dinamik sistemlerle beraber belirgin instabilite varlığında hibrid rod sistemleri kullanılarak instabilite olan bölgeye füzyon sağlanırken instabilite olmayan bölgelerde hareketin korunması sağlanabilir.

### ADÖLESAN İDİOPATİK SKOLYOZ VE ERKEN ORTAYA ÇIKAN SKOLYOZDA HAREKET KORUYUCU ENSTRÜMAN SİSTEMLERİ

#### Adölesan İdiyopatik Skolyoz

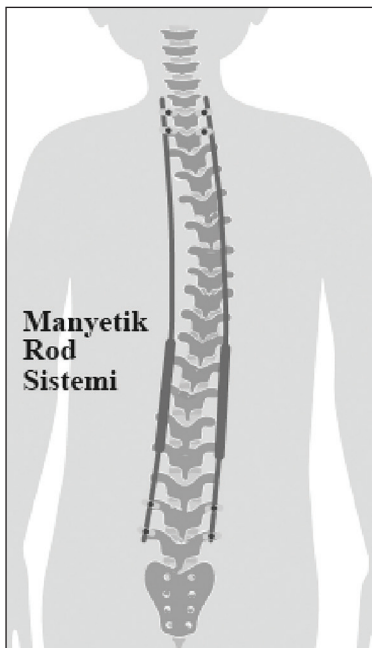
Adölesan idiyopatik skolyoz (AİS) omurganın lateral eğriliğinde 10 derece veya daha fazla açılma artışı olarak tanımlanır (18). En sık görülen skolyoz tipi olup altta yatan konjenital veya nöromusküler bir hastalık olmaması gerekmektedir. Kadın ve erkeklerde eşit oranda görülmesine rağmen kadınlarda açılma progresyonu erkeklere göre daha fazladır (8). Çoğu asemptomatik olsa da solunumsal, fiziksel rahatsızlıklar ve kozmetik görünüm bozukluğuna bağlı sosyal ve psikolojik sorunlar da AİS hastalarında görülebilir (8). AİS hastalarının tedavisinde şikâyet, muayene, skolyoz grafisi ve Cobb açısı yön göstericidir. Cobb açısının torakal bölgede >35 derece olduğu ve lomber bölgede >40° olduğu durumlarda cerrahi

düşünülmelidir (11). Füzyon dahil olmak üzere posterior dinamik deformite düzeltilmesi ve vertebral body tethering gibi daha yeni yöntemler AIS tedavisinde uygulanmaktadır.

### Erken Ortaya Çıkan Skolyoz

10 yaşından önce görülen spinal deformitelere erken ortaya çıkan skolyoz (EOS) denilmektedir (4). Birçok etiyolojiye bağlı oluşabilir. Yaş, etiyojik faktör, eğilme açısı, kifoz ve ek progresyon belirtisine göre sınıflandırma yapılmaktadır. Spinal füzyon torakal büyümeyi sınırlandırdığı ve uzun vadede akciğer gelişimine etkileri sebebiyle çok önerilmemekte olup büyümeye yardımcı tedaviler daha çok tercih edilmektedir (4).

Büyümeye yardımcı tedaviler genel olarak 3 grupta toplanabilir. Distraksiyon temelli sistemler, deforme olan bölgeye alttan ve üstten distraksiyon sağlayarak düzeltmeye çalışır. Kompresyon temelli sistemler konveks olan yüze uygulanan kompresyon etkisiyle konveks tarafta izole büyümeyi kısıtlayan modellerdir. Yönlendirilmiş büyüme sistemleri ise birden fazla omurun kanca sistemiyle rodla sabitleyerek translasyonel mekanik kuvvetlerle cerrahi sırasında düzeltme sağlayıp daha sonra kancaların, büyüme hareketiyle rodların üzerinden kaymasını sağlayan bir modeldir. Bu tedavilerin hepsinde amaç akciğer gelişimini korumak, patolojik eğilme progresyonunu durdurmak ve bu müdahale sırasında mobilizasyonu azaltmadan ve intervertebral disk bütünlüğünü korumaktır.



Şekil 1. Manyetik rod görünümü şematize edilmiştir.

### MANYETİK KONTROLLÜ RODLAR

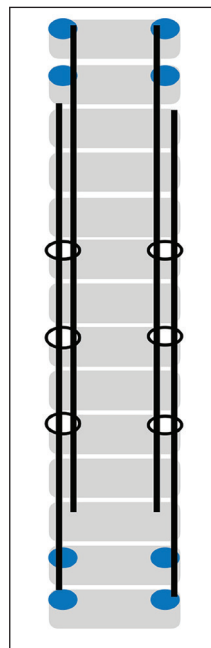
Manyetik kontrollü rodlar distraksiyon temelli sistemler olup ameliyatsız uzatma özelliği sayesinde öne çıkmaktadır (Şekil 1). Herhangi bir anestezi ve sedasyona maruz kalmadan manyetik ayarlamalarla rodların boyu ayarlanarak ihtiyaca yönelik düzeltmeler yapılabilmektedir (2).

### MODERN LOQUE TROLLEY YÖNTEMİ

Modern Loque trolley yöntemi (MLT) spinal deformiteyi düzeltici ve büyümeye izin veren ve uzatma işlemi gerektirmeyen bir yöntemdir (15). Bu sistem yukarıdan ve aşağıdan pedikül vidalarına sabitlenmiş 2 rod sisteminin aradaki vertebralara konulan pedikül vidalarının özel üretilmiş polietilen bağlarla bu rodla bağlanması ve büyüme sırasında bu rodla üzerinden kaymasıyla sağlanır (Şekil 2). Posterior füzyondan kaçınmak için orta hat diseksiyonundan kaçınmak gerekir.

### VERTEBRAL BODY TETHERİNG

1958'de Paul Harrington American Academy of Orthopedic Surgeons in Chicago toplantısında skolyoz tedavisinde füzyonsuz yeni bir yöntem sunmuş ve tepkilere maruz kalmıştır. Uzun süre devam eden eleştirilere rağmen son zamanlarda dünya çapında skolyoz tedavisinin altın standardı hareket koruyucu tedaviler olarak kabul edilmeye başlanmıştır.



Şekil 2. Üst ve alt segmentlere konulan vidaların iki ayrı rod ile birbirine bağlanması gösterilmektedir. Rodlar birbirine hareket edebilecek şekilde bağlanarak bu sayede büyüme ile rodla kayarak büyümeye izin verir.

Dinamik skolyoz tedavisinde vertebral body tethering (VBT) olarak bilinen ve füzyonsuz, tıpkı dizin epifizodezi gibi skolyoz eğrisinin konveks arkının 'growth-modulating instrumentation' yani büyümeyi düzenleyen enstrüman işlemidir (4). Hueter-Volkman prensibine göre çalışmaktadır. VBT'ye sık sık benzetilen Dwyer yöntemi, skolyozun konveks arkına uygulanan bir işlem olmasıyla benzese de Dwyer yönteminde titanyum kablo kullanılması ve intervertebral disk rezeksiyonlarının da olması sebebiyle majör farklılıklar bulunmaktadır.

VBT terimi zaman içerisinde daha az kullanılır olmaya başlamış özellikle Amerika'da 'Anterior vertebral body growth modulation', daha sade haliyle 'Anterior scoliosis correction' diye anılmaya başlamıştır. Ancak bu teriminde ventral spondilodez gibi işlemlerle kafa karışıklığı yapması nedeniyle son zamanlarda 'Dynamic scoliosis correction' (DSC) kullanımı özellikle de bu cerrahi de en çok yayın çıkaran ülkelerden biri olan Almanya'da yaygınlık kazanmıştır (4).

### VBT/DSC CERRAHİSİ

VBT ameliyatlarında cerrahi işlem omurganın konveks tarafından uygulanır. Bu yüzden double curve olan vakalarda bilateral torakotomi işlemi ile girişim gerekebilir. Vidalar segmental ve bikortikal olarak genellikle küçük insizyonlar veya torakoskopik yöntemle gönderilir. İntervertebral disk rezeksiyonu yapılmaz. Polietilenden yapılan bir kord ile vida başları bağlanır ve segmental kompresyona maruz bırakılarak düzeltme sağlanır. Aşırı düzeltmeden kaçınarak komprese edilen alandaki büyüme payına dikkat edilmelidir. Ameliyat sonrasında yara iyileşmesini takiben spinal yüklenme ve hareket etmeye izin verilir.

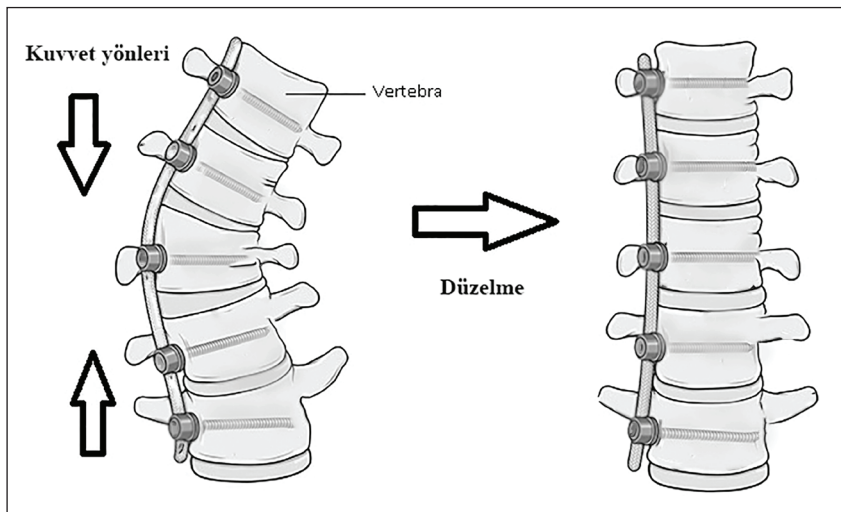
Konveks yüzeyden yapılan bu cerrahide genelde kullanılan torakoskopik yöntem için lateral dekübit pozisyonda, çift lümenli tüp entübasyonu ile tek akciğer havalanması sağlanarak cerrahi alanın görüşü rahatlatılır. Operasyon sonrası göğüs tüpü ile takip yapılır. Daha çok yapılan çalışmalar ortalama 12 yaş civarındaki AIS hastalarına yönelik uygulanmaktadır.

11 hastadan oluşan 2 yıllık takipli Samdani ve ark.nın yaptığı çalışmada ortalama 44 derecelik torakal Cobb açısı ameliyat sonrası 20 dereceye ilerleyen zamanda ise 10 dereceye gerilemiştir (20). Lomber açılanması ortalama 25 derece iken operasyon sonrası ortalama 5 dereceye kadar gerilemiştir.

Boudissa ve ark.nın yaptığı çalışmada ise ortalama 45 derece olan Cobb açısı 38'e, lomber açılanma ise 33'ten 23 dereceye 2 yılda düzelme sağlanmıştır (5). Yine Alanay ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada 29 kadın 2 erkek olmak üzere 31 hastada ortalama 27 aylık takiple hastalar değerlendirilmiş, boy uzama ve skolyozun düzeltilmesinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir (3).

2011 yılından bu yana sayısı her geçen gün artan birçok çalışma yayınlanmıştır. Henüz çalışma sonuçlarının yakın dönem sonuçları olmasına rağmen oldukça popüler hale gelmektedir. Çoğu çalışmada dahil edilen hastalar Lenke 1 grup hastalarını ve çoğunlukla üst lomber bölgede sonlanan enstrümantasyon özellikleri göstermektedir. Kaudal bölgeye uzanan çalışma sayısı oldukça azdır.

Genel olarak yapılan çalışmalara bakıldığında eğriliğin varlığı açısı ve omurganın esnekliği hesaplanıp, kemik büyüme durumuna, santral sakral vertikal hat ve sagittal duruma bakılarak cerrahi algoritmalar oluşturulmaktadır. Özellikle 40-60 derece açılanması



**Şekil 3.** VBT konveks tarafa uygulanan germe etkisiyle omurgada amaçlanan düzeltme gösterilmiştir.



**Şekil 4.** Apifix dinamik posterior deformite düzeltimi cihazının omurgadaki örnek görünümü gösterilmiştir. Omurganın lateral eğilme hareketiyle rod bir tarafa hareketi sağlarken diğer tarafa hareketi engellemektedir.

olan ve lateral eğilme grafilerinde 50 dereceden fazla esnekliğe sahip hastaların daha çok fayda gördüğü izlenmektedir (21).

### POSTERİOR DİNAMİK DEFORMİTE DÜZELTİMİ

Bu yöntem için geliştirilmiş hareketli ve özel cihazlar kullanılmaktadır (ApiFix Ltd, Misgav, Israel). Özel tasarımları sayesinde füzyonsuz posterior spinal enstrümantasyon amaçlı kullanılmakta olup henüz yaygın kullanımları mevcut değildir (Şekil 4). Konkav yüzeye yerleştirilen bu özel vida ve rod sistemi cerrahi sonrası hastanın egzersizleri ile uzayıp kısılma özelliği ile dinamik bir yapıya sahiptir (23). Konkav kısma doğru eğilme hareketine izin verirken düzelmesi gereken kısma harekete izin vermez. Poliaksiyal vidaların 30 dereceye kadar fleksiyon ekstansiyon ve rotasyon hareketlerini tolere eden bir yapısı bulunmaktadır. Ameliyat sonrası 3 ay Schroth skoloz egzersizleri yaptırılarak cerrahi sırasında yapılan düzeltmeye ek düzeltme sağlanmaya çalışılır.

### SONUÇ

Omurga hareketini koruyucu cerrahiler devam eden bir araştırma alanıdır. Endikasyonlar ve kontrendikasyonlar bu nedenle değişmektedir. Bu nedenle özellikle EOS hastaları olmak üzere AOS hastalarında da spinal füzyon sık tercih edilen bir cerrahi teknik olarak yerini korumaktadır. Büyümeyi sınırlaması, akciğer gelişimini etkilemesi gibi etkileri nedeniyle büyümeye yardımcı olan spinal uygulamalar tercih edilmektedir. Tüm skolyoz tipleri, takip, rehabilitasyon ve cerrahi süreçleri göze alındığında hastaya özgü özen, dikkat ve tedavi gerektirmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Ailon T, Sure DR, Smith JS, et al: Surgical considerations for major deformity correction spine surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 30:3-11, 2016
2. Akbarnia BA, Mundis GM: Magnetically controlled growing rods in early onset scoliosis : Indications, timing and treatment. *Orthopade* 48:477-485, 2019
3. Alanay A, Yucekul A, Abul K, et al: Thoracoscopic Vertebral Body Tethering for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Follow-up Curve Behavior According to Sanders Skeletal Maturity Staging. *Spine (Phila Pa 1976)* 45:E1483-e1492, 2020
4. Alkhalife YI, Padhye KP, El-Hawary R: New Technologies in Pediatric Spine Surgery. *Orthop Clin North Am* 50:57-76, 2019
5. Boudissa M, Eid A, Bourgeois E, et al: Early outcomes of spinal growth tethering for idiopathic scoliosis with a novel device: a prospective study with 2 years of follow-up. *Childs Nerv Syst* 33:813-818, 2017
6. Bozkuş H, Şenoğlu M, Baek S, et al: Dynamic lumbar pedicle screw-rod stabilization: in vitro biomechanical comparison with standard rigid pedicle screw-rod stabilization: Laboratory investigation. *Journal of Neurosurgery: Spine* SPI 12:183-189, 2010
7. Campos MA, Weinstein SL: Pediatric scoliosis and kyphosis. *Neurosurg Clin N Am* 18:515-529, 2007
8. Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, et al: Adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Rev Dis Primers* 1:15030, 2015
9. Cho SK, Kim JS, Overley SC, et al: Cervical Laminoplasty: Indications, Surgical Considerations, and Clinical Outcomes. *J Am Acad Orthop Surg* 26:e142-e152, 2018
10. Cinotti G, David T, Postacchini F: Results of disc prosthesis after a minimum follow-up period of 2 years. *Spine (Phila Pa 1976)* 21:995-1000, 1996



11. DePaola K, Cuddihy LA: Pediatric Spine Disorders. *Pediatr Clin North Am* 67:185-204, 2020
12. Di Silvestre M, Lolli F, Greggi T, et al: Adult's Degenerative Scoliosis: Midterm Results of Dynamic Stabilization without Fusion in Elderly Patients-Is It Effective? *Adv Orthop* 2013:365059, 2013
13. Klara PM, Ray CD: Artificial nucleus replacement: clinical experience. *Spine (Phila Pa 1976)* 27:1374-1377, 2002
14. Lopez AJ, Scheer JK, Dahdaleh NS, et al: Lumbar Spinous Process Fixation and Fusion: A Systematic Review and Critical Analysis of an Emerging Spinal Technology. *Clin Spine Surg* 30:E1279-e1288, 2017
15. Odent T, Ilharborde B, Miladi L, et al: Fusionless surgery in early-onset scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res* 101:S281-288, 2015
16. Ozer AF, Crawford NR, Sasani M, et al: Dynamic lumbar pedicle screw-rod stabilization: two-year follow-up and comparison with fusion. *Open Orthop J* 4:137-141, 2010
17. Park HK, Kim SH: Surgical Results after Soft Graf Stabilization in Lumbar Degenerative Disc Disease. *Spinal Surgery* 15:175-182, 2001
18. Richards BS, Sanders JO: Developing outcome measures for pediatric deformity surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 32:S73-80, 2007
19. Salzmann SN, Plais N, Shue J, et al: Lumbar disc replacement surgery-successes and obstacles to widespread adoption. *Curr Rev Musculoskelet Med* 10:153-159, 2017
20. Samdani AF, Ames RJ, Kimball JS, et al: Anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis: two-year results. *Spine (Phila Pa 1976)* 39:1688-1693, 2014
21. Trobisch PD, Kobbe P, Baroncini A: Dynamic Scoliosis Correction as Alternative Treatment for Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis: a Non-Fusion Surgical Technique. *Z Orthop Unfall* 158:641-646, 2020
22. Yoshihara H: Rods in spinal surgery: a review of the literature. *Spine J* 13:1350-1358, 2013
23. Zhang YB, Zhang JG: Treatment of early-onset scoliosis: techniques, indications, and complications. *Chin Med J (Engl)* 133:351-357, 2020



## 51

## TORAKOLOMBER OMURGADA PERKÜTAN STABİLİZASYON

Mehmet Yiğit Akgün, Çağlar Türk, Tunç Öktenoğlu

Omurga cerrahisinde minimal invaziv yöntemler son 20 yılda istikrarlı bir şekilde gelişmektedir. Minimal girişimsel (invaziv) cerrahinin konvansiyonel cerrahi ile aynı sonuçları sağlamasının yanında, daha az morbidite oranları sunması da popüleritesinin giderek artmasına neden olmaktadır. Torakolomber omurganın perkütan fiksasyonu başlangıçta, cerrahi tedavi gerektiren dejeneratif omurga hastalıklarının fonksiyonel sonuçlarını iyileştirmek için geliştirilmiştir (4). Daha sonra travma ve tümör ilişkili patolojiler için de kullanılmıştır.

Geleneksel açık cerrahi ile stabilizasyon yapılması, aşırı kas diseksiyonu, fazla kan kaybı, uzun hastanede kalış süreleri ve önemli maliyetlerle ilişkilidir (2,5,6,13,31). Minimal girişimsel teknikler, küçük insizyonlar ve küçük kas diseksiyonu yaklaşımları kullanır ve geleneksel açık tekniklere göre daha az kan kaybı, daha az yumuşak doku travması ve daha az postoperatif ağrı ile ilişkilidir (3).

2001 yılında Foley ve ark. dejeneratif disk hastalıkları için uygulanan ilk perkütan fiksasyon vakasını tanımlamış ve perkütan olarak implante edilen poliaksiyel pediküler vidalara otomatik olarak yerleştirilen kavisli rod sistemini kullanmışlardır (4). Bununla birlikte, önceden kavisli lordotik rodler, perkütan fiksasyonun sadece lomber bölgeye uygulanmasına olanak sağlamıştır. Enstrümantasyon yapılan seviye sayısı sınırlanması olmaksızın, serbest şekilde kavisli rodleri istenen şekle getirerek, lomber ve torasik fiksasyonu gerçekleştirebilen enstrümantasyon sistemi hemen ardından geliştirilmiştir. Bu yeni enstrümantasyonla monoaksiyel vidalar kullanılabilir ve bu da daha etkili redüksiyon manevralarına (distraksiyon, kompresyon) olanak tanır.

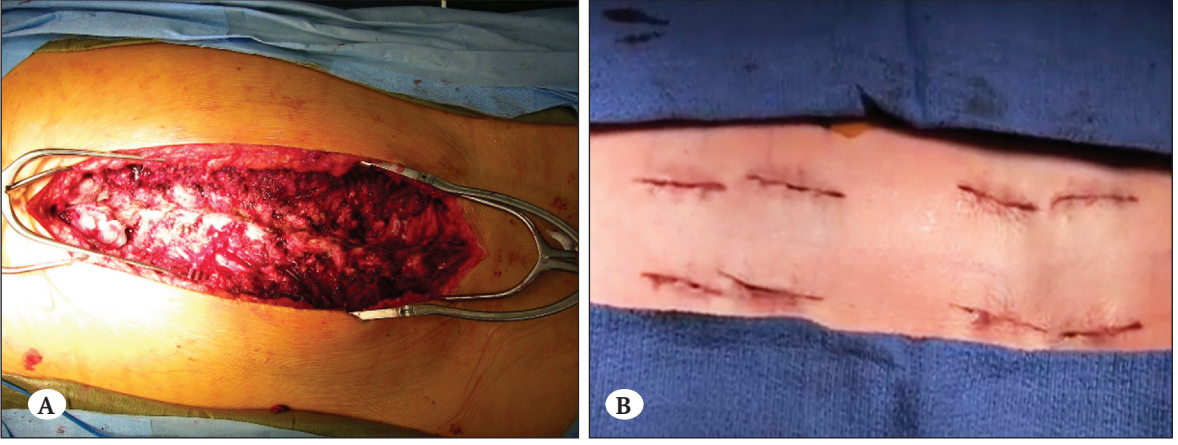
Perkütan fiksasyonla ilgili sorun, özellikle fiksasyon başarısızlığı riski olan anterior omurga kolon hasarı durumlarında füzyon yapılmadığında yetersiz kalması ve transvers bağlantıların kullanılmamasıdır. Bu risk, anterior yaklaşım ile yapılan korpektomi ve kemik grefti prosedürleri gerçekleştirilerek çözümlenmeye çalışıldı. Kifoplasti gibi intravertebral augmentasyon (güçlendirme) sistemlerinin geliştiril-

mesiyle, seçilmiş vakalarda ek bir anterior prosedür olmaksızın perkütan olarak anterior omurga rekons-trükte edilebilmektedir. Son olarak, perkütan fiksasyon ile kombinasyon hâlinde kullanılabilen yeni minimal girişimsel yaklaşımların geliştirilmesi, sinir dekompresyonu ve intersomatik füzyonun gerçekleştirilmesine de olanak tanımaktadır.

### OMURGA İÇİN PERKÜTAN FİKSASYONUN AVANTAJLARI

Açık posterior yaklaşımla, kasların diseke edilmesi ve sürekli, agresif şekilde retraksiyon ihtiyacı, kas denervasyonu ve devaskularizasyon ile ilişkilendirilerek kas atrofisine yol açar (8). Tüm bu olaylar intraoperatif kanamaya ve enfeksiyon riskini artıran kan transfüzyonu ihtiyacına yol açabilir (8). Bu olaylar aynı zamanda, fonksiyonel iyileşmeyi geciktiren ve kronik ağrıya neden olabilen postoperatif ağrı ve kas gücü kaybının nedenlerinden biridir (23). Kronik bel ağrısının patofizyolojisinde multifidus kas disfonksiyonu gösterilmiştir (8,23). Perkütan cerrahi, paravertebral kasları koruyarak kanamayı sınırlar, enfeksiyon oranlarını ve postoperatif ağrıyı azaltır, bu da hastanede kalış süresini kısaltır, rehabilitasyonu daha kolay ve hızlı hâle getirir ve uzun vadede komşu seviyelerin destabilizasyonunu sınırlar. Phan ve ark. yaptıkları bir meta analizde açık cerrahi ile tedavi edilen torakolomber kırıklarda postop enfeksiyon oranını % 3,4 perkütan stabilizasyonda ise %0,3 bulmuşlardır (22)

Bir kadavra çalışmasında, Regev ve ark. vidalar perkütan olarak implante edildiğinde vakaların %20'sinde, klasik açık yöntemle implante edildiğinde ise %80'inde multifidus kasının motor sinirin yaralandığını bulmuşlardır (25). Dejeneratif hastalıkların klinik bir çalışmada, Kim ve ark. açık prosedürle ameliyat edilen hastaların daha fazla postoperatif ağrı kesici aldığını, birinci ve yedinci günde kas enzim düzeylerinin daha yüksek olduğunu ve MRG'de belirgin olarak daha fazla kas atrofisinin görüldüğünü saptamışlardır. Ayrıca perkütan fiksasyon uygulanan grupta postoperatif kas kuvvetinin daha iyi korunduğu bildirdiler (7) (Şekil 1).



**Şekil 1.** Klasik açık yöntem (A) ile perkütan yöntemin (B) insizyonları.

Schmidt ve ark. torasik omurga için 76 olguluk perkütan uzun segment fiksasyon serisini sunmuşlar ve sadece üç olguda kan transfüzyonuna ihtiyaç duyulduğunu; bunların hepsinin ek bir anterior prosedürün de uygulanması gereken vakalar olduğunu bildirmişlerdir (27). Bir diğer çalışmada, perkütan veya açık fiksasyonla tedavi edilen on yaralı hastadan oluşan iki grup karşılaştırılmış ve ortalama kan kaybı, perkütan grupta açık gruba göre 50 mL daha az saptanmıştır (16).

Kısa segment fiksasyon yapılan olgularda ameliyat süreleri karşılaştırılmış ve perkütan fiksasyon için ameliyat süresinin (73 ila 85 dakika) açık fiksasyondan (78 ila 102 dakika) biraz daha az olduğu bildirilmiştir (16). Bir başka çalışmada ise ortalama perkütan stabilizasyon süresi, 47 dakika olarak bildirilmiştir. Bu hastaların %56'sında toplam ameliyat süresi 22 ile 36 dakika arasında bulunmuştur (27).

Merom ve ark., perkütan fiksasyon ile tedavi edilen hastaların ameliyattan bir veya iki gün sonra; açık fiksasyonla tedavi edilenlerin ise üç veya dört gün sonra rahat mobilize olduğunu bildirmişlerdir (16). Ayrıca, travma sonrası opere edilen hastalarda perkütan cerrahiden sonra hastanede kalış süresinin açık cerrahi ile tedavi edilenlere oranla daha kısa olduğu bildirilmiştir (27).

## FLOROSKOPİ KONTROLÜ ALTINDA PERKÜTAN YERLEŞTİRİLEN PEDİKÜL VIDALARININ POZİSYONLARI

Wiesner ve ark. perkütan implante edilen 408 vidadan oluşan bir seride, %6,6'sında pedikül duvarı ihlalleri olduğunu ve iki vakanın nörolojik problemler nedeniyle açık revizyon prosedürüne ihtiyaç duyduğunu bildirmişlerdir (34). Bu malpoze olan vidaların birçoğunun sakrumda meydana geldiğini gözlemlemiş-

lerdir. Ringel ve ark. 488 vida içeren olgu serisinde, toplamda %13 malpoze vida olduğunu fakat %3'nün revizyon ihtiyacı olduğunu bildirmişlerdir (26). Korovessis ve ark. fraktür fiksasyonu için perkütan olarak implante edilen 180 vidadan üçünün mediale gönderildiğini, ancak bunların klinik sonuçları olmadığını ve öğrenme sürecinin erken döneminde meydana geldiğini bildirmişlerdir (9). Özetle, bu çalışmalar, uygun teknik kullanıldığında floroskopi kılavuzluğunda perkütan pedikül vidası gönderilen olgularda, açık operasyonlara kıyasla, daha az pedikül duvarı ihaline yol açtığını göstermektedir.

Tromme ve ark (29) perkütan torakolomber vida yerleştirme sırasında oluşan faset eklem hasarını yayınladılar. İnceledikleri 1000 perkütan pedikül vida yerleştirilmesinde açık cerrahiden çok farklı olmayarak; orta derece faset hasarını %15, ciddi faset hasarını %0,6 olarak bildirdiler.

## PERKÜTAN FİKSASYONUN LİMİTASYONLARI

### X-ışını Maruziyeti

Uygun perkütan vida yerleştirme, hassas bir teknik ve yüksek kaliteli floroskopi gerektirir. Ancak cerrah, ameliyathane ekibi ve hasta, iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmaktadır. Vida yerleştirme, X-ışınlarına yaklaşık 9,3 saniye maruz kalmayı gerektirir (24). Bir kadavra çalışmasında, Rampersaud ve ark. (24) floroskopi kontrolü altında perkütan pedikül vidalarının implantasyonu sırasında X-ışınına maruz kalma seviyelerini belirlemişlerdir:

- Cerrahin elleri, femoral çivileme sırasında olduğundan on ila 12 kat daha yüksek olan 58.2 mrem/dk'lık bir doza maruz kalmakta; radyo koruyucu eldiven giymek ise, dozu 39.3 mrem/dk'ya düşürmektedir;



- tiroid 8.3 mrem/dk doza maruz kalmakta;
- cerrah radyasyon kaynağıyla aynı taraftaysa göğüs 58.3 mrem/dk doza, diğer taraftaysa sadece 2.2 mrem/dk daha az olacak şekilde doza maruz kalmıştır.

Wild ve ark. açık fiksasyon sırasında 3,7 dakika maruziyete karşılık perkütan fiksasyon sırasında 5,7 dakikalık bir X-ışını maruziyet süresi saptamışlardır (35). Schmidt ve ark. iki rod ve dört vida ile perkütan enstrümantasyon için  $5,99 \pm 3,5$  dakikalık bir X-ışını maruz kalma süresi bildirmiştir (27). Genel olarak, bu veriler perkütan fiksasyon sırasında cerrahi ekip ve hasta için artan ışın maruziyet süresini göstermektedir. Bu, kariyeri boyunca aşırı radyasyona maruz kalacak cerrah için bir sorundur. Bu problemi aşmak için yeni teknolojik gelişmelere ihtiyaç vardır. Günümüzde en önemli gelişme navigasyon sistemlerinin geliştirilmesinde olmaktadır.

### Navigasyon Sistemleri ve Perkütan Cerrahi

Navigasyon sistemleri hem vida malpozisyon oranlarını iyileştirirken hem de X ışınlarına maruz kalmayı azaltmayı amaçlamaktadır. Bir kadavra çalışmasında Foley ve ark. bilgisayar destekli floroskopik navigasyon kullanırken cerrahın ellerinde radyasyon maruziyeti olmadan %94,7 oranında doğru vida konumlama elde etmişlerdir (10). Tersine, floroskopi kullanıldığı zamana kıyasla (vida başına 65 saniye ışınlama) (28), eğer perkütan vida BT destekli navigasyon ile implante edilirse bu kez hasta daha fazla radyasyona maruz kalmaktadır. Geliştirilmekte olan diğer teknikler arasında bir elektromanyetik navigasyon sistemi (33) ve robotik destekli navigasyon (20) bulunmaktadır.

### Nörolojik Dekompresyon

Nörolojik defisit oluşturan nöral doku basısı ile komplike olan patolojiler, dekompresyon yapılamadığından, prensipte perkütan fiksasyon için bir kontrendikasyondur. Bununla birlikte, gerekli dekompresyonu gerçekleştirmek için perkütan fiksasyon sınırlı bir posterior orta hat yaklaşımı ile birleştirilebilir. Bu durumda önce klasik orta hat yaklaşımı ile dekompresyon ve gerekiyorsa füzyon işlemi yapılır. Sonrasında perkütan fiksasyon yapılır, böylelikle fiksasyon için aşırı kas diseksiyonundan kaçınılmış olur. Bununla birlikte, bu tip dekompresyon için endikasyonlar sınırlıdır.

### Füzyon

Omurga fraktürlerinin cerrahi tedavisi sırasında kemik grefti kullanım gerekliliği oldukça tartışmalı bir konu olmakla birlikte fikir birliği de sağlanamıştır (30,36). Uzun süredir kompresyon kırıkları

greftleme yapılmadan immobilizasyon ile tedavi edilmektedir. Kemik füzyonun her zaman sağlandığı, bu nedenle bir endişe kaynağı olmaması gerektiği bildirilmiştir. Gerçek sorun, çoğunlukla diskte ve aynı zamanda omurga gövdesinde, yüklenmeye karşı yetersiz direnç gelişmesi nedeniyle zaman içerisinde oluşan korreksiyon kaybında yatmaktadır. Greftsiz açık fiksasyondan sonra Yang ve ark. tüm vakalarında enstrümantasyonları dokuz ila 12 ay arasında çıkarmışlardır (36). Uzun vadede, yedi lokal kifoz kaybı gözlemlenildi (dördü diskte ve üçü vertebra gövdesinde), ancak ortalama 40 aylık takipten sonra klinik sonuçların daha kötü olmadığını saptadılar. İnstabilitenin tamamen kemikle ilgili olduğu kırıklarda (AO Sınıflama, Tip B2 fleksiyon distraksiyon kırığı), kemikte kaynama sağlandıktan sonra instabilite artık ortadan kalkacağından, başlangıçta saptanan kemik instabilitesi geçicidir. Bu tür kırıklarda kemik grefti gerekmemektedir. Bu nedenle, minimal deplase Tip A1 ve A2 kırıkları, Tip A3 (ancak A3.3 değil) kırıkları ve Tip B2 kırıklarını tedavi etmek için greft olmadan, perkütan fiksasyonun kullanılabileceği görülmektedir. Diğer kırık tipleri için, anterior yaklaşımla veya kombinasyon teknikleri kullanılarak ve kemik grefti eklenerek füzyon gerçekleştirilmeye çalışılmalıdır.

### CERRAHİ PROSEDÜR

Ameliyat masasının uzun eksenini ameliyathane duvarlarına paralel ve odanın ortasına hafifçe kaydırılmış olarak yerleştirmek, hızlı referans için görsel ipuçları sağlar ve floroskopi ve monitör için ekstra alan sağlar. C-kolu, cerrahın kontralateralinde ve prone hastaya dik olarak yerleştirilmiştir, monitör yatağın başında veya ayağında kolayca görülebilecek pozisyonadadır (Şekil 2).

Floroskopi, patolojik segmenti ve enstrümanete edilecek segmentleri belirlemek ve doğrulamak, indirekt redüksiyonu değerlendirmek ve optimal vertebra



Şekil 2. Hasta pozisyonu ve operasyon hazırlığı.

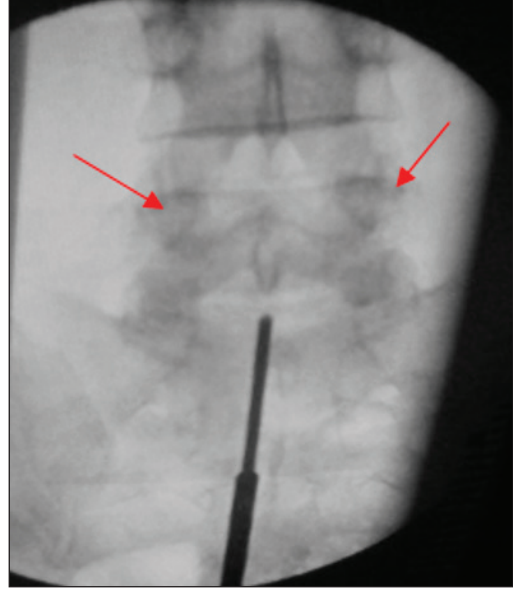
gövdesi projeksiyonu için açılal eğimi belirlemek için kullanılır. Her bir pedikülün lateral sınırlarına gelecek şekilde her seviyede 1,5 ila 2 cm'lik bilateral cilt insizyonları işaretlenir. Yumuşak dokuların derinliği arttıkça, pedikülün uzun eksenine üçgen bir hat belirlemek amacıyla, insizyonun başlangıç noktası laterale doğru kaydırılmalıdır.

Orta hattın her iki tarafında yaklaşık 3 cm. lateralden bilateral vertikal cilt insizyonları yapılır ve küt diseksiyonla fasiaya kadar ilerlenir. Fasiyal kesi vida başından biraz daha büyük olmalıdır (işaret parmağının deriyi ve fasyayı kolayca geçmesine izin verecek kadar). Yetersiz fasiyal açılışlar, gönderme sırasında vida başlarını yakalayabilir ve kas ekartörleri kemiğe oturamadığından sıçrama hissine neden olabilir.

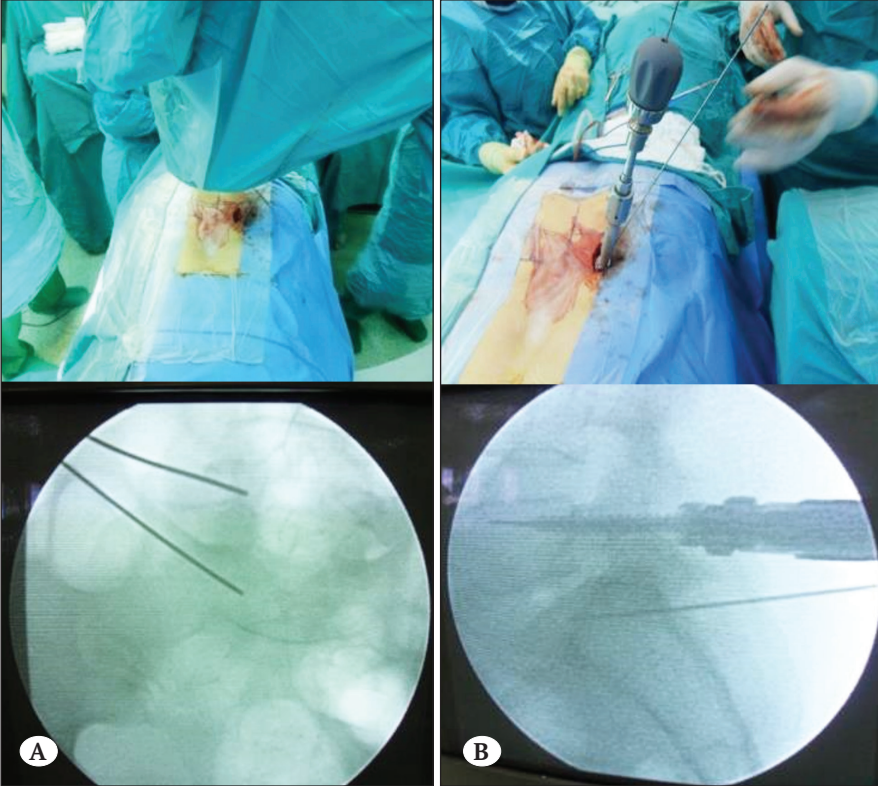
Jamshid iğnesi cilt insizyonundan geçirilerek pediküle yerleştirilir. Pediküle giriş noktaları için AP grafide solda saat 10, sağ tarafta ise saat 2 noktaları hedeflenmelidir (Şekil 3).

Floroskopik AP görüntüleme ile iğnenin yeri konfirme edilir ve trokar pedikülün lateral marjini ortalayacak şekilde kemiğe yerleştirilir. Derinleşildikçe iğnenin yeri floroskopi ile kontrol edilir. Hedeflenen yere ulaşıldıktan sonra iğne üzerinden K-wire geçirilir. Bu işlem tüm enstrümanla edilecek vertebraya ayrı ayrı uygulanır. Ardından K-wire içeren vertebralara C-kollu floroskopi ile AP ve lateral görüntülenir (Şekil 4),

K-wire üzerinden dilatatör yardımıyla dilate edilir ve transpediküler vidanın ilerletileceği yol tapping ile açılır. Son olarak, transpediküler vida K-wire üzerinden yerleştirilir. Vida boyutları preoperatif dönemde cerrah tarafından belirlenmelidir.



**Şekil 3.** AP floroskopi görüntüsünde pediküller saptanır. Pediküle giriş noktaları sol pedikülde saat 10 hizası, sağ pedikülde saat 2 hizası olmalıdır.



**Şekil 4.** AP (A) ve lateral (B) skopi kontrolü.

Rodlar ya hafifçe büyütülen mevcut insizyondan ya da sefal veya kaudal uçtan ayrı bir insizyon yoluyla yerleştirilir. Rodun fasyanın altından rahatça geçebilmesi için ilk vida başının üst kısmına daha vertikal bir şekilde geçirilir ve sonra kalan vida başlarına da subfasyal olarak geçirilir. Her vida başı içindeki rod oturma yeri floroskopi ile doğrulanmalıdır. Rod'un vida başlarına oturmasında, kas ve fasyanın vida başı ile rod arasına girmesi, rodun yolu üzerinde kemik yapının varlığı, vidaların aynı düzlemde bulunmaması, komşu faset eklemi gibi faktörler engel olabilmektedir. Ardından vidalar ile rod, nutlar yardımıyla birleştirilir. Her vida için tork uygulanarak rodların vidalara kilitlenmesi sağlanır. Tüm vida tutucular çıkartılarak yerleştirilen vida sisteminin AP/lateral floroskopi görüntülemesi yapılmalıdır.

## ENDİKASYONLAR VE SONUÇLAR

Buradaki amaç, perkütan fiksasyonun sağladığı tedavi seçeneklerini sunmak ve yayınlanan sonuçları gözden geçirmektir.

### Yalnız Fiksasyon

Tek başına fiksasyon, yalnızca geçici kemik instabilitesi olan kırıklar için düşünülebilir: AO Sınıflaması Tip A (saf kompresyon) ve Tip B2 (fleksiyon distraksiyonu). Bu gibi durumlarda fiksasyon ağrıyı dramatik giderir, deformasyonu düzeltir ve ek dizilim bozukluklarının önüne geçer.

### Magerl Tip A Kırık

Pelegri ve ark. nörolojik bulgusu olmayan, ortalama 16° başlangıç kifoza olan 13 Tip A1, A2, A3.1 ve B2 kırığının perkütan fiksasyon sonuçlarını bildirdiler (21). Bir hastada nörolojik sorunlara neden olan malpoze vida için revizyona ihtiyaç duyuldu. Tip A1, A2 ve A3.1 kırıklar için fonksiyonel sonuçların yüz güldürücü olmasını perkütan fiksasyonun "iç korse" görevi görmesine bağlamışlardır.

Tip A3.3 fraktürler, bazı cerrahlar için sadece fiksasyon için bir endikasyondur. Bununla birlikte, anterior omurga desteği sağlanmadığı zaman, açık fiksasyon prosedürlerinde bildirildiği gibi, redüksiyon kaybı veya enstrümantasyonun kırılması gibi risklerde mevcuttur. Anterior omurga rekonstrüksiyonunun gerekli olup olmadığını belirlemek için yük paylaşım sınıflandırmasının kullanımı (LSC) (15), bazı yayınlanmış çalışmalar tarafından doğrulanmıştır. Bu çalışmalarda, 6'dan küçük bir LSC skoru için kısa segment posterior fiksasyon önerilmektedir. LSC yükseldikçe, anterior omurganın da rekonstrükte edilmesi gerektiği bildirilmiştir. Bu, fiksasyonla birlikte, ek

anterior cerrahi girişim veya perkütan vertebral augmentasyon ile yapılabilmektedir. Hastaya anterior ek cerrahi işlem eklemek yerine posterior yaklaşımla, tek işlemle, hasta tedavi edilebilmektedir (11,15,17).

### Magerl Tip B Kırık

Anterior kompresyon (orta derecede vertebra gövdesi yüksekliği kaybı ile) ve kemik yapıların posterior distraksiyonunun kombinasyonu olan tip B2 kırıklar, tek başına perkütan fiksasyon için mükemmel adaydır. Fiksasyon prosedürü posterior kırık hattını kapatır, kompresyon ile posterior distraksiyon düzeltilir ve hasta pozisyonu ile kombine vertebral gövde yüksekliğini eski hâline getirir. Anterior korreksiyon yeterli değilse intravertebral augmentasyon sistemi eklenerek düzeltilebilir. Kemik kaynaması meydana geldiğinde, özellikle bu tip kırıklarda diskler sağlam olduğu için enstrümanlar çıkarılabilir (19). Beringer, Sextant™ ile tedavi edilen ilk Chance tipi fraktür vakasını bildirmiş; radyolojik ve fonksiyonel sonuçların yüz güldürücü olduğunu belirtmiştir (1). Daha nadir görülen ligament hasarının olduğu B1 tipi kırıklar, füzyon sağlamak ve ligament hasarına destek olmak amacıyla kemik grefti eklenmesi gerekmektedir ve tek başına perkütan fiksasyon için endikasyon oluşturmamaktadır. Füzyon için minimal invaziv prosedürler, perkütan fiksasyon ile kombinasyon hâlinde bu tip vakalarda kullanılabilir.

## DiĞER TEKNİKLERLE KOMBİNASYON HALİNDE PERKÜTAN FİKSASYON

Perkütan fiksasyon ile üç teknik birleştirilebilir: açık anterior cerrahi yaklaşım, minimal girişimsel posterior teknikler ve perkütan vertebral rekonstrüksiyon teknikleri.

### Açık Cerrahi İle Perkütan Fiksasyonun Kombinasyonu

Politravmalı bir hastada, omurga kırıkları tedaviyi zorlaştırır. Özellikle hastada resüsitasyon komplikasyonları varsa, bu kırıklar bazen sekonder olarak ameliyat edilir. Omurga deformitenin anatomik olmayan redüksiyonuna bağlı yapılacak ikinci ameliyatı çok daha karmaşık hâle getirebilmektedir. Perkütan fiksasyon hızlı olduğu ve minimal invaziv olduğu için bu tip durumlarda önemli bir role sahip olabilir. Hastaya ek komorbidite oluşturulmadan, omurga acil ortamda stabilize edilebilmektedir. Hasta, akut yoğun bakım evresinden ayrıldığında, minimal invaziv anterior yaklaşımla ek bir füzyon ve fiksasyon prosedürü gerçekleştirilebilmektedir. Tüm kırıklar, nörolojik bir problem olmadığında, özellikle Tip A3.3, Tip B1 kırıklar ve hatta Tip C kırıklar, bu yöntemle tedavi edile-



bilir. Ancak posterior yapılar disloke ise veya büyük ölçüde laterale yer değiştirmişse, bu tip durumlarda açık cerrahi yöntemler ile posterior redüksiyon gerekmektedir.

### Minimal İnvaziv Cerrahi ile Perkütan Fiksasyonun Kombinasyonu

Bu yöntem, perkütan fiksasyonun mekanik olarak yeterli olduğu, ancak fraktüre sekonder disk mesafesinin açılma kaybını önlemek için intersomatik bir greftin gerekli olduğu durumlar için geçerlidir (19).

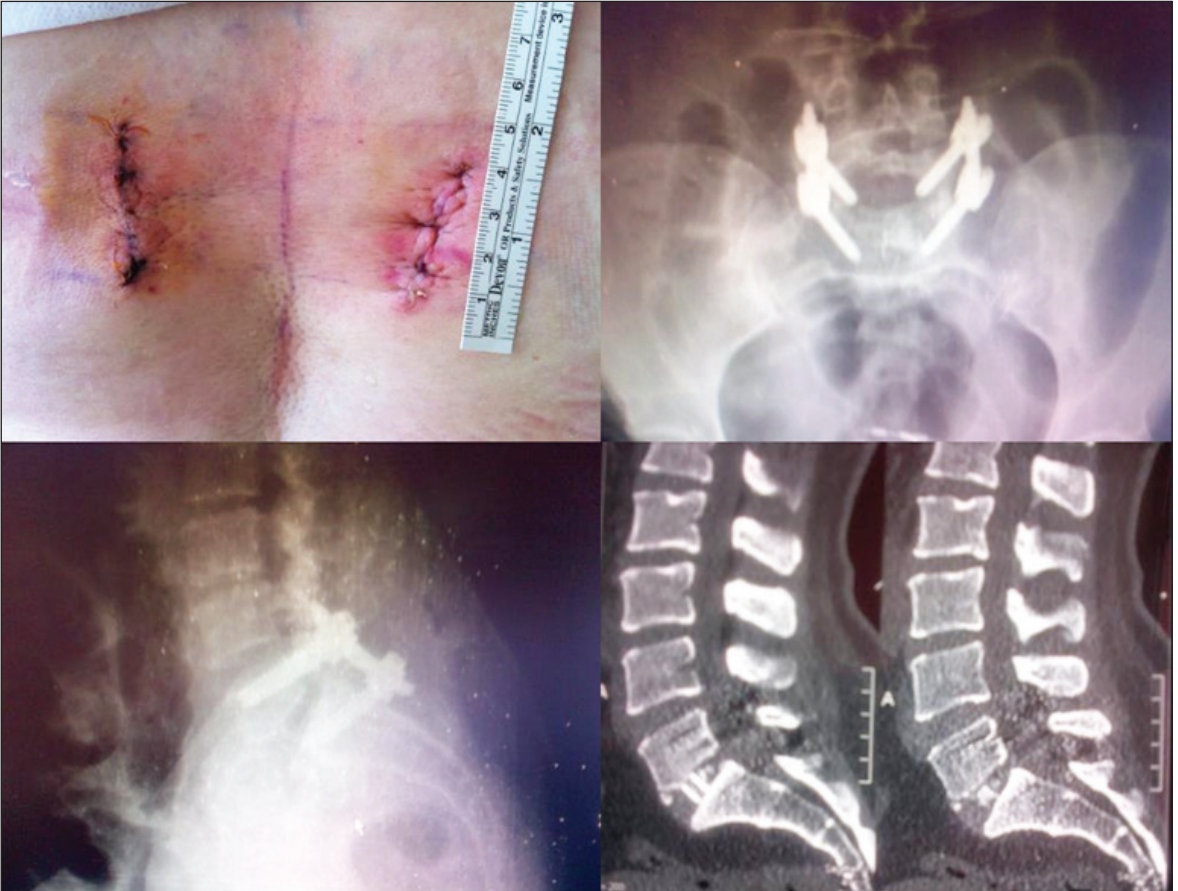
Maciejczak ve ark. intersomatik greftleme adımı için, perkütan fiksasyonun, minimal invaziv bir yaklaşımla (key hole erişimi) kombinasyonunu içeren bir teknik tanımladı (12). 3° ile 8° korreksiyon kaybına karşın, klinik sonuçlar iyi saptanmıştır. Maciejczak ve ark. bu tekniğin açık teknikten daha zor olduğunu, cerrahın minimal invaziv cerrahi konusunda deneyimli olması gerektiğini ve uzun ameliyat sürelerine (işlem için 4,5 ila 7 saat arası) hazır olması gerektiğini belirtmiştir. Bu tekniğin, nörolojik hasar oluşturmamış ancak üst end-plate'de önemli hasarı olan Magerl Tip A3 veya B

kırıkları için uygun olduğunu bildirmişlerdir. Bu tekniğin dezavantajı, kırığın instabilitesini kötüleştiren ve korreksiyon kaybına neden olabilecek artrotomi ve bilateral pedikülektomi yapılması gerekliliğidir. Minimal invaziv yaklaşım ile transforaminal yoldan yapılan unilateral intersomatik füzyon, kontralateral perkütan fiksasyon ile kombine edilebilmektedir.

### Perkütan Fiksasyonun Perkütan Anterior Spinal Rekonstrüksiyon Teknikleriyle Kombinasyonu

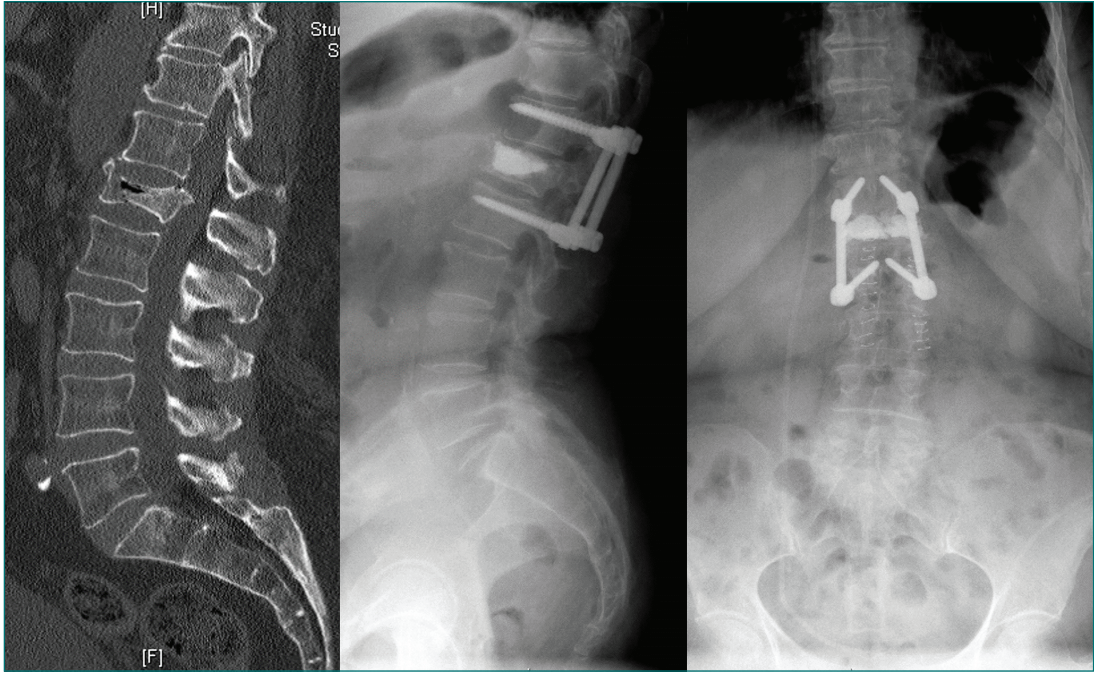
Bu kombinasyon, greft gerektirmeyen, ancak tek başına fiksasyonun mekanik olarak yeterli olmadığı (LSC> 6) ve anterior spinal rekonstrüksiyon gerektiren fraktürler için geçerlidir. Diğer bir faydası, üst end plate subsidence'in azaltılarak, buna sekonder gelişebilecek intervertebral korreksiyon kaybını önlenmesidir (19).

Bu kriterleri karşılayan fraktürler arasında, anterior kemikte kayıp ile birlikte vertebra gövdesi yüksekliğinde azalmaya yol açan belirgin vertebra kompresyonuna sahip olan Tip B2 ve Tip A3.3 fraktürler yer almaktadır. İntravertebral ekspansiyon sistemleri



**Şekil 5.** L5-S1 listezis olgusunda perkütan stabilizasyon; L5-S1 perkütan pediküler vida ve perkütan L5-S1 diskektomi ve greft uygulanması.





**Şekil 6.** Osteoporotik L1 çökme fraktürü; L1 kifoplasti ve T12-L2 posterior perkütan pediküler dinamik stabilizasyon.

kullanılarak anterior spinal rekonstrüksiyon, ilk olarak, açık balon kifoplasti prosedürü ile birlikte posterior kısa segment fiksasyon sisteminin kullanıldığı Tip A3.1 ve A3.3 fraktür tiplerinde kullanım için tarif edilmiştir (32). Marco ve Kushwaha LSC'si 7'nin altında olan Tip A, B veya C fraktürler için balon kifoplasti ile açık kısa segment posterior füzyon sistemini kombine etmişlerdir (14). 14° kifoz açısı düzelmesinin yanısıra; vertebral gövde yükseklik kaybını %42'den %14'e düşürmüşler ve 2 yıllık takiplerinde herhangi bir korreksiyon kaybı saptamamışlardır. Bu nedenle, posterior kısa segment fiksasyon ile birlikte açık balon kifoplasti prosedürü, spinal dizilimi ve dengeyi sağlamasının yanında uzun süreli korumaya da olanak sağlamaktadır (18).

Literatür verileri ışığında, balon kifoplasti ile kombinasyon halinde perkütan fiksasyonun, daha kısa rehabilitasyon süresi ve daha kısa hastanede kalış süresi ile tatmin edici, uzun süreli fraktür redüksiyonu sağladığını tespit edebiliriz. Vaka örnekleri Şekil 5 ve 6'da gösterilmiştir.

## SONUÇ

Perkütan spinal fiksasyon ve posterior minimal invaziv cerrahinin rolü zaman geçtikçe daha net anlaşılmaktadır. Diğer açık tekniklerin yerini almaktan ziyade, tedavi seçenekleri arasına eklenmeleri cerrahin elini kuvvetlendirmektedir. Bu tekniklerin, cerrahi morbiditeyi azaltma, ameliyat sonrası hızlı iyileşme sağlama ve orta vadeli iyi fonksiyonel sonuçları,

avantajlar arasında gösterilmektedir. Gerekli olgularda anterior kolon desteğini sağlamak için posterior minimal girişimsel (ör;kifoplasti)veya anterior yaklaşımlar ile kombine yapılmalıdır.

Posterior minimal invaziv omurga cerrahisinde devam eden gelişmeler şüphesiz endikasyonlarının kapsamını genişletecektir.

## KAYNAKLAR

1. Beringer W, Potts E, Khairi S, et al: Percutaneous pedicle screw instrumentation for temporary internal bracing of nondisplaced bony chance fractures. *J Spinal Disord Tech* 2007;20:242-7.
2. Dong SH, Chen HN, Tian JW, et al: Effects of minimally invasive percutaneous and trans-spatium intermuscular shortsegment pedicle instrumentation on thoracolumbar mono-segmental vertebral fractures without neurological compromise. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(4):405-11.
3. Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally invasive lumbar fusion . *Spine (Phila Pa 1976)* 2003; 28 ( 15 Suppl ): S26 - 35.
4. Foley KT, Gupta SK, Justis JR, et al: Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. *Neurosurg Focus* 2001;10:1-8.
5. Grossbach AJ, Dahdaleh NS, Abel TJ, et al: Flexion-distraction injuries of the thoracolumbar spine: open fusion versus percutaneous pedicle screw fixation. *Neurosurg Focus.* 2013;35(2):E2.

6. Jiang XZ, Tian W, Liu B, et al: Comparison of a paraspinal approach with a percutaneous approach in the treatment of thoracolumbar burst fractures with posterior ligamentous complex injury: a prospective randomized controlled trial. *J Int Med Res.* 2012;40(4):1343–56.
7. Kim DY, Lee SH, Chung SK, et al: Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine* 2005;30:123–9.
8. Knight RQ. Minimally invasive spine surgery. *Curr Orthop Pract* 2009;20:227–31.
9. Korovessis P, Hadjipavlou A, Repantis T. Minimal invasive short posterior instrumentation plus balloon kyphoplasty with calcium phosphate for burst and severe compression lumbar fractures. *Spine* 2008;33:658–67.
10. Lehmann W, Ushmaev A, Ruecker A, et al. Comparison of open versus percutaneous pedicle screw insertion in a sheep model. *Eur Spine J* 2008;17:857–63.
11. Logroscino CA, Proietti L, Tamburrelli FC. Minimally invasive spine stabilisation with long implants. *Eur Spine J* 2009;18:75–81.
12. Maciejczak A, Barnas P, Dudziak P, et al: Posterior keyhole corporectomy with percutaneous pedicle screw stabilization in the surgical management of lumbar burst fractures. *Neurosurgery* 2007;60:232–42.
13. Maillard N, Buffenoir-Billet K, Hamel O, et al. A cost-minimization analysis in minimally invasive spine surgery using a national cost scale method. *Int J Surg* 2015;15:68–73.
14. Marco RA, Kushwaha VP. Thoracolumbar burst fractures treated with posterior decompression and pedicle screw instrumentation supplemented with balloon-assisted vertebroplasty and calcium phosphate reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:20–8.
15. McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures. *Spine* 1994;19:1741–4.
16. Merom L, Raz N, Hamud C, et al: Minimally invasive burst fracture fixation in the thoracolumbar region. *Orthopedics* 2009;32:273–8.
17. Ni WF, Huang YX, Chi YL, et al. Percutaneous pedicle screw fixation for neurologic intact thoracolumbar burst fractures. *J Spinal Disord Tech* 2010;23:530–7.
18. Oktenoglu T, Hekimoglu M, Aydin AL, et al: Kyphoplasty with Posterior Dynamic Stabilization in the Surgical Treatment of Unstable Thoracolumbar Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Turk Neurosurg.* 2021;31(6):924–930.
19. Oner FC, van der Rijt RR, Ramos LM, et al. Changes in the disc space after fractures of the thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:833–9.
20. Pechlivanis I, Kiriyanthan G, Engelhardt M, et al. Percutaneous placement of pedicle screws in the lumbar spine using a bone mounted miniature robotic system: first experiences and accuracy of screw placement. *Spine* 2009;34:392–8.
21. Pelegri C, Benchikh El Fegoun A, Winter M, et al. Percutaneous fixation of lumbar and thoracolumbar fractures without neurological involvement: surgical technique and preliminary results. *RCOJ* 2008;94:456–63.
22. Phan K, Rao PJ, Mobbs RJ. Percutaneous versus open pedicle screw fixation for treatment of thoracolumbar fractures: systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Clin Neurol Neurosurg* 2015;2015:85–92.
23. Rampersaud YR, Annand N, Dekutoski MB. Use of minimally invasive surgical technique in the management of thoracolumbar trauma. *Spine* 2006;31:S96–102.
24. Rampersaud YR, Foley KT, Shen AC, et al: Radiation exposure to the spine surgeon during fluoroscopically assisted pedicle screw insertion. *Spine* 2000;25:2637–45.
25. Regev GJ, Lee YP, Taylor WR, et al: Nerve injury to the posterior rami medial branch during the insertion of pedicle screws: comparison of mini-open versus percutaneous pedicle screw insertion techniques. *Spine* 2009;34:1239–42
26. Ringel F, Stoffel M, Stuer C, et al: Minimally invasive transmuscular pedicle screw fixation of the thoracic and lumbar spine. *Neurosurgery* 2006;59(Suppl. 2):361–7.
27. Schmidt OI, Strasser S, Kaufmann V, et al: Role of early minimal-invasive spine fixation in acute thoracic and lumbar spine trauma. *Indian J Orthop* 2007;41(4):374–80.
28. Slomczykowski M, Roberto M, Schneeberger P, et al: Radiation dose for pedicle screw insertion: fluoroscopic method versus computer-assisted surgery. *Spine* 1999;24:975–82
29. Tromme A, Charles YP, Schuller S, et al. Osteoarthritis and spontaneous fusion of facet joints after percutaneous instrumentation in thoracolumbar fractures. *Eur Spine J* 2017. doi: 10.1007/s00586-017-5173-9
30. Van der Roer N, de Lange ES, Bakker FC, et al: Management of traumatic thoracolumbar fractures: a systematic review of the literature. *Eur Spine* 2005;14:527–34.
31. Vanek P, Bradac O, Konopkova R, et al: Treatment of thoracolumbar trauma by short-segment percutaneous transpedicular screw instrumentation: prospective comparative study with a minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine.* 2014;20(2):150–6.

32. Verlaan JJ, Dhert WAJ, Verbout AJ, et al: Balloon vertebroplasty in combination with pedicle screw instrumentation: a novel technique to treat thoracic and lumbar burst fractures. *Spine* 2005;30(3):73-9
33. Von Jako R, Finn MA, Yonemura KS, et al. Minimally invasive percutaneous transpedicular screw fixation: increased accuracy and reduced radiation exposure by means of a novel electromagnetic navigation system. *Acta Neurochir (Wien)* 2011;153:589-96.
34. Wiesner L, Kothe R, Schulitz KP, et al: Clinical evaluation and computed tomography scan analysis of screw tracts after percutaneous insertion of pedicle screws in the lumbar spine. *Spine* 2000;25:615-21.
35. Wild MH, Glees M, Plieschnegger C, et al: Five-year follow-up examination after purely minimally invasive posterior stabilization of thoracolumbar fractures: a comparison of minimally invasive percutaneously and conventionally open treated patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007;127(5): 335-43.
36. Yang H, Shi JH, Ebraheim M, et al: Outcome of thoracolumbar burst fractures treated with indirect reduction and fixation without fusion. *Eur Spine* 2011;20:380-6.





## 52

PERKÜTAN MİNİMAL İNVAZİV  
STABİLİZASYON TEKNİKLERİ

Kemal Paksoy, Ülkün Ünlü Ünsal, Onur Yaman

Posterior spinal enstrümantasyon uygulamasında kullanılan pedikül vida-rod fiksasyonu dejeneratif, travmatik, enfeksiyöz ve neoplastik kökenli çeşitli omurga hastalıklarında oluşabilen instabilite sorununun çözümü için yıllardır yaygın şekilde kullanılmaktadır. Son dönemlerde ise minimal invaziv cerrahi konsepti giderek artmaktadır. Bu yöntemle pedikül vidalarının yerleştirilmesi sonrası postoperatif ağrının azaltılması, cerrahi sürenin kısalması, posterior stabilize edici yapıların minimum düzeyde bozulması, enfeksiyon ve kanama miktarının azalması minimal invaziv cerrahi geleneksel açık tekniklere oranla daha üstün avantajlar sunmaktadır (8,10). Perkütan transpediküler enstrümantasyon ilk olarak 1977'de Magerl tarafından spinal kırıkların geçici dış stabilizasyonunu ve fiksasyonunu sağlamak için tanıtıldı (21). Pedikül vidalarının perkütan yerleştirilmesi artık minimal invaziv sabilizasyonda interbody füzyon teknikleri ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları anterior lomber interbody füzyonunu (ALIF), lateral interbody füzyonunu (LLIF, XLIF, OLIF) ve transforaminal lomber interbody füzyonunu (TLIF) içerir (31).

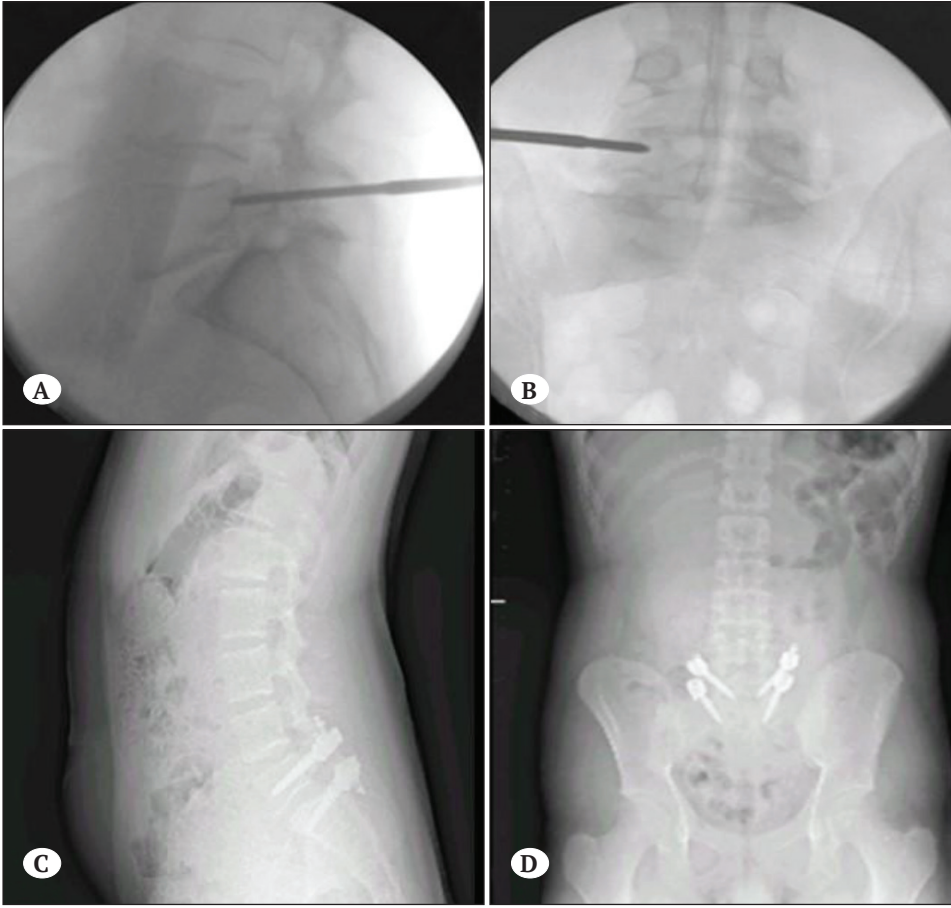
**TORAKOLOMBER PERKÜTAN  
TRANSPEDİKÜLER VİDALAMA**

Perkütan pediküler vidalama minimal invaziv bir yöntem olup görüntüleme eşliğinde uygulanmaktadır. Bu yaklaşım sırasında paraspinal doku hasarını en aza indirmeye avantajları yöntemin son zamanlarda önem kazanmasını sağladı (39). Hasta prone pozisyonda radyolüsent bir masada nötral pozisyona getirilmelidir. Bu işlem esnasında vida yerleşiminin yanlış olmasından kaynaklanabilecek sinir zedelenmelerinin değerlendirilmesi için nöromonitorizasyon kullanılmalıdır. İşlem öncesi floroskopik olarak anterior/posterior (AP) görüntü alınarak spinöz süreçlerin bilateral pediküllerin ortasında olduğu görülmelidir. Bu esnada enstrüman edilecek vertebral yapının dizilimi değerlendirilir. Cilt üzerinde orta hat, lateral pediküler ve interpediküler çizgiler işaretlenir. Perkütan transpediküler vida yerleştirilmesinde özellikle lomber vertebralarda vida giriş yerinin AP görüntü-

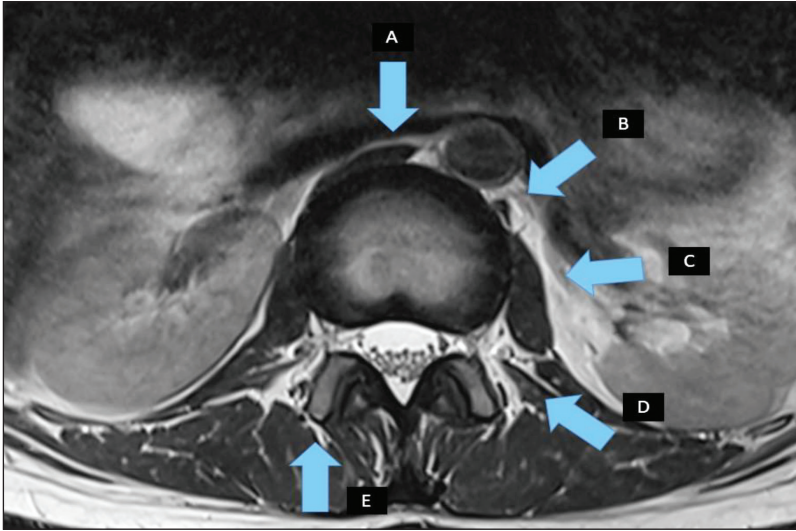
lemde pedikül sınırının lateralinden daha lateral bir insizyon kullanılmalıdır. Ciltte yapılacak kesinin dilatör kullanılacağı için geniş tutulması önerilmektedir. Floroskopide AP altında Jamshidi iğnesi pedikülün üst dış kadrana ilerletilir. Lateral floroskopide kılavuz iğnenin pedikül ve vertebra gövdesinde yönünü belirledikten sonra transpediküler bir kanal oluşturulur. Bu aşamada iğnenin ilerleyebilmesi için çekiç kullanılabilir. Medial duvarın geçilmediğine dikkat edilmelidir. İğne floroskopi eşliğinde 3 santimetre ilerletilmelidir. Kılavuz teller daha sonra iğneler aracılığıyla pediküllere yerleştirilir. Yerleştirme floroskopi kontrolü ile yapılır. İğneler çıkarıldıktan sonra dilatörler küçük, orta boy ve son dilatör şeklinde yerleştirilir. Ardından dilatörler çıkarılır ve kanüllü vidalar kılavuz teller üzerinden yörüngelerine yerleştirilir. Vidalar kılavuz teller üzerinden floroskopi kontrolü ile transpediküler olarak konulur. Vidalar konulduktan sonra teller çıkartılır. Rod ölçümü yapıldıktan sonra vida uzatıcılara takılır ve proksimal vida insizyonuna rostral küçük bir kesiden serbest el tekniği kullanılarak proksimal ve kaudal vidaların vida başı uzatıcılarından geçirilerek çubuklar perkütan olarak yerleştirilir. Ardından vidalar, kilitleme kapaklarının uygun torkuna göre sıkılır (Şekil 1) (3,9,16).

**LOMBER İNTERBODY FÜZYONU (LIF)**

Lomber interbody füzyonun (LIF) endikasyon kriterleri içinde neoplazi, travma, enfeksiyon ve dejeneratif patolojiler bulunur. LIF diskektomi sonrası intervertebral boşluğa bir implantın kafes ya da kemik greftin yerleştirilmesini içerir. LIF posterior lomber interbody füzyonu (PLIF), transforaminal lomber interbody füzyonu (TLIF), oblik lomber interbody füzyonu (OLIF), anterior lomber interbody füzyonu (ALIF) ve lateral lomber interbody füzyonu (LLIF) şeklinde yaklaşımlar kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 2). Bu uygulamalar minimal invaziv yaklaşımlar kullanılarak yapılabilmektedir. Lomber interbody füzyonun en önemli avantajı postoperatif komplikasyon ve psödoartroz oranlarının düşük olmasıdır (12,28).



**Şekil 1.** A) İntraoperatif floroskopik lateral görüntü, B) A-P görüntü, C) Cerrahi sonrası lateral grafi, D) Cerrahi sonrası A-P görüntü.



**Şekil 2.** A) Anterior lumbar interbody füzyonu, B) Oblik lumbar interbody füzyonu, C) Lateral lumbar interbody füzyonu, D) Transforaminal lumbar interbody füzyonu, E) Posterior lumbar interbody füzyonu.

### ANTERİOR LOMBER İTERBODY FÜZYON (ALIF)

ALIF nörojenik klodikasyona veya radikülopatiyeye neden olan dejeneratif spondilozlu hastaları tedavi etmek için uygulanabilir bir yöntemdir. Bu teknikte bitişik vertebral cisimlerin distraksiyonu ile nöroforamen ve tekal kesenin dolaylı dekompresyonunu

sağlar. Diskektomi sırasında anterior longitudinal ligamanın rezeksiyonu, spondilolistezis redüksiyonunu kolaylaştırabilen ön ve orta kolonların destabilizasyonuna izin verir. Ayrıca anterior longitudinal ligamanın rezeksiyonu sagittal dengesizliği olan spinal deformite hastalarında klinik olarak anlamlı segmental ve genel lumbar lordoz sağlayabilen hiper-

lordotik implantların yerleştirilmesine izin verir. Daha önce geçirilmiş majör abdominal veya retroperitoneal ameliyatlar hastalarda bu yöntem uygulanamaz. Aynı zamanda şiddetli periferik vasküler hastalığı olan ve disk alanının anteriordan girişini engelleyici anatomik bir bozukluğun varlığında da tercih edilmemelidir. ALIF en güvenli şekilde L5-S1 seviyesinde gerçekleştirilir. Hasta radyolüsent bir ameliyat masasına sırtüstü yatırılır ve tedavi edilen seviyelere göre mini transvers Pfannenstiel insizyonu planlanır. L5-S1 için kesi tipik olarak göbek ve kasık simfizi arasındaki mesafenin üçte ikisinde bulunur. L4-5 için insizyon göbeğin hemen altında yapılır. Daha yüksek lomber seviyeleri ve birden fazla seviyeyi hedefleyen ameliyatlar paramedian dikey insizyon kullanılabilir. Kesi yapıldıktan sonra ön rektus kılıfı kesilerek rektus kası mobilize edilir. Posterior rektus kılıfı veya transversalis fasyası kesilir ve alttaki peritondan bağımsız olarak diseke edilir. Künt diseksiyon, peritonu dikkatli bir şekilde soymak ve ventral retroperitondan lateralden mediale doğru yansıtmak, böylece ventral omurgayı ve ilişkili majör damar sistemini açığa çıkarmak için kullanılır. L5-S1'de aortun altındaki iliak damarlar ile inferior vena kava bifurkasyonu arasında bir çalışma koridoru sağlanabilir. Daha yüksek seviyeler için aort ve iliak damarların vasküler mobilizasyonu gereklidir. Daha sonra disektomi ve enstrümantasyon yapılır (5,6,19,30).

### LATERAL LOMBER İNTERBODY FÜZYON (LLIF)

LLIF, instabiliteli dejeneratif spondiloz, travma, skolyoz ve spondilolistezis gibi çeşitli patolojik durumların tedavisi için uygundur. Genel olarak bu yöntemle T12-L5 arasındaki omurga seviyelerine lateral olarak erişilebilir. Ancak L5-S1 aralığına iliak krestlerden kaynaklı engellemelerden dolayı ulaşılamaz. Bu teknik daha önce retroperitoneal cerrahiye geçirmiş olan hastalarla ve osteoporozu olan hastalarda kontraendikedir. Hasta radyolüsent bir ameliyat masasında lateral dekübit pozisyonunda cerrahiye alınır. Kalçalar ve dizler psoas kasını mümkün olduğunca gevşetmek için fleksiyona getirilir ve gövdede fleksiyona izin vermek için iliak krest masa kırılması seviyesinde konumlandırılır. Brakiyal pleksusun basıncını azaltmak için aksillanın altına ve gövde fleksiyonunu desteklemek için alt tarafta kalan iliak kemiğin altına bir rulo yerleştirilir. Uygun pozisyon verildikten sonra hasta mutlaka masaya sabitlenmelidir. Floroskopi ile çalışılacak alan tayini yapılır. Transvers flank insizyonu ile cilt ciltaltı geçilir. Kesi yapıldıktan sonra dış oblik fasyayı ortaya çıkarmak ve bölmek için elektrokoter kullanılır. Kas tabakaları daha sonra transvers fasya ile karşılaşıncaya kadar iki tonsil hemostat ile künt olarak diseke edilir. Hemostatın kör ucu daha

sonra retroperitoneal boşluğa girişe izin vermek için transversalis fasyasını hafifçe delmek için kullanılır. Künt parmak diseksiyonu, derin palpe edilebilen psoas kasının önünde peritonu mobilize etmek için kullanılır. İlk kas genişletici daha sonra periton yarananmasını önlemek için cerrahın parmağı onu öne doğru yönlendirerek psoas fasyasının tepesine yerleştirilir. Disk alanı üzerindeki dilatör konumunu doğrulamak için lateral floroskopi yapılır. Dilatör daha sonra psoas kasından künt bir şekilde ilerletilir ve omurgaya sabitlenir. Ardından disektomi yapılır. Kemik uç plakları ortaya konulur. İçi kemik greftle doldurulmuş kafes floroskopi eşliğinde alana yerleştirilir (4,18,26).

### POSTERİOR LOMBER İNTERBODY FÜZYON (PLIF)

Segmental instabilitesi, tekrarlayan disk hernisi, semptomatik spinal stenoz ve psödoartrozu olan seçilmiş hastalar da PLIF prosedüründen yararlanabilir. Hasta prone pozisyonunda masaya yerleştirilir. İşlem esnasında nörolojik yapıların takibi için nöromonitör bağlanır. Minimal invaziv girişim için paramedian Wiltse kas diseksiyon yaklaşımı kullanılır. Spinöz proses ve uygun seviyelerdeki laminalar floroskopi altında belirlendikten sonra (L1-S1), faset medialine bir laminotomi yapılabilir ve disk boşluğuna bir koridor açmak için dura geri çekilebilir. Uç plakalar ve disk alanı daha sonra implant yerleştirmeye izin verecek şekilde hazırlanabilir. İçi kemik greft ile doldurulmuş kafes alana konulur. Aynı alan içinden transpediküller vidalar yerleştirilir. Rod ile vidalar bağlanır. Vida başları sıkılarak işlem tamamlanır (Şekil 3) (11,37).

### OBLİK LOMBER İNTERBODY FÜZYON (OLIF)

OLIF prosedürü LLIF'inkine benzer endikasyonlara sahip olup dejeneratif, travmatik ve skolyotik durumların tedavisinde kullanılır. Yüksek dereceli santral kanal stenozu olan hastalarda bu prosedürü kullanmak sorun olabilir. Ayrıca, Meyerding derece I'den daha şiddetli spondilolistezisi olan hastalarda OLIF uygun bir yöntem değildir. Genel anestezi sonrası lateral pozisyon alınan hastanın çalışılacak tarafın karşısındaki bacak hafifçe fleksiyona getirilir. Cerrahi masa hedef segmentin tam olarak ortaya çıkarabilecek şekilde fleksiyona alınır. Floroskopi eşliğinde yer lokalizasyonu yapılır. Dış oblik kas, iç oblik kas ve transvers karın kas liflerinin yönlerine göre yaklaşık 7-8 cm cilt insizyonu ile cilt ciltaltı geçilir. Abdominal aort ile psoas majör kası arasındaki retroperitoneal boşlukta künt diseksiyon yapılır. Psoas majör kasını ve sempatik gövdeyi arkaya itmek için gazlı bez ve işaret parmağı kullanılır. Alana ulaşıncaya kılavuz iğne



ve dilatör kullanıldıktan sonra ışık kaynağı bağlanır. Diskektomi yapılarak kemik uç plakları açığa çıkarılır. Daha sonra floroskopik kontrol altında, kemik greft ile doldurulmuş kafes alana yerleştirildi. Vidaların kontralateral korteksten mümkün olduğunca geçmesini sağlamak için vertebra gövdesinin lateral tarafına lateral vidalar yerleştirilir, rod yerleştirilip vida başları sıkılır (23,34,36).

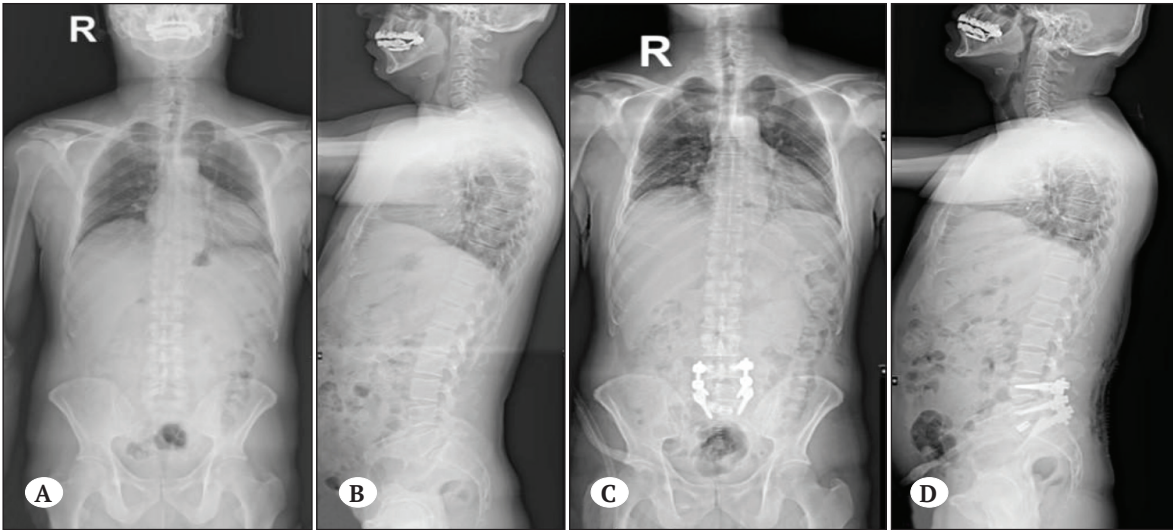
### TRANSFORAMİNAL LOMBER İNTERBODY FÜZYON (TLIF)

Hasta prone pozisyonudadır ve skopi cihazı ameliyat masasına ön-arka ve yan grafi görebilecek şekilde yerleştirilir. Orta hattın 8-10 cm lateralinden yaklaşık 45°'lik açı ile kambin üçgenine ve bunun içinden diske ulaşılır. Her iki taraflı perkütan endoskopik

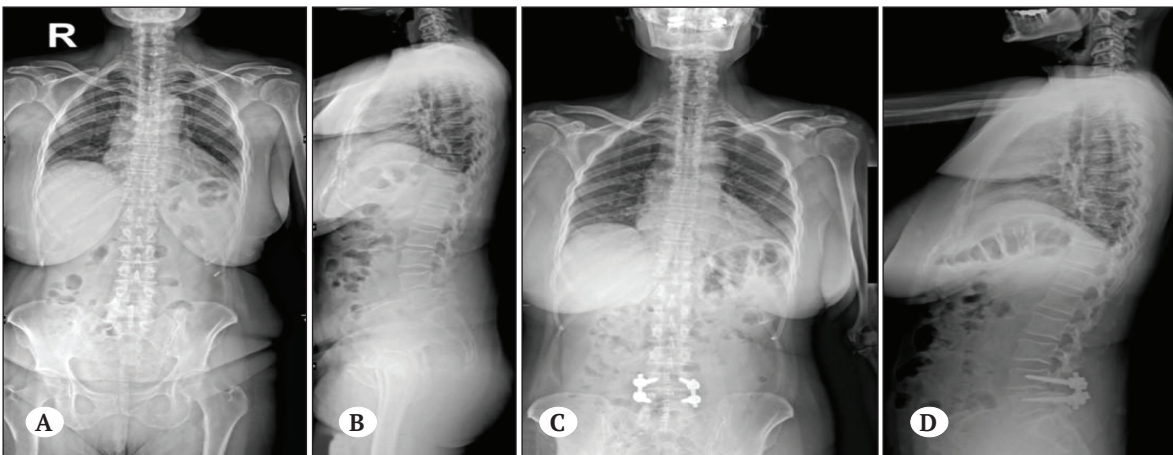
diskektomiden sonra uygun aletler ile end-plateler dekorte edilmekte, vertebra cisimleri arasına kemik greft konulabilir ve interbody enstrümantasyon sistemi yerleştirilebilir. Bu sayede cerrah tüm füzyon işlemini bir tüp içerisinden yapmış olmaktadır. Pseudoartroz oranı %2,9- 30 arasında değişik oranlarda raporlanmıştır. Sistemi güçlendirmek için perkütan transpediküler füzyona ihtiyaç vardır (Şekil 4) (22,24).

### EKSTREM LATERAL İNTERBODY FÜZYON (XLIF)

XLIF vasküler yaralanmaları azaltmak ve yumuşak doku travmasını daha az seviyeye indirebilmek için tasarlandı (25). Özellikle karın ve bel kaslarının bu yöntemle kesilmesine gerek kalmaz. Bu teknik ile hastanın hastanede kalış süresi kısalmış ve ağrı daha az olur. İlk önce hastaya sol lateral dekübit pozisyonu



Şekil 3. Lomber stenozu olan hastanın cerrahi öncesi A-P grafisi (A) ve lateral grafisi (B). PLIF uygulaması sonrası A-P (C) ve lateral grafisi (D) görüntülemesi.



Şekil 4. Tekrarlayan disk hernisi hastasına TLIF uygulamasının cerrahi öncesi A-P (A) ve lateral grafisi (B) ile cerrahi sonrası A-P (C) ve lateral grafisi (D).



verilir. Floroskopi ile cerrahisi yapılacak disk aralığı tespit edilir. Ciltte insizyon işaretlemesi yapılırken işaretin lomber tarafına yaklaşık işaret parmağı uzaklığındaki mesafeye 1-1.5 cm lik posterolateral insizyon yapılır. Dilatör psoas kasına ilerletilir. Lateral skopi görüntüsü ile seviye tespit edilir. İdeal pozisyon disk aralığının tam orta noktasıdır. Künt diseksiyon ile psoas kası diseke edilir. Bu aşamalarda mutlaka nöromonitör kullanılmalı ve dilatörün pleksusa teması tespit edilmelidir. Dilatör A-P ve lateral skopi kontrolleri ile son durum belirlenir. Daha sonra ekartör yerleştirilir. Bu aşamadan sonra diskektomi yapılarak mesafe boşaltılır. Alana içi kemik greft konmuş kafes yerleştirilir. Ardından hastanın pozisyonu değiştirilerek perkütan fiksasyon yapılır (13,27).

### MİNİMAL İNVAZİV TRANSFORAMİNAL LOMBER İNTERBODY FÜZYON (MI-TLIF)

Omurga dejeneratif deformitesi olan hastalar için TLIF'e alternatif yeni bir yaklaşım şeklidir. En önemli avantajları daha az komplikasyona sahip olup daha hızlı iyileşmesidir. Aynı zamanda kanama miktarının ve skar dokusunun az olması da önemli avantajlarıdır. Ancak TLIF'e göre daha zor ve daha pahalı bir yöntemdir. MI-TLIF teknik olarak uygulamasında önce ilgili faset ekleminin floroskopik rehberlik yoluyla lokalizasyonunu içerir. Daha sonra bir paramedian insizyon ile cilt ciltaltı geçilir. Bu aşamadan sonra stabil bir ekartör monte edilene kadar seri dilatörler yerleştirilir. Bu yolla erekör spinal kaslarının retraksiyonu ile alana yaklaşım yapılır. Fasetektomi ve anülotomi açık TLIF'ye göre yapılır. Bunu diskektomi, bitişik vertebral uç plakalarının hazırlanması, kemik grefti ile doldurulmuş kafesin alana yerleştirilmesi takip eder. Floroskopi eşliğinde aynı kesi ile aynı yol kullanılarak kılavuz teller ve ardından pedikül vidalar yerleştirilir. Son olarak rod yerleştirilerek vida başları ile sıkılır (14,33).

### SERVİKAL PERKÜTANÖZ TRANSPEDİKÜLER VİDALAMA

Servikal bölgede oluşabilecek patolojiler sonucu ortaya çıkan instabilitenin cerrahisinde füzyon elde etmek için transpediküler stabilizasyon günümüzde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Özellikle servikal omurgadaki pedikül vidalarının, lateral kitle vidalarından önemli ölçüde daha yüksek çekme kuvvetine ve daha yüksek birincil stabiliteye sahip olduğu gösterilmiştir (29). Ancak bazı dezavantajları mevcuttur. Özellikle orta ve alt servikal vertebra pediküllerinin ince olması, vertebral arter, spinal kord ve sinir kökünün pediküle yakın komşuluk göstermesi nedenleri ile komp-

likasyonların görülme riski söz konusudur. Böyle bir cerrahi tekniğe ihtiyaç duyulduğu durumlarda mutlaka cerrahi öncesi servikal veretebra pedikülünün BT yardımı ile morfolometrik analizi cerrahi planlamada kolaylık sağladığı gibi oluşabilecek komplikasyonlarında önüne geçmemizi sağlayacaktır (38). Hasta prone pozisyonda baş ve boyun nötral pozisyona getirilmelidir. Bu işlemde nöromonitorizasyon kullanımı sinir köklerinin fonksiyonlarının takibi için önemlidir. Cerrahi yaklaşımın cilt giriş noktası, ön-arka floroskopik görüntüde lateral kitlenin orta hattının lateralinde tahmini pedikül girişinin lateraline 40° olacak şekilde spinal iğnelerin konumlandırılmasıyla belirlenir. Floroskopi kontrolü ile yer tayini yapıldıktan sonra cilt insizyonları kranio-kaudal pozisyonda açılır. Floroskopi rehberliğinde pedikül hedefleyen insizyondan keskin uçlu Kirschner tel'i (K-teli) yerleştirilir. Ardından tel üzerinden kılavuz tüp alana konulur. Midsagital düzlemde eğimi ameliyat öncesi ölçülen açıya göre belirlenir. C2 laminasının üst kenarı C2 pedikül vida girişi için belirleyici noktadır. C3-C7 arası vertebra lateral kitle orta noktasının hafifçe üst laterali giriş noktası belirlenir. Vida girişi deliği oluşturulduktan sonra transvers planda mediale doğru 25°-45°, C2 vertebra için ise 15°-45° açı ile vida gönderilir (1). Koronal düzlemde vida açısı ve vida uzunluğu lateral floroskopi ile kontrol edilebilir. Pozisyon belirlendiğinde sırası ile elektrikli matkapla pedikül içine bir K-teli sonrasında K-teli üzerine ilk kanüllü yumuşak doku dilatörü ve devamında daha büyük boyutlu dilatörler ilk dilatörün üzerine sırayla yerleştirilir. Cerrahi öncesi kalınlık ve boyu ölçülen kanüllü vidalar K-teli boyunca yerleştirilir (17,32).

### SERVİKAL PERKÜTAN TRANSFASET VİDALAMA

Servikal patolojilerin posterior yaklaşımlarında lateral kitle vida ve rod sistemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bir veya iki kortikal yüzeyi geçen lateral mass vidalarında füzyon problemi ve kemiğe tutunma miktarı sorun oluşturabilmektedir. Bu sorunlardan dolayı lateral mass vidalama tekniğine alternatif servikal transfaset stabilizasyon yöntemi geliştirildi. Bu yöntemde vida lateral kitlenin dorsal korteksi, inferior ve süperior subartiküler sürecin subkondral kemik yüzeyi ve kaudal faset ekleminin ventral duvarını geçerek dört kortikal yüzeyi geçer. Öte taraftan orta ve alt servikal vertebraların perkütan transfaset vida ile stabilizasyonunun oldukça güvenli bir şekilde uygulanabileceği bildirilmiştir (2,15). Perkütan transfaset vidalamada lateral kitle ve faset ekleminin anatomik yapısı iyi bilinmelidir. Anatomik olarak üst servikal (C3-4) yapılarla ait lateral masslar eşkenar dörtgene benzer ve alt servikal

(C5-C6-C7) seviyelere indikçe inceler. Lateral masslar ve faset eklemler spinal kord, sinir kökü ve vertebral arter gibi önemli nörovasküler yapılara yakın komşuluk gösterirken faset eklemleri frontal plana paralel ve transvers plana göre 45 derece eğimdedirler. Perkütan vidalama öncesi mutlaka anatomik yapının iyi incelenmesi için preoperatif bilgisayarlı tomografi (BT) yapılmalıdır. Perkütan servikal transfaset vidalama girişimi için hasta prone pozisyonda çivili başlık ile tespit edilmeli ve baş ile boynun nötral pozisyona getirilmelidir. Bu işlemde nöromonitorizasyon kullanımı sinir köklerinin fonksiyonlarının takibi için önemlidir. Çalışma kanüllerinin girebileceği kadar ciltte insizyonlar yapılır devamında perkütan transfaset vida gönderilmesi için önce C skopi eşliğinde uygun trase belirlenir. K-tel'i yardımı ile kas ve fasya içinden ilerleyerek vidanın giriş noktasına ulaşılır. Bu aşamada mutlaka ön-arka ve lateral fluroskepi ile doğrulama yapılmalıdır. K-tel'i servikal vertebra aksına 20° lateral ve 40° kaudale doğru açılarak drillenirse intervertebral foramenlerden güvenli bir şekilde geçilebilir. VA ve sinir kökünden kaçınmak için en güvenli alan transvers proses ile fasetin birleşme noktasıdır. K-tel'i yerleştirildikten sonra ön-arka ve lateral fluroskepi ile telin yeri doğrulanır. Bu aşamada daha önceden boyu ve kalınlığı hesaplanan kanüllü vidalar telin kılavuzluğunda ilerletilerek transfaset vidalama gerçekleştirilir (7,35).

## PERKÜTANÖZ LATERAL MASS VIDALAMA

Hasta cerrahi masada baş ve boyun nötr olacak şekilde çivili başlık ile prone pozisyonda olmalıdır. Cilt giriş noktasının uygun yer olması için K-tel yardımı ile faset eklemlerine paralel olacak şekilde floroskopta lateral görüntüde hizalama yapılır. Cilt insizyonu, hedeflenen seviyenin ve orta hattın 2-3 seviye altına olmalıdır. Floroskop altında ön-arka, lateral ve oblik görüntülemelerle uygun lokalizasyona ulaşılabilir. Tubuler refrektor yardımı ile vidalar takılabilir (20).

## KAYNAKLAR

1. Abumi K, Itoh H, Taneichi H, et al. Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report. *J Spinal Disord* 1994;7(1):19-28.
2. Ahmad F, Sherman JD, Wang MY. Percutaneous transfacet screws for supplemental posterior cervical fixation. *World Neurosurg*. 2012 Dec;78(6):716.e1-4.
3. Assaker R. Minimal access spinal technologies: state-of-the-art, indications, and techniques. *J Bone Spine Rev du Rhum*. 2004;71(6):459-469. 2004.
4. Berjano P, Langella F, Damilano M, et al. Fusion rate following extreme lateral lumbar interbody fusion. *Eur Spine J* 2015;24 Suppl 3:369-71.
5. Brau SA. Anterior lumbar interbody füzyon için omurgaya mini açık yaklaşım: prosedürün tanımı, sonuçlar ve komplikasyonlar. *Omurga J* 2002; 2 :216-23.
6. Choy WJ, Abi-Hanna D, Cassar LP, et al. History of Integral Fixation for Anterior Lumbar Interbody Fusion (ALIF): The Hartshill Horseshoe. *World Neurosurg*. 2019 Sep;129:394-400.
7. Coric D, Rossi VJ, Peloza J, et al. Percutaneous, Navigated Minimally Invasive Posterior Cervical Pedicle Screw Fixation. *Int J Spine Surg*. 2020 Dec;14(s3):S14-S21.
8. Datta G, Gnanalingham KK, Peterson D, et al. Back pain and disability after lumbar laminectomy: is there a relationship to muscle retraction? *Neurosurgery*. 2004;54(6):1413-1420.
9. De Iure F, Cappuccio M, Paderni S, et al. Minimal invasive percutaneous fixation of thoracic and lumbar spine fractures. *Minim Invasive Surg*. 2012;2012:141032.
10. Deutsch H, Boco T, Lobel J. Minimally invasive transpedicular vertebrectomy for metastatic disease to the thoracic spine. *J Spinal Disord Tech*. 2008;21(2):101-105.
11. DiPaola CP, Molinari RW. Posterior lumbar interbody fusion. *J Am Acad Orthop Surg*. 2008 Mar;16(3):130-9.
12. Eck JC, Hodges S, Humphreys SC. Minimally invasive lumbar spinal fusion. *J Am Acad Orthop Surg* 2007;15:321-9.
13. Gabel BC, Hoshide R, Taylor W. An Algorithm to Predict Success of Indirect Decompression Using the Extreme Lateral Lumbar Interbody Fusion Procedure. *Cureus*. 2015 Sep 8;7(9):e317.
14. Holly LT, Schwender JD, Rouben DP, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: Indications, technique, and complications. *Neurosurg Focus*. 2006;20:E6.
15. Holly LT, Foley KT. Percutaneous placement of posterior cervical screws using three-dimensional fluoroscopy. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31:536-40.
16. Hussein A, Ibrahim H, Mashaly H, et al. Assessment of the outcome of percutaneous pedicle screws in management of degenerative and traumatic dorsal and lumbar pathologies. *The Egyptian Journal of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery* (2021) 57:50
17. Kim MK, Cho SM, You SH, et al. Hybrid Technique for Cervical Pedicle Screw Placement: Combination of Miniopen Surgery and Use of a Percutaneous Cannula System-Pilot Study. *Spine* 2015;40(15):1181-6.27.

18. Kwon B, Kim DH. Lateral Lumbar Interbody Fusion: Indications, Outcomes, and Complications. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016 Feb;24(2):96-105. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00208.
19. Lee DH, Lee DG, Hwang JS, et al. Clinical and radiological results of indirect decompression after anterior lumbar interbody fusion in central spinal canal stenosis. *J Neurosurg Spine.* 2021 Jan 15;34(4):564-572.
20. Ludwig SC, Kramer DL, Balderston RA, et al. Placement of pedicle screws in the human cadaveric cervical spine: comparative accuracy of three techniques. *Spine* 2000;25(13):1655-67.
21. Magerl FP. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1984;189:125-41.
22. Mehta VA, McGirt MJ, Garcés Ambrossi GL, et al. Trans-foraminal versus posterior lumbar interbody fusion: comparison of surgical morbidity. *Neurol Res* 2011;33(1):38-42. 9.
23. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, et al. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg* 2015;1:2-18.
24. Nandyala, SV, Marquez-Lara A, Fineberg, SJ, et al. Prospective, randomized, controlled trial of silicate-substituted calcium phosphate versus rhBMP-2 in a minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Spine* 2014;39(3):185-91
25. Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, et al. Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J* 2006;6:435-43.
26. Pawar A, Hughes A, Girardi F, et al. Lateral Lumbar Interbody Fusion. *Asian Spine J.* 2015 Dec;9(6):978-83.
27. Pojskic M, Saß B, Völlger B, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF) in a consecutive series of 72 patients. *Bosn J Basic Med Sci.* 2021 Oct 1;21(5):587-597.
28. Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT, et al. Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 7: intractable low-back pain without stenosis or spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2005;2:670-2.
29. Richter M, Wilke HJ, Kluger P, et al. Biomechanical evaluation of a new modular rod-screw implant system for posterior instrumentation of the occipitocervical spine: in-vitro comparison with two established implant systems. *Eur Spine J.* 2000;9:417-442.
30. Richter M, Weidenfeld M, Uckmann FP. Anterior lumbar interbody fusion. Indications, technique, advantages and disadvantages. *Orthopade.* 2015 Feb;44(2):154-61.
31. Sadrameli SS, Jafrani R, Staub BN, et al. Minimally Invasive, Stereotactic, Wireless, Percutaneous Pedicle Screw Placement in the Lumbar Spine: Accuracy Rates With 182 Consecutive Screws. *Int J Spine Surg.* 2018 Dec 21;12(6):650-658.
32. Schaefer C, Begemann P, Fuhrhop I, et al. Percutaneous instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine using pedicle screws: preliminary clinical results and analysis of accuracy. *Eur Spine J.* 2011 Jun;20(6):977-85.
33. Shen FH, Samartzis D, Khanna AJ, et al. Minimally invasive techniques for lumbar interbody fusions. *Orthop Clin North Am.* 2007;38:373-86.
34. Silvestre C, Mac-Thiong JM, Hilmi R, et al. Complications and morbidities of mini-open anterior retroperitoneal lumbar interbody fusion: oblique lumbar interbody fusion in 179 patients. *Asian Spine J* 2012;6:89-97.
35. Takayasu M, Hara M, Yamauchi K, et al. Transarticular screw fixation in the middle and lower cervical spine: technical note. *Journal of Neurosurgery: Spine* 2003;99(1):132-6
36. Tomita T, Kamei K, Yamauchi R, et al. Posterior Oblique Square Decompression with a Three-Step Wandering Technique in Tubular Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: Technical Report and Mid-Long-Term Clinical Outcomes. *J Clin Med.* 2022 Mar 16;11(6):1651.
37. Yu CH, Wang CT, Chen PQ. Instrumented posterior lumbar interbody fusion in adult spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res.* 2008 Dec;466(12):3034-43.
38. Yukawa Y, Kato F, Ito K, et al. Placement and complications of cervical pedicle screws in 144 cervical trauma patients using pedicle axis view techniques by fluoroscope. *Eur Spine J.* 2009;18:1293-1299.
39. Xu ZK, Chen G, Li FC, et al. Correlation study between facet angle and facet violation in percutaneous pedicle screw placement in lumbar vertebrae. *Chin J Orthop.* 2018;38(2):72-78.





## 53

MİNİMAL İNVAZİV SPİNAL CERRAHİDE  
DİNAMİK STABİLİZASYON SİSTEMLERİ

Burak Gezer, Mert Şahinoğlu, Ender Köktekir

Minimal invaziv spinal cerrahi (MİSC), üzerinde çalışılan yeni erişim stratejileri enstrümantasyon ve ekartörlerdeki teknolojik gelişmeler ile hızla gelişen bir uzmanlık alanıdır. Ayrıca intraoperatif görüntüleme yöntemlerindeki yenilikler de MİSC'in gelişimine katkı sunmaktadır. Son zamanlarda, MİSC füzyonları için kas koruyucu, paramedian, Wiltse yaklaşımları ve doğrudan lateral yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Altın standart hâlen lomber artrodezdir, ancak lomber hareketin korunması gelişmekte olan bir alandır. Lomber hareketi korumak ve dejeneratif disk hastalığını tedavi etmek için hareket koruyucu teknolojiler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Ayrıca total disk replasmanı ve pedikül vidası tabanlı posterior dinamik stabilizasyon (PDS) sistemleri de geliştirilmekte olan alanlardır. Total disk replasmanının (TDR) etkinliğini gösteren randomize çalışmalar mevcuttur (16).

PDS, stabilitenin sıkıştırılmamış bir seviyeye verildiği ancak diğer seviyelere komşu segment stresini önlediği bir "yumuşak stabiliteyi" temsil eder. Ayrıca komşu segment dejenerasyonu insidansını azaltmak için bir füzyon yapısının sonunda PDS'nin kullanıldığı hibrit yapılar da önerilmektedir.

### MİNİMAL İNVAZİV DİNAMİK STABİLİZASYON SİSTEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ VE ROLÜ

İdeal bir dinamik stabilizasyon sistemi, normal harekete izin verirken yükü paylaşarak disk ve faset eklemler yoluyla anormal yüksek yük iletimini önlemelidir (24). Yük paylaşımı, ağrının giderilmesinin temel mekanizmasıdır (15). Diskin ve faset eklemlerin eklem kıkırdağının beslenmesini ve normal sağlığını korumak için normal yük taşımaları ve hareketlerinin korunması önemlidir. Bu nedenle dinamik stabilizasyon sistemi, yalnızca kısmi bir yükü paylaşmalı, disk ve faset eklemler yoluyla normale yakın bir yükün iletilmesine izin vermelidir. Sistem tarafından yaklaşık %20-40'luk bir yükün paylaşılabilmesi varsayılabilir. Hareket kısıtlaması minimum düzeyde olmalıdır. Bununla birlikte, cihazın hareket açıklığı (ROM)

boyunca disk ve faset eklemler üzerinde herhangi bir anormal, keskin yüklenmeyi önlemesi önemlidir (25).

Segment füzyon olmazsa, sert bir rod çubuğu bile arızalanabilir. Dinamik stabilizasyon sistemleri doğal olarak esnektir. Belirli bir ROM ve yük içinde yorulmaya dayanacak şekilde tasarlanmaktadır. ROM sırasındaki aşama aşama, cihazın çok daha yüksek bir yükü paylaşması gerekiyorsa (örneğin cihazın yalnızca %30'unu paylaşması amaçlandığında, toplam yükün > %60'ı gibi), cihaz implant-kemik birleşim yerinde metal yorgunluğu veya gevşemeye maruz kalabilir. Bu nedenle, yük paylaşımının ROM boyunca tek tip olması önemlidir. Dinamik stabilizasyon sisteminin geliştirilmesi üç prensibe dayanmaktadır:

- 1) Yaklaşık %30 oranında disk basıncında azalma
- 2) Minimum hareket kısıtlaması
- 3) ROM boyunca tek tip yük paylaşımı.

PDS'nin tasarımını belirleyen cerrahi ilkeler ise:

1. Minimal invaziv cerrahi tekniklerle yerleştirilebilir,
2. Cihaz arızası durumunda çıkartılmasının kolay olmasıdır.

### POSTERİOR DİNAMİK STABİLİZASYON VE TOTAL DİSK DEĞİŞİMİ KARŞILAŞTIRILMASI

Paramedian kas koruyucu yaklaşım, perkütan pedikül vidaları için MİSC lomber posterior füzyonları ve MİSC transforaminal lomber interbody füzyonu (MİS-TLİF) için kullanılır. Paramedian kas koruyucu yaklaşımın birçok avantajı vardır ve pedikül vidası tabanlı PDS'ye kolayca uyarlanabilir. Posterior lomber perkütan pedikül vida fiksasyonu iyi bilinen bir tekniktir (5, 6). Sadece sert rod yerine esnek bir rodun perkütan yerleştirilmesi için uyarlanması yeterlidir.

TDR genellikle başka bir cerrahi bölümün yardımıyla yapılan ve dejeneratif disk hastalığı için endike olan bir anterior yaklaşım cerrahisi ile uygulanır (Şekil

1). TDR'nin revizyonu için anterior lomber yaklaşım yönteminin kullanılmasının ciddi üreteral ve vasküler komplikasyon riskleri vardır (2, 20). Direkt lateral veya transpoas yaklaşımı, L5'in üzerindeki seviyeler için lomber interbody füzyonları için savunulmaktadır ve sadece büyük damarların retraksiyonunu gerektirir, başka bir cerrahi bölümün yardımını gerektirmez. Komplikasyon ihtimali daha düşüktür. Özellikle lomber TDR revizyonu için direkt lateral yaklaşım önerilir. L5-S1 için trans-sakral cihaz füzyon için savunulmaktadır; ancak, yaklaşım sırasında rektal komplikasyonlar ile ilgili endişeler vardır.

## STANDART TEKNİĞE GÖRE AVANTAJLAR VE SINIRLAMALAR

### Paravertebral Kas Dokusunun Korunması

MİSC teknikleri, posterior lomber cerrahi sırasında kas yaralanmasını en aza indirmeye çalışır. Kas ekartörlerinin kullanımını ortadan kaldırır, böylece daha az kas yaralanmasına yol açar. Ayrıca cerrahi koridorun doğrudan cerrahi hedef bölge üzerine odaklanması, standart tekniğe göre kasın vasküler beslenmesine ve innervasyonuna çok daha az zarar verir. MİSC yaklaşımlarıyla ilişkili kas korumasını gösteren çok sayıda çalışma vardır. Yapılan bir çalışmada standart posterior enstrümantasyon ile tedavi edilen hastalar ve perkütan enstrümantasyon ile tedavi edilen hastalar arasındaki gövde kas gücünü karşılaştırılmaktadır. MİSC uygulanan hastalarda ekstansiyon gücünde %50'nin üzerinde iyileşme görülürken, standart cerrahi uygulanan hastalarda lomber ekstansiyon gücünde anlamlı bir iyileşme olmadığı bu çalışmada

da gösterilmiştir (13). Benzer bir çalışmada, Stevens ve ark. yüksek çözünürlüklü MR dizileri kullanarak multifidus kasının ameliyat sonrası görünümünü değerlendirdi. Açık posterior TLİF tekniği ile standart bir orta hat insizyonu ile tedavi edilen hastalarda, post operatif 6. ay MR taramalarında kaslar arası yaygın ödem görülmesine rağmen, MİSC-TLİF grubunda paramedian insizyonu olan hastalar, post op 6. ay MR'de kaslar arası ödem görülmedi (28). Ayrıca Hyun ve ark. standart bir orta hat yaklaşımıyla tek taraflı TLİF ipsilateral enstrümantasyon ile posterior spinal füzyon uygulanan bir grup hastayı retrospektif olarak değerlendirdi. Kontralateral enstrümantasyon ile posterior spinal füzyon ise paramedian, intermusküler (Wiltse) yaklaşım kullanılarak aynı seviyede yapılmıştır. Ameliyat sonrası, açık yaklaşım tarafında multifidus kesit alanında anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ancak karşı tarafta multifidus kesit alanında azalma olmamıştır (11).

Geleneksel lomber füzyonun uzun süreli geniş retraksiyonu, iskemi ve paraspinal kas sisteminin denervasyonu ile sonuçlanabilir, bu da postoperatif kas atrofisine ve ağrıya yol açabilir (30, 31). Multifidus kası, diğer paravertebral kaslarda olduğu gibi intersegmental nöral innervasyonu olmadan sadece dorsal ramusun medial dalı tarafından innerve edildiğinden standart posterior spinal cerrahi sırasında yaralanmaya en açık olanıdır (34). Dorsal ramının medial dalı fibro-osseöz mamilloaksuesuar ligamanın altında ilerler ve kompresyona karşı çok duyarlıdır. Ameliyatta kasların laterale ekartasyonu sırasında ciddi kompresyona maruz kalır ve denerve olabilir (27, 30).



Şekil 1. Total disk protez örnekleri.

