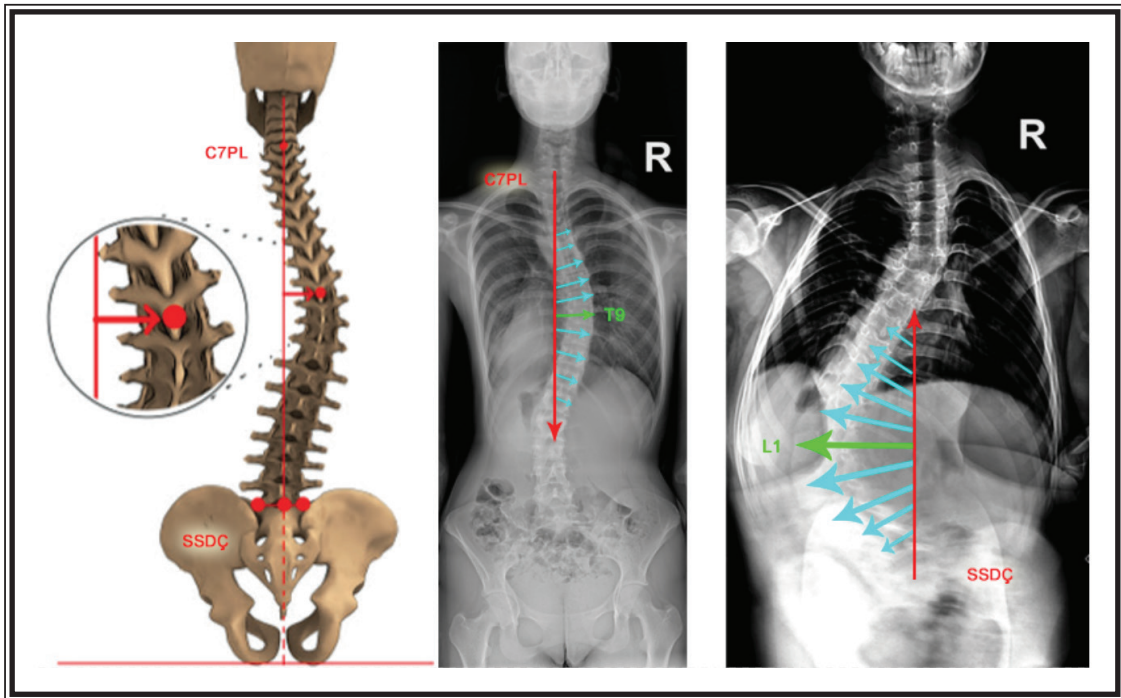


SPİNAL

PERİFERİK SİNİR CERRAHİSİ BÜLTENİ

E ISSN 2148-0842



OMURGA DEFORMİTELERİ



TÜRK NÖROŞİRÜRJİ DERNEĞİ
SPİNAL VE PERİFERİK SİNİR CERRAHİSİ
ÖĞRETİM VE EĞİTİM GRUBU YAYIN ORGANI
Sayı 91 / Nisan 2021

www.spinetr.com



SPİNAL

PERİFERİK SİNİR CERRAHİSİ BÜLTENİ

Türk Nöroşirürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu'nun resmi yayım organıdır.

Sayı: 91 Nisan / 2021



**Türk Nöroşirürji Derneği
Yönetim Kurulu**

Başkan
Emel AVCI

2. Başkan
Ömer Hakan EMMEZ

Sekreter
Hüseyin Hayri KERTMEN

Muhasip
İlker SOLMAZ

Veznedar
Gökmen KAHİLOĞULLARI

Üyeler
İbrahim Suat ÖKTEM
Ali Metin KAFADAR
Mevlüt Özgür TAŞKAPILIOĞLU
Bülent BOZYİĞİT
Ali Fatih RAMAZANOĞLU

**Türk Nöroşirürji Derneği
Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi
Öğretim ve Eğitim Grubu
Yönetim Kurulu**