Doku travmasındaki azalmaların hem lokal hem de sistemik etkileri vardır. Açık ve MİSC füzyonu uygulanan hastalarda dolaşımdaki doku hasarı belirteçlerini inceleyen bir çalışmada, iskelet kası hasarı belirteçleri (kreatinin kinaz, aldolaz), proinflatuar sitokinler (IL-6, IL-8) ve anti-inflatuar sitokinler (IL-10, IL-1 reseptör antagonisti) ölçüldü (14). Açık füzyon cerrahi grubunda gözlemlenen tüm belirteçlerde iki ile yedi kat artış vardı. Gruplar arasında en büyük fark postoperatif birinci günde meydana geldi. Çoğu belirteç, MİSC grubu için 3 gün içinde başlangıç seviyesine döndü, ancak açık cerrahi grubun başlangıç seviyesine dönmesi 7 gün gerektirdi. İnflatuar sitokinlerdeki bu tür yükselmeler cerrahi bölgenin dışında, doğrudan sistemik etkileri olabilir.

### Kas Yaralanmasının Klinik Sonuçlarla İlişkisi

Kas yaralanmasının nihai sonucu henüz belirlenmemiştir, ancak kas yaralanması ile uzun süreli postoperatif ağrı arasında bir ilişki olduğu görülmektedir. Sihvonen ve ark. bu konu ile ilgili yaptıkları çalışmada, başarısız bel cerrahisi sendromu olan hastalarda multifidus kasında şiddetli denervasyon bulgularını tespit etmişlerdir (27). Ayrıca kas biyopsilerinde atrofi, fibrozis ve yağ infiltrasyonundan oluşan ileri kronik denervasyon belirtileri saptamışlardır. Denervasyon hasarının, posterior orta hat yaklaşımıyla ilişkili kas retraksiyonu sırasında posterior raminin medial dalına doğrudan verilen hasardan kaynaklanabileceğini varsaydılar. Reinnervasyon eksikliğinin de multifidus kasına intersegmental innervasyonu olmamasından kaynaklandığı düşündüler. Böylece paraspinal kasların şiddetli denervasyonun cerrahi sonrası kötü sonuçlarla ilişkili olduğunu ortaya koydular. Bu çalışmada ayrıca kötü klinik sonuçların, ameliyattan 2 ila 5 yıl sonra anormal elektromiyografik paternlerle ilişkili olduğunu göstermişlerdir.

### Direkt Lateral Transpoas Yaklaşım

Transpoas lateral lomber interbody yaklaşımı, lomber interbody füzyonu için son on yılda popüler hâle gelmiştir. Bu, lomber omurgaya minimal invaziv, modifiye lateral retroperitoneal bir yaklaşımdır. Belirgin retraksiyon veya viseral içeriğe maruz kalmadan veya büyük damarların retraksiyonuna gerek kalmadan lomber omurgaya L5-S1 üzerinde erişim sağlar. Büyük interbody greftler, geleneksel anterior lomber yaklaşımın morbiditesi olmadan yerleştirilebilir (16, 20). Bu minimal invaziv yaklaşım, retroperitoneal yaklaşımla ilişkili morbiditeyi azaltır. Ek olarak, geleneksel anterior retroperitoneal yaklaşımın revizyonu zor ve komplikasyonlarla doludur (18). Direkt lateral yaklaşım, daha düşük komplikasyon riskli revizyon stratejilerine imkân verir. Anterior ana damar siste-

minin skarlaşmasını önleyebilir. Ancak bu yaklaşımın dezavantajları vardır; lomber pleksus poas kasları içinde yer alır ve ameliyattan sonra ön uyluk ağrısı ve zayıflığı oldukça yaygındır. En korkulan komplikasyon ise femoral sinir felcidir (9).

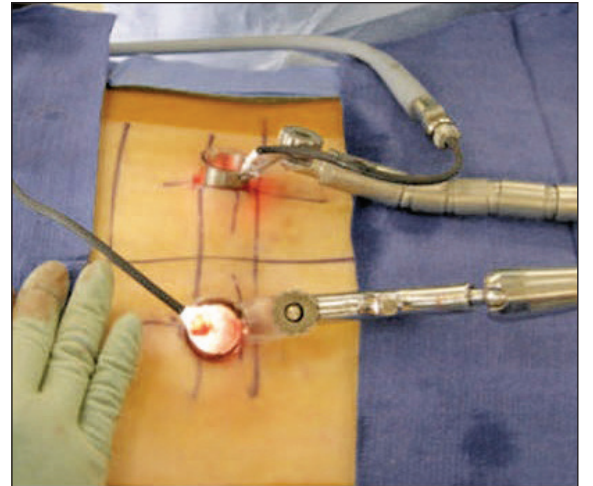
## MİSC YAKLAŞIMLARININ GÜNCEL DİNAMİK SİSTEM TEKNOLOJİLERİNE UYGULANMASI

### Paramedian Yaklaşımlar

#### PDS Sistemleri

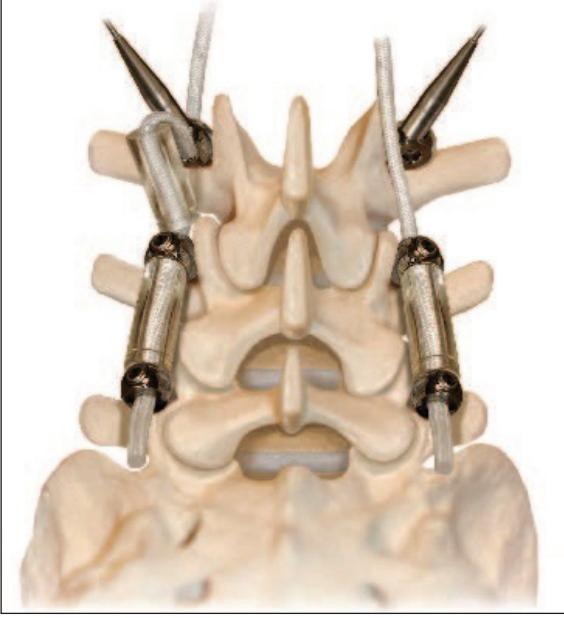
Minimal invaziv paramedian yaklaşımın potansiyel uygulamalarından biri pedikül vidası tabanlı PDS'dir. Posterior lomber perkütan pedikül vida fiksasyonu iyi kurulmuş bir tekniktir (5, 6) (Şekil 2). Pimenta ve ark. yaptıkları çalışmada posterior lomber perkütan pedikül vida fiksasyonunu minimal invaziv cerrahi yöntemlerle uygulamıştır. Esnek bir rod sistemi kullanarak yaptıkları çalışmada 1 yıllık takipte, ortalama görsel analog skalasının (VAS) puanının 7,3'ten 3,5'e ve ortalama Oswestry Engellilik İndeksi (ODI) puanının ise 65'ten 27'ye düştüğünü tespit ettiler. Ortalama ameliyat süresi 90 dakika ve ortalama kan kaybı 50mL'den azdı. Hastalar ameliyattan birkaç saat sonra ayağa kalkmış ve genellikle aynı gün eve taburcu edilmiştir (19).

Kullanımı giderek artan Dinamik Nötralizasyon (Dynesys) sistemi son yapılan çalışmalarda minimal invaziv yöntemler ile uygulanmaya başlandı (10, 33). Dynesys sistemi pedikül vidaları arasında bulunan bir plastik tüp ile bir germe bandını birleştirerek hem kontrollü fleksiyon hem de uzama sağlayan bir tasarım içerir (Şekil 3). Bükülmede, hareket bant üzerindeki gerilim tarafından kontrol edilirken, uzat-



Şekil 2. Lomber omurgaya paramedian yaklaşımlar için minimal invaziv ışıklı ekartörler.





Şekil 3. Dynesis sistemi.

ma sırasında plastik silindirik borular kısmen sıkıştırılabilir bir aralayıcı olarak hareket ederek sınırlı bir uzamaya izin verir (17, 22). Gerçekten de, bu plastik silindirler, uzantıda kısmen ağırlık taşıyabilir. Düzgün çalışması için Dynesys cihazının uygulanmasında dikkatli teknik yönergeler izlenmelidir. Örneğin, uygun olmayan şekilde uzun plastik ayırıcılar, kötü sonuçlarla ilişkilendirilen bir senaryo olan fokal kifoz neden olabilir (17, 29). Dynesys yirmi yıldan daha uzun bir süre önce geliştirilmiş bir nonfüzyon pedikül vida stabilizasyon sistemidir (7, 29). Stabilize edilen segmentlerdeki tüm hareketlerin önlenmesinin sadece sagittal dengeye ve genel fonksiyona zarar vermemle kalmayıp, aynı zamanda komşu segmentlerde hızlandırılmış dejeneratif değişiklikleri ortaya çıkarabileceği önerisi ışığında “yumuşak stabilizasyon” geliştirilmiştir. Bu sistemler mobil bir yük transferi kurar ve stabiliteyi sağlarken segmentin tüm düzlemlerdeki hareketini de kontrol eder. Böylece bilateral implant sistemi tüm düzlemlerde hareketi kontrol eder. Denetleyici segmental hareket ile stabilite kurulur ve stabil olmayan bir segmentin tek dekompresyonu ile veya böyle bir segmentin füzyonu ile karşılaştırıldığında daha fizyolojik bir durum elde edilir. Dekompresif prosedürlerle bağlantılı olarak, sistem stabiliteyi yeniden kurar ve iyatrojenik dengesizliği önler. Bu açıdan Snake ve ark. dynesys sistemi ile elastik stabilizasyonun, dejeneratif spondilolistezisli spinal stenoz için dekompresyon sonrası instabiliteyi önlemek için yeterli stabilite sağlayıp sağlamadığını değerlendiren bir çalışma yaptılar (23). Lomber spinal stenozlu ve dejeneratif spondilolistezisli 26 hastaya Dynesys sistemi ile interlaminar dekom-

resyon ve dinamik stabilizasyon uygulandı. Ortalama bacak ağrısı önemli ölçüde azaldı ( $p < 0.01$ ) ve ortalama yürüme mesafesi 1.000 m’den fazla arttı ( $p < 0.01$ ). İmplant başarısızlık oranı %17 idi ve implant başarısızlıklarının hiçbiri klinik olarak semptomatik değildi.

### MİSC-TLİF Sistemleri

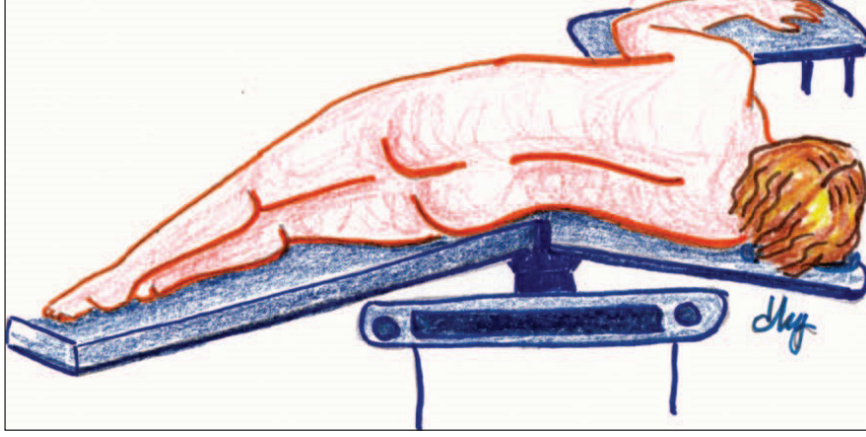
MİSC-TLİF yöntemi ilk defa Foley ve ark. tarafından tanımlanmıştır (8). Perkütan pedikül vidası ile birlikte kullanıldığında 360 derece füzyon sağlaması sebebi ile oldukça popüler olmuştur (5). Bu yöntemin endikasyonları, açık TLİF endikasyonları ile oldukça benzerlik göstermektedir. Paramedian yaklaşımla özel bir tübüler çalışma kanülü kullanılarak yapılır. Total fasetektomi yapılır ve sonrasında diskektomi tamamlanır. Kafes çeşitleri olarak polietilenterketon (PEEK), karbon fiber, allogreft kemik ve titanyum kafesler kullanılabilir. MİSC-TLİF ve açık TLİF cerrahisi yapılan hastaları karşılaştıran çalışmada MİSC-TLİF yapılan grupta kan kaybı, hastanede kalış süresi ve cerrahi sonrası analjezi ihtiyacında belirgin azalma görülmüştür (12). 2010 yılında yapılan bir çalışmada postoperatif ağrı, total kan kaybı, kan ürünleri transfüzyon ihtiyacı, hastanede kalış süresi açısından MİSC-TLİF yönteminin açık TLİF yöntemine göre daha üstün olduğu da gösterilmiştir (26). Tsahsarlis ve ark. yaptıkları bir çalışma ile MİSC-TLİF cerrahisinin lomber spondilolistezis tedavisinde kullanılabilirliğini gösterdiler (32).

### Direkt Lateral ve Ekstrem Lateral Transpoas Yaklaşım

Direkt lateral (D-LİF) ve ekstrem lateral (X-LİF) interbody füzyon olarak da adlandırılır. Bu, lomber omurgaya minimal invaziv, modifiye lateral retroperitoneal bir yaklaşımdır. Büyük interbody greftler, geleneksel anterior lomber yaklaşımın morbiditesi olmadan yerleştirilebilir (16, 20). Minimal invaziv (MİSC-XLİF), anterior lomber interbody füzyonu (ALIF) ile ilişkili vasküler yaralanmaları sınırlamak ve transforaminal lomber interbody füzyonuna (TLIF), posterior lomber interbody füzyona (PLIF) atfedilen kas yaralanmasını en aza indirmek için geliştirilmiş bir yöntemdir.

Operasyon genel anestezi altında lateral dekübit pozisyonda, radyolüsen ameliyat masasında yapılır. İnsizyon genellikle retroperitoneal boşluk ve psoas kasları arasında omurgaya ulaşımı sağlayacak şekilde, 3-4 cm’lik lineer bir insizyon yeterli olmaktadır. Dilatasyon tüpleri ile kaslar arasında yer açılırken, çalışma kanülünün yerleştirilmesi ile diskektomi için mükemmel cerrahi alan sağlanmış olur. Birçok yazar intraoperatif nöromonitörleme önermektedir. Ardından total diskektomi yapılır, end platerler kazanarak





**Şekil 4.** X-LİF uygulaması için hastaya verilmesi gereken lateral dekübit pozisyonu.

füzyon için hazırlanır. Temizlenen diskektomi alanına kafes uygulanır (Şekil 4).

D-LİF ve X-LİF yaklaşımında ortalama komplikasyon oranı %25 olarak bildirilmektedir. Bu oran ALIF'te %26,6'dır ve daha ciddi komplikasyonlardır (3). ALIF'te görülen komplikasyonlar vasküler yaralanma, viseral organ yaralanması, sempatik disfonksiyona bağlı retrograd ejakulasyon olarak sayılabilir. Oysa bunlar D-LİF ve X-LİF yönteminde çok nadir olarak görülmektedir. Ancak bu yaklaşımın dezavantajları da vardır; lomber pleksusun psoas kasları içinde yer alması nedeniyle ameliyattan sonra ön uyluk ağrısı ve zayıflığı oldukça yaygın görülmektedir. En korkulan komplikasyon femoral sinir felcidir (9). Bu komplikasyonun, hastanın operasyon sırasındaki pozisyonuna veya üst lomber pleksopatiye bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bendersky ve ark. serilerinde kısa süreli uylukta anestezi ve kalça fleksiyonunda kuvvetsizlik bildirmiş, bunun psoas kasının ekartasyonuna bağlı olduğunu düşünmüşlerdir (1). Bu yöntemin bir diğer komplikasyonu nadir de olsa operasyon sonrası motor kuvvet kaybının oluşmasıdır. Rodger ve ark. özellikle L4-5 mesafesinde nörovasküler yapıların daha anteriorde bulunması sebebi ile operasyon sonrası motor defisit gelişme riskinin daha yüksek olacağını bildirmişlerdir (21). Son yapılan çalışmalarda ise özellikle X-LİF yaklaşımının komplikasyonları ile ilgili ciddi eleştiriler mevcuttur (4).

## SONUÇLAR

Diğer cerrahi alt uzmanlıklarında olduğu gibi, omurga cerrahisinde de minimal invaziv teknolojilerin ve tekniklerin adaptasyonu zamanla gelişmeye devam etmektedir. Omurga cerrahisi daha minimal invaziv prosedürleri benimserken, dinamik sistem teknolojileri de zamanla minimal invaziv stratejileri benimseyecektir. Ancak veriler son derece sınırlıdır ve mevcut bilgilerin çoğu büyük ölçüde teoride kalmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Bendersky M, Solá C, Muntadas J, et al: Monitoring lumbar plexus integrity in extreme lateral transposoas approaches to the lumbar spine: a new protocol with anatomical bases. *European Spine Journal* 24:1051-1057, 2015
2. Brau SA, Delamarter RB, Kropf MA, et al: Access strategies for revision in anterior lumbar surgery. *Spine* 33:1662-1667, 2008
3. Duggal N, Mendiondo I, Pares HR, et al: Anterior lumbar interbody fusion for treatment of failed back surgery syndrome: an outcome analysis. *Neurosurgery* 54:636-644, 2004
4. Epstein NE: Review of risks and complications of extreme lateral interbody fusion (XLIF). *Surgical Neurology International* 10, 2019
5. Foley KT, Gupta SK: Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine: preliminary clinical results. *Journal of Neurosurgery: Spine* 97:7-12, 2002
6. Foley KT, Gupta SK, Justis JR, et al: Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. *Neurosurgical Focus* 10:1-9, 2001
7. Grob D, Benini A, Junge A, et al: Clinical experience with the Dynesys semirigid fixation system for the lumbar spine: surgical and patient-oriented outcome in 50 cases after an average of 2 years. *Spine* 30:324-331, 2005
8. Holly LT, Schwender JD, Rouben DP, et al: Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: indications, technique, and complications. *Neurosurgical focus* 20:1-5, 2006
9. Houten JK, Alexandre LC, Nasser R, et al: Nerve injury during the transposoas approach for lumbar fusion: report of 2 cases. *Journal of Neurosurgery: Spine* 15:280-284, 2011
10. Hsieh C-T, Chang C-J, Su I-C, et al: Clinical experiences of dynamic stabilizers: Dynesys and Dynesys top loading system for lumbar spine degenerative disease. *The Kaohsiung journal of medical sciences* 32:207-215, 2016

11. Hyun SJ, Kim YB, Kim YS, et al: Postoperative changes in paraspinal muscle volume: comparison between paramedian interfascial and midline approaches for lumbar fusion. *Journal of Korean medical science* 22:646-651, 2007
12. Isaacs RE, Podichetty VK, Santiago P, et al: Minimally invasive microendoscopy-assisted transforaminal lumbar interbody fusion with instrumentation. *Journal of Neurosurgery: Spine* 3:98-105, 2005
13. Kim D-Y, Lee S-H, Chung SK, et al: Comparison of Multifidus Muscle Atrophy and Trunk Extension Muscle Strength: Percutaneous: Versus: Open Pedicle Screw Fixation. *Spine* 30:123-129, 2005
14. Kim K-T, Lee S-H, Suk K-S, et al: The quantitative analysis of tissue injury markers after mini-open lumbar fusion. *Spine* 31:712-716, 2006
15. McNally D, Adams MA: Internal intervertebral disc mechanics as revealed by stress profilometry. *Spine* 17:66-73, 1992
16. Murrey D, Janssen M, Delamarter R, et al: Results of the prospective, randomized, controlled multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of the ProDisc-C total disc replacement versus anterior discectomy and fusion for the treatment of 1-level symptomatic cervical disc disease. *The Spine Journal* 9:275-286, 2009
17. Nockels RP: Dynamic stabilization in the surgical management of painful lumbar spinal disorders. *Spine* 30:S68-S72, 2005
18. Patel AA, Brodke DS, Pimenta L, et al: Revision strategies in lumbar total disc arthroplasty. *Spine* 33:1276-1283, 2008
19. Pimenta L, Diaz R, Sengupta DK: Minimally invasive posterior dynamic stabilization system. *Dynamic Reconstruction of the Spine*. 1st ed Thieme, New York:323-329, 2006
20. Rajaraman V, Vingan R, Roth P, et al: Visceral and vascular complications resulting from anterior lumbar interbody fusion. *Journal of Neurosurgery: Spine* 91:60-64, 1999
21. Rodgers WB, Gerber EJ, Patterson J: Intraoperative and early postoperative complications in extreme lateral interbody fusion: an analysis of 600 cases. *Spine* 36:26-32, 2011
22. Schmoelz W, Huber J, Nydegger T, et al: Dynamic stabilization of the lumbar spine and its effects on adjacent segments: an in vitro experiment. *Clinical Spine Surgery* 16:418-423, 2003
23. Schnake KJ, Schaeren S, Jeanneret B: Dynamic stabilization in addition to decompression for lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis. *Spine* 31:442-449, 2006
24. Sengupta DK: Dynamic stabilization devices in the treatment of low back pain. *Orthopedic Clinics* 35:43-56, 2004
25. Sengupta DK: Dynamic stabilization in the treatment of low back pain due to degenerative disorders. *The Lumbar Spine* (Herkowitz H, Dvorak J, Bell G, Nordin M, Grob D, eds), 3rd edn, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia:373-383, 2004
26. Shunwu F, Xing Z, Fengdong Z, et al: Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar diseases. *Spine* 35:1615-1620, 2010
27. Sihvonen T, Herno A, Paljärvi L, et al: Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome. *Spine* 18:575-581, 1993
28. Stevens KJ, Spenciner DB, Griffiths KL, et al: Comparison of minimally invasive and conventional open posterolateral lumbar fusion using magnetic resonance imaging and retraction pressure studies. *Clinical Spine Surgery* 19:77-86, 2006
29. Stoll TM, Dubois G, Schwarzenbach O (2004) The dynamic neutralization system for the spine: a multi-center study of a novel non-fusion system. *Arthroplasty of the Spine*. Springer, pp 114-122
30. Suwa H, Hanakita J, Ohshita N, et al: Postoperative changes in paraspinal muscle thickness after various lumbar back surgery procedures. *Neurologia medico-chirurgica* 40:151-155, 2000
31. Taylor H, McGregor AH, Medhi-Zadeh S, et al: The impact of self-retaining retractors on the paraspinal muscles during posterior spinal surgery. *Spine* 27:2758-2762, 2002
32. Tsahtsarlis A, Wood M: Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and spondylolisthesis. *Journal of Clinical Neuroscience* 19:858-861, 2012
33. Tu J, Hua W, Li W, et al: Short-term effects of minimally invasive dynamic neutralization system for the treatment of lumbar spinal stenosis: an observational study. *Medicine* 97:2018
34. Vialle R, Khouri N, Olivier E, et al: Anatomical study of the paraspinal approach to the lumbar spine. *European Spine Journal* 14:366-371, 2005

## 54

MİNİMAL İNVAZİV İNTERBODY FÜZYON  
TEKNİKLERİ

Semih Can Çetintaş, Mustafa Onur Ulu

## İNTERBODY FÜZYON (IF) TEKNİKLERİ

İnterbody füzyon (IF) teknikleri; disk herniasyonu, spondilolistezis, spinal deformiteler, travma, neoplazi ve enfeksiyon gibi birçok hastalığın tedavisinde kullanılan yaklaşımlardır (24,26). Bu yaklaşımlar, diskektomi sonrası intervertebral mesafeye kemik greft ya da bir kafes şeklinde implant yerleştirilmesi ile füzyonun sağlanmasını amaçlamaktadır. İnterbody füzyon, daha düşük postoperatif komplikasyon ve psödoartroz oranları nedeniyle diğer füzyon teknikleri ile karşılaştırıldığında üstün bir konumdadır (18,26,28,33). Günümüzde IF; servikal omurgaya yönelik anterior yaklaşım ile, torakal omurgaya yönelik anterior ve lateral (DLIF, XLIF) yaklaşımlar ile, lomber omurgaya yönelik ise anterior (ALIF), posterior (PLIF, TLIF), lateral (DLIF, XLIF) ve oblik (OLIF) yaklaşımlar ile sağlanır. Bu operasyonlar açık cerrahi veya minimal invaziv cerrahi ile gerçekleştirilebilir (18,26).

## SPİNAL ENSTRÜMANTASYON VE İNTERBODY FÜZYON TEKNİKLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Spinal enstrümantasyon, ilk defa 1891 tarihinde Berthold Ernest Hadra'nın gümüş spinöz proses tellerini kullanması ile tanımlanmıştır (1,26). 1910'da Fritz Lange, omurga üzerinde ilk defa çelik rodları kullanmıştır (26,33). Omurga füzyonu kavramı ilk defa, tüberküloz spondilitinde stabilizasyonu sağlamak amacıyla tibial greft kullanılması tekniğini tanımlayan Fred H. Albee ve skolyoz gibi spinal deformiteleri stabilize etme tekniğini tanımlayan Russell Hibbs tarafınca geliştirilmiştir (1,26,30). 1929 yılında Fremont A. Chandler, bel ve siyatik ağrı tedavisi için ilk defa spinal füzyon tekniğini kullanmıştır (26). 1934'te William Jason Mixter ve Joseph S. Barr, diskojenik siyatik ağrının diskektomi sonrası düzeldiğini ancak kronik bel ağrı şikayetinin devam ettiğini bildirmişlerdir. Joseph S. Barr, bu sorunun üstesinden gelmek için diskektomi ile birlikte spinal füzyonun yapıldığı kombine bir operasyon tekniği önermiştir (26,33). Harrington, hooklar yardımı ile omurgayı hareketsiz

hale getiren ve bu hookları, rodlarla birbirine bağlayarak spinal füzyona yardımcı olan bir yöntem geliştirmiştir. İlk defa Tourmy ve King, fasetler ve laminalar üzerinde kemik vidalarının kullanılmasını önermişlerdir. 1959'da Boucher pedikül vidasını ilk defa tanımlayan kişidir. Raymond Roy-Camille bu tekniği geliştirmiş ve 1970 yılında pedikül vidalarıyla stabilize edilen posterior plakların kullanımını tanımlamıştır. Bu çalışma, pedikül vidası kullanılarak yapılan spinal enstrümantasyonunun temelini oluşturmuştur. Pedikül vidaları ile omurilik kanalı korunmuş ve vidalar omurganın üç sütununu da geçerek stabilizasyonu arttırmıştır. Bu sebeple spinal stabilizasyon için hâlâ altın standarttır. Modern füzyon teknikleri, bu çalışmanın üzerine inşa edilmiştir (18,25,26,30,33).

Lomber omurgaya anterior yaklaşımlar ilk defa 1906'da Muller tarafından yapılmıştır. Anterior yaklaşım ile füzyon tekniği ise ilk defa 1930'larda Ito ve ark. tarafından Pott Hastalığı'nı tedavi etmek amacıyla kullanılmıştır (26,33). Burns ve Capener, bu transperitoneal yaklaşımı spondilolistezis tedavisinde ilk kez uygulamıştır (26,28). Cloward 1952'de rüptüre disklerin tedavisi için PLIF tekniğini tanımlamıştır. Bu teknik daha sonraki yıllarda spondilolistezis ile ilişkili kronik bel ağrısı olan hastalarda kullanılmıştır (18,22,26). 1982 yılında Harms ve Rollinger, PLIF tekniğini modifiye ederek tek taraflı bir yaklaşım olan TLIF tekniğini tanımlamışlardır (2,13,26). Bu teknik, nöral yapılar için minimum risk ve çevresel bir füzyon elde etmek amacıyla geliştirilmiştir. LLIF; ilk defa 2001 yılında Pimenta tarafından ALIF tekniğinin modifikasyonu sonucu geliştirilmiş, lomber vertebra-ya lateral retroperitoneal yaklaşım ile uygulanan bir tekniktir (17,18).

## MİNİMAL İNVAZİV CERRAHİ (MIS) İLE YAPILAN İNTERBODY FÜZYON TEKNİKLERİNİN AÇIK CERRAHİYE KARŞI AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

MIS, yeni teknolojilerin kullanıma sunulması ile cerrahi teknikler geliştikçe daha sık kullanılmak-

tadır. MIS ile yapılan interbody füzyon operasyonu sırasında daha az doku travmasının, kan kaybının ve morbiditenin meydana geldiği gösterilmiştir. Bu tekniklerinin gelişmesi ile daha kısa cerrahi sürenin, daha az postop ağrının ve enfeksiyon oranının, daha erken mobilizasyonun, daha az narkotik ajan kullanımının ve hastanede daha kısa kalış süresinin sağlanması amaçlanmaktadır. Bazı çalışmalar MIS ile yapılan interbody füzyon sırasında radyasyona daha fazla maruz kaldığını, bu teknikleri öğrenme sürecinde komplikasyon oranlarının arttığını ve cerrahi sürenin uzadığını, bu teknolojinin daha pahalı ve ulaşımının zor olduğunu göstermiştir (8,9,11,13,15,22,26,27,29).

## **MİNİMAL İNVAZİV İNTERBODY FÜZYON TEKNİKLERİ**

### **1) Posterior Teknikler**

#### **a) Minimal İnvaziv Transforaminal Lomber İnterbody Füzyon (MIS - TLIF)**

Lomber spondilolistezis, lomber disk ve faset eklemlerin progresif dejenerasyonu sonucu meydana gelen instabilite nedeniyle oluşur. Klasik olarak nörojenik klodikasyo, bel ağrısı, alt ekstremitelerde radiküler tarzda ağrı ve güç kaybı benzeri semptomlara yol açar. Medikal tedaviden fayda görmeyen, doğru tanı koyulmuş olguların tedavisi cerrahidir. Cerrahi yaklaşım ile omurganın dekompresyonu ve stabilizasyonu sağlanır. Stabilizasyonu sağlamak amacıyla anterior (ALIF), lateral (DLIF, XLIF), posterior (PLIF, TLIF) ve oblik (OLIF) yaklaşımlar ile interbody füzyon teknikleri kullanılabilir (18,25,26).

Diğer interbody füzyon teknikleri ile kıyaslandığında TLIF; tek yaklaşım ile 360 derece füzyon sağlama imkânı, DLIF, XLIF ve ALIF'te gözlenen vasküler, abdominal ve otonomik komplikasyonların olmaması, nöral yapıların ekartasyonunun PLIF'e oranla daha az olması ve bu sebeple L2 seviyesinin üzerindeki seviyelerde yani konus medullaris düzeyinde yapılan cerrahinin daha güvenli olması gibi bazı avantajlara sahiptir (2,5,6,11,13,18,22,33). Biyomekanik açıdan, PLIF ile neredeyse eşdeğer sonuçlar gözlenir. Bu avantajlar, TLIF'in son 15 yılda giderek daha popüler hâle gelmesine yol açmıştır.

MIS - TLIF, endikasyon olarak açık TLIF ile aynı kriterlere sahiptir. Açık yaklaşımda gözlenen perop bazı zorluklar nedeniyle grade - I ve grade - II spondilolistezis tedavisinde daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (2,6,26). MIS - TLIF; açık TLIF'e oranla daha az kan kaybı, daha az kas dokusu ekartasyonu, interspinöz ligamanların ve orta hat yapılarının korunması, daha az postop ağrı, daha erken

mobilizasyon ve daha kısa yatış süresi gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca füzyon oranları ve radyolojik düzelmeler açısından açık yaklaşım ile kıyaslandığında, özellikle erken dönemde, daha iyi sonuçlar ortaya çıkmaktadır (2,6,18). Öğrenme sürecinde daha fazla komplikasyona ve daha uzun cerrahi süreye sahip olması, daha çok radyasyon maruziyeti, lomber lordozu oluşturmadaki zorluklar, maliyetinin yüksek olması ve teknolojik imkanlara ulaşılabilirliğinin daha zor olması gibi durumlar da MIS - TLIF'in dezavantajları arasında sayılabilir (2,6,13,18,26,33). MIS - TLIF aynı zamanda nöronavigasyon eşliğinde uygulanabilir. Bu teknikte radyasyon yoktur; ancak tekniğin maliyeti yüksek, erişilebilirliği düşüktür (18,21,26).

Disk mesafesinin anteriorunda çökme, morbid obezite, osteoporotik omurga, geniş epidural skar dokusu, yüksek gradeli spondilolistezis ve rotaskolyoz benzeri önemli anatomik bozukluklar, MIS - TLIF tekniğinin uygulanması için kontrendikasyon oluşturmaktadır (2,26).

#### **MIS - TLIF Cerrahi Teknik**

Bu teknik perkütan pedikül vidalarının yerleştirilmesi ve interbody füzyon olarak iki aşamadan meydana gelir. Cerrahiye orta hattın yaklaşık 5 cm lateraline, 2 - 3 cm uzunluğunda bir insizyon yapılarak başlanır. Ardından pedikül vidaları perkütan yolla yerleştirilir. Pedikül vidaları ipsilateral tarafta interbody füzyon için yapılan insizyondan yerleştirilebilir. Kontralateral tarafta ise her bir vida için yaklaşık 1 cm'lik ayrı kesiler yapılır. Pedikül, floroskopi yardımıyla tespit edilir ve drill yardımı ile vida için yaklaşık 2 cm'lik bir giriş yolu açılır. Ardından pedikül vidası bu giriş yolu kullanılarak gönderilir. Her bir vida için bu işlem tekrarlanır ve daha sonra ayrı bir insizyon yardımıyla lomber lordoza uygun olacak şekilde eğilmiş rodler yerleştirilir (6). Bu aşamadan sonra tüp ekartör, fasya ve kas planları arasından mediale doğru yaklaşık 45 derece açılarak yerleştirilir ve ipsilateral vidalar bir miktar distrakte edilir. Ardından inferior ve süperior artiküler prosesler rezeke edilir. Ligamentum flavektomi yapılarak sinir köküne ulaşılır ve disk mesafesi ortaya konulur. Disk mesafesi end plateler korunarak boşaltıldıktan sonra interbody füzyon için kullanılan implant yerleştirilir. Kalan boşluklar kemik greft ile doldurulur. Ardından ipsilateral vidalar komprese edilerek operasyona son verilir (2,6,13,16,18,33).

#### **b) Endoskopik Transforaminal Lomber İnterbody Füzyon (Endo - TLIF)**

Endoskopik yöntemler, minimal invaziv yaklaşımların giderek gelişmesiyle birlikte lomber spondi-



lolistezis gibi uygun olgularda tedavi seçenekleri arasına girmeye başlamıştır. Endo – TLIF; tüp ekartörler kullanılarak, endoskopik görüntüleme altında, transforaminal yaklaşım ile dekompresyon ve interbody füzyon sağlanmasını amaçlar. Bu yöntemin MIS – TLIF’ e kıyasla daha ucuz olması, daha kısa cerrahi süresi, daha az doku travması, daha az postop ağrı, daha az kanama ve daha erken mobilizasyon gibi avantajları vardır. Endo-TLIF uygulanan hastalar aynı gün taburcu edilebilir. Ayrıca bu tekniğin bir avantajı da peroperatif süreçte nöral yapılarda etkilenme olması durumunda hastalardan anlık geribildirim alınabilmesidir (10,31). Endoskopik teknikler; uyanık bir şekilde, bilinç açık ve hafif sedasyon eşliğinde yani genel anestezi, entübasyon, narkotik ilaç, spinal/epidural veya lokal anestezi uygulama zorunluluğu olmadan yapılabilmektedir. Bu sayede genel anesteziye bağlı komplikasyonlardan kaçınılmış olur. Bunun yanında yüzükoyun pozisyona bağlı havayolu problemleri, tüp ekartörlerin kısıtlı görüş ve çalışma imkânı tanınması ve yaklaşımın daha çok indirekt dekompresyona bağlı olması da bu tekniğin dezavantajları olarak sayılabilir. Çoklu seviye dejeneratif hastalıklar, yüksek seviye spondilolistezis, santral kanalı kapatan geniş tabanlı disk herniasyonları ve traseyi engelleyecek bir şekilde büyümüş olan faset eklem hipertrofileri gibi olgularda bu tekniğin kullanılması uygun değildir (3,18,26,31).

Endo – TLIF, kullanılan ekipmana göre biportal endoskopik, perkütan endoskopik (full-endoskopik) ve mikroendoskopik olarak 3 kategoriye ayrılabilir.

#### **Biportal Endo – TLIF**

Endoskopik ekipmanının insizyonu ile cerrahi alanın insizyonunun ayrı olduğu yöntemdir. Hastaya yüzükoyun pozisyon verilerek floroskopi yardımıyla giriş noktaları belirlenir. Ardından fasetektomi yapılarak sinir kökü ortaya koyulur ve diskektomi yapılarak disk mesafesi boşaltılır. Endo platerler korunarak floroskopi eşliğinde interbody füzyon implantı yerleştirilir. Biportal Endo - TLIF’ in cerrahi tekniği MIS - TLIF’ in tekniğine benzer (3,18,26).

#### **Perkütan (Full – Endoskopik) Endo – TLIF**

Tek tüp ekartörün yerleştirildiği, uniportal yol ile hem endoskopik hem de cerrahi ekipmanların kullanıldığı yöntemdir. Cerrahi lokal, epidural veya genel anestezi altında yapılabilir. Hastaya yüzükoyun pozisyon verilir. Orta hattın yaklaşık 10 cm laterali-ne, bir başka ifade ile paravertebral kasların lateral sınırlarına denk gelen giriş noktası belirlenir. Ardından kaslara ve faset eklemlere lokal anestezik enjekte edilir. Floroskopi yardımı ile superior artiküler proses

veya faset eklem işaretlenir ve kılavuz tel yardımı ile çalışma kanülü yerleştirilir. İntervertebral foramene doğru yönlendirilmiş olan endoskopik aletler çalışma kanülünden geçirilir ve daha sonra çalışma kanülü ve kılavuz tel çıkarılır. Ardından endoskopik mikrocerrahi aletler ile faset eklem rezeke edilerek ligamentum flavuma ulaşılır. Ligamentum flavektomi ve foraminotomi yapıp yumuşak dokular rezeke edildikten sonra sinir kökü ortaya koyulur. Dekompresyon sonrası diskektomi yapılarak disk mesafesi boşaltılır. Bu aşamadan sonra interbody füzyon implantı yerleştirilebilir amacıyla daha büyük bir çalışma kanülü yerleştirilir. Ardından endoskopi ve floroskopi yardımıyla implant yerleştirilir (3,18,26,30,31).

#### **Mikroendoskopik TLIF**

Tüp ekartörün endoskopik ekipman sisteminin bir parçası olduğu, ayrıca kas ve doku dilatatörlerini de içeren, genel anestezi altında yapılan yöntemdir. Dilatatörler sayesinde cilt insizyonu ve cilt ekartasyonu azaltılabilir. Tek bir insizyon ve tüp ekartör ile çalışma alanı sağlanır (3,18,26,31).

#### **Lateral Transpsaos Teknikler (LLIF)**

##### **a) Direkt Lateral Lomber İnterbody Füzyon (DLIF)**

##### **b) Uzak (Ekstrem) Lateral Lomber İnterbody Füzyon (XLIF)**

LLIF teknikleri, direkt lateral lomber interbody füzyon (DLIF) ve uzak (ekstrem) lateral lomber interbody füzyon (XLIF) olarak sınıflandırılır (14). Doğası gereği minimal invaziv (mini-açık cerrahi) olması ve torakolomber omurgada anterior ve orta kolona multipl seviyelerde yaklaşım ve füzyon imkânı tanınması LLIF’ in en önemli özellikleridir. Torakal disk hernileri, torakolomber spondiloz, grade I-II lomber spondilolistezis, spinal deformiteler, travma ve neoplazi gibi olgularda LLIF tekniği uygulanabilir. LLIF; yük taşıyıcı özellikte geniş ve büyük kafeslerin yerleştirilmesi, epidural boşluktan kaçınması, posterior paraspinal yapıların korunması, aorta ve vena cava manipülasyonu gerektirmemesi, seksüel disfonksiyona yol açmaması, daha az skar dokusu oluşturması ve ciddi spinal deformitelerin düzeltilmesinde kullanılabilmesi gibi avantajlara sahiptir (14,18,26,34). LLIF aynı zamanda ALIF’ ten daha hızlı bir prosedürdür. Dezavantaj olarak ise; intraabdominal yapılara ve lumbosakral pleksusa hasar verebilme ihtimalinin olması ve nöral dekompresyonun genellikle indirekt yapılabilmesi sayılabilir. LLIF tekniği ile L5-S1 mesafesine ulaşmak iliak kanatların engellemesi sebebiyle mümkün değildir. Bazı durumlarda hastanın anatomisine bağlı olarak L4-L5 seviyesi de görülememektedir. Teknik,

lomber bölgede L1-L5 seviyeleri arasında sınırlıdır (7,17,26).

### LLIF Cerrahi Teknik

Hasta sol veya sağ lateral dekübit pozisyonunda ameliyat masasına alınır. Floroskopi yardımıyla tespit edilen disk mesafesini santralize eden bir insizyon belirlenir. 2 - 3 cm'lik bir mini-insizyon ile cilt ve cilt-altı tabakaları geçildikten sonra eksternal ve internal abdominal oblik kaslar ekarte edilir. Ardından fasya transversalis gözlenir. Bu fasya da insize edilerek retroperitoneal boşluğa erişim sağlanır. Parmak diseksiyonu ile periton anteriora doğru ekarte edilir. Ekartasyon sonrası transvers psoas kası palpe edilir. Bu aşamada elektromiyografi monitörizasyonu yapılarak psoas kası içerisindeki lumbosakral pleksus ayırt edilebilir. Lumbosakral pleksus, genellikle psoas kasının arka 1/3'lük kısmında yer alır. Bu nedenle güvenli girişi noktası olarak psoas kasının ön 1/3'lük kısmı kabul edilir. Bu alan aynı zamanda disk mesafesinin de yaklaşık ön 1/3'lük bölümüne denk gelir. Nöromonitörizasyon ile cerrahi alanda sinir kökü olmadığı teyit edildikten sonra floroskopi yardımıyla disk mesafesine doğru K teli ilerletilir. Sonrasında end plateler korunarak diskektomi yapılır ve interbody füzyon implantı yerleştirilir (4,7,17,18,26). LLIF' de kullanılan implant tek, oval bir implanttır.

Torakal bölgeye yaklaşımda ise hasta benzer pozisyonda ameliyat masasına alınır. Floroskopi yardımıyla disk mesafesi belirlenir ve 3-5 cm'lik mini-insizyon ile cilt ve cilt-altı tabakaları geçilir. İnterkostal kaslar diseke edildikten sonra parietal plevraya ulaşırlar. Plevral boşluktan akciğer ortaya konulur ve künt diseksiyon ile anteriora doğru ekarte edilir. Ardından dilatörler yerleştirilir ve floroskopi ile yerleri kontrol edilir. Kontrol sonrası ekartör yerleştirilerek disk mesafesine ulaşırlar. Disk mesafesinin posterior köşesine erişebilmek amacıyla bir miktar kosta başı rezeke edilmelidir. Disk mesafesi ortaya konulduktan sonra end plateler korunarak diskektomi yapılır ve ardından interbody füzyon implantı yerleştirilir (7,16-18,26).

Torakal ya da lomber bölgeye uygulanan interbody füzyon işlemi tamamlandıktan sonra gerekli görülmesi hâlinde hasta, pedikül vidalarının yerleştirilmesi için yüzükoyun pozisyona getirilebilir (17,26).

### Anterior Teknik (ALIF)

ALIF; dejeneratif disk hastalığı, spondilolistezis, psödoartroz, neoplazm ve başarısız posterior yaklaşımda revizyon cerrahisi gibi olgularda interbody füzyonu sağlamak amacıyla uygulanan tekniklerden biridir. Bu teknik doğası gereği minimal invaziv yaklaşım ile yapılmaktadır. ALIF tekniği; paraspin-

kas diseksiyonu yapılmaması, omurganın posterior elemanlarının korunması ve bu sayede iyatrojenik instabilite oluşumunda azalma, omurganın ventral yüzüne ve disk mesafelerine doğrudan erişim olanağı sağlamasına bağlı daha az postop ağrı ve daha kısa yatış süresi ve daha düşük oranda komşu segment hastalığı görülmesi gibi avantajlara sahiptir (18, 26). Dezavantajları ise; derin ven trombozu riskinin artması, intraabdominal yapıların yaralanma riskinin olması, hipogastrik sinir yaralanmasına bağlı retrograd ejakülasyonun meydana gelmesi, insizyonel herniasyon, anterior abdominal kas atonisi ve bağırsak perforasyonu olarak sayılabilir (26,34). Yapılan çalışmalar, ALIF' in PLIF veya TLIF' den daha düşük füzyon oranlarına sahip olduğunu göstermiştir (26). ALIF tekniğinin; grade - II'den daha ileri düzeyde spondilolistezis, gross obezite, gebelik, geçirilmiş batin operasyonu, vasküler anomaliler, sistemik veya lokal enfeksiyon varlığı ve intraabdominal hastalıklarda uygulanması kontrendikedir (18,20,26).

### ALIF Cerrahi Teknik

ALIF, cerrahi seviyeye göre iki şekilde uygulanır. L2-L5 arası mesafelere retroperitoneal, L5-S1 mesafesine ise retroperitoneal ya da transperitoneal yaklaşımlar uygulanabilir. Retroperitoneal yaklaşımda; hasta genel anestezi altında, sol taraf üstte olacak şekilde sağ lateral dekübit pozisyonunda ameliyat masasına alınır. Floroskopi yardımıyla insizyon yeri belirlenir ve yaklaşık 4 cm'lik cilt insizyonu uygulanır. Ardından künt diseksiyon ile sırasıyla eksternal oblik, internal oblik ve transvers abdominal kasları geçilir. Bu aşamada L4-L5 seviyesinde internal oblik ve transvers adaleleri çaprazlayan iliohipogastrik ve ilioinguinal sinirlere dikkat edilmelidir. Kaslar geçildikten sonra peritona ulaşırlar. Periton, intraabdominal yapılar ve sol üreter anteriora doğru ekarte edilerek psoas kasının anterior ve medial sınırına ulaşırlar. Bu işlem sırasında psoas kasının anterior yüzeyinde seyreden genitofemoral sinirin korunmasına özen gösterilmelidir. Psoas kasının medial sınırı disk mesafesinden diseke edilerek intervertebral diskin anterior ve lateral sınırları ortaya konulmuş olur. L4-L5 seviyesinde disk mesafesine ulaşabilmek amacıyla iliak ven ekarte edilmelidir. Disk mesafesine ulaşıldıktan sonra floroskopi ile seviye tayini yapılır ve gerekli ekartörler yerleştirildikten sonra diskektomi aşamasına geçilir. Diskektomi sonrası interbody füzyon implantı yerleştirilir. Bir ALIF implantı; değişken lordoz açılara sahip, kama şeklinde bir yapıya sahiptir (16,18,25,26,30,34).

Transperitoneal yaklaşımda; hasta genel anestezi altında, yatar pozisyonda ve alt ekstremiteleri abduk-

siyonda olacak şekilde (French pozisyon) ameliyat masasına alınır. Batın içeriğinin yukarı doğru ekarte edilmesi amacıyla bir miktar Trandelenburg pozisyonu verilir. Simfizis pubis ile umblikus arasının orta 1/3'lük bölümüne yaklaşık 4 cm'lik insizyon yapılır. Cilt ve cilt-altı geçildikten sonra orta hatta rektus kasının fasyası açılarak peritona ulaşılır. Periton açıldıktan sonra intraabdominal organlar üst batına doğru ekarte edilerek parietal peritona ulaşılır. Parietal peritonun altında iliak arterler tespit edilir. Parietal periton, sağ iliak arterin yaklaşık 5 mm medialinden açılarak retroperitoneal bölgeye ulaşılır. Retroperitoneal yerleşimli hipogastrik sinir dikkatlice ekarte edilerek L5-S1 disk mesafesine ulaşılır. Ardından diskektomi ve interbody füzyon işlemleri tamamlanır (16,18,26,34). Zayıf hastalarda künt diseksiyon ile önce iliak arter, ven ve sağ üretere ardından bu yapılar ekarte edilerek L5- S1 aralığına ulaşılabilir. Şişman hastalarda ise transperitoneal yol kullanılmamıştır (20,34).

## 2) Oblik Prepoas Teknik (OLIF)

OLIF, neredeyse tüm lomber dejeneratif hastalıklarda kullanılabilen bir tekniktir. Sadece ileri derece lomber stenoz ve lomber spondilolisteziste uygulanması kontrendikedir (7). OLIF'in, LLIF ile yakın benzerlikleri mevcuttur. Aynı LLIF tekniğinde olduğu gibi posterior paraspinal yapılar korunur. Psoas kası diseksiyonu veya kesisi gerektirmemesi ve buna bağlı olarak lomber pleksus hasarı riskinin düşük olması ise LLIF ile kıyaslandığında OLIF tekniğine daha avantaj sağlamaktadır. Ayrıca OLIF tekniği ile L1 – S1 arası disk mesafelerine ulaşmak mümkündür (7,26). Bu teknikte vasküler yaralanma ihtimali vardır (7,18).

### OLIF Cerrahi Tekniği

Hasta lateral dekübit pozisyonunda ameliyat masasına alınır. LLIF'ten farklı olarak nöromonitörizasyon kullanılmaz. OLIF cerrahisinde lomber pleksusun yaralanma ihtimali çok nadirdir (26). Ancak nöronavigasyon sistemi kullanılır. Nöronavigasyon sistemi yardımıyla cilt insizyonu planlanır ve ardından eksternal abdominal oblik kasın fasyası keskin diseksiyonla geçilir. Diseksiyon sonrası periton anteriora doğru ekarte edilerek retroperitoneal alana ulaşılır. Psoas kasının disk mesafesine yapıştığı kısım bulunur ve bu kısım posteriora doğru ekarte edilerek disk mesafesine ulaşılır. Diskektominin ardından interbody füzyon implantı yerleştirilir (7,18,19,23,26,34).

### Komplikasyonlar

Minimal invaziv yöntemlerde meydana gelen başlıca komplikasyonlar; BOS fistülü, enfeksiyon, postop

hematom, nöral hasara bağlı güç kaybı, end-plate fraktürü, cage dislokasyonu, anterior longitudinal ligaman hasarı ve vasküler yaralanmalar olarak sıralanabilir (12,14,18,32,33). Meydana gelen komplikasyonların çoğu cerrahi girişim gerektirecek düzeyde olmamaktadır (10,14,23,27,32).

## SONUÇ

Omurga füzyonu 100 yıldan fazla süredir uygulanmakta ve 50 yılı aşkın bir süredir interbody füzyon teknikleri kullanılmaktadır. Son yirmi yılda bu tekniklerde hızlı bir ilerleme meydana gelmiştir. Her tekniğin kendi avantajları ve dezavantajları vardır. Bir cerrahi yaklaşımın klinik olarak diğerine üstün olduğuna dair bir kanıt yoktur. İdeal olan yaklaşım, mevcut patolojiye ve her bir hastanın anatomisine bağlıdır. Ancak MIS teknikleri için uzun vadeli veriler eksiktir. Belirli bir interbody füzyon tekniğinin alternatiflerinden üstün olarak kabul edilebilmesi için geriye dönük, ileriye dönük ve randomize kontrol çalışmalarına ihtiyaç vardır (18,26).

## KAYNAKLAR

1. Albee FH. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for pott's disease: a preliminary report. journal of the American Medical Association. 1911 [accessed 2022 Jun 21];LVII(11):885–886.
2. Badlani N, Yu E, Kreitz T, et al. Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF). 2019. <http://links.lww.com/CLINSPINE/A118>
3. Brusko GD, Wang MY. Endoscopic Lumbar Interbody Fusion. Neurosurgery Clinics of North America. 2020;31(1):17–24.
4. Cofano F, Zenga F, Mammi M, et al. Intraoperative neurophysiological monitoring during spinal surgery: technical review in open and minimally invasive approaches. Neurosurgical Review. 2019; 42(2):297–307.
5. Epstein NE. Lower complication and reoperation rates for laminectomy rather than MI TLIF/other fusions for degenerative lumbar disease/spondylolisthesis: A review. Surgical Neurology International. 2018;9(1).
6. Garg B, Mehta N. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MI-TLIF): A review of indications, technique, results and complications. Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. 2019;10:S156–S162.
7. Hah R, Kang HP. Lateral and Oblique Lumbar Interbody Fusion—Current Concepts and a Review of Recent Literature. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 2019;12(3):305–310.

8. Hammad A, Wirries A, Ardeshiri A, et al. Open versus minimally invasive TLIF: Literature review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2019;14(1).
9. Heemskerck JL, Oluwadara Akinduro O, Clifton W, et al. Long-term clinical outcome of minimally invasive versus open single-level transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases: a meta-analysis. *Spine Journal*. 2021;21(12):2049–2065.
10. Heo DH, Lee DC, Kim HS, et al. Clinical Results and Complications of Endoscopic Lumbar Interbody Fusion for Lumbar Degenerative Disease: A Meta-Analysis. *World Neurosurgery*. 2021;145:396–404.
11. Hu W, Tang J, Wu X, et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar fusion: a systematic review of complications. *International Orthopaedics*. 2016;40(9):1883–1890.
12. Joseph JR, Smith BW, Marca F La, et al. Comparison of complication rates of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and lateral lumbar interbody fusion: A systematic review of the literature. *Neurosurgical Focus*. 2015;39(4).
13. Lee MJ, Mok J, Patel P. Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: Traditional Open Versus Minimally Invasive Techniques. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2018;26(4):124–131.
14. Lehmen JA, Gerber EJ. MIS lateral spine surgery: a systematic literature review of complications, outcomes, and economics. *European Spine Journal*. 2015;24:287–313.
15. Li A, Li X, Zhong Y. Is minimally invasive superior than open transforaminal lumbar interbody fusion for single-level degenerative lumbar diseases: A meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2018;13(1).
16. Macki M, Hamilton T, Haddad YW, et al. Expandable Cage Technology - Transforaminal, Anterior, and Lateral Lumbar Interbody Fusion. *Operative Neurosurgery*. 2021;21:S69–S80.
17. McGowan JE, Kanter AS. Lateral Approaches for the Surgical Treatment of Lumbar Spondylolisthesis. *Neurosurgery Clinics of North America*. 2019;30(3):313–322.
18. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, et al. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *Journal of spine surgery (Hong Kong)*. 2015 [accessed 2022 Jun 21];1(1).
19. Orita S, Shiga Y, Inage K, et al. Technical and conceptual review on the L5-S1 oblique lateral interbody fusion surgery (OLIF51). *Spine Surgery and Related Research*. 2021;5(1):1–9.
20. Othman YA, Alhammoud A, Aldahamsheh O, et al. Minimally Invasive Spine Lumbar Surgery in Obese Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *HSS Journal*. 2020;16(2):168–176.
21. Peng P, Chen K, Chen H, et al. Comparison of O-arm navigation and microscope-assisted minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and conventional transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar isthmic spondylolisthesis. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2020;20:107–112.
22. Phan K, Rao PJ, Kam AC, et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for treatment of degenerative lumbar disease: systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*. 2015;24(5):1017–1030.
23. Quillo-Olvera J, Lin G-X, Jo H-J, et al. Complications on minimally invasive oblique lumbar interbody fusion at L2–L5 levels: a review of the literature and surgical strategies. *Annals of Translational Medicine*. 2018;6(6):101–101.
24. Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT, et al. Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 7: intractable low-back pain without stenosis or spondylolisthesis. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2005 [accessed 2022 Jun 21];2(6):670–672.
25. Takahashi T, Hanakita J, Ohtake Y, et al. Current status of lumbar interbody fusion for degenerative Spondylolisthesis. *Neurologia Medico-Chirurgica*. 2016;56(8):476–484.
26. Talia AJ, Wong ML, Lau HC, et al. Comparison of the different surgical approaches for lumbar interbody fusion. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2015;22(2):243–251.
27. Than KD, Mummaneni P V., Bridges KJ, et al. Complication rates associated with open versus percutaneous pedicle screw instrumentation among patients undergoing minimally invasive interbody fusion for adult spinal deformity. *Neurosurgical Focus*. 2017;43(6).
28. Umeta RSG, Avanzi O. Techniques of lumbar-sacral spine fusion in spondylolisthesis: systematic literature review and meta-analysis of randomized clinical trials. *The Spine Journal*. 2011;11(7):668–676.
29. Vazan M, Gempt J, Meyer B, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a technical description and review of the literature. *Acta Neurochirurgica*. 2017;159(6):1137–1146.
30. Virk SS, Yu E. The Top 50 Articles on Minimally Invasive Spine Surgery. *Spine*. 2017;42(7):513–519.
31. Wang MY, Grossman J. Endoscopic minimally invasive transforaminal interbody fusion without general anesthesia: Initial clinical experience with 1-year follow-up. *Neurosurgical Focus*. 2016;40(2):1–5.



32. Weiss H, Garcia RM, Hopkins B, et al. A Systematic Review of Complications Following Minimally Invasive Spine Surgery Including Transforaminal Lumbar Interbody Fusion. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2019;12(3):328–339.
33. Wiltfong RE, Bono CM, Charles Malveaux WMS, et al. Lumbar interbody fusion: Review of history, complications, and outcome comparisons among methods. *Current Orthopaedic Practice*. 2012; 23(3):193–202.
34. Xu DS, Walker CT, Godzik J, et al. Minimally invasive anterior, lateral, and oblique lumbar interbody fusion: a literature review. *Annals of Translational Medicine*. 2018;6(6):104–104.



## 55

## KONJENİTAL SKOLYOZDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Zeki Boğa, Kıvanç Olguner, Yurdal Gezeran

## GİRİŞ VE SINIFLAMA

Konjenital skolyoz vertebra gelişim anomalisine bağlı ortaya çıkan 3 boyutlu bir deformitedir. Bu konjenital anomaliler doğum esnasında mevcut olup hızlı büyüme dönemine kadar dış görünüşe yansımayaabilir. Bu anomaliler 3 başlık altında incelenir (12).

## 1. Formasyon kusurları: Hemivertebra

**a) İnkarsere:** Vertebra arasına sıkışmış tip (ayrılmamış). Aynı tarafta tek, multipl ya da karşı tarafta olabilir.

**b) Tam segmente:** Altında ve üstünde sağlam disk mevcuttur.

**c) Semisegmente:** Altında ya da üstünde tek bir sağlam disk içerir.

**d) Nonsegmente:** Altında ya da üstünde disk içermeyen tip.

**2. Segmentasyon kusurları:** Tek taraflı ansegmente bar. Çift taraflı olursa deformite oluşumu gözlenmez. Blok vertebra olarak adlandırılır. Blok vertebra hareket kısıtlılığı gelişir ve vertikal büyüme gözlenmez. Omurganın lateralinde meydana gelen kusur tek taraflı koronal planda eğrilik oluşturarak skolyoza neden olur. Aynı durum anteriorda olursa kifoz, posteriorda olursa lordotik eğriliğe neden olur.

**3. Mikst tip kusurlar:** Hem hemivertebra hem bar ile seyreden ve en sık görülen tiptir.

## ETİYOGENEZ

Şimdiye kadar konjenital skolyoza neden olan kesin bir etiyolojik faktör tanımlanmamıştır. Bazı poligenetik defektler suçlanmış ancak kesin kanıt elde edilememiştir. Etiyolojide öne sürülen nedenler embriyolojik yaşamda somitlerin gelişimi esnasındaki karbon monoksit maruziyeti, hipoksi, valproik asit toksisitesi, maternal alkolizm ve hipertermidir (6). Daha çok çevresel faktörlerin ön planda olduğunu düşündüren duruma örnek olarak monozygotik ikizlerde rastlanan konjenital skolyoz vakalarını verebiliriz. İkizlerden

her ikisinin değil yalnızca birinde eğriliğin görülmesi bu deformitenin daha çok dış faktörlere bağlı olduğunu düşündürmektedir (4).

## KLİNİK DEĞERLENDİRME

Konjenital skolyozu olan bir hastaya detaylı bir fizik muayene yapılmalıdır. Hastaların cilt bulguları, ekstremiteler değerlendirilmesi eksiksiz yapılmalıdır. Nörolojik muayenede patolojik refleksler ve karın cildi refleksi değerlendirilmelidir. Bazı nörokutanöz bulgular (cafe au lait lekeleri, stigmata, kıllı nevüs) gergin omurilik sendromunu, split kord malformasyonlarını ve kalınlaşmış filum terminaleyi işaret edebilir. Yine bu hastalarda eşlik eden Chiari sendromu ve hidrosefali görülebilir. İntraspinal anomali görülme sıklığı %43 olarak bildirilmiştir (10). Eşlik eden kot anomalileri, renal, kardiyak ve gastrointestinal sistem bozuklukları olabilir. Kardiyak defektler %18, renal anomaliler %12 ve gastrointestinal bozukluklar %5 oranında izlenmektedir (10).

Deformite analizinde ayakta lateral ve posterior-anterior tüm vücut görüntüleme mutlaka yapılmalıdır. Eğriliğin fleksibilitesi için eğilme grafipleri çekilebilir. Tüm spinal manyetik rezonans inceleme ile nöroaksis taranmalıdır. Cerrahi öncesi Ekokardiografi ile kardiyak inceleme ve batın ultrasonografisi ile üriner sistem incelemesi yapılmalıdır (8).

## DOĞAL SEYİR

Tedaviyi yönetecek hekim hastalığın doğal seyrini çok iyi bilmelidir. Yaş, cinsiyet, deformitenin lokasyonu, pubertal gelişim gibi faktörler eğriliğin progresyonunu tahmin edebilmek için mutlaka gözönünde bulundurulmalıdır. Genellikle kızlarda prepubertal torakal veya torakolomber eğriliklerin daha hızlı progresse olduğu düşünülmektedir (9). En kötü prognoz tek taraflı unilaterale bar ile kontralateral hemivertebra da izlenir. Yıllık progresyon hızı yaklaşık 10° dir (7). Eğrilikler yaşamın hızlı büyüme dönemleri olan ilk 5 yılı ve 11-14 yaş pubertal dönemde progresse olur. Bu yaş aralığındaki çocukları dikkatli izlemek gerekir.

Omurgada multipl hemivertebralar izlenebilir. Simetrik yerleşimli ve 4-5 vertebra segmenti içerisinde olan 2 hemivertebra dengeli bir büyüme paterni göstererek eğrilik oluşturmayabilir (13). Aynı taraf yerleşimli ve 5 vertebra segmentinden daha uzak olan 2 tam segmente hemivertebra ise büyük bir torakolomber eğriliğe neden olabilir (4).

## TEDAVİ

Konjenital skolyoz tedavisinde gözlem önemli yer tutar. Özellikle her poliklinik takibinde çekilen röntgenlerde Cobb açısı ölçümü yapılması ve bir sonraki kontroldeki ölçümle karşılaştırılması gerekir. Hızlı

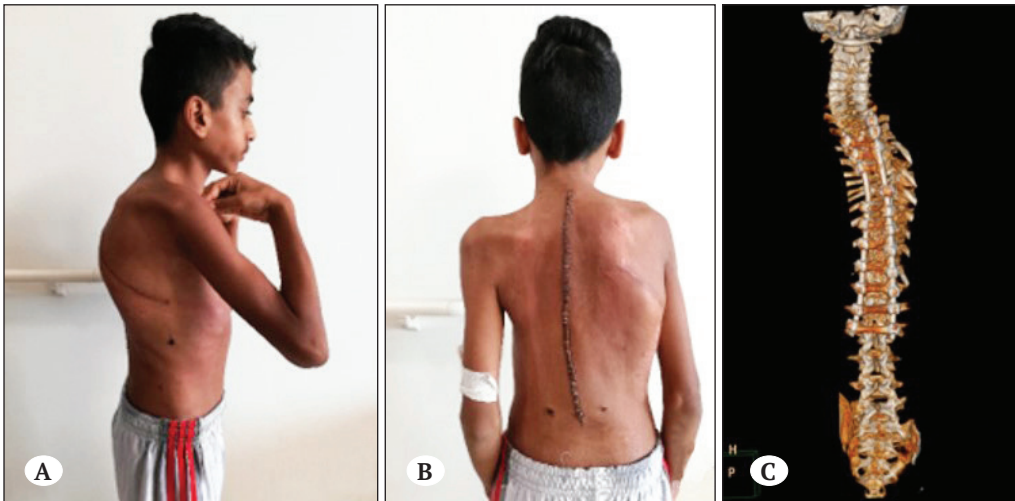
progrese olmayacak blok vertebra veya hemimetamerik shift (bilateral yerleşimli birbirini dengeleyen 2 hemivertebra) gibi anomalilerde 4-6 ayda bir izlem yapılması yeterlidir (14).

## KORSE VE ALÇI TEDAVİSİ

Kısa ve rijid eğrilikler korse tedavisine yanıt vermezken uzun ve esnek eğrilikler yanıt verebilir. Seri alçılama tedavisi erken başlangıçlı skolyozda olduğu gibi çok küçük çocuklarda düşük dereceli eğriliklerde cerrahi tedaviye uygun zamana kadar kullanılabilir (14).



**Şekil 1.** A, B) 13 yaşında erkek hastanın ön ve yan profilden fotoğrafları izlenmektedir. C) 3 boyutlu bilgisayarlı tomografide multipl kot sinostozuna sekonder gelişen alt torakal bölgede skolyoz ve yüksek kifotik açılanmayı göstermektedir. Hastaya 2 aşamalı cerrahi tedavi yapıldı. Önce torakotomi ile girilerek anteriordan torakal diskektomiler yapıp gevşetme sağlandı. 10 gün sonra posteriordan girişim yapıp T2- L2 enstrümantasyona ilaveten apekse uygulanan Ponte osteotomiler ile korreksiyon sağlandı.



**Şekil 2.** Postoperatif fotoğraflarda (A,B) sağ omuz elevasyonunun azaldığı ve sagittal planda ise kifozun tatmin edici derecede düzeldiği izlenmektedir. C) 3 boyutlu BT görüntülemeye omurganın son hali izlenmektedir.



## CERRAHİ TEDAVİ

### In situ füzyon

Posteriodan yapılan en eski ve enstrüman kullanılmadan uygulanan füzyon tekniğidir. Korreksiyon sağlamaz ve psödoartroz oranı yüksektir (2). Posterior füzyona ek olarak anterior füzyon yapılması psödoartroz ve cranckshaft fenomeni gelişimi ihtimalini azaltsa dahi korreksiyon sağlamaması nedeniyle tatmin edici bir cerrahi tedavi değildir.

### BÜYÜME MODULASYONU

Konkav tarafta normal büyüme potansiyeli olan eğriliklerde tek taraflı konveks tarafa uygulanan in situ ya da enstrümanlı füzyon tedavileri büyüme inhibisyonuna neden olarak eğriliğin progresyonunu engeller. Bu durumun tek istisnası konkav tarafta unilateral segmente bar bulunan vakalardır. Konkav tarafta normal büyüme paterni yoksa eğriliğin düzelmesi mümkün olmayabilir (12). 5 yaş altı çocuklarda, 70° altı eğriliklerde belirgin kifoz veya lordoz yoksa konveks taraftan eğriliğin durdurulması etkili bir seçenektir. Konveks tarafta sadece büyümenin durdurulması; konkav tarafta ise büyümenin kendiliğinden devamının sağlanması büyüme modülasyonu olarak adlandırılmaktadır.

### BÜYÜME KORUYUCU YÖNTEMLER

Vertebranın büyümesini engellemeden eğriliğin progresyonunu durduran cerrahi tedavi seçenekleridir. Büyük eğriliklerde ve özellikle uzun segment enstrümantasyon gerektiren torasik yetmezlik gelişebilecek olgularda kullanılan füzyonsuz cerrahi tedavi seçenekleridir. Eğriliğin en alt ve üst seviyesini enstrümantasyon içine alarak genellikle bir domino yardımı ile aynı tarafta 2 rod domino ile bağlanır ve 6 aylık periyodlarda uzatmak için sadece dominonun olduğu alan açılarak seri uzatmalar tekrarlanır. Bu işlem tek taraflı ya da iki taraflı olarak uygulanabilir. Akgül ve ark.'nın 23 vaka içeren ve 6 yıllık takipli serilerinde ortalama koronal Cobb açısı 64.8° +/- 16.6° den 39.7° +/- 16.4° ye gerilemiş ve çift taraflı cerrahi işlem uygulanan hastaların sonuçları tek taraflı uygulananlara göre hem komplikasyon anlamında hem de stabilite anlamında daha iyi olarak bulunmuştur (1).

### MANYETİK KONTROLLÜ ROD UYGULAMASI

Eğriliğin progresyonunu engellemek ve toraks kafesinin büyümesini sağlamak amacıyla kullanılan füzyonsuz tedavi seçeneklerinden biridir. Rodların içerisine yerleşik bir motor sayesinde dışarıdan seri uzatmalar yapılarak hastaların mezuniyet cerrahisine kadar takibi 3-6 ay aralıklarla yapılır. Yüksek maliyeti

ve komplikasyon sayısının çokluğu en önemli dezavantajdır. 44 aylık takip sonuçlarının bildirildiği 8 hasta içeren bir çalışmada, 6 hastada 8 kere revizyon cerrahisi gerektiği bildirilmiştir (11). Tek rod kullanılan hastaların hepsinde rod kırığı izlendiği raporlanmış, bu tedavi şekli tercih edilecekse çift rod uygulamasının daha uygun olacağı belirtilmiştir.

### VEPTR (Vertikal Expandable Prosthetic Titanium Rib)

VEPTR tedavisi özellikle kot sinostozlarına bağlı eğriliklerde ve pulmoner yetmezlik gelişebilecek hastalarda kullanımı endikedir. Kotlar arasında yerleştirileceği gibi kot vertebra arasında da kullanımı uygundur. Göğüs kafesini büyütme ve eğriliğin progresyonunu durdurmayı hedefler.

### HEMİVERTEBREKTOMİ

Eğriliğe neden olan asıl faktörü ortadan kaldırmak skolyoz tedavisinde en etkili yöntemdir. Hemivertebranın eksizyonu yalnızca posterior girişimle sağlanabileceği gibi anterior girişimle de yapılabilir. Konveks taraftaki hemivertebra eksizyonuna posterior enstrümantasyon ilave edilerek eğriliğin kifotik paterni ve koronal planı düzeltilir ve dekompanse olması engellenir. Yirmi konjenital skolyozlu hastanın değerlendirildiği bir çalışmada hemivertebra eksizyonuna ek olarak kısa seviye posterior enstrümantasyon uygulanmış ve hem sağtal hem koronal planda %50 üzerinde Cobb açısında iyileşme saptanmıştır (3).

### VERTEBRAL KOLON REZEKSİYONU

Kompleks spinal eğriliklerde tercih edilen bir seçenektir. Multipl hemivertebranın eşlik ettiği ve genellikle keskin eğriliklerde endike olan bir yöntemdir. Chang ve ark.'nın vertebral kolon rezeksiyonu yaptığı 10 yıllık takip sonuçlarını bildirdiği çalışmada 45 hasta opere edilmiş ve primer eğrilik ve kompensatuar eğrilik de ileri düzeyde korreksiyon sağladığı vurgulanmıştır (5). Toplam 22 komplikasyonun raporlandığı çalışmada komplikasyon insidansı %48.9 olarak bulunmuştur. Vertebral kolon rezeksiyonunun (VKR) en önemli dezavantajı yüksek miktarda kan kaybının görülmesi ve nörolojik defisit riskinin diğer yöntemlere göre daha fazla olmasıdır (5).

Sonuç olarak konjenital skolyozlu olguların yönetiminde tercih edilecek tedavi seçeneğini belirlerken eşlik eden anomaliler gözönüne alınmalıdır. Eğriliğin progresyonunu engelleyici tedaviler ilk planda değerlendirilmeli ve VKR gibi kompleks cerrahi gerektirecek patolojiler tecrübeli klinisyenler tarafından uygulanmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Akgül T, Dikici F, Şar C, et al: Growing rod instrumentation in the treatment of early onset scoliosis. *Acta Orthop. Belg.* 2014, 80(4):457–63.
2. Ayvaz M, Alanay A, Yazici M, et al: Safety and efficacy of posterior instrumentation for patients with congenital scoliosis and spinal dysraphism. *J. Pediatr. Orthop.* 2007, 27(4):380–86.
3. Basu S, Tikoo A. Posterior hemivertebrectomy and short segment fixation—long term results. *Child's Nerv. Syst.* 2017, 33(2):321–28.
4. Burnei G, Gavrilu S, Vlad C, et al: Congenital scoliosis: an up-to-date. *J. Med. Life.* 2015, 8(3):388–97.
5. Chang D-G, Yang JH, Lee J-H, et al: Congenital scoliosis treated with posterior vertebral column resection in patients younger than 18 years: longer than 10-year follow-up. *J. Neurosurg. Spine.* 2016, 25(2):225–33.
6. Cho W, Shepard N, Arlet V. The etiology of congenital scoliosis: genetic vs. environmental—a report of three monozygotic twin cases. *Eur. Spine J.* 2018, 27(S3):533–37.
7. Fernandes P, Weinstein SL. Natural History of Early Onset Scoliosis. *J. Bone Jt. Surg.* 2007, 89(suppl\_1):21.
8. Sevencan A, Misir A, Ucpunar H, et al: The incidence and interrelationship of concomitant anomalies in congenital scoliosis. *Turk Neurosurg.* 2018, 29(3):404–8.
9. Shen FH, Arlet V. Congenital Scoliosis. In: *Spinal Disorders*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008: pp. 693–711
10. Shen J, Wang Z, Liu J, et al: Abnormalities Associated With Congenital Scoliosis. *Spine.* 2013, 38(10):814–18.
11. Teoh KH, Winson DMG, James SH, et al: Magnetic controlled growing rods for early-onset scoliosis: a 4-year follow-up. *Spine J.* 2016, 16(4):S34–39.
12. Winter RB. Congenital deformities of the spine. *Congenit. Kyphosis Lordosis*, New York. Thieme Stratton 1983.p 343
13. Winter RB. *Spinal Deformities*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2007; p101-103.
14. Yazici M, Yilmaz G. Congenital Scoliosis. In: *The Growing Spine*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011: pp. 213–27

## 56

## MİNİMAL İNVAZİV SPİNAL DEFORMİTE CERRAHİSİNDE SONUÇLAR VE KOMPLİKASYONLAR

Densel Araç, Fatih Keskin

Erişkin omurga deformitesinde açık, minimal invaziv (MIS) ve hibrid teknikler olmak üzere 3 teknik kullanılmaktadır. Cerrahinin amacı, nörolojik kompresyonun hafifletilmesi ve spinal dengeyi iyileştirilmesidir. Son on yılda, minimal invaziv teknikler morbiditeyi azalttığı için popülerlik kazanmıştır.

Açık ve hibrid tekniklerin, MIS tekniklerine kıyasla sagittal düzlemde (PI-LL ve SVA) üstün iyileşme elde ettiği bilinmektedir. MIS tekniklerinde, 7 cm'den büyük sagittal dengesizliğin tedavisi için pek uygun değildir ve bazı raporlarda 3.5 cm'lik ideal bir SVA'ya geri getiremeyebileceği belirtilmiştir. Omurga deformitesinde koronal düzeltmede 3 teknik de birbirine eşittir, sadece hibrid tekniğin koronal Cobb açısını düzeltmede diğerlerine üstünlüğü vardır. Pelvik tilt düzeltmede (amaç < 20°) 3 tekniğin birbirine üstünlüğü yoktur. Pelvik parametrelerin ideal aralığı düzeltilmesinde hibrid tekniğin diğerlerine üstünlüğü olmasına rağmen; MIS tekniğine kıyasla, ameliyat süresi uzun, kan kayıpları fazla ve komplikasyon oranı yüksektir.

Minimal invazif deformite cerrahisinde, geleneksel açık cerrahi tekniklere göre çevre normal dokularda daha az travmatik yaralanma ve daha az kan kaybı meydana gelir (2,10,25). Ayrıca düşük seviyede postoperatif ağrı (12,14), daha hızlı ve iyi iyileşme (25) ve enfeksiyon oranında bariz bir düşüklük vardır (25). MIS teknikleri tüm bu faydaları sağlarken, sagittal denge ve lomber lordoz gibi belirli parametreleri iyileştirmedeki etkinlikleri diğer tekniklere göre azdır

(27). Bu parametreler, yetişkin spinal deformitesi ameliyatından sonra iyi klinik sonuçlar elde etmek için esastır.

Yetişkin spinal deformitesi için MIS teknikleri, diğer tekniklere kıyasla perioperatif kan kaybı ve komplikasyon oranlarında önemli düşüşler sağlar ve koronal deformite ve klinik sonuç skorlarında [ODI (Oswestry Disability Index) /VAS (Visual Analog Pain scale)] önemli iyileşme gösterir. Ortalama PI-LL için hedefi < 10° dir, MIS tekniği diğerlerine göre en az iyileştirme gösteren grup olmasına rağmen, MIS fonksiyonel sonuç başarısı, hibrid ve açık gruplara benzer sonuçlar gösterir. Mevcut MIS teknikleri, özellikle yaşlı hastalarda ve belirgin sagittal dengesizliği olmayan hastalarda erişkin spinal deformitesinin düzeltilmesi için güvenli kabul edilmektedir (1,22). Bu nedenle, semptomatik ve birden fazla komorbiditeye sahip ancak sınırlı sagittal dengesizlik olan hastalarda, MIS teknikleri ideal cerrahi bir seçenektir.

Anand ve ark. yaptıkları çalışmada, dejeneratif skolyoz nedeniyle opere olan hastaların 2 ila 5 yıllık takip sonuçlarını rapor etmişlerdir. Bu takiplerinde VAS, ODI ve Cobb açısı, skolyoz değerlendirmeleri yapılmış ve ağrı ölçüm skalalarında ve Cobb değeri ölçümlerinde önemli başarılar olduğunu rapor etmişlerdir (3).

Li B ve ark. 2021 yılında yaptıkları 136 hastanın incelendiği çalışmada; MISDEF 2 algoritması kullanılarak yapılan operasyon türlerini sınıflandırarak, revizyon oranlarını ve perioperatif komplikasyonlarını incele-

**Tablo 1.** MIS, Hibrid ve Açık Cerrahinin Radyolojik Değerlendirilmesi (13)

Ölçümler	Cobb Açısı	Lordoz	SVA	Pelvik Tilt	Torakal Kifoz	PI-LL
preop	MIS < Hibrid, Açık	MID, Hibrid < Açık	-	Açık < Hibrid	-	Açık < MIS, Hibrid
postop	MIS < Açık	MIS < Hibrid, Açık	-	Açık < Hibrid, MIS	MIS < Açık	Hibrid, Açık < MIS
değişiklik	MIS < Hibrid	MIS < Hibrid	MIS < Açık	0	MIS < Açık	Hibrid > MIS

miştir. Bu çalışmada hastalara dekompresyon, sınırlı füzyon ve total düzeltme ameliyatı yapılmıştır (19).

Yaptıkları çalışmada sınıf 1 ve 2 hastalarda dekompresyon ve sınırlı düzeltme yapılanlarda tam düzeltme yapılanlara göre daha az revizyon yapılmıştır. Bu sonuç nedeniyle; dengeli omurgalarda izole stenoz veya listesiz operasyonu yapmanın bütün skolyozu düzeltmekten daha etkili bir yöntem olduğunu düşünmüşlerdir. Sınıf 3 hastalarda tam tersine bütün

skolyozun düzeltilmesinin gerekli olduğunu, çünkü yetersiz cerrahi sonrası komplikasyonların arttığını göstermişlerdir.

## MİNİMAL İNVAZİV SPİNAL DEFORMİTE CERRAHİSİNDE KOMPLİKASYONLAR

### Uyuşma, parestezi ve güçsüzlük

Gerçek zamanlı yönlü elektromiyografi (EMG) izleme, motor sinir yaralanması olasılığını en aza indirmek için çok önemlidir (26). Ancak duyu sinirleri izlenemediğinden, duyu kusurlarından kaçınmak için bölgesel anatominin anlaşılması ve dikkat edilmesi gerekir. Femoral sinir yaralanma oranı en yüksek L4-5 segmentindedir. Gerçek motor güçsüzlük raporları %3.4-23.7 arasında değişmektedir (6,15,24) ve uyuşukluk % 8.3-42.4 (6,7,24) rapor edilmiştir. Yaygın olarak etkilenen duyu sinirleri genitofemoral, lateral femoral kutanöz ve anterior femoral kutanöz sinirlerdir. Motor ve duysal komplikasyonların çoğu 6-12 ay içinde %90 iyileşme gösterir (6).

### Karın duvarı parezi ve bağırsak perforasyonu

Karın duvarının diseksiyonu sırasında zedelenen sinir hasarı neticesinde ön karın duvarında denervasyon, parezi ve şişkinlik karakterize 'psödoherni'dir (8). Çoğu durumda spontan iyileşme gösterir.

### Lateral insizyon hernisi

Genel olarak fasyanın kapatma tekniğinden kaynak-

**Tablo 2.** MIS, Hibrid ve Açık Cerrahinin Ameliyat Değerlendirilmesi (13)

Cerrahi Değerler	Sonuçlar
Ortalama Kan Kaybı	MIS < Hibrid, Açık
Ortalama Operasyon Zamanı	Hibrid > MIS, Açık
Kan transfüzyonu	MIS < Hibrid < Açık
Majör Komplikasyonlar	MIS, Hibrid < Açık

**Tablo 3.** VAS ve ODI Takip Dönem Değerleri (3)

	VAS	ODİ
<b>Preoperatif</b>	6,43	50,3
6 hafta	4,27	49,7
6 ay	3,24	35
12 ay	3,1	29,4
24 ay	3,5	29,8
36 ay	3,58	31,6
>36 ay	2,35	41

**Tablo 4.** Cobb ve Lomber AVT (Apikal Vertebral Translasyon) (3)

	Preoperatif	Postoperatif	Uzun Dönem Postoperatif
<b>Cobb Açısı</b>	20,2 (8,3-46,3)	10,6 (0,8-25)	8,6 (0,5-21)
<b>Lomber AVT</b>	19,8 (7,7-54,8)	11 (7-40,7)	9 (7,7-23)

**Tablo 5.** Perioperatif Komplikasyon Oranları (19)

Sınıf	Dekompresyon	Sınırlı Füzyon	Tam Düzeltme
1	0	0	Operasyon Yok
2	%8,30	%7,90	%43,7
3	%50	%7,70	%25
4	Operasyon Yok	Operasyon Yok	%43,5

**Tablo 6.** Revizyon Oranları (19)

SINIF	Dekompresyon	Sınırlı Füzyon	Tam Düzeltme
1	0	%10	Operasyon Yok
2	%16,70	%10,50	%50
3	%0	%7,70	%25
4	Operasyon Yok	Operasyon Yok	%34,80



lanan ve hastaların %1'inde görülen bir komplikasyondur. Transversalis fasyasının ve kas tabakalarının tam kalınlıkta kapatılması insizyonel herni riskini azaltır, ancak çapraz giden sinirlerin dikiş aralarında sıkışması sonucu psödoherni olabilir.

### Ogilvie sendromu ve bağırsak perforasyonu

Ogilvie sendromu (OS) (kolon psödo-obstrüksiyonu) kaynaklanan ileus zamanında fark edilmezse bağırsak perforasyonuna yol açabilir (20). Ameliyat sırasında direkt bağırsak yaralanmasına bağlı gelişmemektedir. Operasyon sonrası 2 ila 3 gün içinde kendiliğinden düzelmeyen azalmış gastrik motilite olduğunda, klinik olarak tanı konulur. Radyolojik tanısında Batın BT'de çekumun 9 cm'den fazla genişlemesi ve mekanik obstrüksiyon olmaması ile karakterizedir. Konservatif ve medikal tedaviler verilir.

### Kullanılan malzeme ile ilgili komplikasyonlar

Lateral interbody kafeslerin veya lateral plakaların yerleştirilmesiyle ilgili çeşitli komplikasyonlar rapor edilmiştir. Çoğunlukla şikayetleri tekrarlayan bel ağrısı niteliğindedir. Le ve ark.101 hastadan oluşan bir seride kullanılan malzemeyle ilgili komplikasyon oranını %5,9 göstermiştir (17,18). Vertebra uç plakaların hasar görmesi, malzeme ve kilit vidalarının yanlış yerleştirilmesi gibi nedenlerle ortaya çıkabilir (11).

### Proksimal bileşke kifoza (PBK)

Enstrümantasyon yapılmış bölgenin üzerinde meydana gelen proksimal bileşke kifoza (PBK) deformite cerrahisinin sık görülen geç komplikasyonlarından biridir. Faset eklemlerin ve posterior ligamentöz kompleksin bozulması ile ilişkilidir. Günümüzde PBK spinal deformite düzeltme cerrahisi sayısı arttıkça daha çok görülmektedir. Mummaneni ve ark. yaptığı çalışmada hibrid gruptaki hastaların %52,9'una kıyasla cMIS grubunda hastaların %30,9'unda radyografik PBK geliştiğini bildirmiştir (21). Uribe ve ark. yaptıkları çalışmada, PBK hastaların %35,5'inde gelişmiş ve bunların %16,1'i proksimal bileşke yetmezliğine (PBY) ilerlemiştir (26).

### Çökme

Her iki uç plakasında kafes çökmesi meydana gelebilir. Nöral elemanların ilerleyici deformitesi ve sıkışması, dolaylı dekompresyon kaybına ve başarılı füzyon şansının azalmasına yol açabilir (5,16). Le TV ve ark. yaptığı çalışmada ortalama 9,6 aylık takipte vakaların %14,3'ünde ve toplam seviyelerin %8,8'inde çökme olduğunu bulunduğu rapor edilmiştir (17). 22 mm'den büyük kafeslerde %1,9'luk bir çökme oranına kıyas-

la, 18 mm'den küçük kafeslerde %14,1'lik bir çökme oranı olduğu için, çökme kafes boyutuyla büyük ölçüde ilişkili görünmektedir. Bu nedenle, mümkün olduğunda en büyük gövdeler arası kafes kullanılmalıdır.

### Rabdomiyoliz

Rabdomiyoliz, spinal cerrahinin nadir fakat bilinen bir komplikasyonudur. MIS LIF sonrası akut böbrek yetmezliğine yol açan rabdomiyoliz de daha önce bildirilmiştir (9). Morbid obez veya uzun ameliyat süresi olan prosedürler bu komplikasyon için yüksek risk altındadır.

### LIF'de kontralateral psoas hematoma

Kontralateral psoas hematomunun, kontralateral anülotomi sırasında segmental damar yaralanmasından kaynaklandığından şüphelenilmektedir (4). Ameliyat öncesi aksiyal ve sagittal manyetik rezonans görüntüleme (MRG) serileri, kontralateral disk aralığında çapraz segmental damarların olup olmadığını belirlemek için değerlendirilmelidir. Semptomatik nöropraksiye neden olan femoral sinir sıkışmasına bağlı bu komplikasyon sonucunda kontralateral bacak zayıflığı oluşabilir. Kalıcı yaralanmayı önlemek için acil tahliye önerilir.

### KAYNAKLAR

1. Anand N, Baron EM, Thaiyananthan G, et al: Minimally invasive multilevel percutaneous correction and fusion for adult lumbar degenerative scoliosis: a technique and feasibility study. *J Spinal Disord Tech* 21:459-467,2008
2. Anand N, Rosemann R, Khalsa B, et al: Mid-term to long-term clinical and functional outcomes of minimally invasive correction and fusion for adults with scoliosis. *Neurosurg Focus* 28(3):E6, 2010
3. Anand N, Baron EM, Khandehroo B, et al: Long-term 2- to 5-year clinical and functional outcomes of minimally invasive surgery for adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38(18):1566-75.
4. Beckman JM, Vincent B, Park MS, et al: Contralateral psoas hematoma after minimally invasive, lateral retroperitoneal transpsoas lumbar interbody fusion: a multicenter review of 3950 lumbar levels. *J Neurosurg Spine* 2017;26:50-4.
5. Closkey RF, Parsons JR, Lee CK, et al: Mechanics of interbody spinal fusion. Analysis of critical bone graft area. *Spine (Phila Pa 1976)* 1993;18:1011-5.
6. Cummock MD, Vanni S, Levi AD, et al: An analysis of postoperative thigh symptoms after minimally invasive transpsoas lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine* 2011;15:11-8.

7. Dakwar E, Cardona RF, Smith DA, et al: Early outcomes and safety of the minimally invasive, lateral retroperitoneal transpsoas approach for adult degenerative scoliosis. *Neurosurg Focus* 2010;28:E8.
8. Dakwar E, Le TV, Baaj AA, et al: Abdominal wall paresis as a complication of minimally invasive lateral transpsoas interbody fusion. *Neurosurg Focus* 2011;31:E18.
9. Dakwar E, Rifkin SI, Volcan IJ, et al: Rhabdomyolysis and acute renal failure following minimally invasive spine surgery: report of 5 cases. *J Neurosurg Spine* 2011;14:785-8.
10. Dhall SS, Wang MY, Mummaneni PV: Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up. *Clinical article. J Neurosurg Spine* 9:560-565, 2008
11. Disch AC, Knop C, Schaser KD, et al: Angular stable anterior plating following thoracolumbar corpectomy reveals superior segmental stability compared to conventional polyaxial plate fixation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33:1429-37.
12. Fessler RG, Khoo LT: Minimally invasive cervical microendoscopic foraminotomy: an initial clinical experience. *Neurosurgery* 51 (5 Suppl):S37-S45, 2002
13. Haque RM, Mundis GM Jr, Ahmed Y, et al: International Spine Study Group. Comparison of radiographic results after minimally invasive, hybrid, and open surgery for adult spinal deformity: a multicenter study of 184 patients. *Neurosurg Focus*. 2014 May;36(5):E13.
14. Harrington JF, French P: Open versus minimally invasive lumbar microdiscectomy: comparison of operative times, length of hospital stay, narcotic use and complications. *Minim Invasive Neurosurg* 51:30-35, 2008
15. Knight RQ, Schwaegler P, Hanscom D, et al: Direct lateral lumbar interbody fusion for degenerative conditions: early complication profile. *J Spinal Disord Tech* 2009;22:34-7.
16. Kozak JA, Heilman AE, O'Brien JP. Anterior lumbar fusion options. Technique and graft materials. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(300):45-51.
17. Le TV, Baaj AA, Dakwar E, et al: Subsidence of polyetheretherketone intervertebral cages in minimally invasive lateral retroperitoneal transpsoas lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37:1268-73.
18. Le TV, Smith DA, Greenberg MS, et al: Complications of lateral plating in the minimally invasive lateral transpsoas approach. *J Neurosurg Spine* 2012;16:302-7.
19. Li B, Hawryluk G, Mummaneni PV, et al: Utility of the MISDEF2 Algorithm and Extent of Fusion in Open Adult Spinal Deformity Surgery With Minimum 2-Year Follow-up. *Neurospine*. 2021 Dec;18(4):824-832. doi: 10.14245/ns.2142508.254. Epub 2021 Dec 31.
20. Maloney N, Vargas HD. Acute intestinal pseudo-obstruction (Ogilvie's syndrome). *Clin Colon Rectal Surg* 2005;18:96-101.
21. Mummaneni PV, Park P, Fu K-M, et al: Does minimally invasive percutaneous posterior instrumentation reduce risk of proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity surgery? A propensity-matched cohort analysis. *Neurosurgery*. 2016;78:101-8
22. Mundis GM, Akbarnia BA, Phillips FM: Adult deformity correction through minimally invasive lateral approach techniques. *Spine (Phila Pa 1976)* 35 (26 Suppl): S312-S321, 2010
23. O'Toole JE, Eichholz KM, Fessler RG: Surgical site infection rates after minimally invasive spinal surgery. *Clinical article. J Neurosurg Spine* 11:471-476, 2009
24. Pimenta L, Oliveira L, Schaffa T, et al: Lumbar total disc replacement from an extreme lateral approach: clinical experience with a minimum of 2 years' follow-up. *J Neurosurg Spine* 2011;14:38-45.
25. Rahman M, Summers LE, Richter B, et al: Comparison of techniques for decompressive lumbar laminectomy: the minimally invasive versus the "classic" open approach. *Minim Invasive Neurosurg* 51:100-105, 2008
26. Uribe JS, Vale FL, Dakwar E. Electromyographic monitoring and its anatomical implications in minimally invasive spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35:S368-74.
27. Wang MY: Improvement of sagittal balance and lumbar lordosis following less invasive adult spinal deformity surgery with expandable cages and percutaneous instrumentation. *Clinical article. J Neurosurg Spine* 18:4-12, 2013

## 57

MİNİMAL İNVAZİV SPİNAL CERRAHİDE  
KULLANILAN ENSTRÜMANLAR VE YÖNETİMİ

Tayfun Çakır, Adem Bursalı

Minimal invaziv omurga cerrahisi bugünlere kadar çok farklı şekillerde tarif edilegelmiştir. Bu kapsam içinde enjeksiyon prosedürleri, dekompresyon ameliyatları, enstrümantasyon ve füzyon uygulamaları, omurga gövdesi sağlamlaştırma/yükseltme uygulamaları bulunmaktadır. Aslında küçük insizyonlarla, daha az yumuşak doku hasarıyla, sınırlı cerrahi koridorlarla yapılan tüm omurga cerrahi uygulamaları minimal invaziv omurga cerrahisi olarak tanımlanabilir (5,10). Omurga cerrahisi; görüntüleme tekniklerinin yaygınlaşması, bu alanda özelleşmiş cerrahların artması, enstrüman çeşitliliğinin ve kemik greftlerin artması, per-op görüntüleme imkânlarının kullanılabilmesi gibi birçok faktörlerin bir araya gelmesi ile çok başarılı bir noktaya gelmiştir. Fakat dokuların yapı ve fonksiyonlarına ait artan bilgilerimiz geleneksel cerrahi diseksiyon tekniklerinde modifikasyon gerekliliğini doğurmaktadır. Bir kas ya da kemik yapıya, neredeyse bir sinir ya da kan damarı kadar itinalı yaklaşmak gerekir. Son zamanlarda minimal invaziv ameliyat ve uygulamalarla ilgili yeni yazıların da literatüre sunulmasıyla minimal invaziv omurga cerrahisinde yüksek başarılar elde edildiği ve daha da gelişmeye açık olduğu kanaati oluşmaya başlamıştır. Ama dikkate alınmalıdır ki minimal invaziv prosedürler genellikle teknik olarak zor, özel enstrüman bağımlı, öğrenilmesi zaman alan, bazen operasyon süresini uzatabilen ve etkinlikleri açık cerrahiyle karşılaştırıldığında üstünlükleri kanıtlanamamış girişimlerdir (14).

Minimal invaziv omurga cerrahisinin gelişiminde şu cerrahi hedeflere yönelenmiştir;

1. Mümkün olan en küçük cerrahi ayak izini bırakmak için omurganın doku bozulmasını ve destabilizasyonunu sınırlamak
2. Etkili şekilde nöral dokudaki basıyı azaltmak
3. Stabilizasyonu sağlamak

Bu hedefler akılda tutularak, bilgisayar destekli navigasyonlar, tübüler retraktörler, endoskoplar ve ameliyat mikroskobu gibi araçların geliştirilmesi

ile diskektomi, interbody füzyon, anterior-posterior enstrümantasyon işlemleri başarılı bir şekilde yapılabilmektedir (13). İyileşme süresinde kısıalma, ameliyat sonrası ağrı ve hastanede kalış süresinin yanı sıra daha küçük insizyonlar ve bunun sonucunda ortaya çıkan daha iyi kozmetik sonuçlar, hastaları yaygın spinal patolojiler için minimal invaziv seçenekler aramaya yöneltmiştir. Hasta ve cerrah için geleneksel yaklaşımlarla aynı sonucu elde edebilen daha az invaziv teknikler gitgide tercih edilir olmuştur.

Bu yöntemin avantajları olarak geleneksel yöntemlere göre küçük insizyon, kasların korunması, az cerrahi süresi, az kan kaybı, postoperatif ağrının az olması ve dolayısıyla enfeksiyon oranlarında azalma sayılabilir. Dezavantajları ise cerrahi deneyim gerektirmesi, artmış radyasyon maruziyeti ve füzyon imkânının sınırlı olmasıdır. Geleneksel cerrahide kullanılan füzyon ve omurga dizilimini sağlama amaçlı kullanılan enstrümanlar çoğunlukla minimal invaziv yöntemle yapılan ameliyatta kullanılanlara benzetmekle birlikte; bu ameliyatlar kısıtlı insizyonlardan, kısıtlı açılarla yapılmak zorunda olduğu için bazı farklılıklar görülmektedir.

### Tübüler Retraktörler

Lomber diske tübüler erişim ilk olarak Faubert ve Caspart tarafından 1991'de perkütan diskektomi için bildirilmiştir (7). 1997'de Foley ve Smith, lomber omurgada mikroendoskopik diskektomi yapmak için bir endoskop ve tübüler retraktör kullanımını tanımladılar (8,9). Sistem, kas koruyucu, perkütan bir yaklaşımla lomber omurgaya erişebilen bir dizi eşmerkezli, ince duvarlı, 8 ile 26 mm çaplarında ve genellikle 3 ile 4 mm artarak büyüyen tübüler dilatörlerden oluşmaktadır. Bu dilatör tüpler farklı renklerle işaretlenerek cerrahi sırasında boyut farklılıklarının daha kolay ayırt edilebilmesi sağlanmıştır (Şekil 1). Seri tübüler dilatasyon yoluyla kemik anatomisine erişildiğinde, tübüler retraktöre bir endoskop yerleştirilmektedir (9). Bu endoskopun büyüklüğü ve açısı yapılacak olan işleme göre değişmekte, özellikle torakal diskektomiler için 3-4 mm ve 0 dereceli endoskoplar tercih edil-

mektedir. Daha sonra cerrahın amacına göre servikal, torakal, lomber diskektomi, laminektomi, transspediküler vida uygulanması, PLIF, TLIF, servikal foraminotomi, far lateral lomber diskektomi gibi cerrahi işlemler transforaminal ve interlaminar yaklaşımlarla yapılabilmekteyken iliak kanat kemikleri uzun olan özellikle erkek hastalarda L5-S1 diske ulaşım için transforaminal yaklaşım kontrendike olarak düşünülmekte, bunun yerine interlaminar yaklaşım tercih edilmelidir (2). Şüphesiz endoskopik omurga cerrahisi, özellikle daha az doku travması, kozmetik ve erken fonksiyonel iyileşmenin istendiği adolosan yaş grubunda ve yarışmalı sporlarla uğraşan sporcular için özellikle lomber disk hernilerinin tedavisinde önemli rol oynayabilmektedir. Üstelik tüm dünyada sık kullanılmakta olan Minimal Exposure Tubular Retractor (METRx) sistemleri paraspinal kas ve ligamanları kesmek yerine bölerek ilerlediği için kas hasarını ve uzun dönemde kas devaskularizasyon ve denervasyonuna bağlı kas atrofisini azaltarak ameliyat sonrası sırt ve bel ağrısını da olabildiğince azaltmaktadır (11).

### Transpediküler Stabilizasyon Sistemleri

Bilindiği üzere son zamanlarda, minimal invaziv yöntemlerle yapılan perkütan pedikül vida fiksasyonundaki gelişmeler, paraspinal kaslara ve ligamanlara daha az zarar veren, kan kaybını minimize eden ve iyileşme süresinin kısalmasına neden olan daha az travmatik, daha fizyolojik bir yaklaşım sunmaktadır. Bununla birlikte, minimal invaziv pedikül vidalarının yerleştirilmesi nispeten geleneksel yöntemlere göre daha karmaşıktır. Bazı çalışmalardaki verilere göre minimal invaziv yöntemle transpediküler vida gönderilmiş hastaların yaklaşık %10'unda revizyon cerrahisine ihtiyaç duyulmuştur (15). Perkütan yolla transpediküler vidalama kavramı ilk olarak 1977'de Magerl tarafından ortaya atılmıştır (12). İlk yıllarda çok kabul görmeyen bu yöntem ile ilgili ilk klinik seriyi Foley ve ark. Yayımlamıştır (8). Günümüzde bu yöntemle yapılan stabilizasyonlarda herhangi bir seviye sayısı sınırlaması bulunmamakta, hem torakal hem de lomber bölgeye ciddi bir kifoz ve lordoz açısı sınırlaması olmadan düz ve kavslü rodlar yardımı ile geniş hasta profilinde kullanılabilir (Şekil 2). Ancak genellikle bu tür sistemler rodların vidalara göre rahatça şekillendirilmesine izin vermemektedir. Rodların takılması için eğme, esnetme, bükme gibi cerrahi manipülasyonların yapılabileceği geniş bir cerrahi alan bulunmamaktadır. Rod yerleştirme işlemi de vida takılması gibi iyi bir cerrahi planlama, doğru cerrahi teknik kullanımı ve dikkat gerektirir. Tekrar vurgulamak gerekirse, perkütanöz sistemlerde



Şekil 1. METRx tübüler retraktörleri (11).

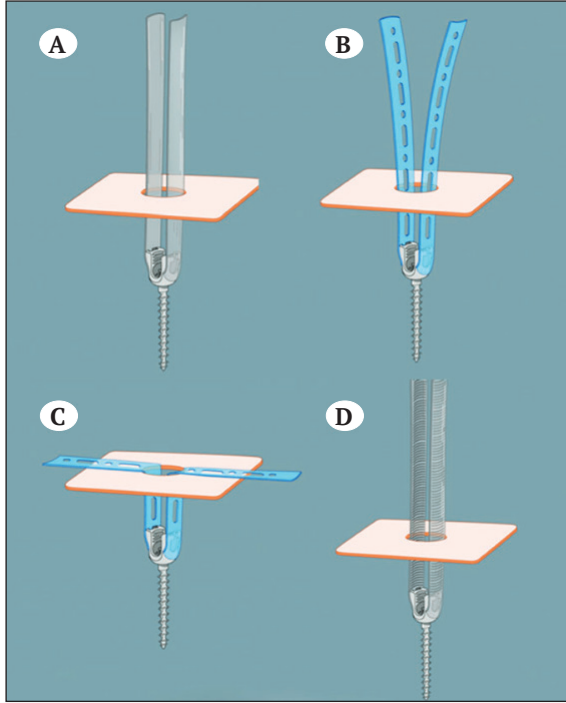


Şekil 2. Minimal invaziv spinal cerrahide kullanılan transpediküler vidalar ile rod birlikteliği.

vidaların son konumları rodların yerleştirilmesinde en önemli belirleyicidir. Bu yüzden bu ameliyatlarda enstruman seçimi kadar bu enstrumanların yönetimi de önemlidir. Rodun ne kadar uzun olacağına retraksiyon kolları arasındaki mesafelere göre tahmini bir rod uzunluğuna karar verilmeli, rodu yerleştirmeden önce floroskopide vida başlarına ve omurga fizyolojik eğimine göre bir rod eğimi verilmeli, rodun hangi uçtan gönderileceği seçilmeli gerekirse ek bir insizyon yapılmalıdır (16).

Henüz bir standartizasyonu olmamakla birlikte Şekil 3'te görüldüğü üzere 4 farklı tipte de perkütan retraktör kullanılabilir (Şekil 3).





Şekil 3. A) Standard B) Floppy C) Flat D) Reduction.

### İntervertebral Füzyonda Kullanılan Kafes Sistemleri

Minimal invaziv yöntemle yapılan intervertebral füzyon ameliyatları her iki omurga cisimi arasında füzyon materyali konularak artrodez yapmak ve aynı zamanda cisimler arasındaki yüksekliğin korunmasını sağlayarak dekompresyona ve lordozun korunmasına katkıda bulunmak amacıyla; omurga cisimleri arası mesafeye yaklaşım yerlerine göre anterior lomber interbody füzyon (ALIF), Transforaminal lomber interbody füzyon (TLIF), posterior lomber interbody füzyon (PLIF), Extreme lateral interbody füzyon (XLIF) gibi teknikler tarif edilmiştir (6). Bu yaklaşımların aslında amaçlanan hedef açısından birbirlerine belirgin üstünlükleri yoktur (5,6). Ancak hangi hasta için hangi tekniğin seçileceği cerrah ve tabiki de hasta için önemli bir ayrıntıdır. İntervertebral füzyon gerektiren durumlara konservatif tedaviye yanıtız dejenerasyonla seyreden hastalıklar, primer dejeneratif disk hastalığı, başarısız bel cerrahisi sendromu, dejeneratif spondilolistezis, spinal segmental instabilite, reküren disk herniasyonu ve foraminal stenoz vs. gibi durumlar örnek olarak verilebilir (4). Yukarıda saydığımız interbody füzyon ameliyatlarında da artık giderek sıklıkla artan düzeyde minimal invaziv yöntemlerle ameliyat seçeneği kullanılmaktadır. Minimal invaziv interbody füzyon ameliyatları küçük insizyon, küçük kas diseksiyonu, daha az kanama, hızlı iyileşme ve benzeri özellikleriyle popüler bir

teknik hâline gelmektedir. Bu ameliyatlarda da geleneksel yöntemlerde olduğu gibi intervertebral füzyon amaçlı kullanılan kafesler, diskektomi sonrası intervertebral alana yerleştirilir. Omurga kafesleri metal, polimer, seramik veya farklı malzemelerden yapılabılır (1). Yaygın olarak kullanılan iki malzeme titanyum ve polieteretherketonu (PEEK) içerir. İntervertebral füzyon amaçlı kullanılan titanyum alaşımli kafeslerin, PEEK kafeslere göre daha iyi füzyon oranlarına ulaştığı biliniyor olsa da komşu vertebra cisimlerinin içine kayma göstermesi ve radyolojik olarak sorunlu görüntüler göstermesi PEEK kafesleri hâlâ popüler kılmaktadır. PEEK malzemesinin en önemli avantajları ise; radyölüsens olması, diğer metal kafeslere göre direkt grafiler ile füzyon takibine izin vermesi, yapıları dolayısı ile spinal lordozu yeniden sağlamaya yardımcı olmalarıdır(6). Ayrıca kafes içerisine konulan beta-trikalsiyum fosfat veya otogreft olarak çoğunlukla hastanın kalça kemiğinden alınan kemik parçalarının koyulabileceği içi boş bir merkeze sahip olması füzyon oranını artırmaktadır (3).

### KAYNAKLAR

1. Bevevino AJ, Kang DG, Lehman RA Jr, et al. Systematic review and meta-analysis of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion rates performed without posterolateral fusion. *Journal of Clinical Neuroscience* 2014; 21(10):1686-90. doi: 10.1016/j.jocn. 2014.02. 021.
2. Choi G, Pophale CS, Patel B, et al. Endoscopic spine surgery. *Journal of Korean Neurosurgical Society*,2017, 60(5), 485.
3. Collis JS. Total disc replacement: a modified posterior lumbar interbody fusion. Reportır. of 750 cases. *Clin Orthop Relat Res*1985;193: 64-67.
4. Dalbayrak S, Yaman O, Yılmaz M, et al. Transforaminal approach in lumbar disc herniations: transforaminal microdiscectomy (TFMD) technique. *Turkish neurosurgery*, 2015, 25(1).
5. Epstein NE. Minimally invasive/endoscopic vs "open" posterior cervical lamino- foraminotomy: Do the risks outweigh the benefits? *Surg Neurol*, 2009, 71:330-331
6. Fan G, Fu Q, Gu G, et al. Radiation exposure to surgeon in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with novel spinal locators. *Journal of Spinal Disorders and Techniques* 2015;28(3):E173-80.
7. Faubert C, Caspar W. Lumbar percutaneous discectomy. Initial experience in 28 cases. *Neuroradiology*. 1991;33:407-10.
8. Foley KT, Gupta SK, Justis JR, et al. Percutaneous pedicle screwfixation of the lumbar spine. *Neurosurg Focus*, 2001, 10: E10.

9. Foley KT, Smith MM. Microendoscopic discectomy. *Tech Neurosurg.* 1997;3:301–7.
10. Katayama Y, Matsuyama Y, Yoshishara H, et al: Comparison of surgical outcomes between macro discectomy and micro discectomy for lumbar disc herniation: a prospective randomized study with surgery performed by the same spine surgeon. *J Spinal Disord Tech* 19:344–347, 2006
11. Kim YB, Hyun SJ. Clinical applications of the tubular retractor on spinal disorders. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, 2007,42(4), 245.
12. Magerl FP. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with externalskeletal fixation. *Clin Orthop Relat Res*, 1984, 189: 125–141
13. Maroon JC: Current concepts in minimally invasive discectomy. *Neurosurgery*, 51 (5 Suppl):S137–S145, 2002
14. Oguz E, Hammouri QM, Grauer JN, et al. Definition and classification of minimally invasive spine surgery. In: Vaccaro AR, Bono CM eds. *Minimally invasive spine surgery*. 1st ed. USA: Informa; 2007. p. 19–24
15. Ringel F, Stoffel M, Stuer C, et al. Minimally invasive transmuscular pedicle screw fixation of the thoracic and lumbar spine. *Neurosurgery*. 2006;59:ONS361–ONS367
16. Şimşek M, Naderi S. Minimal Girişimsel Omurga Cerrahisinin Tarihçesi, *The Journal of Turkish Spinal Surgery*, 2013, 24(2).

- 58 Spinal Tümörlerde Minimal İnvaziv Yöntemler Endikasyonlar ve Verimlilik
- 59 Spinal Tümörlerde Biyopsi
- 60 Omurga Tümörlerinde Perkütan Ablasyon Teknikleri
- 61 Foraminal Tümörlerde Minimal İnvaziv Cerrahi
- 62 İntradural veya Ekstradural Spinal Tümörlerde Tek Taraflı Eksizyon
- 63 Metastatik Spinal Tümörlerde Seperasyon Cerrahisi
- 64 Travmatik Omurga Kırıklarında Minimal İnvaziv Girişimin Yeri
- 65 Osteoporotik Kırıklarda Vertebroplasti ve Kifoplasti Uygulamaları
- 66 Perkütan İliosakral Vidalama
- 67 Minimal İnvaziv Spinal Cerrahinin Spinal Enfeksiyon Tedavisindeki Yeri
- 68 Farklı Spinal Patolojilere Endoskopik Yaklaşımlar
- 69 Endoskopik Torasik Sempatektomi





## SPİNAL TÜMÖRLERDE MINİMAL İNVAZİV YÖNTEMLER ENDİKASYONLAR VE VERİMLİLİK

Tevfik Yılmaz, Erdal Gür

Onkolojik hasta popülasyonundaki artış ve sağkalım sürelerinin artışı sonrasında spinal metastazlar günlük nöroşirurji pratiğinde daha sık karşılaşılan hasta grubunu oluşturmaktadır. Spinal metastazlı hastaların çoğu zayıf, bakıma muhtaç ve yüksek major cerrahi morbidite ve mortalite riski altındadır. Yüksek cerrahi komplikasyon ve sınırlı yaşam beklentileri olan metastatik hastalarda minimal invaziv cerrahi teknikler alternatif bir tedavi yöntemidir. Tüm spinal tümörlerin %90'ı spinal metastazdır. Bunlarında %50-55'i ekstradural tümörlerdir (37). Spinal metastazların %70'i torasik omurgada yer alır, bunu lomber omurga (%20) ve servikal omurga (%10) takip eder (29).

Kanser hastalarının yüzde 70'inde spinal metastazlar gelişir. Bu grup hastaların %10'una kadar metastatik kord kompresyonunu gelişir. En yaygın omurgayı tutan tümörler meme, akciğer, böbrek, prostat, tiroid, melanom, miyelom, lenfoma ve kolorektal kanser olarak sıralanmaktadır.

Kemoterapi, radyoterapi ve hormonal tedavilerdeki gelişmelerle birlikte sağkalım yıllar içinde artmıştır. Bu gelişmelerle birlikte hastaların yaşam süreleri ve yaşam kalite beklentileri de artış göstermektedir. Teknolojik ilerlemeler ile birlikte cerrahi tekniklerdeki gelişmeler, spinal metastazların daha etkili tedavi edilmesini sağlamıştır. Minimal invaziv spinal prosedürlerin avantajı kısa ameliyat süresi, daha az kan kaybı, daha kısa hastanede yatış süresi, daha az komplikasyon ve postoperatif ağrı ve daha hızlı iyileşme süreleridir (6).

Komplikasyon oranlarının az olması nedeniyle spinal cerrahide minimal invaziv tekniklere eğilim mevcuttur. Spinal cerrahi için kullanılan minimal invaziv teknik teknolojilerinin artmasıyla beraber spinal metastazlarda minimal invaziv teknikler klasik açık cerrahiye alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Laminektomi sonrası spinal deformite riskini azaltmak için geliştirilen hemilaminektomi prosedürü

genellikle büyük avantajlara sahip olarak kabul edilir (2). Yeterli cerrahi görüş alanı sağlamasından dolayı servikal intramedüller lezyonlara geleneksel cerrahi yaklaşım laminektomidir. Laminektomi prosedürü bilateral paraspinal kasların ve devamındaki bağların diseksiyonu omurga stabilitesi için önemlidir. Laminektominin spinal instabiliteye yol açtığı birçok yayında bildirilmiştir (17, 24).

Postlaminektomi deformitesi birçok cerrah tarafından kabul edilmiştir ve spinal deformite için risk faktörleri genellikle yaş, ameliyat öncesi sagittal düzlem dizilim bozukluğu, geniş fasetektomi, çıkarılan lamina sayısı, laminektomi, intramedüller tümör varlığı ve radyoterapi bu durumu kolaylaştırabileceği belirtilmiştir.

Minimal invaziv cerrahi teknikleri, tanım gereği, dejeneratif ve travma cerrahisinde kullanılan benzer bir etkinlikle yapılırken, kas ve bağ dokunun daha fazla korunduğu bir süreç izlenmelidir. Bu bağlamda onkolojik hasta popülasyonunda minimal invaziv teknikler daha çok tercih edilen yöntemler olmalıdır.

Spinal metastazlı hastaların genel olarak debil ya da vital prognozu orta vadede (ortalama sağkalım 9 ayda) kötü olan yaşlı hastalardır (10). Bu nedenle, bir omurganın stabilizasyon ve dekompresyon sorununa kalıcı bir çözüm önermek elzem görünmektedir. Bu spinal hasar, neden olabileceği ağrı ve nörolojik bozukluklar yoluyla hastanın yaşam kalitesini büyük ölçüde bozabilir. Minimal invaziv cerrahi tekniklerin çokluğu, onkolojik hastalığın terapötik yönetimini geciktirmeden kaliteli cerrahi sağlayarak bu hastalar için kalıcı bir çözüm sunar. Ancak bu karar onkologları, radyoterapistleri, radyologları ve omurga cerrahlarını bir araya getiren ortak bir karar olmalıdır.

Mevcut uluslararası, çok merkezli, ortak yapılan çalışmanın sonuçları, spinal metastazların tedavisi sırasında çoklu metastazlı olanlara kıyasla tek metastazlı olan hastalar için bir hayatta kalma avantajı göstermiştir (4). Birincil kanserlerin değerlendirilmesi gereken çok spesifik özellikleri olduğundan, metastazın birincil

kaynakları büyük önem taşımaktadır. Meme kanseri genellikle radyoterapiye duyarlı olarak metastazını servikal ve üst torakal bölgeye yapar, ayrıca hormon ve kemoterapiye iyi yanıt verir. Bu olgularda spinal instabilite, ancak artan nörolojik defisit ve dayanılmaz ağrı varsa cerrahi önerilir (19). Diğer yandan akciğer kanserinin bazı alt tipleri radyosensitif iken, bazı alt tipleri radyoterapiye dirençli olup bu hasta grubunda minimal invaziv cerrahi ileri derecede ağrı, hızla artan nörolojik defisit durumunda önerilir (14).

Cerrahi komplikasyonlar arasında nörolojik komplikasyonlar/omurilik yaralanması, beyin omurilik sıvısı (BOS) sızıntısı/dura madde yırtılması, vasküler yaralanmalar, hava yolu ve özofagus yaralanması, yara enfeksiyonu/ayrılması, enstrümantasyon başarısızlığı yer alır (9, 11, 16, 25, 27, 31, 42).

Hastaların preoperatif dönemde uzun dönem komplikasyonlar veya olası revizyonlar hakkında bilgilendirilmesi önemlidir. Kossman ve ark. (21) çalışma grubunda travma, enfeksiyon, osteoporoz, metastatik hastalıklar gibi farklı endikasyonlar nedeniyle opere edilen ve perkütan yöntemler ile konulan kafes vakalarında psödoartroz gelişen ve revize edilen vakaların tamamına yakını metastatik hastalar olmuştur. Bu hasta grubuna revizyon yapılmıştır.

Yang ve ark. (44) minimal açık cerrahi ile açık cerrahiye aşağıdaki faktörlere göre retrospektif çalışmışları karşılaştırmışlar.

1. Omurga metastatik hastalığı olan hastalarda, farklı cerrahi yaklaşımların ağrının kesilmesi ve fonksiyonel sonuç üzerine etkisi nedir?
2. Metastatik hastalığı olan hastalarda, farklı cerrahi yaklaşımların lokal nüks, hayatta kalma oranı ve komplikasyon açısından farklılıkları nelerdir?

Hem açık spinal cerrahi hem de minimal invaziv cerrahi, omurga metastazı olan hastalarda dekompresyon ve stabilizasyon yoluyla ağrı ve nörolojik işlev bozukluğunda iyileşme sağlıyor gibi görünmektedir, ancak açık cerrahi, minimal invaziv cerrahiye kıyasla daha düşük sağkalım oranları ve daha yüksek nüks oranları eğilimi ile daha büyük komplikasyonlar içerebilir (44).

Minimal invaziv cerrahi teknikleri, kas düzeyinde bir dizi daha az invaziv cerrahi tekniği bir araya getirir. Özel ekartörlerin kullanımı, osteosentez sistemlerinin geliştirilmesi ve perkütan vertebro ve kifoplasti teknikleri, yaklaşımları daha az zaman alıcı hale getirir. Omurga metastazı karmaşık ve hasta özelinde değerlendirilmelidir. Bu hasta grubunda kalan sağkalım süresini tahmin etmek zordur. Herşeye rağmen,

6 aylık hayatta kalma tahmini hala spinal metastazlı hastalarda cerrahiye belirlemede esastır (40).

Spinal metastaz hastasında cerrahi planlamaya yardımcı olmak, cerrahi sonuçları tartışmak ve gelecekteki araştırmalar için önerilerde bulunmak için sınıflandırmaların nasıl kullanılabileceğini bilmek önemlidir.

## MİNİMAL İNVAZİV TEKNİKLER

### • Perkütan biopsi

Daha çok tanı amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu tekniklerle doku tanı oranları %71-100 arası değişmektedir (20).

### • Vertebroplasti ve kifoplasti

Cerrahi prensip yaklaşım açısından eşdeğerdir. Sedasyon + lokal anestezi veya genel anestezi altında yapılır. Vertebroplastinin endikasyonu, omur gövdesinin bir lezyonunun neden olduğu ağrının tedavisidir. Ancak kontrendikasyonlar vardır: omurilik kompresyonu, arka duvarın yırtılması, kompresyon > %75, yeni kırık, intrakanal sızıntı riskinin artması, bu sızıntı vertebro/kifoplastinin ana komplikasyonudur (seriye göre %9.2 ila %78.5).

Mekanik komplikasyonlardan sorumlu olabilirler: omurilik veya radiküler kompresyon, ayrıca pulmoner emboli. Bu sızıntı riski patolojiye göre değişir: neoplastik bir lezyon durumunda daha fazladır, ancak çimento sızıntısı olan vertebral metastazların tedavisinde kök lezyonlarının sadece %3.4'ü bulunur.

Osteosentez ile redüksiyon daha sonra optimal vertebro/kifoplastiye izin verecektir. Omur gövdesinin yüksekliğini eski haline getiren bir kriko sistemi olduğunu, ancak onkolojide onaylanmış bir endikasyon olmadığını ve esas olarak travmatolojide kullanıldığını unutmamak gerekir (22).

Ağrılı servikal omurga metastazları için perkütan kifoplasti gerektiren hastalarda cerrahi yaklaşım son derece önemlidir. Günümüzde genellikle anterolateral ve transoral yollar kullanılmaktadır. 11 hastaya yapılan posterolateral transpediküler ve perkütan pediküloplasti kombinasyonunda hastane yatış sürelerinde azalma ve hastaların ağrı skorlarında büyük bir gerileme izlenmiştir (43).

Yapılan çalışmalar anterolateral servikal vertebroplasti, hastaların tedavisinde güvenli, etkili ve yardımcı bir terapötik alternatif gibi görünmektedir. Servikal omurga tümörlerinde transoral yöntemle göre enfeksiyon riskinin az olduğu gözlemlenmiştir (23, 32, 36).

### • Perkütan Radyofrekans Ablasyon

Literatürde bununla ilgili değişik çalışmalar mevcuttur. Schmidt ve çalışma ekibi kısıtlı hasta grubunda metastatik hastalarda kifoplastiye ek olarak eş zamanlı radyoterapi verdikleri grupta bunun etkili olduğunu düşünmüşlerdir. Sadece radyoterapi verilen hastalar ile karşılaştırıldığında ağrının geçmesinin haftalar sürmesi kombine tedavinin avantajını belirgin hale getirmiştir (34). Pflugmacher ve ark (30) Multipl myeloma hastalarındaki osteolitik lezyonlara uyguladıkları RF+kifoplasti kombinasyonu ile kifotik deformitenin daha iyi düzeldiğini, 3. 6. ve 12. ayda yaptıkları takiplerinde vertebra yüksekliklerinin daha iyi korunup, stabilizasyonun daha iyi sağlandığı sonucuna varmışlardır. Yine Zheng ve ark. (48) yaptığı eş zamanlı tümör ablasyonu ve kifoplasti prosedüründe hastaların haftalar süren takiplerinde VAS skorlarında anlamlı azalma olmuştur. Ayrıca belirtilen RF ısı dereceleri etkili ve güvenli bulmuşlardır.

### • Stereotaktik radyocerrahi

Kobayashi ve ark. (18) tek başına EBRT (external beam radiotherapy)' ye karşı EBRT+RFA/PVA (radiofrequency ablation/percutaneous vertebral augmentation) kombinasyonunu kıyaslamışlardır. Bu randomize çalışmanın birincil amacı, tam veya kısmi ağrı kesici olarak tanımlanan (Sayısal Derecelendirme Ağrı Ölçeği [NRPS] kullanılarak ölçülen) omurga metastazı olan hastalarda EBRT'ye ek olarak RFA/PVA'nın ağrı kontrolünü tek başına palyatif EBRT'ye kıyasla iyileştirip iyileştirmediğini belirlemektir. Kombine tedavinin ağrı kontrolünü iyileştirdiği saptanmıştır. Ayrıca kombine modalite tedavisinin ağrı yanıtının hızını azalttığını ve genel yaşam kalitesini iyileştirdiğini saptamışlardır.

### Osteosentez

Açık tekniklere eşdeğer etki ve sonuçlara sahip reduksiyon aletleri (distraksiyon, lordoz, bükme demiri) vardır. Bu aletler ve modern radyolojik araçlar T1'den S1'e füzyon sağlar. Bu perkütan vidalama tekniğinde vakaların %90'ından fazlasında implantların istenilen oranlarda konulmasını sağlar. Vanek ve ark. (41) serisinde, 72 hastadan sadece 2'sinde medial olan vida sunulmuştur, yani konvansiyonel teknik için 68 hastanın 5'i (%7,4) ile karşılaştırıldığında %2.8'dir. Çoklu kemik lezyonları olan yaşlı, osteoporotik hastaların popülasyonu, zor hasta grubu olarak kabul edilebilir. Çözüm, perkütan implante edilen ogmentasyon vidalarının kullanımından gelebilir. Semente vidaların kullanımı, çoklu metastatik hastalarda zayıflamış kemik üzerindeki vida tutumunun artırımını ve mekanik başarısızlık riskini azaltmayı

mümkün kılar (12). Cerrahi kuralları gereği her bir omur için uygun çap ve uzunlukta vida kullanmak için planlama esastır. Enjekte edilecek çimento miktarı vida başına maksimum 2 mL'dir (minimum 1,2 mL vidalı seviyesine bağlıdır). Literatürde sızıntı riski %5 ile %39 arasında sık görülmektedir. Pesenti ve ark.'nın serisinde, on iki hastadan sadece biri komplikasyon bildirmiştir: çimento embolisi üzerine pulmoner emboli (%8.3). Vida tutma kalitesi sayesinde in situ reduksiyonlar yapılabilmektedir. Schwab ve Alen (35) vertebro-/kifoplasti ve/veya perkütan osteosentez kombine uygulamalarında torasik veya lomber metastazı olan ve spinal kord basısı olmayan 24 hastaya yaptıkları girişim sonuçlarının hastaların palyasyonu ve hayat kalitelerini ileri derecede arttırdığını bildirmişlerdir.

### Endoskopik Yaklaşımlar

- Video yardımcı Torakoskopik cerrahi
- Endoskop yardımcı yaklaşımlar
- Minimal invaziv açık yaklaşımlar

Daha az invaziv yaklaşımlar (mini-açık retroplevral/retroperitoneal ve torakoskopik) sadece kan kaybı ve ameliyat süresi açısından üstün sonuçlara sahip olmakla kalmamış, aynı zamanda prosedüre bağlı komplikasyon oranlarının düşük olduğu kanser hastalarında güvenli teknikler olduğu da gösterilmiştir (39). Minimal invazif açık cerrahi yaklaşımlar korpektomi, kemik grefti ve enstrümantasyon yapılabilmesine imkan sağlamaktadırlar (26).

Yapılan retrospektif çalışmada metastatik spinal hastalığın korpektomi ile tedavisinde minimal invaziv cerrahi yaklaşımların (torakoskopik veya mini-açık retropleural/retroperitoneal yaklaşım) konvansiyonel, açık yaklaşımlara göre güvenli ve kısa dönem klinik sonuç açısından üstün olduğunu göstermiştir (39). Öte yandan, lomber spinal füzyonda mini açık cerrahi yaklaşımın başlıca avantajlarından biri ameliyat sonrası enfeksiyon ve postoperatif revizyon cerrahisi oranlarında belirgin bir azalmadır. Ameliyat süresinin kısalması ve ameliyat sonrası ağrının azalması, hastanede kalış süresi azalması yazarlar tarafından vurgulanmıştır (33). Tüm perkütan prosedürler, agresif dekompresyon cerrahisi gereken semptomatik omurilik basısı olan bir hastada kontrendikedir.

Patchel ve ark. (28) yaptığı randomize çok merkezli bir çalışmada, spinal metastazın neden olduğu omurilik kompresyonu olan hastalarda cerrahi dekompresyonun yararı gösterilmiştir. Posterior minimal invaziv prosedürler, dejeneratif spinal cerrahide yaygın olarak kullanılan tübüler aralayıcıların kullanımına

dayanmaktadır. Kasları koruyarak enfeksiyon, hematoma ve postoperatif ağrının azaldığı kanıtlanmıştır. Minimal invaziv tekniklerin gelişmesi, bu ekartörleri kullanarak laminektomiler, artropedikülektomiler ve dolayısıyla verimli omurilik dekompresyonları yapmayı mümkün kılar (50).

Zairi ve ark. (47) semptomatik torasik veya lomber metastazları (ağrı, radiküler veya spinal nörolojik belirtiler) olan 10 hastadan oluşan prospektif serilerini bildirmişlerdir. Hastalara transpediküler vertebrektomi, dekompresyon ve perkütan stabilizasyon yapılmıştır. Perkütan pedikülün lezyonun iki seviye yukarısına ve iki seviyenin altına vidalanan saha tübüler bir ekartör altında dekompresyon yapılmıştır. Operasyon süresi 170 dakika olup, kan kaybı 400 mL'dir, transfüzyona gerek duyulmamıştır. Ortalama kalış süresi 6 gündü, hastaların %80'i en az bir Frankel skor derecesi elde etmiş olup ve VAS 5.5'ten 2'ye düştüğünü belirtmişlerdir. Tüm hastalara yaklaşık 3 hafta gibi kısa bir süre içinde postoperatif radyoterapi uygulanmışlardır.

#### • Minimal invaziv anterior yaklaşımlar

Anterior yaklaşım cerrahisinin amacı iki yönlüdür. Birincisi korporeal tümör kitlesini rezeke etmek diğeri ise anterior kolonu korpektomi implantı ile güçlendirerek omurganın mekanik direncini sağlamaktır.

Anterior yaklaşımla spinal cerrahi üç bölüme ayrılabilir: T3'ten T10'a, T11'den L2'ye ve L2'den L5'e. Her durumda kesi, ulaşılacak omur çevresinde skopik tanımlama yapıldıktan sonra yapılır.

#### • Torakotomi

Torakotomi 3 ila 5 cm'lik bir açıklık yapılır. Yaklaşımda kaburganın rezeksiyonu interkostal kas bozulmasını azaltır. Boru şeklindeki ara parçaların kullanılması, planlara erişmeyi ve yerleştirmeyi kolaylaştırır. Video endoskopi kullanımı, prosedürü kolaylaştırmak için rahat aydınlatma ve görüş sağlar. Klasik olarak, kolay ve hızlı bir transplevral yolla gerçekleştirilir, ancak sıklıkla tek pulmoner ventilasyon gerektirir. Retro-plevral yol, plevranın açılmasından kaçınıldığı için unipulmoner ventilasyon olmadan yapılabilir, ancak uygulanması daha zordur.

2005'te Huang ve ark. (15), T3 ve T12 arasında yer alan torasik metastazlı 46 hastayla ilgili deneyimlerini bildirdiler ; 29'u ön minimal invaziv yaklaşımla (sadece vida, plak ve sement) ve 17'si standart torakotomi ile ameliyat edilmişti. 2 grupta ortalama 1.2 Frankel skoru olan kan kaybı ve ameliyat süresinde ve nörolojik iyileşmede anlamlı bir fark yoktu. Öte yandan, ameliyat sonrası takip açısından açık bir fark

kaydedildi: standart torakotomi grubundaki hastaların %88'ine kıyasla minimal invaziv yaklaşımla tedavi edilen grubundaki hastaların sadece %6,9'unun yoğun bakımda kalması gerektiğini bildirmişlerdir. Preop değerlendirmede düşük performans skoruna sahip hastalar açısından morbidite ve mortalitenin azalmasında önemli bir faktör olarak göze çarpmıştır.

#### • Retroperitoneal lumbotomi

Retroperitoneal retroplevral lumbotomi T11'den L2'ye kadar en yaygın teknik 10., 11. veya 12. taraftan minimal invaziv retroplevral retroperitoneal yaklaşımdır. Yaklaşım sağ lateral dekübitte sol taraftan yapılır. Cilt insizyonu ve kaburga rezeksiyonu torakotomi için tarif edildiği gibi yapılır. Sol arka diyafragma sütununun kesilmesi, retroperitoneal boşluk ile retroplevral boşluk arasındaki bağlantıyı sağlar.

#### • Klasik lumbotomi

Malzeme türü konusunda fikir birliği olmamakla birlikte en sık kullanılanlar titanyumdan silindirik gövde protezleri (Şekil 3D), teleskopik veya PMMA çimentosu ile doldurulmuş veya PEEK'teki vücut protezleridir. Cerrah bu minimal invaziv vücut rezeksiyonu tek başına yapabilir veya posterior perkütan osteosentez ile kombine edebilir. Bu daha iyi stabilizasyonu sağlayacaktır. Bu çevresel osteosentez, hasta 2 yaklaşım için yüzüstü pozisyonda konumlandırılarak tek bir operasyonda gerçekleştirilebilir. Tek bir örtü gerçekleştirilir ve 2 insizyonu içerir (Şekil 3A-C).

Minimal invaziv anterior cerrahi bu nedenle vücut rekonstrüksiyonu gerektiğinde bu hastalara uyarlanmış bir cerrahi araçtır. Bu teknik, diğer posterior minimal invaziv tekniklerle (osteosentez veya dekompresyon gibi saf stabilizatör) birleştirilebilir. Çok az kanama olduğu için tek bir cerrahi zamanda yapılabilirler ve daha sonra ister ventral ister lateral dekübitusta olsun bir omurun tam tedavisini sağlarlar.

Ana komplikasyonları literatürde belirtilen çok çeşitli minimal invaziv cerrahi teknikler mevcuttur. Cerrahi yaklaşıma karar verirken hastaların bulgularının ağrı ya da spinal kanal basısına bağlı belirgin nörolojik semptomları olmasına göre 2 kategoriye ayrılabilir (Tablo 1, 2).

## İNTRADURAL VE EKSTRADURAL PATOLOJİLERDE MİNİMAL İNVAZİV YAKLAŞIMLAR

Spinal tümörlerin rezeksiyonu için minimal invaziv yaklaşımların endikasyonları literatürde henüz tam olarak değerlendirilmemiştir. Yapılan çalışmaların pek çoğu ise cerrahın tecrübesi olarak yazılmıştır.



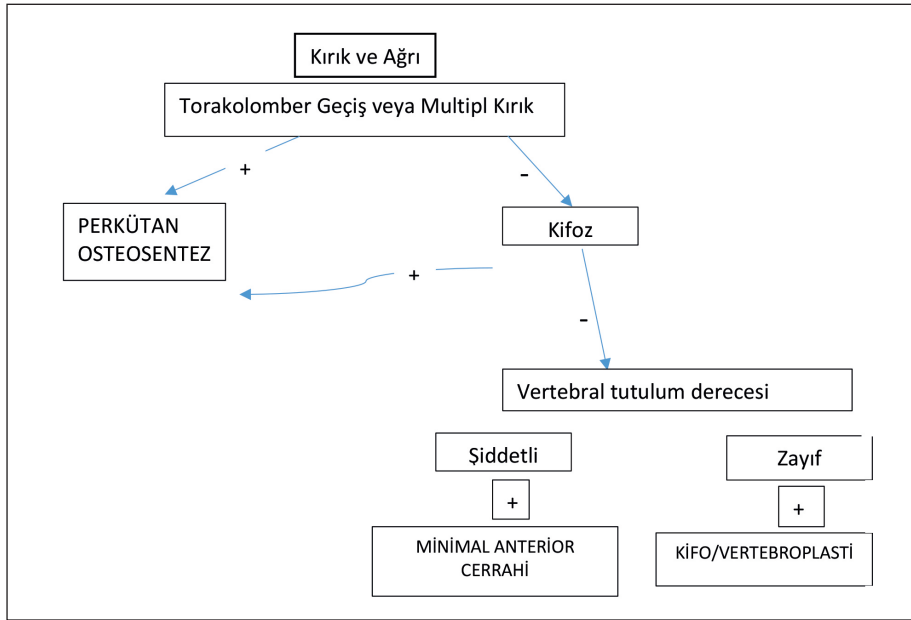
Minimal invaziv cerrahinin öncülerinden olan Chiou ve ark. (5) 256 hastalık serisinde tek taraflı unilaterale yaklaşım ile intradural ve ekstradural spinal tümör olgularında minimal invaziv cerrahiye büyük katkı sağlamıştır (5). Benzer şekilde Yaşargil ve ark. (45) spinal tümör ve arteriovenöz malformasyon hastalarında kullanılmak üzere unilaterale yaklaşımı tanımlamışlardır (Şekil 1, 2, 3, 4).

Afathi ve ark. (1) ekstradural yerleşimli spinal kord tümörlerinde dilatator kullanarak özellikle lamina destruksiyonu olan vakalarda transmusküler yol ile başarıyla tümör rezeksiyonu yapmışlardır (Şekil 5). Farklı firmaların geliştirmiş oldukları dilatator özellikli tübüler sistemler aracılığıyla pek çok ekstradural

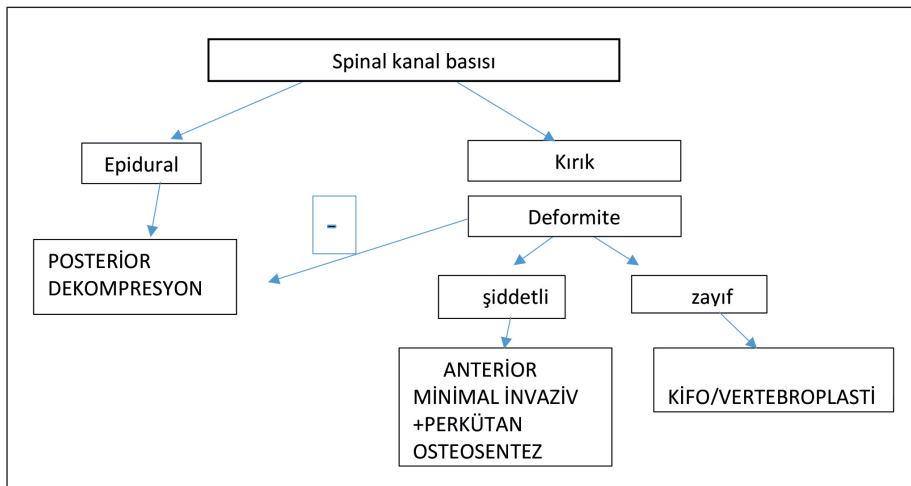
lezyon total eksizyon, intradural menenjiomlarda ise Simpson grade II eksizyon başarıyla uygulanmıştır (13).

Yapılan pek çok çalışmada minimal invaziv cerrahi yöntemler ile tümör yerleşimi ve hacminden bağımsız olarak intradural spinal menenjiom tedavisinde klasik açık cerrahi uygulanan hastalara göre daha iyi sonuçlar alınmıştır. Özellikle yaşlı ve debil hastalar için daha uygun seçenek gibi görünmektedir. Ameliyat sonrası morbidite ve komplikasyonlar açısından önemli farklar izlenmemiştir. Ameliyat sırasındaki kan kaybını azaltması ve hastanede kalış süresindeki anlamlı azalmalarda minimal invaziv cerrahinin önemini arttırmıştır (7).

**Tablo 1**

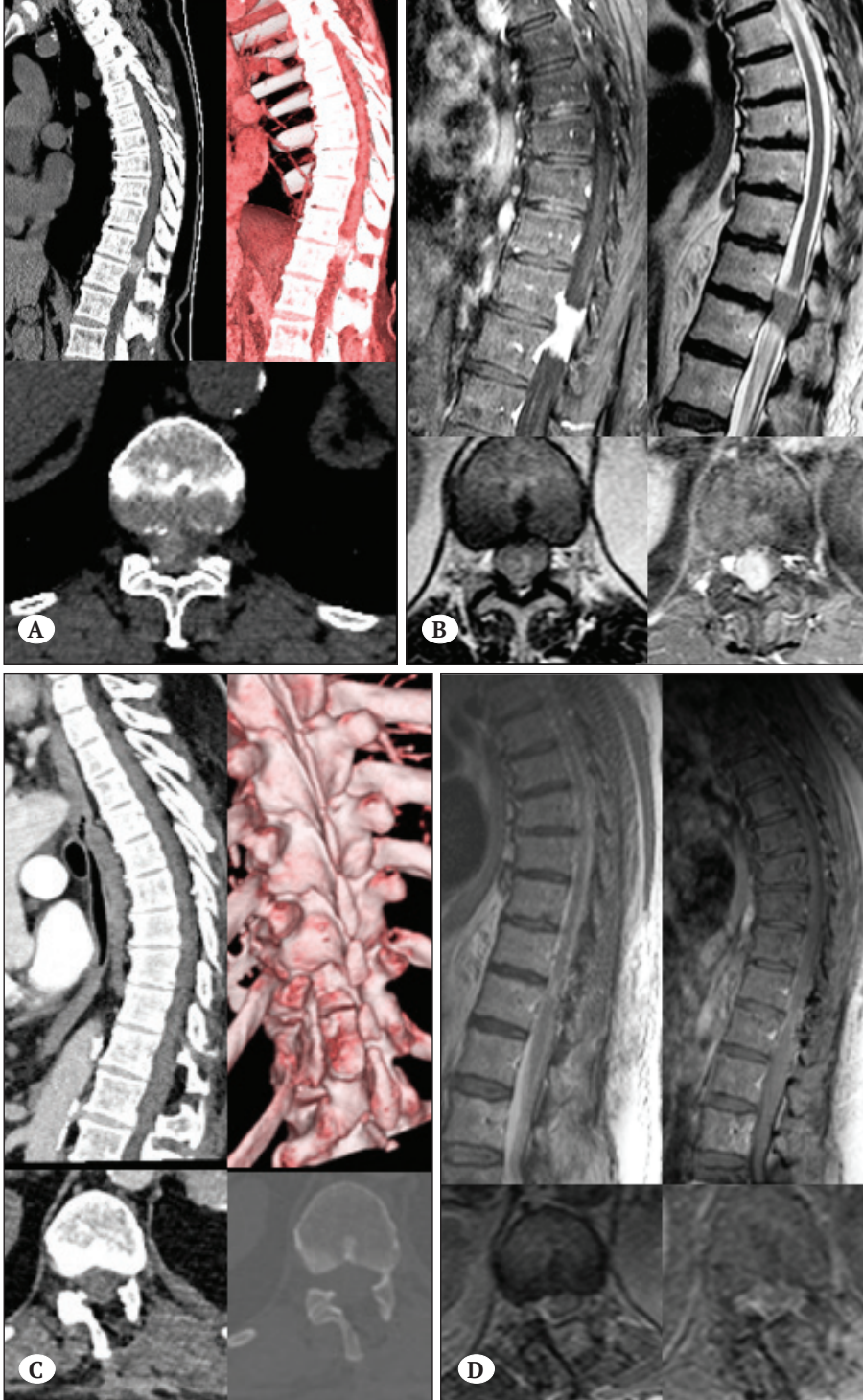


**Tablo 2**



Toshiki ve ark. (8) endoskopu intradural kistik lezyonlarda ve rezektabl diğer intradural ve ekstradural spinal patolojilerde başarıyla kullanmıştır. Çapları 1.8 ile 4.1 cm arası değişen kitleleri 18 vakalık serilerinde çıkardıklarını belirtmişlerdir. Endikasyonların geniş-

lemesi için yeni çalışma gerekliliği vurgulanmıştır. İnterlaminar metod ile ekstramedullar kitlelerde kullanılan endoskopik yöntem olmuştur. Bu vakalarda daha az kemik destrüksiyonu, daha az postoperatif ağrı ve kan kaybı, posterior gerilim bandının daha iyi

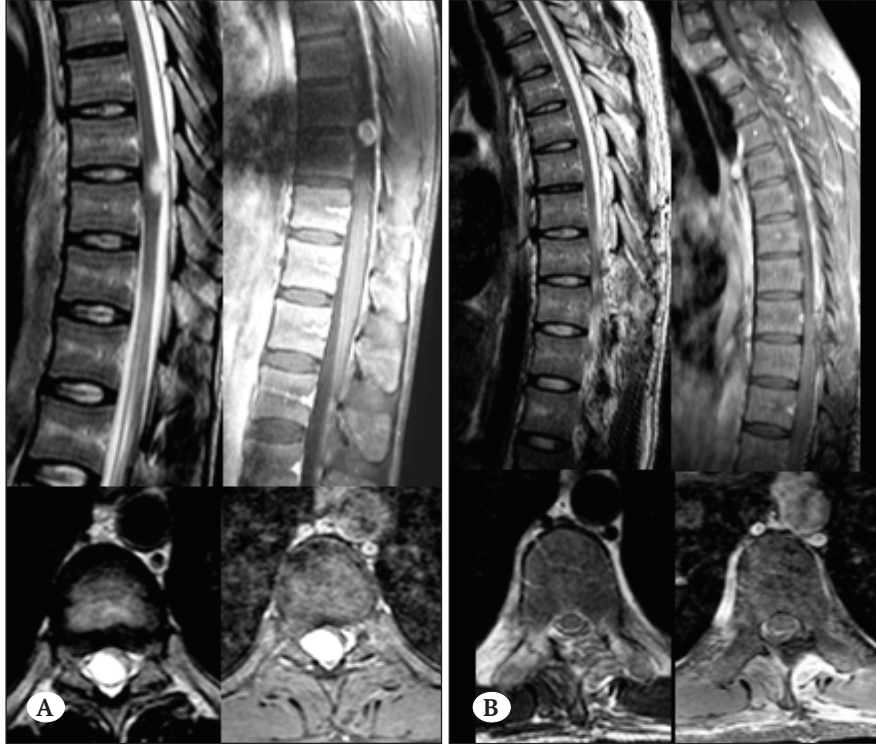


**Şekil 1.** A, B) 71 / Kadın hasta, T11-T12 düzeyinde intradural meningeoma, preoperatif BT ve MRG görüntüleri. C,D) Unilateral yaklaşımla total tümör rezeksiyonu yapıldı. Hastanın postoperatif BT ve MRG görüntüleri.

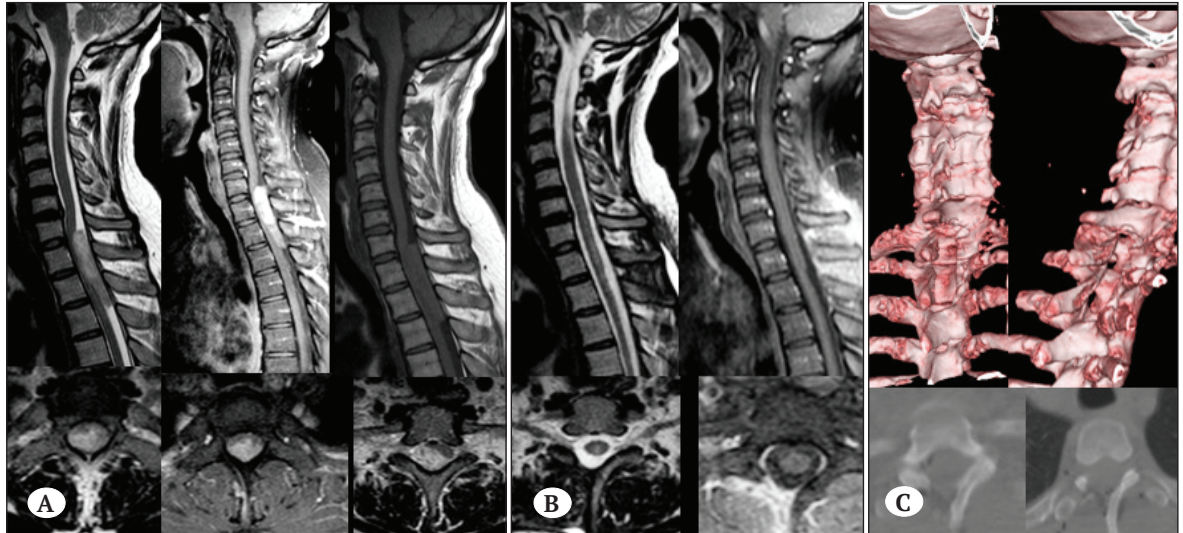
korunduğu vurgulanmıştır. Endoskopik hasta seçiminde konus bölgesi schwannom ve endimomların endoskopik yaklaşım için uygun vakalar olmadığı, lomber bölge intradural lezyonlarının postoperatif nörolojik sonuçlar açısından daha güvenli olduğu konusunda yazarlar fikir birliğine kavuşmuşlardır (49).

Hastanın radyolojik ve anatomik özelliklerinin göz önünde bulundurulması operasyon öncesi planlama-

da önem arz etmektedir. Lomber intraspinal tümörlerin çoğu, özellikle schwannomalar güvenli ve tamamen rezektü edilebilir. Kemik koruyucu interlaminar yaklaşımda ameliyat öncesi radyolojik incelemelere göre uzun eksen çapı 2 cm solid tümörler ile çapı 3 cm'den fazla önemli bir kistik bileşen mevcut olan tümörlerin rezeksiyon başarıları daha yüksek olarak görülmüştür (49). Toshiki endoskopik olarak araknoid kistleri çıkardıklarını bildirmiştir (8). Torakal



**Şekil 2.** A) 25 /Erkek hasta T9-T10 intradural intramedüller schwannoma preoperatif MRG görüntüleri. B) Unilateral yaklaşımla total tümör rezeksiyonu yapıldı. Hastanın MRG görüntüleri.



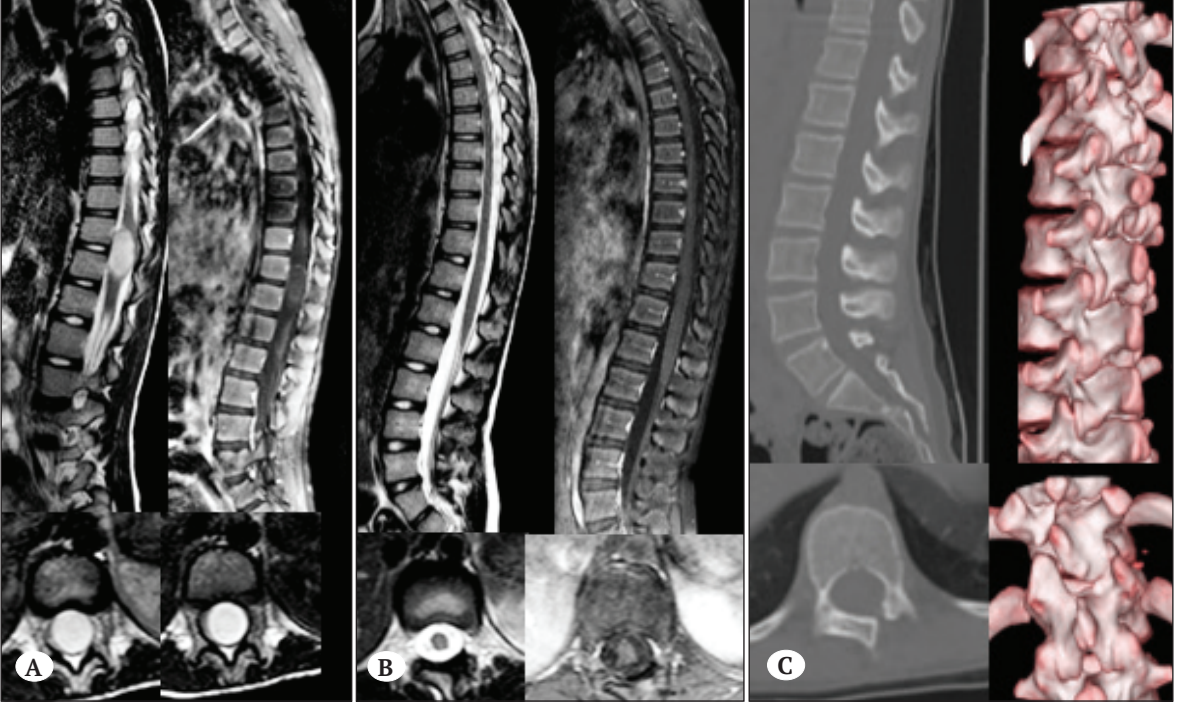
**Şekil 3.** A) 37 yaşında erkek hasta C7-T3 intradural intramedüller (patoloji: grade II endimoma) kitleye ait MRG görüntüleri. B,C) Unilateral yaklaşımla total tümör rezeksiyonu yapıldı. Hastanın postoperatif BT ve MRG görüntüleri.



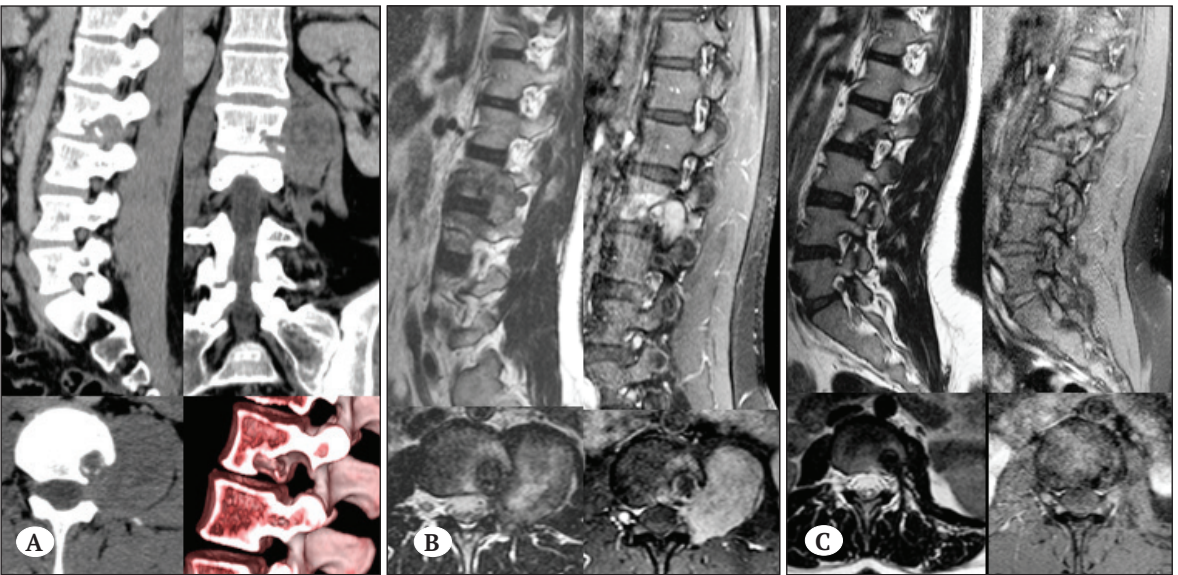
bölgedeki daha büyük soliter intradural lezyonlarda unilateral yaklaşım sonrası laminotominin plak vida sistemleri ile restorasyonu sıkça kullanılan yöntemlerden olmuştur (34).

Servikal ektramedüller tümörlerde hemilaminektomi veya hemi-semi-laminektomi ile kombine bir

posterior orta hat yaklaşımı, servikal intraspinal ektramedüller tedavisi için olumlu klinik sonuçlar sağlayabilir. Ayrıca bu cerrahi yaklaşımın geleneksel posterior orta hat yaklaşımına kıyasla operasyon süresini kısaltması, intraoperatif kan kaybının azaltılması, bağ ve kemik yapılarını koruması ve deformite



**Şekil 4.** A) 7 yaşında çocuk, T10-T11 intradural intramedüller (patoloji: epidermoid tümör) kitleye ait MRG görüntüleri. B,C) Unilateral yaklaşımla total tümör rezeksiyonu yapıldı. Hastanın postoperatif BT ve MRG görüntüleri.



**Şekil 5.** A,B) 29 yaşında kadın hasta L2 ekstraforaminal uzanım gösteren forameni genişleten ve kemik destrüksiyonuna yol açan schwannoma ait BT ve MRG görüntüleri. C) Transforaminal yaklaşımla total tümör rezeksiyonu yapıldı. Hastanın postoperatif MRG görüntüleri.



oranını azaltması gibi avantajları vardır (46). Servikal tümörlerde key-hole foraminotomi ile yapılan tümör eksizyonlarında postoperatif epidural fibrozisin daha az olduğu sunulmuştur (3, 38).

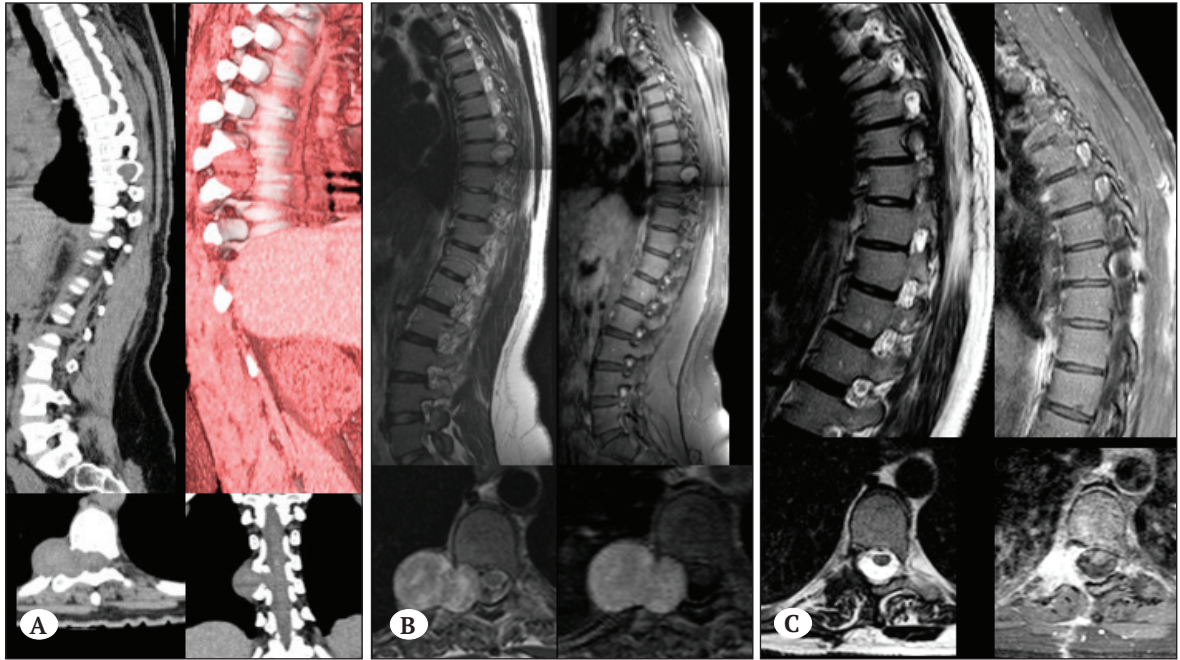
Servikal, torakal ve lomber bölgedeki schwannomalarda tümörün yerleşim yerine göre intradural, transforaminal, unilateral, kontralateral, transmuskuler yolla yaklaşımlar yapılabilmektedir. Hastanın tümörünün büyüklüğü, uzanımına, yerleşim yerine, cerrahın deneyimine göre uygun en akılcı yaklaşım seçimi yapılmalıdır (Şekil 2, 5, 6, 7).

## SONUÇ

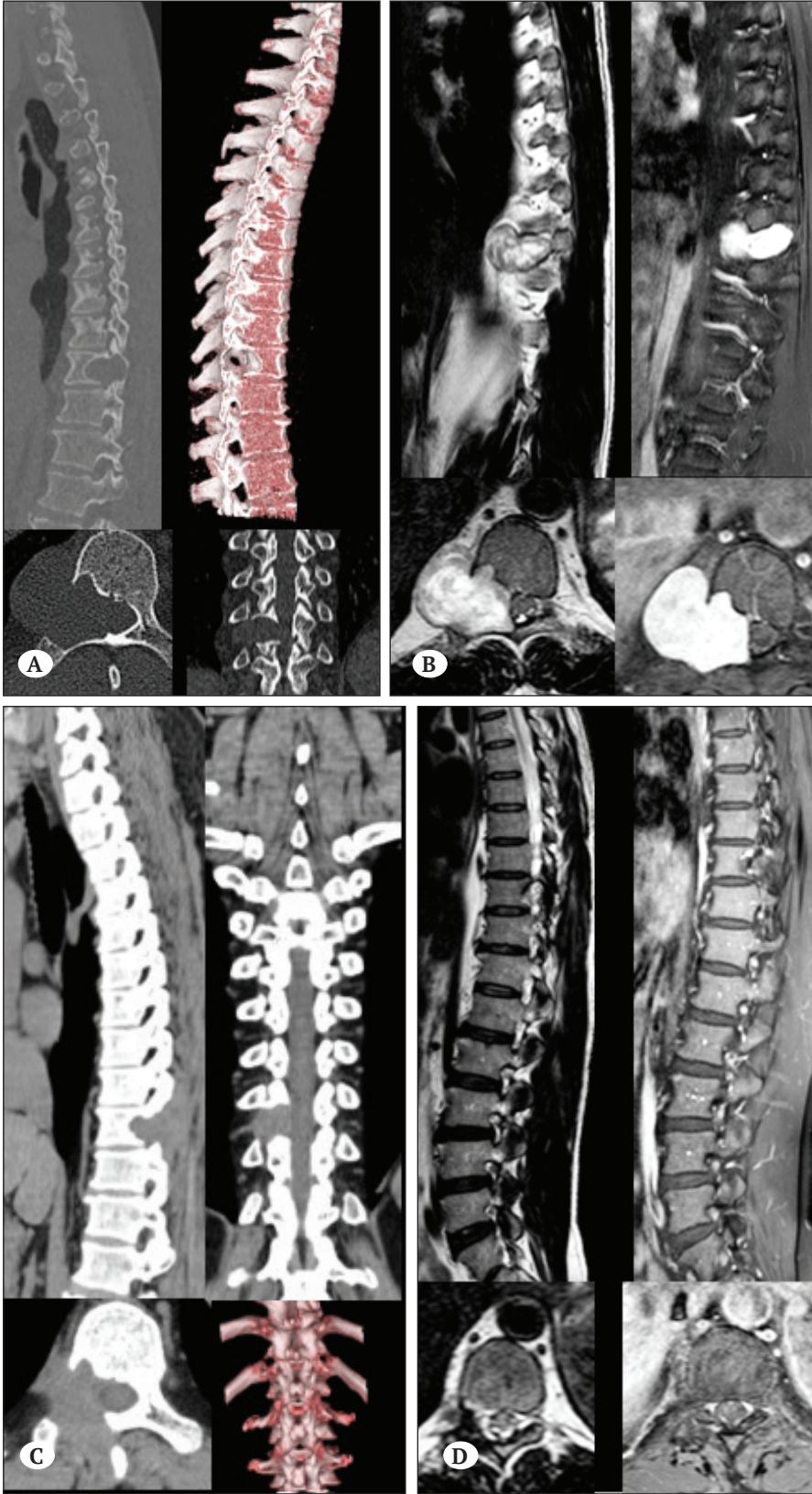
Spinal metastazı olan hastaların büyük bölümünde genel durum bozukluğu vardır ve cerrahi açıdan

yüksek oranda mortalite ve morbidite riski taşırlar. Komplikasyon oranlarının az olması nedeniyle spinal cerrahide minimal invaziv tekniklere eğilim mevcuttur. Minimal invaziv tekniklerin belli başlı avantajları; daha az ağrılı olması, daha az kan kaybına neden olması, hastanede kalım süresinin az olması, omurga biyomekaniğinin korunması, iyileşmenin daha çabuk olması ve daha az morbidite oranına sahip olması olarak sıralanabilir.

Biyomekanik ve cerrahi komplikasyonları önlemek için tüm dünyada daha az invaziv cerrahi tekniklere ihtiyaç duyulmuştur. Bu teknikler, normal omurga yapısındaki düzensizliği en aza indirmeyi ve mümkün olduğu kadar çok kemik elementi ve kemik-kas birimini korumayı amaçlamaktadır.



**Şekil 6.** A, B) 28 yaşında kadın hasta T8-T9 düzeyinde foraminal, ekstraforaminal uzanım gösteren forameni genişleten ve toraksa doğru büyüyen schwannoma ait BT ve MRG görüntüleri. C) Tek taraflı yaklaşımla total tümör rezeksiyonu yapıldı. Hastanın postoperatif MRG görüntüleri.



**Şekil 7.** A,B: 45 yaşında erkek hasta T10 ekstraforaminal uzanım gösteren forameni genişleten ve kemik destrüksiyonuna yol açan schwannoma ait BT ve MRG görüntüleri. C, D) Tek taraflı yaklaşımla kemik içerisine ve toraks boşluğuna uzanan tümör total olarak rezeksiyonu yapıldı. Hastanın postoperatif BT ve MRG görüntüleri.

## KAYNAKLAR

1. Afathi M, Peltier E, Adetchessi T, et al. Minimally invasive transmuscular approach for the treatment of benign intradural extramedullary spinal cord tumours : Technical note and results Abord mini-invasif transmusculaire pour la prise en charge des tumeurs bénignes intradurales extramédullaires. *Neurochirurgie* 61: 333-338, 2015.
2. Asazuma T, Nakamura M, Matsumoto M, et al. Postoperative changes of spinal curvature and range of motion in adult patients with cervical spinal cord tumors: Analysis of 51 cases and review of the literature. *Journal of Spinal Disorders and Techniques* 17: 178-182, 2004.
3. Balak N. Unilateral partial hemilaminectomy in the removal of a large spinal ependymoma. *Spine J* 8: 1030, 2008.
4. Barzilai O, Versteeg AL, Sahgal A, et al. Survival, local control, and health-related quality of life in patients with oligometastatic and polymetastatic spinal tumors: A multicenter, international study. *Cancer* 125: 770-778, 2019.
5. Chiou SM, Eggert HR, Laborde G, et al. Microsurgical unilateral approaches for spinal tumour surgery: Eight years' experience in 256 primary operated patients. *Acta Neurochirurgica* 100: 127-133, 1989.
6. Dalbayrak S, Yaman O, Ozer AF: Minimally invasive approaches in metastatic spinal tumor surgery. *Turkish Neurosurgery* 25: 357-361, 2015.
7. Daulec C, Leroy HA, Karnoub MA, et al. Minimally invasive surgery for intradural spinal meningioma: A new standard? A comparative study between minimally invasive and open approaches. *Neurochirurgie* 68: 379-385, 2022.
8. Endo T, Tominaga T: Use of an endoscope for spinal intradural pathology. *Journal of Spine Surgery* 6: 495-501, 2020.
9. Fehlings MG, Nater A, Tetreault L, et al. Survival and clinical outcomes in surgically treated patients with metastatic epidural spinal cord compression: Results of the prospective multicenter AOSpine study. *Journal of Clinical Oncology* 34: 268-276, 2016.
10. Fuentes S, Metellus P, Graillon T, et al. Survie à long terme après traitement chirurgical de patients atteints de compression médullaire métastatique: naissance d'une nouvelle population oncologique ? *Neurochirurgie* 60: 323, 2014.
11. Galgano M, Fridley J, Oyelese A, et al. Surgical management of spinal metastases. *Expert Review of Anticancer Therapy* 18: 463-472, 2018.
12. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA: New technologies in spine: Kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine* 26: 1511-1515, 2001.
13. Haji FA, Cenic A, Crevier L, et al. Minimally invasive approach for the resection of spinal neoplasm. *Spine* 36, 2011.
14. Hirabayashi H, Ebara S, Kinoshita T, et al. Clinical outcome and survival after palliative surgery for spinal metastases: Palliative surgery in spinal metastases. *Cancer* 97: 476-484, 2003.
15. Huang TJ, Hsu RWW, Li YY, et al. Minimal access spinal surgery (MASS) in treating thoracic spine metastasis. *Spine* 31: 1860-1863, 2006.
16. Igoumenou VG, Mavrogenis AF, Angelini A, et al. Complications of spine surgery for metastasis. *European Journal of Orthopaedic Surgery and Traumatology* 30: 37-56, 2020.
17. Kaptain GJ, Simmons NE, Replogle RE, et al. Incidence and outcome of kyphotic deformity following laminectomy for cervical spondylotic myelopathy. *Journal of Neurosurgery* 93: 199-204, 2000.
18. Kobayashi K, Ando K, Nakashima H, et al. Prognostic factors in the new katagiri scoring system after palliative surgery for spinal metastasis. *Spine* 45: E813-E819, 2020.
19. Kocaeli H, Doygün M: Omurga tümörleri. *Temel Nöroşirürji, Cilt 2, Türk Nöroşirürji Derneği Yayınları*, 2010:1579-1590
20. Kornblum MB, Wesolowski DP, Fischgrund JS, Herkowitz HN: Computed tomography-guided biopsy of the spine. A review of 103 patients. *Spine* 23:81-85, 1998.
21. Kossman T, Jacobi D, Trentz O: The use of a retractor system (SynFrame) for open, minimal invasive reconstruction of the anterior column of the thoracic and lumbar spine. *European Spine Journal* 10: 396-402, 2001.
22. Li D, Huang Y, Yang H, et al. Jack vertebral dilator kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *European Journal of Orthopaedic Surgery and Traumatology* 24: 15-21, 2014.
23. Lykomyros V, Anagnostidis KS, Alzeer Z, et al. Percutaneous anterolateral balloon kyphoplasty for metastatic lytic lesions of the cervical spine. *European Spine Journal* 19: 1948-1952, 2010.
24. Mikawa Y, Shikata J, Yamamuro T: Spinal deformity and instability after multilevel cervical laminectomy. *Spine*. 12: 6-11, 1987.
25. Miscusi M, Polli FM, Forcato S, et al. Comparison of minimally invasive surgery with standard open surgery for vertebral thoracic metastases causing acute myelopathy in patients with short- or mid-term life expectancy: Surgical technique and early clinical results. *Journal of Neurosurgery: Spine* 22: 518-525, 2015.
26. Mühlbauer M, Pfisterer W, Eyb R, et al. Minimally invasive retroperitoneal approach for lumbar corpectomy and anterior reconstruction. Technical note. *Journal of Neurosurgery* 93: 161-167, 2000.



27. Ohashi M, Hirano T, Watanabe K, et al. En Bloc spondylectomy for spinal metastases: Detailed oncological outcomes at a minimum of 2 years after surgery. *Asian Spine Journal* 13: 296-304, 2019.
28. Patchell RA, Tibbs PA, Regine WF, et al. Direct decompressive surgical resection in the treatment of spinal cord compression caused by metastatic cancer: A randomised trial. *Lancet* 366: 643-648, 2005.
29. Perrin RG: Metastatic tumors of the axial spine. *Current Opinion in Oncology*. 4: 525-532, 1992.
30. Pflugmacher R, Bornemann R, Karius T, et al. Multiple myeloma: Radiofrequency (RF) Kyphoplasty in the treatment of osteolytic vertebral fractures. *Bone* 50: S183, 2012.
31. Quraishi NA, Arealis G, Salem KMI, et al. The surgical management of metastatic spinal tumors based on an Epidural Spinal Cord Compression (ESCC) scale. *Spine Journal* 15: 1738-1743, 2015.
32. Ramazanoğlu AF, Sarıkaya C, Etli MU, et al. Results of percutaneous cervical vertebroplasty using an anterolateral approach for cervical spine tumors: 268-271, 2022.
33. Rodríguez-Vela J, Lobo-Escolar A, Joven-Aliaga E, et al. Perioperative and short-term advantages of mini-open approach for lumbar spinal fusion. *European Spine Journal* 18: 1194-1201, 2009.
34. Schmidt R, Wenz F, Reis T, et al. Kyphoplasty and intra-operative radiotherapy, combination of kyphoplasty and intra-operative radiation for spinal metastases: Technical feasibility of a novel approach. *International Orthopaedics* 36: 1255-1260, 2012.
35. Schwab JH, Gasbarrini A, Cappuccio M, et al. Minimally Invasive Posterior Stabilization Improved Ambulation and Pain Scores in Patients with Plasmacytomas and/or Metastases of the Spine. *International Journal of Surgical Oncology* 2011: 1-5, 2011.
36. Sebaaly A, Najjar A, Wang Z, et al. Anterolateral cervical kyphoplasty for metastatic cervical spine lesions. *Asian Spine Journal* 12: 823-829, 2018.
37. Sioutos PJ, Arbit E, Meshulam CF, et al. Spinal metastases from solid tumors. Analysis of factors affecting survival. *Cancer* 76: 1453-1459, 1995.
38. Song YK JTA: The usefulness of laminoplasty in cervical spinal cord surgery. *J Korean Neurosurg Soc* 35: 261, 2004.
39. Spiessberger A, Arvind V, Gruter B, et al. Thoracolumbar corpectomy/spondylectomy for spinal metastasis: a pooled analysis comparing the outcome of seven different surgical approaches. *European Spine Journal* 29: 248-256, 2020.
40. Tokuhashi Y, Ajiro Y, Umezawa N: Outcome of treatment for spinal metastases using scoring system for preoperative evaluation of prognosis. *Spine* 34: 69-73, 2009.
41. Vanek P, Bradac O, Konopkova R, et al. Treatment of thoracolumbar trauma by short-segment percutaneous transpedicular screw instrumentation: Prospective comparative study with a minimum 2-year follow-up: Clinical article. *Journal of Neurosurgery: Spine* 20: 150-156, 2014.
42. Zazifehdan F, Karantzoulis VG, Igoumenou VG. Surgical treatment for metastases of the cervical spine. *European Journal of Orthopaedic Surgery and Traumatology* 27: 763-775, 2017.
43. Xia Y, Zhai H, Wang X, et al. Combined percutaneous kyphoplasty/ pediculoplasty by posterolateral transpedicular approach for painful cervical spine metastases: A single-center prospective study. *Journal of Pain Research* 14: 1699-1706, 2021.
44. Yang Z, Yang Y, Zhang Y, et al. Minimal access versus open spinal surgery in treating painful spine metastasis: A systematic review. *World Journal of Surgical Oncology* 13: 1-8, 2015.
45. Yasargil G: Concezio Di Rocco (ed), *Advances and technical Standarts in Neurosurgery*; 2022.
46. Yu Y, Zhang X, Hu F, et al. Minimally invasive microsurgical treatment of cervical intraspinal extramedullary tumors. *Journal of Clinical Neuroscience* 18: 1168-1173, 2011.
47. Zairi F, Arikat A, Allaoui M, et al. Minimally invasive decompression and stabilization for the management of thoracolumbar spine metastasis: Clinical article. *Journal of Neurosurgery: Spine* 17: 19-23, 2012.
48. Zheng L, Chen Z, Sun M, et al. A preliminary study of the safety and efficacy of radiofrequency ablation with percutaneous kyphoplasty for thoracolumbar vertebral metastatic tumor treatment. *Medical Science Monitor* 20: 556-563, 2014.
49. Zhu YJ, Ying GY, Chen AQ, et al. Minimally invasive removal of lumbar intradural extramedullary lesions using the interlaminar approach. *Neurosurgical Focus* 39: E10, 2015.
50. Zong S, Zeng G, Du L, et al. Treatment results in the different surgery of intradural extramedullary tumor of 122 cases. *PLoS ONE* 9: 1-7, 2014.



# 59 SPİNAL TÜMÖRLERDE BİYOPSİ

Gültekin Baş , Zühtü Özbek

Spinal cerrahide minimal invaziv prosedürler son zamanlarda önemli bir gelişme göstermiştir. Bu minimal invaziv prosedürlerin ortak amacı, bazı geleneksel yöntemlerle oluşabilecek iyatrojenik, biyomekanik veya nörolojik komplikasyonlardan kaçınmak ve etkinliği artırmaktır. Son yıllarda gelişen görüntüleme teknikleri spinal patolojileri anlamamızı artırmış olsa da, spinal lezyonların doğru teşhisi için biyopsi yapılarak histopatolojik doku analizi gerekir, böylece erken tedaviye başlanabilir.

Vertebral patolojinin/lezyonun histopatolojik incelenmesi açık cerrahi yöntemle ya da minimal invaziv (perkütan görüntüleme eşliğinde) bir yöntemle yapılabilir. Vertebral lezyonda açık cerrahi biyopsi, önemli bir morbidite riski, komşu dokulara kontaminasyon olasılığı taşır . Omurgada perkütan biyopsi endikasyonları, bilinen veya bilinmeyen primer tümör öyküsü olan hastalarda şüpheli metastaz, 2 veya daha fazla primer tümör, omurganın şüpheli primer malignitesi, patolojik vertebra kompresyon kırığı veya omurgada şüpheli enfeksiyon veya inflamatuvar durumları içerir (6,3). Tek mutlak kontrendikasyon, düzeltilmemiş koagülopatidir. Göreceli kontrendikasyonlar, klinik olarak stabil olmayan veya prosedür için işbirliği yapamayan hastaları içerir.

## Biyopsinin Planlanması ve Hasta Seçimi

Vertebra biyopsi yöntemleri, vertebranın seviyesine, lezyonun vertebradaki lokalizasyonuna, diffüz veya lokal olmasına bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Genellikle lokal anestezi ya da sedasyon altında uygulanabilirken, pediatrik hastalarda, prone pozisyon alamayan hastalarda genel anestezi uygulanabilir. Görüntüleme eşliğinde spinal biyopsiler torakal ve lomber bölgede prone pozisyonda yapılabilir. Ancak servikal bölgede servikal vertebral patolojinin yerine ve cerrahin deneyimine göre pozisyon değişebilir. Posteriyor ve posterolateral yaklaşımlarda hasta prone pozisyonda, direkt lateral yaklaşımda lezyonun olduğu taraf üstte kalacak şekilde lateral dekübit pozisyonda, anterolateral yaklaşımda ise supine pozisyonda hasta cerrahi işleme alınır (8). Yapılacak işlem öncesi planlama

yapılmalı nörovasküler, visseral yapıların korunduğundan emin olunmalıdır.

Biyopsi sonrası kanama riski, planlanan cerrahiye, hastanın altta yatan hastalıklarına ve kullanılan antiplatelet veya antikoagülan tedaviye bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Spinal perkütan biyopsi işlemleri, orta düzeyli kanama riski içeren prosedürlerdir (4). Kanama riskinin yüksek olduğu işlemlerde, uluslararası normalleştirilmiş oran (INR) düzeyi veya aPTT'nin (hasta intravenöz heparin alıyorsa) ve ayrıca trombosit sayısı ve hematokrit düzeyinin kontrol edilmesi önerilir. Tüm işlemlerde kanama riski ne olursa olsun hastanın trombosit sayısı en az  $50 \times 10^9/L$  olmalıdır. INR 1.5'ten büyükse düzeltilmelidir. Antiagregan tedaviler arasındaki tiklopidin, klopidogrel, prasugrel ve tikagrelorun antitrombositler etkileri trombositin 5-9 gün olabilen ömrü boyunca devam eder (7). Bu nedenle elektif işlemlerden 5-7 gün önce bu ajanlar kesilmelidir (10). Glikoprotein IIb/IIIa reseptör antagonistleri (absiksimab, eptifibatid ve tirofiban), trombositlerin fibrinojene bağlanmasını önler. Bu ajanların etkilerinin tersine çevrilmesi, ilacın kesilmesi ve yarılanması için zaman tanınması yoluyla sağlanabilir. Absiksimab yaklaşık 12 saatlik farmakolojik etkili yarı ömre sahipken diğer ajanlar daha kısa etkilidir (2-4 saat). Trombosit transfüzyonu ile bu antiagregan ilaçların etkilerinin üstesinden gelinebilir (1).

## Perkütan İnce İğne Biyopsileri

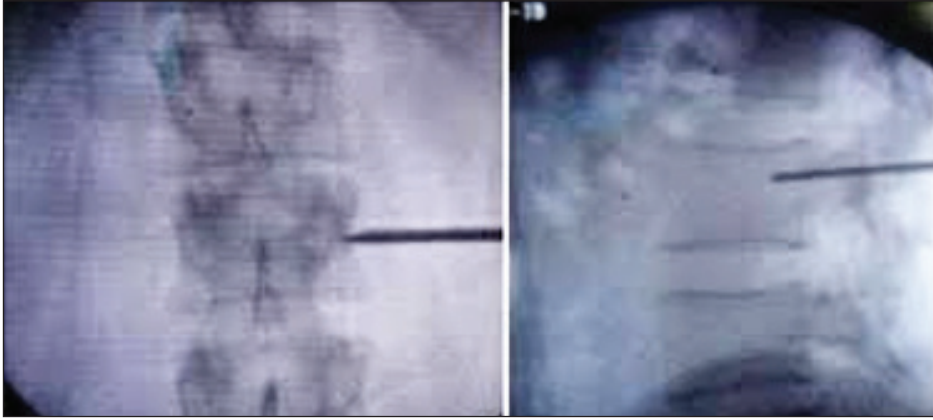
Perkütan ince iğne doku biyopsileri (İİB) doğruluğu, güvenliği ve maliyet etkinliği oldukça etkili olmasına rağmen, açık veya eksizyonel biyopsi altın standart olmaya devam etmektedir (Şekil 1). Literatürde kas-iskelet patolojilerinin perkütan İİB'lerinde tanımlanması %69-96 olarak bildirilmiştir (9).

## - Transpediküler Yaklaşım

Bu, vertebral biyopsi için tercih edilen yaklaşımdır ve herhangi bir vertebrada kullanılabilir (Şekil 2). Bu yaklaşımda kanama ve tümör ekim riskini azaltır. Lomber vertebral biyopsi için en yaygın yaklaşımdır.

İİAB	Doku Biyopsisi
Sıvı içeriğin aspirasyonu, yumuşak doku, disk kültür, sitoloji	Kemikten yada yumuşak dokudan <u>solid spesmen</u>
Primer malinite de tanısal doğruluğu yüksek	Primer malinite de tanısal doğruluğu yüksek
Metastazların primerini ortaya koymada yetersiz	Metastazların primer odağını ortaya koymada daha başarılı
Bening lezyonlarda tanısal değeri çok düşük	Bening lezyonlarda tanısal değeri yüksek
Lenfoproliferatif hastalıkların tanısında ve subtiplendirilmesinde yetersiz	Lenfoproliferatif hastalıkların tanısında ve subtiplendirilmesinde yeterli
Hipervasküler lezyonlarda kullanımı uygulanabilir	Hipervasküler lezyonlarda kullanımı kısıtlı

Şekil 1. İnce iğne aspirasyon biyopsileri ve doku biyopsilerinin karşılaştırılması.



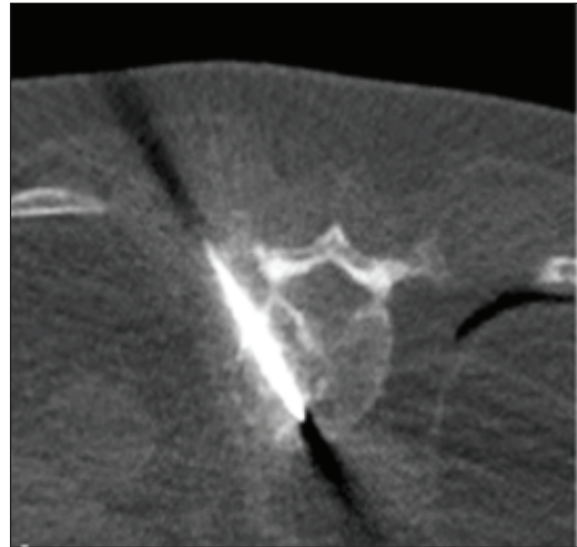
Şekil 2. Floroskopide L3 vertebra sol yarısındaki lezyondan örnek alınması işleminde AP ve lateral görüntüler.

### - Posterolateral Ekstrapediküler Yaklaşım

Bu yaklaşım, transpediküler yaklaşımın mümkün olmadığı durumlarda, örneğin arka kutanöz veya deri altı planda açık yara veya skar, çapı (transvers ya da krano-kaudal) ince pediküller gibi lomber vertebra için yapılabilir (Şekil 3). İğne, vertebra gövdesine girmek için psoas kasından veya psoas kasının arkasından geçer. Posteromedial olarak nöral foramenlere ve anteromedial olarak aort/iliak arterlere dikkat edilmelidir. Bu yaklaşımda spinal arter/radiküler arter için potansiyel yaralanma riski olabilir ve retroperitoneal hematom/psödoanevrizma oluşumu riski vardır (2).

### - Superior Kostotransvers Yaklaşım

Vertebra gövdesi lezyonuna superior kostotransvers eklem aralığından yaklaşım yapılır. Orta ve alt torasik bölge vertebra biyopsilerinde kullanılabilir. Bu yaklaşımın anatomik temeli, superior kostotransvers



Şekil 3. Ekstrapediküler yolla T10 vertebra korpusundan örnek alınması.

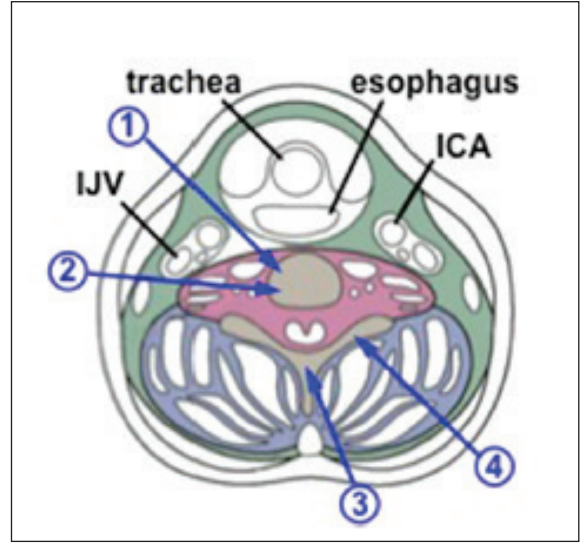
eklem boşluğunun, medialde pedikülden ve lateralde akciğer veya plevradan kaçınarak vertebra gövdesine mükemmel bir iğne girişi kılavuzu görevi görmesidir. Bu tür hastalarda akciğeri ve plevrayı laterale itmek ve plevra ile kosta arasında güvenli bir boşluk oluşturmak için ekstrapleval boşluğa steril normal salin verildikten sonra posterolateral yaklaşım kullanılır.

### -İnferior Kostotransvers Yaklaşım

Bu yaklaşım, vertebral lezyona inferior kostotransvers eklem aralığından yaklaşıldığı üst torasik vertebra biyopsisinde kullanılır. Bu vertebral segmentlerde, pedikül genellikle yeterince geniştir, ancak inferior kostotransvers teknik, transpediküler yaklaşım için lezyona girmek için faset eklemine alt kısmından delmekten daha kolaydır. Posterolateral yaklaşım (kostotransvers eklem lateralinde), akciğer veya plevral yaralanma riskini artırır. Üst torasik vertebral lezyona güvenli bir şekilde yaklaşmak için tek potansiyel boşluk, inferior kostotransvers eklem boşluğudur (5). İğnenin trajeksiyonu daha anterolateral ise akciğer yaralanması riski ve iğne trajeksiyonu daha kaudal ise sinir kökü yaralanması riski olabilir.

### Anterolateral veya Lateral Yaklaşım

Bu yaklaşım genellikle hasta supine pozisyonda iken servikal vertebral korpus biyopsisi için yapılır. Anterolateral yaklaşımda orta hatta trakea ve farinks, sol paramedian pozisyonda özofagus, karotis ve internal juguler ven ve posterolateral/lateral yaklaşımda foramen transversariumdaki vertebral arter yapılarında oluşabilecek majör komplikasyonlar ciddi mortalite ve morbiditeye yol açabilir (Şekil 4) (2). Juguler ven ile foramen transversarium'un ön kenarı arasındaki potansiyel dar alan, özofagus yaralanmasını önlemek için servikal vertebra gövdesine tercihen sağ taraftan yaklaşmak için güvenli yollardan biridir (5). İstenmeyen damar yaralanmasını önlemek için önemli vasküler yapıları, yani karotid arter-juguler ven-vertebral arteri ana hatlarıyla belirlemek için prosedürden önce yaklaşık 30-50 mL iyonik olmayan intravenöz iyotlu kontrast enjekte edilir (5). Lateral yaklaşımla, iğne ucu foramen transversarium'un ön yüzeyine (juguler venin arkası) hedeflenir ve iğne ucunun istenen konumda doğrulanmasından sonra iğne vertebral lezyona doğru ilerletilir. Servikal bölgeden örneklem yapılırken hayati yapılara zarar vermemek için lomber ve torakal bölgeye göre küçük iğneler kullanılır. Bu da alınan patolojik örneğin azlığına, patolojik sonucun kısıtlı materyalden dolayı negatif çıkmasına neden olabilir.



**Şekil 4.** Servikal vertebranın hyoid kemik altında hayati yapılarla olan komşuluğu ve vertebraya yaklaşım yolları. Anterior veya anterolateral yaklaşımlar (1 ve 2) karotis kılıfın önünden ya da arkasından vertebral kolon içindeki lezyonların biyopsisi için kullanılır. Posterior (3) veya posterolateral (4) yaklaşımlar, servikal bölgenin posterior elemanları içindeki lezyonları örneklemek için önerilir.

### Radyolojik Yöntemler

Floroskopi kullanımı yaygın, ucuz ve hızlı görüntüleme nedeniyle klinik pratikte sık kullanılan yöntemdir. Bununla beraber yumuşak doku lezyonlarında sınırlı olması ve iğne ucunu birden fazla planda kontrol etme gerekliliği gibi dezavantajları vardır. BT eşliğinde biyopside iğne ucunu en iyi gösteren yardımcı radyolojik yöntemdir. Elde edilen görüntüler oldukça anlaşılır ve derin yapıları gösterebilmesi açısından da oldukça yararlıdır. İyonize radyasyon, belirli giriş açısında iğne ucunun kontrolünün zorlaşması gibi dezavantajları olsa da klinik pratikte oldukça yaygın ve etkin kullanımı vardır. MR ise kullanılacak malzemenin magnet konfigürasyonu, uzun çekim süresi gibi dezavantajları olması yanında etraf yumuşak dokuları göstermesi, iyonize radyasyon içermemesi, multiplanar çekim gibi avantajları mevcuttur. USG hızlı, ucuz, radyasyon içermeyen radyolojik yöntem olup; spinal tümörlerde uygulanabilirliği servikal bölgedeki yüzeyel lezyonlarla kısıtlıdır.

## KAYNAKLAR

1. Malloy PC, Grassi CJ, Kundu S, et al. Consensus guidelines for periprocedural management of coagulation status and hemostasis risk in percutaneous image-guided interventions. *J Vasc Interv Radiol* 2009;20(7 suppl):S240–S249.
2. Mifune Y, Yagi M, Iwasaki Y, Doita M. Pseudoaneurysm of lumbar artery following a vertebral biopsy: a case report. *Case Rep Radiol* 2012; 2012:127124.
3. Ortiz AO, Zoarski G, Brook A. Image-guided percutaneous spine biopsy. In: Mathis JM, Golovac S, eds. *Image-Guided Spine Interventions*. 2nd ed. New York: Springer-Verlag; 2010:75–106.
4. Patel IJ, Davidson JC, Nikolic B, et al. Consensus guidelines for periprocedural management of coagulation status and hemostasis risk in percutaneous image-guided interventions. *J Vasc Interv Radiol* 2012;23(6):727–736.
5. Singh DK, Kumar N, Nayak BK, et al. Approach-based techniques of CT-guided percutaneous vertebral biopsy. *Diagn Interv Radiol*. 2020 Mar;26(2):143-146
6. Spinnato P, Bazzocchi A, Facchini G, et al. Vertebral fractures of unknown origin: role of computed tomography-guided biopsy. *Int J Spine Surg* 2018; 12:673–679.
7. Varenhorst C, James S. Which antiplatelet agent for whom? Which patient populations benefit most from novel antiplatelet agents (ticagrelor, prasugrel)? *Curr Cardiol Rep* 2012;14(4):486–492.
8. Wiesner EL, Hillen TJ, Long J, et al. Percutaneous CT-guided biopsies of the cervical spine: technique, histopathologic and microbiologic yield, and safety at a single academic institution. *AJNR Am J Neuroradiol* 2018; 39:981–985.
9. Wu JS, Goldsmith JD, Horwich PJ, et al. Bone and soft-tissue lesions: what factors affect diagnostic yield of image-guided core needle biopsy? *Radiology* 2008; 248:962–970
10. Yorkgitis BK, Ruggia-Check C, Dujon JE. Antiplatelet and anticoagulation medications and the surgical patient. *Am J Surg* 2014;207(1):95–101.



## 60

## OMURGA TÜMÖRLERİNDE PERKÜTAN ABLASYON TEKNİKLERİ

Özgür Akşan, Nail Özdemir

Omurganın tüm tümörleri içinde primer kemik tümörleri < %10 az yer kaplamaktadır. Primer kemik tümörleri bilindiği gibi iyi huylu ve kötü huylu olarak ikiye ayrılır. Primer haricinde metastatik tümörlerde omurgada sık izlenmektedir. Kanser türlerinin metastatik kemik tümörü sıklığına sırasıyla bakacak olursak; myelom (%70-95), renal (%20-25), melanom (%14-45), tiroid (%60), akciğer (%30-40), meme (%65-75), prostat (%65-75)'tir (1,14). İyi huylu tümörler ve bazı lokal agresif tümörler küratif olabilirken, küratif olmayan tümörlerde ağrı kontrolü önemlidir. Günümüzde, omurga tümörlerinin tedavisinde değişik ablasyon teknikleri başarıyla uygulanmaktadır. Çeşitli perkütan görüntüleme teknikleriyle primer veya metastatik omurga tümörlerinin ağrı kontrolü (palyatif) veya küratif tedavisi mümkündür. Metastatik omurga tümörlerinde ablasyon direkt olarak sağ kalım süresini uzatmaz, kür sağlamaz. Omurga açısından geri kalan hayatı ağrısız geçirmeye katkısı olabilir. Metastaz tedavisi özünde palyatiftir.

Yöntem olarak ablasyon (kimyasal, termal, mekanik), kavitasyon (radyofrekans iyonizasyon), konsolidasyon (augmentasyon) yöntemleri tek başına veya birlikte kullanılabilir. Augmentasyon (vertebroplasti, kifoplasti), perkütan metil metakrilat enjeksiyonu ile omurların kuvvetlenmesi ve ağrının giderilmesi sağlanmaktadır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Ablasyon Teknikleri

I	Ablasyon (Kimyasal, Termal, Mekanik)
Ia	Kimyasal ablasyon
Ib	Termal ablasyon
Ic	Radyofrekans iyonizasyon
II	Kavitasyon (Radyofrekans iyonizasyon)
III	Konsolidasyon (Augmentasyon-Vertebroplasti/Kifoplasti)

Ablasyon teknikleri kimyasal ablasyon, termal ablasyon ve radyofrekans iyonizasyon (dekompresyonla ablasyon tekniği) olarak ayrılır.

- Kimyasal ablasyon: Osteolitik tümörlerin ablasyonu ve ağrı kontrolü (nörolisiz) hedeflenir.
- Termal ablasyon aşağıdaki tekniklerle mümkündür:
  1. Lazer fotokoagülasyon: Termoablasyon yakın-infrared dalga boyu (Nd; YAG) lazer ışınlarından üretilir.
  2. Radyofrekans ablasyon: Termoablasyon elektrodun ucundaki akımı alterne eder, böylece iyonik ajitasyon ve sonucunda termal friksiyon yaratarak elde edilir.
  3. Kriyoablasyon: Aşırı soğuk ortam hücrelerin ölmesine ve vasküler hasara yol açar.
- Radyofrekans iyonizasyon: daha düşük ısıda bipolar prob ile elektrodun ucunda plazma alanı oluşturulmakta ve bu şekilde moleküller arası bağlar kırılarak kavite oluşturularak dekompresyon sağlanmaktadır.

Primer ve metastatik omurga tümörlerinde ağrı giderilmesi, omurilik basısının ortadan kaldırılması ve stabilizasyon amaçlı uygulanan tedavi yöntemleri aralarından biri de kimyasal ablasyon tedavisidir. Günümüzde, omurga tümörlerinin tedavisinde değişik ablasyon teknikleri başarıyla uygulanmaktadır. Çeşitli perkütan görüntüleme teknikleriyle primer veya metastatik omurga tümörlerinin ağrı kontrolü (palyatif) veya küratif tedavisi mümkündür. Küratif tedavi iyi huylu ve bazı kötü huylu tümörlerde kullanılabilir. Palyatif terapide primer ve metastatik tümörlerde hızlı, güvenilir, efektif ve kolay tolere edilebilen perkütan yöntemlerdir.

Tedavi planlamasında tümör histolojisi, hastanın genel durumu, hastalığın gidişatı, omurgada mevcut hasarlar, tedavi seçenekleri ve tedavinin amacı (küratif/palyatif) vardır. Küratif ve palyatif tedavi endikasyonlarından önce küratif tedavi seçeneklerine bakacak olursak;

## A- İyi huylu tümörler

- Osteoid osteoma
- Osteblastoma (<2-3 cm)
- Kondroblastoma
- Anevrizmal kemik kisti
- Dev hücreli tümörlerdir.

B- Kötü huylu tümörler; primer veya metastatik cerrahiye uygun olmayan hastalardır.

Omurga tümörlerinden vertebral hemanjiomlar metastazların aksine gerçek neoplazmlar değil, konjenital vasküler malformasyonlardır (8). Çoğunlukla MRG görüntülerinde rastlantısal bulgular olmasına rağmen nadiren sırt ağrısı ile veya nöral kompresyon semptomları ile ortaya çıkabilir (1,3,4). BT'de vertebral hemanjiomlar kemik trabeküllerde sepere radyolüsent alanlar olarak görülür. MRG'da ise lezyonların görünümü lezyonların yağ içeriğine bağlıdır. Bununla birlikte MRG görüntülerinde atipik görünümü (T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens) hemanjiomlarda görülmektedir. Bu hemanjiomlar daha agresif bir klinik seyir gösterir ve sıklıkla asemptomatiktir (1,6,15). Yang ve ark.nın (19) radyoterapi kullanarak parapleji ile başvuran semptomatik vertebral hemanjiomların %72'inde iyileşme sağlamıştır. Benzer şekilde literatürde cerrahi ve radyoterapi kombinasyonu ile %70-90 arası başarı oranları bildirilmiştir (4). Asemptomatikten semptomatığe ilerleme nadirdir ve bir seride sadece hastaların %3.4'ünde görülmüştür (4). Aynı zamanda cerrahların tanı ve tedavide belirlenmiş kılavuzları takip etmesi gereklidir. Semptomatik vertebral hemanjiomların (SVH) tedavisi zordur ve cerrahi, radyoterapi, arteriyel embolizasyon ve metil metakrilatin hemanjiyomatöz vertebraya enjeksiyonu dahil olmak üzere birçok tedavi seçeneği tedavileri için kullanılmıştır (4,13,16). Cerrahi rezeksiyon tercih edilen hastalarda rezeksiyonun tam olmaması ve uzun nekahat dönemi risklerini taşır (4,11,18). Literatürlerde metilmetakrilatin perkütan enjeksiyonunun semptomatik vertebral hemanjiomlarda faydalı olabileceği düşünülmüştür (2,12). Fakat besleyici kan damarlarını tıkar, hemanjiomu tam yok edemez (7,17). Ayrıca metil metakrilatinin lomber ve interkostal arterlere kaçıışı ile spinal kord enfarktüsü meydana gelebilir (17). Ayrıca lomber arterlere geçerse de çok şiddetli ağrı ile ilişkilidir. Radyoterapi orta derecede etkilidir ve ayrıca omurilikte radyonekroza neden olabilir (3,19). Omurgaya perkütan alkol ablasyonu ilk olarak Heiss ve ark. tarafından tarif edilmiştir (9).

Küratif tedavi endikasyonlarında en fazla iki ayrı omurda olmalı ve çoğunlukla 3 cm'i geçmeyecek boyutta olması kuralını unutmamak gereklidir.

Palyatif tedavi endikasyonlarında ise amaç ağrılı omurga tümörlerinin tedavisinde tümörünün tamamının ablasyonu değil; ağrıyı kontrol etmek, nörolojik işlevleri korumak/düzeltilmek, spinal stabiliteyi restore etmek, lokal tümör kontrolünü sağlamak, patolojik fraktürleri önlemek veya tedavi etmek ve yaşam kalitesini artırmaktır.

Kontraendikasyonlarına bakacak olursak kesin kontraendike diyeceğimiz olgular; instabilite, nörolojik defisit, lokal veya sistemik enfeksiyon ve yaşamı tehdit eden koagülopatidir. Relatif kontraendikasyonlarında ise; metastatik epidural yayılım, 6 aydan az yaşam beklentisi, düşük Karnofsky skoru ve visseral metastatik yayılımdır.

### Konsolidasyon (Augmentasyon - Vertebroplasti / Kifoplasti)

Multipl myelom, lenfoma, omurgaya lokalize metastaz ve nörolojik defisiti olmayan hastalarda en uygun yöntemdir. Uygulamada filmlerde epidural yayılım olabilir, ama sınırlı olmalıdır. Osteolitik tümörlerde aksiyal ağrıda etkilidir. %80'e yakın ağrı kontrolü sağlar. Vertebroplasti ile kifoplasti etkinlikleri benzerdir.

### Kimyasal Ablasyon

Kırılma riski bulunmayan litik omurga tümörlerinde ağrı kontrolü için etkindir. Derin sedasyon veya genel anestezi altında yapılabilir. BT destekli yapılması önerilir. Lezyonların sayısına ve ağrı şiddetine göre, 3-25 ml steril %95 etanol tek defa veya birkaç seansta 22G iğne ile uygulanır. Enjeksiyonda önce kontrast verilerek mutlaka omur içinde nasıl yayıldığı izlenmelidir. Büyük tümörlerde, litik alanlara, lezyonun periferine selektiftir. Tümör nekrozu her zaman aynı büyüklükte olmadığından dokunun kıvamı, vaskülarizasyon derecesi, nekroz miktarı önemlidir.

Literatüre baktığımızda perkütan etanol enjeksiyonu, daha önce radyasyon veya kemoterapi ve geleneksel ağrı tedavisi ile başarılı olamayan ağrılı osteolitik kemik metastazları olan terminal dönemdeki kanser hastalarında değerlendirmiştir. Ağrı kontrolü %74 hastada ve ilk 24 saatte başarılmıştır. %26 tümör azalmış, %18.5 artmıştır. Ağrı kontrolü 10-27 hafta sağlanmıştır. En iyi sonuçlar küçük litik lezyonlu hastalar (3-6 cm) olmuştur. Komplikasyonlar ilk 6 saatte düşük derecede ateş, hiperürisemi, ağrı, enfeksiyon, omur dışına sızmasıdır (<%1.5). BT rehberliğinde perkütan etanol enjeksiyonu, ileri evre kanser

ve ağırlı kemik metastazları olan hastaların ağrılarını azaltmada ve yaşam kalitelerini iyileştirmede faydalıdır sonucuna varılmıştır (5,10).

### Lazer Ablasyon

Ablasyon alanının sınırlı olmasından ötürü, küçük tümörlerde, radyofrekans ablasyon (RFA) kontrendike durumlarda kullanılabilir. Osteoid osteoma'da başarı şansı radyofrekans ablasyon gibi tek bir seansta %95, nörolojik hasar ve nörodistrofi <%0.5, osteoid osteoma'nın tekrarlama şansı %5'tir. Lazer ablasyon 1990'ların başında hepatik tümör tedavisinde kullanılmıştır. Karaciğer, böbrek, adrenal, prostat, akciğer ve pankreas tümörlerinde kullanılabilir. Osteoid osteom, kondroblastom, hemanjiom, kordoma ve metastazlarda kullanılabilir. Hem küratif hem palyatifdir. BT en iyi görüntüleme modalitesidir ve floroskopi altında da güvenlidir. Derin intravenöz sedasyon veya genel anestezi kullanılabilir.

### Radyofrekans Ablasyon

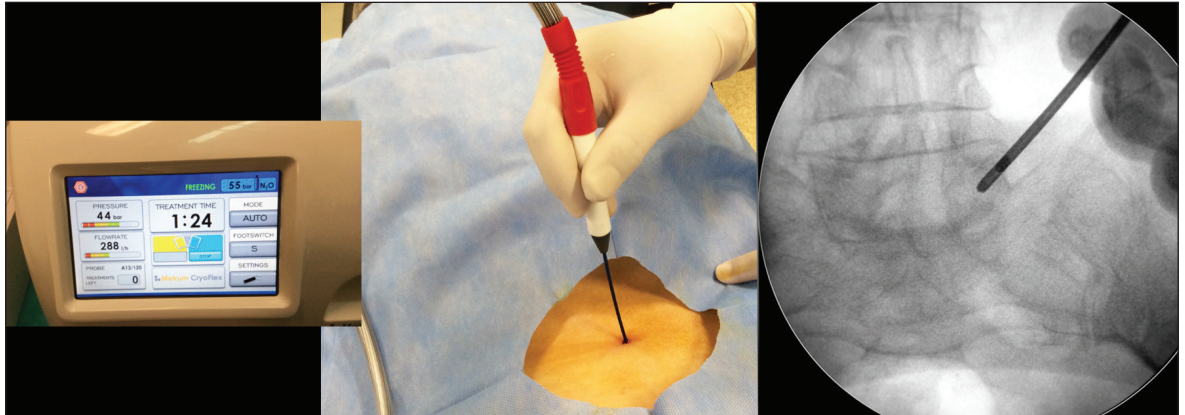
Perkütan olarak elektrot probunun hedef tümör yapıya girişi, radyofrekans (RF) kaynağından yüksek frekanslı (460-600 kHz) alternatif akımın lezyona uygulanması, iyonize doku moleküllerinin titreşmesi ve hedef dokunun ısınması prensibi ile çalışır. Termal etkisi tedavi edilen dokunun elektriksel iletkenlik özelliğine bağlıdır. 60-100°C de protein denatürasyonu, ani hücre ölümü ve tümörün koagülatif nekrozu olur. 100°C üzerinde elektrotun çevresindeki dokunun buharlaşma ve karbonizasyonu ile elektriksel iletkenliği düşmesi meydana gelir.

Radyofrekans ablasyonda, öncelikli endikasyon palyatif ağrı giderilmesidir. Sistem tümörün büyüklüğü ve konumuna bağlı olarak büyük bir kısmını ve tamamını yok edebilmektedir. Sistem içinden biyopsi

alınmasına olanak sağlamaktadır. Sistem omurgada kırık veya stabilizasyon bozukluğu şüphesi varsa sement yerleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Metastazlarda; hatırlanılmasında önem taşıyan husus, hastanın bir başka bölgesinde primer kanserinin olduğu ve RFA tedavisinin hastanın kanser tedavisine tamamlayıcı olarak kullanıldığıdır. Osteoid osteomada cerrahi girişim ile aynı etkinliktedir (%95). Cerrahi girişim ile benzer nüks oranına sahiptir. Hastanede kalış ve komplikasyon azalır.

### Kriyoablasyon

Endikasyon ve prosedür RFA ile benzer, hem litik hem sklerotik tümörlerde etkilidir. Birden fazla prob aynı anda kullanılır ve RFA'dan daha pahalıdır. Çok yüksek basınçlı Argon gazının kriyoablasyon iğnesinin içindeki ince bir kanaldan geçirilip iğnenin tam ucunda serbestleştirilir. Argon gazının basıncının aniden düşmesi ile dokuda eksi 40-80 derecelere varan bir soğutma yaratılır. Joule-Thompson etkisi denen bu olay sonucunda , kriyoablasyon iğnesinin çevresinde bir buz topu (iceball) oluşması olur. Bu buz topu ile tümörde buz kristallerinin oluşmasını sağlar, damarlarda iskemi ve apopitoz meydana gelir. RFA göre daha az sedasyon gerektirir. En az iki 10 dakikalık tedavi (donma) siklusu ve arasında çözünmesinin (8 dakika) beklenmesi nedeniyle daha uzun süren tedavi yöntemidir. Oluşan buz topunun BT ile monitörizasyonu gerekmektedir (hipodens). Doku hasarının efektif olması için gerekli 4 önemli kriter; çok dikkatli monitörizasyon, hızlı dondurma işlemi, yavaş eritme ve dondurma-eritme siklusunun tekrarıdır. Diğer tekniklere göre avantajları ise direkt olarak buz topunun görüntülenmesi, birden fazla prob (maksimum 25) her türlü geometrik tedavi alanının planlanması ve tedavi sonrası ağrının daha az olmasıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Kriyoplasti işlemi uygulanan hastamız.

## Radyofrekans İyonizasyon

Omur arka duvarını invaze metastazlarda, omurga trokanı içinden uygulanan bipolar elektrod sonrası yavaşça steril su enjekte edilerek plazma alanı oluşturma ve kavitasyon sonrası augmentasyon uygulanır. %87 hastada tm dekompresyonu sonrası iyileşme sağlar.

Sonuç olarak; lokal tümör kontrolü için düşük risk ve potansiyel göz önüne alındığında, radyasyon tedavisinin sunulmadığı veya etkisiz olduğu durumlarda ablasyon makul bir tedavi seçeneğidir.

## KAYNAKLAR

1. Colombo N, Berry I, Nieman D. Vertebral tumors. In: Meneloff C, ed. *Imaging of Spine and Spinal Cord*. New York, NY: Raven Press; 1992;445–489
2. Cotten A, Dearmond H, Cortet B, et al. Preoperative percutaneous injection of methyl methacrylate and N-butyl cyanoacrylate in vertebral hemangiomas. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996;17:137–142
3. Eisenstein S, Spiro F, Browde S, et al. The treatment of a symptomatic vertebral hemangioma by radiotherapy. *Spine* 1986;11:640–642
4. Fox MW, Onofrio BM. The natural history and management of symptomatic and asymptomatic vertebral hemangiomas. *J Neurosurg* 1993;78:36–45
5. Gangi A, Kastler B, Klinkert A, et al. Injection of alcohol into bone metastases under CT guidance. *J Comput Assist Tomogr*. 1994 Nov-Dec;18(6):932–5. doi: 10.1097/00004728-199411000-00016. PMID: 7962803.
6. Goyal M, Mishra NK, Sharma A, et al. Alcohol ablation of symptomatic vertebral hemangiomas. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1999 Jun-Jul;20(6):1091–6. PMID: 10445448; PMCID: PMC7056228.
7. Graham JJ, Yang WC. Vertebral hemangioma with compression fracture and paraparesis treated with preoperative embolization and vertebral resection. *Spine* 1984;9:97–101
8. Gray F, Gherardi R, Benhaïem Sigaux N. Vertebral hemangiomas: definitions, boundaries, anatomic-pathologic aspects. *Neurochirurgie* 1989;35:267–269
9. Heiss JD, Doppman JL, Oldfield EH. Brief report: relief of spinal cord compression from vertebral hemangiomas by intralesional injection of absolute ethanol. *N Engl J Med* 1994;331:508–511
10. Heiss JD, Doppman JL, Oldfield EH. Treatment of vertebral hemangioma by intralesional injection of absolute ethanol:letter. *N Engl J Med* 1996;334:1340
11. Hemmy DC, McGee DM, Amburst FH, et al. Resection of vertebral hemangioma after preoperative embolization: case report. *J Neurosurg* 1977;47:282–285
12. Ide C, Gangi A, Rimmelin A, et al. Vertebral hemangiomas with spinal cord compression: the place of preoperative percutaneous vertebroplasty with methyl methacrylate. *Neuroradiology* 1996;38:585–589
13. Jayakumar PN, Vasudev MK, Srikanth SG. Symptomatic vertebral hemangioma: endovascular treatment of 12 patients. *Spinal Cord* 1997;35:624–628
14. Joubert E, Idir AB, Carlier R, et al: MRI symptomatology of primary intraspinal cord gliomas. *J Neuroradiol* 22:28–42, 1995
15. Laredo JD, Assouline E, Gelbert F, et al. Vertebral hemangiomas: fat content as a sign of aggressiveness. *Radiology* 1990;177:467–472
16. Mirra JM. Vascular tumors. In: Mirra JM, ed. *Bone Tumors: Clinical, Radiologic, and Pathologic Correlations*. Vol 2. Philadelphia, PA: Lea & Febiger; 1989;1335–1478
17. Picard L, Bracard S, Roland J, et al. Embolization of vertebral hemangiomas: techniques, indications, and results. *Neurochirurgie* 1989;35:289–293, 305–308
18. Ryoppy S, Poussa M, Heiskanen O, et al. Resection of a vertebral hemangioma operation under deep hypothermia and circulatory arrest. *J Bone Joint Surg Am* 1990;72:1245–1249
19. Yang ZY, Zhang LJ, Chen ZX, et al. Hemangioma of the vertebral column: a report of twenty-three patients with special reference to functional recovery after radiation therapy. *Acta Radiol Oncol* 1985;24:129–132



## 61

## FORAMİNAL TÜMÖRLERDE MİNİMAL İNVAZİV CERRAHİ

Ahmet Dağtekin, Derya Karataş

## GİRİŞ

Beş bin yıl öncesine dayanan spinal cerrahi tedavi yöntemleri, mikroskobun, yüksek devirli turun ve güncel enstrümanlı cerrahi yöntemlerin nöroşirürjiye kazandırılmasından önce geniş laminektomiler, fasetektomiler ve çoklu cerrahilerle sınırlı kalmaktaydı. Bu yöntemler ile tedavi edilen hastalarda gerek majör cerrahilerin gerekse cerrahi sonrası oluşabilecek instabilite durumlarının yarattığı birçok olumsuz etki izlenmekteydi. Günümüzde teknolojinin gelişmesine paralel olarak spinal hastalıkların tedavisinde minimal invaziv cerrahi yöntemler daha geniş bir hasta grubunda ve giderek artan sıklıkta uygulanmaktadır. Ayrıca, rijid ve semirijid fiksasyon yöntemleri ile hızlı ve daha güvenli olabilecek tedaviler sağlanabilmektedir. Mikrocerrahi yöntemlerin ilerlemesi, tübüler rektörler, navigasyon sistemleri, video destekli endoskopi ve diğer minimal invaziv cerrahi aletlerin nöroşirürji pratiğinde giderek yaygınlaşması sonucunda minimal invaziv spinal (MİS) cerrahileri popüler hâle gelmiştir (9, 24, 30).

Yaklaşık 30 yıldır servikal, torakal ve lomber bölgelere başarıyla uygulanan MİS cerrahi yöntemler lezyonun doğrudan izdüşümünde çalışılması, daha kısa cilt insizyonu, daha az kas diseksiyonu ve daha az kemik rezeksiyonu gibi önemli avantajlar içermektedir (10). Nöroşirürji pratiğinde servikal bölge hastalıklarında kullanılan MİS cerrahiler genellikle anterior servikal mikrodisektomi, perkütan posterior servikal laminotomi-foraminotomi (endoskopik veya mikroskopik keyhole osteotomi), perkütan posterior stabilizasyon ve laminoplasti gibi yöntemleri içermektedir. Torakal bölgede uygulanabilen MİS cerrahiler arasında ise genellikle anterior ve posterior endoskopik torakal disektomi, biyopsi, skolyoz cerrahisi, tümör cerrahisi, torakal vertebra fraktürü ve füzyon cerrahisi gibi yöntemler yer almaktadır. Lomber bölgede uygulanan MİS cerrahiler daha yaygın kullanılmakla beraber çok daha fazla sayıda anterior ve posterior cerrahileri içermektedir; tübüler yaklaşımla lomber interbody füzyon, tümör rezeksiyonu, disk eksizyonu, florosko-

pi, BT (bilgisayarlı tomografi) veya navigasyon eşliğinde perkütan vida gönderilmesi bunlardan sadece bir kısmıdır.

MİS cerrahilerin birincil amacı genellikle vertebra- ları ve spinal eklemleri stabilize etmek veya spinal instabilite, kemik spurlar, disk hernisi, skolyoz ya da spinal tümörler nedeniyle basiya uğrayan nöral dokuyu dekomprese etmektir. Açık spinal cerrahilerin aksine, bir keyhole spinal cerrahisi olarak da bilinen minimal invaziv cerrahilerin amacı doku hasarının en aza indirgenmesidir. Bu yöntemler en sık olarak perkütan, endoskopik, tübüler rektörler ve mini cilt insizyonları yoluyla uygulanmaktadır (1). Oldukça kısa bir iyileşme periyoduna sahip olan MİS cerrahiler, spinal kaslar ve yumuşak dokuların daha az travmatize olmasından dolayı daha iyi kozmetik sonuçlara, daha az cerrahi kanamaya, daha az postoperatif ağrı ve enfeksiyona oranlarına sahiptirler. Ayrıca, en önemli avantajlarından biri daha erken mobilizasyona olanak sağlamasıdır.

Omurilik tümörlerine yönelik MİS cerrahi yöntemin belirlenmesinde, özellikle tümörün lokalizasyonu, patolojisi, cerrahın tecrübesi, teknik imkânlar oldukça önemlidir. Bu cerrahi yöntemler öncelikle seçilmiş intradural ekstrapedüller ve ekstradural tümör vakalarında güvenli bir şekilde kullanılabilir, hatta bu lezyonların varsa foraminal uzanımlarına da ulaşılması mümkün olduğundan birçok hastada gross total rezeksiyon (GTR) sağlanabileceği gösterilmiştir.

## İNTRADURAL TÜMÖRLER

İnadural tümörler genellikle dorsal spinal kanalda olup, servikal ve lomber bölgeleri eşit oranda etkilemektedir. İnadural tümörlerin büyük bir kısmını ekstrapedüller tümörler oluşturmaktadır. Sinir kılıfı tümörleri (schwannom ve nörofibrom) ve menenjiomlar bu tümörlerin %80'ini oluşturmaktadır ve 3-7/100.000 oranında görülmektedir (28). Bu tümörler arasında özellikle schwannomlar nöral foramenlere ve foramenlerin dışına uzanarak dumbbelle (halter) şeklini alabilmektedirler (14). Literatürde

lateral ya da paramedian transforaminal MİS cerrahilerin foraminal uzanımı olan tümörlerde başarıyla uygulanabileceği gösterilmiştir (6). Ekstramedüller yerleşimli foraminal uzanımı olan tümörlerin cerrahi eksizyonunda koşulların imkân verdiği ölçüde GTR hedeflenmelidir. Literatürdeki geniş vaka serileri incelendiğinde büyük kısmında GTR sağlanabildiği, bir kısmında ise yalnızca minimal rezidü bırakıldığı görülmektedir. Ayrıca intramedüller tümörler için de minimal invaziv yöntemlerin kullanılabileceği gösterilmiştir (8). Ancak, intramedüller tümörler medullotomi gerektireceğinden ve bu tümörlerin büyük kısmı orta hat yerleşimli olabileceğinden minimal invaziv yöntemler için pek uygun olmayabilmektedirler. Bu olgularda MİS cerrahileri genellikle biyopsi amacıyla tercih edilebilmektedir (5).

Spinal intradural patolojilere yönelik geleneksel cerrahi yaklaşımlarda orta hat insizyonunu takiben subperiostal kas diseksiyonu ve total laminektomi sırasında spinöz proseslerin, laminanın, supraspinöz, interspinöz ligamenlerin, ligamentum flavumun alınması işlemi veya alternatif olarak laminoplasti cerrahisi uygulanabilmektedir. Total laminektomi ile spinal tümör rezeksiyonu, 100 yıl boyunca gelişen cerrahi enstrümanlara, anestezi yöntemlerine, preoperatif ve peroperatif görüntüleme yöntemlerindeki gelişmelere rağmen temel cerrahi yöntem olma özelliğini korumuştur. Oysa, yayınlanan geniş vaka serilerinde bu cerrahinin komplikasyon oranı %10'dur ve özellikle pediatrik vakalarda postlaminektomi kifoz ciddi bir klinik problem olarak karşımıza çıkmaktadır (26). Bu sonuçlar, faset mediyalinin bir kısmının alındığı hemilaminektomi prosedürlerinin yer aldığı late-

ral bir yaklaşım olarak MİS cerrahilerinin gelişmesine neden olmuştur (4).

Günümüzde bir keyhole tekniği olarak MİS cerrahilerinde mikroskobun gelişimi, ekartasyon amacıyla taylor ekartör, genişleyebilen ya da genişlemeyen tübüler retraktörler kullanılabilmesi ve cerrahi deneyimin de artmasıyla birlikte MİS cerrahiler açık cerrahilere karşı üstünlük sağlamaya başlamıştır. Tübüler retraksiyon sistemini ilk olarak 1977 yılında Foley ve Smith tarafından endoskopik diskektomi için geliştirilmiştir ve sonrasında bu retraktörlerin etkin modifikasyonları olan genişleyebilen ve genişlemeyen tübüler retraktörler füzyon ve kitle eksizyonu gibi daha kompleks cerrahiler için kullanılmaya başlanmıştır (23). Genişlemeyen retraktörler tek seviye cerrahiler için geliştirilmiş olup genişleyen tübüler retraktörler ise kraniokaudal ve mediolateral yönlerde genişleyebildiğinden birden fazla seviyeye veya foraminal/ekstraforaminal alana uzanabilmek için kullanılabilir. Tübüler retraktörlerin ekartör bacaklarına 10 dereceden 30 dereceye kadar açı verilebilmekte ve böylece mikroskop altındaki cerrahi derinlik ve bakış daha fazla genişletilebilmektedir. Bu sayede 2 seviyeye uzanan bir tümör için yaklaşık 2,5cm paramedian vertikal bir kesi cerrahi için yeterli olabilmektedir. Tredway ve ark. 2006 yılında X-tübüler retraktörleri intradural ekstramedüller tümör rezeksiyonu için kullanmışlardır (28). Sonrasında birçok cerrah benzer şekilde spinal ekstradural ekstramedüller (İD-EM) ve diğer spinal patolojiler için X-tübüler retraktör sistemini kullanarak sonuçlarını yayınlamışlardır (Tablo 1). Özellikle foraminal, ekstraforaminal veya birden fazla seviyeye uzanımı olan lezyonlar için kullanı-

**Tablo 1.** Minimal İnvaziv Cerrahinin Postoperatif Sonuçları

Yazar/yıl	Hasta sayısı	Patoloji	Sistem	Ort. Kan kaybı (ml)	Hastanede yatış süresi	Komplikasyonlar	GTR oranı (%)	Fonksiyonel iyileşme (%)
Tredway ve ark. 2006	6	ID-EM	X-tübüler	56	57 saat	(-)	100	100
Ogden/Fessler ve ark. 2009	1	ID-IM	X-tübüler	(-)	6 gün	(-)	100	(-)
Manion ve ark. 2011	13	ID-EM	Kuadrent, X-tübüler	155	3 gün	Yanlış seviye 2 BOS fistülü 1 Psödomeningeal 1	100	100
Haji ve ark. 2011	20	ID-EM	Kuadrent	428	3 gün	BOS fistülü 1 Düşük ayak 1	68	95
Lu ve ark. 2011	18	ID-EM ID-IM	Pieline	153	4,9 gün	Psödomeningeal 1	94,4	100
Nzokou ve ark. 2013	13	ID-EM ED	Spotlight	219	66 saat	(-)	92	92

ID-EM: intradural ekstramedüller, ID-IM: İntradural intramedüller, ED: Ekstradural, GTR: Gross total rezeksiyon

labilecek genişletilebilir retraktör sistemleri Tablo 2’de özetlenmiştir (12, 18). Genişletilemeyen tübül sistemler tümör cerrahisinde kullanılabilirler ancak laterale uzanımı olan lezyonlara ulaşmak bakımından ve dura kapatılması sırasında bu sistemler oldukça zorlayıcı olmaktadır. Manion ve ark. genişletilemeyen tübül retraktör serilerinde dura kapatılması sırasında titanyum klipsler kullanmışlardır. Bu zorluklara rağmen, tübül sistemlerde ölü boşluğun oldukça az olması sayesinde semptomatik BOS fistülü oranı oldukça düşük bulunmaktadır (8, 5, 15). Kliniğimizde minimal invaziv spinal cerrahide paramedian ve lateral yaklaşımlarda kullandığımız retraktör sistemi Şekil 1’de görülmektedir.

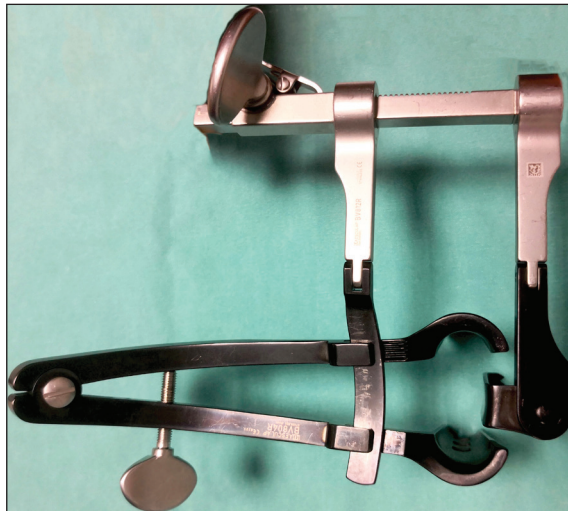
Foraminal uzanımı olan intradural tümörlerin eksizyonunda retraktörlerin açılı olması ve laterale genişleyebilmesi oldukça avantajlıdır (Tablo 2). Bunun yanı sıra kitle cerrahisinde kullanılacak mikro aletlerin tübüllerin içerisinde kullanıma uygun olarak tasarlanmış olması önerilmektedir. Özellikle uzun

mikro forsepsler ve bipolarlar oldukça yararlıdır. MİS cerrahisinde dura açılması, kapatılması kadar önemlidir. Foraminal uzanımı olan küçük boyutlu menenjiom, schwannom, nörofibrom gibi lezyonlarda lateral durotomi önerilmekte ve bu yöntemin GTR için yeterli olduğu belirtilmektedir (Şekil 2, 3). Durotominin bu şekilde yapılması kord ekartasyonuna engel olarak ek nörolojik hasar ihtimalini büyük oranda azaltmaktadır (2).