Başkan
Ali DALGIÇ

2. Başkan
Mesut YILMAZ

Sekreter
Şeref DOĞAN

Üyeler
Cumhur KILINÇER
Ahmet DAĞTEKİN
Ahmet Gürhan GÜRÇAY
Onur YAMAN

Editör

Ali DALGIÇ

alidalgic@yahoo.com

Editör Yardımcıları

Ahmet DAĞTEKİN

dagtekin69@yahoo.com

Şeref DOĞAN

serefdogan01@yahoo.com

Ahmet Gürhan GÜRÇAY

drgurcay@gmail.com

Cumhur KILINÇER

ckilincer@hotmail.com

Onur YAMAN

dronuryaman@yahoo.com

Mesut YILMAZ

drmesutyilmaz@yahoo.com

Danışma Kurulu

Cem AÇIKBAŞ

Nusret DEMİRCAN

Sait NADERİ

Ali ARSLANTAŞ

Tahsin ERMAN

Fahir ÖZER

Özkan ATEŞ

Murat HANCI

İlker SOLMAZ

Şükrü ÇAĞLAR

Serdar IŞIK

Alparslan ŞENEL

Sedat ÇAĞLI

Erkan KAPTANOĞLU

Serkan ŞİMŞEK

Süleyman ÇAYLI

Ümit KEPOĞLU

Cüneyt TEMİZ

Sedat DALBAYRAK

Cumhur KILINÇER

Kudret TÜREYEN

Ali DALGIÇ

Kemal KOÇ

Mesut YILMAZ

Ahmet DAĞTEKİN

Kadir KOTİL

Mehmet ZİLELİ

SPİNAL

PERİFERİK SİNİR CERRAHİSİ BÜLTENİ

Türk Nöroşirürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu'nun resmi yayım organıdır.

Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Bülteni

Türk Nöroşirürji Derneği adına yayım sahibi:
Emel AVCI

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü:
Mesut YILMAZ

Yayın türü: Yaygın süreli yayım
E ISSN: 2148-0842

Tüm hakları Türk Nöroşirürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu'na aittir.
Yazıların içeriğinden yazarlar sorumludur.

Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Bülteni elektronik olarak yılda dört sayı olmak üzere Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarında yayımlanmaktadır.

Sayı: 91 Nisan / 2021

Online yayım tarihi: 03.06.2021
Kapak resmi: Canbolat, s. 4

Web Adresi

<http://www.spinetr.com/menu/14/bultenler>

Yazışma Adresi

TÜRK NÖROŞİRÜRJİ DERNEĞİ
Taşkent Caddesi 13/4
06500 Bahçelievler, Ankara
Tel: 0312 212 64 08 Faks: 0312 215 46 26
E-mail: info@turknorosirurji.org.tr
Web: www.turknorosirurji.org.tr

Yayın Hizmetleri ve Düzenleme

Buluş Tasarım ve Matbaacılık Hizmetleri San. Tic.
Bahriye Üçok Caddesi 9/1 Beşevler, 06500 Ankara
Tel: 0312 222 44 06 Faks: 0312 222 44 07
www.bulustasarim.com.tr

Yazım Kuralları

Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Bülteni, esas olarak nöroşirürji eğitimine katkıda bulunacak davetli yazıların yanı sıra nöroşirürji ve ayrıca nöroloji, nöropatoloji, nöroradyoloji, nöroanestezi, nörofarmakoloji, nöroanatomi, nörofizyoloji, omurga, omurilik ve periferik sinir cerrahisi dallarındaki **derleme** makaleleri, nöroşirürji ile ilgili önemli ve yeni bilgileri içermesi koşulu ile yayımlar. Yazı dili Türkçedir. Yazılar **e-posta** yoluyla dergi editörüne gönderilecektir. Makaledeki tüm yazarların e-posta adresleri ve ORCID ID (ORCID kayıt numarası) bilgisi makale gönderilme aşamasında belirtilmelidir. ORCID kaydı <http://orcid.org> adresinden ücretsiz yapılabilir ve ORCID ID bu adresten elde edilebilir. Yazılar, yayım kurulu tarafından değerlendirilecektir. Editör, yazıları düzeltme, değiştirme, reddetme veya yeniden düzenlenmesi için geri gönderme hakkına sahiptir. Dergi, yazarların görüş ve yorumlarından sorumlu değildir. Tüm yazılar, uluslararası etik kurallara uygun olmalı ve gerektiğinde yayımlarda etik kurul izninin alındığı belgelenmelidir.