MİS cerrahilerinde dura kapatılması için birçok farklı yöntem tanımlanmıştır. Bunlardan birincisi solunumun geçici ve kontrollü olarak durdurulması ve bu sırada duranın 5.0 prolene ile kapatılmasıdır. İkincisi solunumun geçici olarak durdurulduğu anda liga klipsler ile kapatılması, üzerine yağ ya da fasya grefti yerleştirilmesini takiben fibrin yapıştırıcı püskürtülmesi ve bir kat daha greft ile fibrin yapıştırıcı tabakası uygulanmasıdır. Dura kapatılmayacak şekilde irregüler ve defektif olduğu durumlarda büyük defektlere yapay dura grefti, küçük defektlere yalnızca yağ grefti ile fibrin yapıştırıcı uygulanabilmektedir (2). Fibrin yapıştırıcı esnasında solunumun durdurulması, daha iyi yapışmasını sağlamakla birlikte yapıştırıcıda defekt olmasını engellemektedir. MİS cerrahilere benzer şekilde, MİS tümör cerrahilerinin de başlıca avantajları daha az ağrı, daha az kas hasarı, daha az kan kaybı, daha kısa hastanede yatış süreleri ve daha düşük instabilite oranları şeklinde sıralanabilmektedir. Hastalar genellikle operasyondan 24 saat sonra yürütülmekte ve ertesi gün taburcu edilebilmektedir. Ancak minimal invaziv bir yöntem olmasına rağmen operasyon tarafında bir miktar kas ve ligament hasarı olmaktadır (12, 28). MİS cerrahilerinde, açık cerrahilere oranla postoperatif fleksiyon, ekstansiyon ve aksiyel rotasyonda belirgin değişiklik görülmemiştir (17). MİS cerrahinin en önemli dezavantajlarından biri henüz cerrahiye başlarken floroskopi ile mesafe tayinini gerektirmesidir. Bu aşamada floroskopiye rağmen yanlış seviye ile karşılaşılabilmekte ve açık cerrahiye geçilmesi gerekebilmektedir. Ayrıca, BOS fistülü gibi son derece önemli komplikasyonlarda cerrahi alanın darlığı nedeniyle dura tamiri veya sütürasyonu oldukça zor olmakta ve dura grefti serilmesini gerektirebilmektedir. Bazı cerrahlar bu durum için geliştirilmiş özel aparatlar kullanılmasını önermektedirler (15). MİS cerrahinin, 3 ve ya daha fazla seviyeye uzanan tümörlerin yanı sıra ventral uzanımı olan tümörlerde de kullanımı sınırlayıcıdır, bu nedenle daha çok dorsal ve dorsolateral uzanımı olan kitlelerde daha yaygın olarak tercih edilmektedir (Şekil 4, 5, 6). Nüks ve ya rezidü tümörlerde ise skar dokusunun yaratacağı güçlüklerden dolayı hâlen açık cerrahi tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra adeziv, infiltrat-

**Tablo 2.** Genişleyebilir Tübül Retraktör Sistemleri

Retraktör sistemi	Çalışma uzunluğu/Çapı	Tübül ekartörlerin açısı
X-tübül	26mm çap	Açılı
Mast Kuadrant	30-52 mm görme alanı	Açılı
Pipeline	19mm iç çap	Açılı
MARS 3V	19-60mm görme alanı	Açılı
Insight access	19-50mm genişleyebilirlik	Açılı

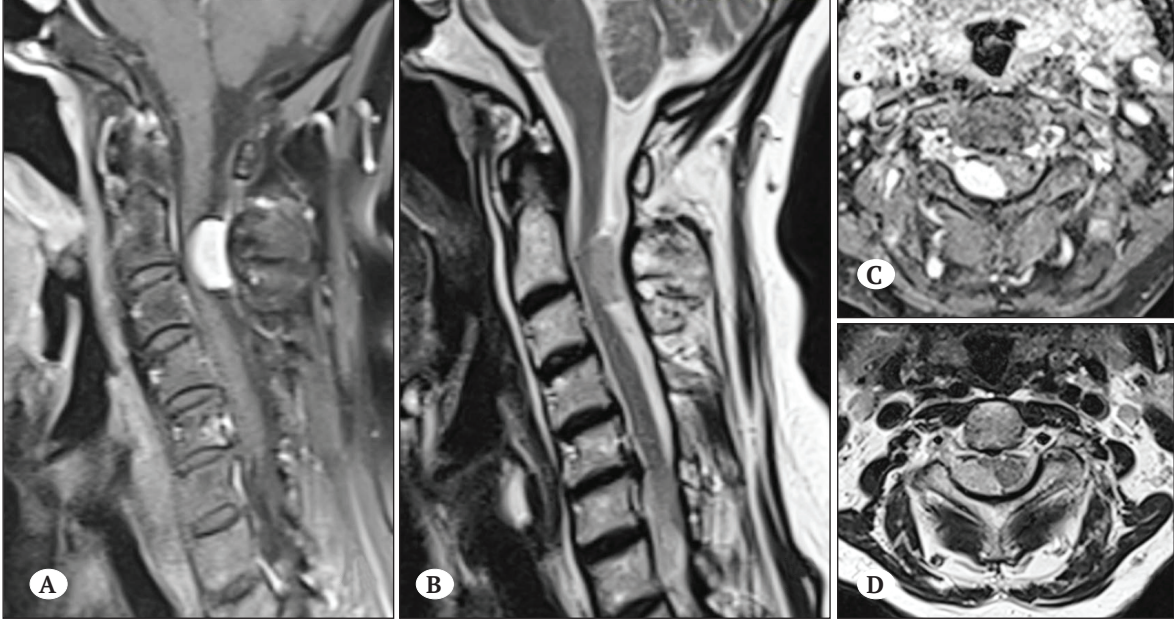


**Şekil 1.** Kliniğimizde minimal invaziv spinal cerrahilerde kullandığımız retraktör sistemi.

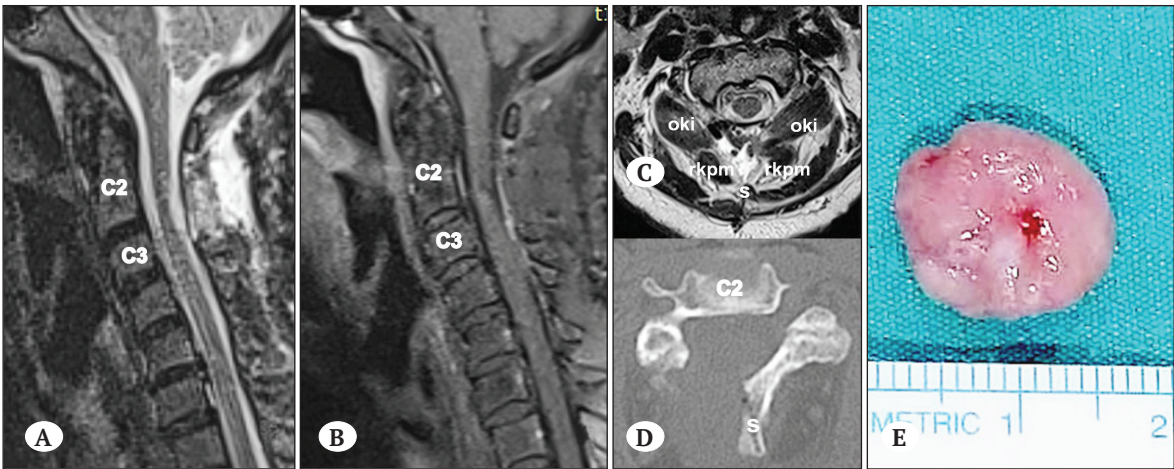


tif, eksizyonu zor metastatik tümörler için önerilmektedir. Vertebra korpusuna uzanan, yaygın yumuşak doku infiltrasyonu olan, yoğun vasküler özelliği olmayan metastatik lezyonlarda ise lezyonun lateral (pediküllere ve transforminal alan), dorsal ve ventral uzanımı olması durumunda kullanılabilceği gösterilmiştir (21).

Literatürde intradural tümörlere yönelik yapılan MİS cerrahilerin tanımlanmış komplikasyonları yeni gelişen nörolojik defisit, BOS fistülü, psödomeningosel, menenjit, yanlış seviye açılması, yara yeri açılması ve inkomplet rezeksiyon şeklindedir (5, 15).



**Şekil 2.** Sağ hemiparezi, yürüme ve denge bozukluğu şikayeti ile başvuran 63 yaşındaki kadın hastanın preoperatif T1 sagittal (A) ve aksiyel (C) kontrastlı servikal spinal MRG tetkiklerinde C2 inferioru ve C3 superiorunda sağda foraminal uzanımı olan ekstramedüller intradural lezyonu gösterilmiştir. T2 sagittal (B) ve aksiyel (D) kesitlerde servikal omuriliğe olan belirgin bası görülmektedir. Homojen kontrastlanan, düzgün sınırlı, dorsal duraya uzanımı olan, yaklaşık 1.5cm boyutundaki bu lezyonun patolojik tanısı menenjiomdur.



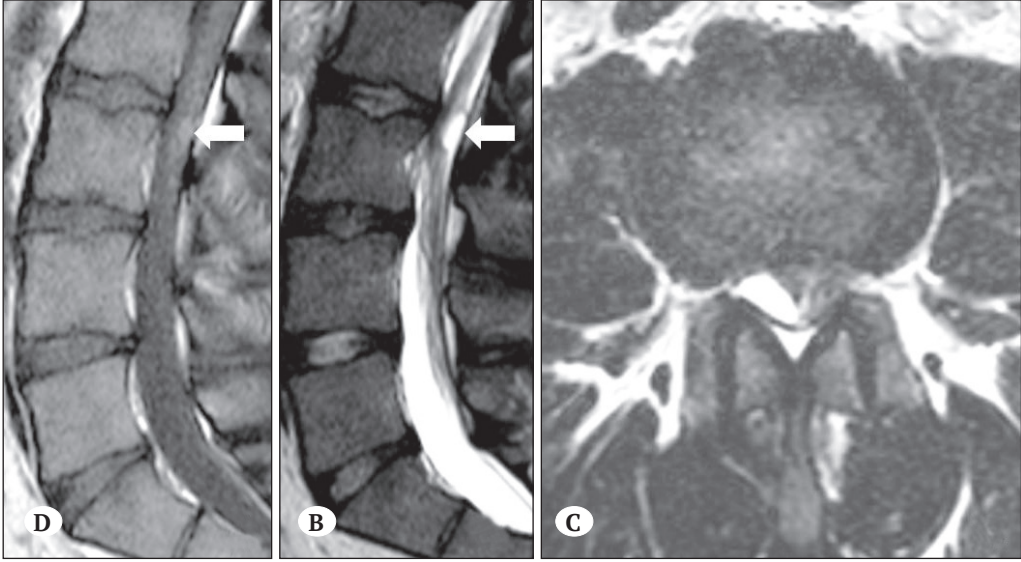
**Şekil 3.** Hastanın postoperatif T2 sagittal (A), T1 kontrastlı sagittal (B) ve T2 aksiyel (C) kesitlerinde gross total rezeksiyon uygulandığı görülmektedir. Hastaya orta hat cilt insizyonu uygulanarak, yalnızca sağ tarafta C2'ye tutunan kaslar subperiostal olarak diseke edilmiştir. C2 seviyesinde geçen aksiyel kemik pencere kesitinde yaklaşık 1.5 cm boyutundaki sağ hemilaminektomi alanının sınırları görülmektedir (D), ayrıca spinolaminer bölümün altı drillenerek cerrahi alan genişletilmiştir. Sağ paramedian durotomi ile GTR uygulanmıştır (E). **oki**; obliquus kapitis inferior kası, **rkpm**; rektus kapitis posterior majör, **s**; spinöz proses



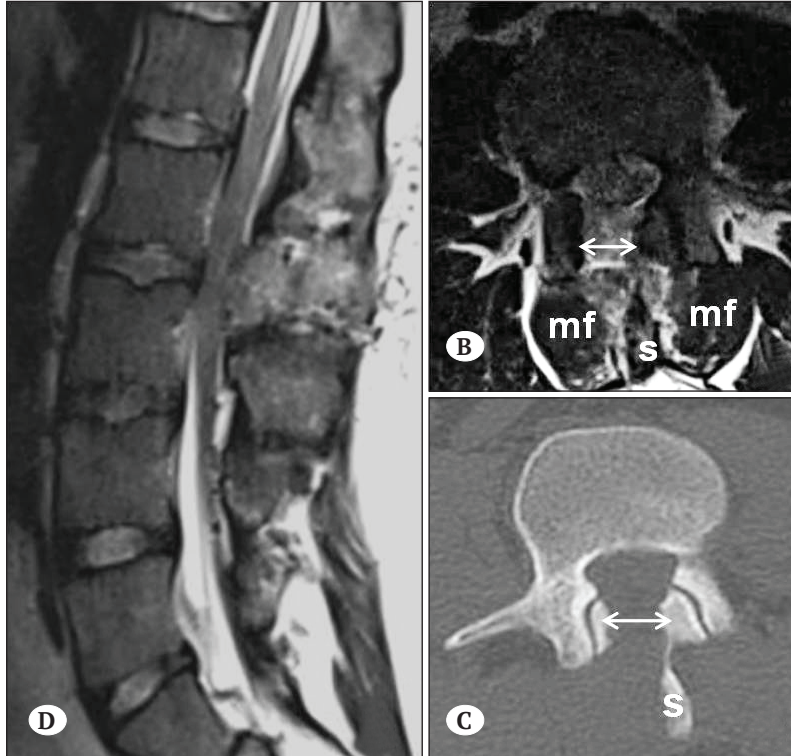
İntradural ekstrapedüller tümör rezeksiyonunda MİS cerrahinin göreceli endikasyonları;

- 3 seviyeden kısa yerleşimli lezyonlar
- Özellikle benign ve dorsolaterale büyüyen tümörler (schwannom, nörofibrom)

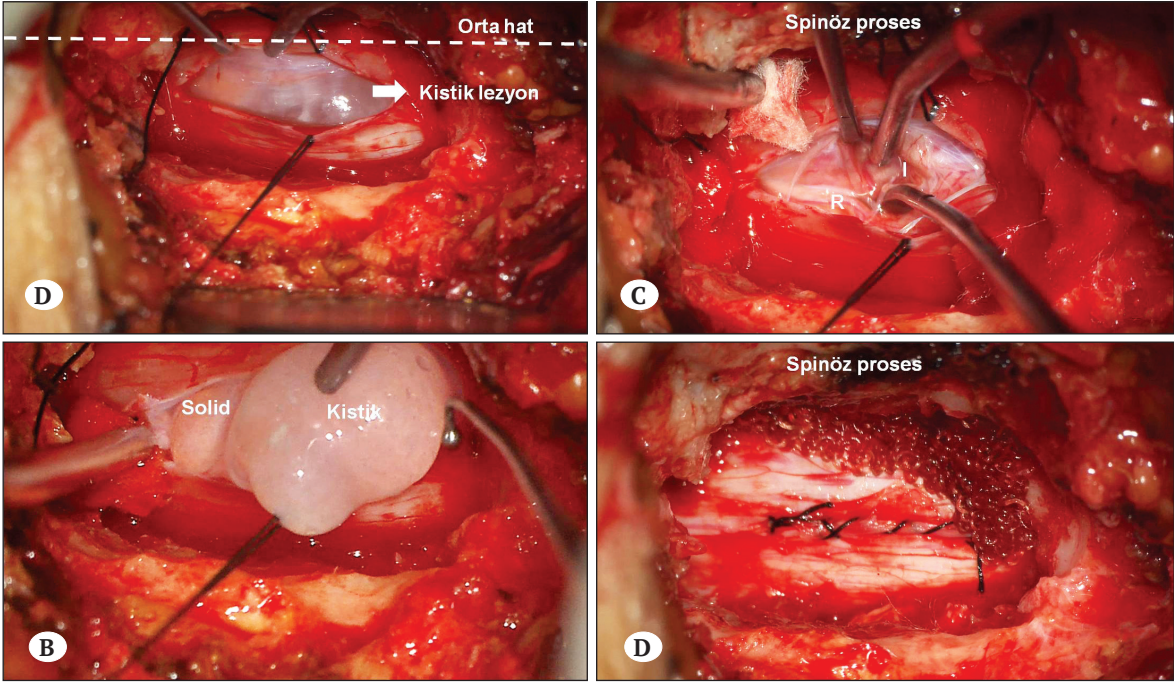
- Ekzantrik yerleşimli lezyonlar (foraminal, ekstraforaminal)
- Spinal kord manipülasyonu gerektirmeyecek kitleler
- Lomber bölge lokalizasyonu



**Şekil 4.** Şiddetli bel ve sağ bacak ağrısı nedeniyle başvuran 19 yaşındaki erkek hastanın nörolojik muayenesi normal. Hastanın yapılan lomber spinal MRG tetkikinde L2 ve L3 arasında sagittal T1 (A) ve T2 (B) sekanslarda hiperintens olarak izlenen kistik lezyon (beyaz ok) görülmektedir. Hastanın aksiyel T2 sekans görüntüsünde (C) sağ foramene uzanım gösteren, spinal kanalın neredeyse yarısını dolduran, sıvı içeriği de olan intradural ekstrapedüller dermoid kist görülmektedir.



**Şekil 5.** Hastanın postopertatif sagittal (A) ve aksiyel (B) T2 sekanslarda kistik kitlenin eksize edilmiş olduğu görülmektedir. Cerrahi sırasında L2-L3 mesafesinde orta hat insizyonu uygulanmış olup L2 spinöz prosesinin sağındaki paraspinal kaslar subperiostal olarak diseke edilmiştir. Sol tarafın multifidus kasının ve faset ekleminin korunduğu aksiyel kesit T2 sekans MRG ve tomografi (C) tetkiklerinde görülmektedir. Aksiyel tomografi kesitinde, yaklaşık 1cm genişliğindeki hemilaminektomi alanını (çift başlı ok) göstermektedir. Ayrıca tomografide görüldüğü üzere cerrahi koridorun genişletilebilmesi amacıyla spinolaminer alanın alt kısmı drillendikten sonra lezyon mikroskop altında rezeke edilmiştir. **mf**; multifidus kası, **s**; spinöz proses.



**Şekil 6.** Lomber kistik lezyona sahip olan olguya uygulanan cerrahi rezeksiyonun temel aşamaları gösterilmiştir. L2 lamina inferioruna ve L3 lamina superioruna hemilaminektomi yapıldıktan sonra medial fasetin bir kısmı alınmış, spinöz prosesin altı drillenmiştir. Dura mater orta hattın lateralinden lineer insizyon ile açılarak 4.0 ipeklerle asılmıştır (A). Foramene uzanım gösteren kistik lezyon eksize edildikten sonra (B) eksizeyion loju (I) ve L2 rootu ortaya konulmuştur (C). Son olarak dura mater 6.0 ipek ile mikroskop eşliğinde su sızdırmaz biçimde kapatılmıştır (D).

İntradural ekstrapomedüller tümör rezeksiyonunda MİS cerrahinin göreceli kontrendikasyonları;

- Radikal cerrahinin esas amaç olduğu büyük kitleler
- Miksopapiller ependimom gibi hem yayılma riski olan hem de radikal cerrahinin prognozu etkilediği cerrahiler
- Belirgin derecede vasküler tümörler
- Spinal kordla da ilişkili olan ventral uzanımı olan tümörler
- Cerrahi sırasında spinal kord manipülasyonuna neden olma riski taşıyan lezyonlar
- Skar dokusu gelişen rekürren tümörler

Navigasyon sistemleri ve MİS robotik cerrahi sistemler günümüzde giderek artan oranda tercih edilmektedir. Bu tip cerrahilerin gelecekte spinal intradural ve ekstradural tümörler için daha yaygın kullanılması beklenmektedir. Ancak MİS cerrahiler gerek özel cerrahi aletlere ihtiyaç duyulması gerekse tekniğin zor olması nedeniyle öğrenilmesi zaman alan cerrahilerdir ve bu konuda deneyimli cerrahlara ihtiyaç duyulmaktadır. Öğrenme eğrisindeki güçlükler nedeniyle bu operasyonlar başlangıçta açık cerrahilerden daha uzun sürebilmektedirler (19).

## EKSTRADURAL TÜMÖRLER

Lateral MİS cerrahilerinin uygulama alanları intradural tümörler dışında, epidural hemanjiom, plazmositom, multipl miyelom, osteosarkom, anevrizmal kemik kisti ve metastaz gibi ekstradural tümörleri de içermektedir. Bu tümörler çoğu kez kemik dokudan kaynaklanmakta, ancak gerek kanala gerekse foramene doğru büyüyerek klinik oluşturmaktadır. Bu lezyonlar arasında en sık metastatik tümörlerde MİS cerrahi uygulanmaktadır (11, 16, 22). Kossman ve ark. tarafından 2006 yılında 6 torakal ve lomber vertebra metastazına MİS cerrahi başarıyla uygulanmıştır (11). Bunun yanı sıra 2008 yılında metastatik torakal ve lomber burst fraktürü tanısı alan hastalara lateral MİS yaklaşımı ile korpektomiye takiben nöral foraminal ve santral dekompresyon uygulanmış, bir kısmında da aynı yöntem ile fiksasyon uygulanmıştır (22).

Ekstradural/epidural tümörler arasında bulunan benign osseoz spinal tümörlere sahip semptomatik veya büyüme gösteren olgularda MİS cerrahi yöntemler tercih edilebilmektedir. Örneğin, tipik ve atipik hemanjiomların tedavisi için günümüzde kullanılan MİS cerrahi yöntemler arasında perkütan sement enjeksiyonu, transtübüler ya da endoskopik tümör eksizeyonu bulunmaktadır. Bu tip lezyonlarda,



endoskopik yöntemlerdeki mevcut olan enstrümanların kanamayı kontrol etmekte son derece kısıtlı kapasiteye sahip olduğu unutulmamalıdır. Gelecekte daha geliştirilmiş koagülasyon aparatlarının kullanıma girmesi beklenmektedir. Ayrıca, sınırlı bir çapa sahip olmaları ve tek bir tüp içerisinde çalışılması bu yöntemlere ait diğer dezavantajlardır. Bu nedenle endoskopik yöntemlerin, dejeneratif spinal patolojilerin tedavisindeki kullanımını giderek daha popüler hâle gelmesine rağmen, posterior yaklaşım ile spinal tümör rezeksiyonundaki kullanımları olgu sunumları ile sınırlı kalmaktadır.

MİS cerrahi uygulanan multiple miyelom, meme, akciğer kökenli metastatik omurga tümörlerinin cerrahilerinde amaç her zaman GTR değil, bazı hastalarda palyatif dekompresyon yoluyla ağrı ve nörolojik durumun iyileştirilmesi ve biyopsi olabilmektedir. Bu nedenle metastatik tümörlerde lateral MİS yaklaşımı ile subtotal rezeksiyon bir cerrahi başarısızlık değildir. Bu cerrahilerin sonucunda ağrı skorlarında belirgin düzelme olduğu, ortalama kan kaybının 290 ml olduğu, ortalama hastanede yatış süresinin ise 2,9 gün olduğu bildirilmiştir (10). Bu hastalarda lateral MİS yaklaşım, açık cerrahinin yaratacağı mortalite ve morbiditeyi azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Ancak uzun dönem lokal tümör kontrolünde, MİS cerrahilerinin açık cerrahiye üstünlüğünü gösteren kuvvetli veriler henüz yoktur.

Epidural, foraminal uzanımı olan metastatik tümörlerde MİS cerrahiler için uygun hasta seçimi tümörün lokalizasyonuna, morfolojisine, vasküler yoğunluğuna, spinal kord basısının derecesine bağlıdır. Örneğin multiseviye metastazı olan renal hücreli karsinomlarda minimal invaziv metodlar yerine, embolizasyon sonrasında açık cerrahi uygulanması daha yararlı olabilmektedir. Bir diğer açıdan ise düşük vasküler yapıya sahip fokal metastazlar MİS cerrahiler için daha uygun tümörlerdir. Cerrahin tecrübesi, yöntemin seçimiindeki en önemli belirleyici faktörlerden birisidir. Metastazlarda, tümör rezeksiyonunun yanı sıra minimal invaziv yöntemler arasında olan kifoplasti, vertebroplasti ve füzyon cerrahileri de buradaki küçük cerrahi açıklıklara yerleştirilen retraktörler yoluyla uygulanabilmektedir. Radiküler ağrısı olan metastatik hastalara spinal kanal dekompresyonu ile birlikte aynı seansta median veya paramedian transmusküler diseksiyonu takiben fasetektomi, foraminotomi ve transpediküler füzyon uygulanması mümkün olabilmektedir.

Foraminal tümörlerin önemli bir kısmını oluşturan schwannomlar sıklıkla ekstramedüller intradural olarak ortaya çıkmakta ve yaklaşık olarak %13 oranın-

da tamamen ekstradural olabilmektedir. Ekstradural schwannomlar dumble şeklinde, spinal kanalın içerisinde, foraminal, ekstraforaminal ve interosseöz olabilmektedir. Bu lezyonların çok az bir kısmı invaziv davranmakta ve en sık lomber bölgede saptanmaktadır. Foraminal uzanımı olan bu lezyonların cerrahisi diğer schwannomlara göre ayrı bir antite olarak değerlendirilmelidir. Çünkü bu tip schwannomların nadir görülmesi, optimal cerrahi yöntemin ortaya konulmasında güçlük yaratmaktadır. Literatürde mediastinal uzanımı olan schwannomlarda göğüs cerrahi ile birlikte tümörün yeri ve/veya yayılımına göre laminektomi, hemilaminektomi, foraminektomi, fasetektomi, kostotransversektomi, enstrümantasyonlu veya enstrümantasyonsuz hemivertebrektomi veya vertebrektomi gibi birçok yöntem tanımlanmıştır (4, 20, 25). Torakal bölgede uygulanacak MİS cerrahileri gerek hastanın pozisyonu gerekse toraks yapılarının cerrahi sahaya dahil olması nedeniyle servikal ve lomber bölgelere göre zorlayıcı olabilmektedir. Bu tip cerrahilerde hasta genel anestezi altında lateral pozisyona alınmakta ve müdahale edilecek taraf üstte bırakılmaktadır. Burada 2 temel yöntem vardır; birincisinde kostalara paralel 3cm kesi uygulandıktan sonra interkostal kaslar arasından toraks içerisine girilmektedir. Cerrahi tamamlandıktan sonra toraks içerisine göğüs tüpü yerleştirilmektedir. İkincisinde ise midaksiller 6 cm oblik cilt insizyonu uygulanarak parietal plevra ve entortorasiik fasias arasından vertebra korpusu bulunması yoluyla çalışılmaktadır. Vertebra lateralden ulaşılabilen bu cerrahilerde vertebra korpusu alınarak kordun önündeki lezyonlara da müdahale edilebilmekte ve eş zamanlı füzyon cerrahisi de yapılabilmektedir. Bu cerrahiler uygun derinlikte genişleyebilen retraktörlerin yanı sıra önemli ölçüde deneyim gerektirmektedir (29).

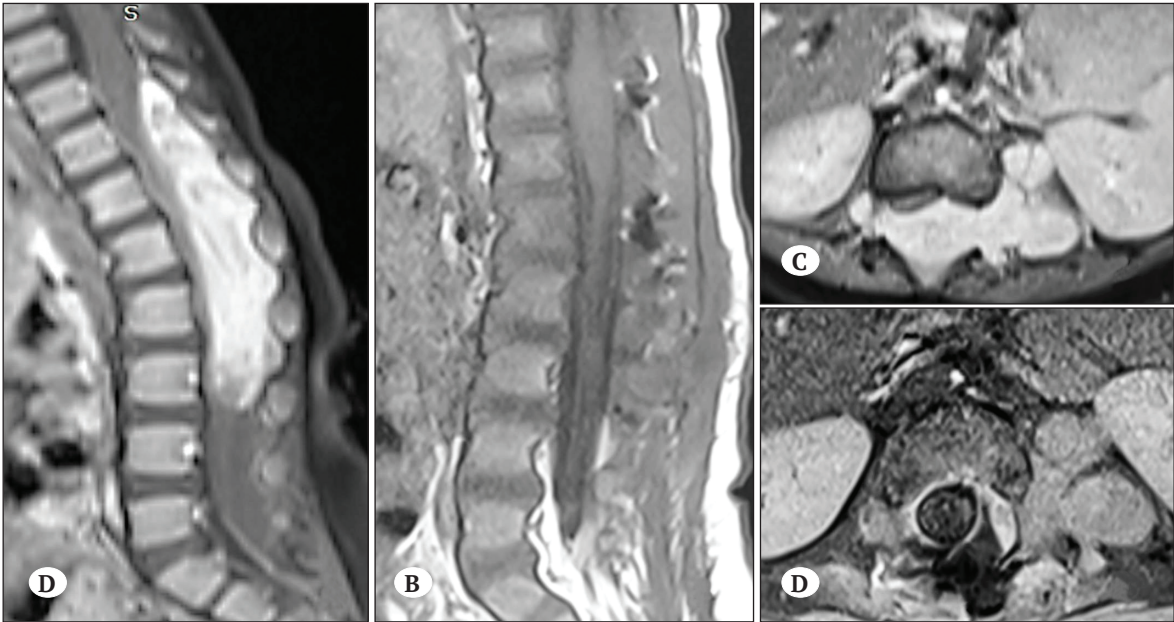
Lu ile Shah ve ark., ekstradural interradiküler schwannom olgularında tübüler retraktör kullanarak ekstralateral minimal invaziv teknik ile cerrahi rezeksiyon yapılan başarılı seriler sunmuşlardır (12, 27). Literatürde lateral MİS cerrahilerin, tübüler retraktörler yardımıyla mikroskop altında fasetlerin 2,5cm lateraline kadar uzanan dev ekstradural schwannomalar için dahi güvenle kullanılabilirliği ve GTR uygulanabilirliği gösterilmiştir. Mini açık interlaminal ve far lateral yaklaşımlar da dev ekstradural schwannomlarda uygulanabilecek diğer minimal invaziv yaklaşımlardır. Tüm bu avantajlara rağmen lateral MİS cerrahilerinde postoperatif uzun dönemde instabilite gelişmesi açısından oluşturabilecek bir miktar faset rezeksiyonu gerekmektedir (7, 13, 32). Güncel literatürde dorsal kök kaynaklı ekstraforaminal schwannomlar için faset rezeksiyonu gerektirmeyen ve tübü-

ler retraktörler yardımıyla uygulanabilen transpoas yaklaşımlar da tarif edilmiştir, ancak bu yaklaşımlar henüz yaygın kullanım alanına sahip değildir (3). Ekstradural lateral uzanımı olan bu tip lezyonlarda, geleneksel orta hat yaklaşımları uygulandığında laterale ulaşım için oldukça büyük cilt kesileri gerekecektir. Ayrıca ekstradural foraminal schwanomlarda genellikle tümör kapsülü ile nöral fasiküller arasında iyi bir sınır vardır ve sinirden kibarca diseke edilebilirler. Bu özelliği kitleyi laparotomi gibi majör cerrahilerin aksine, MİS cerrahi gibi görece daha az invaziv cerrahiler için daha da uygun hâle getirmektedir.

Retraktör sistemleri dışında, tek ya da çok seviye spinal tümörler için kullanılabilen MİS cerrahilerin bir modifikasyonu olarak bazı laminoplasti teknikleri tanımlanmıştır. Hirabayashi tarafından tanımlanan posterior yapıların ve tendinöz tutunma yerlerinin büyük oranda korunduğu ekspansil laminoplasti (open door, Hirabayashi, open-hinged, single-door laminoplasti) yöntemi bu tekniklerden birisidir. Laminoplasti teknikleri, yukarıda anlatıldığı gibi postlaminektomi kifoz, ağrı, postop dura üzerinde oluşabilecek yapışıklıklar ve bundan ötürü ortaya çıkabilecek şiddetli nöral kompresyonların önüne geçilmesi amacıyla ortaya konulmuştur. Hareket koruyucu cerrahi olarak da bilinmektedir. Tübüler retraktörler yardımıyla ayrı ayrı çoklu seviye yapıla-

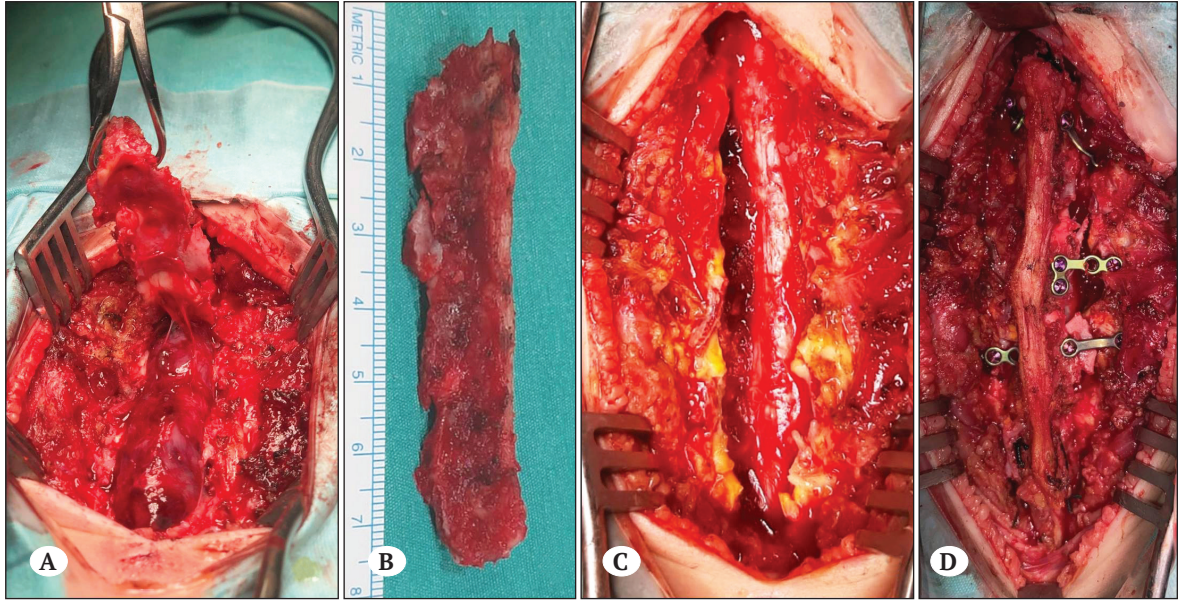
bilen spinal veya foraminal stenoz operasyonlarının aksine, 3 seviye ve üzerine uzanan tümörler açısından bu sistemlerin mevcut teknik özellikleri göz önüne alındığında günümüzde henüz bir uygulanma alanı yoktur. Bu nedenle modifiye minimal invaziv yöntem olarak laminoplastiler, 3 seviye ve üzerine uzanan hem intradural hem de ekstradural tümörler için kullanılabilirler. Bu yöntemlerin en önemli avantajı total laminektomi ve peroperatif füzyon yöntemlerini genellikle gerektirmemesidir. Ayrıca, bu teknikler etkin dekompresyon alanı sağlamakla birlikte rekürens/nüks durumlarında revizyon cerrahisini kolaylaştırmaktadır. Bu tekniklerin sıkça kullanıldığı nöroblastomlar, çocukluk çağında spinal kord kompresyonuna ve foraminal uzanımına neden olan en sık görülen malign spinal tümördür. Ekstradural olan bu tümörlere spesifik tedavi kesin olarak bilinmemekle birlikte, son 10 yılda tanımlanmış cerrahiler laminektomi veya laminoplastiyi takiben yapılması mümkün maksimum tümör rezeksiyonudur (Şekil 7, 8). Laminoplastinin postoperatif kifoz gibi önemli yan etkilere karşı koruyucu olduğu düşünülmekte, ancak uzun dönem takiplerde anlamlı farklılık olmadığını belirten yayınlar da bulunmaktadır (31).

Sonuç olarak; MİS cerrahiler genellikle iki seviye ve altındaki intradural ve ekstradural tümörlerde ve bu tümörlerin yaklaşık 2,5 cm laterale kadar uzanan



**Şekil 7.** Alt ekstremitelerde ileri derecede paraparezi olan 9 aylık erkek hastanın preoperatif (A, C) ve postoperatif (B, D) T1 kontrastlı lumbosakral MRG tetkikleri görülmektedir. Preoperatif sagittal (A) ve aksiyel (C) tetkiklerinde yoğun kontrast tutan, yaklaşık 7.5 cm uzunluğunda, T10-L3 vertebralar arasına ve sol vertebra foramenlerinden retroperitoneal alana uzanan nöroblastoma ait görünüm mevcuttur. Hastanın, T10 ve L3 vertebraları arasına uygulanan laminoplasti ve kitle eksiyonu sonrasında çekilen postoperatif sagittal (B) ve aksiyel (D) görüntülerinde spinal kanalın tamamen rahatladığı, foraminal alanda da kitle eksizyonu uygulandığı görülmektedir.





**Şekil 8.** Nöroblastom olgusuna ait intraoperatif görüntüler. Laminalar pediatrik kesici uca sahip yüksek devirli tur yardımıyla kesilmesinin ardından (A) posterior ligament yapıları ile birlikte en bloc çıkartılmıştır (B). Ekstradural kitlenin eksizyonundan (C) sonra laminalar mikroplaklar ile yeniden yerleştirilmiştir (D).

kısımlarında güvenle kullanılabilir yöntemlerdir. Bunun yanı sıra pür foraminal veya ekstraforaminal tümörlerde de açık cerrahlere oldukça iyi bir alternatiflerdir. Endoskopi ve robot destekli cerrahiler gibi yeni gelişmeler sayesinde MİS cerrahilerin spinal tümörlerdeki kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve kullanım alanı giderek genişlemektedir.

## KAYNAKLAR

1. Agrawal B.M, Birch B.D, McCormick P.C, et al. Intradural extramedullary spinal lesions. Spine Surgery. Techniques, Complication Avoidance and Management, chapter 102, spine surgery third edition. Benzel EC. Elsevier-Saunders: Philadelphia. 2012;(2):991-8
2. Balasubramanian S.C, Nair A.R, Saphiya N.N, et al. Minimally Invasive Resection of Spinal Tumors with Tubular Retractor: Case Series, Surgical Technique, and Outcome. World Neurosurgery 2021;149, e612-e621
3. Benjamin C, Oermann E, Thomas J, et al. Minimally Invasive Direct Lateral Transpsoas Approach for the Resection of a Lumbar Plexus Schwannoma: Technique Report. The Surgery Journal 2016;02(03), e66-e69.
4. Canbay S, Hasturk AE, Basmacı M, et al. Management of Thoracal and Lumbar Schwannomas Using a Unilateral Approach without Instability: An Analysis of 15 Cases. Asian Spine J 2012;6(1):43-9
5. Gandhi R.H, German J.W. Minimally invasive approach for the treatment of intradural spinal pathology. Neurosurgical focus 2013;35(2), E5
6. Dakwar E, Smith, W.D, Malone K.T, et al. Minimally invasive lateral extracavitary resection of foraminal neurofibromas. Journal of Clinical Neuroscience 2011;18(11), 1510-1512.
7. Greenberg MS. Spinal schwannomas. In: Handbook of Neurosurgery. Thieme; 2010. pp. 734-736.
8. Haji F.A, Cenic A, Crevier L, et al. Minimally invasive approach for the resection of spinal neoplasm. Spine 2011;36(15), E1018-E1026
9. Key C. Mr. Aston Key on paraplegia. Guy's Hospital Reports 1838;3:17-34. 4
10. Khoo LT. Rationale for minimally invasive spine surgery. In: Cruet-Perez MJ, et al. eds. An anatomic approach to Minimally Invasive Spine Surgery. St Louis, Missouri: Quality Medical Publishing Inc.; 2006. p.89-102
11. Kossmann T, Jacobi D, Trentz O. The use of a retractor system (SynFrame) for open, minimal invasive reconstruction of the anterior column of the thoracic and lumbar spine. European Spine Journal 2011;10(5), 396-402
12. Lu D.C, Chou D, Mummaneni P.V. A comparison of mini-open and open approaches for resection of thoracolumbar intradural spinal tumors. Journal of Neurosurgery: Spine 2011;14(6), 758-764
13. Lu DC, Dhall SS, Mummaneni PV. Mini-open removal of extradural foraminal tumors of the lumbar spine: technical note. Journal of Neurosurgery: Spine. 2009;10(1):46-50

14. MacCormick P. Intradural extramedullary tumors. Chapter 187. Schmidek and Sweet operative techniques. Sixth edition Volume II. Ed; Quinones Hinojosa A. Elsevier-Saunders: Philadelphia. 2012. p. 2127-33
15. Mannion R.J, Nowitzke A.M, Efendy J, et al. Safety and efficacy of intradural extramedullary spinal tumor removal using a minimally invasive approach. *Operative Neurosurgery* 2011;68(suppl\_1), ons208-216
16. Meredith D.S, Kepler C.K, Huang R.C, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF) in the thoracic and thoracolumbar spine: technical report and early outcomes. *HSS Journal* 2013;9(1), 25-31
17. Ogden AT, Bresnahan L, Smith JS, et al. Biomechanical comparison of traditional and minimally invasive intradural tumor exposures using finite element analysis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009;24:143-147
18. Ogden A.T, Fessler R.G. Minimally invasive resection of intramedullary ependymoma: case report. *Neurosurgery* 2009;65(6), E1203-4
19. Oguz E, Hammouri QM, Grauer JN, et al. Definition and classification of minimally invasive spine surgery. In: Vaccaro AR, Bono CM eds. *Minimally invasive spine surgery*. 1st ed. USA: Informa; 2007. p. 19-24.
20. Okada D, Koizumi K, Haraguchi S, et al. A case of Dumbbell Tumor of the Superior Mediastinum Removed by Combined Thoracoscopic Surgery. *J Nippon Med Sch* 2002;69(1):58-61
21. Oppenheimer J.H, DeCastro I, McDonnell D.E. Minimally invasive spine technology and minimally invasive spine surgery: a historical review. *Neurosurgical focus* 2009;27(3), E9
22. Peker S, Cerci A, Ozgen S, et al. Spinal meningiomas: evaluation of 41 patients. *Journal of neurosurgical sciences* 2005;49(1), 7-12
23. Perez-Cruet M.J, Foley K.T, Isaacs R.E, et al. Microendoscopic lumbar discectomy. *Neurosurgery* 2002;51(suppl\_2), S2-129
24. Robinson R, Smith G. Anterolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disk syndrome. *Bull Johns Hopkins Hosp* 1955;96:223-4
25. Ryzman W, Skokowski J, Wilimski R, et al. One step removal of dumbbell tumors by posterolateral thoracotomy and extended foraminectomy. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004;25(4):509-14.
26. Seppälä M.T, Haltia M.J, Sankila R.J, et al. Long-term outcome after removal of spinal schwannoma: a clinicopathological study of 187 cases. *Journal of neurosurgery* 1995;83(4), 621-626
27. Shah M, Kaminsky J, Vougioukas VI. Minimally invasive removal of an extradural intradiscal lumbar schwannoma. *Acta Neurochir (Wien)* 2008; 150 (07) 691-693, discussion 693-694
28. Tredway T.L, Santiago P, Hrubes M.R, et al. Minimally invasive resection of intradural-extramedullary spinal neoplasms. *Operative Neurosurgery* 2006;58(suppl\_1), ONS-52
29. Uribe JS1, Dakwar E, Le TV, et al. Minimally invasive surgery treatment for thoracic spine tumor removal: a mini-open, lateral approach. *Spine* 2010; 35(26):347-54.
30. Verbeist H. A lateral approach to the cervical spine: Technique and indications. *J Neurosurg* 1968;28:191-203. 5
31. Wang, ZC, Li SZ, Qu XF et al. Application of open-door laminoplasty with ARCH plate fixation in cervical intraspinal tumors. *BMC Surg* 21, 141 (2021)
32. Weil AG, Obaid S, Shehadeh M, et al. Minimally invasive removal of a giant extradural lumbar foraminal schwannoma. *Surgical Neurology International* 2011;2, article 186

## 62 İNTRADURAL VEYA EKSTRADURAL SPİNAL TÜMÖRLERDE TEK TARAFLI EKSIZYON

Gültekin Baş, Ali Arslantaş

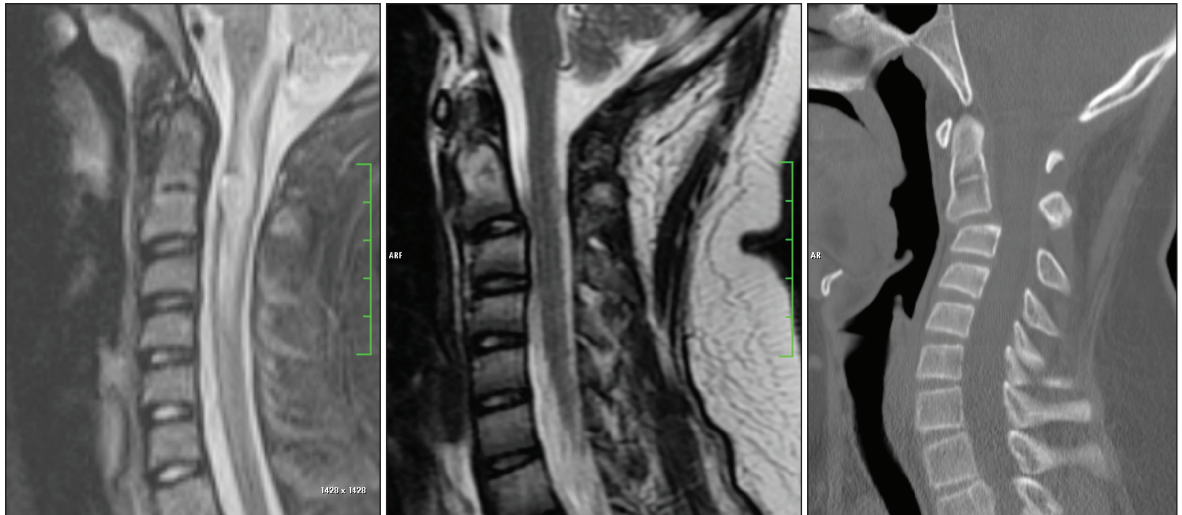
Laminektomi, spinal tümör cerrahisinde sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Projeksiyonun korunması, cerrahi sahada rahat manüplasyon yapabilirlik gibi avantajları olmakla birlikte iatrojenik morbidite, kifoz ve postoperatif ağrının ciddi sebebi olabilmektedir (Şekil 1). Bu sebeple 1908 yılında Taylor tarafından yapılan unilateral hemilaminektomi minimal invaziv spinal cerrahiye atılan ilk adımlardan birisi olmuştur (10). Unilateral hemilaminektomi ile intradural ve ekstradural tümörlere yaklaşım ilk kez 1991 yılında Yaşargil tarafından tanımlanmış ve uygulanmıştır (12). Total laminektomi ile yapılan cerrahide kasların subperiostal küt diseksiyonu, posteriyör ligamentöz yapıların (supraspinöz, interspinöz ligamentler) kesilmesi, ligamentum flavumun eksizyonu ile laminanın alınması gelişebilecek instabilitenin sebepleri arasındadır (Şekil 1) (6).

Unilateral yaklaşım ile tümörün eksizyonu amaçlanırken tümörün derecesi cerrahi öncesi ve sonrası amaçlanan klinik durum ve tümörün yerleşimi ile olası komplikasyonlar, iatrojenik olarak gelişebilecek

nörolojik defisitler ve spinal stabilitenin korunması göz önüne alınmalıdır (Şekil 2). Yapılan çalışmalarda cerrahi sürenin hemilaminektomi ile daha kısaldığı, hastaların postoperatif ağrılarının daha az olduğu, erken mobilizasyonu, daha az hastanede kalış süresi gibi avantajları olduğu bildirilmiştir (11,12). Ayrıca unilateral yaklaşımın nöral yapılar ve tümörü geniş çapta açığa çıkardığı ve böylece uygun olmayan cerrahi manipülasyondan kaynaklanan hasar riskini en aza indirdiği de savunulmaktadır (4). Schwannom, nörofibrom, menenjiom, ependimom, hemanjioblastomlarda unilateral yaklaşım rahatlıkla tercih edilebilecek bir yöntemdir (9).

### CERRAHİ TEKNİK

Özellikle genç hastalarda venöz stazı ve epidural venlerden kaynaklanan kanamayı azaltmak için lomber bölge yaklaşımlarında genopektoral pozisyon tercih edilebilirken, servikal, torakal bölge yaklaşımlarında göğüs altı rulo yastıklarla desteklenecek şekilde prone pozisyon kullanılır. Servikal bölge



**Şekil 1.** C2 vertebra düzeyinde intramedüller hemoraji ile gelen(en solda), C2 laminoplasti ile eksize edildikten sonra (ortadaki erken postoperatif MRG) hemanjioblastom olgusunda cerrahiden 4 ay sonra C2 laminoplasti sonrasında gelişen C2 vertebra anterior listezisi.

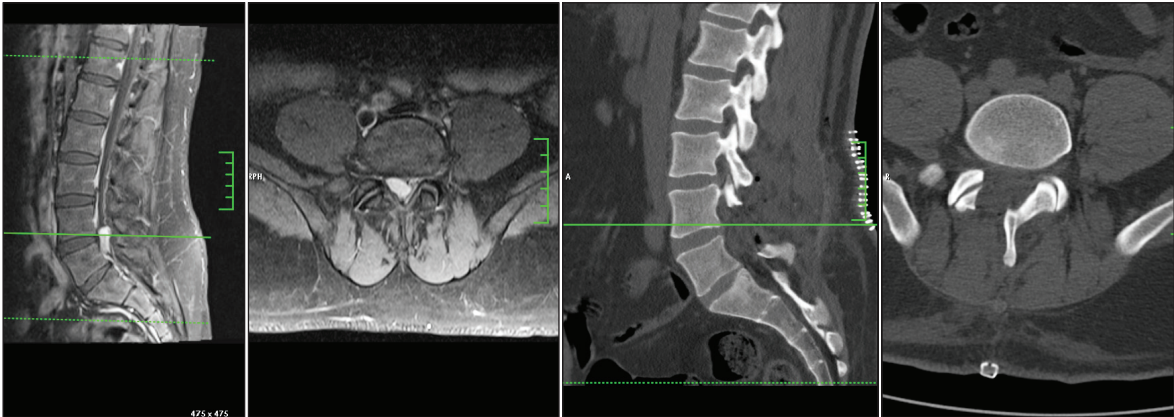


yaklaşımlarında boynun rotasyonunu engellemek ve uzamış cerrahi sırasında oluşabilecek yüz bölgesindeki dekübit ülseri riskini azaltmak için 3 pinli mayfield çivili başlıkla kafa sabitlenebilir. Somatosensoryal ve motor uyarılmış potansiyeller (SSEP, MEP) hastaya pozisyon verildikten sonra bazal değerleri alınarak işleme başlanır. Radyolojik olarak seviye tesbiti sonrasında cerrahiye başlanır. Lezyonun tarafına göre orta hat ya da paramedian insizyon yapılarak paravertebral kaslar tek taraflı açılır ve retrakte edilir. Retraksiyonda 'Williams ekartör' kullanımının tubuler ekartörlere göre daha avantajlı olduğunu gösteren yayınlar mevcuttur (5). Mikroskop altında tümöre en yakın interlaminar boşluğun ligamentum flavumun eksize edilir. Ardından kemik forsepsi ve/veya yüksek hızlı drill ile hemilaminektomi yapılır. Fasetektomi genellikle gereksizdir, ancak faset hipertrofi olan hastalarda parsiyel fasetektomi gerekebilir. Hemilaminektomi ayrıca kranial veya kaudal interlaminar boşluğa ve gerekirse ikinci bir laminaya da genişletilebilir. MRG' de hasta supine pozisyonda tanı alırken cerrahi sırasında prone pozisyonundadır. Bu sebeple eğer lezyon laminektomi ve ya dura açıldıktan sonra tanımlanamamışsa sınırlar kranial yönde uzatılabilir. Duranın medial kısmından sütür geçilebilecek şekilde paramedian açılır. Ultrasonik aspiratör tümör miktarını azaltarak total rezeksiyon için yardımcı olabilir. Tanjansiyel açıda nöral yapılar ve tümörün vizüalizasyonu için cerrahi masaya pozisyon verilebilir. Bu aşamada yaklaşık olarak 45 derecelik açıdan orta hatta doğru görüş sağlanabilir (3). Tümör eksize edildikten sonra dura water-tight sütüre edilerek kapatılmalıdır. Dura herhangi bir sebeple eksize edildiyse fasya lata grefti ya da yapay dura kullanılarak sütüre edilmeli BOS kaçağı olmadığından emin olunmalıdır .

İntraforaminal tümörlerde unilateral yaklaşımda rezidü bırakmamak, faset eklemin tamamının alınmasını önlemek açısından 'open-tunnel' tekniği tanımlanmıştır (1). Hemi-semi-laminektomi (interlaminar fenestrasyon) yapıldıktan sonra, faset eklemin lateral parçasının alınarak nöral foramen çıkışının açılmasını sağlar. Tünelin her iki ucundan tümör eksizyonu yapılır (1). Schwannom ve nörofibromalarda intraforaminal kitle eksizyonunda fasetektomi yapmadan stabiliteyi koruyarak tümör eksizyonu sağlanabilir (1). Omurganın tüm segmentleri boyunca kullanılabilir .

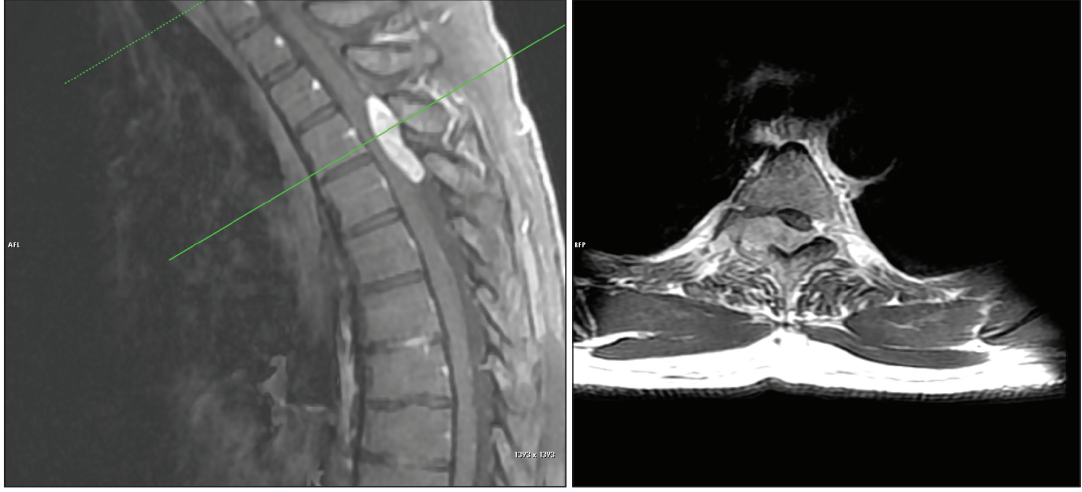
Cerrahi sonrasında ağrının kontrolü açısından intravenöz infüzyon verilebilir, radiküler ve meningeal ağrı açısından metilprednizolon 40-80mg/gün olarak inflamasyonu azaltması açısından 3-5 gün verilebilir. İlk 6 ay dinamik direkt grafi ve MRG ile hastanın takibi yapılmalı, MRG takibi 6.aydan sonra 3 yıl boyunca yıllık yapılmalıdır (8).

2021 yılında yapılan bir çalışmada unilateral yaklaşımla yapılan spinal tümör cerrahilerinde total eksizyon oranının %85,9 oranında olduğu bildirilmiştir (2). Bu oran geleneksel (laminektomi, laminoplasti vb.) spinal tümör cerrahilerine yakın bir oran olarak izlenmektedir (Şekil 3). Nöral ve vasküler yapılara göre tümörün büyüklüğü, histolojik tipi ve invaziv olması gibi tümör özellikleri, tümör rezeksiyonu için cerrahi stratejiyi belirleyen faktörlerdendir. Menenjiomlar ile ilgili unilateral posteriyor eksizyon yapılan bir çalışmada ise dura koagülasyonu ile gros total rezeksiyon (Simpson derece II) vakaların > %90'ında elde edilebileceği ve durayı çıkarmaya gerek kalmadan tümör nüksü için yeterli kontrol sağlanabileceği belirtilmiştir (7).



**Şekil 2.** L4-5 hizasından S1 foramenine uzanım gösteren kontrastlı MRG'de diffüz kontrastlanan schwannom. BT incelemesinde sağ L4 hemilaminektomi yapılarak unilateral yaklaşımla, faset eklemin korunarak cerrahisi yapılan olgu.





**Şekil 3.** T3-4 vertebra düzeyinde karşı foramene uzanım gösteren T1 kontrastlı seride homojen kontrastlanan schwannom olgusunda iki mesafe kapsayacak düzeyde büyük olması ve karşı foramene doğru uzanım göstermesi nedeniyle hastaya 2 seviye laminoplasti yapılarak tümörün total eksizyonu yapılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Banczerowski P, Veres R, Vajda J. Modified surgical approach to cervical neurinomas with intraforaminal components: minimal invasive facet joint sparing “open-tunnel” technique. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg.* 2014 Jan;75(1):16-9
2. Choi EH, Chan AY, Gong AD, et al. Comparison of Minimally Invasive Total versus Subtotal Resection of Spinal Tumors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg.* 2021 Jul;151:e343-e354.
3. Formo, M., et al., Minimally Invasive Microsurgical Resection of Primary, Intradural Spinal Tumors is Feasible and Safe: A Consecutive Series of 83 Patients. *Neurosurgery,* 2018. 82(3): p. 365-371.
4. Hentschel SJ, Mc Cutcheon IE: Intradural extramedullary spinal tumors, in: Dickmann CA, Fehlings MG, Gokaslan ZL (ed). *Spinal cord and Spinal Column Tumors.* 2006, New York: Thieme Med Pub, pp335-348
5. Hernandez NS, George KM, Yang M, et al. Feasibility of unilateral hemilaminectomy utilizing a Williams retractor for the resection of intradural-extramedullary spinal neoplasms. *Neurochirurgie.* 2022 Jan;68(1):4-10.
6. Mobbs RJ, Maharaj MM, Phan K, et al. Unilateral hemilaminectomy for intradural lesions. *Orthop Surg* 2015;7:244-9.
7. Onken J, Obermüller K, Staub-Bartelt F, et al. Surgical management of spinal meningiomas: focus on unilateral posterior approach and anterior localization. *J Neurosurg Spine.* 2018 Dec 7;30(3):308-313.
8. Pompili A, Caroli F, Crispo F, et al. Unilateral Laminectomy Approach for the Removal of Spinal Meningiomas and Schwannomas: Impact on Pain, Spinal Stability, and Neurologic Results. *World Neurosurg.* 2016 Jan;85:282-91.
9. Sun, C.X., et al., Unilateral hemilaminectomy for patients with intradural extramedullary tumors. *J Zhejiang Univ Sci B,* 2011. 12(7): p. 575-81.
10. Taylor AS. X. Unilateral laminectomy. *Ann Surg* 1910;51:529-33.
11. Turel MK, D’Souza WP, Rajshekhar V. Hemilaminectomy approach for intradural extramedullary spinal tumors: an analysis of 164 patients. *Neurosurg Focus* 2015;39(02):E9
12. Yasargil MG, Tranmer BI, Adamson TE, et al. Unilateral partial hemilaminectomy for the removal of extra- and intramedullary tumors and AVMs. *Adv Tech Stand Neurosurg.* 1991; 113-132.



## 63

METASTATİK SPİNAL TÜMÖRLERDE  
SEPERASYON CERRAHİSİ

Levent Çelik, Serdar Kahraman

Kemik metastazları meme, prostat, akciğer, böbrek, mesane ile tiroid kanserinde ve bununla birlikte primer tümörler olarak düşünülebilecek multiple miyelom ve diğer hematolojik malignitelerde sık görülen bir olaydır. Kemik metastazları tüm malign kemik lezyonlarının %70-80'ini oluşturur. Kemik, akciğer ve karaciğerden sonra en sık metastaz görülen bölgedir (1). Yetişkinler arasında spinal metastazların% 60'ı meme, akciğer veya prostat kanseridir (Şekil 1). Meme ve akciğer kanserleri genellikle torakal bölgeye yayılırken, prostat kanseri ise lomber omurgalara, sakrum ve pelvise metastaz yapmaktadır (Şekil 1) (5).

Omurga kemik metastazların en sık görüldüğü yerdir. Yaşlı insan popülasyonunun artması, tümörlerde tanı yöntemlerinin gelişmesi, cerrahi, radyasyon tedavisi ve kemoterapi ile tedaviye iyi yanıt alınması, böylece hastaların sağkalımlarını uzattıkları için, metastazlardan etkilenme olasılıkları da artmaktadır. Kanser hastalarının %40'ında omurga metastazına rastlanır. Bu metastazların %10-20 kadarında spinal kord basısı olmaktadır (1,14). Kanserli hastalar, tanı öncesinde kilo kaybı varsa, malnütrisyon, günlük yaşam aktiviteleri etkilendiğinde daha kısa yaşam sürelerine sahip olmaktadır (6). Spinal metastazlar, en sık vertebra korpusu (%85) ve ekstradural komponenti tutarlar. Daha sonra vertebra pedikülleri ve posterior elemanlara yayılırlar (%10-15). İntradural ve intramedüller tutulum nadirdir (%5). Tüm omurgayı tutabilen metastaz en sık torasik (%70), lomber (%20), servikal ve sakral omurganın korpusunu etkiler (13).

Yaklaşık olarak tüm kanserlerin %60'ı ve kanserden ölümlerin %70'i altmış beş yaş ve üzerinde meydana gelmektedir (1). Hastanın kronolojik yaşından ziyade biyolojik yaşı (performans durumu ve eşlik eden hastalıklar) önemlidir. Dolayısıyla metastazlar yaşlılarda önemli bir sorun hâline gelmiştir (1). Tüm metastazları göz önünde bulundurarak sekonder spinal tümörlerden etkilenen hastaların yaş ortalaması 55 - 60 yıl iken, prostat kanseri ve multiple miyelom gibi yaşlılarda daha yaygın olan tümörler göz önüne alındığında anlamlı olarak daha yüksek-

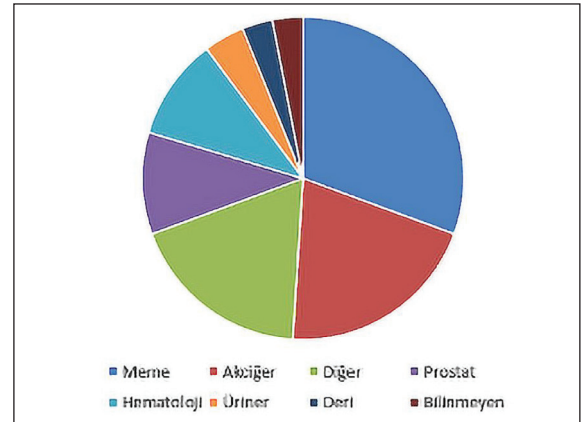
tir. Örneğin prostat kanseri, 60-79 yaşları arasındaki erkeklerde 40-59 yaşları arasına göre en az altı kat daha sık görülür. Meme kanseri yaşlılarda (60-79 yaş), orta yaşlılara (40-59 yaş) göre beş kat daha fazladır ve akciğer kanseri neredeyse iki kat daha fazladır. Kolo-rektal kanser görülme sıklığı 65-84 yaş arasında gençlere göre 6 kat fazladır (1).

Bu bölümde hastalarda spinal metastaz tespit edildiğinde, güncel algoritma ve tedavileri tartışılmıştır.

## YAYILIM

## Hematojen Yayılım

- Batson pleksusu
- Arterial embolizasyon
- Kötü huylu metastatik hücreler en sık omurgaya hematojen olarak yayılırlar ve paravertebral pleksusunda (Batson pleksusu) venöz kanallar valfsiz olup, metastatik embolizasyonun en önemli kaynağıdır (1,13). Venöz kan geri dönüşünün, abdominal ve intratorasik basıncın artmasına bağlı olarak, intervertebral ve basivertebral damarlar yoluyla Batson pleksusa yansır. Sonuç olarak, bu yolu izleyen metastazlar, kemik yayılımının karakteristiğine yol açar. Avasküler yapısın-



Şekil 1. Spinal metastazlarda primer odak dağılımı.

dan dolayı, disk genellikle tümör tutulumundan korunur: ancak, omurun en sık ve en çok etkilenen kısmı omur gövdesidir (yaklaşık %80) bunu takip eden pediküller ve posterior elemanlardır (13).

- Tümör hücreleri doğrudan besleyici arterler yoluyla vertebra korpusuna ulaşabilir.

### Seed and Soil Teori

Tümör hücreleri, spesifik bir organdaki mikroçevresel faktörlere göre, konakçı dokuya yerleşir. 1889'da Paget tarafından öne sürülen bu teori 1929 yılında Amerikalı patoloğ James Ewing tarafından geliştirilerek, tümör dokularının yalnızca uygun dokulara "Seed and Soil" yayılabileceğini bildirdi. (13). Günümüzde de spinal metastazlarda tek neden olmamakla birlikte geçerliliğini devam ettirmektedir.

### Direkt invazyon

Bu yayılım prostat kanserinde potansiyel bir yol olarak bilinmektedir. Petroperitoneal ya da mediastinumda yerleşen tümör doğrudan kemiği erode ederek veya nöral foramenden girerek omurgalara yayılabirler. Omurga içine direkt tümör infiltrasyonu yoluyla yayılımı, Pancoast'ın akciğer tümöründe de görebilmekteyiz (13).

### KLİNİK

Metastatik omurga hastalığının kliniği ağrı (%85), nörolojik kusur, ilerleyici deformite ve genel zayıflıktır. Ağrı, omurganın belli bir yapısı ve bölgesine lokalize olabilir ve radiküler veya medüller kökenli olabilir. Ağrı, biyolojik (sitokin salınımı, periost irritasyonu, intraosseöz sinir uyarımı, kemik içindeki kitle etkisi) ya da mekanik (sinir kökü basısı, patolojik kırık, instabilite, deformite) nedenlerle ortaya çıkar. Genel olarak, bilinen bir kanser hastalığı olan bir hastada meydana gelen veya bir tümör öyküsü olmayan yaşlı bir hastada belirgin hâle gelebilen, yavaş ilerleyen, boyun veya sırt ağrısı, aksi ispat edilmedikçe spinal metastazın neden olduğu düşünülmelidir (1). Nörolojik kusur, ağrının ilk ortaya çıkışından sonraki daha geç dönemde ortaya çıkar. İlk ağrı ile nörolojik kusur arasındaki süre servikal ve torasik omurga için haftalar-aylar arası, ancak bel omurgasında günler-haftalar arasında görülebilir (1). Hastalar motor veya duyuşsal defisite veya her ikisine de sahip olabilir. Sadece radiküler ve/veya medüller kompresyon seçeneği de vardır. Spinal kord basısı (%10-20), erken (ödem, venöz konjesyon ve demyelinizasyon nedeniyle) veya geç (vasküler invazyona sekonder spinal enfarkt nedeniyle) dönemde nörolojik kusur görülebilmektedir (1).

Mesane ve sfinkter disfonksiyonu genellikle 48 saatten daha uzun sürerse veya bazen daha kısa süreli olsa dahi geri dönüşsüzdür (1). Sfinkter rahatsızlıkları da oldukça geç ortaya çıkmaktadır ve yaşlı insanlarda bu konuya daha az dikkat edilebilir. Çünkü erkeklerde prostat problemi, kadınlarda ise mesane/uterus ilişkisi ve zayıf pelvik çatı nedeniyle bu bulgu gözden kaçırabilir. Bu klinik bulgu, geri dönüşümsüzdür ve olumsuz prognostik faktördür.

### GÖRÜNTÜLEME

Hastada çekilen direkt grafilerde (Anteriyoposterior, lateral, oblik) "göz kırpan baykuş" pedikül destrüksiyonu, vertebra korpus destrüksiyonu (%30-50 tutulum) veya normal (tümör +/-) bulunabilir (Şekil 2). Kemik sintigrafisi, iskelet metastazlarında tarama amacıyla kullanılmakta olup, %65-70 doğruluk payı vardır. Bununla birlikte, günümüzde yaygın olarak metastaz şüphesi olan hastalarda veya kanser nedeniyle takip edilen hastalarda tüm vücut pozitron emisyon tomografi (PET-BT) kullanılmaktadır. Kemik tutulumunu, bilgisayarlı tomografi (BT) daha kesin olarak gösterdiğinden, hâlâ önemli bir rol oynamaktadır. Bu hastalara mutlaka kontrastlı manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yapılmalıdır. Gerekirse dijital subtraction anjiyografi (DSA) vasküler anatomi-tümör ilişkisi veya embolizasyon için tercih edilmelidir. Anatomik bir bölgede daha spesifik bir araştırma için, örneğin, servikal, torasik veya lumbosakral omurganın MRG'si kemik sintigrafisinden daha yüksek bir duyarlılığa sahiptir (Şekil 2) (1).



Şekil 2. Direkt grafi'de "göz kırpan baykuş görünümü".





aynı girişimin Tip 1 ve 6 için de rölative endike olduğunu, Tip 7 için ise uygun olmadığını bildirmektedir (17).

Diğer sıklıkla kullanılan “Tokushashi” skorlamasıdır. “Gözden geçirilmiş Tokushashi prognostik skoru” hastanın genel durumu (Karnofsky performans skalasına göre), omurga dışı metastazların sayısı, vertebralardaki metastazların sayısı, iç organlara metastaz, primer odak ve nörolojik defisiti hesaplanır (Tablo 2). Tokushashi skorlamasına göre  $\geq 9$  puan olan hastalarda cerrahi tedavi ve sağ kalım 6 ay üzeri,  $\leq 8$  puan alan hastalarda ise palyatif tedavi ve sağ kalım 6 aydan az olarak bildirilmiştir (16).

Omurga onkoloji çalışma grubu (SOSG) tarafından, uzman görüşleri ve kanıta dayalı tıp bilgileri temelinde oluşturulmuş, yapılan çalışmalar ile radyoloji ve

radyasyon onkolojisi uzmanlarınca da kullanılabilirliği ve geçerliliği araştırılmış, 6 parametreden (vertebra cisim kollapsı, ağrı, metastaz yerleşimi, dizilim, radyoloji, posterior eleman tutulumu) oluşan, kullanımı kolay ve güncel sistem olan “Omurga İnstabilite Neoplastik Skoru (SINS)” kullanılması önerilmektedir (Tablo 3) (2).

Bilsky ve ark., metastatik tümörün radyolojik olarak “Epidural spinal kord bası (ESCC)” skalasını tanımlamışlardır (3). MR görüntülerinin T2 sekanslarında, metastatik lezyonun korpus içine yerleşiminden tüm spinal kanalın invazyonuna kadar altı gruba ayırmışlardır (Şekil 4).

**Tablo 2.** “Tokushashi” Skorlaması

Karakteristikler	Skor
<b>Hastanın genel durumu</b>	
Kötü (%10-40)	0
Orta (%50-70)	1
İyi (%80-100)	2
<b>Ekstraspinal kemik metastaz odak sayısı</b>	
>3	0
1-2	1
0	2
<b>Vertebra metastaz sayısı</b>	
>3	0
2	1
1	2
<b>Majör iç organ metastazı</b>	
Çıkartılamaz	0
Çıkartılabilir	1
Metastaz yok	2
<b>Primer odak</b>	
Akciğer, osteosarkam, mide	0
Mesane, özofagus, pankreas	0
Karaciğer, safra kesesi, tanımlanmamış	1
Diğer	2
Böbrek, uterus	3
Rektum	4
Tiroid, meme, prostat, karsinoid tümör	5
<b>Nörolojik durum</b>	
Komplet (Frankel A, B)	0
İnkomplet (Frankel C, D)	1
Yok (Frankel E)	2

**Tablo 3.** Omurga İnstabilite Neoplastik Skoru (SINS)

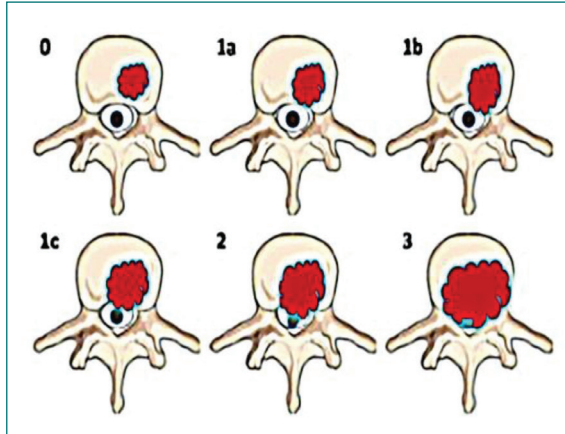
Yerleşim	Skor
Geçiş bölgeleri (Oksiput-C2, C7-Th2, Th11-L1, L5-S1) L1,	3
Tam hareketli bölge (C3-C6, L2-L4)	2
Yarı hareketli bölge (Th3-Th10)	1
Tam hareketsiz bölge (S2-S5)	0
<b>Ağrı</b>	
Evet	3
Zaman zaman mekanik olmayan ağrı	1
Ağrısız lezyon	0
<b>Lezyon</b>	
Litik	2
Karma (Litik ve blastik)	1
Blastik	0
<b>Radyolojik dizilim</b>	
Subluksasyon/translasyon mevcut	4
Denovo deformite (kifoz/skolyoz)	2
Normal dizilim	0
<b>Vertebral cisim çökmesi</b>	
>%50	3
<%50	2
Çökme yok ancak >%50 vertebral cisim ilişkili	1
Yukardakilerin hiçbiri	0
<b>Spinal elementlerin posterolateral dahiliyeti</b>	
Bilateral	3
Unilateral	1
Hiçbiri	0
<b>Toplam Skor</b>	
Stabil	0-6
Potansiyel instabil	7-12
İnstabil	13-18

**Tablo 4.** “NOMS Tablosu”

Nörolojik	Onkolojik	Mekanik	Sistemik	Karar
Düşük grade ESCC / Myelopati yok	Radyosensitif	Stabil	-	cEBRT
Düşük grade ESCC / Myelopati yok	Radyosensitif	Stabil değil	-	Stabilizasyon takiben cEBRT
Yüksek grade ESCC;+/- Myelopati	Radyosensitif	Stabil	-	cEBRT
Yüksek grade ESCC;+/- Myelopati	Radyosensitif	Stabil değil	-	Stabilizasyon takiben cEBRT
Düşük grade ESCC / Myelopati yok	Radyorezistan	Stabil	-	SRS
Düşük grade ESCC / Myelopati yok	Radyorezistan	Stabil değil	-	Stabilizasyon takiben SRS
Yüksek grade ESCC;+/- Myelopati	Radyorezistan	Stabil	Cerrahiye tolere edebilir	Dekompresyon/ Stabilizasyon takiben SRS
Yüksek grade ESCC;+/- Myelopati	Radyorezistan	Stabil	Cerrahiye tolere edemez	cEBRT
Yüksek grade ESCC;+/- Myelopati	Radyorezistan	Stabil değil	Cerrahiye tolere edebilir	Dekompresyon/ Stabilizasyon takiben SRS
Yüksek grade ESCC;+/- Myelopati	Radyorezistan	Stabil değil	Cerrahiye tolere edemez	Stabilizasyon takiben cEBRT

Stabilizasyon seçenekleri arasında perkütan sement uygulaması, perkütan pedikül vida enstrümantasyonu ve açık enstrümantasyon bulunur. Sistemik komorbiditeleri nedeniyle, açık cerrahiye tolere edemeyecek hastalar için stabilizasyon yerine, sement uygulaması ve /veya perkütan vida sınırlı olabilir.

**cEBRT:** geleneksel radyoterapi, **ESCC:** epidural omurilik kanal basısı, **NOMS:** nörolojik, onkolojik, mekanik ve sistemik, **SRS:** stereotaktik radyocerrahi.



**Şekil 4.** Evre 0, sadece kemik tutulumu; Evre 1a, tekal sak deformasyonu olmadan epidural kompresyon; Evre 1b, kord teması olmadan tekal sak deformasyonu; Evre 1c, kord teması ile birlikte tekal sak deformasyonu; Evre 2, Beyin omurilik sıvısının bir kısmının korunması ile birlikte kord kompresyonu; Evre 3, beyin omurilik sıvısının tamamen silinmesiyle birlikte kord kompresyonu (Evre 0-1a-1b-1c düşük dereceli ESCC, Evre 2 ve 3 yüksek dereceli ESCC olarak tanımlanır).

2013 yılında tanımlanan “NOMS Tablosu” nörolojik, onkolojik, mekanik ve sistemik parametrelerden oluşur ve konvansiyonel radyoterapi, spinal stereotaktik radyocerrahi (SRS), minimal invaziv ve açık cerrahi girişimleri içeren algoritmayı içerir (Tablo 4) (9).

Tedavinin amacı; nörolojik düzelme (Spinal kord dekompresyonu, cerrahi/RT), stabiliteyi sağlamak (Enstrümantasyon/Sementleme), ağrı kontrolü ve lokal tümör kontrolüdür (RT/SRS/Kemo-İmmüno-Hormonal tedavilerle). Tedavi seçenekleri cerrahi, radyoterapi (RT), kemoterapi olup, ayrıca hormonal, bifosfonat, destekleyici (steroid, osteoporoz tedavisi ve ortez) tedavilerdir. Nörolojik defisit durumunda deksametazon, terapötik etkinlik kanıtı olan tek tedavidir (1). 2019 yılında National Comprehensive Cancer Network (NCCN) tarafından yayınlanan kılavuzda güncel tedavi algoritması bildirilmiştir (12).

Bu hastalarda tedavi planlanırken, mutlaka osteoporoz yönünden değerlendirilmelidir. Genel olarak kemik omurga metastazlarının ve özellikle de omur-

ganın tedavi maliyetlerini artırdığı ve hastanede kalış süresini önemli ölçüde uzatabildiği iyi tespit edildiğinden, kemik metastazlarının basit tedavisi için yeni yöntemler değerlendirilmektedir (1). Bisfosfonatlar, kemik komplikasyonlarının tedavisinde kullanılmaktadır. Çünkü tümörün ilerlemesini ve patolojik kemik gelişimini durdururlar. Metastazda, kemik kalitesi ve kemik yoğunluğu dolayısıyla, kemiğin stabilitesi bozulur. Bisfosfonatlar kemiğe yüksek afinite gösterirler ve temel olarak yüksek kemik döngüsü olan yerlerde güçlendirilirler. Bu nedenle, kemik metastazını ve önlemek için ideal ilaçlardır (1). En başarılı ilaç, çoğunlukla meme kanseri kemik metastazlarında ve multipl miyelomda osteolizde başarılı olan pamidronattır (ikinci nesil bifosfonat) (1). Zoledronik asit en son geliştirilen ajanlardan biridir ve bir imidazol halkası ile karakterize edilir. Hayvan deneylerinde etkisi, eski pamidronatlara göre 100-850 kat daha iyidir (1). Uzun süredir osteoklastik aktiviteyi azaltarak etki gösteren antirezorptif ilaçlar yaygın olarak kullanılırken yakın zamanda kemik yapımını artıran ajanlar ağırlık kazanmaya başlamıştır. 2010 yılında FDA uzamış bifosfonat kullanımına bağlı gelişen kırıklarda artmış riske dikkat çekmek için bifosfonatların değiştirilmesini tavsiye etmiştir (4). Özellikle paratiroid hormon (PTH) ilk öne çıkan ajan olmuştur. PTH'nin kemik üzerine etkisi karmaşıktır, uygulama şekline bağlı olarak kemik formasyonunu ve rezorpsiyonunu artırabilir veya azaltabilir. Devamlı infüzyonlar serum PTH seviyesini sürekli yükselterek ciddi kemik rezorpsiyonuna ve kemik mineral yoğunluğunda (KMY) azalmaya neden olurken, günlük enjeksiyonlar serum PTH seviyesinde aralıklı yükselmeye, osteoblastik uyarılmaya ve KMY'de artışa, kortikal ve trabeküler yüzeylerde yeni kemik oluşumuna dolayısıyla kemik kütlesi ve gücünde artışa yol açar (4). Teriparatid (TPTD), rekombinant insan PTH (1-34) peptidi olup, kırık için yüksek riskli olan veya daha önceki osteoporoz tedavilerine yanıt vermemiş hastalarda etkili bir tedavidir (4).

Cerrahi endikasyonlar ise; hastanın yaşam beklentisi ve genel medikal durumu değerlendirildikten sonra, ağrı ve morbiditeyi azaltmak için (fonksiyonel yaşam), lokal tümör kontrolü ve stabilize, ilerleyen nörolojik kusur ve spinal kord bası durumunda, uygulanacak ek tedavilerin etkinliğine yardımcı olmak için (Radyorezistan tümör ve Separasyon cerrahisi), primeri bilinmeyen tümörün histopatolojik tanısı için, radyoterapi sırasında veya sonrasında nörolojik bozulma veya artan ağrı, soliter metastatik tümör için küratif tedavi amacıyla cerrahi yapılabilir (15). Cerrahi seçenekler; seperasyon cerrahisi, dekompresyon ve stabilizasyon (Anterior / Posterior / Kombine), mini-

mal invaziv cerrahi (vertebroplasti/kifoplasti veya perkütan stabilizasyon ile vertebral güçlendirme) yapılabilmektedir. Vaskülerize spinal metastazlarda veya primer tümörlerde preoperatif embolizasyon önemlidir. Bu, kan kaybını ve dolayısıyla morbidite ve mortaliteyi büyük ölçüde azaltabilir ve cerrahin çalışmasını önemli ölçüde kolaylaştırabilir. Kan kaybını azaltmak için preoperatif embolizasyon özellikle böbrek tümörleri, multiple miyelom ve tiroid tümörleri metastazlarında kesinlikle göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tip operasyona en az iki cerrah ile girmek gerekir.

Son olarak, teknolojinin gelişmesine bağlı olarak tümör cerrahisi de daha efektif ve yaşam kalitesini artırır hâle gelmiştir. Bugün tartışılan soru, RT tek başına hastalar için yeterli olup olmadığı veya bunun seperasyon cerrahisi (dekompresyon) veya stabilizasyon ile birleştirilmesi gerekip gerekmediği ve ameliyattan önce RT yapılmalıdır. Cerrahi açıdan, tek başına RT tedavi için yeterli değilse, cerrahi kesinlikle ışınlamadan önce yapılmalıdır. RT alan doku içine yapılan cerrahi işlem, önemli ölçüde daha yüksek bir enfeksiyon oranına (%30) sahiptir ve RT öncesinde yapılan cerrahiye göre daha zordur (1). Yeni teknikler ile metastatik omurga tümör cerrahisi stabilizeyi daha iyi sağlamakta, omurilik basısını kaldırmakta ve ağrıyı azaltmaktadır. Stabilizasyon veya seperasyon cerrahisi sonrası yapılan radyocerrahi(SRS)/RT sonuçları, sadece radyoterapiye göre daha başarılı olduğu çalışmalarla gösterilmiştir.

Yapılan bir meta-analiz çalışmasında, çoğu kontrolsüz cohort (Class III) 24 makale taranmış, 999 hastanın 543'üne RT yapılmıştır. Bu çalışmada cerrahi hastaların 1.3 kat ambulatuvar kaldığı ve 2 katı hasta yeniden ambulatuvar olduğu, sonuç olarak primer tedavi metodunun cerrahi ve adjuvan radyoterapi olduğu bildirilmiştir (8). Lee ve ark.ları metastatik epidural spinal kord basısı olan hastalarda yaptıkları meta-analiz çalışmada, seperasyon cerrahisi takiben RT yapılan hastalarla sadece RT alan hastaları karşılaştırmışlardır (10). Hastaların yaşam süresi ve ambulasyon durumlarının seperasyon cerrahisi takibinde RT yapılan hastalarda daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Cerrahinin, uygun olan hastalarda yaşam beklentisinin en az 6 ay olduğu durumlarda endike olduğu bildirilmektedir. Bu 6 aylık kural, daha hızlı bir iyileşmeye izin veren ve daha az cerrahi travmaya neden olan daha az invaziv cerrahi prosedürlerin yapılmasıyla değişmiştir.

Hastanın ameliyat öncesi nörolojik kusuru önemlidir. Tanı sırasındaki paraparetik hastaların yaklaşık yarısı



yürüme kabiliyetine kavuşur, ancak paraplejik olan hastaların ambulasyonunu yeniden kazanması daha zordur (1). Postoperatif komplikasyonlar sık görülür ve yaklaşık olguların %15-30'unda bulunur (1).

Wai ve ark.ları, metastatik omurga hastalığının cerrahi tedavisinden sonra onaylanmış bir global sağlık durumu yaşam kalitesi değerlendirme ölçeği (Edmonton Semptomları Değerlendirme Ölçeği) kullanılarak prospektif olarak yaşam kalitesini değerlendirdi. Ağrı skorlarında ciddi düzelme olduğunu, ayrıca diğer yaşam kalitesi değerlendirmelerinde de iyileşme olduğunu bildirdiler (1).

## SEPERASYON CERRAHİSİ

Metastatik spinal tümörlerin cerrahisinde nörolojik fonksiyonları korumak ve ağrı kontrolünü sağlamak amacıyla nöral dokuların dekompresyonu ve/veya stabilizasyonu ile ilgili farklı cerrahi yaklaşımlar uygulanmıştır (anterior dekompresyon ve korpektomi, posterior laminektomi, stabilizasyon, kifoplasti, vertebroplasti vb.).

Seperasyon cerrahisi ile tümör spinal korddan ayrılarak kord etrafında en az 2-3 mm çevresel güvenli alan oluşturulur (minimal invaziv dekempresyon). Cerrahi esnasında spinal stabiliteyi korumak için enstrümantasyon uygulanacaksa bu dekompresyondan önce yapılmalıdır. Seperasyon cerrahisi sayesinde tümörün geri kalanı için hedefe yönelik radyoterapi uygulanabilir. Bu yöntemle özellikle radyorezistan tümörlerde yüksek dozda SRS veya SBRT verilebilir.

Metastatik spinal tümörlerde seperasyon cerrahisi ve sonrasında uygulanan SRS ve SBRT tedavisi ile anterior korpektomi, vertebra içi tümör rezeksiyonu gibi agresif cerrahi gerektiren yaklaşımlar azalmıştır. Bu da ameliyat süresinin kısalmasına, ameliyat esnasında kan kaybının azalmasına dolayısıyla peroperatif ve postoperatif dönemde daha az morbiditeye neden olmaktadır. Ameliyat sonrasında hastanede kalış süresi azalmakta ve radyoterapi ve kemoterapiye daha erken başlanabilmektedir.

## SONUÇ

Metastatik omurga tümörü olan her hasta ayrı ayrı değerlendirilmeli ve tedavi karar süreci multidisipliner yaklaşımla ortak yürütülmelidir. Hastanın sağ kalım süresi, tümör biyolojisi, RT'ye sensitif (lenfoma, seminoma, koryokarsinoma ve myleoma) veya dirençli (renal, tiroid, hepatoselüler, kolon, küçük hücreli olmayan akciğer karsinoması ve melanoma) olması, adjuvan tedaviler önemli parametrelerdir.

Ağrı, instabilite ve nörolojik kusur durumunda seperasyon cerrahisi, vertebra güçlendirmesi için minimal invaziv yaklaşımlar ve stabilizasyon düşünülmelidir. Vaskülerize spinal metastazlarda (böbrek tümörleri, multipl miyelom ve tiroid tümörleri gibi) preoperatif embolizasyon önemli olup, kan kaybına bağlı morbidite ve mortalite yüksek olduğu için, birden fazla cerrah ile ameliyata girmek morbiditeyi düşürmede yardımcı olacaktır. Özellikle radyorezistans tümörlerde seperasyon cerrahisi ve SRS kombinasyonu ile yapılan multidisipliner tedaviler, metastatik omurga tümörlerinin tedavisinde artık standart yaklaşım olarak kabul görmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Abei M. Spinal metastasis in the elderly. *Eur Spine J*. 2003;12(2):202-213.
2. Ayhan S, Nabyev V, Acaroğlu E "Lomber Omurga Tümörlerinde Rezeksiyon ve Stabilizasyon (Bölüm 20)". Türk Omurga Derneği Yayınları, 2016 Ankara "Omurga ve Spinal Kord Tümörlerinin Tanı ve Tedavisi Kitabı" sayfa 287.
3. Bilsky MH, Laufer I, Fourny DR, et al. Reliability analysis of the epidural spinal cord compression scale. *J Neurosurg Spine*, 2010 Sep;13(3):324-328.
4. Çevikol A, Karaahmet ZÖ, Gürçay E. ve ark. Şiddetli Osteoporozlu Hastalarda Teriparatid Tedavisi: Kemik Mineral Yoğunluğu, Biyokimyasal Parametreler, Sırt Ağrısı ve Yaşam Kalitesi Üzerine Etkiler. *Türk J Osteoporos* 2014;20(2):51-55.
5. Gilbert RW, Kim JH, Posner JB. Epidural spinal cord compression from metastatic tumor: Diagnosis and treatment. *Annals of neurology* 3:40-51, 1978.
6. Kanesvaran R, Li H, Koo KN, et al. Analysis of prognostic factors of comprehensive geriatric assesment and development of a clinical scoring system in elderly Asian patients with cancer. *J Clin Oncol* 2011; 29: 3620-3627
7. Keskin F, Kalkan E. Metastatik Spinal Tümörlerin Özellikleri (Bölüm 24). TND 2014, Ankara "Omurga ve Omurilik Tümörleri Kitabı" sayfa 241.
8. Klimo P Jr, Thompson CJ, Kestle JR, et al. A meta-analysis of surgery versus conventional radiotherapy for the treatment of metastatic spinal epidural disease. *Neuro Oncol*. 2005 Jan;7(1):64-76.
9. Laufer I, Rubin DG, Lis E, et al. The NOMS framework: approach to the treatment of spinal metastatic tumors. *Oncologist*. 2013 Jun;18(6):744-51.
10. Lee CH, Kwon J, Lee J, et al. Direct Decompressive Surgery Followed by Radiotherapy Versus Radiotherapy Alone for Metastatic Epidural Spinal Cord Compression: A Meta-Analysis. *Spine*, 2014 Feb 5.

11. Lis E, Bilsky MH, Pisinski L, et al. Percutaneous CT-guided biopsy of osseous lesion of the spine in patients with known or suspected malignancy. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:1583-1588.
12. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology (NCCN Guidelines) "Central Nervous System Cancers". 2019; 32-35.
13. Önen M R, Naderi S. Metastatik Omurga Tümörlerinin Fizyopatolojisi (Bölüm 23). TND 2014, Ankara "Omurga ve Omurilik Tümörleri Kitabı" sayfa 235-236.
14. Özdoğan S, Süslü H T, Yıldırım A E. Metastatik spinal tümör sınıflamaları (Bölüm 22). TND 2014, Ankara "Omurga ve Omurilik Tümörleri Kitabı" sayfa 226.
15. Penas-Prado M, Loghin ME. Spinal cord compression in cancer patients: review of diagnosis and treatment. *Curr Oncol Rep*. 2008 Jan;10(1):78-85.
16. Tokuhashi, Y., Matsuzaki, H., Oda, et al. A revised scoring system for preoperative evaluation of metastatic spine tumor prognosis. *Spine* 2005, 30 (19), 2186-2191.
17. Tomita K, Kawahara N, Baba H, et al. Total en bloc spondylectomy. A new surgical technique for primary malignant vertebral tumors. *Spine* (3):324-333, 1997.

# 64

## TRAVMATİK OMURGA KIRIKLARINDA MİNİMAL İNVAZİV GİRİŞİMİN YERİ

Cevat Akıncı, Murat Kalaycı

Tüm ülkelerdeki künt travmalar, önde gelen mortalite ve morbidite sebebidir. Bu künt travmalardan sonra oluşan omurga kırıkları oransal olarak çok düşüktür ancak hasta üzerinde ekonomik, sosyal ve tıbbi olarak ciddi etkileri ve sonuçları oluşabilir. Omurganın travma sonrası yaralanma oranı, tüm kemik kırıkları ile karşılaştırıldığında %4-23 olarak belirtilmiştir (27). Kırıkların ortalama %8 i boyun omurlarında, %70'i sırt ve bel omurlarında ve geri kalanı da daha aşağı bölgelerde görülür. En sık yaralanan bölge sırt ve bel omurlarının birleştiği 12. sırt omuru ve 1. bel omuru, omurganın en hareketli bileşke bölgesindedir. Gençlerde genellikle yüksek enerjili travmalara bağlı gerçekleşen omurga kırıkları, yaşlılarda osteoporoz ve yaşlanan omurga nedeni ile daha düşük enerjili travmalar sonucunda da oluşabilmektedir (21).

Omurga kırıklarının sınıflandırılması ve bu sınıflamaya bağlı hastanın tedavi planı oluşturulması oldukça önemlidir. Geçmişteki sınıflandırmalar da torakolomber vertebra için 3 kolon stabilitesi ve yaralanma mekanizmaları hesaplanarak yapılmıştır. Bununla birlikte günümüzde daha sık kullanılan sınıflandırmalar ise posterior ligament kompleksini ve yaralanmanın morfolojisini tanımlayıp hastanın nörolojik muayenesini değerlendiren sınıflandırmalardır.

Vertebra kırıklarının tedavisi kırığın oluşma biçimine, hastanın nörolojik durumuna, kırığın immobilitesine ve mevcut fraktüre ek patolojilerin olup olmamasına göre değişiklik göstermektedir. Cerrahi tedavi gerektiren patolojilerde geleneksel yöntemler, büyük cerrahi insizyon, geniş kas retraksiyonu gerektirmektedir. Bu durum uzun ameliyat süresi ve artmış kan kaybı ile bağlantılıdır. Gün geçtikçe minimal invaziv yöntemler tüm cerrahi branşlarda popüleritesini artırmaktadır. Spinal cerrahide de travmatik ya da nontravmatik olarak minimal invaziv yöntemlerle diskektomi, interbody füzyon, anterior-posterior enstrümantasyon, vertebro-kifoplasti işlemleri yapılabilmektedir. Bu yöntemin avantajları olarak geleneksel yöntemlere göre daha küçük insizyon, kasların korunmasına olanak sağlaması, kısa cerrahi süre olması, daha az kan kaybı, postoperatif ağrının daha az olması sayıla-

bilir. Dezavantajları ise cerrahi deneyim gerektirmesi, artmış radyasyon maruziyeti ve füzyon imkânının sınırlı düzeyde olmasıdır.

Minimal invaziv travmatik omurga cerrahisi günümüzde, omurganın görüntüleme yöntemleri eşliğinde perkütan, minimal açık veya endoskopik girişimlerini kapsamaktadır. Perkütan pedikül vida tespiti ve mini-açık anterolateral retraktör yardımcı yaklaşımlar dahil minimal invaziv tekniklerdeki ilerlemeler, kan kaybını, operasyon süresini ve ameliyat sonrası ağrıyı azaltarak uygun şekilde uygulandığında cerrahi sonuçları geleneksel yöntemlere göre daha olumlu yönde olmaktadır. Minimal invaziv yöntemler temel olarak açık yaklaşımların kas diseksiyonu aşamasında kaybedilen kan düzeyi ve kas retraksiyonuna bağlı fonksiyon düzeyinde azalma ve kas-iskelet innervasyonunun korunmasıyla teorik olarak avantaj sağlar. Minimal invaziv yöntemlerin bu avantajları dolayısıyla torakolomber kırıklı hastalarda da kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Servikal vertebra patolojilerinde de kullanılan minimal invaziv yöntem daha çok posterior ve anterior diskektomi aşamalarında kullanılmaktadır. Travmaya sekonder oluşabilecek bir servikal kırıkta minimal invaziv yöntem kullanımı günümüzde sınırlı sayıdadır. Sublukse olmamış travmatik servikal disk patolojileri veya tip 2 odontoid fraktürlerin tedavisinde bu yöntemler kullanılabilir. Özellikle Tip 2 Odontoid fraktürlerde stabilize edilemeyen odontoid kemik fragmanı endoskopik yöntemle alınabilir. Endoskopik anterior odontoidektomi sonrası gerekirse hastaya açık füzyon cerrahisi de eklenmelidir. Travmatik servikal disk hernisinde de uygun görüldüğünde endoskopik fragmenektomi yapılabilir.

Günümüzde, travma sonrası torakal ve lomber kırıklarda, minimal invaziv girişimlerin kullanımı oranı ön plandadır. Torakolomber omurga kırıklarında uygulanan perkütan pedikül vidası ile tespit, stabil olmayan kırıkların internal tespitine izin verirken ameliyat sonrası düzeltilen sagittal dengenin korunmasına da yardımcı olur. İnstabil torakolomber kırıklarda ve

eksternal ortez tedavisini tolere edemeyecek hastalarda kırık alanındaki patolojik hareketi durdurmak için pedikül vidaları yardımıyla posterior internal tespit gerekmektedir. Perkütan pedikül vidası yerleştirilmesinin, geleneksel açık posterior yaklaşımlara göre, paraspinal kas sisteminin geniş çaplı retraksiyonu, denervasyonu ve devaskülarizasyonunu gerektirmemesi açısından önemli avantajlara sahip olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca, perkütan minimal invaziv pedikül vidası ile posterior tespit daha kısa operasyon süresi, daha az kan kaybı ve daha az ağrıya neden olduğu ve sonuçta daha hızlı iyileşme ve daha kısa hastanede kalış süresi gibi avantajları çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir. Posterior enstrümantasyon sonrası ilgili segmentte spinal artrodez gerektiği görüşü genel olarak kabul görmesine rağmen, artrodez oluşacağı öngörülen geleneksel posterior tespit tekniklerine göre füzyon olmaksızın tespiti karşılaştıran birçok çalışma, uzun dönem izlemde benzer sonuçlar göstermiştir. Torakolomber vertebra kırıklarında travmanın oluş mekanizması ve kırığın tipi çok iyi bilinmelidir. Burst kırıkları ve fleksiyon-distraksiyon tipi kırıkların birbirinden farklı aşırı yüklenme mekanizmalarıyla olduğu unutulmamalı ve tedavi planlanması bu farklılıklar dikkate alınarak yapılmalıdır.

T11-L2 vertebraları arasında kalan torakolomber omurga segmenti, torakal omurganın rijiditesi ve lomber omurganın hareketli yapısı arasında geçiş bölgesi olmasından dolayı, omurganın diğer bölgelerine göre daha fazla strese maruz kalmaktadır. Trafik kazaları, yüksekten düşme gibi yüksek enerjili travmalar, spor yaralanmaları gibi durumlarda geçiş bölgesi olan torakolomber vertebra segmentinin post-travmatik hasar görme olasılığı bu nedenden dolayı daha fazladır. Travma sonrası oluşan totakolomber kırıklar, oluşum mekanizmalarına göre kabaca dört alt başlıkta incelenirler.

## KIRIK TİPLERİ

### Kompresyon Kırıkları

Torakolomber bölgede oluşan kompresyon kırıkları, omurgaya fleksiyon yönünde etki eden aksiyel kuvvetlerin sebep olduğu yüklenme sonucu oluşur. Anterior kolonda kompresyon sonucu hasar oluşurken, orta kolon sağlam kalmaktadır. Posterior kolon genelde sağlam kalabilirken, travmanın şiddetine bağlı olarak posterior kolonda aşırı distraksiyon oluşmasına bağlı hasarlanma eklenebilir. Kompresyon kırıklarında, posterior ligaman kompleksini oluşturan ligamentöz yapıların bütünlüğünün korunması, spinal stabilitenin sağlanmasında en önemli belirleyici faktördür. Kompresyon kırıkları en sık olarak

torakolomber geçiş bölgesi de olarak da tanımlanan T10-L2 vertebra segmentleri arasında olmaktadır (35). Torakolomber bileşke bölgesi, anatomik olarak geçiş bölgesi olduğu için travmalarda korunmasız ve kolay hasar görebilecek bir anatomik oluşumdur. Torakal alandaki kosto-transvers ligamanlar torakal omurgayı stabilize ederek koronal ve sagittal planda aksiyel rotasyonlar sonucu oluşan kuvvetlere karşı torakal omurganın daha dirençli hâle getirmiştir (3). Lomber alanda bu rijidite mekanizmaları olmadığından daha esnektir. Torasik omurga segmentinin faset eklemleri yerleşimlerinden dolayı, lomber omurga segmentinin faset eklemlerine kıyasla hareketi daha çok kısıtlanırlar. Torasik omurganın kifotik yapısı ve lomber omurganın lordotik yapısı olası travmalarda absorban etki gösterirken, torakolomber bileşkenin anatomik yapısı ve geçiş bölgesi olmasından dolayı olası travmalarda daha az absorban etkisi vardır ve yine travmalarda hasar görme olasılığı daha yüksektir. Gençlerde ve orta yaşlı kişilerde torakolomber kompresyon kırıklarının en sık sebepleri motorlu araç kazaları ve yüksekten düşmelerdir (8,9). Spor ve benzeri aktiviteler ise çocuklarda ve adolesanlarda en sık kompresyon kırıkları sebepleridir (13,15). Daha yaşlı kişilerde ise düşük enerjili travmalar sonrasında gerçekleşen osteoporotik kompresyon kırıkları daha sık görülür (16).

Torakolomber kompresyon kırıkları direkt grafi veya bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleme ile saptanabilir. İlk değerlendirmede mutlaka potansiyel burst (patlama) fraktürü tanısı ekarte edilmelidir. Lateral direkt grafide, tipik kompresyon kırığı vertebra korpusunda öne doğru kama şeklinde yükseklik görülür. Daha çok anterior vertebra korpusunda yükseklik kaybı olurken, posterior vertebra korpusu genelde yüksekliğini korumaktadır. Radyolojik görüntülemelerde ölçümler mutlaka kırık olan segment seviyesinde yapılar, alt ve üst seviye vertebra ölçümleri ile kıyaslanmalıdır. Lateral direkt grafide görülen posterior kortikal bozulma veya AP (ön arka) direkt grafide görülen interpedinküler mesafe genişlemesi olası bir burst fraktürünü akla getirmelidir.

Spinal stabilitenin değerlendirilmesinde, genellikle orta kolonun bütünlüğünü koruması en önemli belirleyici faktörlerden birisi olsa da posterior kolonu oluşturan posterior ligamentöz yapıların yaygın hasarında kompresyon fraktürü anstabil olabilir. Posterior interspinöz ve supraspinöz ligamanlarda oluşabilecek bir yırtık vertebra korpuslarında zaman içinde progresif kamalaşmaya sebep olabilir. Kifozun artması ile birlikte anterior vertebra korpusuna binen aksiyel yükler daha da artacaktır ve anterior vertebra korpusunda çökme artışı kifoz derecesini progresif



olarak artıracaktır. İlerleyen kifoz ile ilişkili deformite de ciddi ve önemli fonksiyonel bozukluklar ile sonuçlanabilir. Ayrıca birçok çalışmada kifoz ile sırt ağrısı arasında direkt bir ilişki gösterilememiş de olsa araştırmacılar belirgin kifozda sırt ağrısının olabileceğini söylemektedir.

### Burst Kırıkları

Torakolomber burst kırıkları, vertebraya uygulanan ciddi aksiyal yüklenmeler sonucu anterior ve orta kolonda çökme oluşması sonucu oluşurlar. Kompresyon kırıkları gibi burst kırıkları da en sık motorlu araç kazaları ve yüksekte düşme sonrasında meydana gelirler (17,32). Kompresyon kırıkları gibi burst fraktürleri de en sık torakolomber geçiş bölgesi olan T11-L2 vertebra segmentleri arasında olmaktadır. Burst fraktürlerinin büyük bir kısmında spinal kanal içine bası vardır. Radyolojik olarak değerlendirirken başlangıçta, direkt grafide vertebra korpusu yükseklik kaybı, kifotik açılma ve interpedinküler mesafede genişleme değerlendirilebilir. Bilgisayarlı tomografi (BT) ise spinal kanala olan kemik basısını göstermede etkilidir. MR görüntüleme ise nörolojik kaybı olan hastalarda olası spinal kord hasarını, cauda equina sendromunu ve kanamayı gösterme açısından gereklidir.

Kırık ve kırıkla ilişkili nörolojik kayıplar saptandıktan sonra spinal stabilite mutlaka değerlendirilmelidir. Burst fraktürlerinin anstabilitesini belirleyen ortak faktörler, ilerleyici nörolojik defisit, ilerleyici kifoz, ciddi posterior kolon hasarını gösteren radyolojik görüntüleme ve ciddi kifoz ile birlikte vertebra korpusunda %50'den fazla olan yükseklik kaybı olarak tanımlanır (23).

### Fleksiyon-Distraksiyon Kırıkları

Fleksiyon-distraksiyon kırıkları, primer olarak spinal orta kolona anteriordan uygulanan rotasyonel kuvvetler ile oluşur. Genellikle posterior ve orta kolon distrakte olur. Bu tip yaralanmalar genellikle yüksek hızlı motorlu araç kazalarında omuz desteği de olan emniyet kemeri kullanılmadığı zaman oluşmaktadır (2). Bu tip yaralanmalara %45 oranında intraabdominal yaralanmaların da eşlik ettiği görülmüştür. Fleksiyon ve distraksiyon ile ilişkili olarak ciddi nörolojik hasar oluşma riski %10-15'tir (12). Fleksiyon ve distraksiyon yaralanması sonucu nörolojik defisiti olan bir hastada MR görüntülemesi, nöral doku basısı olup olmadığını anlamada ve epidural hematoma dışlamada önemlidir. Kırığın paternini ve orta kolonun parçalanmasını anlamak için sagittal planda çekilmiş BT görüntüsü gereklidir. Fleksiyon ve distraksiyon yaralanmalarında tedavi şeklinin ve zamanının belirlen-

mesi, intraabdominal yaralanma varlığı ve nörolojik hasara bağlıdır.

### Kırıklı Çıkıklar

Kırıklı çıkıklar, torakolomber omurgaya yüksek şiddetli kompleks makaslama kuvvetlerinin etki etmesi sonucunda oluşmaktadır. Geçiş bölgesi olan torakolomber bölgede sık görüldüğü çoğu olgu serisinde belirtilmiştir. Bu kırıklar her 3 spinal kolonun parçalanıp ayrılmasıyla oluşan anstabil kırıklar olarak tanımlanır. Komplet nörolojik hasar olma olasılığı en yüksek olan kırık tipidir. Kırıklı çıkıklar sıklıkla direkt grafilerde farkedilirler. Yaralanma seviyesinde görülen herhangi bir horizontal kayma veya rotasyon, kırıklı çıkık olduğunu düşündürülebilir. BT görüntülemesi cerrahi yaklaşımın planlanması açısından gereklidir.

## MİNİMAL İNVAZİV CERRAHİ YAKLAŞIMLAR

### 1. Perkütan Pedikül Vida Yöntemi

Minimal invaziv yaklaşımlar küçük bir insizyon hattı boyunca yapıldığından dolayı, kırık olan segmentte dekortikasyon ve füzyon amaçlı kemik kullanımı yapılamayacaktır. Posterior arthrodez, posttravmatik kifozun ilerlemesinin önlenmesi için gerekli olduğu düşünülür ancak füzyon yapılmaksızın perkütan minimal invaziv posterior tespit sonrası da olumlu sonuçlar bildirilmektedir. Perkütan pedikül vida tespitinin posterior açık füzyon ile doğrudan karşılaştırıldığı diğer çalışmalarda, uzun dönem takipte iki yöntem arasındaki sonuçlarda bir fark görülmediği rapor edilmiştir (28,33). Perkütan posterior spinal enstrümantasyonun uzun dönem başarılı sonuçları görülmeye devam ederken, bu bilgiler ışığında bu yöntemin uygun hastalara uygulandığında spinal sagittal dengeyi sürdürmek için yeterli biyomekanik destek sağladığını düşündürmektedir. Cerrahin, minimal invaziv yöntemlerle tedavi etmeyi düşündüğü hastalara, ameliyat sonrası kifoz riskinin yüksek olmayacağı ancak bunun gelişmesi durumunda daha büyük bir açık operasyon gerekebileceğini hastaya aktarması önemlidir. Yakın zamanlı çalışmaların büyük çoğunluğu, stabil olmayan torakolomber burst kırıklarının tedavisine perkütan tespit uygulamıştır. Bu çalışmaların büyük bölümü spinal kanalda kemik parçası retropulsiyonu ile ilişkili kanal basısının olduğu ancak nörolojik semptomların olmadığı olgu serileridir. Posterior ligamentöz hasarın, bu yaklaşımın uzun dönem sonuçlarını etkileyip etkilemediği günümüzde belirsizdir, ancak bazı yazarlar geniş çaplı posterior ligamentöz hasarın açık cerrahi sonrası posterior füzyonla daha iyi tedavi olabileceğini düşünmektedir (18).

## Yapılma Yöntemi

Hasta prone pozisyonda operasyona alınır. Hasta üzerine radyolüsent pedler yardımıyla çevre izolasyonu sağlanmalıdır. İşlem öncesi floroskopik olarak anterior/posterior (AP) görüntü alınarak spinöz proceslerin bilateral pediküllerin ortasında olduğu görülmelidir (1,7). Yine floroskopi yardımıyla enstrümanete edilecek vertebra ile kırık olan vertebra görüntülenerek vertebral dizilim değerlendirilir. Ardından her bir seviye için hastanın cilt altı yumuşak doku yoğunluğunu göz önünde bulundurularak orta hattan 1,5-2 cm lateralden işaretlenir. Fasyaya kadar vertikal insizyonla cilt-cilt altı dokular geçilir. Fasya esneme özelliği olmadığından insizyonu vidadan daha geniş olmalıdır. L5- S1 segmentleri pedikülleri yakın olacağından tek insizyon gerekebilmektedir (29). Jamshid iğnesi cilt insizyonundan geçirilerek pediküle yerleştirilir (1,5,7). Fluroskopik AP görüntülemesinde sağ tarafta saat 3 yönünde sol tarafta saat 9 yönünde konumlandırma yapılır. Ardından trokar floroskopi altında pedinkülün lateral marjini ortalayacak şekilde kemiğe yerleştirilir. Jamshid iğnesinin pedikülde her 20-25 mm ilerletilmesinde AP ve lateral fluroskopik görüntü alınarak iğnenin yer ve doğrultusu kontrol edilir (11). Jamshid iğnesinin hedeflenen yerde olduğu görüldükten sonra üzerinden Kirschner teli yerleştirilir. Bu işlem cerrahi segment içindeki vida koyulacak her vertebraya ayrı ayrı uygulanır. Ardından Kirschner içeren vertebralara floroskopi ile AP ve lateral görüntülenir. Kirschner üzerinden dilatör yardımıyla dilate edilir ve transpediküler vidanın kolay ilerlemesi açısından ilerletileceği yol taping ile açılır. Bu esnada vidanın ilerleyeceği yolun güvenli olduğunu belirlemek için yine floroskopi ile lateral görüntü alınmalıdır (1,5,7). Son olarak, transpediküler vida Kirschner üzerinden yerleştirilir. Vida boyutları preoperatif dönemde cerrah tarafından belirlenmelidir. Osteoporotik hastalarda vida yerleşimi sonrasında Kirschner çıkartılırken yerleştirilen vida da çıkabilir, bu nedenle dikkat edilmesi gerekir. Rod uzunluğu ölçümü yapıldıktan sonra birçok yerleştirme yöntemi bulunmaktadır. Genelde iki seviye enstrümantasyonlarda tercih edilen tek bir cilt ve fasya insizyonu ile rodun yerleştirilmesidir. Çoklu seviyede ise rod hafifçe büyütülmüş bir insizyondan kranialden distale ya da kaudalden proksimale doğru geçirilir. Rod ilk önce fasya altından geçmesi için vida başının üst kısmına daha dikey bir şekilde geçirilir ve sonra kalan vida başlarına alt çapta geçirilir. Her vida başı içindeki rod oturma yeri floroskopi ile doğrulanmalıdır. Rod'un vida başlarına oturmasında, kas ve fasyanın vida başı ile rod arasına girmesi, rodun yolu üzerinde kemik yapının varlığı, vidaların aynı düzlemde bulunma-

ması, komşu faset eklemi gibi faktörler engel olabilmektedir. Ardından vidalar ile rod nutlar yardımıyla birleştirilir. Her vida için tork uygulanarak rodların vidalara kilitlenmesi sağlanır. Tüm vida tutucular çıkartılarak yerleştirilen vida sisteminin AP/lateral floroskopi görüntülemesi yapılmalıdır.

## 2. Perkütan Kifoplasti ve Vertebroplasti

Torakolomber kompresyon kırıklı bazı vakalarda posterior spinal tespit yeterli olmayabilir veya ileri yaş ve/veya ciddi osteoporoz gibi nedenlerle kontrendike olabilir. 1980'li yıllardan beri, polimetilmetakrilat (PMMA) çimentosunun perkütan enjeksiyonundan oluşan vertebroplasti ve kifoplasti teknikleri kullanılmaktadır. Vertebroplasti tekniğinin torakolomber kırıklı hastalarda kullanıldığında bazı hastalarda ağrı seviyelerini artırabildiği, aynı zamanda vertebra korpusu dışına PMMA kaçıışı ve buna bağlı olarak nörolojik defisitlere ve/veya pulmoner emboliye neden olabileceği gösterilmiştir. Perkütan transpediküler yolla vertebra gövdesi içine girilerek, çimento enjeksiyonu için bir boşluk oluşturmak üzere balonun şişirildiği kifoplasti tekniğinin teorik olarak düşük basınçlı çimento enjeksiyonuna izin vermesi dolayısıyla PMMA kaçıışı ve embolizasyon gibi risklerin daha az olduğu bildirilmektedir (4). Kifoplasti tekniğinin avantajı olarak travma sonrası yüksekliğini kaybeden vertebral cismin genişlemesinin vertebroplastiye göre daha fazla olduğu ve sonuçta iyileşmenin daha iyi gerçekleştiği iddiaları vardır ancak, karşılaştırmalı çalışmalarda veriler vertebroplasti ve balon kifoplasti arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir (4,22).

## Yapılma Yöntemi

Kifoplasti ameliyatları skopi eşliğinde ve ameliyathane koşullarında yapılmalıdır. Genel anestezi veya genellikle sedasyon artı lokal anestezi ile yapılabilir. Lokal anestezi altında yapılan işlemlerde her şeye karşın hasta ağrı duyabilir. Sedasyon lokal anestezi kombinasyonu ile yapılan ameliyatlarda genel anestezinin komplikasyonlarından kaçınılmış olur. Teknik bakımdan kifoplasti yapılacak vertebranın her iki pedikülünün görülmesi gereklidir. Skopide ön-arka görüntüde üst end-plate'in tek çizgi hâlinde görünmesi sağlanmalıdır. Ön-arka grafiden sonra skopide yan görüntü alınarak end-plate'lerin kırık olmayan taraf da superpoze olacak şekilde cerrahiye başlanır. Cilde işaret konularak skopi ile hedef belirleme yapılır. Ardından hedeflenen vertebra pedikülüne Jamshid iğnesi yönlendirilir ve pedikülün dış kenarına dokunması hedeflenir. Bu durum skopiyle teyit edildikten sonra iğne ilerletilir. İğne ucunun ortaya geldiği düşünüldüğünde yan görüntü alınarak iğne-

nin ideal konum olan pedikülün tam ortasında olup olmadığına bakılır. İğne vertebra içinde öne doğru ilerletilerek ön duvara 2 mm. kadar ulaşınca durulur. Bu aşamada eğer kifoplasti yapılıyorsa balon şişirilerek sementin verileceği hacim hazırlanmış olur. Balon basıncının 400 psm'yi geçmemesi önerilmektedir (36). Sement sürekli skopi eşliğinde, kontrollü bir şekilde verilmelidir. Sementin yoğun kıvamlı olması uygun olur. Fazla sıvı kıvamda olursa vertebra cismi dışına kaçabilir, gereğinden fazla sertleşirse vertebra içine gönderilmesi zorlaşabilir. Sement miktarı hasta ya ve işlemin durumuna göre değişkenlik göstermekle birlikte ağrıyı geçirecek minimum volümün 1.5 cc olduğu düşünülmektedir. Öngörülen tüm sement volümü verildikten sonra iğnelerin çekilmesi için bir kaç dakika beklenmelidir. Bunun nedeni sementin vertebra içinde tam olarak sertleşmesi sağlanarak, iğne çekildikten sonra pedikül ve kas dokusu içine çıkmamasının istenmesidir.

### 3. Torakolomber Minimal Açık Lateral Yaklaşımlar

Torakolomber kırıklarda kırık parça veya parçalar sıklıkla spinal kanalı bası altında bırakabilir. Bu durumda, nörolojik hasar olabilir veya hasta nörolojik olarak tamamen intakt olabilir. Posterior ve posterolateral açık yaklaşımlar, posterior elemanların dekompresyonuna izin vermesi, nöral elemanların net olarak görülebilmesinin sağlanması sağlaması, aynı zamanda pedikül vidası tespitinin yapılması ve posterolateral artrodeze imkân sağlaması nedeniyle birçok cerrah için standart cerrahi tedavi şeklidir. Anterior spinal yaklaşımlar ise cerrahin patolojinin olduğu bölgeyi doğrudan görmesine ve hemen hemen tüm durumlarda nöral elemanlara ventralden hâkim olunarak dekompresyonun sağlanmasına izin verir. Ayrıca, posterior yaklaşımlarla anterior kolona erişim sırasında gerekli olan omurilik ve sinir kök retraksiyonu ihtiyacı anterior yaklaşımlarda ortadan kalkmaktadır. Anterior kolon desteğini sağlayan implant teknolojilerin gelişmesiyle; anterior kolonun cerrahi restorasyonu daha iyi olduğunu söyleyen çalışmalar mevcuttur (14,37).

Dejeneratif omurga hastalıklarının tedavisi için tasarlanmış olan minimal açık lateral yaklaşımlar, anterior kolona yaklaşmayı gerektiren uygulamalarda travma dahil olmak üzere enfeksiyöz ve neoplastik lezyonlarda da benimsenmiştir. Minimal açık lateral yaklaşımlar, geleneksel transtorasik ve retroperitoneal yaklaşımlarla karşılaştırıldığında, floroskopik kılavuz altında patolojiye direkt erişim sağlamak için retraktörleri kullanır. Bu yaklaşımların ortaya çıkmasındaki en önemli neden, açık anterior yaklaşımların

ağrı ve kan kaybına bağlı olan morbiditesinin azaltılmasıdır. Ayrıca, minimal açık lateral girişimlerde torakal omurlara retropleval olarak yaklaşıldığından, açık transtorasik torakotomilerde gerekli olan pleval boşluğun açılması engellenmiş olur ve standart çift lümenli ventilasyona izin verilir. Aynı zamanda dura yaralanmaları sonucu gelişen duropleval beyin-omurilik sıvısı fistülü gelişme olasılığı da azaltılmış olur (24).

## VERTEBRA KIRIKLARINDA MİNİMAL İNVAZİV YAKLAŞIMLARIN AVANTAJLARI

### 1. Kanama Kontrolü

Minimal İnvaziv yaklaşımlarda operasyon esnasında olan kan kaybı açık cerrahiye göre çok daha düşüktür. Krei-nest ve ark. 491 hastada açık ve perkütan enstrümantasyon yöntemlerini karşılaştırıldığı çalışmasında, cerrahi aşamada kan kaybının ve hastanın kan replasman ihtiyacının perkütan enstrümantasyon uygulanan hastalarda daha az olduğunu bildirmiştir (19). Wang ve ark. travmatik torakolomber fraktür girişimlerinde açık cerrahi ve perkütan tekniklerini karşılaştırdıklarında ise perkütan teknik uygulanan hastalarda kan replasman ihtiyacının daha az olduğunu belirtmişlerdir (34).

### 2. Kasların Korunması

Torakolomber travma sonrası hasarlı dokuya bir de operasyon sırasında eklenen kasların sıyrılması ve uzun süre retraksiyonu hastaların uzun dönemde kalıcı kas ağrılarının olmasına, işe dönüş sürelerinin uzamasına ve iş gücü kayıplarına neden olabilmektedir. Özellikle geleneksel açık cerrahi sonrası görülen postoperatif takip MR görüntülemelerinde paravertebral kasların yağlı dejenerasyonu olduğu görülmektedir. Kim ve ark. lomber bölgede açık cerrahi vidalama ile perkütan enstrümantasyon yöntemlerinin karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmada; perkütan cerrahi tedavide açık cerrahiye göre daha az paravertebral kas atrofisinin görüldüğü, kas yıkım enzimlerinin daha düşük seyrettiği ve kas performansının daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (20). Ayrıca yine aynı çalışmada perkütan enstrümantasyon uygulanan hastalarda postop ağrı kesici tedavi ihtiyacının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Mobbs ve ark. spinal travmalarda ve tümörlerde perkütan pedikül vidalarının sonuçlarını inceledikleri çalışmada ise; perkütan vidalamada cerrahi travmanın daha az olması sebebiyle hızlı mobilizasyon sağlandığı, opioid tedavisine daha az ihtiyaç duyulduğu ve hastanede kalış süresinin daha az olduğunu belirtmişlerdir (25).

### 3. Operasyon Süresi

Cerrahi deneyimin sağlanmasıyla minimal invaziv yaklaşımların operasyon süresi daha kısa olabilir. Gasbarrani ve ark. 10 yıllık perkütan enstrümantasyon komplikasyonlarının değerlendirildiği çalışmada, operasyon süresini iki seviye enstrümantasyon için ortalama 116 dakika olarak bildirmişlerdir (10). Wang ve ark. travmatik torakolomber fraktürlerin tedavi karşılaştırmasında ortalama cerrahi süresini 78 dakika olarak tespit etmişler ve açık cerrahiye göre cerrahi süresinin perkütan enstrümantasyonda daha kısa olduğunu belirtmişlerdir (34).

### 4. Enfeksiyon Oranı

Açık cerrahideki peroperatif daha fazla olan kanamanın enfeksiyon riskini artırdığı düşünülmektedir (19). Kreinest ve ark. retrospektif araştırmalarında enfeksiyon oranlarının perkütan enstrümantasyonda geleksel açık cerrahiye göre daha az olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yara yeri genişliğinin fazla olması da enfeksiyona predispozan faktör olarak belirtilmiştir (19).

### 5. Pedikül Vida Pozisyonu

Her ne kadar literatürde bu konuda yeterli düzeyde çalışma olmasa da floroskopi kullanılan açık cerrahi olguları ve perkütan vida uygulanan olguların vida malpozisyon oranı eşittir (25). Ni ve ark. ise torakolomber fraktürlerde üç boyutlu floroskopi eşliğinde perkütan pedikül enstrümantasyonu yaptığı olgularda açık cerrahiye göre daha yüksek oranlı doğru yerleşimli pedikül vidası olduğunu bildirmişlerdir (26).

## VERTEBRA KIRIKLARINDA MİNİMAL İNVAZİV YAKLAŞIMLARIN DEZAVANTAJLARI

### 1. Radyasyon Maruziyeti

Perkütan enstrümantasyon cerrahisi esnasında cerrahi ekibin radyasyon maruziyeti fazladır (29). Dolayısıyla minimal invaziv girişimlerde mevcut radyasyon etkilerini azaltmak için kurşun yelek, kurşun plaka gibi önlemler alınmalıdır. Wang ve ark. yaptıkları çalışmada perkütan yöntemde cerrahi ekibin radyasyona maruziyetinin 6-7 kat yüksek olduğunu ve bu nedenle koruyucu ekipmanların kullanması gerektiğini belirtmişlerdir (34).

### 2. Cerrahi Deneyim

Perkütan enstrümantasyon tekniğinde cerrahın eğitim eğrisi, tekniğin uygulanmasında önemli bir yer tutmaktadır. Sun ve ark. nörolojik defisiti olmayan torakolomber fraktürlerinde açık ve perkütan enstrümantasyonu karşılaştırdıkları metaanaliz çalışmada,

perkütan enstrümantasyonun uzun öğrenme eğrisi sebebiyle erken öğrenme evresinde komplikasyon riski ve vidaların yanlış yerleşim oranının yüksek olduğunu belirtmişlerdir (30). Gasbarrini ve ark. torakal ve lomber vertebra kırıkları ve tümörlerinde perkütan enstrümantasyonda komplikasyonları inceledikleri çalışmada, cerrahın öğrenme eğrisinin uzunluğunun perkütan enstrümantasyon uygulanmasında bir dezavantaj olduğunu belirtmişlerdir (10).

### 3. Füzyon

Perkütan enstrümantasyonda füzyon uygulanamamaktadır. Bu nedenle vida kırılması ya da sistem yetersizliği teorik olarak görülebilir. Bu yüzden füzyonun kesin gerekli olduğu hastalarda perkütan enstrümantasyon önerilmemektedir (6). Tian ve ark. torakal ve lomber vertebra kırıklarında, açık cerrahinin füzyon sağlamada daha iyi olduğunu saptamışlardır (31). Krueger ve ark. torakal ve lomber fraktürlerde perkütan minimal invaziv enstrümantasyon uygulanan hastalarda yaptıkları prospektif çalışmada perkütan pedikül vidalarının redüksiyon, distraksiyon, kompresyona izin vermediğini belirtmişlerdir (20).

## KAYNAKLAR

1. Alander DH, Cui S: Percutaneous pedicle screw stabilization: surgical technique, fracture reduction, and review of current spine trauma applications. *JAAOS- Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 26(7):231-240, 2018
2. Anderson PA, Rivera FP, Maier RV, et al. The epidemiology of seatbelt-associated injuries. *J Trauma* 31:60-67, 1991
3. Andriacchi TP, Schultz A, Belytschko T, et al. A model for studies of mechanical interactions between the human spine and rib cage. *J Biomech* 7:497-507, 1974
4. Burton AW, Rhines LD, Mendel E. Vertebroplasty and kyphoplasty: a comprehensive review. *Neurosurg Focus* 2005;18(3):e1.
5. Charles YP, Ntilikina Y, Collinet A, et al. Accuracy and technical limits of percutaneous pedicle screw placement in the thoracolumbar spine. *Surg Radiol Anat* 43(6):843-853, 2021
6. Court C, Vincent C: Percutaneous fixation of thoracolumbar fractures: Current concepts. *Orthop Traumatol Surg Res* 98(8):900-909, 2012
7. Dahdaleh NS, Smith ZA, Hitchon PW: Percutaneous pedicle screw fixation for thoracolumbar fractures. *Neurosurgery Clinics of North America* 25(2):337-346, 2014
8. Dickson JH, Harrington PR, Erwin WD: Results of reduction and stabilization of the severely fractured thoracic and lumbar spine. *J Bone Joint Surg Am* 60:799-805, 1978



9. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. *Paraplegia* 7:179-192, 1969
10. Gasbarrini A, Cappuccio M, Colangeli S, et al. Complications in minimally invasive percutaneous fixation of thoracic and lumbar spine fractures and tumors. *European Spine Journal* 22(S6):965- 971, 2013
11. Grossbach AJ, Dahdaleh NS, Abel TJ, et al. Flexion-distraction injuries of the thoracolumbar spine: open fusion versus percutaneous pedicle screw fixation. *Neurosurgical Focus* 35(2):E2, 2013
12. Gumley G, Taylor TK, Ryan MD: Distraction fractures of the lumbar spine. *J Bone Joint Surg Br* 64:520-525, 1982
13. Hubbard D: Injuries of the spine in children and adolescents. *Clin Orthop* 100:56-65, 1974
14. Kaneda K, Taneichi H, Abumi K, et al. Anterior decompression and stabilization with the Kaneda device for thoracolumbar burst fractures associated with neurological deficits. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79(1):69-83.
15. Keene JS: Thoracolumbar fractures in winter sports. *Clin Orthop* 216:39-49, 1987
16. Kim DH, Silber JS, Albert TJ: Osteoporotic vertebral compression fractures. *Instr Course Lect* 52:541-550, 2003
17. Kim NH, Lee HM, Chun IM: Neurologic injury and recovery in patients with burst fracture of the thoracolumbar spine. *Spine* 24:290-294, 1999
18. Koreckij T, Park DK, Fischgrund J. Minimally invasive spine surgery in the treatment of thoracolumbar and lumbar spine trauma. *Neurosurg Focus* 2014;37(1):E11.
19. Kreinest M, Rillig J, Grütznert PA, et al. Analysis of complications and perioperative data after open or percutaneous dorsal instrumentation following traumatic spinal fracture of the thoracic and lumbar spine: A retrospective cohort study including 491 patients. *European Spine Journal* 26(5):1535-1540, 2017
20. Krueger A, Rammler K, Ziring E, et al. Percutaneous minimally invasive instrumentation for traumatic thoracic and lumbar fractures: A prospective analysis. *Acta Orthopaedica Belgica* 78(3):376-381, 2012
21. Liem IS, Kammerlander C, Raas C, et al. Is there a difference in timing and cause of death after fractures in the elderly? *Clin Orthop Relat Res* 471:2846-2851, 2013
22. Liu JT, Li CS, Chang CS, et al. Long-term follow-up study of osteoporotic vertebral compression fracture treated using balloon kyphoplasty and vertebroplasty. *J Neurosurg Spine* 2015;23(1):94-8.
23. McAfee PC, Yuan HA, Lasda NA: The unstable burst fracture. *Spine* 7:365-373, 1982
24. McCormick PC. Retropleural approach to the thoracic and thoracolumbar spine. *Neurosurgery* 1995;37(5):908-14.
25. Mobbs RJ, Park A, Maharaj M, et al. Outcomes of percutaneous pedicle screw fixation for spinal trauma and tumours. *Journal of Clinical Neuroscience* 23:88-94, 2016
26. Ni WF, Huang YX, Chi YL, et al. Percutaneous pedicle screw fixation for neurologic intact thoracolumbar burst fractures. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* 23(8):530-537, 2010
27. Oliver M, Inaba K, Tang A, et al. The changing epidemiology of spinal trauma: A 13-year review from a Leveill trauma centre. *Injury* 43(8):1296-1300, 2012
28. Phan K, Rao PJ, Mobbs RJ. Percutaneous versus open pedicle screw fixation for treatment of thoracolumbar fractures: Systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Clin Neurol Neurosurg* 2015;135:85-92.
29. Sembrano JN, Yson SC, Polly DW: Percutaneous pedicle screws. *Minimally Invasive Spine Surgery: Surgical Techniques and Disease Management*. Springer, 2019: 215-225
30. Sun XY, Zhang XN, Hai Y: Percutaneous versus traditional and paraspinous posterior open approaches for treatment of thoracolumbar fractures without neurologic deficit: A meta- analysis. *Eur Spine J* 26(5):1418-1431, 2017
31. Tian F, Tu LY, Gu WF, et al. Percutaneous versus open pedicle screw instrumentation in treatment of thoracic and lumbar spine fractures: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 97(41):e12535, 2018
32. Vaccaro AR, Nachwalter RS, Klein GR, et al. The significance of thoracolumbar spinal canal size in spinal cord injury patients. *Spine* 26:371-376, 2001
33. Van der Roer N, de Lange ES, Bakker FC, et al. Management of traumatic thoracolumbar fractures: a systematic review of the literature. *Eur Spine J* 2005;14(6):527-34.
34. Wang H, Zhou Y, Li C, et al. Comparison of open versus percutaneous pedicle screw fixation using the sextant system in the treatment of traumatic thoracolumbar fractures. *Clin Spine Surg* 30(3):E239-E46, 2017
35. White AA, Panjabi MM: *Clinical biomechanics of the spine*. 2nd ed, Philadelphia: JB Lippincott, 1990
36. Yılmaz C. Vertebroplasti ve Kifoplasti. In: Şenel A, Çaylı S, Dalbayrak S, Temiz C, Arslantaş A, editor. *Omurga cerrahisinde Komplikasyon ve Revizyon*. 10. Ankara: Türk Nöroşirurji Derneği; 2010. p. 212.
37. Zhu Q, Shi F, Cai W, et al. Comparison of Anterior Versus Posterior Approach in the Treatment of Thoracolumbar Fractures: A Systematic Review. *Int Surg* 2015;100(6):1124-33.



## 65

## OSTEOPOROTİK KIRIKLARDA VERTEBROPLASTİ VE KİFOPLASTİ UYGULAMALARI

Erkin Sönmez, Fikret Şahintürk

## GİRİŞ

Yaşlı nüfusun artması ve günlük hayatta güneş ışınlarına maruziyetin azalması nedeniyle modern toplumlarda osteoporoz giderek önemli bir halk sağlığı problemi hâline gelmiştir. 2019 yılında 27 Avrupa Birliği ülkesi, İsviçre ve İngiltere'yi içeren bir çalışmada osteoporotik hasta sayısı yaklaşık 32 milyon bulunurken, bu rakam tüm Avrupa popülasyonunun yaklaşık %5,6'sına karşılık gelmektedir. Yine aynı çalışmada 50 yaş üzeri popülasyonda yapılan osteoporoz prevalans çalışmasında ise kadınlarda osteoporoz prevalansı %22,1 bulunmuş iken, erkeklerde bu oran yaklaşık %6,6 olarak rapor edilmiştir (17).

Osteoporoz çok yaygın bir sorun olmakla birlikte hastalar için ciddi morbidite ve mortalite sebebidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir çalışmada, omurga kırıklarının menopoz sonrası kadınlarda osteoporozla ikincil ortaya çıkan frajilite kırıklarının en büyük bölümünü oluşturduğu gösterilmiştir (4). Avrupa'da 2019 yılında yapılan bir çalışma da ise frajilite kırığı insidansı 4,28 milyon bulunurken, bu sayının %16'sını omurga kırıklarının oluşturduğu rapor edilmiştir (17). Hafif seyreden semptomlar ve sırt ağrısının normal yaşlanmanın bir parçası olduğu inancı gibi nedenlerle birçok kırığın atlandığı düşünüldüğünde gerçek prevalansın daha da yüksek olduğu tahmin edilmektedir (5,23). Osteoporotik omurga kırıklarına bağlı olarak hastalarda ciddi vücut ve sırt ağrıları, boy kısalması, kifotik postür, yürüme bozukluğu ve solunumsal sıkıntılar görülebilmektedir. Bununla beraber artan kifoz nedeniyle ortaya çıkan imaj kaybı ve psikolojik problemler (depresyon, kendine güven eksikliği) de diğer önemli sorunlardır (5).

Osteoporotik kırıklar hastalara olduğu kadar sosyal güvenlik kurumlarına ve ülke ekonomilerine de ağır yükler getirmektedirler. Yapılan çalışmada 2025 yılında, ABD'de, 3 milyon üzerinde osteoporotik kırık hastası olacağı ve bu hastalar için yaklaşık 25 milyar dolar harcama yapılacağı öngörülmektedir (4). Avrupa'dan bildirilen EU 27+2 çalışmasında ise 2019 yılın-

da osteoporoz ilişkili sağlık sorunlarının tedavisi için harcanan rakam 56,9 milyar Avro olarak bildirilmiştir (17).

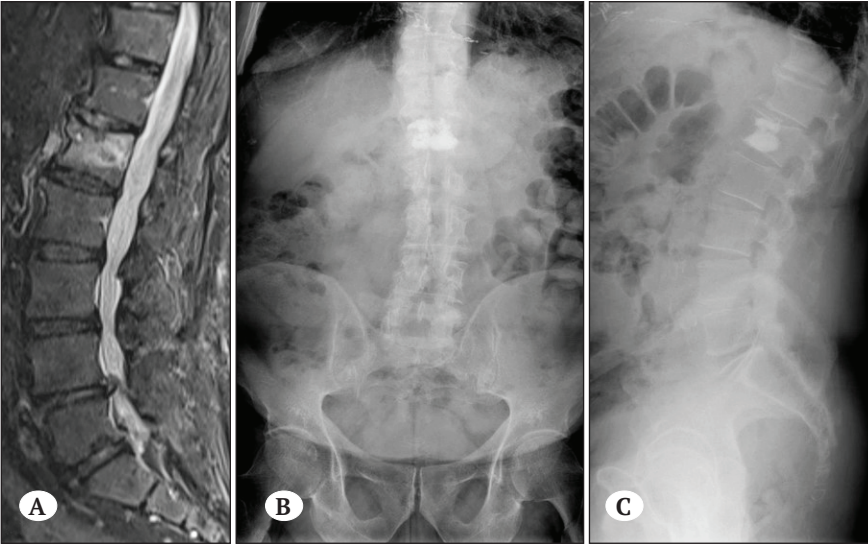
## PERKÜTAN VERTEBRA GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ (PVG)

## Perkütan Vertebroplasti (PVP)

İlk olarak 1987 yılında Galibert et al. tarafından ağrı servikal vertebral hemanjiom tedavisinde kullanıldığı rapor edilmiştir (11). Sonraki süreçte osteoporotik kompresyon kırıklarının ve osteolitik vertebra tümörlerinin tedavisinde uygulanmaya başlanmıştır (20). Perkütan yolla uygulanan vertebroplasti, kırık olan vertebra gövdesinin içine en sık polimetilmetakrilat (PMMA) olmak üzere çeşitli tiplerde kemik çimentolarının enjekte edilmesi ile karakterize bir işlemdir (Şekil 1). Dakikalar içinde başlayan bu ağrı kesici etkinin mekanizması hâlâ tam olarak bilinmemekle birlikte en belirgin 3 tane mekanizma öne sürülmektedir. 1) *Mekanik etki*; kırık vertebranın mekanik olarak stabilize olması. 2) *Termal etki*; vertebra içindeki serbest sinir uçlarının çimentonun polimerizasyonu esnasında ortaya çıkan yüksek sıcaklığa bağlı harabiyeti. 3) *Kimyasal etki*; vertebra içindeki serbest sinir uçlarının çimentonun içeriğindeki kimyasallara bağlı harabiyeti (3). Analjezik etkinliği çok yüksek olan bu tekniğin çöken vertebra gövdesinin yüksekliğini restore etmede ve kifoz açısını düzeltmede direkt etkili olmadığı gösterilmiştir (6, 29, 30). Bununla beraber işlem esnasında çimento enjeksiyonu yüksek basınç ile yapıldığı için çimento kaçakları ile sıklıkla karşılaşmaktadır (21). Çok büyük kısmı asemptomatik olsa da bu çimento kaçakları ciddi komplikasyonlara da yol açabilmektedirler (21).

## Balon Kifoplasti (BK)

PVP işleminde sıklıkla karşılaşılan çimento kaçaklarını azaltmak ve çöken vertebra gövdesinin yüksekliğini arttırmak için balon kifoplasti (BK) işlemi geliştirilmiştir (13). İlk olarak 1993 yılında uygulanan BK, 1998 yılında FDA onayı alındıktan sonra rutin



**Şekil 1.** 76 yaşında erkek hasta. Konservatif tedaviye dirençli ağrısı mevcut. L1 akut osteoporotik kompresyon fraktürü tanısı ile perkütan vertebroplasti yapıldı. MRG STIR kesit (A), AP (B) ve Yan (C) direkt grafi görüntüleri.



**Şekil 2.** Kifoplasti işlemi esnasında kullanılan balonlar ve şişiricileri.

klirik uygulamaya girmiştir (22). Kifoplasti terimi bu işleminde kullanılan şişebilen balonları pazarlayan Kyphon markasından türetilmiş olup aslında balon vertebroplasti terimi bu işlem için daha uygun bir terimdir. BK işleminde PVP'den farklı olarak opak madde ile şişirilen bir balon yardımıyla çökmüş olan vertebra yüksekliği tekrar kazandırılır (Şekil 2). Balon şişirilmesi esnasında vertebra gövdesinde bir kavite oluşur. Bu kavite basınçlı olmadığı için düşük basınçlı çimento enjeksiyonu ile kaviteyi doldurmak mümkündür (Şekil 3). Düşük basınçlı ve daha yoğun kıvamlı çimento enjeksiyonu yapılmasından ötürü çimento kaçağı görülme riski bu teknikte PVP'ye göre daha azdır (3, 21).

### Endikasyonları

- 1) Konservatif tedaviye (3-4 hafta) dirençli ağrı (3)
- 2) Kümmel Hastalığı (Vertebra'nın avasküler nekrozu) (6)
- 3) Semptomatik vertebral hemanjiyom (11)
- 4) Yaygın osteolitik veya malign tümör (metastaz, malign melanom ve etc) tutulumuna ikincil aksial ağrı (9)
- 5) Posterior enstrümantasyonda ön kolon desteği sağlamak için (10, 24, 25)

### Kontrendikasyonları (10)

- 1) Konservatif tedaviden fayda gören, asemptomatik olgular
- 2) Kırık sonrası üzerinden 3-6 ay geçen olgular
- 3) Vertebral osteomyelit
- 4) Çimento alerjisi
- 5) Hamilelik
- 6) Düzeltilemeyen koagülopati
- 7) Ciddi kardiyovasküler hastalık
- 8) Sistemik enfeksiyon

### Cerrahi Teknik (3,10)

PVGT'nin tamamen perkütan yolla ve floroskopi eşliğinde yapılması belli bir eğitim süreci gerektirir. Genellikle bu işlemler ameliyathane şartlarında floroskopi eşliğinde uygulansa da bazı merkezlerde radyoloji birimlerinde ve bilgisayarlı tomografi eşliğinde de gerçekleştirilmektedir (12).



İşlem, hastanın genel sağlık durumuna, tercihine ve cerrahın deneyimine bağlı olarak lokal anestezi, sedasyon veya genel anestezi altında uygulanabilir. Eğer çoklu seviye yapılacak veya hasta sedasyona uyumlu değil ise genel anestezi tercih edilmelidir. Hastalar yüzükoyun yatar pozisyona getirilir ve mümkün olduğunca rahat ettirilir. Kırık vertebranın indirekt redüksiyonunu sağlamak için yastıklar hastanın göğüs ve iliak çıkıntılarına enlemesine yerleştirilerek uygun pozisyon elde edilir. İşlem süresince kan basıncı, elektrokardiyogram ve nabız oksimetresi sürekli olarak izlenmelidir. İşlem öncesi sedasyon amacıyla intravenöz midazolam ve fentanil yapılırken antibiyotik profilaksisi için sefazolin ihmal edilmemelidir. Floroskopi eşliğinde kırık vertebra bulunur ve işaretlenir. Spinöz çıkıntının orta hatta ve son plakların üst üste gelmesine maksimum özen gösterilmelidir. Cerrahi alan temizliği yapılır ve örtülür. Tekniği floroskopi yardımıyla uygularken özellikle pedikülleri görmeli, spinöz çıkıntıların dizilimine bakılmalı, son plaklar ve posterior kortikal kenar görülmelidir. Ön arka grafide spinöz çıkıntı her iki pedikülün tam ortasında olmalı ve son plaklar birbirlerine paralel olmalıdır. Yan grafide ise her iki pedikül tam birbirlerinin üstüne düşmeli, çift pedikül görüntüsü olmamalıdır (Şekil 3). Tekniği uygulama yöntemi olarak transpediküler ve ekstrapediküler yol olmak üzere ayırmak mümkündür. Lomber ve alt torakal kırıklar için transpediküler yaklaşım kullanılırken; üst torakal (T5-T10) bölgede ekstrapediküler yaklaşım kullanılmaktadır. Floroskopi kılavuzluğunda, giriş noktası pedikülün üst yan kenarına yaklaşık bir santimetre lateral ve

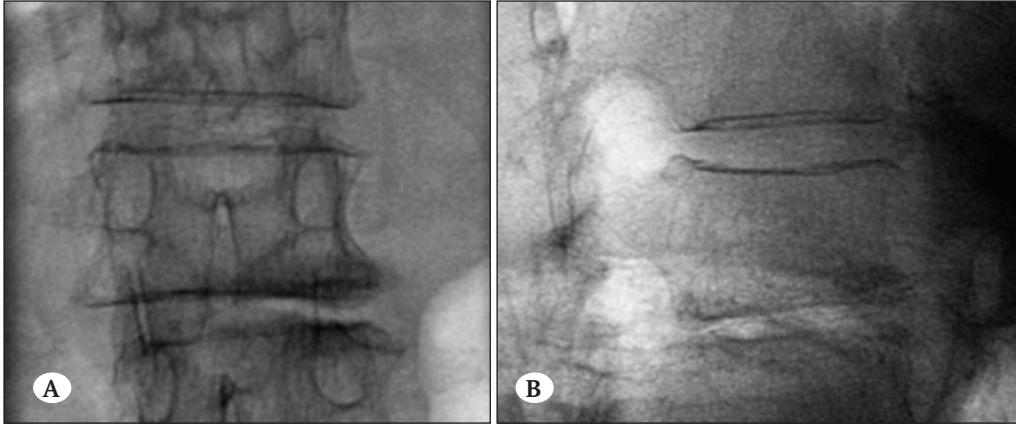
yarım santimetre rostral olarak işaretlenir. Deri ve yumuşak doku, periosteuma kadar lokal anestezi ile infiltre edilir. 10 veya 15 numara bistüri yardımıyla yaklaşık 0,5-1 cm boyutunda cilt insizyonu yapılır. Pediküle giriş noktası sol taraf için saat 10 hizası ve sağ taraf için saat 02 hizasıdır (Şekil 4). Floroskopi eşliğinde Jamshidi iğnesi ve çekiç kullanılarak vertebra pedikülü içinde ilerlenilir. Bu ilerletme mutlaka ön arka grafide yapılmalı ve iğne pedikülün orta noktasına gelince floroskopi yana çevrilerek yan görüntüde de iğnenin pedikülün ortasında olup olmadığı kontrol edilmelidir. Eğer iğne pedikülün daha başında ise çok medial giriş yapıldığı veya pedikülün sonunda vertebra gövdesine girmiş gibi gözüküyorsa çok lateral girişim olduğu sonucuna varılır. Tekrar ön arka grafi ile iğnenin yeniden yönlendirilmesi yapılır ve işlemler tekrarlanır. Ön-arka (AP) grafi eşliğinde Jamshidi iğnesi ilerletilerek pedikülün medial kenarına kadar gelinir ve tekrar yan görüntüye geçilir. Eğer yan grafide de iğnenin ucu vertebra gövdesine değişiyor ise çekiç yardımı ile iğne biraz daha ilerletilip vertebra gövdesi içine girilir. İğne içeresinden Kirschner teli (K teli) geçirilir. K teli tüm vertebra gövdesi boyunca oblik olarak geçerek lateral grafide vertebra gövdesinin ön alt duvarına, AP grafide orta hat spinöz çıkıntıları geçmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Jamshidi iğnesi çıkarılarak çalışma kanülü K-teli üzerinden vertebra gövdesinin pedikül ile bulunduğu arka sınırına kadar ilerletilir. K-teli çıkartılır. Yazarlar tüm vakalarda biyopsi alınmasını önermektedirler. Biyopsi sonrasında drill ile vertebra gövdesinde yol açılır. Bu esnada yaklaşık 7-8 ml sıvı monomer, dış macunu



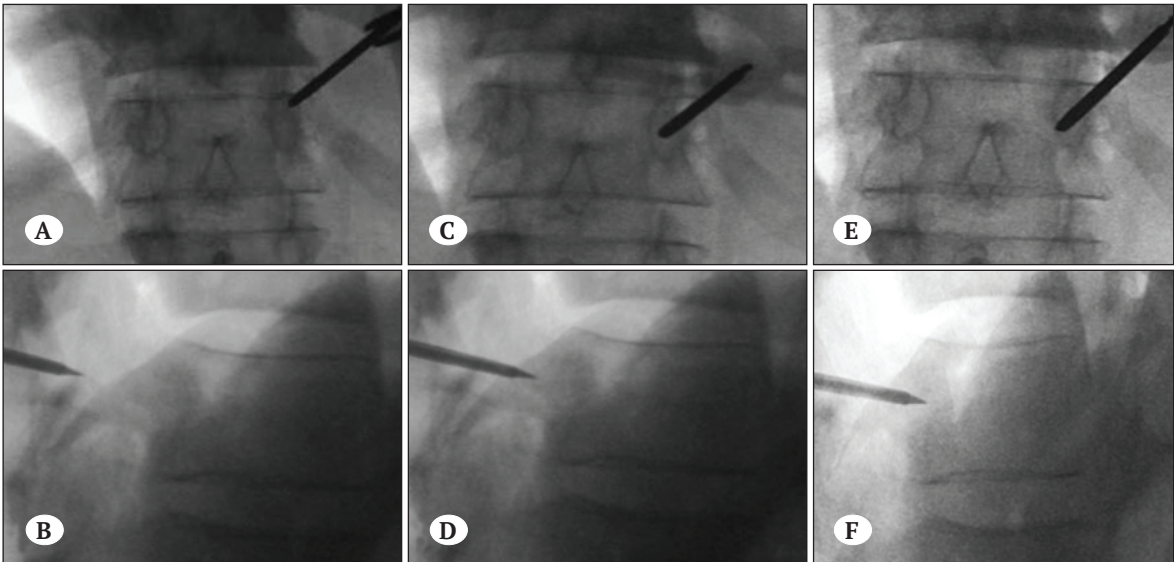
**Şekil 3.** 68 yaşında kadın hasta. Konservatif tedaviye dirençli ağrısı mevcut. L2 akut osteoporotik kompresyon fraktürü tanısıyla balon kifoplasti yapıldı. MRG STIR kesit (A), AP (B) ve Yan (C) direkt grafi görüntüleri.

benzeri bir kıvam elde edilene kadar toz karışımı ile karıştırılır. Bu işlem manuel yapılabileceği gibi kapalı karıştırma kitleri de kullanılabilir. Karışım daha sonra ya 1,5 ml'lik çimento uygulama kanüllerine ya da kapalı enjeksiyon sistemi haznesine yerleştirilir. Çimento diş macunu kıvamına geldiğinde floroskopi eşliğinde yan grafide enjekte edilir. Çimento kaçağının önlenmesi için akışının şekline dikkat edilmalıdır. Çimento çok sıvı olmayacak şekilde, devamlı floroskopi kontrolü altında ve yavaş olarak verilmelidir. Eğer çimento kaçağından şüpheleniliyorsa işlem çimento kıvamı artıncaya kadar 20 ila 30 saniye süre ile geçici olarak durdurulabilir. Bu bekleme daha fazla sızıntıyı genellikle durdurur. Çünkü yoğun kıvamlı çimentonun sızma olasılığı daha düşüktür. Önceden sızan çimento damarların tıkanmasına neden olarak bu kanalları kapatabilir ve daha fazla sızıntıyı önle-

yebilir. Enjeksiyon vertebra gövdesi yeterince opaklaşana kadar sürdürülür. Çimento vertebra gövdesinin arka tarafını doldurmaya başladığında, kanal içine geçişini önlemek için enjeksiyon hızı yavaşlatılır veya durdurulur. Çimento sertleşirken terapötik etkisinin bir parçası olduğu düşünülen ekzotermik bir polimerizasyon reaksiyonuna girer (3). Hayvan çalışmalarında sıcaklığın üst son plakta (ortalama, 42,4 +/- 8,8 °C) ve vertebra gövdesinin merkezinde (ortalama, 43,3 +/- 6,9 °C) değiştiği gösterilmiştir. Sıcaklık yaklaşık 2,5 dakika boyunca 40 °C'nin üzerinde kalır (27). İşlemin tamamlanmasıyla çalışma kanülü, çimentonun sertleşmeye başlaması için birkaç dakika yerinde bırakılır. Bundan sonra, çimentonun iğne yoluna uzamasını önlemek için, çıkarılmadan önce iğne birkaç kez döndürülür.



**Şekil 4.** Ön-arka (A) grafide spinöz çıkıntı orta hatta, pediküller simetrik, üst ve alt son plaklar üst üste görünmelidir. Yan (B) grafide ise pediküller üst üste, vertebra gövdesinin sınırları ise net bir şekilde görünmelidir.



**Şekil 5.** Jamshidi iğnesi pedikül içinden ilerlerken başlangıç/orta ve pedikül sonunda çekilmiş ön-arka ve yan floroskopi görüntüleri (A/B: Pedikül başlangıcı, C/D: Pedikül ortası, E/F: Pedikül sonu).

Balon kifoplasti uygulamasında ise vertebroplastiye ek olarak çimento uygulamasından önce çalışma kanülleri içinden balonlar bilateral olacak şekilde vertebra gövdesinin anterior kısmına kadar ilerletilir ve basınç takibi yapılarak balon skopi altında şişirilir. Belirli bir süre balonlar şişkin olarak beklenir. Yeterli kavite oluştuktan sonra balonlar indirilerek çıkarılır ve oluşan kavite içine çimento yukarıda anlatıldığı şekilde enjekte edilir.

### Komplikasyonlar (1,15,19, 21, 28)

#### 1) Çimento kaçakları

Çok büyük kısmı asemptomatiktir. (Paravertebral dokulara ve komşu intervertebral disklere olan kaçaklar, vb)

Spinal kanala ve/ya intervertebral foramene kaçak olması durumunda ise hastalarda radikülopati veya kauda equina semptomları görülebilir. Acil dekompresyon ihtiyacı ortaya çıkabilir.

Uzak organlara (vena cava, akciğer, kalp) da çimento embolisi görülebilir. Hayati risk teşkil eden komplikasyonlar olup, ölümlü sonuçlanabilirler. Klinik varsa antikoagülasyon gerekli olabilir.

#### 2) Enfeksiyon

#### 3) Kosta kırıkları (Yüzükoyun pozisyona bağlı)

#### 4) Pedikül fraktürü

#### 5) Epidural kanama

#### 6) Büyük damar yaralanması

#### 7) Komşu ve uzak vertebralarda yeni kırıklar

#### 8) PMMA etrafında osteoliz

#### 9) PVG yapılmış vertebrada rekompresyon

### Yeni Teknikler

Ülkemiz pazarına girmemekle birlikte dünyada sık kullanılan yeni PVG teknikleri de bulunmakta-

dır (Tablo 1). Bu teknikler özellikle balon kifoplasti olgularında daha sık karşılaşılan, güçlendirilmiş vertebranın artmış yüksekliğinin belli bir süre sonra tekrar çökmeye bağlı azalmasının önüne geçmek için tasarlanmışlardır (24). Kırık vertebra içine yüksekliği arttırmak amaçlı yerleştirilip takibin çimento ile desteklenmektedirler. Değişik malzemelerden oluşmaktadırlar (titanyum, nitinol ve PEEK).

### PERKÜTAN VERTEBRAL GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ VS KONSERVATİF TEDAVİ

2000'li yılların başında hastaların ağrısını hızlıca kesip, mobilizasyonlarını ve yaşam kalitelerini artırmasından ötürü perkütan vertebra güçlendirme işlemlerine dünya çapında çok büyük bir ilgi duyulmaktaydı. 2009 yılında dünyanın en prestijli dergilerinden olan New England Journal of Medicine (NEJM) dergisinde yayınlanan iki plasebo kontrollü-randomize vertebroplasti makalesi o tarihe kadar yaygın kabul gören düşüncelerin tam aksini iddia etmekte idiler (2, 16). Ağrı ve ağrı ile ilişkili engellilik iyileşmesinde vertebroplasti ve plasebonun benzer etkinliğine sahip olduğunu öne sürdüler. Her iki çalışmada eksiklikleri, hasta seçim ve dağılımdaki zayıflıklar nedeniyle bilimsel çevrelerce çok eleştirildiler. Ardından Lancet dergisinde 2010 yılında Vertos II çalışması yayınlandı (18). Akut osteoporotik kırık tedavisinde vertebroplasti ile konservatif tedaviyi kıyaslayan bu randomize çalışmada yazarlar PVP tekniğinin etkin, güvenilir, ağrı kesici etkinin hemen başlayıp en az bir yıl devam ettiğini ve bu etkinin konservatif tedavi grubuna göre daha belirgin ve ekonomik olarak kabul edilebilir olduğunu bildirdiler. Buna ek olarak literatürde yapılan sağ kalım analizleri de vertebra güçlendirme tekniği ile tedavi edilen osteoporotik kırık hastalarında sağ kalımın konservatif tedavi edilen hastalara göre daha uzun olduğunu gösterdiler (7, 14). 2016 yılında çok merkezli, randomize, çift kör ve plasebo kontrollü VAPOUR çalışması yayınlandı (8). VAPOUR çalışmasına bir veya iki tane osteoporotik vertebral

**Tablo 1.** Vertebra Yüksekliğini Artıran Yeni Teknolojiler

Ürün adı	Özellik	Menşei
Vertelift® (Spine Align Med)	Nitinol bir kafes	ABD
OsseoFix® System (Alphatec Spine)	Kendiliğinden açılan titanyum mesh kafes	ABD
The Vertebral Body Stenting® (Depuy Synthes)	Balon yardımıyla genişleyen titanyum stent	ABD
Spine Jack® (Stryker)	Titanyum endovertebral krikto	ABD
Radyofrekans kifoplasti (DFINE)	Kemik keskisi	ABD
Kiva® Kırık Tedavi Sistemi (IZI Med)	Nitinol tel üzerinden yerleştirilen polietilenterketon (PEEK) implant	ABD

ABD: Amerika Birleşik Devletleri.



kırığı (<6 hafta) ve buna bağlı şiddetli ağrısı olan (Ağrı skoru >7/10) hastalar dahil edildi. Hastalar randomize olarak PVP ve plasebo gruplarına ayrıldılar. Çalışmanın sonunda yazarlar ağrı kesici etkinliğin PVP grubunda daha üstün olduğunu ve konservatif tedavinin de olası komplikasyonlar açısından çok masum olmadığını bildirdiler.

### Hangi teknik daha etkili? Perkütan vertebroplasti vs Balon Kifoplasti

Bu konu hakkında literatürde kesin bir fikir birliği bulunmamaktadır. BK ile kıyaslandığında klinik olarak benzer sonuçlar elde edilmesi, maliyet avantajı, hasta ve cerrahın daha düşük radyasyon maruziyeti ve cerrahi sürenin kısalığı nedeniyle PVP daha avantajlı görünmektedir (6, 22, 26, 29, 30).

### SONUÇ

Osteoporotik vertebra kırığı tedavisinde hem perkütan vertebroplasti hem de balon kifoplasti tekniği konservatif tedaviye göre daha etkin yöntemler olup, birbirlerine belirgin üstünlükleri saptanmamıştır. Bununla beraber BK tekniğinde cerrahi süre daha uzun, maliyet daha yüksek, hasta ve cerrahın radyasyon maruziyeti daha fazladır. Her hasta ve kırık tipi birbirinden farklı olduğu için, uygun tedavi yöntemi hastaya göre şekillendirilmelidir.

### KAYNAKLAR

1. Birkenmaier C, Seitz S, Wegener B, et al. Acute paraplegia after vertebroplasty caused by epidural hemorrhage: a case report. *JBJS*, 89(8), 1827-1831, 2007.
2. Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR, et al. A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures. *New England Journal of Medicine*, 361(6), 557-568, 2009.
3. Buchbinder R, Johnston RV, Rischin KJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture. *Cochrane Database Syst Rev*. 4(4):2018 CD006349. Published 2018 Apr 4.
4. Burge R, Dawson-Hughes B, Solomon DH, et al. Incidence and economic burden of osteoporosis-related fractures in the United States, 2005–2025. *J Bone Miner Res*, 22(3), 465-475, 2007.
5. Cantürk Z. Osteoporoz; Tanım, Önemi ve Sınıflaması. In (ed) Cantürk Z. Osteoporoz ve metabolik kemik hastalıkları tanı ve tedavi kılavuzu, 15. Baskı, Kasım 2020, Ankara. ISBN: 978-605-4011-41-4
6. Chang JZ, Bei MJ, Shu DP, et al. Comparison of the clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty vs. kyphoplasty for the treatment of osteoporotic Kümmell's disease: a prospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 21(1):238, 2020.

7. Chen AT, Cohen DB, Skolasky RL. Impact of nonoperative treatment, vertebroplasty, and kyphoplasty on survival and morbidity after vertebral compression fracture in the medicare population. *J Bone Joint Surg Am*. 95(19):1729-1736, 2013.
8. Clark W, Bird P, Gonski P, et al. Safety and efficacy of vertebroplasty for acute painful osteoporotic fractures (VAPOUR): a multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled trial [published correction appears in *Lancet*. 2017 Feb 11;389(10069):602]. *Lancet*. 388(10052):1408-1416, 2016.
9. Cotten A, Dewatre F, Cortet B, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion filling and the leakage of methyl methacrylate at clinical follow-up. *Radiology*, 200(2), 525-530, 1996.
10. Filippiadis DK, Marcia S, Masala S, et al. Percutaneous Vertebroplasty and Kyphoplasty: Current Status, New Developments and Old Controversies. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 40(12):1815-1823, 2017.
11. Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neuro-chirurgie*, 33(2), 166-168, 1987.
12. Gangi A, Kastler BA, Dietemann JL. Percutaneous vertebroplasty guided by a combination of CT and fluoroscopy. *American Journal of Neuroradiology*, 15(1), 83-86, 1994.
13. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 26(14):1511-1515, 2001.
14. Gerling MC, Eubanks JD, Patel R, et al. Cement augmentation of refractory osteoporotic vertebral compression fractures: survivorship analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 36(19):E1266-E1266, 2011.
15. Gosev I, Nascimben L, Huang PH, et al. Right ventricular perforation and pulmonary embolism with polymethylmethacrylate cement after percutaneous kyphoplasty. *Circulation*, 127(11), 1251-1253, 2013.
16. Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ, et al. A randomized trial of vertebroplasty for osteoporotic spinal fractures. *New England Journal of Medicine*, 361(6), 569-579, 2009.
17. Kanis JA, Norton N, Harvey NC, et al. SCOPE 2021: a new scorecard for osteoporosis in Europe. *Arch Osteoporos*. 16(1):82, 2021. Published 2021 Jun 2. doi:10.1007/s11657-020-00871-9
18. Klazen CA, Lohle PN, de Vries J, et al. Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (Vertos II): an open-label randomised trial. *Lancet*. 376(9746):1085-1092, 2010.



19. Krüger A, Bliemel C, Zettl R, et al. Management of pulmonary cement embolism after percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of the literature. *European Spine Journal*, 18(9), 1257-1265, 2009.
20. Lapras C, Mottolèse C, Deruty R, et al. Injection percutanée de méthyl-métacrylate dans le traitement de l'ostéoporose et ostéolyse vertébrale grave (technique de P. Galibert) [Percutaneous injection of methyl-metacrylate in osteoporosis and severe vertebral osteolysis (Galibert's technique)]. *Ann Chir*. 1989;43(5):371-376.
21. Leake CB, Brinjikji W, Cloft HJ, et al. Trends of inpatient spine augmentation: 2001-2008. *AJNR Am J Neuroradiol*. 32(8):1464-1468, 2011.
22. Liu JT, Liao WJ, Tan WC, et al. Balloon kyphoplasty versus vertebroplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fracture: a prospective, comparative, and randomized clinical study. *Osteoporosis International*, 21(2), 359-364, 2010.
23. Majumdar SR, Kim N, Colman I, et al. Incidental vertebral fractures discovered with chest radiography in the emergency department: prevalence, recognition, and osteoporosis management in a cohort of elderly patients. *Arch Intern Med*. 165(8):905-909, 2005.
24. Marcia S, Saba L, Marras M, et al. Percutaneous stabilization of lumbar spine: a literature review and new options in treating spine pain. *Br J Radiol*. 89(1065):20150436, 2016.
25. Niv D, Gofeld M, Devor M. Causes of pain in degenerative bone and joint disease: a lesson from vertebroplasty. *Pain*, 105(3), 387-392, 2003.
26. Peh WC, Gilula LA, Peck DD. Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral body compression fractures. *Radiology*, 223(1), 121-126, 2002.
27. Phillips FM, Wetzel FT, Lieberman I, et al. An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. *Spine*, 27(19), 2173-2178, 2002.
28. Sonmez E, Yilmaz C, Caner H. Development of lumbar disc herniation following percutaneous vertebroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)*. 35(3):E93-E95, 2010.
29. Taylor RS, Fritzell P, Taylor RJ, et al. Balloon kyphoplasty in the management of vertebral compression fractures: an updated systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, 16(8), 1085-1100, 2007.
30. Wang B, Zhao CP, Song LX, et al. Balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture: a meta-analysis and systematic review. *J Orthop Surg Res*. 13(1):264, 2018. Published 2018 Oct 22.



# 66 PERKÜTAN İLİOSAKRAL VİDALAMA

Onur Erdoğan, Yahya Güvenç

## GİRİŞ

Sakrum pelvik halkanın ve spinal kolonun önemli parçalarından birisidir. Spinopelvik yaralanmalar genellikle genç erişkinlerde trafik kazası, yüksekten düşme gibi yüksek enerjili travma ilişkili olup, temel olarak spinalden sakruma iletilen aksiyel aşırı yüklenme sonucu gelişmektedir. Sakrumun, lomber bölge ile pelvis arasında köprü görevi görmesi bu bölgelere ilişkin travmalarda yüksek enerjinin omurgadan aşağıya doğru sakruma pelvis halkasına ve ekstremitelere yönelmesi ile sonuçlanmaktadır. Sakrum bu vertikal yükü omurgadan pelvise aktaran parça olması açısından keystone olarak değerlendirilmektedir; travmatik pelvik nöropati/radikülopatilerde en yaygın hasarlanan yapı olarak ön plana çıkmakta ve aksi kanıtlanmamış ise pelvik radikülopati tablolarında, sakral fraktür, mevcut olarak kabul edilmelidir (8). Travmaya ilişkin kemiklerde kırık, ligaman hasarları söz konusu olabilmekte birlikte çoğunluğu yüksek enerjili travma olduğu için beraberinde arter yaralanmaları venöz pleksus yaralanmaları gibi yaralanmalar eşlik ettiğinden dolayı hayatı tehdit edebilen ciddi yaralanmalardır. Sakral fraktürler osteoporotik hastalardaki basit yetmezlik fraktürlerinden, yüksek enerjili pelvis travmalarında görülen ciddi fraktürlere uzanan geniş bir çerçevede görülmektedir.

Sakral fraktürlerde bimodal bir yaş dağılımı görülmektedir. Yüksek enerjili travmalara bağlı sakral fraktürler genç yaş grubunda daha sık görülmekteyken, osteoporotik veya düşük enerjili travmalara bağlı fraktürlerse ileri yaşta daha sık görülmektedir (4). Sakral fraktürü olan hastaların yaklaşık %75'inde nörolojik muayene normaldir, bu nedenle hastaların ilk değerlendirilmesinde sakral fraktür atlanabilmektedir (15).

Araç içi ve araç dışı trafik kazaları, motosiklet kazaları ve yüksekten düşme gibi yüksek enerjili travmalar sakral fraktürlerin önemli bir kısmını oluşturur. İzole sakrum travmaları yüksek enerjili travmalarının %5-10'unda görülür. Sakral fraktür olgularının %45'inde beraberinde pelvik halka yaralanması gözlen-

mektedir (16). İzole sakrum travmaları daha çok transverse ekseninde görülürken, yüksekten düşme sonrası görülme ihtimalleri fazladır (19). Osteoporoz, kronik steroid kullanımı, pelvise radyasyon alma öyküsü gibi komorbiditesi olan hastalarda spontan ya da düşük enerjili düşmelere bağlı olarak yetmezlik kırığı görülebilir (7,9).

Konservatif tedavi 6-12 hafta boyunca sakruma yük uygulanmayacak şekilde yatak istirahati ve daha sonrasında korse yardımıyla progresif olarak mobilizasyonun artırılması şeklindeydi. Günümüzde stabil fraktürlerde ve yetmezlik fraktürlerinde erken mobilizasyon önerilmeye başlanmıştır. Bu sayede uzun süreli yatak istirahatine bağlı olabilecek yan etkilerden kaçınılması ve hastaların aktif yaşam stiline hızlıca dönmesi amaçlanmaktadır (1,13,18). Sakral fraktürlerde cerrahi tedavi nörolojik defisit varlığında, fraktür nedeniyle ileri derecede sagittal veya koronal plan deformitesi olduğunda ve instabilite varlığında önerilmektedir. Cerrahi tedavi sakral laminektomi ile nöral dekompresyonun sağlanması ile birlikte günümüzde gelişen enstrümanlar ve enstrümantasyon teknikleri sayesinde stabilizasyonun sağlanması ve deformitenin düzeltilmesi de mümkün olmaktadır.

Sakral fraktür tedavisinde minimal invazif olarak kullanılacak yöntemler perkütan pedikül vidalama, iliak kanat vidalama veya günümüzde daha fazla tercih edilmeye başlanan perkütan iliosakral vidalamadır. Perkütan yöntem ile çok ufak bir cilt insizyonu ardından floroskopi eşliğinde vida istenen anatomik pozisyona yerleştirilir.

## DEĞERLENDİRME

Sakral fraktürler sıklıkla iki farklı hasta grubunda karşımıza çıkmaktadır. Daha sık olarak, yüksek enerjili travmalara sekonder olarak görülmekle beraber, osteopenik hasta grubunda meydana gelen yetmezlik fraktürü ikinci grubu oluşturmaktadır. Travma hastalarında eşlik eden diğer travmaların varlığı nedeniyle, osteopenik hastalarda da klinik şüphenin belirgin olmaması nedeniyle sakral fraktürler genel-

likle geç tanı alırlar. Ayrıca anterior-posterior pelvik grafilerde fraktürün tanınmasının zor olması geç tanının diğer bir nedenini oluşturmaktadır.

Travma hastalarında spinal kolon stabilizasyonunun sağlanması önemlidir. Düz bir yüzey üzerine yatmaları sağlanmalı ve transferleri sırasında log-roll manevrası kullanılmalıdır. Muayene sırasında sakrumu da içerecek şekilde bütün spinal kolonda ciltte renk değişikliği, laserasyon, hematoma varlığı inspeksiyon ile incelenmelidir. Palpasyonla lokal hassasiyet veya krepitus bakılmalıdır. Ayrıca her iki iliak krest üzerine manuel kompresyonda ciddi bir ağrı varlığı sakral fraktürün tanınmasında yardımcı olur. Sakral bölgedeki organların perforasyonları açısından dikkatli olunmalıdır. Rektal ve vaginal muayene yapılmalıdır.

Yüksek enerjili travma ile gelen hastada pelvik halka bütünlüğünü bozan sakral fraktürlerde hastada ciddi bir intrapelvik kanama hatta resüsitasyon ihtiyacı olabilir. Sakral fraktürle ilişkili olarak özellikle hipogastrik arteriyel sistem yaralanmalarında embolizasyon ihtiyacı gelişebilir. Pelvik halkanın eşlik ettiği sakral fraktürlerin ise büyük bir kısmı yüksek enerjili travmalarda görülmektedir. Bu hastaların %10-15'i acile ulaştığında hipovolemik şok tablosunda olup, hemodinamisinin bozulması hâlinde son raporlara göre %32'ye varan mortalite sergilerler (5). Özellikle hızlı kanama, hemostazı sağlamada güçlükler ve ilişkili diğer yaralanmalara bağlı hemodinamik instabilitesi olan hastalar daha fazla risk altındadır (2). Bu nedenlerden dolayı sakral fraktürler değerlendirilirken pelvik halkanın yaralanıp yaralanmadığı ve hemodinamisinin kontrol edilerek cerrahi tedavi seçenekleri planlanmalıdır. Pelvik halkanın stabilizasyonu için pelvik klamper, çevresel pelvik antişok pantolon veya anterior eksternal fiksator kullanılabilir (10).

Sakral fraktürü olan hastalarda nörolojik durumun hızlıca değerlendirilmesi önemlidir. Rektal muayene, perianal his değerlendirilmesi, anal sfinkter tonusu nörolojik muayene içerisinde yer almalıdır. Spinal şokun değerlendirilmesinde bulbokavernöz refleksi önemli bilgiler verebilir. Bulbokavernöz refleksi muayenesinde glans penis veya clitoris sıkılırken ya da foley sonda takılırken aynı zamanda anal sfinkter kasılmasına bakılır. Bu refleksi S2-S4 spinal sinirlerin değerlendirilmesinde önemlidir. Sakral spinal travma olmaksızın bulbokavernöz refleksin kaybı spinal şok varlığına işaret eder.

Sakral fraktürün radyolojik değerlendirilmesinde AP-pelvis grafisi kullanılabilir. Günümüzde politravması olan hastalarda bilgisayarlı tomografinin (BT) kullanımı gittikçe artmaktadır. Pelvik fraktürlerin

değerlendirilmesinde BT altın standart görüntüleme yöntemidir. Yüksek enerjili travma hastalarında pelvik fraktür şüphesi varsa rutin olarak BT ile pelvik bölgenin değerlendirilmesi önerilmektedir (11).

Sakral yetmezlik fraktürü olan hastalarda manyetik rezonans görüntüleme (MRG) en sensitif tarama testidir ve günümüzde bu hasta grubunda tanıda altın standardı oluşturmaktadır. MRG stres fraktürünün çevresindeki kemik ödemi T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens lineer bölgeler olarak görülebilir (3,20). STIR sekansı fraktür hattını göstermede daha da sensitiftir.

## SINIFLANDIRMA

Denis'in sakral fraktür sınıflandırması anatomik bölge ile nörolojik risk arasındaki bağlantıyı göz önüne alarak yapılmış bir sınıflamadır. Bu sınıflamada zon 1 fraktürler alar bölgedeki fraktürlerdir ve L5 sinir kökü hasarı insidansı yaklaşık %5 civarındadır. Zon 2 fraktürler transforaminal fraktürlerdir ve L5/S1 sinir kökü hasarı yaklaşık %30'unda görülmektedir. Zon 3 fraktürler santral fraktürler olarak isimlendirilir ve spinal kanala uzanım gösteren bütün fraktürleri içerir. Santral fraktürlerde genellikle sakral pleksus hasar görülür. Bu fraktürlerde sinir hasarı insidansı yaklaşık olarak %57'dir (6). Denis sınıflaması lumbosakral stabilizeyi hesaba katmamaktadır. AO'nun revize sakral fraktür sınıflamasında sakral fraktürler instabilitenin paterni ve büyüklüğüne göre sınıflandırılmıştır. Tip A fraktürler sakroiliak eklemik altında görülmektedir ve posteripor pelvik/spinopelvik instabiliteye neden olmamaktadır. Tip B fraktürler vertikal fraktür paterninde olup sadece posterior pelvik instabiliteye neden olmaktadır. Tip C fraktürler ise posterior pelvik ve spinopelvik instabiliteye neden olarak komplek sakral U fraktürleri veya bilateral vertikal fraktürleri içermektedir (12).

## TEDAVİ

Sakral fraktürler nörolojik defisit varlığında, aksiyel veya sagittal instabilite olduğunda ve fraktür bölgesindeki hareketli kısım korse ile stabilize edilemediğinde cerrahi ile tedavi edilmelidir. Nörolojik defisit varlığında basıya uğrayan sinir köklerinin dekomprese edilmesi motor fonksiyonun tekrar kazanılmasını sağlayabilir (21). Sinir kökü avülsiyonu gibi durumlarda operasyona rağmen fonksiyonlar geri gelmeyebilir. Sagittal veya koronal planda deformiteye yol açan sakral fraktürlerde de cerrahi ön planda düşünülmelidir. Kifotik deformite ve buna bağlı translasyon ve rotasyon anomalileri görülebilir. Transvers sakral fraktürlere bağlı ciddi açılanma bozuklukları üstteki



yumuşak dokuyu basıya uğrattığı bu hastalarda ciddi bası yaraları çıkmasına neden olabilir. Fraktür paterinin incelenmesi ile ağırlık taşıyıcı aksta instabilite olup olmadığını ortaya koymamız önemlidir. Bilateral vertikal fraktürler (U ve H fraktürleri) pelvik halka ile spinal kolonun ilişkisini bozarak instabiliteye neden olmaktadır. Bu durumlarda ekstremitelerden birine binen yük ile beraber spinopelvik disosiasyon dediğimiz çıkıklar görülebilmektedir. Bu hastalarda da cerrahi tedavi tek seçenektir.

Nörolojik defisite neden olmayan stabil fraktürlerde seçilecek tedavi konservatif yaklaşımdır. Konservatif yaklaşımda hastada fraktüre yük binmemesi için 6-12 hafta süre ile yatak istirahati uygulanır. Daha sonraki süreçte korse yardımıyla sakruma binen yükü azaltacak şekilde ambulasyona başlanır. Günümüzde stabil travmatik fraktürlerde ve sakral yetmezlik fraktürlerinde hastaların erken mobilize etme yönünde bir eğilim vardır (18). Erken mobilizasyon ve aktif hayata hızlı dönüş, uzamış yatak istirahatine bağlı gelişebilecek yan etkileri azaltmaktadır. Ayrıca erken rehabilitasyonla beraber yük uygulanması osteoblastik aktiviteyi artırarak kemik oluşumunu hızlandırmaktadır.

Cerrahi tedavi seçenekleri olarak açık posterior iliosakral vidalama, posterior iliosakral plaklama veya direkt dorsal sakral plaklama tercih edilebilir. Bunlar dışında eğer hastada kapalı redüksiyon yapılabiliyorsa minimal invaziv bir teknik olan perkütan iliosakral vidalama kullanılabilir.

İliosakral vidalamada görülebilecek komplikasyonlar arasında yeterli fiksasyonun sağlanamaması, vidaların doğru doğrultuda yerleştirilememesi, sakral sinirlerde hasar, enfeksiyon ve yeterli posterior pelvik redüksiyonun sağlanamaması yer alır (17). Perkütan minimal invaziv teknikte açık tekniğe göre cerrahi süresi kısadır ve hastalardaki kanama miktarı belirgin derecede azdır (14).

Perkütan vidalama için uygun hasta seçilirken sınıflamalar göz önüne alınmalıdır. AO-Spine sınıflamasına göre B1, B3 ve C3 grubundaki hastalar ile Dennis sınıflamasında Zon 2'de yer alan hastalar perkütan iliosakral vidalama için uygundur (12,17).

## PERKÜTAN İLİOSAKRAL VİDALAMA

### İşlem öncesi hazırlık

Minimal invaziv iliosakral fiksasyon floroskopi altında yapılan perkütan bir işlemdir. Sakral fraktür veya sakroiliak eklem bozukluklarında fiksasyon için kullanılan bir yöntemdir. Fiksasyon öncesinde anatomik redüksiyon sağlanması önemlidir. Planlama

aşamasında hastanın sakroiliak eklemine anatomik yapısı iyice incelenmeli, uygun sakroiliak fiksasyon tipi belirlenmelidir. Bazı durumlarda birden fazla seviyede işlem yapmak gerekebilir. İşlemden önce yüksek rezolüsyonlu pelvik BT ile hastanın pelvik anatomisi değerlendirilmelidir. Detaylı bir görüntüleme ile hasarlı bölge, varsa çıkık ve instabilitenin varlığı, kemik kalitesi değerlendirilmeli ve hastaya uygun vida boyu belirlenmelidir. Floroskopik görüntülerde düzgün bir AP, inlet ve outlet görüntü dışında S1'i merkeze alan gerçek bir lateral görüntü elde edilmesi iliosakral vidalama için gereklidir. Gerçek lateral X-ray grafisinde sakral promontoryumun ortası ve iliak kortikal dansite görüntülenmelidir. Bu bölge aynı zamanda ala'nın anterosuperior yüzeyini işaret etmektedir. Her hastada pelvik inklinasyon farklı olacağı için hastaya spesifik olarak inlet ve outlet grafi açılarının belirlenmesi gerekir. Bunu belirlerken orta hat sagittal CT görüntülerinden yararlanılır. Inlet için gerek açısı, S1'in anterior korteksine dik olmalıdır. Outlet içinse S1 gövdesinin ortasına dik olacak şekilde açı ayarlanmalıdır. Optimal outlet grafide pubisin üst sınırı 2. sakral vertebranın üzerinde yer alır. C-kollu skopi hasta anestezi aldıktan ve pozisyon verildikten sonra steril drape işleminden önce hastaya göre ayarlanıp sabitlenir. Skopi sırasında outlet görüntülerde sakral foraminaller, inlet görüntülerde ise spinal kanal ve S1 gövdesi muhakkak görülmelidir.

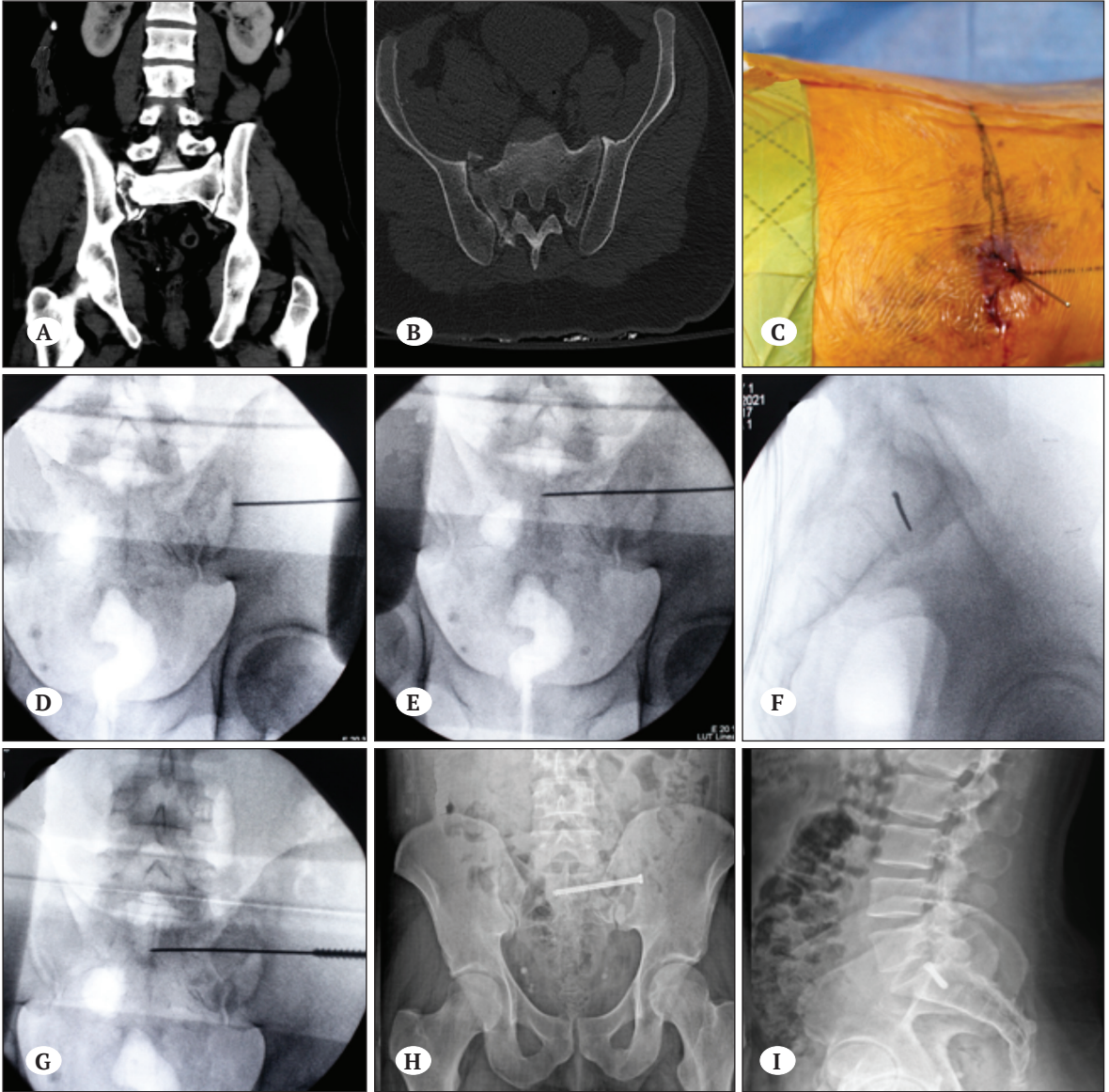
### İşlem

Lateral sakral görüntüleme ile gerçek lateral projeksiyon sağlanır. Gerçek lateral projeksiyonda S1 gövdesi ile iliak kemik dansitesi üst üste gelmelidir. Eğer iliak kemiğin kortikal dansitesini çift çizgi şeklinde görüyorsak, pelvisi oblik görüyoruz demektir. Bu durumda C-kolluyu gerçek lateral projeksiyon için ayarlayarak iliak kortikal dansite ile S1 korteksini üst üste getirmeliyiz.

Giriş noktası S1'in anteriorunda ve iliak kemik dansitesinin inferiorunda olmalıdır. Bu sayede sakral alar slope'a paralel olacak şekilde kalmamız gerekir. İliak kemik dansitesi güvenli bölgenin anterosuperior sınırını oluşturur. Bu sınırın altında olduğumuzda L5 sinir kökü hasarından kaçınmış oluruz. Skopi ile giriş yeri belirlendikten sonra lineer ufak bir insizyon yapılır. Alttaki yumuşak dokular ve kas kemiğe kadar künt ya da keskin şekilde diseke edilir. Operasyon sırasında kullanacağımız vidalama düzeneğine uygun olacak şekilde yeterli bir insizyon boyutu ve diseksiyon sağlanmalıdır. Kemiğe ulaştıktan sonra drill ve K teli yardımıyla 2-3 mm derinlikte olacak şekilde tap yapılır. Bu esnada skopi ile gerçek lateral projeksiyonda K-teli görüntülenir. K-teli sakral alanın 1 cm

içine kadar ilerletilir. Bu aşamada inlet ve outlet skopi görüntülemesi yapılmalıdır. K-telinin ucu outlet görüntülerde nöral foramenin lateraline ulaşmalıdır. Hedeflenen yörünge için inlet görüntüde anterior alar korteksin içinde ve sakral birinci sinir kökünün geçtiği ventral foramenin kranialinde olmak gerekir. Eğer K-teli inlet ve outlet görüntülerde sakral foramenin veya spinal kanalın içindeyse K-teli geri çekilmeli ve benzer giriş noktasından yörünge değiştirilerek tekrar ilerletilmelidir. Güvenli bir gidiş açısı sağlandığı teyit edildikten sonra K-teli karşı S1 gövdesine doğru daha

fazla ilerletilmelidir. K-teli sakral gövdenin ortasına ulaştıktan sonra tekrar lateral, inlet ve outlet grafiler ile telin pozisyonu teyit edilmelidir. Vida telden daha kalın olduğu için tel nöral foramenden ve korteksten yeteri kadar uzakta olmalıdır. Preoperatif olarak ölçülen vida boyu ile skopide eş zamanlı olarak vida boyu karşılaştırılarak doğru vida boyu seçilmelidir. Vidayı yerleştirmeden önce K-teli üzerinden vida için gerekli delik drilllenmelidir. Lag vidası K-teli üzerinden gönderilir daha sonra K-teli geriye çekilir. Skopide AP, lateral, inlet ve outlet görüntüler tekrar alın-



**Şekil 1.** A) Sağda sakral fraktürü olan hastanın koronal kesit BT görüntüsü B) Fraktüre ait aksiyel kesit C) Hasta prone pozisyonda, giriş yerinin tespitinden sonra yaklaşık 1 cm insizyondan ilerleyerek alar kemiğe ulaşılır. Kemik drilllenerek K teli ile tap yapılır. D) K teli foramenlerden uzak bir doğrultuda ilerletilerek skopi görüntüsü alınır. E) Güvenli bir gidiş açısı sağlandığı teyit edildikten sonra K-teli karşı S1 gövdesine doğru ilerletilir. F) Gerçek lateral projeksiyonla skopi alınarak telin pozisyonu teyit edilir. G) Lag vidası K-teli üzerinden ilerletiliyor. H) Vida yerleştirildikten sonraki AP-grafi I) Operasyon sonrası lateral grafi.

rak vidaların yeri, nöral foramen ve spinal kanal ile ilişkisi, yeterli redüksiyonun sağlanıp sağlanmadığı, ekstra bir vidanın gerekip gerekmediği teyit edilir. Yazarların kendi kliniklerinde yapılmış olan vakalardan elde edilen bilgiyle cerrahi işlem ortalama 40-45 dk sürmekte, işlem esnasında kanama minimal (5-10 cc) izlenmiştir. Buna rağmen kanama miktarı, cerrahi süre, komplikasyonlar için çok merkezli, vaka sayısı fazla olan çalışmalara ihtiyaç vardır.

## SONUÇ

Sakral fraktürler travmanın şiddetine göre minör olabileceği gibi pelvik halkanın eşlik ettiği hayatı tehdit eden majör travmalar da olabilmektedir. Cerrahi müdahale gerekecek hastalarda cerrahi teknik perkütan cerrahi veya lumbosakroiliak olabilmektedir. Seçilmiş vakalarda perkütan işlemler açık cerrahide karşılanabilecek komplikasyonlardan daha az komplikasyonlar ile tedavi sağlama seçeneği sunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Albert TJ, Levine MJ, An HS, et al. Concomitant noncontiguous thoracolumbar and sacral fractures. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 18: 1285-1291, 1993.
- Arvieux C, Thony F, Broux C, et al. Current management of severe pelvic and perineal trauma. *J. Visc. Surg.* 149: e227-e238, 2012.
- Blake SP, Connors AM: Sacral insufficiency fracture. *Br. J. Radiol.* 77: 891-896, 2004.
- Bydon M, De La Garza-Ramos R, Macki M, et al. Incidence of sacral fractures and in-hospital postoperative complications in the united states: An analysis of 2002-2011 data. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 39, 2014.
- Costantini TW, Coimbra R, Holcomb JB, et al: Current management of hemorrhage from severe pelvic fractures: Results of an American Association for the Surgery of Trauma multi-institutional trial. *J. Trauma Acute Care Surg.* 80: 717-725, 2016.
- Denis F, Davis S, Comfort T: Sacral fractures: an important problem. Retrospective analysis of 236 cases. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 227: 67-81, 1988.
- Devlin L, Millar S, Smeaton C, et al. Pelvic insufficiency fractures –a late effect of radiotherapy. *Radiography* 26: S30, 2020.
- Gibbons KJ, Soloniuk DS, Razack N: Neurological injury and patterns of sacral fractures. *J. Neurosurg.* 72: 889-893, 1990.
- Gotis-graham I, McGuigan L, Portek I, et al. Sacral insufficiency fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg Br Nov*;76(6):882-6. 1994
- Hesp WLEM, Van der Werken C, et al. Unstable fractures and dislocations of the pelvic ring--results of treatment in relation to the severity of injury. *Neth. J. Surg.* 37: 148-152, 1985.
- Hilty MP, Behrendt I, Benneker LM, et al. Pelvic radiography in ATLS algorithms: A diminishing role? *World J. Emerg. Surg.* 3: 1-5, 2008.
- Kepler CK, Vaccaro AR, Koerner JD, et al. Reliability analysis of the AOSpine thoracolumbar spine injury classification system by a worldwide group of naïve spinal surgeons. *Eur. Spine J.* 25: 1082-1086, 2016.
- Lee KS, Bae WK, Bae HG, et al. Natural course of spontaneously reduced lumbo-sacral fracture-dislocation--a case report. *J. Korean Med. Sci.* 8: 390-393, 2009.
- Osterhoff G, Ossendorf C, Wanner GA, et al. Percutaneous iliosacral screw fixation in S1 and S2 for posterior pelvic ring injuries: Technique and perioperative complications. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 131: 809-813, 2011.
- Rai SK, Far RF, Ghovanlou B: Neurologic deficits associated with sacral wing fractures. *Orthopedics* 13: 1363-1366, 1990.
- Rodrigues-Pinto R, Kurd MF, Schroeder GD, et al. Sacral Fractures and Associated Injuries. *Glob. Spine J.* 7: 609-616, 2017.
- Santolini E, Kanakaris NK, Giannoudis P V.: Sacral fractures: issues, challenges, solutions. *EFORT Open Rev.* 5: 299-311, 2020.
- Sembler Soles GL, Lien J, Tornetta P: Nonoperative immediate weightbearing of minimally displaced lateral compression sacral fractures does not result in displacement. *J. Orthop. Trauma* 26: 563-567, 2012.
- Singh H, Rao V, Mangla R, et al. Traumatic transverse fracture of sacrum with cauda equina injury--a case report and review of literature. *J. Postgrad. Med.* 44: 14, 1998.
- Tsiridis E, Upadhyay N, Giannoudis P V.: Sacral insufficiency fractures: current concepts of management. *Osteoporos. Int.* 17: 1716-1725, 2006.
- Transverse Fracture of the Upper Sacrum: Suicidal Jumper's F...: *Spine [Internet]* Available from: [https://journals.lww.com/spinejournal/Abstract/1985/11000/Transverse\\_Fracture\\_of\\_the\\_Upper\\_Sacrum\\_\\_Suicidal.11.aspx](https://journals.lww.com/spinejournal/Abstract/1985/11000/Transverse_Fracture_of_the_Upper_Sacrum__Suicidal.11.aspx)





## 67

MİNİMAL İNVAZİV SPİNAL CERRAHİNİN  
SPİNAL ENFEKSİYON TEDAVİSİNDEKİ YERİ

İsmail Kaya, İlker Deniz Cingöz

## GİRİŞ

Spinal patolojilerin minimal invaziv cerrahisi (MİC), amaçlanan cerrahi hedefi değiştirmeden daha az kollateral doku hasarına neden olan yaklaşımın kapsamını azaltmayı, cerrahi tekniğe bağlı morbiditeyi azaltmayı ve daha hızlı fonksiyonel iyileşme sağlamayı amaçlayan tekniklerden oluşur (24). Omurgada, bu amaçlara genellikle üç ana cerrahi teknikle ulaşılabilir:

- “Over the top” kontralateral dekompresyon için tek taraflı minimal invaziv yaklaşım uygulayarak;
- Omurganın stabilize edici yapılarını koruyarak iyatrojenik instabilitenin en aza indirilmesini sağlayarak;
- Ve interbody cage kullanımı ile indirekt dekompresyon sağlayarak.

İlk iki teknik spinal enfeksiyonların minimal invaziv tedavisi için de uygun olsa da, üçüncü teknik nadiren uygulanabilir.

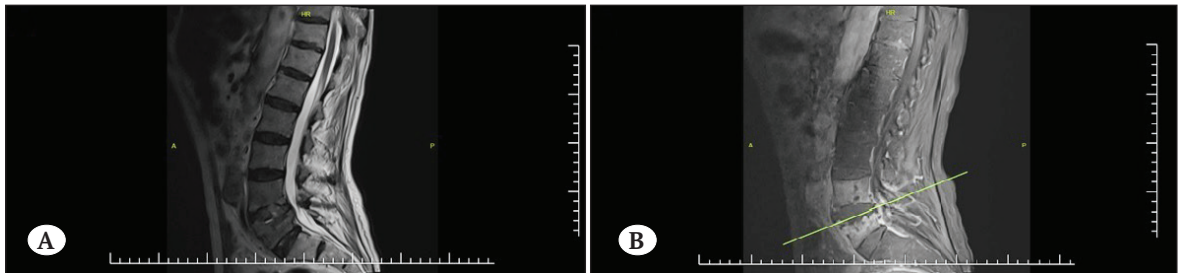
Alta yatan enfeksiyonun eradikasyonu, spinal bütünlüğün restorasyonu, nörolojik defisitlerin giderilmesi ve ağrı tedavisi, spinal enfeksiyonların cerrahi tedavisinin ana ilkeleridir (3, 41). Cerrahi tedavinin hedefleri, septik odağın çıkarılması, mikrobiyolojik çalışma için bir numunenin alınması, nöronal yapıların dekompresyonu ve stabilizasyonun yanı sıra etkilenen spinal segmentlerin restorasyonudur (29).

Seçilmiş vakalarda, spinal enfeksiyonların cerrahi tedavisi için MİC teknikleri kullanılabilir. Omurga enfeksiyonu olan hastaların genellikle ciddi ek hastalıkları da olduğundan, minimal invaziv cerrahi bu tür hastalarda yüksek öneme sahiptir (Şekil 1). Son yıllarda, spinal enfeksiyonların tedavisi için MİC stratejileri üzerine birkaç çalışma yayınlanmıştır. Bu stratejiler arasında omurgaya tübüler veya extreme lateral yaklaşımlar, endoskopik yaklaşımlar ve transpediküler teknikler sayılabilir. Ek olarak, etkilenen spinal segmentlerin güvenli ve daha az invaziv enstrümantasyonu için perkütan navigasyon kılavuzlu tekniklerle de son günlerde artan bir ilgi vardır.

FARKLI MİNİMAL İNVAZİV TEKNİKLERE  
GENEL BAKIŞ

Genel olarak minimal invaziv tekniklerin amacı, daha az kapsamlı yaklaşımlar ve önceden oluşturulmuş anatomik alanlar kullanarak çevresel doku hasarını azaltarak morbiditeyi azaltmak ve daha hızlı fonksiyonel iyileşme sağlamaktır. AO Omurga ilkelerine uygun olarak, omurga enfeksiyonlarının minimal invaziv tedavisinin hedefleri; 1) patolojik instabilitenin stabilizasyonu, 2) spinal dengenin restorasyonu, 3) nörolojik fonksiyonun korunması ve 4) uygun kemoterapinin uygulanmasıdır (12). Bu ilkelere dayalı olarak, anterior, posterior ve endoskopik yaklaşımlar kullanılarak spinal enfeksiyonların tedavisi için çok sayıda MİC tekniği vardır (Tablo 1).

Yaklaşım seçimi, patolojinin yerine, morfolojisine ve yaygınlığına ve etiolojisine göre ayarlanmalıdır.



**Şekil 1.** 77 yaşında erkek hasta, tanı: Brucella Spondilodiskiti. A) Manyetik rezonans görüntüleme (MRG); T2 Sagittal kesit B) Kontrastlı T1 Sagittal kesit.

**Tablo 1.** Omurga Enfeksiyonlarının Tedavisinde Kullanılan Minimal İnvaziv Tekniklere Genel Bakış

Anterior/Lateral yaklaşımlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• XLIF</li> <li>• MIS DLIF</li> <li>• ALIF</li> </ul>
Posterior yaklaşımlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transpediküler küretaj</li> <li>• MIS TLIF</li> </ul>
Endoskopik yaklaşımlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endoskopik apse drenajı</li> <li>• Torakoskopi (VATS)</li> <li>• Endoskopik diskektomi (PED)</li> </ul>
Vida yerleştirme teknikleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robot destekli vida yerleştirme</li> <li>• İntraoperatif navigasyon</li> </ul>

**ALIF:** anterior lomber interbody füzyonu, **DLIF:** doğrudan lateral interbody füzyonu, **MİC:** minimal invaziv cerrahi, **PED:** perkütan endoskopik debridman, **TLIF:** transforaminal lomber interbody füzyonu, **VATS:** video yardımlı torakoskopik cerrahi, **XLIF:** extreme lateral interbody füzyonu.

Örneğin, servikal enfeksiyonlar genellikle anterior yaklaşımla yönetilir, endoskopi ise torakal lezyonlar için yaygın olarak kullanılır. Buna karşılık, lomber enfeksiyonlar sıklıkla posterior tedavi edilir. Daha şiddetli enfeksiyonlar, kombine yaklaşımlar ve hatta 360 derecelik bir füzyon gerektirebilir.

## ANTERİOR/LATERAL TEKNİKLER

Omurgaya anterior yaklaşımlar, en yaygın enfeksiyon bölgelerine vertebra korpusu ve intervertebral diske doğrudan ulaşım sağlar. Ek olarak, sekonder ciddi deformite vakalarında, spinal dengeyi ve bütünlüğü yeniden sağlamak için sıklıkla anterior yaklaşımlar gereklidir. Bununla birlikte, anterior yaklaşımlar, özellikle torakal ve lomber omurgada, cerrahiye bağlı morbidite ile ilişkilidir. Bu nedenle, MİC tekniklerinde daha az kapsamlı yaklaşımlar (minimal invaziv anterior lomber interbody füzyonu (ALIF)) veya omurganın anterior kolonuna erişmek için extreme lateral interbody füzyon (XLIF) ve direkt lateral interbody füzyon (DLIF) gibi alternatif yollar kullanır. Spinal enfeksiyonların tedavisinde bu yaklaşımların etkinliğine ilişkin literatür azdır. Bununla birlikte, son zamanlarda anterior vertebral kolona MİC lateral erişimleri lomber dejeneratif patolojilerin tedavisi için artan bir ilgi kazanmıştır. Sonuç olarak, spinal enfeksiyonların cerrahi tedavisi için şimdi benzer yaklaşımlar uygulanmaktadır. Vaka serilerinde Lee ve ark., konvansiyonel anterior yaklaşımlarla karşılaştırıldığında minimal-access lateral yaklaşımlarla tedavi edilen enfeksiyöz spondilitli hastaların morbidite ve klinik sonuçlarını geriye dönük olarak analiz etti (20). Yazarlar, her iki grup için %97'lik yüksek bir füzyon oranı ve minimal-access grubu için daha düşük bir

komplikasyon oranı bildirmiştir. 2015 yılında, Blizzard ve ark. ve Patel ve ark., spondilodiskit (özellikle XLIF) tedavisi için extreme lateral bir yaklaşım kullandıkları vaka serilerinin sonuçlarını yayınladılar (1, 5, 31, 38). Deneyimlerine dayanarak, XLIF'in spondilit tedavisi için güvenli ve etkili bir teknik olabileceği sonucuna varmışlardır. Ancak, hasta sayılarının azlığı ve komplikasyonlar hakkında bilgi eksikliği nedeniyle bugüne kadar yayınlanan çalışmaların sınırlı olduğunu belirtmek gerekir. Yine de bunlar spondilit tedavisinde MİC tekniklerinin kullanımı için umut verici sonuçlardır. Teknikler, posterior elemanları, özellikle erector spinae kaslarını korurken, anterior omurgaya yeterince geniş erişim sağlar. Bu, doku travmasını azaltmaya, kan kaybını azaltmaya ve ameliyat süresini azaltmaya yardımcı olur, bu da genellikle tıbbi durumu kötü olan bir popülasyonda özellikle faydalı olabilir.

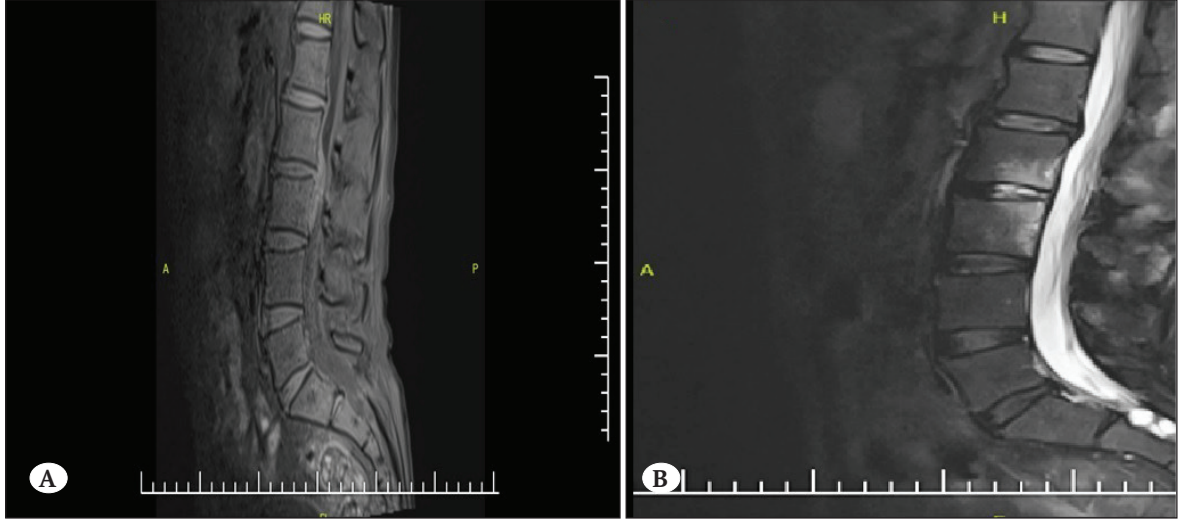
Güncel literatürle uyumlu olarak, spondilitli hastalarda omurgaya lateral veya anterior yaklaşımlardan sonra posterior fiksasyonun eklenmesi hastaların erken mobilizasyonunu kolaylaştırması nedeniyle önermekteyiz. Posterior fiksasyonu önlemek için lateral plak eklenmesi, mobilizasyonu sağlamak için yeterli mekanik destek sağlamayabilir. Ameliyat sırasında cage çökmesini sınırlamak için end plateleri ihlal etmemeye özen gösterilmelidir. Omurgaya lateral MİC yaklaşımı komşu psoas apselerini çıkarmak için de kullanılabilir.

## POSTERİOR TEKNİKLER

Omurgaya posterior yaklaşımlar yaygın olarak ve çok sayıda endikasyon için kullanılır. Bu nedenle, birçok omurga cerrahisi, omurga enfeksiyonlarını tedavi ederken bu yaklaşımlarla rahat hisseder. Diğerlerinin yanı sıra, spinal enfeksiyonların tedavisinde kullanılan posterior teknikler, posterior veya posterolateral interbody füzyonu, ek enstrümantasyonlu veya enstrümantasyonsuz basit dekompresyonlar, transforaminal interbody füzyondan (TLIF) oluşur. Tüm bu teknikler ve varyasyonlar, minimal invaziv teknikler olarak kullanılabilir (Şekil 2).

Basit dekompresyonlar, mikrodiskektomi veya tübüler ekartör aracılığıyla spinal dekompresyon için daha önce yayınlanmış tekniklere benzer minimal invaziv tekniklerle gerçekleştirilebilir. Literatürdeki birçok çalışmaya göre, minimal invaziv dekompresyon, özellikle çok seviyeli patolojilerde bile intraspinal ampüyemin çıkarılmasının yapılabildiği spinal epidural apselerde değerli bir tedavi seçeneğidir.

Literatürde bu tekniğin spinal enfeksiyonların tedavisinde etkili olduğuna dair kanıt sağlayan büyük çalış-



**Şekil 2.** Örnek vaka: 53 yaşında erkek hasta şiddetli bel ağrısı ve alt ekstremitelerde bilateral ağrı ve güçsüzlük (Alt ekstremitte paraparetik (4/5), VAS: 9/10). **A)** Preoperatif T1 kontrastlı MR görüntülemesinde, L2'den L3'e uzanan epidural apse saptandı. Hastaya tek taraflı yaklaşımla bilateral dekompresyon yapıldı. Postoperatif muayenesinde VAS:2/10, alt ekstremitte motor gücü 5/5'ti. **B)** Postoperatif T2 sekanslı sagittal MR görüntülemesi.

malar bulunmamaktadır. Bununla birlikte, minimal invaziv tübüler yaklaşımla spinal epidural apsenin başarılı tedavisini gösteren birkaç vaka serisi yayınlanmıştır (33). Minimal invaziv dekompresyonun tek başına spondilit tedavisi için yeterli olup olmadığı sorusu cevapsız kalmıştır. Bazı yazarlar ek posterior enstrümantasyon kullanılmasını önermekle birlikte, diğerleri implante enstrümantasyon materyaline bağlı olarak artan yeniden enfeksiyon oranı korkusuyla bundan kaçınmaktadır. Spondilit durumunda genellikle posterior enstrümantasyon eklenmesi önerilir çünkü yeniden enfeksiyon oranları düşüktür ve ek enstrümantasyon hastaların erken mobilizasyonunu kolaylaştırır.

Lomber dejeneratif bozuklukların tedavisinde yaygın olarak uygulanan bir başka minimal invaziv teknik TLIF'dir. Bu teknik ilk olarak 2003 yılında Foley ve ark. tarafından rapor edilmiştir (8). Benzer teknikler spinal enfeksiyonların tedavisi için de uygulanmıştır. Shibano ve ark. vaka serilerinde lomber spondilodiskitli hastaların TLIF yaklaşımı ve anterior füzyon için TLIF kafesi kullanarak başarılı tedavisini anlatmaktadır (11). Titanyum veya polietilenereterketon (PEEK) kafesinin kullanılıp kullanılmadığı, yeniden enfeksiyon gelişmesi ve füzyon oranları açısından literatürde kesin bir fikir birliği yoktur (2, 34, 35).

Kemik destrüksiyonu olmayan spondilodiskit vakalarında genellikle TLIF'ye benzer bir MİC uygulanır. Aynı cerrahi hedeflere, minimal invaziv bir teknikle de uygulanabilen posterior lomber interbody füzyon (PLIF) ile ulaşılabilir. Bir PLIF'nin daha medial yakla-

şımı, ipsilateral faset eklemi tamamen çıkarılmadığından, nöronal yapıların dekompresyonunu ve daha sert bir fiksasyonu kolaylaştırabilir. Bununla birlikte bu yaklaşım genellikle TLIF yaklaşımından daha invazivdir ve intradural enfeksiyonun yayılmasına yol açabilen daha yüksek kazara durotomi riski ile ilişkilidir.

Spinal enfeksiyonların tedavisi için diğer daha az invaziv posterior teknikler yayınlanmıştır. Bu tekniklerin çoğu perkütan olarak uygulanır ve transpediküler bir yaklaşım kullanır. 2014 yılında Lee ve ark., spondilodiskitli hastalarda kombine anterior ve posterior yaklaşımla karşılaştırıldığında perkütan transpediküler küretaj ve drenajın retrospektif analizinin sonuçlarını yayınladılar (19). Yaklaşımlarında komşu sağlıklı vertebralara pedikül vidaları yerleştirildikten sonra enfekte vertebraya pedikül delikleri açılmıştır. Bu yol aracılığıyla, enfekte alan daha sonra salin solüsyonu ile yıkanmıştır. Drenaj miktarı çekilecek kadar az olana kadar postoperatif dönemde dren yerinde bırakılmıştır. Yazarlar, bu teknikle tedavi edilen hastaların kombine anterior ve posterior yaklaşımla tedavi edilen hastalara göre daha erken mobilize olabildiğini bildirmiştir. Ancak çalışma grubunda intraoperatif kan kaybı daha fazlamış ve antibiyotiklerin daha uzun süre verilmesi gerekmiştir.

Aynı transpediküler yaklaşım, mikrobiyolojik örneklemeye, enfekte olmuş materyalin çıkarılması ve kemik grefti ile ek füzyon için enfekte disk alanına erişmek için diğer yazarlar tarafından kullanılmıştır (13, 28, 30, 36). Bu transpediküler tekniklerin daha kapsamlı

kemik yıkımı vakalarının veya daha invaziv bir yaklaşımın garanti edilebileceği nöronal yapıların dekompresyonu vakalarının tedavisinde faydalarının sınırlı olacağı belirtilmiştir.

Çoğu spinal cerrah, omurga enfeksiyonlarında perkütan çimento uygulama tekniklerini kullanmaktan kaçınır. Kemik veya intervertebral disk materyalinin enfeksiyöz tahribatına bağlı de novo spinal deformite durumlarında bile, etkilenen vertebraların vertebroplastisi ve kifoplastisi önerilmez. Bununla birlikte, sağlıklı komşu vertebralarda vidaların güçlendirilmesi, özellikle şiddetli osteoporozu olan hastalarda stabil bir yapı oluşturmada yardımcı olabilir.

## ENDOSKOPİK TEKNİKLER

Endoskopik teknikler, 1980'lerden beri omurganın dejeneratif bozukluklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Daha sonra, bu tekniklerin endikasyonları spinal cerrahinin birçok alanına girmiştir ve spinal enfeksiyonların tedavisinde endoskopi de uygulanmıştır. Diğer tekniklerin yanı sıra, perkütan endoskopik disektomi ve drenajın (PEDD), spinal enfeksiyonların tedavisinde minimal invaziv bir teknik olduğu bildirilmiştir. Bu teknikte, endoskop ile floroskopik kılavuz altında posterolateral yaklaşımla perkütan olarak enfekte diske ulaşılır. Doku örnekleme ve disektomi daha sonra endoskopik olarak gerçekleştirilir, ardından irrigasyon ve bir pompaya bağlı olan ve drenaj düzeline kadar yerinde bırakılan bir dren yerleştirilir.

Bu teknik, bilgisayarlı tomografi (BT) kılavuzluğunda biyopsi ile karşılaştırıldığında doku örnekleme ve disk alanıyla sınırlı komplike olmayan spondilodiskit tedavisinde özellikle etkili görünmektedir (9, 17, 21, 25, 40). Bununla birlikte, daha yaygın lezyonlarda sınırlı kullanımı olabilir. Bu tekniğin bir başka dezavantajı, hastanın mobilizasyonunu belirli bir dereceye kadar sınırlayabileceğinden, postoperatif dönemde sürdürülmesi gereken sürekli drenajdır.

Daha yaygın enfeksiyöz lezyonlarda anterior endoskopik yaklaşımlar yapılabilir. Özellikle torakal omurga için endoskopik teknikler (torakoskopi), yaklaşımın invazivliğini azaltmaya yardımcı olabilir. Bugüne kadar, torakoskopik yaklaşımlar esas olarak tüberküloz spondilit tedavisinde kullanılmıştır. Bununla birlikte, piyojen spondilit tedavisinde kullanımı ile ilgili birkaç vaka raporu da bulunmaktadır. Détiillon ve ark. vaka sunumlarında, T10 T11'in kemik tahrip edici enfeksiyöz lezyonunun video yardımlı torakoskopik cerrahi (VATS) kullanılarak başarılı tedavisini anlatmaktadır (6). VATS'in potansiyel avantajları, açık yaklaşımlara kıyasla intraoperatif kan

kaybında azalma, daha erken mobilizasyon ve postoperatif hastanede daha kısa kalış süresidir. Bununla birlikte, tek taraflı ventilasyonu tolere edemeyen hastalarda veya şiddetli plevral adezyon vakalarında tekniğin kısıtlamaları mevcuttur.

Antibiyotik tedavisine dirençli spondilodiskite sekonder psoas apsesi vakalarında, psoas apsesinin kendisinin invaziv tedavisi gerekebilir. Bu endikasyon için endoskopik retroperitoneal yaklaşımlar (retroperitoneoskopik) uygulanmıştır. Bu yaklaşımı mümkün olduğunca hedefli hâle getirmek için intramüsküler apse bölgesini intraoperatif olarak tam olarak tespit etmek için laparoskopik ultrason eklenmiştir.

Psoas apselerinin perkütan BT kılavuzluğunda drenajına kıyasla, endoskopik yaklaşımlar özellikle çok loküle apselerde veya kalın, yüksek viskoz irinlerde değerli olabilir (4, 15, 16, 37). Spondilodiskit nedeniyle disk yüksekliği kaybı durumlarında, etkilenen sinir köklerinin transforaminal dekompresyonu için endoskopik teknikler de kullanılabilir.

## VİDA YERLEŞTİRME TEKNİKLERİ

Enfeksiyöz spondilit vakalarında enstrümantasyonun eklenip eklenmeyeceği sorusuyla ilgili çelişkili görüşler vardır. Bazı yazarlar, daha yüksek bir füzyon hızı elde etmek için spinal enfeksiyonlarda anterior dekompresyona ek olarak ek bir posterior enstrümantasyon şiddetle tavsiye etse de, diğer birçok spinal cerrah potansiyel olarak artan kalıcı enfeksiyon riskinden dolayı yabancı materyal implantasyonundan kaçınır. Ayrıca enstrümantasyon eklenmesi operasyon süresini, intraoperatif kan kaybını ve cerrahi tekniğe bağlı morbiditeyi uzatabilir. Bu nedenle, spondilitli hastalar sıklıkla ciddi komorbiditelere sahip olduğundan, operatif tedavinin invazivliğini azaltmak bu hasta grubunda büyük önem taşır.

Deininger ve ark., perkütan posterior enstrümantasyon ve bir dizi antibiyotik tedavisi ile tedavi edilen spondilodiskitli 12 hastadan oluşan bir olgu serisi yayınladı (5). Ameliyattan sonra hastalar ameliyat sonrası birinci gün mobilize edildi. Hiçbir komplikasyon oluşmadı ve hastalar enfeksiyon ve füzyon oranlarının çözülmesi açısından iyi klinik sonuçlar gösterdi. Nasto ve ark., perkütan enstrümantasyonla tedavi edilen spondilitli hastaların klinik sonuçlarını antibiyotik tedavisine ek olarak torakolumbosakral ortez (TLSO) ile tedavi edilen hastaların sonuçlarıyla karşılaştırdı (27). Yazarlar, perkütan enstrümantasyonla tedavi edilen hastaların daha hızlı iyileştiğini, ağrı skorlarının daha düşük olduğunu ve yaşam kalitesinin arttığını bulmuşlardır.



Dejeneratif omurga hastalıklarının tedavisinde navigasyon gibi yeni teknolojilerin kullanımı, perkütan enstrümantasyon tekniklerinin kullanımının artmasına yol açmıştır. Navigasyon teknikleri, floroskopi-den intraoperatif görüntülemeye ve robot yardımcı vida yerleştirmeye doğru gelişmiştir. Bu tekniklerin perkütan pedikül vidası yerleştirme doğruluğunu artırdığı gösterilmiştir. Ek olarak, iyi yapılandırılmış bir spinal navigasyon ortamında navigasyon, özellikle birden fazla komorbiditesi olan hastalarda önemli olan ameliyat sürelerinin azaltılmasına bile yardımcı olabilir. Ayrıca, pedikül vidası yerleşimi için görüntü rehberliği, enfeksiyonların neden olduğu sekonder deformateler gibi değişen bir anatomide yardımcı olabilir.

## TÜBERKÜLOZ

Tüberkülozun spinal tutulumunda cerrahi tedavi için bazı endikasyonlar vardır. Spinal dejeneratif bozuklukların tedavisi için oluşturulmuş birçok minimal invaziv teknik, spinal tüberküloz tedavisinde de kullanılmıştır.

Özellikle spinal tüberkülozda spinal kanalın dekompresyonu ve anterior spinal kolonun rekonstrüksiyonunda VATS başarıyla kullanılmaktadır (18, 22, 23, 26, 32). Ayrıca, perkütan pedikül vidası enstrümantasyonu, omuriliği açmak ve omurgayı stabilize etmek için transforaminal veya lateral yaklaşımlarla kombinasyon hâlinde kullanılmıştır.

Garg ve Vohra, çalışmalarında lateral yaklaşımlar ve perkütan vida yerleştirme kombinasyonunu hibrit bir MİC tekniği olarak değerlendirdiler (7, 10, 14, 39). Tekniklerinin kifozun düzeltilmesinde ve sekonder spinal deformateleri önlemede geleneksel açık teknikler kadar etkili olduğunu gösterdiler. Ek olarak, konvansiyonel cerrahi tekniklere göre (%24-31) daha düşük komplikasyon oranlarına (%9) sahip oldukları bulunmuştur.

Spinal tüberküloz tedavisi için MİC tekniklerini analiz eden tüm çalışmalarda çeşitli kısıtlamalar vardır. Özellikle, çalışmaların çoğunlukla tek merkezlerde sonuçları bildiren vaka serilerlerinden oluşması bu çalışmaların en önemli kısıtlamalarındandı. Bununla birlikte, seçilmiş vakalarda, spinal tüberkülozlu hastalarda yaklaşıma bağlı morbiditeyi azaltmada MİC teknikleri yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

## SONUÇ

Son yıllarda spinal dejeneratif bozuklukların tedavisinde MİC teknikleri artan bir şekilde kullanılmak-

tadır. Bu tekniklerin bazıları spinal enfeksiyonların tedavisinde de kullanılmıştır. Bu teknikler, sıklıkla birden fazla komorbiditesi olan hasta gruplarının tedavisinde morbiditeyi azaltmaya yardımcı olur. Spinal enfeksiyonların tedavisi için, bazıları endoskopik yaklaşımlara (transforaminal veya lateral yaklaşım) dayanan çok çeşitli MİC teknikleri bildirilmiştir. Bu tekniklerin seçilmiş vakalarda etkili olduğu gösterilmiştir; bununla birlikte, bu çalışmaların çoğu az sayıda hasta içeren olgu serileridir. MİC, düşük derecede end plate dejenerasyonu olan sınırlı spinal enfeksiyonlarda uygun bir seçenek olabilir.

## KAYNAKLAR

1. Blizzard DJ, Hills CP, Isaacs RE, et al. Extreme lateral interbody fusion with posterior instrumentation for spondylodiscitis. *J Clin Neurosci* 22:1758-1761, 2015
2. Blondel B, Fuentes S, Pech-Gourg G, et al. Minimally invasive osteosynthesis in septic conditions. *Neurochirurgie* 57:15-20, 2011
3. Boody BS, Jenkins TJ, Maslak J, et al. Vertebral Osteomyelitis and Spinal Epidural Abscess: An Evidence-based Review. *J Spinal Disord Tech* 28:E316-327, 2015
4. Carvalho B, Pereira P, Santos Silva P, et al. Lumbar tuberculous spondylodiscitis: a minimally invasive surgical approach. *Acta reumatologica portuguesa* 36:57-60, 2011
5. Deiningner MH, Unfried MI, Vougioukas VI, et al. Minimally invasive dorsal percutaneous spondylosis for the treatment of adult pyogenic spondylodiscitis. *Acta neurochirurgica* 151:1451-1457, 2009
6. Détilion D, de Groot H, Hoebink E, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery as a diagnostic and therapeutic instrument in non-tubercular spondylodiscitis. *International journal of spine surgery* 9:55, 2015
7. Dimar JR, Carreon LY, Glassman SD, et al. Treatment of pyogenic vertebral osteomyelitis with anterior debridement and fusion followed by delayed posterior spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 29:326-332; discussion 332, 2004
8. Foley KT, Holly LT, Schwender JD: Minimally invasive lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 28:S26-35, 2003
9. Fu TS, Chen LH, Chen WJ: Minimally invasive percutaneous endoscopic discectomy and drainage for infectious spondylodiscitis. *Biomedical journal* 36:168-174, 2013
10. Garg N, Vohra R: Minimally invasive surgical approaches in the management of tuberculosis of the thoracic and lumbar spine. *Clinical orthopaedics and related research* 472:1855-1867, 2014

11. Ha KY, Kim YH, Seo JY, et al. Percutaneous posterior instrumentation followed by direct lateral interbody fusion for lumbar infectious spondylitis. *J Spinal Disord Tech* 26:E95-100, 2013
12. Härtl, Roger, and Andreas Korge. *Minimally invasive spine surgery: techniques, evidence, and controversies*. Thieme, 2012.
13. Ikuta K, Masuda K, Yonekura Y, et al. Percutaneous Transpedicular Interbody Fusion Technique in Percutaneous Pedicle Screw Stabilization for Pseudoarthrosis Following Pyogenic Spondylitis. *Asian spine journal* 10:343-348, 2016
14. Kandwal P, Garg B, Upendra B, et al. Outcome of minimally invasive surgery in the management of tuberculous spondylitis. *Indian journal of orthopaedics* 46:159-164, 2012
15. Kepler CK, Yu AL, Gruskay JA, et al. Comparison of open and minimally invasive techniques for posterior lumbar instrumentation and fusion after open anterior lumbar interbody fusion. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 13:489-497, 2013
16. Kodama K, Takase Y, Motoi I, et al. Retroperitoneoscopic drainage of bilateral psoas abscesses under intraoperative laparoscopic ultrasound guidance. *Asian journal of endoscopic surgery* 7:179-181, 2014
17. Korovessis P, Repantis T, Iliopoulos P, et al. Beneficial influence of titanium mesh cage on infection healing and spinal reconstruction in hematogenous septic spondylitis: a retrospective analysis of surgical outcome of twenty-five consecutive cases and review of literature. *Spine (Phila Pa 1976)* 33:E759-767, 2008
18. Kostanian VJ, Mathews MS: Minimally invasive approach for drainage of a sacral epidural abscess. A case report and technical note. *Interventional neuroradiology : journal of peritherapeutic neuroradiology, surgical procedures and related neurosciences* 13:161-165, 2007
19. Lee BH, Park JO, Kim HS, et al. Transpedicular curettage and drainage versus combined anterior and posterior surgery in infectious spondylodiscitis. *Indian journal of orthopaedics* 48:74-80, 2014
20. Lee CY, Huang TJ, Li YY, et al. Comparison of minimal access and traditional anterior spinal surgery in managing infectious spondylitis: a minimum 2-year follow-up. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 14:1099-1105, 2014
21. Lin RM, Huang KY, Lai KA: Mini-open anterior spine surgery for anterior lumbar diseases. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 17:691-697, 2008
22. Lü G, Wang B, Li J, et al. Anterior debridement and reconstruction via thoracoscopy-assisted mini-open approach for the treatment of thoracic spinal tuberculosis: minimum 5-year follow-up. *Eur Spine J* 21:463-469, 2012
23. Mathews MS, Ospina J, Suzuki S: The sacral hiatus approach for drainage of anterior lumbo-sacral epidural abscesses. A case report and technical note. *Interventional neuroradiology : journal of peritherapeutic neuroradiology, surgical procedures and related neurosciences* 17:482-485, 2011
24. McAfee PC, Phillips FM, Andersson G, et al. Minimally invasive spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 35:S271-273, 2010
25. Mückley T, Schütz T, Schmidt MH, et al. The role of thoracoscopic spinal surgery in the management of pyogenic vertebral osteomyelitis. *Spine (Phila Pa 1976)* 29:E227-233, 2004
26. Müller EJ, Russe OJ, Muhr G: Osteomyelitis of the spine. *Der Orthopade* 33:305-315, 2004
27. Nasto LA, Colangelo D, Mazzotta V, et al. Is posterior percutaneous screw-rod instrumentation a safe and effective alternative approach to TLSO rigid bracing for single-level pyogenic spondylodiscitis? Results of a retrospective cohort analysis. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 14:1139-1146, 2014
28. O'Toole JE, Eichholz KM, Fessler RG: Surgical site infection rates after minimally invasive spinal surgery. *J Neurosurg Spine* 11:471-476, 2009
29. Okada Y, Miyamoto H, Uno K, et al. Clinical and radiological outcome of surgery for pyogenic and tuberculous spondylitis: comparisons of surgical techniques and disease types. *J Neurosurg Spine* 11:620-627, 2009
30. Parker SL, Adogwa O, Witham TF, et al. Post-operative infection after minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF): literature review and cost analysis. *Minimally invasive neurosurgery : MIN* 54:33-37, 2011
31. Patel NB, Dodd ZH, Voorhies JM, et al. Minimally invasive lateral transpsoas approach for spinal discitis and osteomyelitis. *22:1753-1757*, 2015
32. Roselli R, Iacoangeli M, Pompucci A, et al. Anterior cervical epidural abscess treated by endoscopy-assisted minimally invasive microsurgery via posterior approach. *Minimally invasive neurosurgery: MIN* 41:161-165, 1998
33. Safavi-Abbasi S, Maurer AJ, Rabb CH: Minimally invasive treatment of multilevel spinal epidural abscess. *J Neurosurg Spine* 18:32-35, 2013
34. Schomacher M, Finger T, Koeppen D, et al. Application of titanium and polyetheretherketone cages in the treatment of pyogenic spondylodiscitis. *Clinical neurology and neurosurgery* 127:65-70, 2014

35. Shiban E, Janssen I, da Cunha PR, et al. Safety and efficacy of polyetheretherketone (PEEK) cages in combination with posterior pedicle screw fixation in pyogenic spinal infection. *Acta neurochirurgica* 158:1851-1857, 2016
36. Smith JS, Shaffrey CI, Sansur CA, et al. Rates of infection after spine surgery based on 108,419 procedures: a report from the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine (Phila Pa 1976)* 36:556-563, 2011
37. Tsahtsarlis A, Efendy JL, Mannion RJ, et al. Complications from minimally invasive lumbar interbody fusion: experience from 100 patients. *Journal of clinical neuroscience : official journal of the Neurosurgical Society of Australasia* 20:813-817, 2013
38. Tschöcke SK, Kayser R, Gulow J, et al. Single-stage epidural catheter lavage with posterior spondylosis in lumbar pyogenic spondylodiscitis with multilevel epidural abscess formation. *Journal of neurological surgery. Part A, Central European neurosurgery* 75:447-452, 2014
39. Valls J, Ottolenghi CE, Schajowicz F: Aspiration biopsy in diagnosis of lesions of vertebral bodies. *Journal of the American Medical Association* 136:376-382, 1948
40. Verdú-López F, Beisse R: Current status of thoracoscopic surgery for thoracic and lumbar spine. Part 2: treatment of the thoracic disc hernia, spinal deformities, spinal tumors, infections and miscellaneous. *Neurocirugia (Asturias, Spain)* 25:62-72, 2014
41. Zarghooni K, Rollinghoff M, Sobottke R, et al. Treatment of spondylodiscitis. *Int Orthop* 36:405-411, 2012





Çağrı Canbolat, Salim Şentürk

## GİRİŞ

Omurga cerrahisinde minimal invaziv yöntemlerin kullanımı, son dönemlerde artarak devam etmektedir. Bu yöntemlerde çevre dokularda minimum hasar ve ana lezyonun ele alınmasında maksimum verim felsefesiyle tedavi planlaması yapılmaktadır. Omurganın biyomekanik ve fizyolojik fonksiyonlarını korumak ve normalin sürdürülmesini sağlamak da amaçlanmaktadır.

Minimal invaziv omurga cerrahisi prosedürleri arasında endoskopik prosedürler teknolojinin de gelişmesiyle önemli bir yer edinmiştir. Endoskopi teknolojisi 1980'lerin başından beri cihazların ve aletlerin geliştirilmesiyle 2000'li yıllara gelindiğinde disk cerrahisinde kullanımı oldukça önemli bir yer edinmiştir. Migre disk hernileri, büyük disk hernileri, spinal stenoz, servikal ve torakal seviyelerdeki kullanım zorlukları günümüzde teknoloji ve tecrübe sayesinde aşılmıştır.

Lomber omurgada, disk hernileri, tekrarlayan herniasyonlar ve migre olmuş sekestre diskler rutin olarak transforaminal veya interlaminar endoskopik tekniklerle tedavi edilebilmektedir. Foraminal stenozlar ve faset eklem kistleri sıklıkla spinal endoskopi ile tedavi edilir. Ayrıca lomber santral spinal kanal stenozunu dekompresyonunun endoskopi ile çok iyi bir şekilde gerçekleştirilebileceğini gösteren ve giderek artan bir literatür vardır. Servikal omurgada, disk hernileri ve foraminal stenozların endoskopik tedavisi için anterior transdiskal ve posterior interlaminar yaklaşımlar tecrübeli kliniklerde rutin olarak uygulanabilir hâle gelmiştir (49, 66).

Torasik omurgada kullanılan endoskopik prosedürler, lomber ve servikal omurgada rutin olan endoskopik yaklaşımlar ve tekniklere göre çok daha az standarde ve yerleşiktir. Ek olarak, bu teknikler ile mikrocerrahi arasında ve ayrıca kırıkların, enfeksiyonların ve skolyoz cerrahisinde anterior gevşetmenin tedavisinde uzun süredir kullanılan yerleşik, video yardımcı cerrahi teknikler arasında bir geçiş vardır. Bu alandaki

ilgili endoskopik yayınlar bu nedenle çoğunlukla vaka serileridir ve son yıllarda literatüre eklenmiştir (45).

Dejeneratif hastalıklarda kullanımın artmasıyla birlikte spinal diğer patolojilerde de endoskopik prosedürlerin uygulanması ve sonuçlarının kabul görmesi gelecekte spinal cerrahiye yön verecektir. Enfeksiyon, travma, tümör, hematoma, konjenital patolojilerle birlikte klasik cerrahi uygulamaları komplikasyonlarının düzeltilmesinde de başarılı endoskopik prosedürler literatüre eklenmiştir. Mikroendoskopik yöntemler, endoskopi yardımcı sistemler, full endoskopik sistemler farklı giriş teknikleri (tubuler retraktör sistemli veya perkütan) ve farklı teknolojileri ile birlikte günlük pratikte kullanılır hâle gelmiştir.

## SPİNAL TÜMÖRLERE ENDOSKOPİK YAKLAŞIM

Spinal tümörlere geleneksel yaklaşımda genellikle uzun insizyon, bilateral paraspinall kasların sıyrılması, hemilaminektomi ya da total laminektomiler gerekmektedir. Anterolateral tümörlerde veya nöral foramenlere uzananlarda ek fasetektomi de gerekebilmektedir. Klasik açık yaklaşım uzamış ağrıya, enfeksiyon riskinde artışa, beyin omurilik sıvısı (BOS) kaçağına ve instabiliteye neden olabilir. Çok seviyeli laminektomiler, fasetektomili laminektomi ve bileşke (servikotorasik ve torakolomber) alanlardaki laminektomilerden sonra, genel olarak hastaların yaklaşık %12-16'sında ve muhtemelen daha genç hastalarda spinal deformite gelişimi bildirilmiştir (6, 30, 35). Neticede primer patolojiye yönelik tedavi başka bir patoloji oluşumuna neden olacağı için eş zamanlı olarak enstrümantasyon cerrahisi ile birlikte uygulanabilir (6, 35). Açık spinal yaklaşımlar, yavaş yavaş yerini hemilaminektomi ve minimal invaziv omurga cerrahisi gibi osseoligamentöz yapıların ve kasların korunduğu sınırlı kemik çıkarma prosedürlerine bırakmaktadır. Açık endoskopların ilave kullanımı ile anterior yerleşimli lezyonlara bile yaklaşılabilmek hâle gelmiştir. Dejeneratif disk hastalığında yaygın kullanıma ulaşan endoskopik spinal prosedürler uzun bir öğrenme eğrisine rağmen kan kaybını, postoperatif

ağrıyı, hastanede kalış süresini, işe dönüş süresini ve perioperatif maliyetleri azaltılması nedeniyle uygun vakalarda kullanılmaya başlanmıştır (9, 28, 60). Endoskopik yaklaşımlar tümöral dokuya küratif amaçla kullanılsa da günümüzde daha çok biyopsi amacıyla kullanılarak tanı amacıyla uygulanmaktadır.

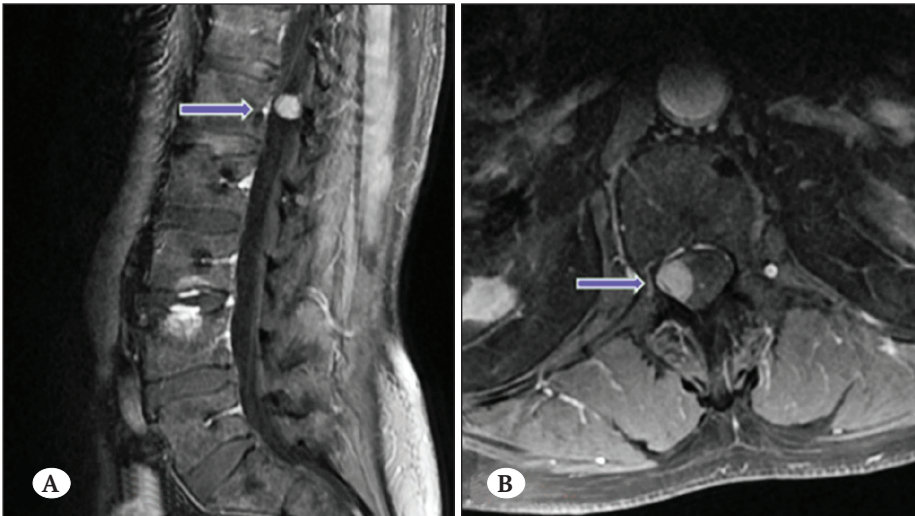
### Intradural Ekstramedüller Tümörler

Spinal intradural ekstramedüller lezyonların çoğunluğunu sinir kılıfı tümörleri ve meningiomlar oluşturmakla birlikte üretken yaş grubunda yaygın morbidite nedenlerinden biridir (7). Endoskopi ve minimal invaziv omurga cerrahisi teknikleri gelişmeye devam ettikçe, endikasyonlar dejeneratif omurga hastalığından spinal tümör rezeksiyonlarına kadar genişlemiştir. Tecrübe ve teknoloji ile birlikte bu süreç devam etmektedir. Vaka raporları, bir kauda equina ependimomunun ve intradural ekstramedüller omurilik tümörlerinin interlaminar olarak çıkarılmasında endoskopi kullanımını belgelemiştir (2, 26, 68). 2006'da Tredway ve ark. (62), intradural ekstramedüller tümörlerin rezeksiyonu için mikroendoskopik teknikleri uygulayan ilk olgu serisini bildirmiştir. İlk olarak Parihar ve ark. intradural ekstramedüller lezyonları tedavi etmek için "Destandau" portun kullanımını bildirdikleri olgu serisini yayınladılar (36). Panoramik görünüm ve içeriden aydınlatması nedeniyle endoskopi, komşu nöral ve vasküler yapılardan tümörlerin diseksiyonu sırasında daha da küçük kemik ve geniş bir dural görüş alanı ile mikroskopi üzerinde kesin avantajlar sunar. Bildirilen bu vakalar ve seriler mikroendoskopik, endoskopi yardımcı ya da iki portun birleştirildiği bir sistem olan Destandau yöntemleriyle yapılmıştır. Perkütan full endoskopik translaminar yöntemle intradural ekstramedüller tümör çıkartılması ise ilk olarak 2017

yılında Şentürk ve ark. (54) tarafından rapor edilmiştir. Bildirdikleri vakada L1 seviyesinde intradural ekstramedüller bir menenjiom (Şekil 1), perkütan full endoskopik translaminar yöntem (Şekil 2) kullanılarak 7mm'lik bir insizyonla komplikasyonsuz eksize edilmiştir (Şekil 3). Endoskopi teknolojisinin artması, tecrübenin artması ve literatüre yeni vakaların eklenmesiyle tecrübeli kliniklerin cesaretlenmesiyle uygulanabilirliği giderek artacaktır.

### Ekstradural Tümörler ve Epidural-Paravertebral Metastazlar

Epidural alandaki tümörlerin ve paravertebral kitlelerin cerrahisindeki temel sorun ulaşım zorluğu olduğu kadar kanalda sıkışık bir kordun etrafında çalışıyor olmaktır. Yeterli görüşü sağlayabilmek için kemik ve ligament eksizyonları, kas hasarlanmaları, tek taraflı ya da iki taraflı faset eklem rezeksiyonu iyatrojenik insitabiliteye neden olabilmektedir. İnstabilite de enstrümantasyon ve füzyon gerektiren daha kapsamlı bir operasyon ihtiyacını gerektirebilir. Bu alanlara minimal invaziv veya BT kılavuzlu yaklaşımlar, transpediküler posterior, anterior veya lateral transtorasik yaklaşımlar ile cerrahi uygulanabilir. Ancak bunlar genellikle diğer sınırlamaların yanı sıra kapsamlı kemik rezeksiyonu, zayıf görüş alanı, ek radyasyon ve tümör ekilimi şüphesi nedeniyle çeşitli kaygılar oluşturabilir. Ayrıca BT kılavuzlu iğne yaklaşımları, maksimum güvenli tümör rezeksiyonuna izin vermez. Endoskopik ekipman ve teknoloji ilerledikçe ve geliştikçe, çeşitli spinal patolojileri tedavi etmek için endoskopik tekniklerin endikasyonları giderek artmaktadır. Bununla birlikte, hassas lokalizasyon, nüanslı ameliyat teknikleri ve cerrahi anatomiye aşına olma gerekliliği, endoskopik omurga prosedürlerini benzersiz bir şekilde zorlaştırır (22).



**Şekil 1.** Lomber MRG'de L1'de düzgün sınırlı homojen kontrastlanan ekstramedüller bir kitle mavi ok ile gösterildi. Menenjiom ön tanı olarak kabul edildi (sagittal ve aksiyel).

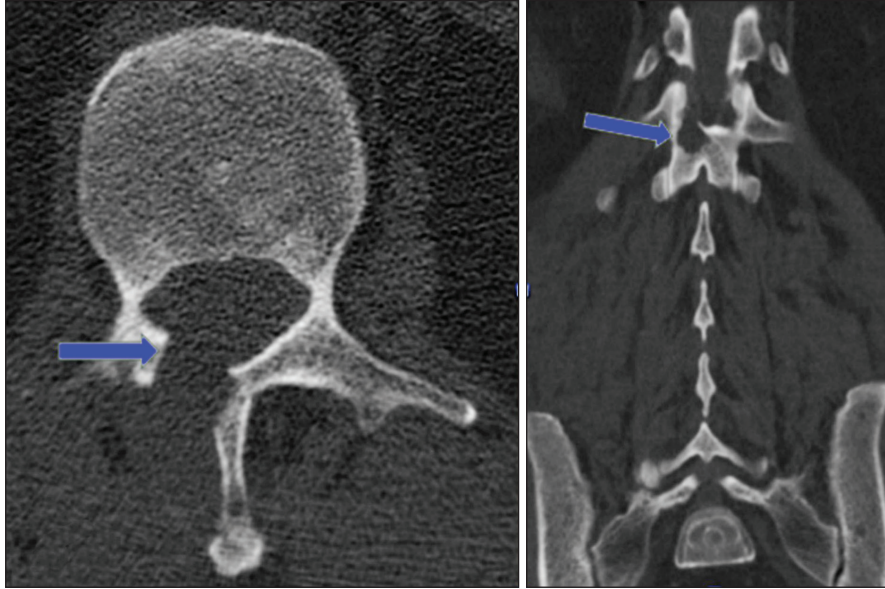
Torasik omurgadaki intradural lezyonlara erişmek için minimal invaziv teknikler tarif edilmiştir, ancak paraspinal torasik bölgeye erişmek için geleneksel teknikler hem daha farklı bir yaklaşım hem de daha fazla kemik çıkarılmasını gerektirir (57).

Ventral epidural spinal tümörler için cerrahi yönetim tipik olarak ya bir kostotransversektomi yaklaşımını ya da daha az sıklıkla, bir korpektomi ve füzyon gerektiren bir trans-torasik yaklaşımı içerir. Transforaminal endoskopik omurga cerrahisi lomber fıtıklaşmış diskler (uzak lateral ve ekstrüde olanlar dahil), lomber spondilolistezis, lomber faset kistleri, lomber diskitis ve hatta T11 kolon metastazlarının neden olduğu nöropatik ağrı tedavisinde bildirilmiştir. Telfeian ve ark. (56) torakal metastazı olan bir hasta-

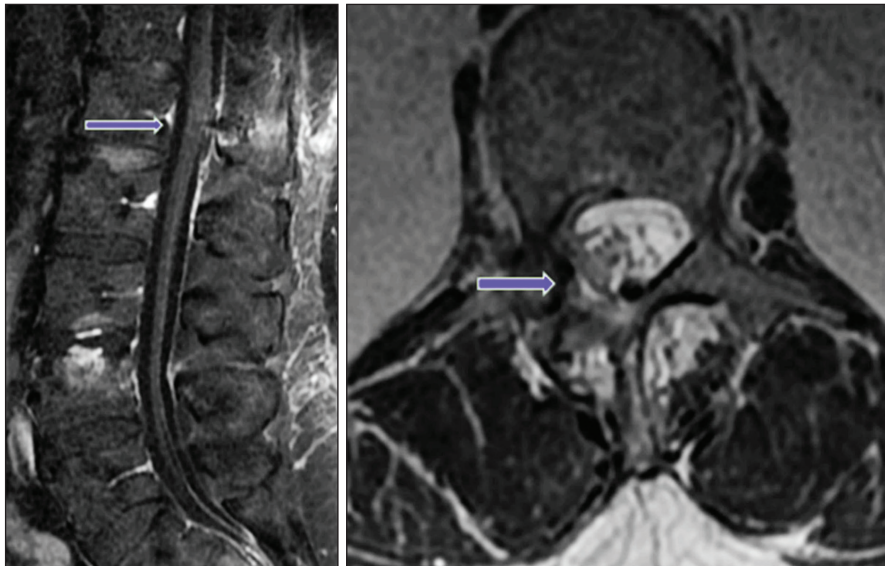
yı genel anestezi uygulamadan, uyanık bir hastayı bir hastayı lokal anestezi eşliğinde transforaminal yolla endoskopik olarak ameliyat etti. Kan kaybı minimaldi ve hasta postoperatif 1. günde hasta taburcu edildi. Ventral spinal kanal lezyonunun transforaminal yolla endoskopik biyopsisi/rezeksiyonu, tümör dokusunun minimal invaziv bir şekilde örneklenmesi ya da çıkarılması açısından uygun ve güvenli bir prosedür olarak düşünülebilir.

### Primer kemik Tümörleri ve Kemik Metastazlar

Omurganın primer kemik tümörlerinin rezeksiyonunun amacı, nörolojik defisitlerden kaçınırken lokal nüks riskini en aza indirmek için total rezeksiyonu hedefleyen maksimum güvenli rezeksiyondur. Tarih-



**Şekil 2.** Postoperatif BT’de parsiyel hemilaminektomi yapılan alan mavi ok ile gösterildi (sagittal ve aksiyel kesitlerde).



**Şekil 3.** Postoperatif lomber MR görüntüsünde tümörün tamamen çıktığı alan mavi ok ile gösterildi (Sagittal T1 kontrastlı ve aksiyel T2).



sel olarak, geniş sınırlar elde etmek için en blok rezeksiyon sıklıkla savunulmuştur ancak minimal invaziv yaklaşımlar, yumuşak doku diseksiyonu miktarını, intraoperatif kan kaybını, spinal destabilizasyonu ve ardından enstrümantasyonlu fiksasyonu azaltabilir (12, 44). Bununla birlikte, bu minimal invaziv yaklaşımlar ağırlıklı olarak, hâlâ önemli geniş alan gerektiren tübül ekartör sistemlerine dayanır ve standart açık yaklaşımlardan daha az tahribatla birlikte yumuşak doku yapılarının daha az hasarlandırır. Full endoskopik prosedürler de seçilmiş vakalarda denenmiştir. Newman ve ark. (32) L5 süperior artıklar proses yerleşimli bir osteoblastom vakasını full endoskopik sistem ile gerçekleştirip literatüre kazandırmıştır. İşlem sırasında nöronavigasyon kullanılmış, ameliyat sırasında 10ml kanama kabul edilmiş ve işlem sonrasında hasta 2. saatinde mobilize edilmiş ve ertesi gün taburcu edilmiştir. Kontrollerinde total rezeksiyon kabul edilmiştir. Xie ve ark. (63) 11 osteoid osteom olgu serisinde perkütan endoskopik yöntemle osteoid osteomun nidusu eksize edilmiş ve kavite duvarı ablyasyon ile termokoagülasyon yapılarak rezidi ya da nüks olmadan tedavi sağlamıştır. Özellikle posterior elemanları tutan benign lezyonlarda perkütan endoskopik yöntemler oldukça konforlu ve etkin görünmektedir.

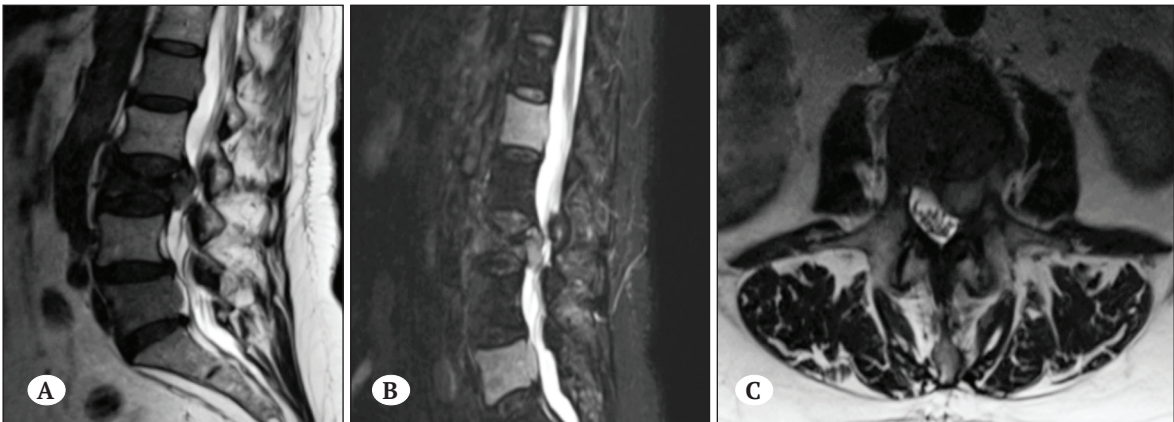
Uygun primer kemik tümörü vakalarında total rezeksiyon için çok uygun gibi görünse de metastaz için geniş rezeksiyon düşünülemez. Biyopsi, ablyasyon, dekompresyon ve rezeksiyon+vertebral güçlendirme cerrahileri düşünülebilir. Şentürk ve ark. (52) 72 yaşında primer akciğer ca tanısı olan multiple organ metastazı bulunan bir hastaya perkütan full endoskopik interlaminar endoskopik dekompresyon yaparak semptomatik tedavi uygulamışlardır. Şiddetli sol bacak ağrısı olan hastanın genel durumu ve multiple metastazları mevcut olup L3 patolojik çökme ve sol

L3 kökünün epidural sıkışıklığına bağlı şiddetli ağrıların gidermek için dekompresyon planlanmıştır (Şekil 4). Açık cerrahiye kıyaslandığında 7mm'lik bir kesi kullanılıp kas ve osseoligamentöz yapıları minimal hasarla stabiliteyi bozmadan hastanın şikayetini gidermişlerdir (Şekil 5). Perkütan full endoskopik interlaminar dekompresyon, spinal metastazın neden olduğu radiküler ağrı ve nörolojik defisiti olan seçilmiş hastalarda alternatif bir minimal invaziv tedavi seçeneği olabilir.

## SPİNAL ENFEKSİYONLARA ENDOSKOPİK YAKLAŞIM

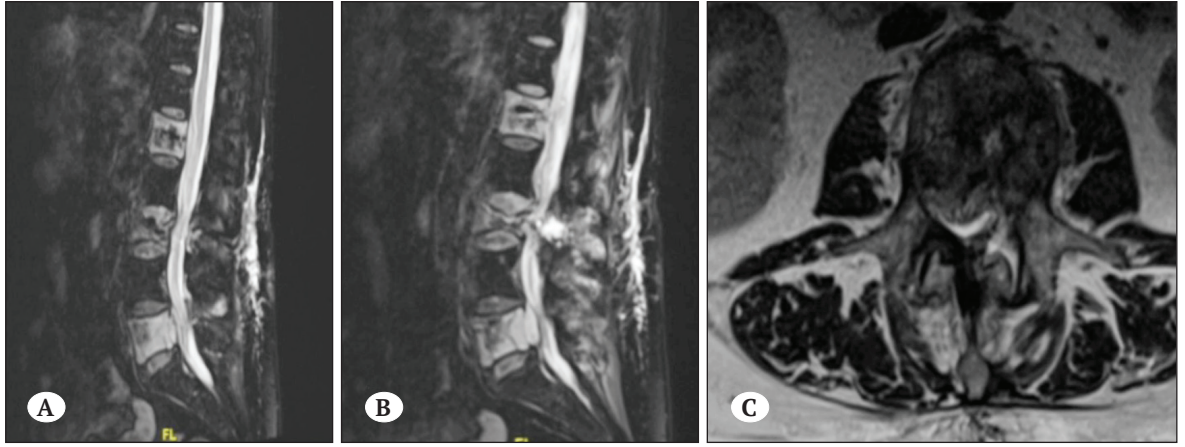
Spinal enfeksiyon insidansı, kronik hastalıkların etkisi, immün sistemi baskılanması, insan immün yetmezlik virüsü (HIV), intravenöz ilaç kullanımı ve yakın zamanda spinal cerrahisi olan hastalarda daha uzun yaşam beklentisinin bir sonucu olarak artmaktadır (8, 51). Spinal enfeksiyonların başarılı tedavisi için temel ilke, altta yatan enfeksiyonun eradikasyonu için antibiyotik tedavidir. Omurga yapısını ve stabilitesini korumak veya eski hâline getirmek için etkilenen segmentin sabitlenmesi gerekir. Nörolojik defisit veya epidural apse varlığında debridman ve spinal kanalın dekompresyonu yapılır (50, 67). Omurga enfeksiyonları nadiren başvuru anında acil durumlardır ve bu nedenle antibiyotik tedavisine ancak kesin etiyolojik tanı konulduktan sonra başlanmalıdır. Sepsis varlığında veya etiyolojik tanının imkânsız olduğu durumlarda ampirik antibiyotik tedavisi düşünülmelidir.

Nörolojik defisit veya sepsis varlığında erken cerrahi tedavi uygulanmalıdır (11). Mutlak cerrahi endikasyonlar arasında ayrıca yaygın kemik yıkımına bağlı spinal instabilite, şiddetli kifoz, kitle etkili kanal içi spinal lezyon ve konservatif tedavinin başarısızlığı



**Şekil 4.** L1,L3 ve L5 korpus tutulumu ve L3 patolojik çökme kırığına bağlı epidural kök basısına neden olan kitle lezyon görülmektedir. A) T2 sagittal, B) STIR sagittal, C) T2 aksiyel.





**Şekil 5.** Perkütan full endoskopik interlamine dekompresyon sonrası postop görüntüler. **A)** STIR sagittal orta hat kesit, **B)** STIR sagittal sol paramedyan kesit, **C)** T2 aksiyel kesit.

sayılabilir. Cerrahide herhangi bir standart yaklaşım kullanılabilir (ön, arka, kombine veya minimal invaziv yaklaşımlar). Oysa yöntem esas olarak nörolojik defisitlerin varlığı, enfeksiyonun yeri ve ilişkili kemik yıkımının derecesi ile ilgilidir. Servikal spinal enfeksiyonlarda, uygun debridman, dekompresyon ve anterior plak stabilizasyonu ile ilişkili kemik grefti ile füzyon ile anterior yaklaşım önerilir. Çok seviyeli cerrahilerde posterior enstrümantasyon ile tamamlanmalıdır. Sonuç olarak, tutulum esas olarak epidural ve vertebra gövdesinde ciddi bir yıkım yoksa, posterior dekompresyon ve füzyona genel olarak kabul edilebilir bir yöntemdir (40, 67). Torasik omurgada, stabilite çoğunlukla göğüs kafesi tarafından sağlandığından ve fizyolojik olarak kısıtlı hareketlilik ile stabilite sorunları önemli bir öncelik olmayabilir. Bu nedenle anterior disk veya kemik yıkımı olmayan epidural tutulum varlığında dekompresyon ve enstrümantasyon ile posterior yaklaşım genellikle ilk seçenektir. İleri anterior kemik yıkımı ve kollapslarında, ek posterior enstrümantasyon ile tamamlanan kemik grefti ile debridman, dekompresyon ve füzyon için anterior bir yaklaşım önerilir. Torakolomber bileşke bölgesinde, nörolojik defisit veya yaygın epidural yayılım varlığında dekompresyon ve stabilizasyon önerilir. Minimal invaziv omurga cerrahisinin ortaya çıkması ve gelişmesiyle birlikte, spinal enfeksiyonun tedavisinde bazı teknikler başarıyla kullanılmıştır. Torasik segmentte, bazı merkezlerde torakoskopik yaklaşım, heyecan verici sonuçlar ve ağrının azalması ve postoperatif solunum fonksiyonunun iyileştirilmesi, yumuşak dokulara daha az zarar verilmesi, daha iyi estetik sonuçlar ve daha kısa hastanede kalış süresi gibi ek avantajlar ile kullanılmıştır (31).

Spinal enfeksiyonlarda mikrobiyolojik ve histolojik tanı, spesifik terapötik yönetimin tanımına yönelik

kritik bir rol oynar. Spinal enfeksiyonların tedavisi esas olarak cerrahi olmayan bir tedavidir ve ağrıyı azaltan ve segmental instabilite ve deformiteyi önlemeye yardımcı olan immobilizasyonla ilişkili spesifik bir antibiyotik tedavisini içerir. Nörolojik defisit veya sepsis, omurga instabilitesi ve/veya deformitesi olan, epidural apse varlığı olan ve konservatif tedavinin başarısız olduğu hastalarda cerrahi endikedir. Spinal enfeksiyonlar esas olarak vertebral korpusu ve intervertebral diski etkilediğinde, cerrahi strateji enfekte dokuların uygun anterior debridmanını ve ilgili bölümlerin kemik yapısı ile rekonstrüksiyonunu, nöral elementlerin posterior dekompresyonunu ve enstrümanlı stabilizasyonu içermelidir. Seçilmiş hastalarda doku örnekleme ve debridman imkânını sağlaması nedeniyle minimal invaziv endoskopik prosedürler oldukça popülerize hâle gelmiştir.

Spinal enfeksiyonun tedavi stratejileri hâlâ tartışmalıdır. Mao ve ark. (29) yaptığı meta-analiz çalışmasına göre konservatif olguları cerrahi olgulara göre daha sık mekanik bel ağrısı takip etmekte ve uzun dönemde daha fazla deformite geliştirmektedir ancak ameliyat edilen hastalarda genel mortalite daha düşük olmasına rağmen, cerrahi müdahale her zaman daha fazla komplikasyon ile ilişkili bulunmuştur. Daha az komplikasyon ve tatmin edici klinik sonuç ile birleştirilen perkütan endoskopik prosedürler, spinal enfeksiyonun tedavisi için güvenli minimal invaziv bir cerrahi seçim sağlar. Yang ve ark. (64) enfeksiyöz spondilit şüphesi olan 52 hastada BT rehberliğinin tanılma değerini endoskopik rehberliğinkine karşılaştırmış ve neden olan bakterilerin BT kılavuzluğundaki biyopsiye göre perkütan endoskopi ile daha sık tanımlandığını bulmuşlardır (%90'a karşı %47). BT kılavuzluğundaki debridmana göre perkütan endoskopik prosedürün bir diğer üstünlüğü ise enfeksi-

yonlu dokuları etkili bir şekilde ortadan kaldıracaktır ve enfeksiyon bölgesindeki kan akışını artırmak için uç son plakları küretleyebilir, bu da antibiyotiklerin enfekte bölgelere infiltrasyonunu daha verimli hâle getirebilir.

### Spinal Epidural Apse

Spinal enfeksiyonun özellikle disk aralığının kanlanmasıyla az olup difüzyon yoluyla beslenmesi nedeniyle endplate'den bakteriyel yayılım yoluyla olduğu düşünülmektedir. Enfeksiyon oluşumu sonrası ise venöz yayılım ve komşuluk yoluyla epidural yayılımı da nadir değildir.

Spinal epidural apse için acil cerrahi dekompresyon ve ardından uzun süreli antibiyotik tedavisi tercih edilen tedavi olmaya devam etmektedir. Cerrahinin birincil amacı kültür için biyopsi ile dekompresyon ve debridmandır (8, 10). Geleneksel açık cerrahi standart olmaya devam etmektedir, ancak invaziv cerrahiler genellikle sorunludur; bu nedenle daha az invaziv bir tedavi gereklidir. Spinal enfeksiyonları tedavi etmek için birkaç minimal invaziv yöntem kullanılmıştır; daha şiddetli lezyonlar şu anda minimal invaziv tekniklerle tedavi edilebilmektedir. Yumuşak doku yapılarında minimum hasar, hızlı iyileşme ve fonksiyonel düzeye erken dönüş ile sonuçlanır. Spinal epidural apseleri hastalarda perkütan drenajın faydalı olduğu bildirilmiştir (4, 55, 59). Perkütan drenajın etkinliği uzun yıllardan beri bilinmesi günümüz endoskopik sistemlerinin birleşmesiyle uygun vakalarda oldukça etkin kullanıma girmiştir. Ayrıca irrigasyonlu endoskopik sistemlerin avantajlarından biri de izotonik irrigasyonu sayesinde enfeksiyonun yıkanmasıdır. Kang ve ark. (17) biportal endoskopik yöntemle yönettikleri 13 hastayı literatüre kazandırmışlardır. Bu vakalarda nöks, komplikasyon ve enfeksiyonun yönetilememesi gibi olumsuz klinik sonuç gözlenmedi.

### Spondilodiskitis ve Paravertebral Enfeksiyon:

Spondilodiskit için cerrahi yaklaşımlar anterior, posterior ve kombine yaklaşımlar olmak üzere değişken olmakla birlikte optimal olanlar hâlen tartışmalıdır. Geleneksel olarak anterior açık debridman, füzyon ve ardından posterior enstrümantasyon "Hong Kong operasyonu" torakolomber spondilodiskit tedavisinde altın standarttır dönemselleşmiş olarak oldukça yaygın kullanılmıştır (10, 14, 33). Son yıllarda full endoskopik debridman ve drenaj yöntemleri daha yüksek kültür oranı, daha düşük anestezi riski ve minimal invazivlik nedeniyle popülerlik kazanmaktadır. Hsiao Yu ve ark. (65) 34 spinal enfeksiyonlu hastayı perkütan full endoskopik yöntem kullanılarak tedavi etmiştir. Altı hasta enfeksiyon nöksü ile tedavi başarısızlığı olarak

tanımlandı, tekrar aynı yöntemle veya açık revizyon cerrahisi geçirdiler (65).

Lin ve ark. (27) endoskopik yöntemlerle tedavi edilen 64 spondilodiskitisli hastanın takibinde stabilite veya anterior rekonstrüksiyon için enstrümantasyon olmadan, endoskopik cerrahi tedaviden sonra kifotik açılma gelişmeyebileceğini ortaya koydular. ALL ve paravertebral bağlar boyunca sindesmofit oluşumu, doğrudan intervertebral kemik büyümesi ve faset eklemlerin kemik ankilozu dahil olmak üzere stabilite restorasyonu süreci gözlemlendi ve bu da segmental kemik ankilozu geliştirme eğilimi gösterdi. Sınırlı sagittal kifoz, özellikle yaşlı ve kırılabilir hastalarda çoğu hasta için tolere edilebilir. Etkif spondilodiskitisli hastalarda ciddi kemik yıkımı olsa bile tek başına perkütan endoskopik cerrahi güvenli ve etkili olduğunu ortaya koydular (27).

### SPİNAL TRAVMAYA ENDOSKOPİK YAKLAŞIM

Tüm yaralanmaların %60'ından fazlası omurganın yalnızca ön bölümünü etkiler, bu bölgeye daha önce yalnızca geniş cilt ve yumuşak doku kesileriyle erişilebilirdi (21). Torakolomber geçişe erişim olarak torakofrenolombotomi en kapsamlı standart müdahaleyi temsil ediyordu. Omurgaya açık erişim uygulandıktan sonra hastaların %50'ye kadarını etkileyen kronik ağrı sendromları, tek başına erişimin neden olduğu lateral göğüs ve karın duvarı yapılarında ek bir yük oluşturan derin ve kalıcı hasarın en belirgin göstergesiydi (37). Bunu en aza indirmek için geçmişte birçok farklı yol izlenmiş ve esas olarak günümüzde endoskopik/minimal invaziv ve mikrocerrahi/daha az invaziv teknik olarak bilinen iki cerrahi tekniğe yol açmıştır. Mikrocerrahi yani daha az invaziv kavramında asıl durum açık cerrahiye göre daha kısa insizyon ve derin bölgeye mikroskop aracılığıyla daha iyi hakimiyettir. Endoskopi yardımcı ya da full endoskopik cerrahilerde yani minimal invaziv kavramını tam yansıtan ameliyatlarda ise ameliyatın yapıldığı yöntem çok daha farklı olup sonuçları ise kabul edilebilir hatta daha iyi düzeye taşımaya amaçlar. Omurgada minimal invaziv cerrahinin temel avantajları, postoperatif ağrının azalması, buna bağlı olarak fonksiyonun daha erken iyileşmesi ve uygulanan ağrı kesicinin süresi ve yoğunluğunun azalmasıdır. Açık cerrahi prosedüre kıyasla daha iyi kozmetik sonuç, travmatolojide en sık temsil edilen yaş grubunu oluşturan daha genç hastalar için de önemlidir.

### Travmatik Omurga Kırığı

Travmatik omurga kırıklarının büyük bir kısmı torakolomber bileşkeyi etkiler (61). Çökme kırığı, lineer

kırıklar, patlama kırıkları, dislokasyonlar ve bunların çeşitli kombinasyonları görülebilir. Kırık varlığında öncelikle nöral yapılara bası, stabilite ve instabilite kavramları sorgulanıp sonrasında tedavi planlaması yapılmaktadır. Travmatik omurga kırıklarının tedavisi son 10 yıl içerisinde oldukça yenilikçi tedavilerle gelişmiştir (34). Dekompresyonda endoskopi yardımcı ve tam endoskopik cerrahiler ile enstrümantasyonda perkütan, navigasyon yardımcı ve robotik cerrahiler minimal invaziv cerrahinin travmatik omurga kırıklarındaki yenilikçi ve önde gelen konuları arasındadır. Bu minimal invaziv tekniklerin ortak amacı, açık ameliyatlara benzer sonuçlar elde etmek ve açık ameliyatlara bağlı morbiditeyi azaltmaktır (34).

Torakoskopik yöntemler endoskopun travmatik omurga kırıklarının tedavisindeki ilk ve en etkili kullanım yeridir. Torakolomber bileşkedeki L2 seviyesine kadar torakoskopik olarak endoskop yardımcı dekompresyon işlemleri sık uygulanır hâle gelmiştir. Endoskopun kullanım sıklığının artması, minimal invaziv diğer tekniklerin gelişmesi (perkütan enstrümantasyon gibi) ve teknolojinin gelişmesi önemli rol oynamıştır (20, 24, 48).

Tek taraflı biportal endoskopi kılavuzlu yöntem ile travmatik omurga kırığı yönetimi Quillo-Olvera ve ark. tarafından tek vakalık teknik not olarak tanımlanmıştır (42). Biportal endoskopik spinal cerrahi ile mikrocerrahiyi spinal stenozun tedavisi üzerindeki etkinliğini ve güvenilirliğini karşılaştıran sistematik derleme ve meta-analiz makalesinde önemli farklılık olmadığı görülmüştür (41). Omurga korpusunun patlama kırıklarında kanal basısının rahatlatılması amacıyla stabilizasyonun sağlanmasında minimal invaziv yöntemlerle birlikte dekompresyon için bu yöntem kullanılabilir görülmektedir. Kullanım sıklığının artması ve vaka serilerinin oluşması tedavideki etkinliğini ortaya koyacaktır.

Omurga kırıklarının değerlendirilmesinde spinal stabiliteyi belirlemek için çeşitli skorlama sistemleri mevcuttur (19, 38, 39, 58). Retropulse kemik fragman varlığı instabilite oluşturmasa da kanal çapını daraltması ya da sinir kökünü resses düzeyinde sıkıştırıp nöral bası oluşturabilmektedir. Açık cerrahilerde posterior yaklaşımlar sınırda stabilitesi olan bu hasta grubunda ameliyat tekniği gerekliliği neticesinde posterior ligamentöz kompleks hasarı ile birlikte instabilite oluşturmaktadır. Tam endoskopik omurga cerrahisinin gelişmesi ile birlikte seçili hasta grubunda sadece nöral dekompresyon amacıyla uygulanabilmektedir. Eş zamanlı olarak yine vertebroplasti-kifoplasti gibi işlemlerle birlikte de korpus güçlendirilmesi yapılarak stabilite de artırılabilir (47).

## Ateşli Silah Yaralanması

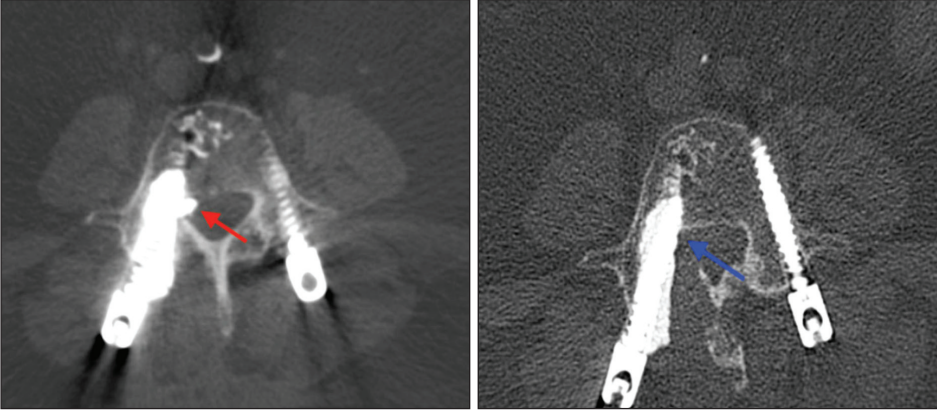
Omurga ve omurilikte ateşli silah yaralanmaları, tüm omurilik yaralanmalarının %10-21'ini oluşturur (15, 46). Omurga ateşli silah yaralanmalarının teşhisinde standart prosedür, merminin konumunu ve kemik hasarının derecesini değerlendirmeye izin veren bilgisayarlı tomografidir. Metalik cismin MR için manyetik uyumunun bilinmemesi ve etrafında ferromanyetik etki nedeniyle değerlendirme net yapılamamaktadır. Ateşli silah yaralanmalarında cerrahi gerekçeler; nörolojik defisit artışı, nöral yapılara kemik bası, BOS sızıntısı, konus ve kauda ekinada basısı, spinal instabilite, geç yaralanma döneminde enfeksiyöz komplikasyonlar ve ağrı sendromlarıdır. Standart bir tedavi yaklaşımı olmamakla birlikte BT incelemesi neticesinde cerrahin değerlendirmesine ve tedavi planlamasına göre cerrahi teknik seçilmektedir. Literatürde henüz olgu yayınları mevcut olup geniş seriler bulunmamaktadır.

Ateşli silah yaralanması neticesinde batın yaralanması olan hastanın L5 foramen yerleşimli şarapnel parçası tam endoskopik yöntemle çıkarılmıştır (18). Kravtsov ve ark. 3 vakalık serilerinde ateşli silah yaralanması olan hastalarının hepsinde tam endoskopik yöntemle spinal kanal içerisindeki kurşun parçalarını çıkarttıklarını bildirmişlerdir (23).

## Komplikasyon Yönetimi

Omurga korpusuna sement enjeksiyonu, ağırlı osteoporotik spinal kompresyon kırığı ve spinal metastaz için etkili ve güvenli bir terapötik prosedür olarak yaygın bir kabul görmüştür (5, 16, 43). Omurgada sement kullanımının artmasıyla birlikte komplikasyonları da yönetilmesi gereken bir sorun olmaya başladı. Geçici ateş, ağrı, disk aralığına sement kaçağı, pulmoner emboli, epidural hematoma, vertebra fraktürü ve kot fraktürü, epidural sement kaçağı ve buna bağlı bası veya termal hasar ile oluşan nörolojik defisit gibi sorunlar tedavi yönetiminde önem oluşturmaktadır (1, 13, 25). Spinal kanal içerisine olan kaçaklarda materyali tamamen çıkarmak için acil ve kapsamlı bir laminektomi gerekir (25). Minimal invaziv cerrahi kullanımının artması birçok alanda yenilikçi tedavi yöntemlerinin gelişmesini sağlamıştır. Spinal kanala sement kaçağının tedavisinde Chu ve ark. 3 olguda perkütan endoskopik yolla dekompresyon yapıp sement kaçağını çıkartmışlardır (3). Şentürk ve ark. sement kaçağı ve vida malpozisyonu olan bir hastada (Şekil 6) kök dekompresyonu amacıyla perkütan endoskopik translaminar yöntemle hem sement kaçağını hem de vida medialini tur ile tıraşlayarak basıyı kaldırmışlardır (53).





**Şekil 6.** Kırmızı ok ile sement kaçağı ve hafif medialize vida gösterilmektedir. Mavi ok ile dekompresyon sonrası gösterilmektedir.

## SONUÇ

Spinal cerrahide minimal invaziv cerrahi uygulamalarının artması ve endoskopinin kullanımının yaygınlaşmasıyla farklı patolojilerin tedavisinde bu yöntemler yerini almıştır. Gelecekte teknolojinin ilerlemesi ve tecrübelerin artması ile mevcut kullanımların yaygınlaşması ve farklı patolojilerde de endoskopinin kullanımı kaçınılmazdır.

## KAYNAKLAR

1. Chen Y-J, Tan T-S, Chen W-H, et al. Intradural cement leakage: a devastatingly rare complication of vertebroplasty. *Spine*. 2006;31 (12):E379-E82.
2. Chern JJ, Gordon AS, Naftel RP, et al. Intradural spinal endoscopy in children. *Journal of neurosurgery Pediatrics*. 2011;8 (1):107-11. Epub 2011/07/05.
3. Chu L, Yang J-S, Yu K-X, et al. Percutaneous Endoscopic Retrieval of Intraspinial Cement Leakage. *World Neurosurgery*. 2018;118:150-5.
4. Cwikiel W. Percutaneous drainage of abscess in psoas compartment and epidural space: Case report and review of the literature. *Acta Radiologica*. 1991;32 (2):159-61.
5. Deramond H, Depriester C, Galibert P, et al. Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate: technique, indications, and results. *Radiologic clinics of north america*. 1998;36 (3):533-46.
6. Dhandapani M, Dhandapani S, Agarwal M, et al. Pain perception following different neurosurgical procedures: a quantitative prospective study. *Contemporary Nurse*. 2016;52 (4):477-85.
7. Dhandapani S, Karthigeyan M. "Microendoscopic" versus "pure endoscopic" surgery for spinal intradural mass lesions: a comparative study and review. *The Spine Journal*. 2018;18 (9):1592-602.
8. Duarte RM, Vaccaro AR. Spinal infection: state of the art and management algorithm. *European Spine Journal*. 2013;22 (12):2787-99.
9. Fontes RBV, Wewel JT, O'Toole JE. Perioperative cost analysis of minimally invasive vs open resection of intradural extramedullary spinal cord tumors. *Neurosurgery*. 2016;78 (4):531-9.
10. Guerado E, Cerván AM. Surgical treatment of spondylodiscitis. An update. *International orthopaedics*. 2012;36 (2):413-20.
11. Hadjipavlou AG, Mader JT, Necessary JT, et al. Hematogenous pyogenic spinal infections and their surgical management. *Spine*. 2000;25 (13):1668-79.
12. Haji FA, Cenic A, Crevier L, et al. Minimally invasive approach for the resection of spinal neoplasm. *Spine*. 2011;36 (15):E1018-E26.
13. Harrington KD. Major neurological complications following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate: a case report. *JBJS*. 2001;83 (7):1070-3.
14. Ito M, Abumi K, Kotani Y, et al. Clinical outcome of posterolateral endoscopic surgery for pyogenic spondylodiscitis: results of 15 patients with serious comorbid conditions. *Spine*. 2007;32 (2):200-6.
15. Jakoi A, Iorio J, Howell R, et al. Gunshot injuries of the spine. *The Spine Journal*. 2015;15 (9):2077-85.
16. Kaemmerlen P, Thiesse P, Jonas P, et al. Percutaneous injection of orthopedic cement in metastatic vertebral lesions. *The New England Journal of Medicine*. 1989;321 (2):121-.
17. Kang T, Park SY, Lee SH, et al. Spinal epidural abscess successfully treated with biportal endoscopic spinal surgery. *Medicine*. 2019;98 (50).
18. Karaeminogullari O, Ozer O. Percutaneous Transforaminal Endoscopic Removal of Spinal Shrapnel. *World Neurosurgery*. 2020;142:179-83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.06.226>.
19. Kepler CK, Vaccaro AR, Koerner JD, et al. Reliability analysis of the AOSpine thoracolumbar spine injury classification system by a worldwide group of naïve spinal surgeons. *European spine journal*. 2016;25 (4):1082-6.



20. Kim DH, Jahng TA, Balabhadra RSV, et al. Thoracoscopic transdiaphragmatic approach to thoracolumbar junction fractures. *The Spine Journal*. 2004;4 (3):317-28.
21. Knop C, Blauth M, Bühren V, et al. Surgical treatment of injuries of the thoracolumbar transition. 1: *Epidemiology. Der Unfallchirurg*. 1999;102 (12):924-35.
22. Konakondla S, Nakhla J, Xia J, et al. A Novel Endoscopic Technique for Biopsy and Tissue Diagnosis for a Paraspinal Thoracic Tumor in a Pediatric Patient: A Case Report. *International Journal of Spine Surgery*. 2021;14 (s4):S66. doi: 10.14444/7167.
23. Kravtsov MN, Manukovsky VA, Bulshchenko GG, et al. Case Report: Full-Endoscopic Surgery for Bullet Wounds of the Spine: A Report of Three Cases. *Frontiers in Surgery*. 2022;9.
24. Le Huec J-C, Tournier C, Aunoble S, et al. Video-assisted treatment of thoracolumbar junction fractures using a specific distractor for reduction: prospective study of 50 cases. *European Spine Journal*. 2010;19 (1):27-32.
25. Lee B-J, Lee S-R, Yoo T-Y. Paraplegia as a complication of percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate: a case report. *Spine*. 2002;27 (19):E419-E22.
26. Lee B, Hsieh PC. Minimally invasive lumbar intradural extramedullary tumor resection. *Neurosurgical Focus FOC*. 2012;33 (Suppl1):1-.
27. Lin IH, Lin CY, Chang CC, et al. Percutaneous Endoscopic Surgery Alone to Treat Severe Infectious Spondylodiscitis in the Thoracolumbar Spine: A Reparative Mechanism of Spontaneous Spinal Arthrodesis. *Pain Physician*. 2022;25 (2):E299-e308.
28. Lu DC, Chou D, Mummaneni PV. A comparison of mini-open and open approaches for resection of thoracolumbar intradural spinal tumors. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2011;14 (6):758-64.
29. Mao Y, Li Y, Cui X. Percutaneous endoscopic debridement and drainage for spinal infection: Systemic review and meta-analysis. *Pain Physician*. 2019;22 (22):323-30.
30. McGirt MJ, Garcés-Ambrossi GL, Parker SL, et al. Short-term progressive spinal deformity following laminoplasty versus laminectomy for resection of intradural spinal tumors: analysis of 238 patients. *Neurosurgery*. 2010;66 (5):1005-12.
31. Mückley T, Schütz T, Schmidt MH, et al. The role of thoracoscopic spinal surgery in the management of pyogenic vertebral osteomyelitis. *Spine*. 2004;29 (11):E227-E33.
32. Newman WC, Vaynrub M, Bilsky MH, et al. Full endoscopic resection of a lumbar osteoblastoma: technical note. *Journal of Neurosurgery: Spine SPI*. 2020;33 (2):252-5.
33. Nolla JM, Ariza J, Gómez-Vaquero C, et al. Spontaneous pyogenic vertebral osteomyelitis in non-drug users 2002: Elsevier.
34. Pannu CD, Farooque K, Sharma V, et al. Minimally invasive spine surgeries for treatment of thoracolumbar fractures of spine: a systematic review. *Journal of clinical orthopaedics and trauma*. 2019;10:S147-S55.
35. Papagelopoulos PJ, Peterson HA, Ebersold MJ, et al. Spinal Column Deformity and Instability After Lumbar or Thoracolumbar Laminectomy for Intraspinous Tumors in Children and Young Adults 1996 Program Committee. *Spine*. 1997;22 (4).
36. Parihar VS, Yadav N, Yadav YR, et al. Endoscopic management of spinal intradural extramedullary tumors. *Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery*. 2017;78 (03):219-26.
37. Passlick B, Born C, Mandelkow H, et al. Langzeitbeschwerden nach minimal-invasiven thoraxchirurgischen Operationen und nach Thoracotomie. *Der Chirurg*. 2001;72 (8):934-8.
38. Patel AA, Dailey A, Brodke DS, et al. Thoracolumbar spine trauma classification: the Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score system and case examples. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2009;10 (3):201-6.
39. Patel AA, Vaccaro AR. Thoracolumbar spine trauma classification. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2010;18 (2):63-71.
40. Pola E, Logroscino CA, Gentiempo M, et al. Medical and surgical treatment of pyogenic spondylodiscitis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2012;16 (suppl 2):35-49.
41. Pranata R, Lim MA, Vania R, et al. Biportal Endoscopic Spinal Surgery versus Microscopic Decompression for Lumbar Spinal Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurgery*. 2020;138:e450-e8.
42. Quillo-Olvera J, Quillo-Olvera D, Quillo-Reséndiz J, et al. Unilateral biportal endoscopic-guided transcorporeal vertebroplasty with neural decompression for treating a traumatic lumbar fracture of L5. *World Neurosurgery*. 2020;144:74-81.
43. Rades D, Schild SE, Abrahm JL. Treatment of painful bone metastases. *Nature Reviews Clinical Oncology*. 2010;7 (4):220-9.
44. Regev GJ, Salame K, Keynan O, et al. Resection of benign vertebral tumors by minimally invasive techniques. *The Spine Journal*. 2015;15 (11):2396-403.
45. Ruetten S, Hahn P, Oezdemir S, et al. Full-endoscopic uniportal decompression in disc herniations and stenosis of the thoracic spine using the interlaminar, extraforaminal, or transthoracic retropleural approach. *Journal of Neurosurgery: Spine SPI*. 2018;29 (2):157-68.

46. Schoenfeld AJ, Laughlin MD, McCriskin BJ, et al. Spinal injuries in United States military personnel deployed to Iraq and Afghanistan: an epidemiological investigation involving 7877 combat casualties from 2005 to 2009. *Spine*. 2013;38 (20):1770-8.
47. Senturk S, Unsal UU. A new technique that percutaneous endoscopic decompression and vertebroplasty in a patient with osteoporotic vertebral fracture: a case report. *Spine*. 2020;45 (15):E967-E71.
48. Shawky A, Al-Sabroun A-MARZ, El-Meshtawy M, et al. Thoroscopically assisted corpectomy and percutaneous transpedicular instrumentation in management of burst thoracic and thoracolumbar fractures. *European Spine Journal*. 2013;22 (10):2211-8.
49. Shen J, Telfeian AE, Shaaya E, et al. Full endoscopic cervical spine surgery. *J Spine Surg*. 2020;6 (2):383-90.
50. Sobottke R, Seifert H, Fätkenheuer G, et al. Current diagnosis and treatment of spondylodiscitis. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2008;105 (10):181.
51. Stüer C, Stoffel M, Hecker J, Ringel F, Meyer B. A staged treatment algorithm for spinal infections. *Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery*. 2013;74 (02):087-95.
52. Şentürk S, Ünsal ÜÜ. Percutaneous Endoscopic Interlaminar Decompression of Hypervascular Spinal Metastases. *World Neurosurg*. 2020;134:182-6.
53. Şentürk S, Ünsal ÜÜ. Percutaneous endoscopic translaminar approach in a patient with pedicle screw malposition and cement leakage. *British Journal of Neurosurgery*. 2020:1-4.
54. Şentürk S, Ünsal ÜÜ. Percutaneous Full-Endoscopic Removal of Lumbar Intradural Extramedullary Tumor via Translaminar Approach. *World Neurosurgery*. 2019;125:146-9.
55. Tabo E, Ohkuma Y, Kimura S, et al. Successful percutaneous drainage of epidural abscess with epidural needle and catheter. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 1994;80 (6):1393-5.
56. Telfeian AE, Choi DB, Aghion DM. Transforaminal endoscopic surgery under local analgesia for ventral epidural thoracic spinal tumor: Case report. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2015;134:1-3.
57. Tumialán LM, Theodore N, Narayanan M, et al. Anatomic Basis for Minimally Invasive Resection of Intradural Extramedullary Lesions in Thoracic Spine. *World Neurosurgery*. 2018;109:e770-e7.
58. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine*. 2013;38 (23):2028-37.
59. Walter RS, King Jr JC, Manley J, et al. Spinal epidural abscess in infancy: successful percutaneous drainage in a nine-month-old and review of the literature. *The Pediatric infectious disease journal*. 1991;10 (11):860-4.
60. Wong AP, Lall RR, Dahdaleh NS, et al. Comparison of open and minimally invasive surgery for intradural-extramedullary spine tumors. *Neurosurgical focus*. 2015;39 (2):E11.
61. Wood K, Buttermann G, Mehbod A, et al. Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit: a prospective, randomized study. *JBJS*. 2003;85 (5):773-81.
62. Xie T, Qian J, Lu Y, et al. Biomechanical comparison of laminectomy, hemilaminectomy and a new minimally invasive approach in the surgical treatment of multilevel cervical intradural tumour: a finite element analysis. *European Spine Journal*. 2013;22 (12):2719-30.
63. Xie T, Xiu P, Song Y, et al. Percutaneous Endoscopic Excision and Ablation of Osteoid Osteoma of the Lumbar Spine and Sacrum: A Technical Note and Outcomes. *World Neurosurg*. 2020;133:121-6. Epub 2019/09/29.
64. Yang S-C, Fu T-S, Chen L-H, et al. Identifying pathogens of spondylodiscitis: percutaneous endoscopy or CT-guided biopsy. *Clinical orthopaedics and related research*. 2008;466 (12):3086-92.
65. Yu C-H. Full-endoscopic debridement and drainage treating spine infection and psoas muscle abscess. *Journal of Spine Surgery*. 2020;6 (2):415.
66. Yuan H, Zhang X, Zhang L-M, et al. Comparative study of curative effect of spinal endoscopic surgery and anterior cervical decompression for cervical spondylotic myelopathy. *Journal of Spine Surgery*. 2020;6 (Suppl 1):S186.
67. Zarghooni K, Röllinghoff M, Sobottke R, et al. Treatment of spondylodiscitis. *International orthopaedics*. 2012;36 (2):405-11.
68. Zong S, Zeng G, Du L, et al. Treatment results in the different surgery of intradural extramedullary tumor of 122 cases. *PLoS One*. 2014;9 (11):e111495-e.

# 69 ENDOSKOPIK TORASİK SEMPATEKTOMİ

Oktay Aslaner, Mertol Gökçe

## GİRİŞ

Sempatik sinir sistemi cerrahisi, bu bölümün anatomi ve fizyolojisinin anlaşılmasına paralel olarak cerrahi teknik ve endikasyonların gelişimi ile karakterizedir (10).

Bernard 1852’de servikal sempatik trunk’ın bölünmesinin yüzün ipsilateral sıcaklığında bir artışa neden olduğunu keşfetti. Aynı yıl nörolog ve fizyolog olan Brown-Sequard sempatik sinirlerin uyarılmasının vazokonstriksiyon ile sonuçlandığını belirtmiştir (10). İlk cerrahi sempatektomi Alexander tarafından 1889’da epilepsi tedavisi için yapılmıştır. 1913’te Leriche ve 1923’te Bruning, “raynaud fenomeni” ve diğer vazospastik bozukluklar için sempatektomiye savundular (10). 1920’de Jonnesco anjina pektoris sempatektomi ile tedavi etti. 1920’de Kotzareff hiperhidroz tedavisi için sempatektomiye bildirdi (10,35). İlk lomber sempatektomi 1923’te Royle tarafından yapıldı (10). Sempatektomi 1960’lara kadar alt ekstremitelerde iskemik lezyonları için tedavinin temel dayanağı olarak kaldı. 1942’de Hughes ilk torakoskopik sempatektomi tanımladı (10). 1954’te Kux, 1400 torakoskopik sempatektomi bildirmiştir (10, 15). Krux’un bir çalışma arkadaşı olan Wittmoser, 1950’de sempatektomi için özel bir torakoskopun kullanıldığı tek ponksiyon tekniğini bildirdi (10, 31). Aslında Wittmoser tarafından yapılan çalışmalar dorsal torasik sempatik zincirin anatomisi ve karmaşık fizyolojisinin mevcut anlaşılmasında çok önemli olmuştur.

## Sempatik Zincirin Anatomi ve Fizyolojisi

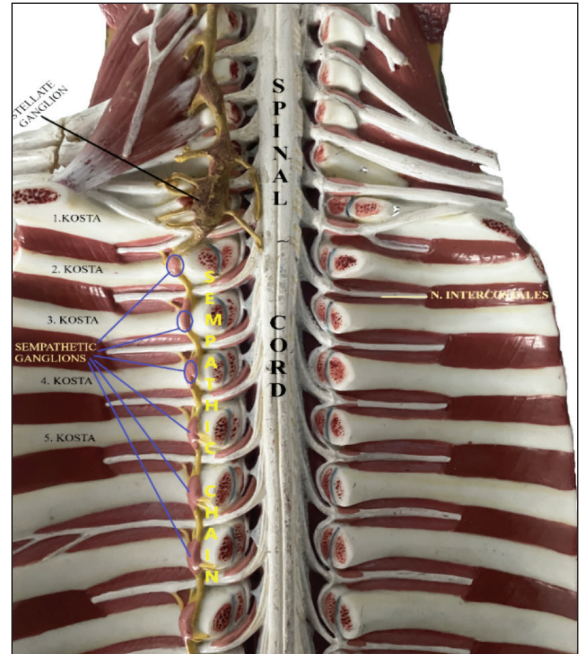
Sempatik zincir, kranium tabanından koksikse kadar uzanır. Vertebral kolonun her iki yanında yerleşir ve vücudun ipsilateral kısmına sinirler sağlar (Şekil 1). Sempatik otonom sinir sistemi iki ganglion’lu bir sistemdir. Birinci ganglion, merkezi sinir sisteminden daha spesifik olarak spinal kord’da bulunur. Santral sinir sistemi’nin preganglionik liflerine yol açan hücre gövdeleri, C8’den L2 veya L3’e kadar torako-lomber spinal kord’un intermediolateral kolonları boyunca uzanır (35) (Şekil 1).

Birinci ganglionun aksonal bileşenini temsil eden kısa miyelinli preganglionik lifler, omuriliği ön sinir kökleri içinde terk eder ve rami communicantes albi oluşturur ve ikinci ganglion ile sinaps yapar (Şekil 2).

Göğüste, ikinci ganglion torasik veya dorsal sempatik zincirdedir. Sempatik zincirdeki ikinci gangliondan gelen aksollar, rami communicantes gresi yoluyla periferik organlarla iletişim kurar.

Rami communicantes gresi, postganglionik lifleri ter bezlerine, pilomotor kaslara ve cilt ve iskelet kasındaki kan damarlarına dağıtım için omurilik sinirlerine geri taşır (2) (Şekil 2).

Yirmi iki set paravertebral sempatik ganglion, columna vertebralis’in her iki tarafında yerleşmiştir, omurilik sinirlerine beyaz ve gri rami communicantes ile bağlanır ve yan zincirleri oluşturmak için sinir gövdeleri ile birbirine bağlanır. Bunlar üst ve orta servikal



Şekil 1. Sempatik zincir, stellate ganglion sempatik ganglionlar ve interkostal sinirlerin yerleşimi.



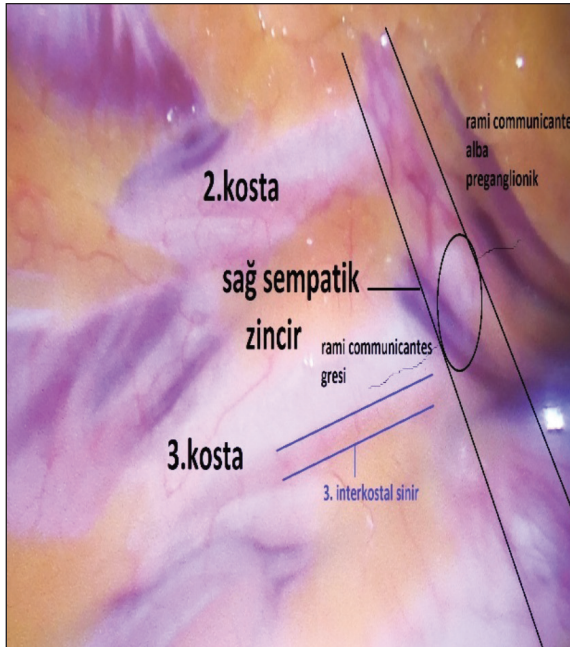
gangliyonları, stellat gangliyonu (alt servikal ve T1 gangliyonların füzyonu) ve torasik, abdominal ve pelvik sempatik gövdelerin gangliyonlarını içerir.

Eşlenmemiş prevertebral ganglionlar, vertebral kolonun ventral yüzeyine yakın karın ve pelviste bulunur. Splanknik sinirler, sempatik zincirdeki ikinci sıra ganglionlarla bağlantı kurmadan sempatik zincirden geçen birinci sıra gangliyonlardan preganglionik spinal sinirleri temsil eder. Preganglionik sempatik sinirler, sekizinci servikal segmentten (C8) ikinci veya üçüncü lomber segmente (L2 veya L3) kadar omurilikten çıkar. Sempatik zincirin gangliyonları bu segmentlerin her birinde bulunur (2,34).

Ayrıca Kuntz, bazı hastalarda anormal intratorasik sinirin varlığını tanımlamıştır (14). Bu hastalarda, postsinaptik lifler ikinci interkostal sinirle birlikte brakiyal pleksusa gider. C8 ve T1 gangliyonları, apikal plevral yansımanın üzerinde yer alan stellat gangliyonu kaynaşmıştır.

Stellat ganglion, ipsilateral yüz, göz kapağı, göz küresi ve göz bebeğine postsinaptik sempatik lifler sağlar. Stellat gangliyonun gelen postganglionik sempatik liflerin kesilmesi Horner sendromuna yol açar (24).

Hastaların çok küçük bir yüzdesinde, C8 ve T1 spinal sinirlerinden gelen presinaptik sempatik lifler, stellat ganglion içinde sinaps yapmadan önce rami interganglionare'den aşağı doğru ilerler (2) (Şekil 3).



**Şekil 2.** Sağ sempatik zincir, sempatik ganglia, pre-post ganglionik lifler ve interkostal sinir yerleşiminin intratorasik yerleşimi ve illüstrasyonu.

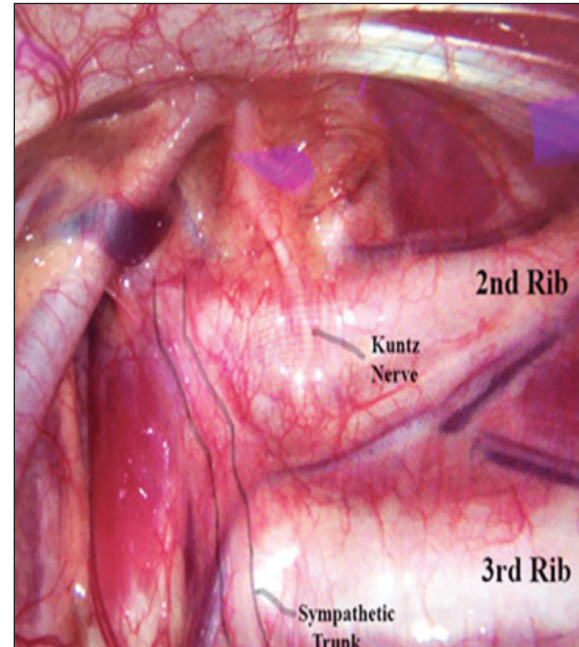
Bu bireylerde, stellat gangliyonu zarar vermeden bile sempatik zincirde yüksek olan rami interganglionare'nin kesintiye uğraması Horner sendromunu açıklayabilir. Ek olarak, çalışmalar stellat ganglionun üst ekstremitenin sempatik innervasyonunda daha önce bilinenden daha büyük bir rolü olabileceğini göstermiştir (11).

Dorsal sempatik zincirin intratorasik gangliyonları interkostal boşluklarda bulunur. Rami interganglionare, kaburgaların proksimal kısmından geçer. İkinci ve üçüncü sempatik gangliyonları eller'i besler. Üçüncü, dördüncü ve beşinci torasik sempatik gangliyonlar aksillayı besler. Dördüncü ve beşinci gangliyonlar karın duvarının derisini besler. Alt torasik ve üst lomber gangliyonlar alt ekstremiteleri besler (21).

Üst torasik sempatektominin ana etkisi, avuç içi ve koltuk altı terlemesini ortadan kaldırmaktır.

Sempatektomi vazodilatör kutanöz bir etki yaratır. Cilt kan akışı, besleyici düzeyde değil ancak termoregülatuar düzeydedir. Sempatektomi ile üst ekstremitelerde kaslardaki dolaşım değişmez. Kronik cerrahi sempatektominin önkolun vasküler fonksiyonunu değiştirmediği görülmektedir. Sempatektomi, akciğer hacimlerini ve difüzyon kapasitesini azaltıyor gibi görünmektedir (29).

T2-T3 ganglionektomi, nabız hızını ve sistolik kan basıncını önemli ölçüde azaltır, miyokardiyal oksijen



**Şekil 3.** Sol 2. kosta'nın üzerinden stellate gangliyonu uzanan "Kuntz" sinirinin intraoperatif görünümü.



ihtiyacını azaltır, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu artırır ve QT aralığını uzatır (10).

### Sempatektomi Endikasyonları (7, 13)

#### 1. Aşırı terlemeler (Hiperhidrozis)

- Ellerde Aşırı Terleme (Palmar Hiperhidrozis)
- Koltukaltı Aşırı Terlemesi (Aksiller Hiperhidrozis)
- Kafa ve Yüzde Aşırı Terleme (Kraniyofasiyal Hiperhidrozis)

#### 2. Yüz Kızarması (Blushing)

#### 3. Aritmiler

- Ventiküler Taşikardiler
- Uzun QT Sendromu

#### 4. İskemik Nedenler

- Raynoud Fenomeni
- Tromboanjitis Obliterans
- Ateroskleroz
- Skleroderma
- Lupus Eritematozis
- Paraneoplastik Sendrom

#### 5. Ağrı Kontrolü

- Angina
- Kompleks Bölgesel Ağrı Sendromu

### Hiperhidrozis

Hiperhidrozis, vücut ısısını optimal bir seviyede tutmak için organizmanın fizyolojik ihtiyaçlarının ötesinde aşırı terleme ile karakterize patolojik bir durum olarak tanımlanabilir (10).

Terleme, ektrin ve apokrin bezler ile oluşan fizyolojik bir durumdur. Ektrin bezler sempatik sistemin kolinerjik lifleri tarafından uyarılır ve bu bezlerin anormalliklerinden kaynaklanmadığı zaten bilinmektedir (6,13). Primer veya esansiyel hiperhidrozis olarak iki başlık altında toplanır.

Primer hiperhidrozis, belirgin bir nedenin yokluğunda aşırı ve kontrol edilemeyen terleme ile karakterize bir klinik antitedir. Sempatik sinir sisteminin hiperfonksiyonundan kaynaklanır ve sıklıkla duygusal stres ve durumla ilişkilidir (10). Dünya nüfusunun yaklaşık %2'sinde görülür, kadınları ve erkekleri eşit oranda etkiler ve genetik bir yatkınlığa sahip olduğu görülmektedir, (31). Primer hiperhidrozisin kesin

patofizyolojisi henüz tam olarak aydınlatılamamıştır (10, 15). Primer hiperhidrozis, otonom sinir sisteminin sempatik bileşeninin termoregülasyon kapasitesindeki bir işlev bozukluğu ile ilişkili görünmektedir. Tetiklendiğinde, aşırı ter üretimi derhal başlar ve uyarının kalıcılığına (veya olmamasına) bakılmaksızın bir "kısa devre" gibi devam eder. Oldukça sık, aşırı terleme, belirgin bir tetikleyici olmadan bile meydana gelir.

Primer hiperhidrozis'de aşırı terleme genellikle lokalizedir;

- el (palmar),
- koltuk altı (aksillar) ve/veya
- ayak (plantar) da görülebilir.

Primer hiperhidrozis en sık ellerde görülür (Şekil 4).

Kraniyofasiyal hiperhidrozis, tek başına veya yüz kızarması ile de ortaya çıkabilir.

Primer hiperhidrozisli hastalar klasik olarak yaşamın ilk on yılında (önemli ölçüde ellerde) başlayan terleme şikayetleri ile başlar ve ergenlik döneminde sempatomlar çok daha anlamlı hâle gelir. Lokalize, orta ila şiddetli fokal hiperhidrozis, cilt maserasyonu, ikincil bakteriyel ve fungal cilt enfeksiyonları dahil olmak üzere önemli morbidite ile ilişkilidir (27,35). Primer hiperhidrozis'de tipik olarak terleme atakları hasta uyanık iken meydana gelir. Fiziksel, psikolojik ve duygusal stresler kötüleşme eğilimindedir. Bu hastalığın özelliği, kişinin yaşam kalitesi üzerinde göz ardı



**Şekil 4.** Primer palmar hiperhidrozis olan hastanın el görünümü.

edilemeyecek etkiler taşır, utanma duygusuna, düşük benlik saygısına ve psikolojik sıkıntıya yol açabilir.

Sekonder hiperhidrozis ise, hiperhidrozisin hastalığın kendisi olmadığı, yalnızca altta yatan başka bir sürecin klinik bir tezahürüdür (10, 19). Hasta uyanırken veya uyurken epizodlar meydana gelebilir ve stresin etkisi daha az belirgindir. Terlemede gündüz gece ayrımı olmaması tipiktir. Olası nedenler arasında; lokal sıcaklık, obezite, hipertiroidizm, diabetes mellitus gibi sistemik bozukluklar, pre/peri-menopoz rahatsızlıkları, nöroendokrin tümörler, hematolojik maligniteler, nörolojik hastalıklar, omurilik yaralanmalarının yanı sıra tüberküloz ve diğer enfeksiyonlar sekonder hiperhidrozis sebepleri arasındadır (10, 19). Etiyoloji ne olursa olsun, sekonder hiperhidrozis'li hastalar cerrahi aday olarak kabul edilmemeli ve terlemenin altında yatan nedene odaklanan klinik tedaviye yönlendirilmelidir (10).

Primer hiperhidroz tanısını koymak için dikkatli bir fizik muayene ile hastanın anamnezi en değerli tanı araçlarıdır ve genellikle yeterlidir (10, 19, 35). Ter üretimini nesnel olarak ölçmek için spesifik muayeneler gerçekten mevcuttur, ancak bunlar klinik uygulamada rutin olarak kullanılmazlar.

Primer hiperhidrozis'in cerrahi olmayan tedavisinde çok çeşitli uygulamalar vardır.

Bu tedaviler gerçekten de cerrahi müdahalelerden daha az invazivdir, ancak hepsi yalnızca palyatif bir uygulamadır ve tedavi bir kez kesildiğinde semptomlar hemen hemen tüm hastalarda tekrarlar. Topikal ajanlar, antikolinergik ilaçlar, iyontoforez ve botulinum toksini kullanılmaktadır, ancak bu tedaviler geçici düzelme oluştururlar etki süresi (3-4 ay) geçince şikayetler geri döner (28).

Botulinum toksin A lokal enjeksiyonu (Botox®—Allergan Inc., Irvine, California, USA) sıklıkla kullanılır ve iyi sonuçlar verir. İşlem, terleme bölgesine çok sayıda enjeksiyon gerektirir ve yüksek maliyeti de bir sorun olabilir. Ancak bu tedavinin her üç ila altı ayda bir tekrarlanması gerekmektedir. Enjeksiyonlar tekrarlanmazsa semptomlar tekrar ortaya çıkar (6).

Enerji bazlı cihazlarla ter bezlerinin ablastasyonu, özellikle aksiller vakalarda hiperhidrozu tedavi etmek için umut verici bir cerrahi olmayan alternatiftir (10).

Cerrahi olmayan sempatektomiye gerçekleştirmek için: perkütan fenolün enjeksiyonu; CT kılavuzlu fenol enjeksiyonu; ve perkütan radyofrekans termal ablastasyon yöntemleri uygulanmış ancak bu teknikler, işlemden kısa bir süre sonra çok yüksek nüks oranları nedeniyle engellenmiştir (35).

FDA tarafından onaylanan cihazlar mikrodalga enerjisi yüksek yoğunluklu odaklanmış ultrason veya lazer tedavisi kullanır. Kullanılan enerji türü ne olursa olsun, etkilenen bölgedeki (genellikle koltuk altı) ter bezlerinin ablastasyonu ve yıkımı yolu ile tedavi amaçlanmaktadır. Ancak ektrin ter bezlerinin yenilenmediği gerçeği göz önüne alındığında, bu tedaviler teorik olarak teri kalıcı olarak yok edebilir (3).

Aksiller hiperhidroz için özel olarak geliştirilmiş alüminyum bazlı ter önleyicilerin kullanımı, yaygın bir uygulamadır. Ancak bu yöntemde uzun vadeli çözüm üretmemektedir.

Ek olarak aksiller hiperhidroz hastaları için ter bezlerini içeren lokal dokunun rezeksiyonu, ve/veya küretajı gibi lokal cerrahilerle de tedavi edilebildiğini bildiren makaleler bulunmaktadır (16, 32).

Hiperhidrozis cerrahi tedavisi için ilk sempatektomi 1920'de Kotzareff tarafından yapıldı. Hughes 1942'de ilk torakoskopik sempatektomiye yayınladı ve hem cerrahi deneyim hem de minimal invaziv cihazların gelişmesiyle birlikte endoskopik torakal sempatektomi (ETS) videotorakoskopi yardımıyla torasik cerrahi (VATS) ile yapılmaktadır (10). Torasik Sempatektomi için birçok cerrahi yaklaşım tanımlanmıştır (13,14).

- posterior torasik yaklaşım
- servikal supraklavikuler yaklaşım
- transtorasik yaklaşım
- transaksiller yaklaşım
- torakoskopik yaklaşım
- robotik torakoskopik yaklaşım

Hiperhidrozis cerrahi tedavisinin başarısı, doğru prosedür için doğru hastanın seçimine bağlıdır. Göğüs Cerrahileri Derneği (STS), literatürün geniş bir incelemesinden sonra, hiperhidrozis cerrahi tedavisi için 2011 yılında bir konsensus yayınladı (32).

Hiperhidrozun teşhisi doğrulandıktan ve cerrahi endikasyon iyi bir şekilde belirlendikten sonra tüm potansiyel riskleri ve faydaları hastayla paylaşarak ETS'yi önermeyi tercih ediyoruz (4,23). Bu çok önemli; çünkü sadece hasta ve/veya ebeveyni istiyor diye operasyonu yapmayı uygun bulmuyoruz!!! Bu ilkeye saygı duyulduğunda, kompensatuar hiperhidroz hastalar tarafından daha fazla tolere edilebilme, kişisel tatmin artmakta ve genç yaşların hastalığı olan hiperhidrozda kompensatuar hiperhidroz gelişse bile semptomların tedavi edilmesi, hastalar tarafından tedavinin başarılı olduğu göstergesi olarak kabul edilmektedir (4).

Hastalar ve ebeveynleri, mevcut tüm tedavi seçenekleri ve her birinin olası faydaları, sakıncaları, beklenen sonuçları ve olası komplikasyonları (istenmeyen yan etkiler, kompensatuar hiperhidrozis) hakkında tam ve net bir şekilde bilgilendirilmelidir (23).

ETS sonrası en iyi sonuçlar, semptomların kaybolduğu ve yaşam kalitesinin %100'e yakın olduğu palmar hiperhidrozlu hastalarda elde edilir. Bu hastalarda ETS birinci basamak tedavi olarak düşünülmelidir (7, 27).

Palmar-aksiller şikayetleri olanlar da büyük ölçüde el terlemesinin kontrolü nedeniyle ameliyattan sonra en memnun olanlar arasındadır (7, 10, 13, 35, 19).

Fasiyal hiperhidrozis ve/veya yüz kızarması olan hastalar belirli bir grubu oluşturur. Sempatektomi sonrası sonuçları semptomların tedavisi açısından çok etkilidir.

Bununla birlikte, sempatik gövdeyi yüksek düzeyde kesintiye uğratma ihtiyacı nedeniyle (ikinci kaburga/ikinci torasik ganglion), görülme sıklığı ve şiddeti açısından diğer tüm hastalardan daha yüksek kompensatuar hiperhidrozis riskine maruz kalırlar. Bu nedenle, bu hastalar cerrahi tedavi için dikkatlice seçilmelidir (10).

Sempatektomiye gönderilen her hastada yaklaşılması gereken sempatik zincirin hedef seviyeleri, STS konsensüsünün önerdiği gibi hiperhidrozis konumuna göre ve kompensatuar hiperhidrozis riski göz önünde bulundurularak belirlenmelidir (7).

Primer hiperhidrozlu hastaların çoğu genç ve sağlıklıdır bu da preop hazırlığı kolaylaştırır. Hastanın tıbbi geçmişiyle ilgili herhangi bir komorbiditesi yoksa genellikle temel bir kan analizi ve basit bir göğüs röntgeni isteriz. Anamnez sırasında, daha önce geçirilmiş pulmoner enfeksiyonlar, pnömotoraks, plevral efüzyon ve intratorasik cerrahi müdahaleler gibi herhangi bir durumun araştırılması operasyonda karşılaşılabilecek plevral adhezyonlar için önemlidir. Aslında, ETS için mutlak bir kontrendikasyon yoktur.

Obez ve aşırı kilolu hastalar, ETS'den sonra iyi yanıt vermeme eğilimindedir ve ciddi konservatif hiperhidrozis riski altındadır. STS konsensüsüne göre, hastalar cerrahi aday olarak kabul edilmeden önce vücut kütle indeksi (VKİ) <28'e ulaşmaları için teşvik edilmelidir (7).

Nörolojik hastalıklarla başvuran ve/veya psikiyatrik tedavi gören hastalar dikkatle değerlendirilmelidir.

Bu durumlarda kullanılan birçok ilaç, yaygın bir yan etki olarak hiperhidrozis'e neden olabilir ve ETS endike değildir (1).

### Cerrahi Tedavi

Cerrahi tedavi'de minimal invaziv cerrahi teknikler tanımlanmıştır. Bu minimal invaziv teknikler (uniportal, biportal, triportal ve robotic etc.) arasında tedavi başarısı bakımından anlamlı bir fark bulunmadığı gösterilmiştir (7). Cerrahi teknik; biz güncel olarak uniportal (tek port) video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) anterior yaklaşım ile sempatektomi operasyonunu yapıyoruz (Şekil 5), ancak biportal VATS da yaygın olarak kullanılmaktadır.



**Şekil 5.** Anterior pozisyonda uniportal VATS yaklaşımı ile sempatektomi operasyonu.



Sempatik zincir, omurganın her iki tarafında, kaburgaların vertebralara eklem yaptıkları noktanın lateralinde parietal plevranın altında seyreder.

Sempatik zincir, hastaların çoğunda görülen beyaz renkte bir kordondur. Bazen parietal plevranın aşırı yağlı olması durumunda sempatik zincir net bir şekilde görülemeyebilir. İntratorasik olarak en yukarıda 2. kosta yer alır ve altındaki 3. kosta kolay tanımlanması nedeniyle, sempatik gövdenin kesintisinin tam yerini yönlendirmek için STS konsensüsü tarafından anatomik işaret olarak kabul edilmiştir (7, 10). Sempatik zincir boyunca kostaların hemen altında ganglionlar (G) yer alır. G2 ganglionu genellikle ikinci kaburganın dibine yakın ikinci interkostal boşlukta yer alır (33).

Stellat ganglion intratorasik sempatik zincirin en üst kısmıdır ve hiperhidroz için tüm torasik sempatektomilerde kesinlikle kaçınılmalıdır. Bu önemli yapı her zaman kolayca görülmez, ancak gövde eksenine boyunca uzanır, subklavyen arter ve birinci kaburganın altındaki yağlı dokuya gömülüdür (20).

Mediastene daha da mediale doğru gidildiğinde önemli damar yapıları (sağda superior vena kava ve solda aort) fark edilmelidir. Ana sempatik gövdenin kranio-fasiyal disrefleksi için R3 seviyesinde, palmar ve palmar-aksiller için R3-R4, aksiller için R4 ve palmar ve plantar hiperhidroz için R3-R5 seviyesinde diseksiyonu ve eksizyonu yapılmaktadır.

Operasyon pozisyonu semi-fowler pozisyonunda her iki kol 90° nin yukarıda şeklinde operasyonun hızlı bilateral yapılmasına olanak verdiği için günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedir.

Gövdeden çıkan küçük kollateral lifler, değişken miktarda hastada bulunabilir. Bunlar "Kuntz sinirleri"dir. Brakiyal pleksusa alternatif nöral yol olarak hareket ederek, ETS'den sonra kalıcı hiperhidrozdan sorumlu olabilirler. Bundan kaçınmak için, bu küçük sinirlerin düzgün bir şekilde kesilebilmesi için zincir kesintisinin, periostu soyana kadar kaburgaların iç yüzü üzerinde yanal olarak yaklaşık 2 cm uzatılması tavsiye edilir. Bazı eleştirmenler bunun Kuntz sinirlerinin her zaman mevcut olmadığını belirtmişlerdir (36).

Ek olarak T3-T4 ganglionların rami communican'ları da koterize veya eksize edilebilir. Sempatik zincir anatomisindeki anatomik değişkenlik nadir değildir.

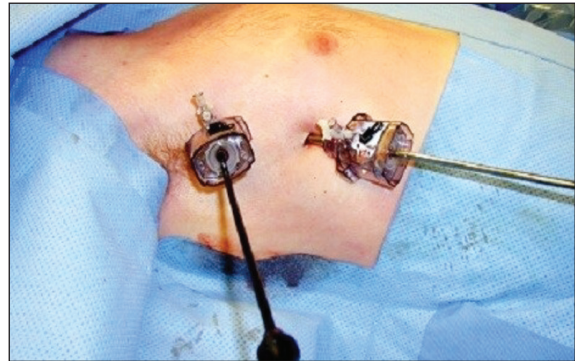
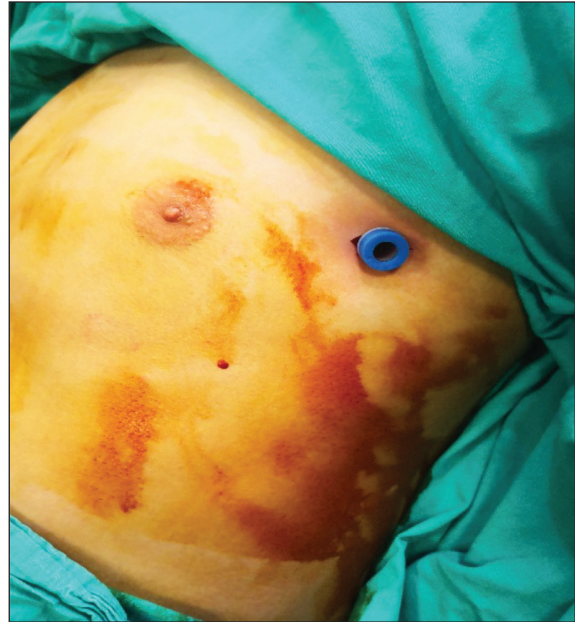
Farklı bireyler arasında görülmekle birlikte aynı hastada sağ ve sol taraflar arasında da farklılıklar görülebilir.

Boyama ve steril örtünmeyi takiben 4. veya 5. interkostal aralıktan ön aksiller hattın kullanacağımız 1-2

cm'lik bir insizyon yapılır. Eğer iki port kullanılacaksa 5. mm'lik torakar ve optik tercih edilmeli ve kesi 1. cm'i geçmemelidir. İki port kullanılacaksa ikinci port 3. interkostal aralıktan ve yine ön aksiller hattın konulur (26) (Şekil 6).

Birinci porttan kamera yerleştirilir. 30 derecelik optikler daha iyi görüş alanı sağladığı için sıklıkla tercih edilir. Ancak sıfır derece optiklerde cerrahın alışkanlığına bağlı olarak kullanılabilir. Plevral yapışıklık olup olmadığı kontrol edilir. Eğer ayrıştırılabilecek plevral yapışıklıklar varsa bunlar endokoter veya endomakas yardımıyla ayrıştırılır. Kamera ile mediasten tarafında paravertebral alanda torakal sempatik zincir görülür (Şekil 7).

Sempatik zincir torakal vertebraların lateralinde kostaların üzerinde parietal plevra ile kaplı parlak beyaz görünümündedir. Posterior 2. kosta belirlenir. Eğer tek porttan işlem gerçekleştiriliyorsa kamera



**Şekil 6.** Beşinci (5.) interkostal aralıktan kamera portlarının ve 3. interkostal aralıktan operasyon portalının yerleştirilmiş hali.



portundan, değilse ikinci porttan endohook toraksa sokulur ve sempatik zincirin yakınında 2. kostanın üzerine konularak paryetal plevra koterize edilir.

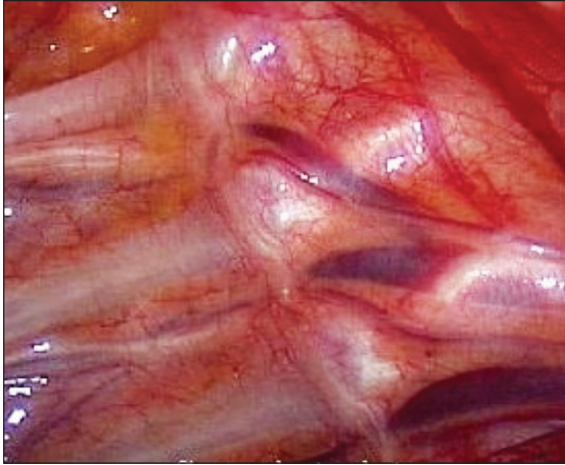
Sonrasında koterize edilen kısımdan endohook yardımıyla paryetal plevra kaldırılarak sempatik zincir boyunca aşağıya doğru koterize edilir. Böylece sempatik zincirin üzerindeki paryetal plevra kaldırılarak sempatik zincir açığa çıkarılmış olur (Şekil 8).

Sonrasında yine endohook yardımıyla sempatik zincir T2-4 aralığında dönülerek posteriordan serbestleştirilir (Şekil 9).

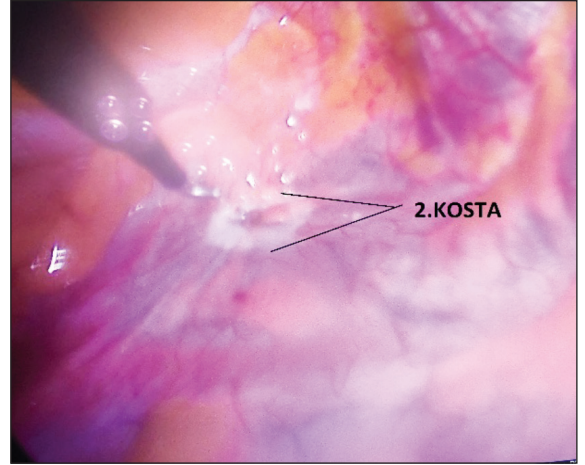
Bu aşamadan sonra sempatik zincirin T2-4 aralığındaki bağlantının koparılmasında cerrahlara göre değişen üç yöntem tercih edilmektedir. Bunlar; klipsleme, koterizasyon ve makasla kesme. En sık tercih edilen yöntem klipsleme yöntemidir. Klipsleme için endohook torakstan çıkarıldıktan sonra kamera portalın-

dan veya açılmışsa 2. portaldan endoklips toraksa sokulur ve T2-4 aralığı klipslenir (Şekil 10).

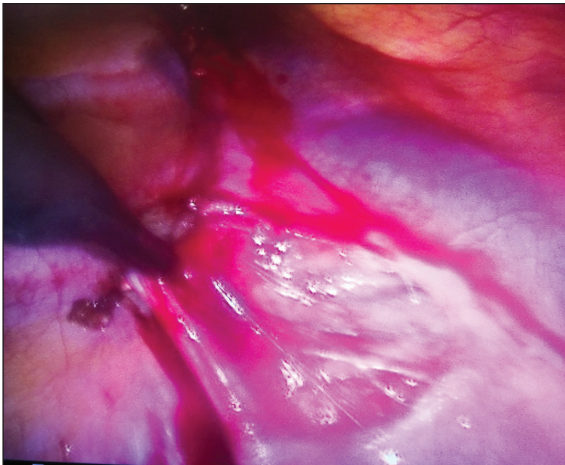
Eğer diğer yöntemler tercih edilecekse aynı bölge koterle veya makasla kesilerek bağlantısı sonlandırılır. Klipsleme yöntemi horner sendromu, dayanılmaz kompensatuvar aşırı terleme gibi komplikasyonların gelişmesi hâlinde klipslerin tekrar çıkartılarak bu tarz komplikasyonların giderilebilmesine imkân vermek amacıyla yapılır. Bazı çalışmalarda klipslerin tekrar çıkarılması işlemi yapılmış ve komplikasyonlarda %30-40 arasında düzelme görüldüğü bildirilmiştir (18). Ancak klipsleme yöntemi sonrasında sempatik zincirde oluşan hasarın geri dönüşümsüz olduğunu bildiren yayınlarda vardır (22). Koterizasyon ve makasla kesme işlemi sonrasında ise sempatik zincirde oluşan hasar geri dönüşümsüz hâle gelmiş olur (12). Her üç yöntemden herhangi birisiyle sempatektomi işlemi gerçekleştirildikten sonra akciğer tama-



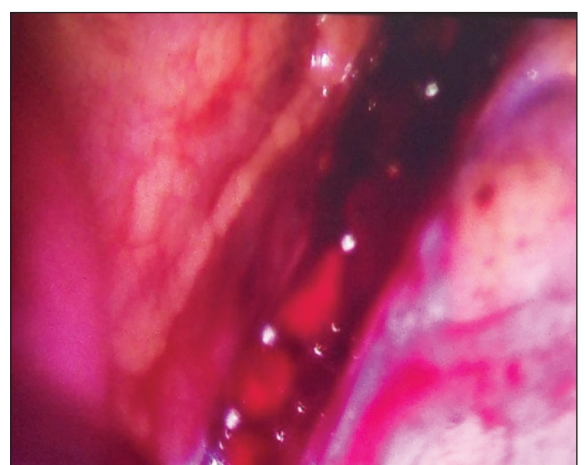
**Şekil 7.** Torakal sempatik zincirin endoskopik görüntüsü.



**Şekil 8.** Paryetal plevranın endohook ile koterize edilerek sempatik zincirin açığa çıkartılması.



**Şekil 9.** Sempatik zincirin endohook ile dönülerek posteriordan serbestleştirilmesi.



**Şekil 10.** Torasik sempatik zincirin kliplenmiş görüntüsü.

men ekspansede edilir ve torakar açıklıkları kapatılır. Akciğer parankimine hasar vermek gibi herhangi bir komplikasyon gelişmemişse toraksa göğüs tüpü koymaya gerek yoktur. Torakar açıklıklarını kapatmadan önce kimi cerrahlar portaldan apekse ince bir aspirasyon sondası koyup ucunu dışarıdaki su dolu bir tasın içine koyarak akciğeri ventile ettirmekte ve bu sayede torakstaki havanın tamamen boşalmasını amaçlamaktadırlar (17).

ETS ameliyatları genellikle bilateral olarak yapılır. Aynı seansta işlem karşı taraf içinde tekrarlanır. Her iki taraf içinde ETS öncesi ve sonrası anestezi- sten elleri kontrol etmesi için yardım alınabilir. İşlem sonrasında ellerdeki terlemenin derhal kaybolduğu ve ellerde bir miktar ısı artışı meydana geldiği hissedilecektir.

### Posterior Yaklaşım

Hasta prone pozisyonunda, kalçadan fleksiyona getirilmiş şekilde, kollar 90 derece açılmış, önkollar skapulaya paralel olacak şekilde ve sabitlenmiş olarak hastaya şekil verilir. Bu pozisyon çakı şeklinde pozisyon vermek (jackknife position) olarak da adlandırılır. Bu pozisyonu tercih eden cerrahlar posterior yaklaşım sayesinde çift lümenli entübasyona gerek kalmadan ve tidal volümü %30 azaltıp solunum sayısının artırılmasıyla sempatik zincirin rahatlıkla görülüp opere edilebileceğini belirtmişlerdir. Bu pozisyon sayesinde akciğerin ventral olarak hareket ettiği ve sempatik zincirin açığa çıktığı ifade edilmiştir. Pozisyon verildikten sonra skapulanın alt ucunun distalinden yaklaşık 6. interkostal aralıktan toraksa Verres iğnesi sokulur ve maksimum 4 mmHg basınçla CO<sub>2</sub> verilir. Sonrasında Verres iğnesi çıkarılarak aynı yerden kamera portalı yerleştirilir. 2. ve 4. interkostal aralıktan skapulaya medial olarak iki adet daha port yerleştirilir. Bu portlardan cerrahi aletler yerleştirilerek sempatik zincirin üzerindeki paryetal plevra endohook yardımıyla kaldırılıp koterize edilir sonrasında sempatik zincirin T2-4 segmentine klipsleme, koterizasyon veya makasla kesme işlemi yapılır. Torakstaki hava düşük basınçla aspire edilirken akciğer ventile edilir, akciğer tam ekspansede olduğunda torakar açıklıkları kapatılır. Bazı cerrahlar işlem sonrasında 24 saat süreyle hastaların göğüs tüpüyle takip edilmesini önermişlerdir. Aynı işlem hastaya farklı bir pozisyon vermeden karşı taraf içinde tekrarlanır.

### Lateral Yaklaşım

Bu pozisyon tercihinde genellikle çift lümenli entübasyon tercih edilir. Hasta lateral dekübit pozisyonunda yatırılır. Aynı taraf bacak fleksiyona getirilir ve bacaklar arasına basıyı engellemek için yastık veya

yeşil örtü konulur. Hastanın altına skapula hizasından rulo yastık konularak işlem yapılacak taraftaki kostaların bir miktar ayrılmasını sağlanır. Üstteki kol 90 derece ekstansiyona getirilir. Ön kolda yere paralel olacak şekilde getirilip sipere sabitlenir. Boyama ve steril örtünmeyi takiben operasyon tarafındaki akciğer kollebe edilir. Toraksa 2 adet torakar yerleştirilir. Bunlardan bir tanesi arka aksiller hat ve 5. interkostal aralık, diğeri orta aksiller hat ve 3. interkostal aralıktır. Alt porttan kamera yerleştirilir. Üstteki porttan cerrahi işlem yapılır. Sempatik zincir görüntülenir. Görüntülenme esnasında akciğerin yer çekimi etkisiyle aşağıya incek şekilde ameliyat masasına ufak pozisyonlar verilebilir. Sempatik zincir görüntüledikten sonra standart olarak endohook yardımıyla paryetal plevra kaldırılarak sempatik zincir açığa çıkartılır ve klipsleme, koterizasyon veya makasla kesme yöntemlerinden birisiyle T2-4 segmentleri arasında blokaj sağlanır. Sonrasında karşı taraf için hasta diğer lateral tarafa çevrilerek tekrar pozisyon verilmesi gerekir ve aynı işlem karşı taraf içinde tekrarlanır. Bu pozisyonu tercih eden cerrahlar işlemden sonra en geç 24 saat içinde çekilmek üzere 16f göğüs tüpü takılmasını önermektedirler (30).

Bu 3 pozisyon arasında en sık tercih edilen hatta bazı cerrahlar tarafından standart kabul edilen hasta 45 derece oturur pozisyonundaki anterior yaklaşımdır. Portal seçimi olarak da özellikle estetik kaygılar nedeniyle sıklıkla tekli portal seçimi tercih edilmektedir. İşlem sonrasında komplikasyon gelişmemişse cerrahlar artık göğüs tüpü koymamaktadırlar. Cerrahi işlem süreleri bilateral ETS için standart bir ameliyatta cerrahi tecrübeye bağlı olarak birlikte 20-50 dakika arasında değişmektedir.

Ülkemizde ve yurtdışında yapılan birçok çalışmada memnuniyet oranları %90-97 arasında bulunmuştur (12). Bu oldukça yüksek bir orandır. Memnuniyetsizlik belirtilerinin en sık nedeni kompensatuvar aşırı terlemedir. Bu oran yapılan çalışmalarda ETS ameliyatları sonrasında %22,5 ile %33 oranında görülmüştür (37).

Literatürde sempatik zincire yaklaşım yolu olarak tanımlanmış, transareolar uniportal ve entübasyonsuz yöntem, transumbikal yöntem ve subksifoidal yöntem gibi ekstrem yöntemler de mevcuttur (30).

## ETS'DE CERRAHİ ZORLUKLAR

### Anesteziye Ait Zorluklar ve Komplikasyonlar

Günümüzde ETS ameliyatlarında en sık tercih edilen entübasyon şekli çift lümenli entübasyondur. Çift lümenli entübasyon tüpü ile entübe etmek; anestezi- stlerin sıklıkla kullandıkları ve alışkın oldukları tek

lümenli entübasyona göre daha özellikli ve maharet isteyen bir entübasyon şeklidir. Entübasyonda rastlanan en sık zorluk entübasyon tüpünün trakeobronşial sisteme uygun yerleştirilememesidir. Bunu engellemek için en uygun yöntem tüpün ince fiberoptik bronkoskop eşliğinde trakeobronşial sistemi görecelik olarak yerleştirmektir. Fakat bu entübasyon tüplerine uygun incelikte fiberoptik bronkoskoplar birçok yerde bulunmamakta, anestezi uzmanları oskültasyon bulgularına göre tüpün yerinde değişiklikler yaparak uygun yeri bulmaktadırlar. Entübasyon sonrasında hastaya pozisyon verirken tüpte oluşabilecek ufak oynamalar cerrahi işlem esnasında istenilen akciğer kollapsını veya akciğerin şişirilebilmesini engelleyebilmekte bu nedenle de cerrahi işlemi oldukça zora sokabilmekte hatta bazen imkânsız hâle getirebilmektedir. O nedenle hastaya pozisyon verildikten sonra boyamadan önce hasta son bir kez daha oskulte edilerek tüpün doğru yerleştiğinden emin olunmalıdır. Uygun yerleştirilmeyen entübasyon tüpü nedeniyle tek akciğer ventilasyonu esnasında karşı akciğerinde havalanamaması ve buna bağlı hipoksik durumların ortaya çıkması olasıdır.

Çift lümenli entübasyon tüpleri tek lümenli entübasyon tüplerine göre daha kalın olmakta ve operasyon sonrasında larengeal bölgede daha fazla ağrıya ve geçici ses kısıklıklarına yol açabilmektedir. Bazı hastalarda tek taraflı kalıcı vokal kord paralizileri bildirilmiştir (5).

Çift lümenli entübasyon tüpünün içinde bulunan uzun ve sert guide'in entübe ederken uygun zamanda çekilmemesi sonucu trakea rüptürleri oluşabilmektedir (25).

### Görüntüleme Yöntemleri ve Cerrahi Aletlerden Kaynaklanan Zorluklar

Endoskopik görüntüleme sistemi cerrahın gözüdür. Bu sistemde oluşabilecek bozulmalar sistemin netliğini etkileyebilmekte ve uygun görüntülemeye imkân sağlamamaktadır. O nedenle netliğinden emin olunmayan görüntüleme yöntemleriyle cerrahi yapılmamalıdır.

Cerrahi aletler, klips ve kullanılacaksa koter standardizasyona uygun kalitede olmalıdır. Uygun olmayan cerrahi aletler işlem esnasında ve sonrasında bazen telafisi mümkün olmayan komplikasyonlara davetiye çıkarmak demektir (30).

### Anatomik Varyasyonlara Bağlı Zorluklar

Toraks içi anatomik varyasyonlar konjenital veya sonradan kazanılmış olabilir.

**Plevral yapışıklıklar:** Endotorasik tüm girişimler

için plevral yapışıklıklar önemli bir zorluk sebebidir. Plevral yapışıklık varlığını önceden tespit edilecek herhangi bir test veya görüntüleme yöntemi yoktur. Hastanın özgeçmişinde; geçirilmiş plevral hastalıklar, plevral efüzyon, pnömotoraks öyküsü, herhangi bir sebeple tüp torakostomi uygulanma öyküsü, pnömoni öyküsü, tüberküloz öyküsü ve herhangi bir sebeple geçirilmiş toraks cerrahisi gibi hadiselerin varlığında operasyon öncesinde plevral yapışıklık beklenmeli ve cerrahi planlama ona göre yapılmalıdır.

Olası plevral yapışıklık durumunda kamera portu yapışıklığın en az olabileceği yerden yerleştirilmelidir. Görüntüleme yapışıklıkların giderilebileceği ve giderildiğinde endoskopik girişime uygun hâle gelebileceği düşünülürse plevral yapışıklıklar endokoter yöntemiyle giderilmelidir. Plevral yapışıklık sekonder vaskülerizasyona yol açtığından yapışıklıkların giderilmesi sonrası iyi bir kanama kontrolü yapıp sempatektomiye sonra başlanmalıdır.

Literatürde plevral yapışıklık oranı %6,5 olarak belirtilmiştir. Bu yapışıklıkların %2 sinde kapalı ameliyat yapmak mümkün olmamıştır (30).

**Azigos lob varlığı:** Sık görülmeyen bir anatomik varyasyondur. Sağ taraftan yapılacak ETS'de zorluk sebebidir. Akciğer grafisinde azigos lob varlığından şüphelenilebilir ve toraks tomografisi ile varlığı saptanabilir.

Böyle bir durumda hasta önceden bilgilendirilmelidir. Operasyon esnasında ekstra portal açılması gerekebilir. Sempatik zincir üzerindeki azigos lob uzaklaştırılırken parankim hasarı oluşturmamaya dikkat etmek gerekir (9).

**Skolyoz ve Torasik Aort Anevrizması varlığı:** Sol hemitoraksta yapılacak ETS için zorluk sebebidir. 30 veya 45 dereceli optiklerin kullanılması önerilir. Kamera portalını yerleştirdikten sonra ek portal ihtiyacı olursa portalların yeri pozisyona göre ayarlanmalıdır (9).

## ETS'NİN KOMPLİKASYONLARI (9)

### Erken Dönem Komplikasyonları

**Pnömotoraks:** En sık görülen komplikasyondur. Pnömotoraks oluşmasının iki nedeni vardır. En sık görüleni operasyon sonrası akciğerin yeterince ekspansiyon edilmeden toraksın kapatılması, bir diğeri de operasyon esnasında akciğer parankim yaralanmasıdır. Her iki sebepten kaynaklanan pnömotoraks görülme oranı literatürde %25'i bulmaktadır. Ancak bunlardan % 5'ine göğüs tüpü takmak gerekmektedir. Sıklıkla ilk torakar yerleşimi esnasındaki dikkatsiz-



lik nedeniyle akciğer parankim hasarı meydana gelir. Sonraki en sık neden ise apikal bül veya beleb varlığıdır. Oluşan parankim hasarı mutlaka giderilmelidir. Bunun için apikal bül varlığında endostaplerler kullanılabilir. Parankimde oluşan hasar endoskopik olarak sütüre edilmeli, operasyon sonrası hava kaçığının devam edeceğinden şüpheleniliyorsa plörediz yapılmalıdır. Operasyon sonrası akciğerin yeterince ekspansiyon edilmemesinden kaynaklanan pnömotoraksların hemen tamamı takipte kaybolmaktadır.

**Cilt altı Amfizemi:** Operasyon sonrası çekilen kontrol akciğer grafiğinde görülür. Pnömotoraks eşlik edebilir. Pnömotoraks ve parankimde hava kaçığı varsa bu durumu göstermesi açısından anlamlıdır. Torakaların giriş yerlerinde görülebilir. Klinik olarak anlamlı değildir. Takipte kaybolur.

**Atektazi:** Çok nadir görülür. Genellikle yeterli analjezi sağlandıktan sonra hastaya solunum fizyoterapisi yaptırılıp bronşiyal sistemdeki sekresyonların atılması sonrası kaybolur.

**Plevral Efüzyon:** Nadir görülen bir komplikasyondur. Literatürde %1'in altında bildirilmiştir. Bildirilen herhangi bir masif plevral efüzyon vakası yoktur. Tespit edilen minimal plevral efüzyonlarda herhangi bir müdahaleye gerek duymadan takipte kaybolur.

**Hemotoraks:** Arteriyel kanamaların en sık nedeni interkostal arterler ve subklaviyan arter yaralanmalarıdır. Subklavian arter yaralanmalarında genellikle açık cerrahi ile onarım gerekir. İnterkostal arter yaralanmaları sıklıkla torakar yerlerinde olur. Bası ile bazen de klipsleme ile kontrol altına alınır. Venöz yaralanmalar; torakar giriş yerlerindeki interkostal venlerden veya sempatik zincirin diseksiyonu esnasında sempatik zincir etrafındaki interkostal venlerden kaynaklanır. Sıklıkla koterizasyon, bası uygulanması veya klipsleme ile kontrol altına alınır. Literatürde hemotoraks görülme oranları %0 ile %5 arasındadır.

**Şilotoraks:** Sağ veya sol sempatektomi esnasında duktus torasikus yaralanabilir. Operasyon esnasında tespit edilirse duktusun klipslenmesi önerilir. Operasyon sonrası tespit edilen şilotorakslarda tedavi göğüs tüpü takılması ve yağdan fakir diyetle hastanın takip edilmesidir.

**Hematoma ve insizyonal enfeksiyonlar:** Her cerrahi işlem sonrası yara yerinde görülebilecek komplikasyonlardandır. Ufak bir insizyonla hematoma veya enfektif odağın boşaltılması gerekir. Günlük pansuman ve yara yeri bakımı ile giderilir.

**Şiddetli ağrı:** ETS sonrası portal yerleşim bölgelerinde ve bazen retrosternal alanda 1-2 hafta içerisinde tamamen kaybolan batıcı ağrılar olur. Ağrıların giderilmesi için postoperatif dönemde verilen basit ağrı kesici ve kas gevşeticiler genellikle yeterli olur. Literatürde 6 ay sonrasında devam eden şiddetli ağrılar da mevcuttur. Bu ağrılar için interkostal blokaj, TENS (transkütanöz elektriksel sinir stimülasyonu) gibi yöntemler uygulanabilir.

**Aritmiler:** Bilateral ETS sonrası en sık görülen aritmi geçici bradikardidir. Literatürde %1'in altında kalıcı pace maker ile tedavi edilmesi gereken kalıcı bradikardilerden bahsedilmektedir. Yine nadiren işlem esnasında gelişen ventriküler fibrilasyon ve buna bağlı kardiyak arrest vakaları da literatürde bildirilmiştir.

**Beyin ödemi, pulmoner embolizm:** Toraksa CO<sub>2</sub> verilmesi sonrasında her iki komplikasyonun geliştiği çok nadir olarak literatürde mevcuttur.

### Geç Dönem Komplikasyonları

**Kompansatuvar aşırı terleme:** En sık görülen geç dönem komplikasyondur. 2-4 hafta arasında gelişir. Literatürde görülme oranı %33'lere kadar ulaşmaktadır. Hastalardaki operasyon sonrası gelişen en sık memnuniyetsizlik nedenidir. Hatta bazı hastalar kompansatuvar aşırı terleme yerine ellerinin terlemesini tercih ettiklerini, mümkünse bu nedenle tekrar opere olmak istediklerini belirtmişlerdir. Kompansatuvar terlemenin en sık görüldüğü bölgeler sırt, karın, kalça ve popliteal fossadır. Kompansatuvar aşırı terlemenin sebebi olarak negatif ve pozitif feedback mekanizmaları ile hipotalamusun yeni bir çalışma mekanizması oluşturması, bu sayede sempatik zincirde blokaj uygulanmayan bölgelerin innerve ettikleri ter bezlerinde aşırı çalışmaya yol açtığına inanılmaktadır. Kompansatuvar aşırı terlemenin tedavisinde kilo verme, ter artırıcı besinlerden arındırılmış diyet, topikal kremler, oral antikolinergik ilaçlar önerilir. Bazen psikiyatriden yardım istemek gerekebilir. Bu yöntemlerle istenilen başarı sağlanamazsa lomber sempatektomi denenebilir.

**Horner sendromu:** Göz kapağında düşüklük, pupillerde miyozis, noftalmi ve anhidrozis karakterize bir sendromdur. Genellikle sempatik zincirin T2 segmentinin üst bölümünde özellikle stellat ganglionda oluşturulan blokaj veya hasar sonucu oluşur. Sempatektominin elektrokoter yardımıyla yapıldığı vakalarda sempatik zincirde oluşan hasarın ısı etkisiyle üst segmentlere doğru yayılma olasılığı fazladır ve en sık bu yöntemle yapılan segmentektomilerde rastlanır. Literatürde görülme oranı %1 civarındadır.



Tedavide ilk 6 ay konservatif yaklaşım beklemek gerekir. Olguların çoğunluğunda bu süre içerisinde tamamen veya tama yakın düzelme görülmektedir. Horner sendromunun kalıcı olduğu vakalarda gözkapığı düşüklüğüne yönelik operasyonlar yapılabilmekte ve sonuçları yüz güldürücü olmaktadır.

**Bradikardi:** Özellikle bilateral ETS operasyonlarından sonra %1'in altında vakada kalıcı bradikardi gelişebilmektedir. Bu vakalar kalıcı pace-maker ile tedavi edilmektedirler.

## KAYNAKLAR

1. Akbaş A, Kiliç F. Investigation on aetiological factors in patients with hyperhidrosis. *Cutaneous and Ocular Toxicology*. 37: 344-349, 2018.
2. André FG and Arthur WP: Anatomy of the Sympathetic Nervous System in Relation to Surgical Hyperhidrosis Treatment. Marcelo DP, Loureiro JRMDC, Nelson W, Paulo K (editors), *Hyperhidrosis A Complete Guide to Diagnosis and Management*, cilt 1, birinci baskı, Springer and Nature, 2018: 117-127.
3. Arora G, Kassir M, Patil A, et al. Treatment of Axillary hyperhidrosis. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 21: 62-70, 2022.
4. Bell D, Jedynak J, Bell R. Predictors of outcome following endoscopic thoracic sympathectomy. *ANZ J Surg* 84:68-72, 2014.
5. Bora V, Kritzmire SM, Arthur ME. Double Lumen Endobronchial Tubes. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022
6. Bovell DL, Clunes MT, Elder HY, et al. Ultrastructure of the hyperhidrotic eccrine sweat gland. *Br J Dermatol* 145:298-301, 2001.
7. Cerfolio RJ, De Campos JR, Bryant AS, et al. The Society of Thoracic Surgeons expert consensus for the surgical treatment of hyperhidrosis. *Ann Thorac Surg*. 91:1642–1648, 2011.
8. Elshahawy MA, Shamseldin AS, Akl MM. Thoracoscopic sympathectomy for treatment of primary hyperhidrosis in children: a randomized comparative study between clipping and electrocautery techniques. *Al-Azhar International Medical Journal*, 2: 37-42, 2021.
9. Filho LOA, Engel FC. Surgical Difficulties and Complications of Video-Assisted Thoracoscopic for Thoracic Sympathectomy. *Sympathectomy*. Loureiro MDP, Campos JRM, Wolosker N, Kau-ffman P (editors). *Hyperhidrosis*. Cilt 1, baskı 1. Springer. 2018:181-186.
10. Gharagozloo F, Meyer M. Minimally invasive surgical approaches to thoracic sympathectomy for hyperhidrosis. *Mini-invasive Surg* 4:48-67, 2020.
11. Gharagozloo F, Meyer M, Tempesta B, et al. Robotic Selective Thoracic Sympathectomy for Hyperhidrosis. Gharagozloo F (ed). *Robotic Surgery*. Cilt 1, birinci baskı. Springer Nature. 2021: 515-524
12. Hajjar, WM, Al-Nassar, SA, Al-Sharif, HM, et al. The quality of life and satisfaction rate of patients with upper limb hyperhidrosis before and after bilateral endoscopic thoracic sympathectomy. *Saudi journal of anaesthesia*, 13: 16–22, 2019.
13. Hashmonai M, Cameron AE, Licht PB, et al. Thoracic sympathectomy: a review of current indications. *Surg Endosc* 30:1255-69, 2016.
14. Kuntz A. Distribution of the sympathetic rami to the brachial plexus. Its relation to sympathectomy affecting the upper extremity. *Arch Surg* 15:871-7, 1927.
15. Kux M. Thoracic endoscopes sympathectomy in palmar and axillary hyperhidrosis. *Arch Surg* 113:264-266, 1978.
16. Lillis PJ, Coleman WP, Liposuction for treatment of axillary hyperhidrosis. *Dermatol Clin* 8:479-482, 1990.
17. Lin JB, Kang MQ, Chen JF, et al. Transareolar single-port endoscopic thoracic sympathectomy with a flexible endoscope for primary palmar hyperhidrosis: a prospective randomized controlled trial. *Ann Transl Med*. 24:1659, 2020
18. Marinho-Junior CH, Czeckzo NG, Cechin VL, et al. Is There Neural and Functional Recovery After Clip Removal in Cervical Experimental Sympathectomy? *Brasileiros de Cirurgia*. 34: 1-5, 2021.
19. Montessi J, Almeida EP, Vieira JP, et al. Video-assisted thoracic sympathectomy in the treatment of primary hyperhidrosis: a retrospective study of 521 cases comparing different levels of ablation. *J Bras Pneumol*. 33:248-54, 2007.
20. Musa AF, Gandhi VP, Dillon J, et al. A retrospective review on minimally invasive technique via endoscopic thoracic sympathectomy (ETS) in the treatment of severe primary hyperhidrosis: Experiences from the National Heart Institute, Malaysia.7: 670, 2018.
21. Phillips, C, Ower K. Anatomy of the Sympathetic and Parasympathetic Nervous System. In: Abd-Elsayed, A. (eds) *Pain*. Springer, Cham. 2019: 9-14
22. Raveglia F, Rizzi A, Scarci M, et al. Primary hyperhidrosis: an invalidating disease—patients management and surgical recommendations. *Shanghai Chest*. 2: 1-8, 2018.
23. Ro KM, Cantor RM, Lange KL, et al. Palmar hyperhidrosis: evidence of genetic transmission. *J Vasc Surg* 35:382-386, 2008.
24. Rosario B, Fabio B, Giulio S, et al. Anatomy of the Cervical Spine. Pier Paolo Maria Menchetti (ed), *Cervical Spine*, cilt 1, birinci baskı, Springer, 2022:1-10.

25. Shiqing L, Yuqiang M, Peng Q, et al. Airway Rupture Caused by Double-Lumen Tubes: A Review of 187 Cases. *Anesthesia and Analgesia*. 131: 1485-1490, 2020.
26. Smith SP, Vallieres E. The Extent of Surgery for Palmar Hyperhidrosis. Ferguson MK (ed). *Difficult Decisions in Thoracic Surgery*. 4.baskı. Springer. 2020: 635-642
27. Strutton DR, Kowalski JW, Glaser DA, et al. US prevalence of hyperhidrosis and impact on individuals with axillary hyperhidrosis: results from a national survey. *J Am Acad Dermatol*. 51 (2):241-8, 2004.
28. Teivelis MP, Wolosker N, Krutman M, et al. Compensatory hyperhidrosis: results of pharmacologic treatment with oxybutynin. *Ann Thorac Surg*. 98 (5):1797-802, 2014.
29. Tiago JS, Paulo GD, Sergio MS. Impact of Video-Assisted Thoracoscopic Sympathectomy and Related Complications on Quality of Life According to the Level of Sympathectomy. *Annals of Vascular Surgery*. 63: 63-67, 2020.
30. Werebe EDC, Levischi C, Sabbion R. Surgical Techniques for the Realization of Thoracic Sympathectomy. Loureiro MDP, Campos JRM, Wolosker N, Kauffman P (editors). *Hyperhidrosis*. Cilt 1, baskı 1. Springer. 2018: 131-147.
31. Wittmoser R: Toracoscopic Sympathectomy and agronomy. In *Operative manual of endoscopes Surgery* Cuschieri A et. Al. (eds), Berlin Sringer Verlag 1992.
32. Wollina U, Kostler E, Schonlebe J, et al. Tumescant suction curettage of sweat glands versus minimal skin resection with subcutaneous curettage of sweat glands in axillary hyperhidrosis. *Dermatol Surg* 34:709-16, 2008.
33. Vanaclocha V, Sapena NS, Rivera M, et al. Selective block of grey communicantes in upper thoracic sympathectomy. A feasibility study on human cadaveric specimens. *British Journal of Neurosurgery*. 34: 362-369, 2020.
34. Vanlommel J, Van Look L, Peetermans M, et al. Anatomical variations of the upper thoracic sympathetic chain: a review. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 61: 515-522, 2022.
35. Vannucci F, Araújo J A. Thoracic sympathectomy for hyperhidrosis: from surgical indications to clinical results. *J Thorac Dis*. 9:178-192, 2017.
36. Yang C, Li Z, Bai H, et al. Long-Term Efficacy of T3 Versus T3DT4 Thoracoscopic Sympathectomy for Concurrent Palmar and Plantar Hyperhidrosis. *Journal of Surgical Research*. 263: 224-229, 2020.
37. Yazbek G, Ishy A, Fiorelli M, et al. Evaluation of compensatory hyperhidrosis after sympathectomy: The use of an objective method. *Annals of Vascular Surgery*. 77: 25-30, 2021.

- |    |   |
|----|---|
| 70 | Nöromodülasyon: Neredeyiz, Nerede Olmalıyız, Gelecek Ne Getiriyor?      |
| 71 | Baklofen Pompası ve Hedefe Yönelik İlaç Pompası Uygulamaları            |
| 72 | Postlaminektomi Sendromunda Nöromodülasyon Girişimleri                  |
| 73 | Sakral Sinir Stimülasyonu   |
| 74 | Spinal Kord Stimülasyonu Perkütan Yaklaşım Yöntemleri                   |
| 75 | Spinal Kord Stimülasyonunda Postoperatif Takip ve Komplikasyon Yönetimi |





## NÖROMODÜLASYON: NEREDEYİZ, NEREDE OLMALIYIZ, GELECEK NE GETİRİYOR?

Eyüp Varol, Furkan Avcı, Abdurrahman Aycan

Nöromodülasyon, nöral yolları etkileyen, öğrenme ve düşünmeyi yönlendiren teknoloji uygulamaları olarak tanımlanabilir. Nöromodülasyon metodları olarak adlandırılan bu teknolojiler; merkezi, periferik ve otonom sinir sistemleri üzerinde inhibisyon, stimülasyon, modifikasyon işlevlerini elektriksel ve kimyasal değişimler yaratarak uygular. Nöromodülasyon işlemleri hastaya zarar vermeden geri döndürülebilir, ayarlanabilir ve uyumlu olmalıdır.

Uluslararası Nöromodülasyon Derneği, nöromodülasyonu “insanların yaşam kalitesini ve işlevini geliştirmek amacıyla tıp ve mühendisliği kapsayan, yerleştirilebilen veya yerleştirilemeyen, elektriksel veya kimyasal teknolojileri inceleyen bilim dalı” olarak tanımlamaktadır (35).

Nöromodülasyonun başlıca iki çeşidi vardır: invaziv (girişimsel) ve noninvaziv (girişimsel olmayan). İnvaziv modaliteler en ağır vakalarda uygulanır ve ameliyat gerektirir. Derin beyin stimülasyonu (DBS), vagal sinir stimülasyonu ve epidural prefrontal kortikal stimülasyon bunun örnekleridir. Noninvaziv tedaviler ise elektrokonvülf terapi, transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS), teta burst stimülasyonu, manyetik nöbet tedavisi ve transkraniyel direkt akım stimülasyonudur (tDCS). Psikiyatrik hastalıklar ve travmatik beyin hasarında tDCS, tekrarlayıcı transkraniyal manyetik stimülasyon, odaklı ultrason ve DBS kullanılmaktadır. Her teknik hastanın bireysel ihtiyaçlarına ve hastalığın şiddetine göre kişiselleştirilebilir (49).

Nöromodülasyon tedavisi; dinamik ve devam eden bir süreçtir. Sinirsel bağlantıları uygulanan elektriksel ve kimyasal aktivitelerle değiştirdiği bilinmelidir. Hastanın ihtiyacına göre tedavi parametreleri değiştirilebilir (18).

Nöromodülasyon multidisipliner bakış açısı gerektirir. Sözelimi klinik işleyişte; anestezi, kardiyojoloji, nöroloji, göz hastalıkları, kulak-burun-boğaz hastalıkları, algoloji, psikiyatri, fizik tedavi ve rehabilitasyon, ortopedi, üroloji başta olmak üzere beyin ve sinir cerrahisinin etkin takım çalışmasıyla sürdürülebilir

bir alandır. Bu açıdan bakıldığında nöromodülasyon, inatçı semptomlardan muzdarip ve başka tedavi yöntemleri ile yönetilemeyen hastalar için kullanılmalıdır.

Nöromodülasyon içerisinde şu temel alt başlıkları saymak mümkündür:

- 1- Kronik ağrı
- 2- Hareket bozuklukları
- 3- Epilepsi
- 4- Psikiyatrik bozukluklar

Bu temel alanların dışında görme kaybı, mide-bağırsak hareket bozuklukları, baş ağrısı, işitme, uzuv veya organ iskemileri sonucu oluşan hasarlar, oksipital nöralji, kronik ağrı, periferik nöralji, spastisite, inme, travmatik beyin hasarı, üriner ve fekal inkontinans gibi rahatsızlıklar da nöromodülasyonun araştırıldığı ve kısmi olarak uygulandığı alanlardır.

Nöropatik ağrı ve nöropatik olmayan ağrı, çeşitli opioid olmayan ilaç sınıflarıyla tedavi edilir. Opioid ile de yanıt alınamayan hastalarda invaziv, minimal invaziv ve invaziv olmayan nöromodülasyon tedavileri kullanılır. Bu tedaviler, spinal kord stimülasyonu (SKS), dorsal kök ganglion stimülasyonu (DKGS), motor korteks stimülasyonu (MKS) ve DBS, periferik stimülasyon (PS) gibi invaziv tedavilerin yanı sıra tekrarlayan transkraniyal manyetik stimülasyonu, transkraniyal doğru akım stimülasyonu ve transkutan elektriksel sinir stimülasyonu gibi non-invaziv tedavileri içerir (1).

Nöromodülasyon tedavileri içerisinde en yaygın tedavi yöntemi spinal kord stimülasyonudur. En sık endikasyonu ise; teknik olarak başarılı spinal dekompresyon ameliyatı geçirmiş ancak nüks veya şikayetlerinde gerileme olmayan ve kalıcı şiddetli nöropatik ağrı eşlik eden hastalardır.

Kitabın konusu itibarıyla spinal nöromodülasyon üzerinde durulacağı için kronik ağrı, spastisite, fonksiyonel onarım gibi konular detaylı anlatılacak

olup; derin beyin stimülasyonu ile ilgili olan epilepsi, hareket bozuklukları ve psikiyatrik uygulamalardan kısmen bahsedilecektir.

### Kronik Ağrı Tedavisi

Ağrı, birinci basamak sağlık merkezlerine başvuran hastaların en sık yakınma nedenidir. Bu hastaların yaklaşık %10-20'si kronik ağrıdan yakınmaktadır (14). Kronik ağrı gerçek veya potansiyel doku hasarı ile ilişkili veya buna benzer hoş olmayan bir duysal ve duygusal deneyim olarak tanımlanmıştır (34). Kronik ağrı tedavisinde günümüzde uygulanan güncel tedavi yöntemlerine kadar, tarih boyunca birçok yöntem kullanılmıştır. Uygulanan tedavi yöntemlerinden birisi de elektriğin kullanımınıdır.

Kronik ağrı yönetiminde elektriğin kullanımı M.S. 15. yüzyıla kadar uzanmaktadır (17). Anlatılana göre İmparator Tiberius'un azat edilmiş kölesi ileri seviyede ağrılı gut hastalığından muzdariptir. Bir gün elektrikli torpido balığının üzerine yanlışlıkla bastıktan sonra gut ağrılarının hafiflediğini bildirmiş. İmparatorun doktoru, Scribonius, bu olaydan sonra dirençli ağrı tedavisinde torpido balığını kullanmaya başlamıştır.

Elektriğin modern kullanımının başladığı 17. Yy'ın sonlarında Benjamin Franklin'in yaptığı gösteriler ve Galvani'nin kurbağalar üzerinde yaptığı deneyler ile elektrik popülerleşmeye başlar (8).

Ağrı ve elektriğin buluşması içinse 1965 yılında Melzack ve Wall'un kapı-kontrol teorisini öne sürmesi gerekmektedir (31). İki yıl sonra ise Wall ve Swert periferik sinirleri uyararak ağrının kesilebileceğini tıp dünyasına gösterecektir (46). Hemen akabinde yine 1967 yılında Shealy, Mortimer ve Reswick kronik ağrıda dorsal kolon stimülasyonunun tedavi seçeneği olarak kullanılabilirliğini göstermiştir.

Dirençli kronik ağrı tedavisi spinal stimülasyonun en yaygın kullanım alanıdır. Özellikle nöropatik ağrılarda kullanılsa da, iskemik organ ağrıları da kronik ağrı modülasyonunun ana hedefleridir. Kronik anjina ve organ ağrıları tedavilerinde spinal kord stimülasyonu başarılı biçimde uygulanmaktadır.

A.B.D.'de her yıl 1.100.000 hastaya spinal operasyon uygulanmakta ve maalesef bu hastaların %40'ında istenilen sonuç elde edilememekte ve bazılarında kronik ağrı oluşmaktadır (42). Başarısız Bel Cerrahisi Sendromu (BBCS) olarak adlandırılan bu durum A.B.D.'de spinal nörostimülasyonun en sık endikasyonudur (45). Bu hastalar kronik ağrıya sahip olmakla birlikte depresyon, işsizlik, uykusuzluk gibi sorunlara ve diğer komorbiditelere de daha açık hâle gelmektedir (2).

BBCS hastalarında başlangıç olarak medikal tedavi, fizik tedavi, selektif sinir kökü blokajı ve epidural steroid enjeksiyon tedavileri uygulandıktan sonra spinal kord stimülatörü tedavisi uygulanmaktadır. Dorsal kolona yerleştirilen spinal elektrotlar ağrının azaltılmasında etkili olmakla beraber ağrının ne kadar nöropatik karakterde olduğu, hasta uyumu gibi çeşitli faktörler tedavi başarısını etkilemektedir. Klinik anlamda en iyi sonuçlar ise ilk spinal operasyondan 3 yıl sonra uygulanan spinal kord stimülatörlerinden alınmaktadır (25).

Spinal kord stimülatörü (SKS) uygulamalarında anatomik engeller zamanla aşılmaktadır. Bel ağrısına neden olan sinir liflerini uyarmak için torakal seviyelere çıkılması gerekebilmektedir ve torakal sinir köklerinin anatomik farklılığı dizestezi ve istenmeyen motor tepkilere neden olabilmektedir. Anatomik katmanların torakal seviyelerde lomber seviyelere göre daha kalın olması ve uyarının şiddetinin bu oranda daha fazla olması gerekliliği istenmeyen uyarıları da beraberinde getirmektedir. Her ne kadar en iyi etkiler orta hatta yerleştirilmiş, köklerden uzak uyarı noktalarından alınsa da özellikle skolyozu olan hastalarda aşılması gereken sorunlar ortaya çıkmaktadır. SKS ile birlikte uygulanabilecek periferik sinir sistemi stimülatörleri ile yan etkileri azaltılarak tedavi modaliteleri oluşturulmaya çalışılmaktadır (3).

BBCS hastalarında disk fragmanı, aşıkâr instabilite gibi ağrının kaynağı olabilecek net bir neden bulunmadığı sürece cerrahiden fayda göreceğini öngörmek çok zordur. Bu nedenle ek cerrahi girişiminden fayda görmeyeceği düşünülen veya yaş, ciddi komorbidite gibi operasyona engel durum teşkil ettiği düşünülen hastalarda SKS klinik ve maliyet açısından etkin bir yöntem olarak düşünülebilir.

Servikal omurgadan kaynaklı ağrılarda da SKS başarılı biçimde kullanılmakta; %70-80 oranında parestezi şikayetinin iyileştiği görülmektedir (2).

SKS başlangıç maliyeti olarak pahalı bir tedavi biçimi olarak görülmesine rağmen, hastaların analjezik ihtiyacını, takip süresini kısalttığı için medikal tedaviye göre daha ekonomik bir tedavi biçimi olduğu söylenebilir (40).

Yakın tarihli bir randomize çalışmada sırt ve bacak ağrısı olan hastalarda konvansiyonel SKS'ye göre 12 aylık dönemde ağrıyı azaltmada ve yaşam kalitesini artırmada önemli farklar bildirilmiştir (30).

Kompleks bölgesel ağrı sendromu (KBAS) tedavisinde SKS'nin yeri yoruma açık olmakla birlikte hastaların %50-60'ı şikayetlerinde azalma olduğunu bildirmiş-

lerdir (22). 5 yıllık takip sonunda ise yalnızca fizik tedavi ve rehabilitasyon uygulanan hastalar ile aralarında anlamlı fark görülmemiştir (10). KBAS'ta SKS uygulamasının en uygun olduğu zaman dilimi fizik tedavi ve medikal tedavi başarısız olduktan sonraki 4 aylık zaman dilimidir (15,37,36).

### Nöralji Tedavisi

Post-herpetik nöraljide de SKS başarılı biçimde uygulanmaktadır. Analjezik ihtiyacı azalıp işlevsellik artarken trigeminal post-herpetik nöraljide de periferik sinir stimülasyonunun etkili olduğu görülmüştür (29,21).

Diyabetik nöropati ve hayalet uzuv, güdük organ sendromu gibi amputasyona bağlı gelişen hastalıklarda SKS uygulanmaktadır. SKS uygulanan diyabet hastalarında egzersiz toleransının arttığı ve ağrıların azaldığı izlenmiştir (9,41).

Oksipital nöralji tedavisinde fizik tedavi, ilaçlar ve bölgesel sinir blokajları ilk tedavi seçenekleri olarak görülmesine rağmen C2/C3 gangliotomiler de hastanın yaşam kalitesini artırmaktadır. Özellikle supraorbital, infraorbital ve aurikülotemporal ağrılardan muzdarip hastalarda nörostimülasyon %50-60 oranında fayda göstermektedir (47). Benzer tedavi yöntemleri dirençli ilioinguinal nöraljide de kullanılmaktadır (38).

Dirençli anjina ve periferik damar hastalığında da nörostimülasyon; özellikle opere edilemeyen hastalarda tedavi seçeneği olarak karşımıza çıkmaktadır (39).

Periferik damar hastalığı olan hastalarda SKS tedavisinin uzuv kurtarma alanında etkili olduğu görülmüştür. Kapiller kan akışını ve cilt sıcaklığını artırarak 3 cm'den küçük cilt ülserlerini iyileştirdiği izlenmiş ve uzuv kurtarma tedavilerinde etkisi ispatlanmıştır (13,26,44,33). Transkütanöz ölçülen oksijen değerlerinde %77 oranından %90'a kadar büyük bir artış görülmüş, %50 oranında hasta şikayetlerinde gerileme olduğu izlenmiştir (33).

### İç Organ Ağrısı Tedavisi

Anjina tedavisinde SKS kullanımı ile hastaların %80'i yaşam kalitesinde artış ve anjina ataklarında azalma olduğunu bildirmiştir (16). Başlarda SKS'nin akut kardiyak olayları maskeleyeceğine dair olan şüphe, hastaların ani olaylarda tepkilerinin azalmaması ile kaybolmuştur (32).

İç organlardan kaynaklandığı düşünülen viseral ağrılarda da SKS kullanımı yaygınlaşmaktadır. Pankreatit, interstisyel sistit ve rektal sorunlar viseral ağrının

temel kaynaklarıdır ve belirsiz ağrılar oldukları için tanı konulması zorlaşmaktadır (5,6). İç organ hasarı olmaksızın güçlü otonomik tepkiler yaratan ve somatik duyarlılık oluşturan bu tip ağrılar için günümüzde çeşitli sinir blokajları ve radyofrekans ile ablasyon tedavileri uygulansa da etkileri tartışmalıdır. Viseral ağrıda SKS kullanımında ise karşımıza çıkan en büyük engel, özellikle alt torakal bölgelerde iç organlardan ileti getiren afferent sinir liflerinin göreceli olarak az olmasıdır (24). Bu nedenle istenilen uyarının verileceği viseral sinirler dışında da istenmeyen elektrik uyarıları verilebilmektedir (5). Ancak tüm bunlara rağmen SKS'nin özellikle dirençli vulvar ağrı, mezen-ter iskemisi, özofagus ağrısı ve geçirilmiş batin cerrahisi sonrası dirençli ağrı gibi çeşitli abdominal, pelvik ağrılarda fayda sağladığı gösterilmiştir (4,20,23,48). Abdominal ve pelvik ağrısı olan hastalarda opioid kullanımını azalttığı ve ağrıyı azalttığı, fonksiyonu artırdığı bildirilmiştir (43).

SKS'nin kullanım alanları arasında interstisyel sistit de önemli bir yere sahiptir. Sıklığı 10-510/100.000 olan hastalık, sık idrara çıkma, kronik pelvik ağrı, hiperaljezi ve allodini ile karakterizedir (19). İzole bir mesane bozukluğundan ziyade nöropatik bir hastalık olarak görülmektedir. Antienflamatuvar ilaçlar, yakıcı ajanlar ve cerrahi tedavi seçenekleri arasında olmakla birlikte sakral sinir stimülasyonu da tedavide önemli rol oynamaktadır (12). S3 sinir kökü uyarılması ile idrar hacmi %50 artarken hastaların günlük idrara çıkma sıklığı %50 azalmıştır (7,27).

### İnfüzyon Pompaları

Morfin, spinal kanal içerisine intratekal yolla ilk kez 1977 yılında enjekte edilmiştir ve bu gelişmeyi 1981 yılında ilk morfin infüzyon pompasının geliştirilmesi takip etmiştir. Başlarda kanser hastalarının ağrı palyasyonunda kullanılan bu yöntem sonraları normal yaşam beklentisi olan kronik ağrı hastalarında da kullanıma alınmıştır.

Bu amaçla birkaç ilaç ve bu ilaçların kombinasyonları da kullanıma girmiştir. Kan-beyin bariyerini aşmak zorunda olmaksızın aktif hâle gelmeleri ve metabolize edilmeksizin etki bölgelerine ulaşabilmeleri intratekal kullanımda normalden çok daha az miktardaki dozların yeterli olmasına olanak tanımaktadır. Ancak hasta temelli bazı uyumsuzluklar ve tedaviye yanıtın farklılık göstermesi bazı istenmeyen yan etkilerin görülmesine neden olmaktadır. Günümüzde bu tip tedavilerden fayda gören on binlerce hasta bulunmaktadır.

Baklofenin 1971 yılında spastisite tedavisi için tanıtılmasından bu yana birçok hastanın tedavisinde kulla-

nılmaktadır. Ancak kan-beyin bariyerini geçmek ve tedavide istenilen yanıtı oluşturmak için oral olarak alındığında yüksek dozlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da istenmeyen etkilerin görülmesine ve arzu edilen tedavi yanıtının alınmamasına neden olmaktadır. 1984 yılında ilk kez beyin omurilik sıvısına uygulandığında 400 kat daha düşük dozla istenilen etkiyi göstermiştir. Beyin hasarı, serebrovasküler obstrüksiyon ve hipoksi gibi santral kaynaklı nedenlerin yanında spinal kord hasarı, multipl skleroz gibi periferik kaynaklı spastisite tedavisinde yüksek etkinliğe sahip olduğu görülmektedir. Hatta spastisite tedavisindeki etkinliğinin yanında 1990 yılından itibaren yayınlanan makalelere göre nöropatik ağrı tedavisinde de analjezik etkinliğinin olduğu gösterilmiştir (11).

Bir çeşit deniz salyangozu olan koni salyangozunun zehrinden elde edilen konotoksin türevi olan "Zikonatid" yalnızca intratekal yolla kullanılabilen ve kronik ağrı tedavisinde kullanımı olan yeni bir ajandır. İleri zamanlarda yaygınlaşması beklenen bu tedavi her hekimin aklında bulunması gereken ender bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır (28).

## Gelecek

Beyin ve sinir sisteminin yapı ve işleyişine müdahale tekniklerinin artarak çeşitleneceğini söyleyebiliriz. Öğrenme ve düşünmeyi manipüle edici stratejiler, şimdiden bir dizi teknolojileri içerecek biçimde geniş bir yelpaze sunmaktadır. Nöromodülasyondaki ilerleme, altta yatan nörofizyolojik mekanizmaların ortaya konulması, nöropatolojik süreçlerin iyi bir şekilde anlaşılması, nörofizyolojik etkiler ve fonksiyonel sonuçlar arasındaki ilişkinin ve sonlanımı etkileyen klinik ve klinik olmayan faktörlerin daha iyi tanımlanmasını gerektirir.

Kullanıcı dostu olması açısından cihazların büyüklüğü de önem taşımaktadır. Stimülasyon cihazları gün geçtikçe daha küçük hâle gelmektedir. İntratekal infüzyon cihazlarının enjeksiyon sistemlerinin küçülmesi ile ilacın depo edildiği rezervuar kısımlarına daha fazla yer açılmakta, böylece boyut aynı kalsa da rezervuarın içerisindeki ilacın doldurulma sıklığı azalmakta ve hasta konforu artmaktadır.

Günümüzde maliyet etkin tedaviler daha da önem kazanmaktadır. Nöromodülasyon, genellikle diğer tüm yöntemler uygulandıktan sonra yanıt alınmaması halinde son çare olarak görülmektedir. Ancak seçilmiş hasta gruplarında söz konusu hastalığın uzun süreli ve acı verici olduğu unutulmamalı, erken tanı ve tedavinin hem hasta konforu hem de etkin maliyet açısından daha kârlı olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

Teknolojideki ilerlemelere paralel olarak nöromodülasyon uygulamalarının gelecekte artacağı aşikârdır. Doğru endikasyonla uygulanan nöromodülasyon uygulamalarında etkili, olumlu sonuçların alınması ile bu tedaviler daha da ilerleyecektir. Gelecekteki çalışmalar, nöromodülatör tedavileri disiplinler arası bir biyopsikososyal model bağlamında değerlendirebilir.

## KAYNAKLAR

1. Baran O, Samancı Y, Peker S. Nöroşirürji Pratiğinde Güncel Nöromodülasyon Uygulamaları ve Yeni Ufuklar. (Current Neuromodulation Applications and New Horizons in Neurosurgery Practice). Türk Nöroşir Derg 32(2)(2022):261-271
2. Barolat G. "Experience with 509 plate electrodes implanted epidurally from C1 to L1." Stereotactic and functional neurosurgery 61.2 (1993): 60-79.
3. Bernstein, Clifford A, et al. "Spinal cord stimulation in conjunction with peripheral nerve field stimulation for the treatment of low back and leg pain: a case series." Neuromodulation: Technology at the Neural Interface 11.2 (2008): 116-123.
4. Ceballos, A., et al. "Spinal cord stimulation: a possible therapeutic alternative for chronic mesenteric ischaemia." Pain 87.1 (2000): 99-101.
5. Cervero, F., Lynne A. Connell, Sally N. Lawson. "Somatic and visceral primary afferents in the lower thoracic dorsal root ganglia of the cat." Journal of Comparative Neurology 228.3 (1984): 422-431.
6. Cervero, F. "Neurophysiology of gastrointestinal pain." Bailliere's clinical gastroenterology 2.1 (1988): 183-199.
7. Chai, Toby C., et al. "Percutaneous sacral third nerve root neurostimulation improves symptoms and normalizes urinary HB-EGF levels and antiproliferative activity in patients with interstitial cystitis." Urology 55.5 (2000): 643-646.
8. Cucu AI, et al. "The brainstem and its neurosurgical history." Neurosurgical Review 44.6 (2021): 3001-3022.
9. Daousi C, Benbow SJ, MacFarlane IA. "Electrical spinal cord stimulation in the long term treatment of chronic painful diabetic neuropathy." Diabetic medicine 22.4 (2005): 393-398.
10. Ekre O, et al. "Long-term effects of spinal cord stimulation and coronary artery bypass grafting on quality of life and survival in the ESBY study." European heart journal 23.24 (2002): 1938-1945.
11. Ertzgaard P, Claudia C, Alessandra C. "Efficacy and safety of oral baclofen in the management of spasticity: A rationale for intrathecal baclofen." Journal of Rehabilitation Medicine 49.3 (2017): 193-203.



12. Feler CA, et al. "Recent advances: sacral nerve root stimulation using a retrograde method of lead insertion for the treatment of pelvic pain due to interstitial cystitis." *Neuromodulation* 2.3 (1999): 211-216.
13. Ghajar AW, Miles JB. "The differential effect of the level of spinal cord stimulation on patients with advanced peripheral vascular disease in the lower limbs." *British journal of neurosurgery* 12.5 (1998): 402-408.
14. Hasselström J, Liu-Palmgren J, Görel RW. "Prevalence of pain in general practice." *European journal of pain* 6.5 (2002): 375-385.
15. Hassenbusch SJ, et al. "Long-term results of peripheral nerve stimulation for reflex sympathetic dystrophy." *Journal of neurosurgery* 84.3 (1996): 415-423.
16. Hautvast Raymond WM, et al. "Spinal cord stimulation in chronic intractable angina pectoris: a randomized, controlled efficacy study." *American heart journal* 136.6 (1998): 1114-1120.
17. Heidland A, et al. "Neuromuscular electrostimulation techniques: historical aspects and current possibilities in treatment of pain and muscle wasting." *Clin Nephrol* 79.Suppl 1 (2013): S12-S23.
18. Holsheimer J. "What is neuromodulation?." *Neuromodulation* 6.4 (2003): 270-271.
19. Iavazzo C, et al. "Hyaluronic acid: an effective alternative treatment of interstitial cystitis, recurrent urinary tract infections, and hemorrhagic cystitis?." *European urology* 51.6 (2007): 1534-1541.
20. Jackson M, Karen H. Simpson. "Spinal cord stimulation in a patient with persistent oesophageal pain." *Pain* 112.3 (2004): 406-408.
21. Johnson MD, Kim JB. "Peripheral stimulation for treatment of trigeminal postherpetic neuralgia and trigeminal posttraumatic neuropathic pain: a pilot study." *Neurosurgery* 55.1 (2004): 135-142.
22. Kemler MA, et al. "Pain relief in complex regional pain syndrome due to spinal cord stimulation does not depend on vasodilation." *The Journal of the American Society of Anesthesiologists* 92.6 (2000): 1653-1660.
23. Khan YN, Shariq SR, Elizabeth A. Khan. "Application of spinal cord stimulation for the treatment of abdominal visceral pain syndromes." *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface* 8.1 (2005): 14-27.
24. Krames ES, Robert F. "Spinal cord stimulation modulates visceral nociception and hyperalgesia via the spinothalamic tracts and the postsynaptic dorsal column pathways: a literature review and hypothesis." *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface* 10.3 (2007): 224-237.
25. Kumar K, et al. "Epidural spinal cord stimulation for treatment of chronic pain—some predictors of success. A 15-year experience." *Surgical neurology* 50.2 (1998): 110-121.
26. Linderoth B. "Spinal cord stimulation in ischemia and ischemic pain Possible mechanisms of action." *Spinal Cord Stimulation II*. Steinkopff, 1995. 19-35.
27. Maher CF, et al. "Percutaneous sacral nerve root neuromodulation for intractable interstitial cystitis." *The Journal of urology* 165.3 (2001): 884-886.
28. Marathe A, et al. "Intrathecal Baclofen Monotherapy and Polyanalgesia for Treating Chronic Pain in Patients with Severe Spasticity." *Current Pain and Headache Reports* 25.12 (2021): 1-18.
29. Meglio M, et al. "Spinal cord stimulation (SCS) in the treatment of postherpetic pain." *Advances in Stereotactic and Functional Neurosurgery* 8. Springer, Vienna, 1989. 65-66.
30. Mekhail N, et al. "Long-term safety and efficacy of closed-loop spinal cord stimulation to treat chronic back and leg pain (Evoke): a double-blind, randomised, controlled trial." *The Lancet Neurology* 19.2 (2020): 123-134.
31. Melzack R, Patrick DW. "Pain Mechanisms: A New Theory: A gate control system modulates sensory input from the skin before it evokes pain perception and response." *Science* 150.3699 (1965): 971-979.
32. Murray S, et al. "Spinal cord stimulation significantly decreases the need for acute hospital admission for chest pain in patients with refractory angina pectoris." *Heart* 82.1 (1999): 89-92.
33. Petrakis IE, Sciacca V, Giovanni B. "Spinal cord stimulation in critical limb ischemia of the lower extremities: our experience." *Journal of Neurosurgical Sciences* 43.4 (1999): 285.
34. Raja SN, et al. "The revised IASP definition of pain: concepts, challenges, and compromises." *Pain* 161.9 (2020): 1976.
35. Sakas D, et al. "An introduction to operative neuromodulation and functional neuroprosthetics, the new frontiers of clinical neuroscience and biotechnology." *Operative neuromodulation* (2007): 3-10.
36. Stanton-Hicks M. "Complex regional pain syndrome: manifestations and the role of neurostimulation in its management." *Journal of pain and symptom management* 31.4 (2006): S20-S24.
37. Stanton Hicks M. "Complex regional pain syndrome." *Clinical Pain Management: A Practical Guide* (2022): 381-395.
38. Stinson Jr, Lawrence W, et al. "Peripheral subcutaneous electrostimulation for control of intractable post operative inguinal pain: a case report series." *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface* 4.3 (2001): 99-104.

39. Deer TR, Louis JR. "Spinal cord stimulation for refractory angina pectoris and peripheral vascular disease." *Pain Physician* 9.4 (2006): 347.
40. Taylor RS, et al. "The cost-effectiveness of spinal cord stimulation in the treatment of failed back surgery syndrome." *The Clinical journal of pain* 26.6 (2010): 463-469.
41. Tesfaye S, et al. "Electrical spinal-cord stimulation for painful diabetic peripheral neuropathy." *The Lancet* 348.9043 (1996): 1698-1701.
42. Thomson S. "Failed back surgery syndrome—definition, epidemiology and demographics." *British journal of pain* 7.1 (2013): 56-59.
43. Tiede JM, et al. "The use of spinal cord stimulation in refractory abdominal visceral pain: case reports and literature review." *Pain Practice* 6.3 (2006): 197-202.
44. Ubbink DT, et al. "Systematic review and meta-analysis of controlled trials assessing spinal cord stimulation for inoperable critical leg ischaemia." *Journal of British Surgery* 91.8 (2004): 948-955.
45. Villavicencio AT, et al. "Laminectomy versus percutaneous electrode placement for spinal cord stimulation." *Neurosurgery* 46.2 (2000): 399-406.
46. Wall PD, William HS. "Temporary abolition of pain in man." *Science* 155.3758 (1967): 108-109.
47. Weiner RL. "Occipital neurostimulation (ONS) for treatment of intractable headache disorders." *Pain Medicine* 7.suppl\_1 (2006): S137-S139.
48. Whiteside JL, Walters MD, Nagy M. "Spinal cord stimulation for intractable vulvar pain. A case report." *The Journal of Reproductive Medicine* 48.10 (2003): 821-823.
49. Lee W, et al. "Image-guided transcranial focused ultrasound stimulates human primary somatosensory cortex." *Scientific reports* 5.1 (2015): 1-10.

## 71

## BAKLOFEN POMPASI VE HEDEFE YÖNELİK İLAÇ POMPASI UYGULAMALARI

Raziye Handan Nurhat, İlhan Yılmaz

Baklofen ilk olarak İsviçreli kimyager Heinrich Keberle tarafından 1962'de sentezlenmiştir (15,41). Ayrıca oral baklofenin spastisiteyi iyileştirmeye yardımcı olduğu bulunmuştur, bu nedenle baklofenin bu amaçla kullanılması artmaya başlamıştır (7,14). Spastisitenin intratekal baklofen (ITB) ile yönetimi, Penn ve Kroin'in 1984'te tanımlamasından bu yana geliştirilmiştir. Narayan, distonide kullanımını ilk olarak 1991'de tanımlamıştır (14).

Oral baklofen zayıf lipid çözünürlüğüne sahiptir ve bu nedenle kan-beyin bariyerini çok zayıf bir şekilde geçer. Bu durum yüksek oral dozlarda baklofen verilmesini gerektirir ve bunun sonucunda yan etkiler meydana gelir. İTB, spinal intradural mesafeye geçen bir kateter yoluyla oral yoldan alınandan yaklaşık 500-1000 kat daha az dozlarda uygulanır. ITB, karın içine implante edilmiş bir pompa kullanılarak kapalı bir sistem aracılığıyla sürekli olarak verilebilir. Doz, yan etkilerden kaçınmak için titre edilirken, oral tedaviye kıyasla hâlâ daha iyi spazm kontrolü sağlar (14,41). Yan etkiler arasında sedasyon, bulantı, baş dönmesi, hipotansiyon, konfüzyon ve güçsüzlük sayılabilir (13,22,24,41).

### Baklofen

Baklofen bir GABA reseptörü agonistidir. En yaygın kullanım tercihi, merkez sinir sistemi aracılı kas gevşemesidir. Baklofen presinaptik GABA-b reseptörlerine bağlanır, böylece yüksek voltajlı kalsiyum kanallarının uyarılabilirlik eşliğinin düşürülmesi yoluyla omuriliğin dorsal boynuzundaki (lamina I-IV) motor nöronlara nörotransmitter salınımını inhibe eder (14,36). Dorsal boynuzlardaki GABA-b reseptörlerine bağlanan baklofen, hücre içine doğru potasyum akımını aktive ederek nöronal uyarılabilirliği inhibe eder (14,23).

ITB ilk kez 1984 yılında omurilik spastisitesi olan erişkin hastalarda kas spazmlarını ve rijiditeyi azaltmak için kullanılmıştır (32,41). 1980'lerde yayınlanan daha ileri çalışmalar, farklı nedenli spastisitenin ITB ile tedavisine ilişkin kanıtları güçlendirmiştir

(33,34,41,42). İntratekal baklofen verildiğinde direkt bölge uygulaması nedeniyle oral baklofenden çok daha düşük dozlar (100-1000 kat daha az) yeterli gelmektedir (12-14,41). Direkt intratekal uygulama aynı zamanda yan etkilerin insidansını da azaltmaktadır (12,20,35,41). Bu sebeple ITB, spastisite ve distoni ile ilişkili çeşitli nörolojik bozuklukları tedavi etmek için pediatrik hastalarda giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır (14,20,35,41).

### İntratekal Baklofen Tedavisi İçin Endikasyonlar

ITB tedavi dahil etme kriterleri; felç, omurilik yaralanması, multipl skleroz, beyin hasarı ve serebral palsi nedeniyle spastisiteyi içerir. Travmatik vakalarda, dahil etme kriterleri yalnızca yaralanmadan en az bir yıl sonra olanları içerir (17).

Baklofen tedavisinin en yaygın endikasyonları spastisite ve sekonder distoniyi içerir. Spastisite serebral veya spinal kaynaklı olabilir. Omurilik kaynaklı spastisitenin yaygın nedenleri arasında omurilik yaralanması, multipl skleroz ve kalıtsal spastik paraparezi bulunur. Spastisitenin yaygın serebral nedenleri arasında serebral palsi/perinatal beyin hasarı, anoksik beyin hasarı ve travmatik beyin hasarı bulunur (12,25,30).

### ITB İçin Hasta Seçimi

Bir ITB tedavisi denemesi için hastaların seçilmesi, kısmen yerel deneyimlerden etkilenir, ancak hem spastisite veya distoni ile ilişkili patolojileri hem de kronik nöropatik ağrıları olan çocukları ve yetişkinleri içermelidir (14).

### Yetişkinler

Bir grup, alt ekstremitelerinde en az 6 ay süren, şiddetli ve kronik spastik hipertoni olan, Ashworth skorları (Tablo 2 ve 3) etkilenen ekstremitede en az 3 veya Penn Spazm sıklık skoru tarama sonrasında en az 2 olan hastalar için bir ITB denemesi önermektedir. (Tablo 4) (6,14,34). Hasta, önerilen maksimum oral antispazmodik ilaç dozlarına yanıt vermemiş olmalıdır.

**Tablo 1.** İntratekal Baklofen ve Potansiyel Kateter Yerleri ve Sonuçları İçin Ortak Endikasyonlar

İntratekal Baklofen İnfüzyonunun		
Uygulandığı Standart Teşhisler	Tedavi Stratejisi	Kanıt Düzeyi
Spastisite, kuadripleji serebral palsi	Aşağı servikal veya yüksek torakalde kateter ile pompa yerleştirilmesi	Alt ekstremitelerde Seviye I kas tonusu, genel Seviye II kas tonusu
Spastisite, spinal parapleji	Orta torasik veya alt torasik seviyede kateter ile pompa yerleştirilmesi	Seviye I, sertlik ve spastisite ciddiyeti, Seviye III, işlevsel düzelme
Kalıtsal spastik paraparezi	Orta torasik veya alt torasik Seviyede kateter ile pompa yerleştirilmesi	Seviye IV, spastisiteyi azalttı, ancak kas gücünde de azalma
İkincil genelleştirilmiş distoni	Aşağı servikal, yüksek torasik veya intraventrikülerde kateter ile pompa yerleştirilmesi	Seviye IV
İntratekal baklofenin kontrendike olduğu veya tercih edilmediği teşhisler		
Primer jeneralize distoni	Pallidumun derin beyin stimülasyonu ile ilk basamak tedaviyi düşünün	
Baklofen kaynaklı anafilaksi	Botulinum toksini enjeksiyonu ve baklofenden hariç diğer oral ilaçları düşünün	

**Tablo 2.** Ashworth Skalası

0	Artış tonusu yok
1	Uzuv fleksiyon veya ekstansiyonda hareket ettirildiğinde bir 'yakalama' veren tonusta hafif artış
2	Tonusta daha belirgin artış, ancak uzuv kolayca bükülür
3	Tonusta önemli artış /pasif harekette zorluk
4	Uzuv fleksiyonda veya ekstansiyonda sert

**Tablo 3.** Modifiye Ashworth Skalası

0	Kas tonusunda artış yok
1	Bir yakalama ile kendini gösteren kas tonusunda hafif artış ve serbest bırakma veya minimum dirençle etkilenen parça(lar) olduğunda hareket aralığını sonlandır fleksiyon veya ekstansiyonda hareket ettirilir
2	Etkilenen parça(lar) fleksiyon veya ekstansiyonda hareket ettirildiğinde hareketin sonunda minimal dirençle ya da bir yakalama ve bırakma ile kendini gösteren kas tonusunda hafif artış
3	ROM'un geri kalan (yarısından az) boyunca minimal dirençle takip edilen yakalama ile kendini gösteren kas tonusunda hafif artış
4	Kas tonusunda önemli artış, pasif hareket zordur
5	Etkilenen parça(lar) fleksiyon veya ekstansiyonda rijit



**Tablo 4.** Penn Spazm Frekansı Skalası

Spazm yok	0
Stimülasyonda hafif spazm	1
Bir/saatten daha az düzensiz güçlü spazmlar	2
Saatte bir defadan daha sık spazmlar	3
Saatte 10'dan fazla spazm	4

### Multipl Skleroz

Multipl sklerozda (MS) spastisiteyi tedavi etmenin amacı, genellikle fonksiyonel iyileşmeyi hedeflemek-ten ziyade hasta konforunu optimize etmektir. Bir çalışma, MS hastalarının %13'ünün fonksiyonel akti-viteyi bozan şiddetli spastisiteden muzdarip oldu-ğunu tespit etti. ITB'nin spastisiteyi azaltarak oturma ve yatma konforunu artırmada rolü olmuştur (11,14).

### Kafa Travması ve Omurilik Yaralanması

ITB'nin sürekli uygulanması, şiddetli travmatik kafa travmasından iyileşme sırasında otonomik disfonksiyonu ve spastisiteyi azaltabilir (14,19). Omurilik yaralanmasını takiben benzer semptomlar için kullanılabilir.

### Distoni

Spastisitedeki rolüne ek olarak, ITB distonide de değerli olabilir. Distoni, bükülme ve tekrarlayan hareketlere neden olan sürekli kas kasılmaları ve anormal duruşlarla karakterizedir (8,14).

ITB, bakım, işlev veya rahatlığın tehlikeye girdiği oral ilaçlarla yetersiz tedavi edilen şiddetli jeneralize distoni tedavisinde özellikle değerlidir. Örneğin, serebral palsi veya travmatik beyin hasarı ile ilişkili ikincil distoni, ITB'den en çok yararlanır.

### Ağrı

Standart ilaç rejimlerinin ve omurilik stimülasyonunun kronik nöropatik ağrıyı yeterince tedavi etmede başarısız olduğu durumlarda, ITB, uzun vadeli iyi fayda sağlayan bir adjuvan tedavi olarak kullanılmıştır (14,28). Baklofen ve morfin kombinasyon hâlinde vücut sıcaklığında 10 haftaya kadar stabildir ve bu nedenle intratekal olarak birlikte verilebilir (14,21).

### Çocuklar

Genel olarak, spastisitesi veya distonisi olan 4 yaşın altındaki çocuklar oral baklofen ile yeterince tedavi edilebilir. Daha büyük çocuklarda, baş ve omurilik yaralanmalarını takiben spastisitenin yönetiminde ITB'nin rolü, yetişkinler için tarif edilene benzer. ITB ayrıca çocuklarda şiddetli spastik hemiplejide,

normal tarafın hipotonisitesine neden olmadan vücudun spastik tarafını gevşetmede rol oynayabilir (14).

### Serebral Palsi

Serebral palsili bireylerin yaklaşık üçte birinde distoni vardır ve bunların %60'a kadarı ITB'den yararlanabilir. Omurilik yaralanmasına bağlı spastik diplejisi olan 6 yaşından büyük çocuklar da tipik olarak ITB tedavisinden yarar görürler (4,14).

### Spastisitenin Tanımı

Spastisite, kas tonusunda ve germe reflekslerinde hızla bağlı bir artıştır (17,26). Merkezi sinir sistemindeki bir lezyonun neden olduğu üst motor nöron sendromunun bir parçasıdır. Bu nedenle spastisite, omurilik yaralanması, multipl skleroz (MS), felç, edinilmiş beyin hasarı, serebral palsi ve diğerleri dahil olmak üzere çeşitli nörolojik bozukluklarda görülebilir (17).

### Spastisite Tedavisi

Spastisiteyi tedavi etme kararları, spastisitenin problemleri etkileri ile terapinin potansiyel yan etkileri ve faydaları karşılaştırıldıktan sonra verilir. Spastisitenin temel sorunlu etkileri bireyseldir, ancak genellikle ağrı, ambulasyon veya transfer ve günlük yaşam aktivitelerinde zorluk, kesintili uyku, belirli alanlarda (örneğin avuç içi veya kası) hijyen zorluğu, oturma güçlüğü ve kasılmaları içerir. Ancak spastisitesi olan birçok kişi spastisiteyi sorunlu bulmayabilir ve bu durumda tedavi edilmeden kalabilir. Bazıları gerçekten spastisite tarafından desteklenir (17).

Spastisite tedavisi gerekiyorsa, bir germe rutini başlatılmalıdır. Spastisite için oral baklofen, tizanidin, klonidin, diazepam ve diğer benzodiazepamlar ve dantrolen dahil olmak üzere çeşitli ilaçlar mevcuttur. Fokal problemler spastisite botulinum toksini kullanılarak tedavi edilebilir (17).

İntratekal baklofen (ITB) tedavisi, ağırlıklı olarak alt ekstremitelerde spastisitenin şiddetli, problemler ve oral doz ilaç ve/veya fokal tedavilere karşı dirençli olduğu kişiler için giderek artan bir şekilde mevcut bir seçenek olmuştur (17).

### Kontrendikasyonları

İntratekal baklofen tedavisinin kontrendikasyonları arasında baklofene karşı alerjik reaksiyon, genel anesteziyi engelleyen kötü sağlık ve yeniden doldurma için gerekli takip randevularına katılamama yer alır (4,25). Diğer bir husus ise gizli hidrosefalidir. İntratekal baklofen ile tedavi edilen birçok hasta serebral palsilidir ve subklinik hidrosefali açısından daha yüksek risk altında olabilir. Hastanın kafa içi

basıncı artmışsa, bu bulgu beyin omurilik sıvısı sızıntısı, enfeksiyon ve diğer komplikasyon riskini önemli ölçüde artırabilir. Son olarak, intratekal baklofen gerektiren birçok hasta komplikasyon riskini artıran önemli komorbiditelere sahiptir. Bunlara zayıf veya fazla kilolu olma durumu, basınç yaraları ve idrar yolu enfeksiyonları dahildir. Mümkünse, enfeksiyon riski de dahil olmak üzere perioperatif riskleri azaltmak için hastalar tıbbi olarak optimize edilmelidir (25,30,40).

### ITB'nin Test Dozları

BOS'ta ITB'nin yarı ömrü 90 dakika ile 5 saat arasında değişmektedir (1,14). Baklofen intratekal olarak uygulandığında, kanda saptanabilir baklofen yoktur (2,14).

Bir test dozunun serebral spastisite üzerindeki en büyük etkisi, enjeksiyondan 4 saat sonra maksimum etki ile 2 ile 8,5 saat arasındadır (14,18). Değerlendirme bu süre boyunca yapılmalıdır. ITB'nin nöropatik ağrıdaki ilk faydası 1-2 saat sonra görülürken, distoninin ITB'ye klinik yanıtını gözlemlemek için, belki de 48 saate kadar daha uzun bir sürekli ITB uygulaması gerekir.

### Bolus Dozlama

Bir ITB pompasının uygunluğunu değerlendirmek için, genellikle yetişkinlerde 25-100 mg ve çocuklarda 10-50 mg aralığında bir ITB test dozu lomber ponksiyon yoluyla bolus olarak verilebilir. Spastisite için ITB pompası yerleştirilmesine devam eden hastaların yüzde seksen beşi bu aralıkta yanıt verir (14). İlaç etkisinin önerilen merkezi bölgesi nedeniyle distonide de etkili doz daha yüksektir ve bu nedenle sürekli ITB testi dozlaması daha faydalıdır (14).

Artan dozlar, spastisite, distoni veya ağrıda objektif bir azalma gözlenene veya ITB'nin yan etkileri ortaya çıkana kadar verilir. Klinik yararı gölgeleyebilecek yan etkiler yaşayan baklofene duyarlı hastalardan kaçınmak için önce mümkün olan en düşük doz denir.

Çocuklarda sürekli infüzyon testinin uygulanması pratikte daha zor olabilir ve spastisite ve distoninin karışık bir tablosunun olduğu durumlarda bolus testi de daha yararlı olabilir. Bununla birlikte, serebral palsili ayaktan çocuklarda sürekli dozlama tanımlanmıştır (14).

### Sürekli Dozlama

Hızlı ve uygulaması kolay bolus dozları, baklofenin omurilik seviyesinde etki gösterdiğinin düşünüldüğü spastisitede etkinliği belirlemek için genellikle yeterlidir. Deri altından harici bir mikro pompaya tünel-

lenmiş bir intratekal BOS kateteri aracılığıyla sürekli ITB infüzyonu ile test yapmak, diğer bazı durumlarda daha faydalı olabilir (14).

Sürekli baklofen testi için tipik bir başlangıç infüzyon hızı, yan etkiler veya önemli bir klinik iyileşme görülene kadar her 8 saatte bir 50 mg artarak günde 200 mg olabilir.

Sürekli baklofen infüzyonu ile test, distonide özellikle önemlidir. Distonide ITB tedavisinin etkinliği genellikle spastisiteden 10 kat daha fazla baklofen dozlarında görülür. Bu, baklofen etkisinin spinal bölgesinden ziyade önerilen intrakraniyal etkisini yansıtır. Ayrıca, distonide ITB'den yararlanma, intrakraniyal subaraknoid boşlukta yeterli baklofenin birikmesine izin vermek için spastisitede kullanılandan (genellikle 48 saatten fazla) daha uzun bir baklofen infüzyonu periyodu gerektirir. Bu, bolus enjeksiyonla kolay veya güvenli bir şekilde elde edilemez (14).

Sürekli baklofen infüzyonu da daha fizyolojik olabilir, çünkü genellikle 12-18 saatin üzerinde bir kararlı durum BOS konsantrasyonunun elde edilmesini sağlar. Sürekli infüzyonla yanıtın test edilmesi, implante edilmiş bir pompa aracılığıyla ITB iletiminin nihai stratejisini daha fazla temsil eder. Bununla birlikte, bolus testi genel servis ortamında nispeten kolay bir şekilde gerçekleştirilebilirken, sürekli test için intratekal kateter yerleştirilmesi, örneğin spastisiteden kaynaklanan spinal deformitesi olan bir hastada, daha zor bir prosedürdür. Enfeksiyon riskini azaltmak için yerleştirme ayrıca steril bir ortamda, ideal olarak ameliyathanede yapılmalıdır (14).

## CERRAHİ TEKNİK VE PROSEDÜR

### Ameliyat Öncesi Planlama

Çoğu hasta multidisipliner bir rehabilitasyon ortamında değerlendirilir; oral ilaç, botulinum toksin enjeksiyonları veya her ikisi ile yeterli distoni veya spastisite yönetimi sağlanamadığında uygun adaylar olarak kabul edilirler. Kateter implantasyonunun olası alanında omurganın ameliyat öncesi bir MRC'si değerlendirilmeli ve hastanın sistemik veya lokalize herhangi bir altta yatan enfeksiyon durumu dışlanmalıdır.

Kapsamlı bir spinal füzyon cerrahisi (örneğin; daha önce füzyonlu skolyoz cerrahisi) öyküsü olan hastalarda kateter yerleştirilmesi için servikal laminektomi için değerlendirilebilir.

### Hasta Hazırlama ve Konumlandırma

Hasta genel anestezi altında lateral dekübit pozisyon-

da, ameliyat alanı yukarı bakacak şekilde (bir kontrendikasyon yoksa genellikle sağ taraf yukarı bakacak şekilde) pozisyon verilir (25). Paramedian insizyon bölgesini lokalize etmek için floroskopi kullanılabilir. L2-L3 veya L1-L2 seviyesindeki kateter için hazırlıkta genellikle insizyon L4 ila L5 seviyeleri hizasında ortalanır. Pompanın implantasyonu için iliak krest ve kostal marj arasındaki orta nokta hafifçe rostral bir subkostal abdominal insizyon ile işaretlenir. Karın, yan ve sırt bölgesi, işaretlenmiş insizyon bölgelerinde klorheksidin ile sterilizasyon sağlanır. Floroskopiye kolaylaştırmak için radyolüsent bir masa tercih edilebilir. Yeni pompa implantasyonu için genellikle 500 mg/ mL'lik bir konsantrasyon tercih edilmektedir.

### Cerrahi Yaklaşım ve Cerrahi Prosedür

İlk olarak karın bölgesinde deri altı bir cep oluşturulur. İstisnai olarak zayıf hastalarda subfasyal cep yapılabilir. Daha sonra omurgada paramedian kesi açılır. Floroskopi yardımı ile intratekal boşluğa bir Touhy iğnesi sokulur ve eğim rostral yöne bakacak şekilde döndürülür ve sonrasında beyin omurilik sıvısı akışı doğrulanır (25). Floroskopi altında, stile yerinde olan kateter istenen spinal seviyeye ilerletilir. Bir dikiş yerleştirilir ancak Touhy iğnesi yerindeyken bağlanmaz. Stile kateterden çıkarılır ve kateterden beyin omurilik sıvısı akışı doğrulanır. Touhy iğnesi çıkarılır ve kateter seviyesi tekrar floroskopi ile doğrulanır. Öncesinde yerleştirilen dikiş bağlanır ve kateter sabitleme cihazı ile yerine sabitlenir.

Kateter arkadan karına doğru tünellenir ve pompaya bağlanır. Pompa fasyaya dikilir ve pompadan beyin omurilik sıvısı akışını doğrulamak için bir yan port musluğu yapılır. Yara yerleri SF ile yıkanabilir ve vankomisin kullanılabilir. Kapatma anatomisine uygun şekilde gerçekleştirilir (25).

### Komplikasyonlar

Çocuk hastaların komplikasyon oranlarının erişkinlere göre daha yüksektir. ITB ile ilişkili komplikasyonlar mekanik veya enfeksiyöz olarak sınıflandırılabilir (20,41). Pompa veya kateter sorunlarına sekonder mekanik komplikasyonlar hastaların %4 ila %24'ünde gözlenmiştir (20,41). Vakaların %5 ila %26'sında ise enfeksiyöz komplikasyonlar bildirilmiştir (20,41). Enfeksiyöz komplikasyonlar mekanik olanlardan daha erken ortaya çıkıyor gibi görünmektedir (20,41). Baklofen pompalı hastalarda göz önünde bulundurulması gereken bir diğer önemli husus, bu hastaların birçoğunun başka komorbiditelere sahip olmasıdır. Bunlar, konuşma, görme ve dil eksiklikleri gibi nörogelişimsel bozuklukların yanı sıra epilepsi ve akciğer hastalığı gibi diğer tıbbi sorunları içerir. Bu

hastalarda ayrıca gastrostomi tüpleri, spinal füzyon donanımı veya beyin omurilik sıvısı (BOS) şantları gibi başka cihazlar da sıklıkla bulunur. Fjelstad ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, gastrostomi tüpünün varlığı, baklofen pompası enfeksiyonu için risk faktörüdür (41).

### Mekanik Komplikasyonlar

Mekanik komplikasyonlar, baklofen pompasının veya kateterin arızalarından ve ayrıca arızanın bir sonucu olarak ilişkili problemlerden oluşur. Pompa komplikasyonları arasında pompa arızası, pompanın oluşturulan lojda yeterli stabilizasyonunun sağlanamaması ve pompa portunun yanlış yerleştirilmesi hastaların takip sürecinde rezervuarın yeniden doldurulmasına neden olabilir. Kateter ilgili komplikasyonlar kablo kırılması, bağlantı kopması, bükülme, tıkanma, kaymayı içerir. Pompa komplikasyonlarının kateter komplikasyonlarından çok daha az sıklıkta olduğu görülmektedir. Tipik olarak, pompa veya kateter sorunları yavaş yavaş ortaya çıkar ve semptomlar belirsiz olabilir. Bunlar, artan dozajlara rağmen çok yavaş veya istenilen etkinin elde edilememesini içerir (41).

Akut bir pompa veya kateter arızası veya yeniden doldurma hatası nedeniyle ITB tedavisinin aniden kesilmesi, geri çekilmeyi hızlandırabilir ve tedavinin kesilmesinden 0 ile 3 gün sonra ortaya çıkabilir. Baklofen yoksunluğunun belirtileri arasında spastisitede ani bir artış, kaşıntı, hipertermi, kararsız kan basıncı, nöbetler, koma, kusma, uykusuzluk, rabdomyoliz, yaygın damar içi pıhtılaşma ve çoklu sistem organ yetmezliği yer alır (14,22,41). Klinik tablo sepsis, serotonin sendromu ve malign hipertermi gibi diğer acil durumları taklit edebilir. İntratekal baklofen kesilmesi şiddetli ve hatta yaşamı tehdit edici olabilir, bu nedenle bu durumu erken teşhis etmek çok önemlidir (41).

Geri çekmenin yönetimi, hava yoluna, solunuma ve dolaşıma dikkat etmeyi gerektirir; mekanik ventilasyon gerekli olabilir. Hastanın durumu klinik olarak izin veriyorsa, enteral baklofen tipik olarak yüksek dozlarda uygulanabilir. Aksi takdirde parenteral benzodiazepin verilmesi düşünülmelidir (14,41).

Baklofen toksisitesi veya yan etkileri gibi tıbbi komplikasyonlar mekanik komplikasyonlardan, pompa programlamasındaki hatalardan veya ilacın kendisinden kaynaklanabilir (12,41). Mental durum değişikliği, somnolans, konfüzyon veya solunum depresyonu gibi daha tehlikeli ve şiddetli semptomlara daha az rastlanır. Bildirilen diğer yan etkiler arasında idrar retansiyonu ve yeni başlayan nöbetler, baş ağrıları

ve artan gastrointestinal reflü yer alır (41). Bildirilen diğer semptomlar arasında kas hipotonisi, konvülsiyonlar, bulantı, kusma, baş dönmesi, hipotansiyon ve baş ağrıları yer alır (22). Ne yazık ki, aşırı dozda baklofen için spesifik bir antidot yoktur. Baklofen kesilmesinde olduğu gibi, solunum depresyonu için entübasyon ve mekanik ventilasyon gerekli olabilir. Göz önünde bulundurulması gereken diğer tedavi modaliteleri arasında pompadan kalıntı ITB solüsyonunun çıkarılması, baklofen konsantrasyonunu azaltmak için lomber ponksiyon, nöbet kontrolü ve fizostigmin (0.02 mg/kg intravenöz [IV] veya intramüsküler) kullanımı yer alır (41).

Baklofen pompasından kaynaklanan diğer mekanik komplikasyonlardan biri de BOS sızıntısıdır (20,41). Sızıntılar kısa olabilir ve kendiliğinden veya kalıcı olarak düzelebilir ve yama veya diğer müdahaleler gerektirir (41).

Pompa veya kateter arızasından şüphelenilen hastalar için, pompa ve kateterin bütünlüğünü değerlendirmek için ön-arka ve yan karın radyografileri iyi bir ilk test seçeneğidir (41).

### Bulaşıcı Komplikasyonlar

Enfeksiyöz komplikasyonlar yetişkinlere göre çocuklarda daha sık görülür ve daha önce de belirtildiği gibi implantasyon veya revizyondan sonra mekanik komplikasyonlara göre daha erken ortaya çıkar. Ghosh ve ark.nın yaptığı bir çalışmada, enfeksiyöz komplikasyonların çoğu ameliyattan sonraki ilk ay içinde meydana gelmiştir (41).

Bazı çalışmalar ITB pompasının yeri ile enfeksiyon arasında bir korelasyon bulmuştur, bu da subkutan pompaların subfasyal pompalardan daha fazla risk oluşturduğunu düşündürmektedir (41).

Enfeksiyöz komplikasyonların şiddeti yüzeyselden derine veya menenjit ve/veya bakteriyemi ile komplike olan organ boşluğu enfeksiyonlarına kadar değişebilir (20,41). Yüzeysel enfeksiyonların klinik sunumu lokal inflamasyon, pürülan, ağrı veya hassasiyeti içerir. Derin enfeksiyonlar tipik olarak ITB pompa bölgesinde ağrı veya hassasiyet, şişme ve eritem ile kendini gösterir. Organ-doku enfeksiyonu olan hastalar sıklıkla menenjit (%92) ve bakteriyemi (%58) ile başvururlar (41).

Yara, BOS veya pompa bölgesi kültürlerinden izole edilen en yaygın organizma *Staphylococcus aureus*'tur (41).

Neredeyse tüm enfeksiyonlar oral ve/veya IV antimikrobiyal tedavi ile tedavi edilmiştir. Bu tedavi tek

başına enfeksiyonların %41'inde başarılı olmuştur. Hastaların diğer %59'unda ITB cihazının eksplantasyonu gerektirmiştir. Bununla birlikte, eksplantasyon oranları enfeksiyon tipine göre farklılık gösterdi, yüzeysel enfeksiyonların %17'si eksplantasyon gerektiren, buna karşılık derin enfeksiyonların %44'ü ve organ boşluğu enfeksiyonlarının %92'si (P = 0,004) eksplantasyon gerektirdi (41).

Enfeksiyona ek olarak yaraya bağlı başka komplikasyonlar da ortaya çıkabilir (20,41). Bunlar cilt tahrişi, yara ayrılması, psödomeningosel, granülom oluşumu ve BOS fistülleri gibi komplikasyonları içerir. Sıvı, abdominal veya lomber insizyonlarda birikebilir veya sızabilir, bu da lokal şişlik veya seroma yol açabilir. Bunlar genellikle BOS üretimini azaltmak için kompresyon sargısı ve asetazolamid ile tedavi edilebilir (41).

### İNTRATEKAL TERAPİLER

İntratekal ilaç dağıtımı, daha konservatif müdahalelerde başarısız olanlara sunulan bir terapötik modaliteye dönüşmüştür. Başlangıçta habis ağrı veya şiddetli spastisiteden muzdarip olanlar için ayrılmış olan bu nöromodülasyon biçimi için klinik endikasyonlar genişlemeye devam etmektedir (10).

#### Intratekal Ağrı Yönetimi

Ağrıyı tedavi etmede oral veya parenteral yollar yetersiz rahatlatma sağladığında, analjezikler doğrudan merkezi sinir sistemine iletilebilir. Bu yöntemin bariz avantajı, morfinin doğrudan IT ile verilmesinin, oral veya intravenöz eşdeğerine kıyasla çok daha yüksek bir göreceli ilaç gücü sağlamasıdır (10).

1980'lerin başında, Rico ve ark. ve Leavens ve ark. bolus IT morfin ile tedavi edilen hastalarda minimal yan etkilerle tatmin edici analjezik etkiler bildirdiler. Her iki grup da incelenen kanser hastalarının çoğunda (Rico ve ark., %78; Leavens ve ark. ve %66), bireysel morfin enjeksiyonlarını kullanarak orta ila belirgin ağrı rahatlatması bildirmiştir (10).

Nonkolojik kronik ağrı hastalarıyla ilgili çalışmalar devam etti. Çoğunlukla başarısız bel cerrahisi hastalarından oluşan kronik ağrılı hastalardaki genel sonuçlar, kanser hastalarının sonuçlarına eşitti ve somatik patolojisi olan hastalar, ağrıları tamamen nöropatik olanlardan daha iyi tedavi edildi (10).

Diğer çalışmalar, morfin monoterapisinden lokal anesteziklerin ve alfa-2 agonistlerinin kombinasyonlarına doğru genişleyerek, kronik ağrı hastaları için daha fazla destek sunmuştur. Başlangıçta başarısız bel sendromuna odaklanan endikasyonlar artık



karmaşık bölgesel alanları kapsayacak şekilde genişlemiştir. Ağrı sendromu, postherpetik nevralji ve ağrılı periferik nöropati.

IT analjezik dağıtım için teknolojinin hızlı gelişimi, uzun süreli sabit seviyeler sağlamak ve yan etkileri sınırlarken, terapötik etkileri en üst düzeye çıkarmak için sürekli infüzyonun desteklenmesi ihtiyacı oluştu. İlk çalışmalar, sürekli infüzyona değil, dışarıdan verilen morfin boluslarına bireysel tepkileri tanımladı. Bu kresendo-azalan uygulama yöntemleri hem yan etkileri şiddetlendirdi hem de hastaları daha yüksek enfeksiyon riskine ve BOS sızıntılarına maruz bıraktı. Buna karşılık, pompalar geliştirildi. Birincil endikasyon artık malign olmayan, kronik ağrıdır (10).

### İntratekal Narkotikler İçin Hasta Seçimi

Kural olarak, bir nöromodülasyon prosedürü için düşünülen hastalar, önce multidisipliner bakıma uygun olarak tam kapsamlı oral analjezik tedaviden geçmelidir. Hem kısa hem de uzun etkili analjeziklerin eşzamanlı kullanımı ile optimize edilmiş tıbbi tedavi altında, hastaların yaklaşık %90'ı yeterli ağrı kontrolüne ulaştığı gözlenmiştir. Yalnızca yüksek doz sistemik ilaç uygulamasına veya dayanılmaz yan etkileri olanlar IT yönetimi için uygundur.

Bu dönemde hastanın psikolojik öyküsü, destek sistemi, ağrının patofizyolojik etiyojisi ve ikincil kazanımla ilgili konular dahil olmak üzere birçok faktör doğru bir şekilde tanımlanmalıdır. Maliyet analizi, kanser ( 3-6 ay) ve habis olmayan ( 11-22 ay) ağrı, uzun vadeli tedavi gerektiren hastalar için IT uygulamasının en uygun maliyetli opioid dağıtım şekli olduğunu göstermektedir. Eğer yaşam beklentisi daha kısa ise, harici dağıtım sistemleri daha basit olabilir ve kesinlikle daha ucuzdur.

Hasta IT opioidleri için ilk değerlendirmeden geçtikten sonra, hastanın analjezik yarar sağlayıp sağlamayacağını belirlemek için bir IT denemesi gereklidir. Bu, lomber ponksiyon yoluyla tek bir bolus yerleştirerek veya (özellikle uzun süreler boyunca yüksek doz opioid kullananlarda) bir dozda sürekli, titre edilebilir infüzyona izin veren harici bir uygulama sistemi aracılığıyla önceden belirlenmiş zaman dilimi boyunca yapılabilir. IT yanıtının değerlendirilmesinin narkotik yoksunluk semptomlarıyla karıştırılma olasılığı nedeniyle, oral analjeziklerin eş zamanlı kullanımı bu süre boyunca devam etmelidir (10).

Denemeden sonra hasta, solunum depresyonu oluşması durumunda dikkatli hemşirelik bakımı, yakın vital değerler takibi ve saatlik nörolojik kontroller ile izlenen bir ortamda olmalıdır. Nalokson da kolayca temin edilebilir olmalıdır. Morfinin suda çözünen

farmakokinetiği göz önüne alındığında, etki başlangıcı yaklaşık 30 dakika ila 1 saat arasında olmalı ve etkileri 18-24 saat sürmelidir. Reçete yazan klinisyenler oral narkotik dozlarının IT eşdeğerlerine dönüştürülmesini düşünmelidir. Örneğin, günde 1 mg IT morfin, 300 mg oral morfine veya intravenöz olarak verilen 100 mg'a eşit analjezik etki sağlayacaktır (10).

Her ne kadar olağan kronik opioid kullanımını öyküsü göz önüne alındığında bu popülasyonda yan etkiler sıklıkla azaltılsa da karşılaşılabilmektedir. Kabızlık, idrar retansiyonu ile birlikte oldukça yaygındır. Kaşınıtı da sıklıkla görülür, ancak çoğu zaman 12-24 saat içinde azalır. Genellikle tedavinin başlamasından aylar sonra gelişen miyoklonus dozun azaltılmasını gerektirebilir. Tedaviye dirençli kaşınıtı gözlenen hastalarda hidromorfon düşünülmelidir ve miyoklonus insidansının daha düşük olduğu gösterilmiştir. Kronik üriner retansiyon tipik olarak IT dozunun azaltılmasıyla giderilebilir. Hem erkek hem de kadın cinsiyet hormonlarının endokrinolojik baskılanması da olabilir, takviye gerektirir. Nadiren, diüretiklere uygun olmayan ödem de ortaya çıkabilir ve bazı yazarlar önceden var olan venöz yetmezliğin IT narkotik uygulaması için nispi bir kontrendikasyon olduğunu düşünürler (10).

Morfin, baklofen ve zikonotid şu anda ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından IT pompalarında kullanım için onaylanmış tek ajanlar iken, diğer narkotik ve narkotik olmayan ajanlar artık hem bireysel hem de kombinasyon hâlinde rutin olarak kullanılmaktadır. Şu anda kullanımda olan yaygın ajanlar arasında morfine narkotik alternatifler olarak hidromorfon ve fentanil ile nöropatik ağrı sendromları için klonidin, bupivakain ve N tipi spesifik bir kalsiyum kanal blokörü olan zikonotid yer alır (10).

### KAYNAKLAR

1. Albright, A. L., & Ferson, S. S. (2006). Intrathecal baclofen therapy in children. *Neurosurgical Focus*, 21(2), e3.
2. Albright, A. L., & Shultz, B. L. (1999). Plasma baclofen levels in children receiving continuous intrathecal baclofen infusion. *Journal of Child Neurology*, 14(6), 408-409.
3. Albright, A. L., Barry, M. J., Shafton, D. H., et al. (2001). Intrathecal baclofen for generalized dystonia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 43(10), 652-657.
4. Albright, A. L., Cervi, A., & Singletary, J. (1991). Intrathecal baclofen for spasticity in cerebral palsy. *JAMA*, 265(11), 1418-1422.

5. Albright, A. L., Turner, M., & Pattisapu, J. v. (2006). Best-practice surgical techniques for intrathecal baclofen therapy. *Journal of Neurosurgery*, 104(4 Suppl), 233–239.
6. Ashworth, B. (1964). Preliminary Trial Of Carisoprodol In Multiple Sclerosis. *The Practitioner*, 192, 540–542.
7. Aymard, C., Katz, R., Lafitte, C., et al. (2000). Presynaptic inhibition and homosynaptic depression: a comparison between lower and upper limbs in normal human subjects and patients with hemiplegia. *Brain : A Journal of Neurology*, 123 ( Pt 8), 1688–1702.
8. Barry, M. J., VanSwearingen, J. M., & Albright, A. L. (1999). Reliability and responsiveness of the Barry-Albright Dystonia Scale. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 41(6), 404–411.
9. Becker, R., Benes, L., Sure, U., et al. (2000). Intrathecal baclofen alleviates autonomic dysfunction in severe brain injury. *Journal of Clinical Neuroscience : Official Journal of the Neurosurgical Society of Australasia*, 7(4), 316–319.
10. Belverud, S., Mogilner, A., & Schulder, M. (2008). Intrathecal pumps. *Neurotherapeutics : The Journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics*, 5(1), 114–122.
11. ben Smail, D., Peskine, A., Roche, N., et al. (2006). Intrathecal baclofen for treatment of spasticity of multiple sclerosis patients. *Multiple Sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, 12(1), 101–103.
12. Berweck, S., Lütjen, S., Voss, W., et al. ITB Working Party. (2014). Use of intrathecal baclofen in children and adolescents: interdisciplinary consensus table 2013. *Neuropediatrics*, 45(5), 294–308.
13. Brashear, A., & Lambeth, K. (2009). Spasticity. *Current Treatment Options in Neurology*, 11(3), 153–161.
14. Brennan, P. M., & Whittle, I. R. (2008). Intrathecal baclofen therapy for neurological disorders: a sound knowledge base but many challenges remain. *British Journal of Neurosurgery*, 22(4), 508–519.
15. Enna, S. J., & Blackburn, T. P. (2010). GABAB receptor pharmacology - a tribute to Norman Bowery. Preface. *Advances in Pharmacology (San Diego, Calif.)*, 58, xv–xvi.
16. Ertzgaard, P., Campo, C., & Calabrese, A. (2017). Efficacy and safety of oral baclofen in the management of spasticity: A rationale for intrathecal baclofen. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 49(3), 193–203.
17. Ethans, K. (2007). Intrathecal baclofen therapy: indications, pharmacology, surgical implant, and efficacy. *Acta Neurochirurgica. Supplement*, 97(Pt 1), 155–162.
18. Ford, B., Greene, P., Louis, E. D., et al. (1996). Use of intrathecal baclofen in the treatment of patients with dystonia. *Archives of Neurology*, 53(12), 1241–1246.
19. Francisco, G. E., Latorre, J. M., & Ivanhoe, C. B. (2007). Intrathecal baclofen therapy for spastic hypertonia in chronic traumatic brain injury. *Brain Injury*, 21(3), 335–338.
20. Ghosh, D., Mainali, G., Khera, J., et al. (2013). Complications of intrathecal baclofen pumps in children: experience from a tertiary care center. *Pediatric Neurosurgery*, 49(3), 138–144.
21. Godwin DA, Kim N-H, Zuniga R. Stability of a baclofen and clonidine hydrochloride admixture for intrathecal administration.
22. Hazelwood, M. Gablofen (baclofen injection) [package insert].:Hosp Pharm 2001;36:950–4.
23. Kaupmann, K., Schuler, V., Mosbacher, J., et al. (1998). Human gamma-aminobutyric acid type B receptors are differentially expressed and regulate inwardly rectifying K<sup>+</sup> channels. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(25), 14991–14996.
24. Krach, L. E. (2001). Pharmacotherapy of spasticity: oral medications and intrathecal baclofen. *Journal of Child Neurology*, 16(1), 31–36.
25. Lake, W., & Shah, H. (2019). Intrathecal Baclofen Infusion for the Treatment of Movement Disorders. *Neurosurgery Clinics of North America*, 30(2), 203–209.
26. Lance JW (1981) Symposium synopsis. In: Feldman RG, Young RR, Koella WP (eds) Spasticity: disordered motor control. Year Book Medical Publishers, Chicago, pp 485–494
27. Li, Y., Li, X., Harvey, P. J., et al. (2004). Effects of baclofen on spinal reflexes and persistent inward currents in motoneurons of chronic spinal rats with spasticity. *Journal of Neurophysiology*, 92(5), 2694–2703.
28. Lind, G., Schechtmann, G., Winter, J., et al. (2007). Drug-enhanced spinal stimulation for pain: a new strategy. *Acta Neurochirurgica. Supplement*, 97(Pt 1), 57–63.
29. Motta F, Antonello CE. Analysis of complications in 430 consecutive pediatric patients treated with intrathecal baclofen therapy: 14-year experience. *J Neurosurg Pediatr* 2014;13(3):301–6.
30. Motta, F., Stignani, C., & Antonello, C. E. (2008). Effect of intrathecal baclofen on dystonia in children with cerebral palsy and the use of functional scales. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 28(2), 213–217.
31. Patrick, E., & Ada, L. (2006). The Tardieu Scale differentiates contracture from spasticity whereas the Ashworth Scale is confounded by it. *Clinical Rehabilitation*, 20(2), 173–182.

32. Penn, R. D., & Kroin, J. S. (1984). Intrathecal baclofen alleviates spinal cord spasticity. *Lancet (London, England)*, 1(8385), 1078.
33. Penn, R. D., & Kroin, J. S. (1987). Long-term intrathecal baclofen infusion for treatment of spasticity. *Journal of Neurosurgery*, 66(2), 181–185.
34. Penn, R. D., Savoy, S. M., Corcos, D., et al. (1989). Intrathecal baclofen for severe spinal spasticity. *The New England Journal of Medicine*, 320(23), 1517–1521.
35. Pin, T. W., McCartney, L., Lewis, J., et al. (2011). Use of intrathecal baclofen therapy in ambulant children and adolescents with spasticity and dystonia of cerebral origin: a systematic review. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 53(10), 885–895.
36. Price, G. W., Wilkin, G. P., Turnbull, M. J., et al. Are baclofen-sensitive GABAB receptors present on primary afferent terminals of the spinal cord? *Nature*, 307(5946), 71–74.
37. Stempien, L., & Tsai, T. (n.d.). Intrathecal baclofen pump use for spasticity: a clinical survey. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 79(6), 536–541.
38. van Hilten, B. J., van de Beek, W. J., Hoff, J. I., et al. (2000). Intrathecal baclofen for the treatment of dystonia in patients with reflex sympathetic dystrophy. *The New England Journal of Medicine*, 343(9), 625–630.
39. Vidailhet, M., Jutras, M.-F., Grabli, D., et al. (2013). Deep brain stimulation for dystonia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 84(9), 1029–1042.
40. Winter, G., Beni-Adani, L., & Ben-Pazi, H. (2018). Intrathecal Baclofen Therapy-Practical Approach: Clinical Benefits and Complication Management. *Journal of Child Neurology*, 33(11), 734–741.
41. Woolf, S. M., & Baum, C. R. (2017). Baclofen Pumps: Uses and Complications. *Pediatric Emergency Care*, 33(4), 271–275.
42. Zierski, J., Müller, H., Dralle, D., et al. (1988). Implanted pump systems for treatment of spasticity. *Acta Neurochirurgica. Supplementum*, 43, 94–99.





## POSTLAMİNEKTOMİ SENDROMUNDA NÖROMODÜLASYON GİRİŞİMLERİ

Binay Davaslıgil Atsever, Özgür Akşan

Postlaminektomi Sendromu diğer adı ile Başarısız Bel Cerrahisi Sendromu (BBCS) olarak omurga cerrahisi sonrasında kalıcı veya tekrarlayıcı olarak görülen bel ağrısını tanımlayan bacak ağrısının her zaman eşlik etmediği bir durumu ifade eder. Cerrahi sonrasında hastanın beklentilerinin karşılanmaması sonucu ile bu tanımlama isim kazanmıştır (15). Lumbosakral bölge operasyonlarını takiben %10-40 oranında bacak ağrısının eşlik ettiği ya da etmediği bel ağrısı yakınması ve fonksiyonel yetmezlik tablosu ile kendini gösteren BBCS artan omurga ameliyatları ile omurgada araştırılması gereken bir klinik tablo formu ortaya çıkarmıştır. ABD’de artan omurga cerrahisi Avustralya, Finlandiya ve Kanada’nın iki katına ulaşmıştır. Omurga cerrahisi için en iyi sonuçların en az yapılan bölgede olduğu görülmüştür. Cerrahi sonrası sonuçlardaki farklılığa bakıldığında en önemli faktörün cerrahi karar için kabul edilen kriterlerden kaynaklandığı görülmüştür (5). North ve ark.nın yaptığı 1979-1983 yılları arası cerrahi geçirmiş 102 hastayı içeren beş yıllık bir süreci inceleyen çalışmada hastaların devam eden şikayetlerinin sebeplerine yönelik çoklu faktör tanımı ortaya konulmuştur (15). Aslında BBCS için kabul görmüş bir tanım yoktur. Bunun sebebi de nicel çalışmaların çok az oluşu ve alta yatan sebeplerin çok geniş bir yelpazede oluşu olup operasyon öncesi hastaların net bir tanı alamamasıdır. Şikayetlerinin tanımlanmasının ve beklentilerin net olmaması, cerrahi kararda ve hasta seçimindeki hatalar en baştaki faktörler olup beraberinde biyolojik, psikolojik, tıbbi hastalıklar gibi nesnel faktörlerle tablo karmaşık hâle gelir (3,5).

İlk nicel verilerin sunulduğu Burton ve ark.nın 1981’de yaptığı çok merkezli çalışmada lomber omurganın lateral stenozunu tanıyamamanın veya yeterince tedavi edememenin, sonuçta ortaya çıkan sinir hasarı veya basısının hastaların %57-58’inde birincil etiyojolojiyi oluşturduğu belirlenmiştir. Cerrahi endike olduğunda, yeterli tanı testleri ve uygun prosedürlerin uygulanması ile BBCS’yi yüksek oranda önleyeceği yönünde sonuca varılmıştır. Tomografi ve daha çok diskografi kullanılarak tanımlamaların yapıldığı açık-

lama kazandırılmaya çalışılan bu çalışmanın sonuçları yeni tanı testleri nedeni ile ayrıca incelenmelidir (3).

BBCS’li hastalar tedavi edilemedikçe etiyojinin aydınlatılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla bir algoritma ve sebebe yönelik tanımlama için Wagupack ve ark.nın 1995-1997 yılları arasında yaptıkları 181 hastalık seride hastaların %94’ünde klinik olarak önemli bir tanı koyabildiklerini; çoğu durumda, başarısız olan ameliyatın belirli yapısal bozukluk için en iyi seçim olmayabileceğini, cerrahi öncesi tanının yanlış veya eksik olduğunu veya yapılan ameliyatın yapısal bozukluğu yeterince düzeltilmediğini gözlemlediler (24). Tanı ve tanımlama için algoritma oluşturacak parametrelerin ortak dilde kullanılması sonucunu rapor ettiler.

Bazı hastalar, postlaminektomi sendromu geliştirme potansiyeline sahiptir. Carragee ve ark. psikososyal risk faktörlerinin, bel ağrısı sakatlığını öngörmeye yapısal anormalliklerden çok daha güçlü olduğunu göstermişlerdir. Bu nedenle uygun hasta seçimi sonucunda BBCS’nin daha aza indirilebileceği ortaya çıkmıştır (4). Hastalar ayrıca BBCS ile beraber görülmeye oranı yüksek olan nedeniyle anksiyete, depresyon ve diğer psikiyatrik durumlar için bir değerlendirmeden geçmelidir (5).

Tekrarlanan cerrahi, azalmış başarı oranları ile ilişkilidir. En sık olarak nöral foramenlerdeki yetersiz dekompresyon, BBCS’nin potansiyel bir nedenidir. Aşırı agresif dekompresyon, spinal instabilite ve ağrıya neden olur. Ayrıca revizyon cerrahisinin sayısı da instabilite riskini artırır; 4 operasyondan fazla spinal revizyon cerrahisi geçiren olgularda instabilite riskinde %50 artış görülmüştür (12). Ek olarak, yanlış yerleştirilmiş greftler ve vidalar da nöral yapıların sıkışmasına ve radiküler ağrıya yol açabilir (17). Revizyon lomber cerrahide yara enfeksiyonu insidansı metalik enstrümantasyon gerektiren vakaların %5-7’sinde bildirilmiştir. Dekompresyondan ya da pedikül vidalarının yerleştirilmesinden sinir kökü yaralanması olabilir (18). Spinal cerrahi sonrası

epidural skar oluşumu nedeniyle sinir kökleri gergin hale gelebilir. Ayrıca omurga yapılarının dejeneratif değişiklikler ve faset eklem hipertrofi ile başa çıkma yeteneğini de azaltabilir. Skar oluşumunda omurga hareketleri ağırlı olarak karşımıza çıkar. Fibrozis sinir köklerine giden vasküler beslenmenin bozulması nedeniyle vasküler hipoksiyi başlatabilir. Perinöral fibrozis, beyin omurilik sıvısı aracılı beslenmeyi engelleyebilir ve sinir köklerinin aşırı duyarlılığına neden olabilir (10,18).

Epidural fibrozis varlığını BT ve MRG gibi geleneksel görüntüleme yöntemlerinin ile güvenilirlikle tespit etmediği gösterilmiştir. Ancak epiduroskopi ile tanıda karşılaştırıldığı bir çalışmada fibrozis tespit etme oranının MRG kullanılan hastalarda sadece %16.1'iken epiduroskopi kullanılan hastalarda %90'dan fazla oranda tespit ettiği ortaya konuldu (2). Bel cerrahisi sonrası inatçı ağrısı olan hastaların ayrıntılı öyküsü, fizik muayenesi doğru tanı için çok önemlidir. Ağrının karakteri ve yeri tanımlanarak cerrahi öncesindeki ağrısı ile karşılaştırılmalıdır. Bacaktaki ağrı muhtemelen stenoz, epidural fibrozis veya disk herniasyonu sonucu sinir basısını gösterirken; bel ağrısı faset eklem artropatisi, sakroiliak eklem sorunları veya miyofasiyal sebepler için ipucu olabilir (5).

Hastalara yaşamı tehdit eden durumları gösterebilecek "kırmızı bayrak" semptomları sorulmalıdır; bunlar kauda equina sendromunun göstergesi olan eyer anestezi veya bağırsak/mesane inkontinansı; enfeksiyona işaret eden ateş, titreme veya kilo kaybı; ve malignite belirtileridir. Spinal dekompresyon, sinir kökü üzerindeki baskıyı azaltmak için her zaman faset eklemının medial kısmının rezeksiyonu içerir. Bu rezeksiyon ekleme instabilite ve ağrıya neden olabilir. Cerrahi sırasındaki dural yaralanma, enfeksiyon, epidural hematoma, kökün retraksiyonu, iatrojenik olarak kökün hasarı gibi komplikasyonlar kronik ağrı etiolojisinde yer alır. Aynı zamanda miyofasiyal kasların da uzun süreli retraksiyonu miyofasiyal spazm yaratarak BBCS etiolojisinde ağrı oluşumunda rol oynar (5,17).

Spinal kord stimülasyonu (SKS); postlaminektomi sendromu olan hastanın ağrısına aracılık etmek için bir uyarıcı cihazın implantasyonunu içerir. Konservatif tedavi ve tekrarlanan cerrahiye göre SKS'nin üstünlüğüne dair büyük randomize çalışmalardan elde edilen güçlü kanıtlar mevcuttur. Omurgadaki patolojisi net tanımlanmış, acil klinik bulguları (bağırsak/mesane bozukluğu, motor güçsüzlük) olan hastalarda yeniden ameliyat bir seçenek olabilir. Ancak reoperasyon genellikle implante edilebilir

teknolojilere kıyasla daha düşük sonuçlar ve daha yüksek morbidite ile ilişkilidir (16).

Büyük psikolojik sorunları olmayan, baskın nöropatik kalça ve bacak ağrısına sahip, uygun şekilde seçilmiş postlaminektomi sendromlu hastalar için, mevcut kanıtlar doğrultusunda bir ağrı yönetimi programı terapisi veya ilgili psikolojik tekniklerden önce nöromodülasyonu düşünmek uygundur. Hasta omurga cerrahisini takiben kalıcı semptomlarla ilk başvurduğunda kapsamlı bir biyolojik ve psikososyal değerlendirme yapılır. Bu değerlendirme, ağrı şiddetini ve bunun fonksiyon ve yaşam kalitesi üzerindeki etkisini araştırmalıdır. Omurga operasyonlarının detaylarının tedavi aldığı kliniklerden alınması gerekir. Çünkü bu ayrıntılar genellikle yönetimle ilgili önemli ipuçları sağlar. Kırmızı bayrak bulgularını tanımlayan acil cerrahi endikasyon ve malign hastalık öyküsü ekarte edilmiş olmalıdır. Ağrı karşısındaki tutum ve yönetim, duygudurum, geçmiş psikolojik yapısal özellikleri tanımlayan sarı bayrak bulguları hastayı değerlendirmede ilk sırayı almalıdır (5).

### Spinal Kord Stimülasyonu Etki Mekanizmasında Kapı Kontrol Teorisi

Sinir sisteminde ağrı sinyallerinin üretim ve dağılımı üzerinde çalışan Wall ve Melzack 1965'de kapı kontrol teorisini tanımlayarak nöromodülatör tekniklerin temelini açıklamış oldular. Teorilerine göre miyelinli A-beta, A-delta lifleri ve miyelinsiz C lifleriyle spinal korda iletilen impulslar, dorsal kolondaki lamina II ve III'te bulunan substantia gelatinoza (SG) ve lamina V'te bulunan T (transmisyon) hücrelerine iletilirler. Miyelinli ve miyelinsiz primer afferentler ağrı iletiminde doğrudan uyarıcı etki gösterirken SG nöronları T-hücreleri üzerinde inhibitör etki gösterirler. Miyelinli lifler, SG hücreleri üzerinde uyarıcı etki gösterirken, miyelinsiz lifler SG nöronlarını inhibe etmektedir. Kapı hücresi olarak adlandırılan SG nöronları presinaptik olarak ağırlı uyarının transmisyon hücrelerine iletimini engellemektedirler. Miyelinli afferentler SG inhibitör nöronlarını uyararak T hücrelerine girişini azaltmakta ve analjezi sağlamaktadır (14). Bu durum kalın miyelinli liflerin selektif olarak uyarılmasının analjezi sağladığı ile gösterilmiştir. Miyelinli nosiseptörlerin harekete geçmesi inhibitör SG nöronunu inhibe etmekte ve T hücrelerinin aktif olmasını sağlamaktadır. Teorinin temelini dokunma ve titreşim gibi duysal bilgileri taşıyan (A-beta lifleri) miyelinli liflerin, inceliflerin getirdiği uyarılara karşı kapıyı kapalı tutması ve sonucunda analjezi sağlanması oluşturmaktadır. 1967'de Shealy ve ark. tarafından yayınlanan ilk rapordan bu yana Spinal kord stimülasyonu (SKS) dünya çapında kullanılmak-

tadır (19). Kapı Kontrol Teorisi, nosiseptif sinyallerin iletiminin büyük çaplı sinir liflerinin uyarılmasıyla omuriliğin dorsal boynuzunda engellenebileceğini belirterek, SKS için ilk etki mekanizmasını sağladı. Bu, hem supraspinal hem de segmental mekanizmaların SKS tarafından aktive edildiğini ve rostral ve kaudal stimülasyonların farklı sinaptik devreleri aktive edebileceğini düşündürmüştür. Bu nedenle segmental çalışma mekanizmalarının yanı sıra, çok çeşitli supraspinal mekanizmalar önerilmiştir. SKS'nin analjezi etkisinin kısmen kortikal aktivitedeki değişikliklerden kaynaklandığı öne sürülmüştür ve sonuçta ağrı beyin tarafından denetlenir. Goudman ve ark., SKS'nin beyin aktivitesi üzerindeki etkileri hakkındaki tüm makaleleri toplamak için mevcut nörofizyolojik ve fonksiyonel nörogörüntüleme literatürünü araştırdı. Mevcut literatüre dayanarak, talamus ve anterior singulat korteks, ağrı deneyiminin potansiyel araçları olarak tanımlandı (9). Ek olarak, SKS'nin somatosensoryel uyarılmış potansiyeller üzerinde engelleyici bir etkisi olduğu görülmüştür (6). Supraspinal etki mekanizmaları hakkında kesin kanıtlar araştırma aşamasında olup farklı supraspinal hipotezler elde edildi.

Ayrıca, SKS'nin nörokimyasal değişikliklere yol açtığı da gösterilmiştir. Yüksek bir inhibitör nörotransmitter içeriği ve sınırlı bir uyarıcı nörotransmitter salınımına neden olduğu sürülmüştür. SKS uygulamasının GABA, serotonin, noradrenalin, P maddesi düzeylerinde azaltıcı glutamat ve aspartat düzeylerinde artmaya yol açan bir etkiye sahiptir (24).

Yapısal MRG ile yapılan çalışmalar da SKS'nin sensorimotor ve posterior insular kortekslerin aktivasyonunda artışa yol açtığını ve duysal ve limbik alanlar arasındaki fonksiyonel bağlantıda değişikliklere yol açtığını göstermiştir (21,22). Ayrıca Kishima ve ark. tarafından yapılan PET çalışmalarında anterior singulat korteks ve prefrontal alanlara kan akım artışı olduğu gösterilmiştir (11). Bir diğer çalışma da üç aylık SKS'den sonra superior frontal beyaz cevherde hacimde bir artış olduğunu ortaya çıkardı, bu da azalan ağrı önleyici yolların işleyişindeki bir artışı yansıtabilir (6). Çalışmalar SKS'nin beyin sapı üzerindeki etkisini, nukleus raphe magnus rostroventromedial medulla, locus coeruleus üzerinde göstermiştir (20). Kritik olarak, kortekste görülen etkilerin, analjeziye aracılık eden yukarıdan aşağıya, kortikal-spinal bir süreci mi, yoksa daha doğrusu spinal seviyede başlatılan bir terapötik etkiye (aşağıdan yukarıya, spinal-kortikal mekanizma) tepkileri mi yansıttığı açık değildir. Zander ve ark.nın yaptığı çalışmada birkaç anatomik ve teknik faktörün SKS'ye nöral yanıtın model tahminlerini nasıl etkilediğini incelemek

için kadavrada çeşitli model koşulları altında vertebra ve spinal kordun kesitleri incelenmiştir. Alt torasik spinal kordda uygulanan SKS modeli ile gri cevher, beyaz cevher, beyin omurilik sıvısı (BOS), dura, epidural doku, kemik, intervertebral diskler, dorsal kökler ve doku temsilleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada dorsal kök liflerinin anatomisinin SKS model tasarımında büyük ölçüde göz ardı edilebileceğini ortaya koymuşlardır. Ancak çalışmada torasik seviyede yapılmış olup servikal veya lomber spinal seviyelerde, dorsal kökler çok daha yoğun ve büyüktür, bu da aktivasyon eşiklerini ve/veya aksiyon potansiyelinin başlama bölgesini etkileyebilir. Biyolojik dokular, SKS sırasında omurilikte üretilen hücre dışı voltajları potansiyel olarak etkileyebilecek, frekansa bağlı elektriksel özelliklere sahiptir. Aktif elektrotların omurgaya göre konumu gibi anatomik değişkenlerin aktivasyon eşiklerini önemli ölçüde değiştirebileceğini göstermektedir. Omurlara göre elektrot yerleştirmenin potansiyel önemini incelemek için, ardışık iki lamina arasına ve doğrudan laminanın ventraline yerleştirilen katot arasındaki aktivasyon eşiklerini karşılaştırıldığında kord ventral yüzde farklı değerler saptadılar; ancak duranın elektriksel özellikleri büyük ölçüde bilinmediğinden, varsayılan iletkenlik model tahminlerini etkileyecek özellikte olmasını korddaki konum farklılıklarında farklı iletkenlik ve eşik değerleri ile göstermişlerdir (25).

Spinal Kord Stimülasyonu; elektrot, vücut içine yerleştirilebilir enerji üretici (pil) ve bir adet uzaktan kumanda ekipmanlarından oluşan bir sistemdir. Sistemin mantığı cilt altına yerleştirilen enerji üretici sayesinde üretilen ve özel bir programlama cihazı ile amplitüdü, dalga genişliği ve frekansı ayarlanabilen bir elektrik akımının epidural alana yerleştirilen bir elektrot aracılığıyla epidural mesafeye ulaştırılarak ağrı iletiminden sorumlu olan spinal kordun dorsal kolonunda bir inhibisyon gerçekleştirilmesidir. Bu elektrot, omuriliğe elektrik stimülasyonu sağlayan ve ağrının köken aldığı düşünülen seviyeye gelen dorsal kolon nöronlarını uyaran implante edilebilir bir elektrik pulsüreticine (IPG) bağlıdır. Bu elektriksel uyarı, etkilenen bölgede parestezi yaparak ağrıyı azaltır (16). Girişim tipik olarak iki aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada mevcut elektrot perkütan veya cerrahi olarak harici bir uzatma kablosu aracılığıyla harici bir pile bağlanmakta ve hasta en fazla 2 haftalık bir deneme dönemine alınmaktadır. SKS uygulamasının en önemli karar süreçlerinden ikincisi deneme sürecidir. Geçici elektrotlar takılır ve hastanın yanıtı değerlendirilir. Hasta 2-3 hafta takip edilir. Bu takip sürecinde ağrının azalma oranı, uyku düzeni, hastanın günlük aktivitelerini yapabilme

kapasitesi, ilave analjezik tedaviye gereksinim ihtiyacı, parestezi azalma durumu elde edilmesi hâlinde kalıcı elektrot uygulamasına geçilir (7). Yeni nesil SKS üniteleri, spinal kanal içindeki lead'lerin üç boyutlu alanını hesaba katan bir algoritma ile değişken stimülasyon sağlamak üzere tasarlanmıştır. Sonuç olarak, bu algoritma, hekime, geleneksel SKS sistemlerine kıyasla SKS'yi daha fazla hassasiyet ve esneklikle programlama yeteneği sağlayabilir. Bu gelişmiş nöral hedefleme, geleneksel cihazlara göre yeni nesil SKS tedavisinin etkinliğini artırabilir (13).

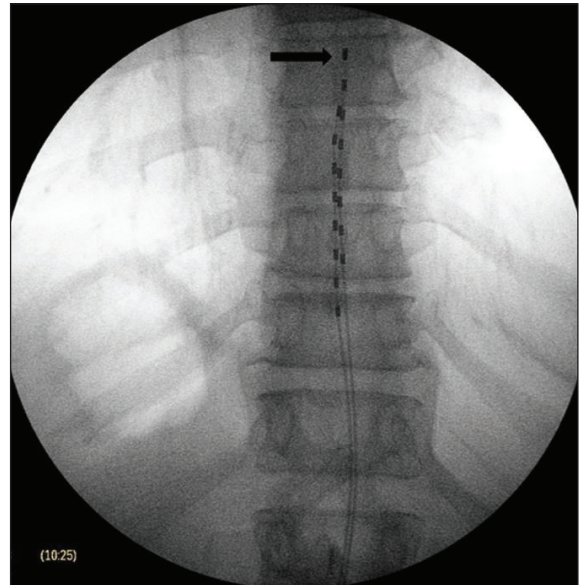
### Kimlere Spinal Kord Stimülasyonu Yapılmalıdır ?

Hastada SKS uygulanabilmesi için 6 aydan uzun süren kronik dirençli ağrı varlığı ve medikasyona yanıt-sızlık, malign kökenli olmayan ağrı, sekonder kazanç varlığının ekartasyonu, ağrı ile uyumlu objektif bir patoloji varlığı, konvansiyonel ağrı giderici yöntemlere yanıt-sızlık, 18 yaş ve üzeri olması, hastanın tedavinin risklerini anlayabilmesi ve kabul etmesi, deneme sürecine olumlu yanıt alınması, hastanın cihazı kullanabilir olması (göreceli), hamile olmaması şartları aranır. SKS uygulama zamanlamasının önemi Kumar ve ark. tarafından vurgulanmıştır (12).

Skopi altında yüzüstü pozisyonda veya yan yatar pozisyonda yatırılan hasta steril koşullarda girişim için hazırlanır. Hedeflenen seviyenin bir altındaki vertebra laminasına uygun düşecek şekilde yapılan cilt insizyonunu takiben cilt ve cilt altı geçilerek dorsolomber fasya açılır. Paravertebral adaleler sıyrılarak ilgili laminaya ulaşılır. Orta hat yapılar korunarak orta hatta yakın olacak şekilde mini bir hemiparsiyel laminektomi yapılmasının ardından mini bir flavektomi yapılarak önce dilatatör ardından kanama kontrolü yapıldıktan sonra elektrot yerleştirilir, skopi kontrolü alınır (Şekil 1) (1).

Perkütan yöntem de ise gerekli saha temizliğini takiben 14G Touhy / 16G R-K iğne ile paramedian ve 45 dereceye yakın açı ile epidural aralığa girilir (11). İntraduser iğne lomber interlaminar alanda klasik yaklaşımın tersi yönde yerleştirilir. Buradaki önemli nokta elektrodun tam orta hatta olması gerekliliğidir ve skopi ile kontrolü alınır. Bu noktada skopide elektrotun ön veya arka epiduralde olup olmadığına dikkat edilmelidir. Epidural bölgede elektrotun arka epidural bölgede ve ağrılı tarafta bulunması gerekir. İnsizyonun yanında elektrotun bağlantı kablolarının yerleştirileceği bir cep oluşturulur. Epidural iğne içerisinden öncelikle epidural bölgede elektrodun rahat girişini sağlamak amacı ile yönlendirici gönderilir. Daha sonra elektrot skopi kontrolü altında uygun dermatoma doğru ilerletilir. Perkütan yakla-

şımlar lokal anestezi altında yapıldığından perkütan elektrodun yerleştirilmesinden sonra test sinyalleri gönderilerek hastaya elektriksel aktiviteyi tam olarak ağrının olduğu dermatomda hissedip hissetmediği sorulabilir ve bu sayede elektrot, etkinliğin en iyi olabileceği bölgeye yerleştirilmiş olur. Ancak cerrahi yaklaşım böyle bir durum söz konusu değildir ve ağrı bölgelerine göre tanımlanmış ortalama vertebra seviyeleri mevcuttur. Ağrı yerleşimine göre giriş noktaları için kılavuz seviyeler kullanılır. Örneğin ayak ağrılarında T12-L1 seviyeleri kullanılır (Tablo 1 ve 2). Değişik stimülasyon modları ile uyarın verilerle, iğnelenme hissinin, hastanın ağrılı alanını en uygun kapsadığı yer belirlenir ve elektrot cilt altına sabitlenir (8). Artık son yıllarda yüksek frekanslı stimülasyonun uygulandığı dalga formları tanımlanmıştır. Elektrodun ara bağlantıları cilt altından geçirilerek uzak bir noktadan çıkarılır. Deneme süresi sonunda başarılı bir sonuç alınmışsa kalıcı sistemin yerleştirilmesi için intervertebral aralığa yerleştirilen parça kalıcı elektroda bağlanarak sistem tamamlanır (11) (Şekil 2). Son yıllarda yüksek frekanslı stimülasyonun uygulandığı dalga formları tanımlanmıştır. Saniyede 40 adet 500 Hz frekansta 5 spike oluşturan burst stimülasyonunun parestezi oluşturmada %60 ağrı kontrolü sağladığı gösterilmiştir (6). Elektrot özellikleri incelendiğinde multipolar olanların unipolardan daha verimli ve daha uzun süreli olduğu çalışmalarla kanıtlanmıştır. Oktopolar lead revizyon oranı düşüktür. Aynı zamanda cerrahi olarak yerleştirilen elektrotlar daha uzun süre kullanılarak yer değiştirme daha azdır (12,13).



Şekil 1. Skopi altında elektrotların görünümü.



**Tablo 1.** Ağrıyan Bölge İçin Skopi Altında Teyit Edilecek Dermatomal Seviyelerin Giriş ve Üst Sınır Düzeyleri

Ağrının giriş yeri	Giriş Düzeyi	Üst Sınır
Üst ekstremité	T1-T3	C3-C5
Üst göğüs duvarı	T4-T6	T1-T2
Ayak	Ayak L2-L3	T11-L1
Alt ekstremité (kalça ve bel)	T12-L1	T9-T10

**Tablo 2.** Ağrı Lokalizasyonu İçin Spesifik Dermatomal Seviyeler

Boyun bölgesi ağrıları	C3
Omuz bölgesi	C5
Kol ve el	C5- C6
Üst Torasik Seviye (angina)	T1- T2
Alt Torasik Seviye (karın ağrısı)	T5- T6
Sırt ağrısı	T8 – T10
İnguinal bölge	T10- T12
Uyluk diz	T10- T12
Bacak ve bilek	T 11- T12
Ayak	T12- L1

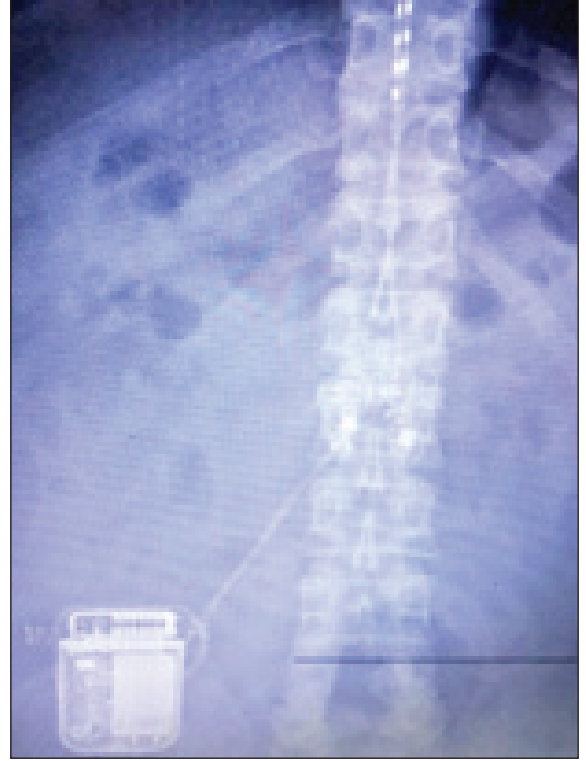
### Komplikasyonlar

Genelde cihaza bağlı komplikasyon görülme oranı biyolojik komplikasyonlara göre daha sıktır. Elektrot migrasyonu %13,2, elektrot kırılması %9,1, batarya sorunu %1,6 oranında saptanmıştır. Biyolojik komplikasyonlara bakıldığında en sık post implantasyon ilk 3 ayda olur ve %3-8 oranında enfeksiyon görülür. Genelde cerrahi saha kaynaklı %80 Staphilokok grubundan üreme sonucu çıkar. Postop antibiyotik kullanımının avantajı olmadığı ancak intraoperatif dönemde cildin antisepsisinde klorheksidin-alkol ile antisepsi sağlanmasının en yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Doku içi enfeksiyon varlığında cihaz çıkarılır. Daha az görülen biyolojik komplikasyonlar ise; cilt erozyonu %0.2-7, seroma %2,5, nörolojik hasar genel anestezi altında SKS uygulanmak istenen bir hastada intramedüller elektrot yerleştirilmesi sonucunda %0,58 oranında nörolojik hasar görülmüştür (1,23).

### SKS ile Kullanılan ve Araştırma Halinde Olan Nöromodülasyon Tedavileri

#### Dorsal kök ganglion stimülasyonu

Epidural boşluk yoluyla dorsal kök ganglionunun etrafına özel olarak tasarlanmış bir elektrot yerleştirilir ve bu bir dermatomda veya bunun bir kısmında



**Şekil 2.** SKS uygulamasında batarya ve elektrotların bağlantısı tamamlanmış görüntüsünün skopi altındaki kontrolü.

parestezi üretir. Başlıca avantajları, postür ile parestezi algısında bir değişiklik olmaması ve diğer dermatomlara aşırı parestezi dökülmeden geleneksel SKS (ayak, kasık vb.) ile hedeflenmesi zor olan dermatomları hedefleyebilmesidir. Etkinlik, güvenlik ve maliyet etkinliği ile ilgili minimum uzun vadeli veriler vardır.

#### Periferik sinir alanı stimülasyonu

Bu kullanım için, özellikle postlaminektomi sendromu hastanın nöropatik sırt ağrısı bileşenini tedavi etmek için özel olarak tasarlanmış elektrot telleridir. Bununla birlikte, maliyet etkinliği ve uzun vadeli etkinlik belirlenmemiştir.

**KAYNAKLAR**

1. Bedder MD, Bedder HF. Spinal cord stimulation surgical technique for the nonsurgically trained. *Neuromodulation*. 2009 Apr;12 Suppl 1:1-19.
2. Bosscher HA, Heavner JE. Incidence and severity of epidural fibrosis after back surgery: an endoscopic study. *Pain Pract*. 2010 Jan-Feb;10(1):18-24.
3. Burton CV, Kirkaldy-Willis WH, Yong-Hing K, et al. Causes of failure of surgery on the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1981 Jun;(157):191-9.
4. Carragee EJ, Alamin TF, Miller JL, et al. Discographic, MRI and psychosocial determinants of low back pain disability and remission: a prospective study in subjects with benign persistent back pain. *Spine J*. 2005 Jan-Feb;5(1):24-35.
5. Chan CW, Peng P. Failed back surgery syndrome. *Pain Med*. 2011 Apr;12(4):577-606.
6. De Ridder D, Vanneste S. Burst and Tonic Spinal Cord Stimulation: Different and Common Brain Mechanisms. *Neuromodulation*. 2016 Jan;19(1):47-59.
7. Desai MJ, Nava A, Rigoard P, et al. Optimal medical, rehabilitation and behavioral management in the setting of failed back surgery syndrome. *Neurochirurgie*. 2015 Mar;61 Suppl 1:S66-76.
8. Dilorenzo DJ, Bronzino JD: *Neuroengineering*. CRC Press, 2008: Chapter 7, ISBN 978-0-8493-8174-4”
9. Goudman L, Linderoth B, Nagels G, et al. Cortical Mapping in Conventional and High Dose Spinal Cord Stimulation: An Exploratory Power Spectrum and Functional Connectivity Analysis With Electroencephalography. *Neuromodulation*. 2020 Jan;23(1):74-81.
10. Jayson MI. The role of vascular damage and fibrosis in the pathogenesis of nerve root damage. *Clin Orthop Relat Res*. 1992 Jun;(279):40-8.
11. Kishima H, Saitoh Y, Oshino S, et al. Modulation of neuronal activity after spinal cord stimulation for neuropathic pain; H(2)15O PET study. *Neuroimage*. 2010 Feb 1;49(3):2564-9.
12. Kumar K, Taylor RS, Jacques L, et al. Spinal cord stimulation versus conventional medical management for neuropathic pain: a multicentre randomised controlled trial in patients with failed back surgery syndrome. *Pain*. 2007 Nov;132(1-2):179-88.
13. Lempka SF, Patil PG. Innovations in spinal cord stimulation for pain. *Curr Opin Biomed Eng*. 2018 Dec;8:51-60.
14. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science*. 1965 Nov 19;150(3699):971-9.
15. North RB, Campbell JN, James CS, et al. Failed back surgery syndrome: 5-year follow-up in 102 patients undergoing repeated operation. *Neurosurgery*. 1991 May;28(5):685-90; discussion 690-1.
16. North RB, Kidd DH, Farrokhi F, et al. Spinal cord stimulation versus repeated lumbosacral spine surgery for chronic pain: a randomized, controlled trial. *Neurosurgery*. 2005;56(1):98-106; discussion 106-7.
17. Oakley JC, Prager JP. Spinal cord stimulation: mechanisms of action. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002 Nov 15;27(22):2574-83.
18. Onesti ST. Failed back syndrome. *Neurologist*. 2004 Sep; 10(5):259-64.
19. Shealy CN, Mortimer JT, Reswick JB. Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: preliminary clinical report. *Anesth Analg*. 1967 Jul-Aug;46(4):489-91.
20. Song Z, Ansah OB, Meyerson BA, et al. The rostro-ventromedial medulla is engaged in the effects of spinal cord stimulation in a rodent model of neuropathic pain. *Neuroscience*. 2013 Sep 5;247:134-44.
21. Stancák A, Kozák J, Vrba I, et al. Functional magnetic resonance imaging of cerebral activation during spinal cord stimulation in failed back surgery syndrome patients. *Eur J Pain*. 2008 Feb;12(2):137-48.
22. Turner JA, Loeser JD, Deyo RA, et al. Spinal cord stimulation for patients with failed back surgery syndrome or complex regional pain syndrome: a systematic review of effectiveness and complications. *Pain*. 2004 Mar;108(1-2):137-47.
23. Turner JA, Loeser JD, Deyo RA, et al. Spinal cord stimulation for patients with failed back surgery syndrome or complex regional pain syndrome: a systematic review of effectiveness and complications. *Pain*. 2004 Mar;108(1-2):137-47.
24. Waguespack A, Schofferman J, Slosar P, et al. Etiology of long-term failures of lumbar spine surgery. *Pain Med*. 2002 Mar;3(1):18-22.
25. Zander HJ, Graham RD, Anaya CJ, et al. Anatomical and technical factors affecting the neural response to epidural spinal cord stimulation. *J Neural Eng*. 2020 Jun 12;17(3):036019.

# 73 SAKRAL SİNİR STİMÜLASYONU

Buse Sarıgül, Atilla Yılmaz

## GİRİŞ VE TANIM

Sakral nöromodülasyon (SNM) girişiminin yüz yıldan uzun süre önce kullanılmaya başlandığına dair veriler mevcuttur. İlk olarak aşırı aktif mesane tedavisi için geliştirilmiş ve 1988 yılında Tanagho ve Schmidt tarafından sakral sinirlerin kronik elektrik uyarımını sağlamak ve işeme alışkanlıklarını düzenlemek amacıyla S3-S4 sakral foramene elektrotlar yerleştirilmiştir (34,42). FDA tarafından 1997 yılında ani başlayan idrar kaçırma için, 1999 yılında ise obstrüktif olmayan üriner retansiyon için kullanımına onay verilmiştir (3).

Nöromodülasyon ilk keşfedildiği zaman, doğrudan kas uyarıcı aktivite yoluyla çalıştığı düşünülüyordu ancak motor aktivasyon için gerekli olan elektrik akımı eşik değerine bu yöntemle ulaşamayacağı anlaşıldığında cihazın çalışma prensibine dair farklı teoriler ortaya çıktı (28). Günümüzde nöromodülasyonun çalışma prensibiyle ilgili periferik somatik afferent sinirlerin yani C-liflerinin uyarılması, en çok kabul gören teori-dir. SNM; pelvis tabanı kasları, rektum ve mesaneden gelen ve bu bölgeleri uyaran pudental sinir afferent uyarıları kontrol ederek çalışır (40). S3 forameninden geçen elektrotlar yardımıyla; afferent duyu, efferent otonomik motor ve somatik sinir liflerini içeren S3 sinirine düşük amplitüdü elektrik uyarı verilir (40). SNM'in S3 foramenine yerleştirilmesi, en iyi motor ve duyu cevabın oluşmasını sağlamaktadır (2). Periferik afferent sinirlerin uyarılması ile mesaneden gelen anormal viseral afferent uyarılar engellenir ve böylece refleks mesane hiperaktivitesi ve retansiyon engellenir (28). Öte yandan son zamanlarda fonksiyonel MRG ile yapılan çalışmalar, hem akut hem kronik nöromodülasyon ile beyin sapı ve limbik sistemde beyin aktivitelerinde değişiklikler oluştuğunu sunmaktadır. Bu da nöromodülasyon ile sensorimotor öğrenmenin arttığını göstermektedir (9).

Sakral nöromodülasyonun endikasyon çerçevesi; cihazların zaman içerisinde geliştirilmesi ve kullanım kolaylığının artmasıyla birlikte hızla artmaktadır. Kullanım yaygınlığı arttıkça literatürde sunulan yüz

güldürücü sonuçlar, özellikle cerrahi dışı tedavilerin başarısız olduğu hastalarda agresif cerrahiler öncesinde alternatif bir tedavi olarak sunulmaktadır. Bu yazıda SNM'de cerrahi yaklaşımdan, en yaygın kullanılan endikasyonlar ve bu endikasyonlardaki sonuçlardan ve işlemin komplikasyonlarından bahsedilecektir.

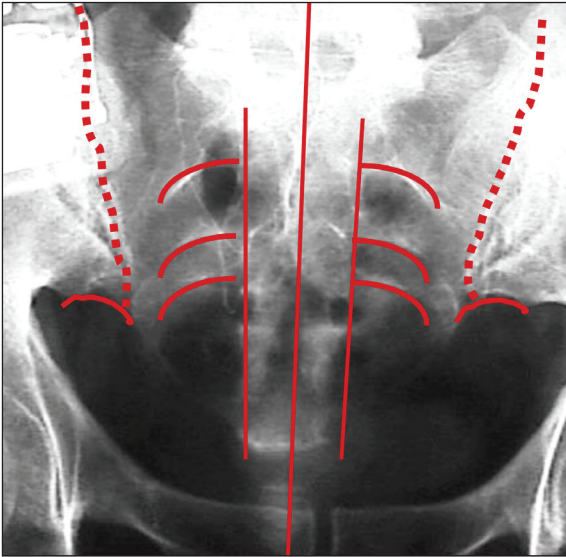
## Cerrahi Yöntem

SNM'de en önemli prognostik faktör, doğru hasta seçimidir. İşlem, tüm yaş gruplarında uygulanabilmekle birlikte hastanın yaşı, başarı oranını en sık etkileyen faktör olarak sunulmaktadır. Ayrıca hastaların immobil olması da sonuçlarda başarısız olma riskini artırmaktadır. Öte yandan; ağır spinal anormalliği veya kontraktürleri olan hastalarda cihazın yerleştirilmesi zorlaşmakta ve cihazın yerleştirildiği bölgeye uyguladığı basınç ile sakral dekübit ülser oluşma riski artmaktadır (28). Gebelerde de fetüs kaybı ve erken doğum riskini artıracağından, kullanımı önerilmemektedir. SNM uygulanacak hastalarda, özellikle üriner ve fekal bozukluklarda doğru hasta seçimi çok önemli olup gerekli değerlendirmelerin sonrasında endikasyon kararının farklı branşlar tarafından ortak olarak alınması önemlidir (2).

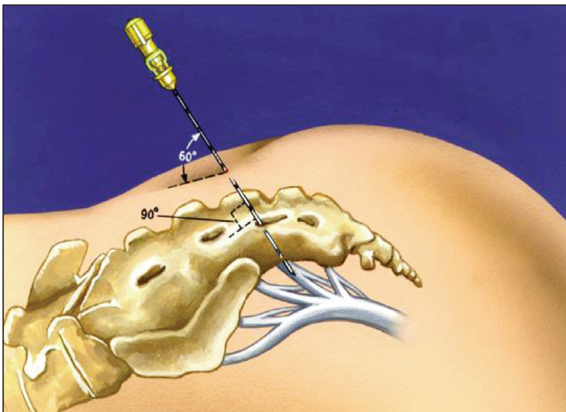
Nöromodülasyon girişimlerinin birçoğunun en önemli avantajı bir test dönemine sahip olmalarıdır (Spinal Kord Stimülasyonu, Sakral Stimülasyon ve Intratekal Baklofen testi gibi) S3 forameni aracılığıyla S3 kökü üzerine yerleştireceğimiz bir elektrotun uzatma kablosu ile harici bir güç kaynağına bağlanması ve hastanın ortalama 2 hafta süre ile bu şekilde test dönemine alınarak işlemin etkinliğinin değerlendirilmesi kalıcı pil aşamasına geçilmeden önce doğru karar verilmesini sağlayan en önemli özelliktir. Hastalar bu uzatma kablosu ve harici enerji kaynağı ile evlerine gönderilmekte ve sistemin etkinliğini test edebilmeleri/ değerlendirebilmeleri sağlanabilmektedir. Test döneminde şikayetlerde %50'den fazla oranda iyileşme sağlanması test aşamasının başarılı olduğu ve kalıcı pil aşamasına geçilebileceğini göstermektedir (40). Kessler ve ark. ise bu değerlendirme

süresinin 28 güne uzatılabileceğini önermiştir ancak bu uzamış süreyi destekleyen klinik çalışmalar şu an yeterli değildir (17). Bununla birlikte uzamış test döneminin enfeksiyon riskini artırabileceği de bilinmelidir.

Sakral foramenler, medial sakral krestlerin hemen yanında yerleşimlidir. S1 ve S4 arası sakral sinirler, sakral kanalı posterior sakral foramenlerden terkeder, S5 posterior dalı ise sakral hiatustan geçer. Anterior dallar da anterior sakral foramenlerden geçer. S1-S5 arasındaki anterior dallar sakral sinir pleksusu ve koksigeal pleksusu oluşturur. Bu dalların uyarılmasıyla pelvis ve alt ekstremitelerde motor ve duyu cevap alınabilir (2). Cihaz yerleştirilirken sakrumun anatomik sınırlarının belirlenmesi gereklidir ve bu amaçla floroskopiden faydalanılır (Şekil 1). Floroskopide pelvisin anteroposterior çekimlerinde sakroiliak



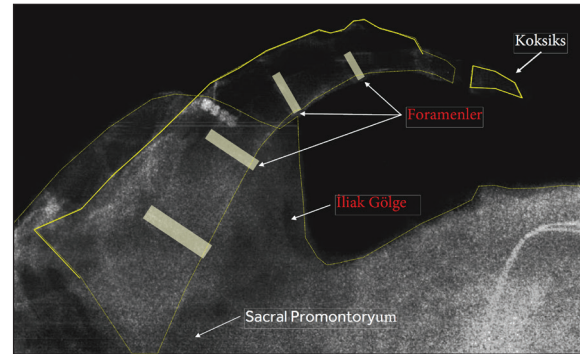
**Şekil 1.** Sakrumun anterior skopi görüntüsü. Foramenlerin görünüşü ve Sakroiliak eklemin alt köşesinin S3 foramenine olan izdüşümü.



**Şekil 3.** S3 foramenine geçici olarak yerleştirilen iğne.

eklemin inferiorundaki kesikli çizgi, S3 forameniyle aynı hizadadır (Şekil 1). Ayrıca lateral görüntülemelerde S3 forameni, sakrum tabanı ve koksiks ucunun orta noktasına denk gelir (Şekil 2) (39).

SNM işlemi, 3 kademeli olarak uygulanır. İlk faz olan akut fazda S3 foramene geçici bir iğne ardından elektrot yerleştirilir ve harici stimülatöre bağlanır (Şekil 3). Subkronik faz yani ikinci faz, ideal uyarı seviyesini belirlemek ve tedavinin işe yararlığını değerlendirmek amaçlı eksternal uyaran üreticisinin ayarlanması ve monitörizasyonunu kapsar (Şekil 4). Üçüncü faz olan kronik fazda ise kalıcı nörostimülatör (pil) yerleştirilir (Şekil 5) (39). Faz 1 ve 2'de foramen içindeki elektrot eksternal nörostimülatöre bağlıdır ve bu fazlar test aşaması olarak tanımlanır. Elektrot implantasyonu öncesinde yapılan geçici iğne ile stimülasyon işleminde stimülasyon iğnesi, üçüncü sakral foramene 60 derece açıyla yerleştirilir (Şekil 3). Bu esnada motor cevap ve duyunun monitorizasyonu yapılır. Tipik S3 duyu cevabında anal, perineal veya vajinal parestezi oluşur. Tipik S3 motor cevabında ise levator ani kas kontraksiyonu ve ayak baş parmak fleksiyonu gözlenir (38). Elektrot yerleştirilmesi için en uygun yeri belirlemek amacıyla S2, S3 ve S4



**Şekil 2.** Sakrumun lateral skopi görüntüsü.



**Şekil 4.** Harici Nörostimülatör örneği.



sinirleri bilateral olarak değerlendirilebilir (2). Ancak istenen motor yanıtların alınması durumunda S2 ve S4 ün değerlendirilmesine gerek yoktur. İğne aracılığıyla alınan test stimülasyon yanıtlarının S3 kökü açısından yani doğru yerleşim açısından tatmin edici olması durumunda iğne içine yerleştirilen bir kılavuz teli yardımıyla elektrotun yerleştirilmesini sağlayacak olan daha kalın bir kanül yerleştirilir (Şekil 6). Elektrot bu kanül sayesinde S3 forameninden S3 kökü üzerine yerleştirilir ve ilk 3 kontak noktasının forameninden çıkması sağlanır. Bu noktada elektrotun inferiora ve laterale doğru yönelmiş olması elektrotun sinir kökü trasesini izlediğini göstermektedir (Şekil 7A, B). Bu durum girişimin etkinliğini ve başarı şansını arttıran en önemli etmenlerden biridir.

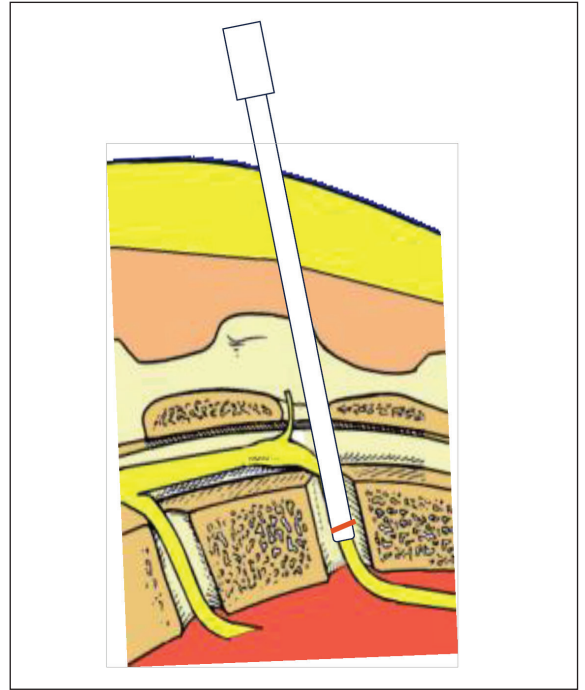
Kuadripolar elektrotta 4 adet kontak noktası yani elektrik akımının ortama yayılabileceği dört farklı nokta mevcuttur. Tüm kontak noktalarının motor ve duyuşsal yanıtları sırayla kontrol edilir. Etkili SNM için 2 kutuptan pozitif uyarı gelmesi yeterli olsa da; elektrodun dislokasyonu riski göz önünde bulundurulduğunda subkronik aşamada 4 kutbun da çalışıyor olması ilerleyen dönemde yeniden programlama imkânı



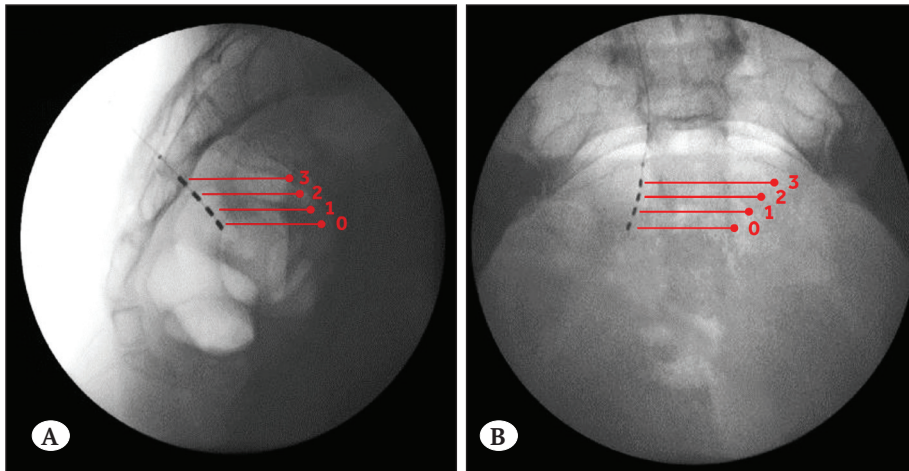
Şekil 5. İnternal, kalıcı nörostimülatör örneği.

sağlar (2). Ardından elektrodun distal ucu bir uzatma kablosuna bağlanarak bir tünelizatör yardımıyla cilt altından ilerletilerek ciltten çıkılır ve harici güç kaynağına bağlanır. Uzatma kablosunun cilt dışında kalan kısmı nonsteril pozisyonundadır, elektrodun kendisi ise tamamiyle cilt altında olduğundan steril durumdadır (Şekil 8).

Test döneminde %50'den fazla semptom iyileşmesi sağlarsa SNM'in kalıcı pil implantasyonu aşamasına geçilir. Bu aşamada bir kısmı nonsteril ortamda olan uzatma kablosu kesilerek ortamdan tamamen uzaklaştırılır. Sterilliği korunmuş olan elektrottan ayrılır ve steril elektrotun distal kısmı bir tünelizatör yardı-

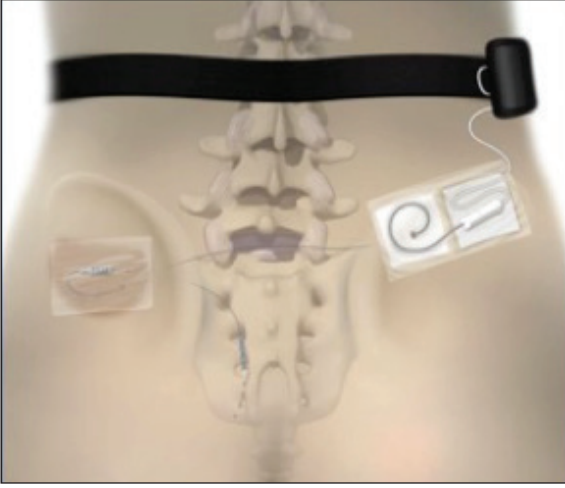


Şekil 6. Elektrodun yerleştirilmesi için kullanılan kanül.



Şekil 7.

A) Elektrodun inferior ve laterale doğru ilerlediğinin lateral skopi görüntüsü.  
B) Elektrodun inferior ve laterale doğru ilerlediğinin AP skopi görüntüsü.



**Şekil 8.** Test döneminde kabloların yerleşimi.

mı ile cilt altından geçilerek kalıcı nörostimülatöre (pil) bağlanır. Nörostimülatör cihazı kalça üst lateral bölgesine veya zayıf hastalarda abdomene yerleştirilebilir (39). Hastalar, bir programlayıcı el cihazı yardımıyla nörostimülatör cihazını açıp kapatabilir veya amplitüdünü değiştirebilirler. Uyarı sıklığı (frekans) ve dalga genişliği ancak profesyonel programlayıcı ile ayarlanabilir (38).

Üç farklı nörostimülatör tipi mevcuttur. Unilateral uyarıda InterStim INS (Model 3023; Medtronic Inc) veya InterStim II INS (Model 3058; Medtronic Inc) kullanılabilir. Bilateral SNM için ise bir adet ikili kanallı InterStim TWIN (Model 7427T ve bilateral hasta programcısı 3036; Medtronic Inc) veya iki adet InterSTIM II INS uygundur (2). Unilateral elektrot kullanımı, pratikte altın standart olsa da bu işlemin başarısız olduğu hastalarda bilateral SNM uygulanmaktadır. Ancak bilateral uyarım, unilateral uyarımdan üstün değildir (29). Bilateral uyarım, daha düşük uyarı şiddetinde mesane inhibisyonunu daha fazla arttırsa da eksitator cevapta artış sağlamamaktadır. Öte yandan, bilateral stimülasyon ile komplikasyon riski artmakta ve cihazın kullanım ömrü kısalmaktadır (15).

### Mesane Bozukluklarında Sakral Nöromodülasyon

SNM, merkezi sinir sistemi üzerinde etki ederek mesane boşaltımı ve depolamasını kontrol eder ve bu sayede alt üriner sistem semptomlarını azaltmayı sağlar (40). Mesane, sfinkter ve pelvik taban arasındaki refleks koordinasyonu bozulan ve konvansiyonel tedaviye yanıt vermeyen hastalarda işeme bozukluklarının tedavisi için uygundur (39).

Aşırı aktif mesane (urge); idrar kaçırma ile birlikte veya birlikte olmaksızın ani ve sık sık idrar yapma

isteği (urgency) ve noktüri ile karakterize olan, başka bir enfeksiyon veya metabolik faktörden bağımsız patolojidir (40). Etiyolojisi nörojenik ve miyojenik sebepler olarak ikiye ayrılabilir. Mesane çıkış obstrüksiyonu; işeme refleksinin duyu ve motor işlevini bozar ve spontan mekanik aktivite, intrinsik sinir uyarısında azalmayla birlikte gelişen asetilkolin hipersensitivitesi ve doğrudan elektriksel uyarıya artmış sensitivite ile birlikte detrusor kası hücrelerinde anormal aktivite oluşturur (39). Miyelinsiz kapsa- isin-duyarlı C liflerinin oluşturduğu anormal işeme refleksi ise aşırı aktif mesanenin hipersensitivite ile tetiklenen bir diğer sebebidir (4). Nörojenik sebepler ise travmatik veya travmatik olmayan spinal kord hasarı ve multiple skleroz, inme, Parkinson hastalığı, dejeneratif hastalıklar veya demans gibi patolojileri kapsar. Bu patolojilerde aşırı aktif mesanenin sebebi; merkezi veya periferik inhibitör kontrolünde azalma, işeme refleksi yolağının eksitator uyarımında artma, alt üriner sistemden gelen primer afferent uyarıda artma, sentral inhibisyona dirençli mesane reflekslerinin oluşumu veya bu patolojilerin kombinasyonudur (10). Üriner bozuklukları olan hastalarda ilk olarak tıbbi öykü, günlük işeme kaydı, fizik muayene, öksürme testi, idrar analizi, sistoüretroskopi ve ürodinamik çalışmalar yapılmalıdır (2). Multiple skleroz, sringomiyeli ve lipom gibi nörolojik hastaların ekartasyonu için spinal kord, MRG ile taranmalıdır (39).

Tedavinin ilk aşamasında hasta eğitimi, mesane egzersizleri, sıvı alım modifikasyonları ve pelvis tabanı kaslarının çalıştırılması; bu konservatif yöntemlerden sonuç alınamazsa da beta-adrenerjik ajanlar ve antimuskarinik ilaçlar ile farmakolojik tedavi uygulanır. Ancak bu ilaçların yan etkilerinin fazlalığı nedeniyle hastalar genellikle 6 ay ile 3 sene arasında ilaçları bırakmaktadırlar (33). Üçüncü aşama tedavi olarak; SNM, botulinum nörotoksin A enjeksiyonu ve perkutan tibial sinir regülasyonu yapılabilir (42).

Çok merkezli randomize kontrollü bir çalışmada, urge inkontinansı olan ve tedavide SNM uygulanan 34 hastanın 6 aylık sonuçları incelenmiştir. Hastaların yaklaşık %75'inde inkontinans sıklığında %50 azalma olduğu ve 6 ayda günlük kaçırılan idrar miktarında azalma gerçekleştiği saptanmıştır. 18 aylık kontrollerde ise fazla idrar kaçırma 84% başarı sağlanmış, %76 hastada ise ped kullanım sayısında %50 azalma olduğu görülmüştür (30). Ayrıca, ürodinamik değerlendirmelerde de mesane kapasitesinin ve işeme hacminin de SNM takıldıktan sonra arttığı gösterilmiştir (13,14). Öte yandan uzun dönem sonuçlar ile ilgili daha çok veriye ihtiyaç olsa da; çoğu çalışmada SNM'nin etkinliği zaman geçtikçe değişmemektedir ancak Siegel ve ark.nın yaptığı bir çalışmada 3 senelik

idrar kaçırma sıklığında azalma %56 iken, bundan 2 sene sonrasında bu oranın %34'e gerilediği tespit edilmiştir (31). Kronik pelvik ağrı için henüz uzun dönem etkinliğe yönelik veriler az olsa da Aboseif ve ark.nın yaptığı bir çalışmada, işeme semptomlarıyla birlikte kronik pelvik ağrı şikayeti olan 41 hastada ağrı skoru 5.8'den 3.7'ye gerilemiştir (1)

SNM ilk kullanılmaya başlandığında nörojenik mesanesi olan hastalar yapılan çalışmalara dahil edilmeyordu. Bunun sebebi ise, cihazların çalışabilmesi için nöral sistemde bir problem olmaması gerektiğinin düşünülmesiydi (28). İlerleyen dönemde bu teorinin yanlış olduğu görüldü ve nörojenik mesanede nöromodülasyon girişimlerinin kullanım oranı arttı. Nörojenik mesanede SNM kullanımı ile ilgili literatürdeki veriler; inme, Parkinson hastalığı, multiple skleroz ve inkomplet spinal kord hasarı ile sınırlı olup, genel olarak bakıldığında nörojenik ve nörojenik olmayan hasta gruplarında başarılı test fazı, cihaz implantasyonu, klinik ve ürodinamik sonuçlar, yaşam kalitesi ve güvenlik açısından fark görülmemektedir (28). Nörolojik hasarlanması olan hastalarda test fazı başarı oranı %50-68 ve implantasyon başarı oranı %80-92 iken, nörojenik olmayan hasta popülasyonunda implantasyon başarı oranı %80-90 olarak bildirilmektedir (4,19).

Multiple sklerozlu hastalarda nörolojik lezyonların heterojenitesi ve hastalığın ilerleyici bir seyri olması sebebiyle bu popülasyonda SNM etkinliğiyle ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bir çalışmada, multiple skleroz hastalarında SNM ile urge inkontinans iyileşme olduğu saptanmıştır (27). Bir diğer çalışma, üriner retansiyon semptomları olan hastaların hepsinin test aşamasında başarısız olduğu, aşırı aktif mesanesi olanlarda ise sonuçların başarılı olduğu gösterilmiştir. Detrusor aşırı aktivitesi olan hastalarda ise işeme sıklığının günlük 6-9'a gerilediği, inkontinansın günlük 4-10 sefere düştüğü ve her işemede idrar miktarının 77-84 ml'ye arttığı saptanmıştır (26). Hastalığın ilerlemesiyle birlikte, 0.5-4,3 yıllık takiplerde cihazın başarısız olma oranı %16-33 olarak raporlanmıştır. Bir çalışmada, genellikle SNM cihazı takıldıktan yaklaşık 12 ay sonra etkinliğinde azalma gelişebildiği bildirilmiştir (5). Başka bir çalışmada ise cihazın pil ömrünün 5-6.1 yılda azaldığı, bunun sebebinin ise hastalığın ilerlemesiyle birlikte yüksek amplitüdü kullanım olabileceği belirtilmiştir (26).

Spinal kord lezyonu olan hastalarda ise çalışmalarda farklı etiyojiler ve hastalık ciddiyetindeki hastalar dahil edilmiş olup, başarı oranı %29 ile 70 arasında değişmektedir (28). 85 inkomplet spinal kord yaralanması olan hastayla yapılan bir çalışmada obstrük-

tif olmayan üriner retansiyonda test aşaması başarı oranı %43 olarak rapor edilmiş ve bu hastalara kalıcı SNM cihazı takılmıştır. Çalışmanın yanlılığı, hastaların yalnızca ASIA C ve D grubundan seçilmiş olmasıdır. Bu çalışmada %26 hastada maksimum akım hızının artması ve işeme sonrası rezidual volümde azalma gözlenmiştir. Hastaların 34'ünde yeterli takip süresine ulaşılabilmiş ve bu hastaların %67,6'sında kalıcı cihazla başarı sağlanabilmiştir. Kalan hastalarda ise en az bir kere cihazda başarısızlık gözlenmiş ve kontralateral veya S4 foramene cihaz implantasyonu yapılmıştır, yeniden implantasyon sonrası bu hastalarda da iyileşme gözlenmiştir (23). Yakın zamanlı bir çalışmada T2-11 komplet spinal kord hasarı olan, ASIA A sınıflamasına giren hastalarda spinal kord şok fazında erken dönemde SNM kullanımının faydaları bildirilmiştir. Bu çalışmada travmadan sonraki 4,5 ay içinde SNM implantasyonu yapılmış ve ortalama 26.2 aylık takiplerde, kontrol grubuyla kıyaslandığında SNM takılanlarda daha başarılı sonuçlar olduğu gözlenmiştir (32). Başka bir çalışmada ise spinal patolojisi olan hastalarda SNM'in, inkomplet spinal lezyonlardaki başarısının komplet spinal lezyonlardakilere kıyasla daha fazla olduğu belirtilmiştir (14).

### İntestinal Bozukluklarda Sakral Nöromodülasyon

Fekal inkontinans; anal sfinkter patolojilerine bağlı veya anal sfinkterden bağımsız oluşabilir (40). Fekal inkontinansı olan hastalarda daha girişimsel cerrahi tedavilerden önce SNM kullanılması ile başarı elde edildiği bildirilmiştir (40). Aynı zamanda gaz, karın ağrısı ve yeterli boşaltım sağlayamama hissiyle karakterize olan kronik konstipasyonda da sakral nöromodülasyonun etkinliği gösterilmiştir (40). Bu hastalarda SNM uygulanmadan önce tıbbi öykü ve fizik muayene verileri değerlendirilmeli, anoskopi/proktoskopi ile birlikte anal sfinkter değerlendirmesi için endoanal ultrasonografi, elektromiyografi, MR veya defekografi yapılmalıdır (2).

Fekal inkontinansda SNM kullanımı ilk olarak 1999 yılında Vaizey ve ark. tarafından tanımlanmış ve SNM'in etkisini görebilmek için 24 saatlik kateter manometreyle anorektal fizyolojiyi değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada dinlenme anal basıncı değişmemiş ancak rektal sensitivite ve tonusta değişiklikler saptanmıştır (36). SNM'in bağırsak fizyolojisine etkisi henüz tam olarak anlaşılamasa da yakın zamanda yapılan bir çalışmada 3 hipotez sunulmuştur; somatoviserel refleks, afferent uyarının algılanmasında modülasyon ve eksternal anal sfinkter aktivitesinde artış. Ancak bu teorileri destekleyen yeterli kanıt seviyesine henüz ulaşılamamıştır (12). SNM'in intestinal bozukluklardaki etkililiğiyle ilgili birçok çalışma



bulunmaktadır ancak bu çalışmalarda işlemde sonuçları etkileyen herhangi bir klinik veya fonksiyonel değişken belirtilememiştir (7). Bir randomize kontrollü çok-merkezli çalışmada fekal inkontinans ve/veya ağır urgency şikayeti olan hastalarda SNM'in etkinliği araştırılmıştır. Bu çalışmada çalışma grubunda elektrostimülator aktif ve plasebo grubunda elektrostimülator çalışmıyor modda olacak şekilde cihaz 1 ay süreyle kalmıştır. 3 aylık değerlendirme sonrasında tedavi grubundaki hastalarda semptomlarda iyileşme, hayat kalitesi skorları ve anal fizyolojide plasebo grubu göre daha belirgin iyileşme saptanmıştır (22). Önceleri anal sfinkter kusuru bulunan hastalarda SNM'in kullanılmayacağına inanılıyordu ancak yakın zamanda yapılan bir çalışmada fekal inkontinans ve hayat kalitesinde iyileşmede SNM kullanımının eksternal anal sfinkter kusuru olan ve olmayan hastalarda benzer oranda olduğu gösterilmiştir (6).

SNM'in fekal bozukluklardaki bir diğer endikasyonu da konstipasyondur. Kronik konstipasyonda ilk olarak hasta eğitimi ve beslenme değişiklikleri, laksatif veya biofeedback tedaviler yapılır. Daha ciddi vakalarda ise subtotal kolektomi ve ileorektal anastomoz gibi agresif cerrahi işlemler uygulanmaktadır ancak bunların komplikasyon riski oldukça fazladır (38). Defekasyon sıklığının haftada 3'den az olması, yetersiz boşaltım ve karın ağrısı; konservatif tedaviye yanıt vermeyen hastalarda SNM için endikasyon oluşturur. SNM'in inkontinanslı hastalardaki çalışma prensibinde pelvik pleksus ve pudental sinirle birlikte pelvis tabanını elektriksel olarak uyarmasıyla gaita boşaltımında refleks cevap oluşmaktadır. Ayrıca rektal kan akımında parasempatik aktiviteyle birlikte görülen artış da, otonomik aktivasyon sayesinde görülmektedir (38). 8 hastayla yapılan bir çalışmada konstipasyonun, 3 haftalık PNE testi ile belirgin olarak azaldığı ancak elektrodlar çıkartıldığında hastaların tekrar eski hâline döndüğü belirtilmiştir (24). 62 hastayla yapılan bir prospektif çok merkezli çalışmada, konstipasyonda SNM'in etkililiği gösterilmiştir (16). Bu çalışmada %73 hastada geçici cihaz takılmasını kapsayan ilk aşama başarılı olmuştur. Ortalama 28 aylık takiplerde ise defekasyon sıklığı 2.3'ten 6.6'ya, haftalık defekasyon sayısı 2.3'ten 4.8'e çıkmıştır. Bu hastalarda tuvalette geçirilen zamanda ve ıkmada bariz azalma tespit edilmiş, hastalarda karın ağrısı ve gaz şikayetlerinde de azalma olmuştur.

### Pelvik Ağrıda Sakral Nöromodülasyon

Pelvik ağrı sendromu; alt üriner sistem ve cinsel veya jinekolojik disfonksiyon semptomlarını düşündürülen ve enfeksiyon veya başka bir patolojiyle açıklanamayan, devamlı veya epizodik olarak pelvik ağrı

hissedilmesine denir. Kronik pelvik ağrı tanısı için bu ağrının en az 6 aydır devam ediyor olması gereklidir (39). Ağrı çoğunlukla suprapubik alanda, üretrada, vajinada, rektumda ve alt abdomende oluşur. Hastalarda işemeyle ağrı şikayeti azalır, bu sebeple ağrı kontrolüyle birlikte sıkışma şikayetini de gidermek bu hastalarda önemlidir (11).

SNM kullanımını pelvik ağrı için henüz FDA onayı alınmasına karşın işlemin ağrı kontrolü üzerinde etkili olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Interstisyel sistit ve pelvik ağrısı olan 25 hastada yapılan prospektif tek merkezli bir çalışmada 14 aylık takiplerde ağrı skoru 1 ila 10 arasında değerlendirildiğinde 5.8'den 1.6'ya gerilemiştir ve %94 hastada semptomlarda gerileme görülmüştür (8). Benzer şekilde yapılan bir prospektif çok merkezli çalışmada SNM ile uzun dönemde %72 başarı elde edildiği saptanmıştır (25). Bu çalışmada 1 senede %59 hastada VAS ağrı skorlarında azalma saptanmıştır (Amerikan Üroloji Derneği), ilk aşama tedavide ağrı kontrolü için uygun oral ajanlarla birlikte hasta eğitimini önermektedir. Bunlara rağmen işeme disfonksiyonu kontrol altına alınamazsa SNM düşünülebileceğini belirtmektedir. Öte yandan; işeme semptomları olmayan hastalarda SNM'in sadece ağrı için kullanılmasıyla ilgili yeterli kanıt düzeyine ulaşamamıştır (11). Öte yandan intersisyel sistit ve ağrılı mesane sendromlarında, C liflerini içeren merkezi sensitizasyon ve nörojenik inflamasyon ile birlikte anormal hipersensitivite oluşmaktadır. Bu viseral ağrı sendromunda da viseral ve somatik kaslardaki nörolojik uyarıyı dengelemek ve C liflerinin aktivitesini azaltmak için SNM kullanılabilir (40).

### Komplikasyonlar

SNM ile oluşabilecek komplikasyonların en sık görüleni, implant bölgesinde ağrıdır ve bunun insidansı %3-42 olarak bildirilmiştir. Diğer komplikasyonlar ise elektrodun yer değiştirmesi, SNM cihazının yer değiştirmesi, yara yeri problemleri, bağırsak disfonksiyonu ve enfeksiyondur (21). SNM enfeksiyonlarında en sık görülen etkenler Stafilokok ve Psödomonas olarak bildirilmiştir (20). Enfeksiyon tanısı, cihaz paketi etrafında ağrı, hassasiyet ve eritem olmasıyla konulur (20). Öte yandan işlemin faz 1 aşamasında elektrot uzatma kablosunun distal ucu hastanın cildiyle temas etmektedir. Bu aşamanın uzamasıyla birlikte enfeksiyon riskinin de arttığı bildirilmiştir. 38 hastayla yapılan bir çalışmada birinci ve ikinci faz yani test dönemi ile kalıcı pil yerleştirilmesi arasındaki sürenin uzun olmasının, cihaz etrafından alınan kültürün pozitif sonuçlanma riskini artırdığı gösterilmiştir (18). Ayrıca ameliyat öncesi obstrüktif olmayan üriner



retansiyonu olan hastalarda da enfeksiyon daha fazla görülebilmektedir (20).

Bir çalışmada yeniden operasyon oranı en sık ağrı ve enfeksiyon sonrası oluşmuş ve %33 olarak bulunmuştur. Ayrıca aynı çalışmada %9 hastada SNM cihazı kalıcı olarak çikartılmıştır (4).

SNM, birçok endikasyonu olmakla birlikte özellikle üriner ve intestinal hastalıklardaki başarı oranı ile dikkat çekmektedir. Çok merkezli bir çalışmada implantasyon sonrası 5 yılda urge inkontinans için %68, urgency-frekuensi için %56 ve üriner retansiyon için %71 başarı bildirilmiştir (37). Fekal inkontinans için ise 2 senede %84, 5 senede %80 başarı oranı bildiren çalışmalar mevcuttur (35,41). Öte yandan; işlemin başarısını etkileyen en önemli faktörün, doğru hasta seçimi olduğu kesinlikle akılda tutulmalıdır (2).

## SONUÇ

SNM, ilk başta mesane bozukluklarının tedavisi için kullanılmış olsa da endikasyon çerçevesi gün geçtikçe genişlemektedir. Ayrıca konservatif tedavilere yanıt vermeyen hastalarda agresif cerrahi yöntemlere kıyasla daha minimal invazif bir yaklaşım imkânı sunmaktadır. Test edilebilirliği en büyük avantaj olarak göze çarpsa da programlanabilirliği ve kalıcı hasar bırakmaması da diğer avantajlar arasında sayılabilir. Öte yandan; günümüzde bu cihazların uzun dönem etkililiğini destekleyen daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Yapılacak olan çalışmalar; ideal hasta seçimindeki kriterleri daha ayrıntılı incelemeli, operasyon tekniği ve stimülasyon parametreleri gibi konularda da aydınlatıcı olmalıdır. Bununla birlikte teknolojinin gelişmesi ile daha küçük ve daha uzun ömürlü pillerin kullanıma sunulması, komplikasyon riskini azaltacak iyileştirmelerin tasarlanması, maliyetlerin düşürülmesi bu tür Nöromodülasyon uygulamalarının başarı şansını ve kullanım kolaylığını artıracaktır.

## KAYNAKLAR

1. Aboseif, S., Tamaddon, K., Chalfin, S., et al. (2002). Sacral neuromodulation as an effective treatment for refractory pelvic floor dysfunction. *Urology*, 60(1), 52-56.
2. Amend, B., Khalil, M., Kessler, T. M., et al. (2011). How does sacral modulation work best? Placement and programming techniques to maximize efficacy. *Curr Urol Rep*, 12(5), 327-335.
3. Bartley, J., Gilleran, J., & Peters, K. (2013). Neuro-modulation for overactive bladder. *Nat Rev Urol*, 10(9), 513-521.
4. Brazzelli, M., Murray, A., & Fraser, C. (2006). Efficacy and safety of sacral nerve stimulation for urinary urge incontinence: a systematic review. *J Urol*, 175(3 Pt 1), 835-841.
5. Chaabane, W., Guillotreau, J., Castel-Lacanal, E., et al. (2011). Sacral neuromodulation for treating neurogenic bladder dysfunction: clinical and urodynamic study. *Neurol Urodyn*, 30(4), 547-550.
6. Chan, M. K., & Tjandra, J. J. (2008). Sacral nerve stimulation for fecal incontinence: external anal sphincter defect vs. intact anal sphincter. *Dis Colon Rectum*, 51(7), 1015-1024; discussion 1024-1015.
7. Chiarioni, G., Palsson, O. S., Asteria, C. R., et al. (2013). Neuromodulation for fecal incontinence: an effective surgical intervention. *World J Gastroenterol*, 19(41), 7048-7054.
8. Comiter, C. V. (2003). Sacral neuromodulation for the symptomatic treatment of refractory interstitial cystitis: a prospective study. *J Urol*, 169(4), 1369-1373.
9. Dasgupta, R., Critchley, H. D., Dolan, R. J., et al. (2005). Changes in brain activity following sacral neuromodulation for urinary retention. *J Urol*, 174(6), 2268-2272.
10. de Groat, W. C., Kawatani, M., Hisamitsu, T., et al. (1990). Mechanisms underlying the recovery of urinary bladder function following spinal cord injury. *J Auton Nerv Syst*, 30 Suppl, S71-77.
11. El-Azab, A. S., & Siegel, S. W. (2019). Sacral neuromodulation for female pelvic floor disorders. *Arab J Urol*, 17(1), 14-22.
12. Gourcerol, G., Vitton, V., Leroi, A. M., et al. (2011). How sacral nerve stimulation works in patients with faecal incontinence. *Colorectal Dis*, 13(8), e203-211.
13. Grunewald, V., Hofner, K., Thon, W. F., et al. (1999). Sacral electrical neuromodulation as an alternative treatment option for lower urinary tract dysfunction. *Restor Neurol Neurosci*, 14(2-3), 189-193.
14. Hohenfellner, M., Humke, J., Hampel, C., et al. (2001). Chronic sacral neuromodulation for treatment of neurogenic bladder dysfunction: long-term results with unilateral implants. *Urology*, 58(6), 887-892.
15. Hohenfellner, M., Schultz-Lampel, D., Dahms, S., et al. (1998). Bilateral chronic sacral neuromodulation for treatment of lower urinary tract dysfunction. *J Urol*, 160(3 Pt 1), 821-824.
16. Kamm, M. A., Dudding, T. C., Melenhorst, J., et al. (2010). Sacral nerve stimulation for intractable constipation. *Gut*, 59(3), 333-340.
17. Kessler, T. M., Madersbacher, H., & Kiss, G. (2005). Prolonged sacral neuromodulation testing using permanent leads: a more reliable patient selection method? *Eur Urol*, 47(5), 660-665.

18. Lai, H. H., & Grewal, S. (2013). Bacterial colonization rate of InterStim and infection outcome with staged testing. *Urology*, 82(6), 1255-1260.
19. Lay, A. H., & Das, A. K. (2012). The role of neuro-modulation in patients with neurogenic overactive bladder. *Curr Urol Rep*, 13(5), 343-347.
20. Lee, C., Pizarro-Berdichevsky, J., Clifton, M. M., et al. (2017). Sacral Neuromodulation Implant Infection: Risk Factors and Prevention. *Curr Urol Rep*, 18(2), 16.
21. Leong, R. K., De Wachter, S. G., & van Kerrebroeck, P. E. (2010). Current information on sacral neuromodulation and botulinum toxin treatment for refractory idiopathic overactive bladder syndrome: a review. *Urol Int*, 84(3), 245-253.
22. Leroi, A. M., Parc, Y., Lehur, P. A., et al. (2005). Efficacy of sacral nerve stimulation for fecal incontinence: results of a multicenter double-blind crossover study. *Ann Surg*, 242(5), 662-669.
23. Lombardi, G., Musco, S., Celso, M., et al. (2014). Sacral neuromodulation for neurogenic non-obstructive urinary retention in incomplete spinal cord patients: a ten-year follow-up single-centre experience. *Spinal Cord*, 52(3), 241-245.
24. Malouf, A. J., Wiesel, P. H., Nicholls, T., et al. (2002). Short-term effects of sacral nerve stimulation for idiopathic slow transit constipation. *World J Surg*, 26(2), 166-170.
25. Martellucci, J., Naldini, G., & Carriero, A. (2012). Sacral nerve modulation in the treatment of chronic pelvic pain. *Int J Colorectal Dis*, 27(7), 921-926.
26. Minardi, D., & Muzzonigro, G. (2012). Sacral neuromodulation in patients with multiple sclerosis. *World J Urol*, 30(1), 123-128.
27. Ruud Bosch, J. L., & Groen, J. (1996). Treatment of refractory urge urinary incontinence with sacral spinal nerve stimulation in multiple sclerosis patients. *Lancet*, 348(9029), 717-719.
28. Sanford, M. T., & Suskind, A. M. (2016). Neuromodulation in neurogenic bladder. *Transl Androl Urol*, 5(1), 117-126.
29. Scheepens, W. A., de Bie, R. A., Weil, E. H., et al. (2002). Unilateral versus bilateral sacral neuromodulation in patients with chronic voiding dysfunction. *J Urol*, 168(5), 2046-2050.
30. Schmidt, R. A., Jonas, U., Oleson, K. A., et al. (1999). Sacral nerve stimulation for treatment of refractory urinary urge incontinence. Sacral Nerve Stimulation Study Group. *J Urol*, 162(2), 352-357.
31. Siegel, S. W., Catanzaro, F., Dijkema, H. E., et al. (2000). Long-term results of a multicenter study on sacral nerve stimulation for treatment of urinary urge incontinence, urgency-frequency, and retention. *Urology*, 56(6 Suppl 1), 87-91.
32. Sievert, K. D., Amend, B., Gakis, G., et al. (2010). Early sacral neuromodulation prevents urinary incontinence after complete spinal cord injury. *Ann Neurol*, 67(1), 74-84.
33. Szymanski, J. K., Slabuszewska-Jozwiak, A., Zareba, K., et al. (2019). Neuromodulation - a therapeutic option for refractory overactive bladder. A recent literature review. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*, 14(4), 476-485. <https://doi.org/10.5114/wiitm.2019.85352>
34. E. A., & Schmidt, R. A. (1988). Electrical stimulation in the clinical management of the neurogenic bladder. *J Urol*, 140(6), 1331-1339.
35. Uludag, O., Melenhorst, J., Koch, S. M., et al. (2011). Sacral neuromodulation: long-term outcome and quality of life in patients with faecal incontinence. *Colorectal Dis*, 13(10), 1162-1166.
36. Vaizey, C. J., Kamm, M. A., Turner, I. C., et al. (1999). Effects of short term sacral nerve stimulation on anal and rectal function in patients with anal incontinence. *Gut*, 44(3), 407-412.
37. van Kerrebroeck, P. E., van Voskuilen, A. C., Heesakkers, J. P., et al. (2007). Results of sacral neuromodulation therapy for urinary voiding dysfunction: outcomes of a prospective, worldwide clinical study. *J Urol*, 178(5), 2029-2034.
38. van Wunnik, B. P., Baeten, C. G., & Southwell, B. R. (2011). Neuromodulation for constipation: sacral and transcutaneous stimulation. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 25(1), 181-191.
39. Vignes, J. R., De Seze, M., Dobremez, E., et al. (2005). Sacral neuromodulation in lower urinary tract dysfunction. *Adv Tech Stand Neurosurg*, 30, 177-224.
40. Wehbe, S. A., Whitmore, K., & Ho, M. H. (2010). Sacral neuromodulations for female lower urinary tract, pelvic floor, and bowel disorders. *Curr Opin Obstet Gynecol*, 22(5), 414-419.
41. Wexner, S. D., Collier, J. A., Devroede, G., et al. (2010). Sacral nerve stimulation for fecal incontinence: results of a 120-patient prospective multicenter study. *Ann Surg*, 251(3), 441-449.
42. Zhang, Y., Ji, F., Liu, E., et al. (2021). Mechanism and Priority of Botulinum Neurotoxin A versus Sacral Neuromodulation for Refractory Overactive Bladder: A Review. *Urol Int*, 105(11-12), 929-934.

## 74

## SPİNAL KORD STİMÜLASYONU PERKÜTAN YAKLAŞIM YÖNTEMLERİ

Emre Sağlam, Nuri Eralp Çetinalp

## GİRİŞ

Spinal kord stimülasyonu kronik nöropatik ağrı tedavisinde sürekli ağrı kesici ilaç kullanımı gereksinimini azaltarak, yaşam kalitesini artıran oldukça etkili ve güvenli bir yöntemdir. Bir elektrot yardımı ile spinal kordun dorsal kolonuna iletilen düşük voltajlı elektriksel akım yoluyla, ağrı sinyallerinin iletiminin engellenmesi temeline dayanır. Elektrik akımını iletecek elektrotlar klasik cerrahi- lamina- tomı veya perkütan yöntemle yerleştirilebilir. Her iki yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu bölümde spinal kord stimülasyonu perkütan yaklaşım yöntemleri tartışılacaktır.

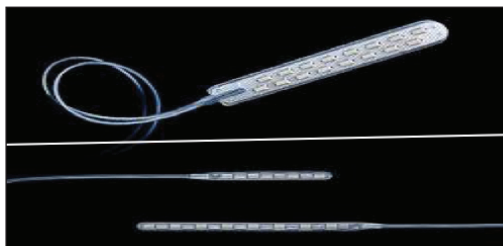
Bir nöromodülasyon şekli olan spinal kord stimülasyonu, 1960'lardan beri kronik ağrı durumlarının tedavisinde etkili bir modalite hâline gelmiştir (9). Önceleri elektriksel stimülasyonun sadece medulla spinalisin dorsal boynuzunu etkileyeceği düşünüldüğünden, uygulama 'Dorsal Kolon Stimülasyonu' olarak adlandırılrsa da sonraki yıllarda elektriksel uyarının medulla spinalisin her yerinde inhibisyon sağlayabileceği görülmüş ve ismi spinal kord stimülasyonu (SKS) olarak değiştirilmiştir.

SKS'nin etki mekanizması tam olarak anlaşılama- makla birlikte, en yaygın teori kapı kontrol teorisidir. Ayrıca etki mekanizmalarında spinotalamik nöronların direkt inhibisyonunun, desenden modülatör etkilerin, kortikal aktivitede değişiklikler ve nörokimyasal modülasyon yolunun da rol aldığı gösterilmiştir (2,3,6).

SKS 6 aydan uzun süren, dirençli kronik ağrı tedavisinde tercih edilir. Başarısız bel cerrahisi sendromu, radiküler ağrı sendromu, postlaminektomi ağrı, dejeneratif disk hastalığı (konservatif ve cerrahiye dirençli ağrısı olan), araknoidit, periferik kozalji, nöropatik ağrı, kompleks rejyonel ağrı sendromu, periferik vasküler hastalık, iskemik kalp hastalığı ve kanser ağrısı gibi birçok durumda kullanılabilen bir nöromodülasyon yöntemidir.

SKS'nin, ağrı iyileştirme ve fonksiyonel sonuçlardaki etkinliği açısından, konservatif tedaviye üstünlüğü gösterilmiştir(5). Spinal kord stimülasyonu donanımı, bir elektrot ledi, lede bağlı bir uzatma kablosu, jeneratör (pil) ve bir programlayıcıdan oluşur. Uygulanacak cerrahi tekniğe bağlı olarak kullanılan elektrotlar farklılık göstermektedir. Silindirik tip elektrotlar perkütan olarak implante edilirken, paddle elektrotların (lamitrode) epidural boşluğa implantasyonu için açık cerrahi (yani laminotomi veya laminektomi) gereklidir (Şekil 1).

Perkütan yöntemler, gününbirlik uygulanabilmesi, yüksek hasta konforu, düşük cerrahi riskleri göz önüne alındığında daha çok tercih edilir hâle gelmiştir. Kısa ameliyat süresi, minimal doku ve kas diseksiyonu sayesinde daha az post operatif ağrı olması hasta konforunu artıran etkenlerdir (1). Hastanın iğne ve/veya elektrot teli yerleştirilmesi sırasında uyanık olması, parestezi oluşumu hakkında daha doğru bir geribildirim verebilmesini sağlar. Bu sayede hem daha yüksek başarı hem de daha az nöral hasar riski sağlanmış olur. Ancak geçirilmiş lomber cerrahi



Cerrahi uygulamada kullanılan paddle elektrot

Perkütan uygulamada kullanılan silindirik elektrot

Şekil 1. Elektrot tipleri.

sonucu oluşan fibrozis mevcudiyetinde, ileri derecede dar epidural mesafesi olan hastalarda cerrahi laminatomi tekniğinin tercih edilmesi daha uygun olur. Her iki yöntemin karşılaştırıldığı araştırmalarda, cerrahi yöntemle yerleştirilen elektrotların daha uzun ömürlü olduğu, reoperasyon ihtiyacının daha az görüldüğü, migrasyon riskinin daha düşük olduğu, elektrotta gözlenebilecek fibrozisin daha düşük olduğu ileri sürülmüştür. Elektrot migrasyonu riski perkütan yöntemlerde %2 - %22 arasında bildirilmektedir. Ayrıca bu yöntemde daha yüksek voltaj gereksinimi nedeniyle pil ömrü daha kısa olmaktadır (1-10) (Tablo1).

### Cerrahi Teknik

Prone pozisyonda gerekli saha temizliği ve örtümü takiben lokal anestezi eşliğinde, biplanar skopi yardımıyla hastanın ağrısına uyan dermatomal bölgeye göre giriş seviyesi belirlenir (Tablo 2). Elektrodun yerleştirileceği mesafenin doğru tayin edilmesi etkili stimulyasyondaki en kritik noktadır. İğne elektrotlar esnek yapıları sayesinde giriş yerinden birkaç seviye kranial iletililebilirken paddle elektrotlar laminektomi yerinden ancak 1-2 seviye iletililebilirler. Servikal bölgede omuriliğin genişlemesi göz önüne alındığında perkütan yöntemlerin T1 altında uygulanması önerilmektedir.

İğne giriş yeri olarak pedükülün mediali hedeflenir. İntervertebral aralıkta orta hatta küçük bir insizyon

yapılarak insizyonun yanında elektrotun bağlantı kablolarının yerleştirilebileceği bir cep oluşturulur. Lumbodorsal fasya görüldükten sonra 14 G Tuohy iğnesi ile paramedian ve 45° dikey açı ile orta hatta doğru epidural aralığa girilir. İğnenin “direnc kaybı” tekniği olarak bilinen, ligamentum flavumdan geçişi sonrası direncin azalması ile epidural aralığa girildiği hissedilebilir. Aynı zamanda epidural aralığa girilip girilmediği çok az miktarda radyoopak madde verilerek de kontrol edilebilir. Bu noktada iç stile çıkarılır. Beyin omurilik sıvısı ile karşılaşılırsa iğne geri çekilmeli ve yukarıdaki seviyeye yeniden yerleştirilmelidir. Ayrıca subaraknoid aralığa girilmesinden şüphelenilebilecek bir ipucu da çok daha düşük uyarıların stimulyasyon cevabı oluşturmasıdır. Öncelikle epidural bölgede elektrotun rahat girişini sağlamak amacı ile yumuşak kılavuz tel, Tuohy iğnesi içinden geçirilir. İğne epidural boşluğa erişmişse hiçbir dirençle karşılaşmamalıdır. Daha sonra elektrot skopi kontrolü altında uygun dermatoma doğru ilerletilir. Bu noktada lateral skopide elektrotun epidural aralıktaki konumu kontrol edilir. Epidural bölgede elektrodun arka epidural bölgede ve orta hatta bulunması gerekir. Seviye konusunda emin olunduktan sonra elektrot harici bir jeneratöre bağlanarak değişik stimulyasyon modları ile elektriksel uyarı gönderilir ve hastaya elektriksel akımları tam olarak ağrının olduğu bölgelerde hissedip hissetmediği sorularak geri bildirimlere göre elektrot yönlendirilir. İğnelenme

**Tablo 1.** Perkütan Yöntemin Cerrahi Laminatomi Tekniğine Göre Avantaj / Dezavantajları

Avantaj	Dezavantaj
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lokal anestezi</li> <li>● İşleme bağlı post operatif ağrı daha az</li> <li>● Günübürlük işlem</li> <li>● İşlem sırasında hastadan geri bildirim alınması</li> <li>● 2 adet elektrot ile daha fazla seviyeye ulaşabilme</li> <li>● Daha az enfeksiyon riski</li> <li>● Daha az doku diseksiyonu ve kas retraksiyonu</li> <li>● İşleme bağlı daha az analjezi ihtiyacı</li> <li>● Uygun maliyet</li> <li>● Kısa işlem süresi</li> <li>● Elektrot kırılma oranı daha az</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Migrasyon riski yüksek</li> <li>● Elektrot yapısı nedeniyle daha dar alanda elektriksel aktivite</li> <li>● İşlem sırasında radyasyon maruziyeti daha fazla</li> <li>● Yüksek voltaj ihtiyacı nedeniyle pil ömrü daha kısa</li> <li>● Fibrozis varlığında uygulanamaz</li> </ul>

**Tablo 2.** Ağrı Bölgesine Göre Elektrotların Giriş Noktasının Yerleştirilmesi Gereken Seviyeler

	Giriş Bölgesi	Hedeflenen Bölge
Boyun bölgesi	C7-T2	C3
Omuz bölgesi	T3-T5	C5
Kol- el	T3-T5	C5-C6
Üst Torasik Seviye (angina)	T3-T6	T1-T2
Abdomen (abdominal pain)	T3-T4	T5-T6
Sırt ağrısı	L2-L4	T8-T10
İnguinal Bölge ağrısı	L4	T11-L1
Kalça ve diz bölgesi ağrısı	L4	T10-T12
Bacak ve ayak bileği bölgesi ağrısı	L4	T11-T12
Ayak bölgesi ağrısı	L4	T12-L1



**Tablo 3.** SKS Komplikasyonları

Mekanik komplikasyonlar	Biyolojik komplikasyonlar	Fizyolojik komplikasyonlar
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrot kırılması- ayrılması</li> <li>• Elektrot migrasyonu</li> <li>• Batarya yetmezliği</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfeksiyon ( yüzeysel- derin doku- epidural apse)</li> <li>• Pil bölgesinde seroma</li> <li>• Epidural fibrozis</li> <li>• Epidural hematoma</li> <li>• Alerji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stimülasyon kapsama alanında değişiklik</li> <li>• Dura ponsiyonu</li> <li>• Sinir- kord hasarı</li> <li>• Elektrotun sinir/ kord basısı</li> </ul>

hissinin, hastanın ağrılarının olduğu alanda gelişmesiyle doğru yerde bulunduğu anlaşılır ve elektrot cilt altına sabitlenir. Elektrotun ara bağlantıları cilt altından bir deşan yardımıyla geçirilerek hazırlanan taraftan çıkarılır. Pil için uygun cep kesisi istenilen yere çizilebilir. Genellikle posterior superior iliak bölgenin bir- iki parmak inferolaterali veya son palpe edilebilen kaburganın hemen altında lateral subcostal bölge tercih edilir. Pil cebi, hastanın programlama için cihaza erişebileceği kadar laterale konumlandırılmadır. Ayrıca kalıcı pilin yerleştirileceği taraf, hastanın ameliyat sonrası kumanda ile kolay hükmedebilmesi için baskın kullandığı el tarafı olarak planlanmalıdır. Geçici uzatma kablosunun çıkacağı taraf ise enfeksiyon riskini en aza indirmek için non dominant taraf olmalıdır. Bunun yanında kemer, oturma gibi baskı altında kalacak bölgeler seçilmemelidir.

SKS'nin en kritik ve önemli aşaması deneme sürecidir. Deneme için geçici elektrot takıldıktan sonraki takiplerde ağrıda yeterli gerileme olması, hastanın yaşam kalitesinde artış, uyku düzeninin iyileşmesi, kullanılan ilaç dozlarında azalma gibi etkenler işlemin etkin olduğunu gösterir. 7-14 günlük bu deneme süresi sonunda başarılı bir sonuç alınmışsa, kalıcı sistemin yerleştirilmesi için intervertebral aralığa yerleştirilen parça kalıcı pile bağlanarak süreç tamamlanır.

### Komplikasyonlar

Perkütan ve açık cerrahi yöntemlerinin her ikisinde de benzer komplikasyonlar görülebilmekle birlikte bunlar mekanik, biyolojik ve fizyolojik olarak sınıflandırılabilirler (Tablo 3). İkincil uyarılmış parestezi gibi minör komplikasyonların yanında, spinal kord hasarı ve felç gibi seyrek ancak katastrofik komplikasyonlar da görülebilmektedir. En sık görülen komplikasyonlar yara yeri problemleri ile elektrotlara ait kırılma, ayrılma ve migrasyon olmakla birlikte, iğne/introduser, elektrot yerleşimi ve manipülasyonu sırasında yaralanmalar ve cihazlara karşı yabancı cisim reaksiyonları gelişebilir (4,6). Spinal kord stimülasyonuna bağlı spinal kord hasarı insidansı, perkütan elektrot için %2,35 ve cerrahi elektrotlar için %1,71 olarak bildirilmiştir. Aynı seride epidural hematoma insidansı ise %0,71 olarak bulunmuştur (8). Yabancı cisim reaksiyonuna bağlı epidural fibrozis ve/veya elektrot etrafında granülomatöz kitle gelişimi gibi komplikasyonlar da bildirilmiştir (4).

### Sonuç

Spinal kord stimülasyonu (SKS), epidural aralığa yerleştirilen elektrot ve buna bağlı bir puls jeneratörü ile çeşitli frekans, akım ve gerilimler oluşturularak, dorsal kolonun uyarılması ve bu yolla ağrı kontrolünün sağlanması esasına dayanan bir tedavi seçeneğidir. Perkütan spinal kord stimülasyon yöntemi daha az invaziv olması, lokal anestezi ile işlem sırasında hastadan geri bildirim alınabilmesi, gününbirlik uygulanabilmesi ve düşük orandaki komplikasyonları nedeniyle uygun hastalarda, kronik ve dirençli ağrı tedavisinde, güvenle uygulanabilecek bir yöntemdir.

### KAYNAKLAR

1. Babu R, Hazzard MA, Huang KT, et al. Outcomes of percutaneous and paddle lead implantation for spinal cord stimulation: a comparative analysis of complications, reoperation rates, and health-care costs. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface* 2013;16:418-427.
2. Barchini J, Tchachaghian S, Shamaa Fa, et al. Spinal segmental and supraspinal mechanisms underlying the pain-relieving effects of spinal cord stimulation: an experimental study in a rat model of neuropathy. *Neuroscience* 2012;215:196-208.
3. Bentley L, Duarte R, Furlong P, et al. Brain activity modifications following spinal cord stimulation for chronic neuropathic pain: a systematic review. *European Journal of Pain* 2016;20:499-511.
4. Deer TR, Lamer TJ, Pope JE, et al. The Neurostimulation Appropriateness Consensus Committee (NACC) Safety Guidelines for the Reduction of Severe Neurological Injury. *Neuromodulation: journal of the International Neuromodulation Society* 2017;20:15-30.
5. Kumar K, Taylor RS, Jacques L, et al. Spinal cord stimulation versus conventional medical management for neuropathic pain: A multicentre randomised controlled trial in patients with failed back surgery syndrome. *PAIN* 2007;132:179-188.
6. Mekhail NA, Mathews M, Nageeb F, et al. Retrospective review of 707 cases of spinal cord stimulation: indications and complications. *Pain practice: the official journal of World Institute of Pain* 2011;11:148-153.

7. Melzack R, Wall PD. Pain Mechanisms: A New Theory: A gate control system modulates sensory input from the skin before it evokes pain perception and response. *Science* 1965;150:971-979.
8. Petraglia FW, 3rd, Farber SH, Gramer R, et al. The Incidence of Spinal Cord Injury in Implantation of Percutaneous and Paddle Electrodes for Spinal Cord Stimulation. *Neuromodulation: journal of the International Neuromodulation Society* 2016;19:85-90.
9. Shealy CN, Mortimer JT, Reswick JB. Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: preliminary clinical report. *Anesthesia & Analgesia* 1967;46:489-491.
10. Villavicencio AT, Leveque J-C, Rubin L, et al. Laminectomy versus percutaneous electrode placement for spinal cord stimulation. *Neurosurgery* 2000;46:399-406.

## 75

SPİNAL KORD STİMÜLASYONUNDA  
POSTOPERATİF TAKİP VE KOMPLİKASYON  
YÖNETİMİ

Levent Aydın, Ferhat Harman

## GİRİŞ

Spinal kord stimülasyonu (SCS) kronik, geçmeyen ağrı durumlarında kullanılan, tedavi prensibi epidural alana yerleştirilen elektrotlar sayesinde uygulanan uygun dozdaki elektrik akımı yardımıyla, ağrının iletiminin dinamik veya fonksiyonel inhibisyonu temeline dayanan bir tedavi yöntemidir. Ağrının nedenleri; daha önce geçirilmiş başarısız bel ameliyatları, iskemik kalp rahatsızlıkları, postherpetik nevralji, kök yaralanmasına bağlı oluşan ağrı, parsiyel spinal kord yaralanmasına bağlı ağrı, periferik vasküler rahatsızlıklar, nöropatik ağrı olarak sıralanabilir. Yapılan çalışmalarda medikal ve cerrahi tedaviden yanıt alınamayan durumlarda SCS uygulamasının etkili sonuçları olduğunu belirtmiştir (24,25).

Ağrıyı azaltmaya yönelik, spinal kord ve periferik sinir nörostimülasyonu 1967'den beri kullanımı olan bir cerrahi tekniktir (23). SCS cerrahi sonuçları etkin olmakla birlikte, cerrahi sırasında veya sonrasında oluşabilecek komplikasyonlar göz önünde bulundurularak planlama yapılmalıdır. Yapılan kapsamlı literatür çalışmalarında SCS uygulanan hastaların %30-%40'ının gelişen komplikasyonlara bağlı yeniden opere edildiği bildirilmiştir (4,11,15,16,22). Bu açıdan bakıldığında hasta seçimi, uzun dönem cerrahi sonuç takibinde morbidite ve mortaliteyi en çok etkileyen faktör olarak ön plana çıkmaktadır.

Deer ve ark. yaptığı çalışmada (10) SCS'de cerrahi başarıyı etkileyen faktörleri doğru hasta tercihi, implantın doğru zamanda deneyimli hekimlerce yapılması, cerrahi öncesi nöropsikiyatrik değerlendirme ve mevcut komorbidite varlığı olarak sıralamıştır. Özellikle hastanın tedaviden beklentisi ve SCS cihazlarını kullanabilecek kognitif fonksiyona sahip olması komplikasyon riskini azaltan önemli faktörler olarak belirtilmiştir. Yaş, cinsiyet, ağrı lateralizasyonu ve daha önce geçirilmiş cerrahi sayısı gibi faktörlerin ise cerrahi başarıda etkin rol oynamadığını bildirmiştir.

Hastalar SCS operasyonu için ameliyat öncesi hazırlıklarının tamamlanmasının ardından monitorize edilir, steril örtüm yapıldıktan sonra lokal anestezi altında cerrahi işlem yapılır. İntraoperatif dönemde hastaya mevcut ağrı hissinin değişip değişmediği test edilir, hastanın ağrı yakınmasının azaldığı tespit edilirse, elektrot cilt altına sabitlenir. Şayet yakınmalarının değişmediği saptanırsa elektrot yukarı veya aşağıya yönlendirilerek uygun ve etkili dermatom sahası tespit edilir ve son olarak elektrodun ara bağlantıları cilt altından geçirilerek uzak bir noktadan çıkarılır. Cerrahi sonrası hastaların uygun nörostimülatör ayarları yapılır, hasta ve yakınlarına hastanın yatar ve yürür halde farklı elektrot ayarları eğitimi (pulse, rate, amplitüd ayarı), cihaz kullanımı ve takibi anlatılır. Hasta takibinde şayet ağrıda belirgin azalma ve hayat kalitesinde artış olduğu tespit edilirse kalıcı pil (IPG) bağlanarak tedavi süreci tamamlanır. Bu yazı, SCS sonrası postoperatif takibi, oluşabilecek komplikasyonları ve bu komplikasyonlara karşı tedavi yönetimini açıklamayı amaçlamaktadır.

## Postoperatif Takip

Deneme elektrodu yerleştirildikten sonra kalıcı pil takılana kadar genellikle 2-14 gün kadar beklenilmektedir. Deneme döneminde başarılı olunursa kalıcı pil yerleştirilir. Deneme elektrodu yerleştirilirken uzatma kablosu, kalıcı pilin yerleştirileceği taraftan değil karşı tarafta orta hattan 8-10 cm lateralden ciltten çıkarılarak geçici pile bağlanmalıdır. Uzatma kablosunun çıkarıldığı cilt bölgesi dış ortamla bağlantılı ve enfeksiyona açık olduğu için temiz tutulmalı ve sık pansuman edilmelidir. Uzatma kablosunun ciltten çıkış yerinden seröz akıntı gelmesi sık görülen bir durumdur ve deneme periyodu bitene kadar sık pansuman ile kuru ve temiz takip edilmesi yeterlidir.

Kalıcı pil yerleştirildikten sonra yara yeri temiz tutulmalı ve genellikle 10-14 gün arası dikişler alınmalıdır. Hasta postoperatif 1, 3, 6 ve 12. aylarda kontrole çağrılmalıdır. Kontrollerde ODI, VAS, NPRS

gibi değerlendirme skalaları ile hastanın fayda görme durumu değerlendirilmeli ve gerekirse IPG cihazında uygun ayarlama yapılmalıdır. En sık karşılaşılan sorun, uyarıya tolerans gelişmesi ve elektrik akımının artırılmak zorunda kalınmasıdır. Bu durum pilin ömrünü kısaltacaktır. Voltaj artırılması yerine uyarı zonlarının değiştirilerek frekans ayarlaması yapılması etkili bir çözüm olabilir. Hastanın şikâyetlerinde artma olması durumunda direkt filmler ile elektrotta kayma veya kırılma olup olmadığı kontrol edilmelidir.

## Komplikasyonlar

SCS minimal invazif bir işlem olmakla birlikte; uzun süreli yüksek doz opioid kullanımına gerek olmaması, hormonal ve immun sistem üzerinde yan etkisi olmaması, depresyon, kilo alımı, bağımlılık gibi etkileri olmaması nedeni ile alternatif tedaviler arasında oldukça etkili ve güvenilir bir yaklaşımdır (26). SCS'ye bağlı komplikasyonlar üç ana başlık altında değerlendirilebilir; SCS cerrahisine bağlı komplikasyonlar, cerrahi sonrası komplikasyonlar ve cihaza bağlı komplikasyonlar (4,8,10,12,24).

### 1. Girişime bağlı komplikasyonlar

#### a. Perkütan teknik sırasında oluşan komplikasyonlar

i. Omurilik yaralanması: Nörolojik yaralanma, SCS implantasyonunun en ciddi komplikasyonudur. Özellikle daha önceden opere edilmiş bir bölgeden girişim yapılırken fibrozis nedeni ile dokuların sıkışması nedeni ile epidural aralığa girişim iğnesini yerleştirirken meydana gelir. Bu sebeple operasyon geçirmiş bölgeden değil, mümkünse daha üst seviyeden perkütan girişim önerilir. Özellikle elektrot yerleştirilmesi esnasında spinal kök ya da spinal kordun kendisine travma olmamasına dikkat edilmelidir. İşlem sahasında perkütan tekniğin uygulanmasını riskli hâle getiren granülasyon dokusu olan hastalarda bir diğer alternatif cerrahi teknik, laminektomi yapılarak elektrodun yerleştirilmesidir (Cerrahi teknik). Spinal kordda cemşid iğnesi veya elektrot ile oluşabilecek yaralanma sonrası nörolojik kayıp veya kompleks rejyonel ağrı sendromu (KRAS) komplikasyonu gelişebilir. KRAS gelişmesi durumunda hastanın bacaklarında ciddi ağrı ve dokunmaya karşı aşırı hassasiyet (allodini) oluşabilir ve ağrılı dönem birkaç aya kadar uzayabilir. Bu dönemde analjezik ve opioid tedavisi verilir. Eğer yetersiz kalırsa epidural morfin infüzyonu bu dönemi atlatmada oldukça etkilidir. Son çare olarak ağrı pompası (morfin) düşünülmelidir. Meyer, genel anestezi altında bir hastada yanlışlıkla intramedüller perkütan elektrotlar yerleştirilmesini takiben kuadripleji olgusu bildirmiştir (19). MAUDE (FDA Manufa-

cture and User Facility Device Experience) veri tabanı incelemesinde, Levy ve ark. elektrot yerleştirmesini takiben nörolojik hasarı araştırmış, 44.587 hastayı kapsayan veri incelemesinde 260 hastada (%0,58 oranında) nörolojik komplikasyon geliştiği, laminotomi ile uygulanan elektrot yerleştirilmiş hastalarda epidural hematoma olmaksızın motor disfonksiyonu %0,13 oranında belirtmiştir (17).

ii. Dural yaralanma ve BOS gelmesi: Cemşidi iğnesi ile girilirken oluşabilir. Genellikle BOS fistülüne sebep olmaz. Bu durumda iğne geri çekilip bir üst mesafeden girişim denir. Literatürde dural yaralanmaya bağlı psödomeningosel bildirilmiş ve psödomeningosel tamiri ile beraber açık cerrahi teknik uygulanarak sorun çözülmüştür (20).

### b. Cerrahi elektrot yerleştirilmesi sırasında gelişen komplikasyonlar

i. Dural yaralanma

ii. Omurilik yaralanması

iii. Elektrodun epidural aralığa yerleştirilmesinde zorluk: SCS cerrahisinde elektrotların yerleştirilmeden önce epidural alanda yeterli mesafe olduğundan emin olunmalıdır. Bunun için cerrahi öncesi tüm vakalarda epidural alan torakolomber MR ve BT yardımıyla kontrol edilmeli, spinal alanda elektrodun geçişini engelleyecek stenoz olması durumunda gerekirse önce dekompresyon yapılarak epidural mesafe genişletilmeli, ardından SCS cerrahisi planlanmalıdır.

Olgu 1: 52 yaşında kadın hasta geçirilmiş LDH operasyonu sonrası gelişen nöropatik ağrı nedeni ile SCS işlemi denendi. İşlem sırasında torakal bölgedeki faset hipertrofisi sağ taraf kateterin ilerlemesine izin vermedi. Sağ taraf kateteri daha alt seviyede yerleştirilmek zorunda kaldı (Şekil 1).

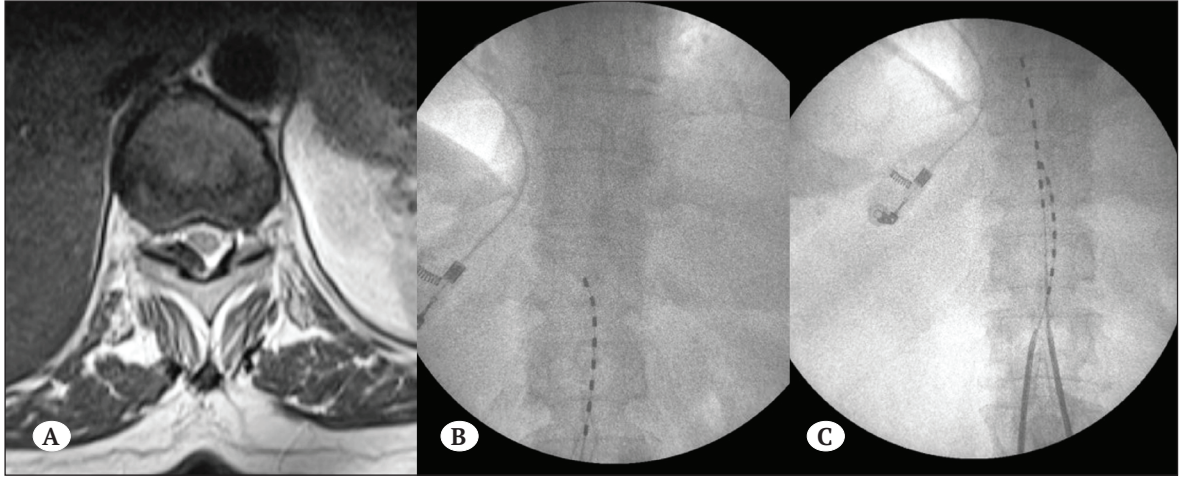
### 2. Postoperatif komplikasyonlar

#### a. Enfeksiyon

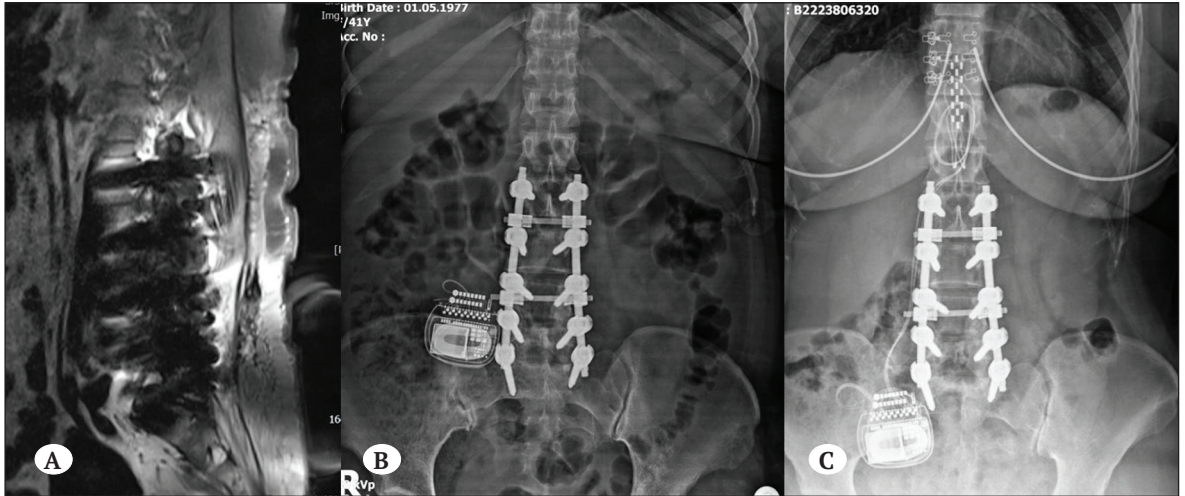
i. Elektrot bölgesinde enfeksiyon: Postoperatif dönemde elektrot etrafında apse gelişimi oluşabilir. Lökositoz, CRP, sedimentasyon ve prokalsitonin yükselmesi tanıda faydalıdır. Kontrastlı MRG ile apse görülebilir. Tedavisi elektrodun çıkarılarak apsenin drenaj ve irrigasyonudur. Eğer ileride tekrar deneme düşünülüyor ise IPG yerinde bırakılabilir.

Olgu 2: 48 yaş kadın hasta. Özgeçmişinde geçirilmiş on kez lomber cerrahi mevcuttu. Konvansiyonel yöntemlerle ağrısı geçmiyordu ve ağrıdan dolayı antalgik posturdaydı (bel ve her iki bacak VAS 10). Hastaya perkütan SCS uygulandı. İşlem sonrası uzat-





**Şekil 1.** A) Torakal aksiyel MR'da sağ faset hipertrofisi izlenmekte. B) Skopi görüntüsünde faset hipertrofisinden dolayı elektrodun ilerletilmesi sırasında fasete çarparak yön değiştirdiği görülmekte. C) Sağdaki elektrodun faset hipertrofisinden dolayı daha alt seviyede bırakıldığı izlenmekte.



**Şekil 2.** A) Lomber MR'da uzatma kablosu etrafında apse formasyonu izlenmekte. B) Apsenin drenajı, debridman ve irrigasyon sonrası elektrotlar çıkarılmış ama kalıcı pil tedavi sonrası tekrar kullanılmak üzere yerinde bırakılmıştır C) Enfeksiyon tedavisi sonrası cerrahi elektrot yerleştirilmiş ve eski kalıcı bile uzatma kablosu ile bağlanarak sistem aktif edilmiştir.

ma kablosu etrafında apse gelişti. Hasta cerrahi alındı ve elektrot çıkarılarak apse drenajı yapıldı. Kalçasındaki pil yerinde bırakıldı. Üç ay süren antibiyotik tedavisi sonrasında hastanın enfeksiyon tablosunun düzelmesiyle cerrahi teknik ile kalıcı pil yerleştirildi (Şekil 2).

ii. IPG etrafında enfeksiyon: İnsizyon hattı ve çevresinde enfeksiyon oluşması, cerrahi sonrası en sık gelişen komplikasyondur (4,11,22,24). En sık etken Staphylococcus'tur. Hasta, enfeksiyona bağlı ateş, bulantı, kusma, halsizlik gibi semptomlarda başvurabilir. Fizik muayenede kızarıklık, cerrahi bölgede ısı artışı, yara yerinde akıntı görülebilir. Tedavisinde intravenöz sefazolin kullanımı ve yakın yara yeri takibi

bi ile WBC, CRP, sedimantasyon takibi gerekmektedir. Derin yerleşimli enfeksiyon olması hâlinde cihaz çıkartılır, hastanın genel durumunun stabil olmasının ardından yeniden SCS cerrahisi açıdan değerlendirilir (9,10,18,21).

### b. Migrasyon

Elektrot migrasyonu, spinal ve periferik sinir stimülasyonunun en yaygın komplikasyonudur (8,19,20). Elektrotların migrasyon olasılığı, IPG'nin doğru cerrahi teknikle yerleştirilmesi ve ucunun supraspinöz ligamana yerleştirilmesi, elektrotların doğru açı ile IPG'ye bağlanması, cerrahi esnada suture dikkat edilmesi ile azaltılabilir. Elektrotların epidural boşlukta

skarlaşmasına izin vermek için postoperatif dönemde hastanın hareketlerini (eğilme, rotasyon) sınırlamak elektrot migrasyonunun insidansını azaltacaktır.

### c. Elektrod kırılması

Cerrahi elektrot tekniğinde sık görülen komplikasyondur. Elektrotların ayrışması veya kırılmasını saptamak için X-ray ile tanı konulabileceği gibi (makro ayrışma veya kırık) mikro kırıklarda X-ray ile görüntülemenin yetersiz olduğu durumlarda empedans ölçümü yapılarak gerekirse revizyon gerekebilir.

### d. İntolerans gelişmesi

Spinal kord stimülasyonu uygulanan hastalarda postoperatif dönemde başta alerjiye bağlı olmak üzere, cihaz kullanımına bağlı veya hastanın cihaz kullanımı ve takibini aksatmasına bağlı intolerans gelişebilir. Bu gibi durumlarda mevcut cihaz çıkartılmalı ve hastanın postoperatif yakın takibine devam edilmelidir. Hastanın cihaz kullanamaması veya şarj edememesi durumunda yeniden hasta eğitimi gerekmektedir. Kumar, cerrahi esnada hastaların %17-20'sinde başarısız stimülasyon yapıldığını belirtmiştir (16).

### e. Ağrı

SCS cerrahi öncesi ve sonrası hastaların ağrı durumu farklı skalalarla incelenmektedir. Harman ve ark., yapmış olduğu çalışmada, hastaların ameliyat öncesi ve sonrası ODI ve NPRS skorlarını karşılaştırmış, ortalama postoperatif sırt ve bacak NPRS ve ODI skorlarının, preoperatif sırt ve bacak NPRS ve ODI skorlarından anlamlı derecede düşük olduğunu belirtmiştir. Kalıcı SCS alan tüm hastalarda sırt/bacak NPRS skorlarında %50'den fazla azalma gözlenmiştir (13). Kumar, cerrahi başarıda hasta seçimine vurgu yaparak; hastaların ağrı etiyolojisinin iyi tanımlanması, ağrı giderilecek alanda ileri parestezi olması, 6 ay boyunca ağrıya yönelik medikasyondan yanıt alınmamış olması, reoperasyonun getirisinin olmayacağı düşünülen hasta grubunda yapılan cerrahilerin başarı oranının yükseleceğini bildirmiştir (15,16). Ağrı süresinin cerrahi sonrası başarı oranına yönelik yapılan çalışmalarda ağrının süresinin uzamasının cerrahi başarıyı azalttığını, özellikle ilk 2 yıl içindeki ağrıya yönelik cerrahi başarı oranının uzun süreli ağrıya yönelik cerrahi başarı oranının %10'un altında olduğu bildirilmiştir (10,15,16). Mekhail, 707 hastalık serisinin uzun süreli takibinde 86 hastada (%12) IPG olan alanda şiddetli ağrı yakınması olduğunu bildirmiştir (18).

### f. Hematom

Perkütan veya cerrahi olsun, SCS elektrotlarının yerleştirilmesini takiben epidural hematoma oluşumu nadir görülen bir durumdur. 20 yıllık literatür incelemesinde Cameron epidural hematoma gelişme riskini %0,3 ve felç riskini %0,03 olarak tahmin etmiştir (7).

### g. Alerji

Alerjik reaksiyon cerrahi esnasında ve sonrasında görülebilecek bir komplikasyondur. Hasta kaşıntı, halsizlik ve/veya ağrı ile başvurabilir. Cilt testi ile tanı doğrulanırken enfeksiyon şüphesi var ise kan tetkikleri ile ekartasyon sağlanır. Cerrahi öncesi alerji şüphesi olması hâlinde muhakkak cilt testi ile hastanın cerrahiye uygunluğu teyit edilmelidir (6,15).

## 3. Cihaza bağlı komplikasyonlar

### a. IPG ömrünün bitmesi

SCS cerrahisi sonrası cerrahi takibin en önemli hususlardan biri pil ömrüdür. IPG, şarj edilebilir ve kalıcı olmak üzere ikiye ayrılır. Şarj edilebilir pillerin ömrü ortalama 10 yıl iken şarj edilemeyen pillerin ise ortalama 2-5 yıl arasında değiştirilmesi gerekmektedir. IPG pilinin ömrü, altta yatan hastalık süreci, stimülasyon hedefi ve hastanın yaşı gibi çeşitli parametrelere bağlı olarak elektrik stimülasyon ayarlarına göre değişir. Yüksek akım ile kullanılması pil ömrünü kısaltır. IPG'ye karşı zaman içerisinde ağrı iletim yollarında nöroplastisiteye bağlı tolerans geliştiğinden aynı analjezik etkiyi elde etmek için voltajın artırılması gerekmektedir. Bu durum pilin erken tükenmesine neden olur.

### b. Empedans gelişmesi

SCS cerrahisi sonrası revizyona giden olgularda empedans gelişimi dikkat çekmektedir. Empedans gelişiminde elektrotların duraya yapışık olup olmaması, hasta pozisyonu, çevre dokudaki fazla yağ oranı ve hava boşluğu olması gibi etkenler sıralanabilir. Aziz ve ark. yaptığı çalışmada (1) hava embolisi ve yağ dokunun etkisini azaltmak adına hastanın prone pozisyonunda oturur pozisyona geçmesinin denenmesi gerektiğini belirtmiş olsa da Abejon ve ark. çalışmasında hasta postürünün empedans üzerinde etkin bir rol oynamadığını belirtmiştir (2). SCS uygulama yerinin empedans üzerine olan etkisine dair yapılan araştırmada alt torasik bölgeye kıyasla servikal alanda doku empedansı %36 daha düşük oranda bulunmuştur (3).

### c. Hastanın cihazı anlayamaması ve kullanamaması

SCS uygulamasına karar vermede en önemli aşama doğru hasta seçimi ve uygun olan hastanın eğitimidir. Cihazı ve çalışma prensibini kavrayamayacak, cihazın eğitimini anlayamayacak hastalara SCS işlemi yapılması sorunlara yol açabilir. Bazı hastalar işlem sonrası oluşan parestezi hissinden rahatsız olarak cihazın çıkarılmasını talep edebilir.

SCS tedavisi perkütan veya açık cerrahi şeklinde yapılabilir. Her iki yaklaşımın başarı oranı ve komplikasyon oranı üzerine yapılan çalışmalar olmakla birlikte, Blackburn ve ark. yapmış olduğu meta-analizde perkütan implantasyonun, açık cerrahiye oranla daha düşük komplikasyon oranlarına sahip olduğunu belirtmiştir. Elektrot ayrılması, donanım arızası, yetersiz stimülasyon ve kapsama alanı kaybı gibi ekipmanla ilgili komplikasyonların, SCS'nin hem perkütan hem de açık implantasyonunu takiben en yaygın komplikasyonları olduğunu belirtmiştir (5).

Uluslararası Nöromodülasyon Derneği'nin (INS) Nöromodülasyon Uygunluk Uzlaşma Komitesi (NACC), nöromodülasyon prosedürlerinin risklerini azaltmak, güvenliğini artırmak ve sonuçlarını iyileştirmek için önerilerde bulunmuştur (Tablo 1).

Hasta eğitimi, SCS tedavisi için gerçekçi beklentilerin belirlenmesine yardımcı olur ve hastayı, aileyi ve bakıcıları terapiye dahil etmeye yardımcı olur. Amaçlanan prosedürün tartışılması, hastanın kozmetik kaygılarını ele almalıdır.

### SONUÇ

Spinal kord stimülasyonu etkili ve güvenilir bir yaklaşım olmakla birlikte cerrahi esnada veya sonrasında birtakım komplikasyonlara sebep olabilmektedir. Donanımla ilgili komplikasyonlar biyolojik komplikasyonlardan daha yaygındır ve en sık nedeni elektrotlarda ayrışmadır. Biyolojik komplikasyonlardan en sık görülen enfeksiyondur. Nörolojik hasar gibi ciddi yan etkiler nadiren görülür. Nörostimülasyon, teknolojik ilerlemelerin hasta sonuçlarında kritik bir rol oynayabileceği, hızla gelişen bir alan olmakla birlikte literatürde yayınlanan önerilere göre implantasyon öncesi doğru hasta seçimi, uygun ve katı bir aseptik cerrahi yaklaşım ile komplikasyonlar önlenabilir veya en azından azaltılabilir. Gelecekte, teknolojik gelişmeler muhtemelen komplikasyon görülme sıklığını azaltmada yardımcı olacaktır.

**Tablo 1.** Uluslararası Nöromodülasyon Derneği'nin (INS) Nöromodülasyon Uygunluk Uzlaşma Komitesi'nin (NACC) Nöromodülasyon Prosedürlerinin Risklerini Azaltmak, Güvenliğini Artırmak ve Sonuçlarını İyileştirmek için Önerileri

1. NACC, nöromodülasyon cihazlarının uygulayıcılarının uygun şekilde eğitilmesini ve akredite bir girişimsel ağrı tıbbi eğitim programı veya akredite bir cerrahi eğitim programı tarafından sertifikalandırılmasını önerir.
2. NACC, uygulayıcılarının cerrahi prosedürler geçiren hastanın ameliyat öncesi, ameliyat sırasında ve ameliyat sonrası bakımının yönetimi için özel olarak eğitilmesini tavsiye eder.
3. NACC, ameliyathane salonlarında gerçekleştirilen nöromodülasyon cerrahi prosedürlerinin, kullanılan prosedür ve teknolojileri anlama konusunda özel olarak eğitilmiş personel tarafından yapılmasını önerir.
4. NACC, uzun süreli uzun etkili opioid tedavisine başlamadan önce nöropatik ağrı durumları için nöromodülasyon terapilerinin yapılmasını önerir.
5. NACC, nöromodülasyon prosedürleri için düşünülen hastaların, ağrının azaltılmasına ve duygusal ve fonksiyonel restorasyonuna özel dikkat gösterilerek disiplinler arası bir şekilde tedavi edilmesini önerir.
6. NACC, nöromodülasyon prosedürleri için seçim kriterlerinin, ağrı konumu ve yoğunluğu dahil olmak üzere ağrı özelliklerine dayalı olarak kullanılmasını önerir.
7. NACC, prosedür için psikolojik olarak uygun adayları seçmek için nöromodülasyon terapileri denemesinden önce, ehliyetli psikologlar veya psikiyatristler tarafından psikolojik bir değerlendirmenin yapılmasını önerir.
8. NACC, hastaların kozmetik, implant seçimi ve cerrahinin zamanlamasına ilişkin isteklerinin preoperatif ve intraoperatif planlamanın bir parçası olarak dikkate alınmasını önerir.
9. NACC, deneme veya kalıcı implant gününden önce, implant cihazının hastaya planlanan tüm prosedürü, prosedüre bağlı riskleri, prosedürün faydalarını ve prosedürün alternatiflerini tam olarak açıklamasını tavsiye eder.
10. NACC, nöromodülasyon prosedürleri için hastaları değerlendirmeden önce, implantı uygulayan doktorun, hastanın ağrısını tedavi edemeyen doktorlarıyla amaçlanan prosedürün planlarını tartışmasını tavsiye eder.
11. NACC, deneme veya kalıcı implant öncesinde uygun bir ameliyat öncesi değerlendirme kontrol listesinin ve laboratuvar testinin kullanılmasını önerir.
12. NACC, kalıcı bir cihaz implante etmeden önce, tolere edilebilirlik ve etkinlik için bir denemenin yapılmasını önerir.
13. NACC ister perkütan ister cerrahi olarak bir epidural elektrot teli implante etmeden önce, hastanın antikoagülasyon riskleri açısından değerlendirilmesini ve elektrotları yerleştirmeye çalışmadan önce bu riskleri uygun şekilde azaltmak için adımlar atılmasını tavsiye eder.
14. Epidural ve deri altı elektrot tellerini yerleştirirken, NACC prosedürün hastane cerrahi odası veya ayaktan cerrahi merkezi gibi akredite steril bir ortamda titiz steril teknikler kullanılarak yapılmasını önerir. Bir ofis ortamı kullanılıyorsa, tesis akredite bir hastane tesisleriyle aynı standartları karşılamalıdır.
15. İdeal anestezi stratejisi, uygulayıcı ve hasta arasında gerçek zamanlı etkileşimi mümkün kılar ve böylece hastanın intraoperatif parestezi alanını ve yoğunluğunu tanımlamasına olanak tanır. Bu mümkün değilse, somatosensoryel uyarılmış potansiyel monitörizasyonu ile genel anestezi düşünülebilir.
16. NACC, omurilik stimülasyon denemesi veya kalıcı bir cihaz implantasyonu uygulanan tüm hastaların, insizyondan bir saatten daha kısa bir süre önce perioperatif antibiyotik almalarını tavsiye eder.
17. NACC, implantı yerleştiren doktorun mümkün olduğunda hastanın ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası bakımına dahil olmasını önerir.
18. NACC, nöromodülasyon cihazının programlanmasının eğitilmiş sağlık uzmanları veya cihaz şirketi temsilcileri tarafından uygun hasta takibi ve dikkati ile yapılmasını tavsiye eder.
19. NACC, uygulamaları kapsamında nöromodülasyon terapileri sunan doktorların, sonuçların, başarı göstergelerinin ve uygulamalarının komplikasyonlarının takip edilmesini önerir.

## KAYNAKLAR

1. Abdel-Aziz S, Ghaleb A. Change in Impedance with Change in Posture during Spinal Cord Stimulator Placement. *Pain Studies and Treatment*. 2014;02 (02):70-2.
2. Abejon D, Feler CA. Is impedance a parameter to be taken into account in spinal cord stimulation? *Pain Physician*. 2007;10 (4):533-40.
3. Alò K, Varga C, Krames E, et al. Factors affecting impedance of percutaneous leads in spinal cord stimulation. *Neuromodulation*. 2006;9 (2):128-35.



4. Bendersky D, Yampolsky C. Is spinal cord stimulation safe? A review of its complications. *World Neurosurgery* [Internet]. 2014;82 (6):1359–68.
5. Blackburn AZ, Chang HH, DiSilvestro K, et al. Spinal Cord Stimulation via Percutaneous and Open Implantation: Systematic Review and Meta-Analysis Examining Complication Rates. *World Neurosurgery* [Internet]. 2021; 154:132-143.e1.
6. Burchiel KJ, Anderson VC, Brown FD, et al. Prospective, multicenter study of spinal cord stimulation for relief of chronic back and extremity pain. Vol. 21, *Spine*. 1996. p. 2786–94.
7. Cameron T. Safety and efficacy of spinal cord stimulation for the treatment of chronic pain: A 20-year literature review. *Journal of Neurosurgery*. 2004;100 (3 SUPPL.):254–67.
8. Cruccu G, Garcia-Larrea L, Hansson P, et al. EAN guidelines on central neurostimulation therapy in chronic pain conditions. *European Journal of Neurology*. 2016;23 (10):1489–99.
9. Deer TR, Grider JS, Lamer TJ, et al. A systematic literature review of spine neurostimulation therapies for the treatment of pain. *Pain Medicine (United States)*. 2020;21 (7):1421–32.
10. Deer TR, Mekhail N, Provenzano D, et al. The appropriate use of neurostimulation: Avoidance and treatment of complications of neurostimulation therapies for the treatment of chronic pain. *Neuromodulation*. 2014;17 (6):571–98.
11. Eldridge JS, Weingarten TN, Rho RH. Management of cerebral spinal fluid leak complicating spinal cord stimulator implantation. *Pain Practice*. 2006;6 (4):285–8.
12. Fontaine D. Spinal cord stimulation for neuropathic pain. *Revue Neurologique*. 2021;177 (7):838–42.
13. Harman F, Aydin S, Sencan S, et al. Percutaneous Spinal Cord Stimulation for Failed Back Surgery Syndrome: A Retrospective Study. *Turkish Neurosurgery*. 2020;30 (5):739–45.
14. Kay AD, McIntyre MD, Macrae WA, et al. Spinal cord stimulation - A long-term evaluation in patients with chronic pain. *British Journal of Neurosurgery*. 2001;15 (4):335–41.
15. Kumar K, Buchser E, Linderoth B, et al. Avoiding complications from spinal cord stimulation: Practical recommendations from an international panel of experts. *Neuromodulation*. 2007;10 (1):24–33.
16. Kumar K, Wilson JR, Taylor RS, et al. Complications of spinal cord stimulation, suggestions to improve outcome, and financial impact. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2006;5 (3):191–203.
17. Levy R, Henderson J, Slavin K, et al. Incidence and avoidance of neurologic complications with paddle type spinal cord stimulation leads. *Neuromodulation*. 2011;14 (5):412–22.
18. Mekhail NA, Mathews M, Nageeb F, et al. Retrospective Review of 707 Cases of Spinal Cord Stimulation: Indications and Complications. *Pain Practice*. 2011;11 (2):148–53.
19. Meyer SC, Swartz K, Johnson JP. Quadriparesis and spinal cord stimulation: Case report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32 (19):565–8.
20. Patel A, Kafka B, al Tamimi M. Pseudomeningocele and percutaneous intrathecal lead placement complication for spinal cord stimulator. *Journal of Clinical Neuroscience* [Internet]. 2019;59 (xxxx):347–9.
21. Quigley DG, Arnold J, Eldridge PR, et al. Long-Term Outcome of Spinal Cord Stimulation and Hardware Complications. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*. 2003;81 (1–4):50–6.
22. Rosenow JM, Stanton-Hicks M, Rezai AR, et al. Failure modes of spinal cord stimulation hardware. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2006;5 (3):183–90.
23. Rushton DN. Electrical stimulation in the treatment of pain. *Disability and Rehabilitation*. 2002;24 (8):407–15.
24. Shamji MF, Westwick HJ, Heary RF. Complications related to the use of spinal cord stimulation for managing persistent postoperative neuropathic pain after lumbar spinal surgery. *Neurosurgical Focus*. 2015;39 (4):1–7.
25. Turner JA, Loeser JD, Deyo RA, et al. Spinal cord stimulation for patients with failed back surgery syndrome or complex regional pain syndrome: A systematic review of effectiveness and complications. *Pain*. 2004;108 (1–2):137–47.
26. Webster LR, Cochella S, Dasgupta N, et al. An analysis of the root causes for opioid-related overdose deaths in the United States. *Pain Medicine*. 2011;12 (SUPPL. 2).
27. Verrills P, Sinclair C, Barnard A. A review of spinal cord stimulation systems for chronic pain. *Journal of Pain Research*. 2016; 9:481–92.



## A

Ablasyon 121,122,361,375,376,377  
Ağrı 75,89,93,97,103,111,117,121,129,133,143,149,153,163,293,359,375,393,409,431,455,466,471,482,485,489,492  
Algoloji 133, 143  
Alkol ablasyon 376  
Allogreft 290, 334  
Anestezi 71, 173, 186, 448

## B

Baklofen Pompası 461  
Biyopsi 371

## C

Cerrahi tedavi 18, 43, 103, 133, 153, 163, 173, 200, 229, 239, 271, 293, 347, 445  
Cerrahi teknik 160, 173, 179, 185, 211, 222, 229, 239, 253, 338, 340, 389, 410, 464, 486

## D

Deformite 14, 248, 290, 301, 310, 349  
Dejenerasyon 17, 23, 24, 83  
Dekompresyon 11, 108, 113, 123, 189, 191, 195, 199, 207, 215, 239, 315  
Dinamik enstrümantasyon 307  
Diskektomi 5, 108, 149, 159, 163, 173, 179, 185, 221, 225, 253, 254, 256, 265, 283

## E

Ekstradural tümörler 359, 384, 432  
Endoskopi 3, 5, 11, 43, 47, 51, 71, 149, 153, 159, 163, 173, 185, 189, 195, 199, 211, 215, 221, 225, 233, 431, 441

Endoskopik diskektomi 149, 163, 173, 185, 221  
Epidural 75, 89, 93, 111, 117, 140, 143, 197, 202, 217, 432, 436  
Epidurosکopi 111

## F

Faset eklem 83, 135,138, 145, 153, 202, 216  
Foramen 31, 199, 216, 477  
Foraminotomi 156, 189, 195, 225, 253  
Füzyon 5, 13, 323, 337, 347, 355, 406

## G

Greft 14, 192, 288, 313, 381

## H

Hemilaminektomi 197, 389  
Hemilaminotomi 197  
Hiatus Sakralis 89

## İ

İmplant 248  
İnstabilite 83, 417, 437  
İnterbody füzyon 13, 337  
İnterlaminer girişimler 37, 159, 195  
İntradiskal girişimler 103  
İntradural tümörler 379  
İntraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon 64

## K

Kaudal 89, 93, 117, 133, 140, 175, 196, 205, 217, 271  
Kaudal enjeksiyon 93  
Kifoplasti 6, 360, 376, 404, 409, 414  
Komplikasyon 86, 107, 113, 118, 161, 175, 182, 192, 212, 218, 223, 233, 245, 264, 268, 290, 341, 349, 413, 448, 465, 475, 482, 487, 489

**L**

Laminektomi 200, 279, 359, 389, 471  
 Laminotomi 199, 206, 215  
 Lomber diskektomi 108, 154, 155, 159, 163, 173, 179, 185  
 Lomber foraminotomi 190  
 Lomber omurga 37, 138, 159, 236, 245

**M**

Malign tümör 410  
 Metastaz 359, 393, 432  
 Mikrodiskektomi 149, 167, 179, 229

**N**

Navigasyon 56, 63, 315  
 Nöromodülasyon 455, 471, 477  
 Nöromonitörizasyon 327

**O**

Osteoporotik kırık 409  
 Osteoporoz 409  
 Otogreft 355

**P**

Patolojik kırık 394  
 Perkütan 5, 108, 118, 123, 129, 155, 253, 265, 271, 313, 323, 375, 417, 485  
 Perkütan stabilizasyon 271, 313  
 Perkütan vidalama 328, 361, 405, 419

**R**

Radyocerrahi 361  
 Radyofrekans 85, 107, 121, 145, 361, 377  
 Radyofrekans ablasyon 361, 375, 377  
 Robotik omurga cerrahisi 6

**S**

Sakral sinir sitümlasyonu 477  
 Sakrum 97, 139, 417, 478  
 Sakrum vidalama 97  
 Seperasyon cerrahisi 393, 399  
 Servikal diskektomi 155, 221, 225, 253, 265  
 Servikal foraminotomi 156  
 Servikal omurga 51, 134, 233, 271  
 Skolyoz 307, 345  
 Spinal enstrümantasyon 248, 337  
 Spinal füzyon 337  
 Spinal Metastaz 359, 393  
 Spinal stenoz 239  
 Spinal tümör 121, 359, 371, 389, 393, 431  
 Stabilite 245, 331  
 Stabilizasyon 271, 293, 313, 323, 331, 354  
 Steroid 89, 117, 143

**T**

Torakal diskektomi 4, 156, 229  
 Torakal foraminotomi 229  
 Torakal omurga 47, 234  
 Torakal sempatektomi 441, 444  
 Torakotomi 47, 283, 362  
 Transforaminal 12, 93, 113, 144, 154, 163, 189, 211, 229, 326, 327, 338

**U**

Ultrason 133  
 Ultrasonografi 133

**V**

Vertebroplasti 6, 360, 376, 404, 409, 414

**Y**

Yapay zeka 58





### **Türk Nöroşirürji Derneği**

Taşkent Caddesi 13/4 06500 Bahçelievler, Ankara, Türkiye

Tel: 0312 212 64 08 Faks : 0312 215 46 26

E-posta: [info@turknorosirurji.org.tr](mailto:info@turknorosirurji.org.tr)

Web: [www.turknorosirurji.org.tr](http://www.turknorosirurji.org.tr)

ISBN: 978-605-4149-25-4