Makalenin Hazırlanması

Başlık Sayfası: Yazının Türkçe başlığı, İngilizce alt başlığı, yazarların ad ve soyadları (akademik ve mesleki ünvanları yazılmaz) belirtilir. Aynı kurumdan yazarlar, aynı numarayı almak üzere klinik, bölüm, enstitü veya kuruluşun ismi ve adresleri yazar sırasına göre numaralandırılarak yazılır. Yazının kısa başlığı da verilmelidir. Yazışmaların yapılacağı yazarın adı, tam posta adresi, telefon, faks numarası ve elektronik posta adresleri yazılmalıdır. Çalışma bir kongre ya da bir toplantıda bildiri olarak sunulmuşsa, yazarlar bu durumu sayfanın sonunda, yapılan toplantının adını, yerini ve tarihini vererek belirtmelidir.

Öz: İki yüz elli sözcükten fazla olmayan Türkçe ve İngilizce öz yazılmalıdır. Öz kısmı **bölümlerden oluşmayacaktır**. Kısaltmalar ve kaynaklar kullanılmamalıdır. Özün sonunda yer alacak Türkçe ve İngilizce anahtar sözcükler, üç ile yedi sözcük arasında, Index Medicus Tıbbi Başlıklar (MeSH) listesine uygun olarak alfabetik sırada verilmelidir. Özün sonunda yer alacak Türkçe anahtar sözcükler, üç ile yedi sözcük arasında, Index Medicus Tıbbi Başlıklar (MeSH) listesine uygun olarak alfabetik sırada verilmelidir. Bir başka sayfaya, Türkçe öz ve anahtar sözcüklerin birebir tercümesi olacak biçimde İngilizce öz (abstract) yazılmalıdır.

Metin Sayfaları: Bütün ölçümler metrik sistemde verilmelidir. Simge ve kısaltmalar uluslararası standartlarda olmalıdır. Kısaltmalar metinde ilk görüldüğünde açıklanmalı ve genel kabul görmüş olanlarla sınırlandırılmalıdır. İstatistiksel analiz için kullanılan testler metinde ve tablolarda belirtilmelidir. Yazarlar, metnin sonunda **teşekkür** başlığı altında, çalışmanın gerçekleşmesi için katkıda bulunan kişi, kurum ve kuruluşlar varsa bildirebilirler.

Kaynaklar: **Alfabetik** olarak numaralanmalı ve metinde cümle sonuna noktadan önce parantez içinde yerleştirilmelidir. Kısaltmalar Index Medicus'a uygun olmalıdır.

Aynı yazara ait birden çok makale varsa, bunlar eskiden yeniye doğru tarih sırasına göre verilmelidir. Bütün yazarların isimleri belirtilmelidir. Kişisel bilgiler, incelemedeki yazılar ve yayınlanmamış veriler kaynak listesine alınmaz, metnin uygun bir yerinde parantez içinde belirtilir. Yayınlanmak üzere kabul edilen yazılar kaynak listesine alınabilir. Kaynak listesi metin içinde yer alan tüm kaynakları, metin de tüm kaynak numaralarını içermelidir.

1. Makale örneği

Erdoğan P, Dalgıç A, Tüzgen S, Çıplak N, Oral Z, Kuday C: Çocukluk çağı posterior fossa tümörleri: 73 olgunun değerlendirilmesi. Türk Nöroşir Derg 12:31-39, 2002

2. Ek örneği

Altınörs N, Kars Z, Arda N, Şenveli E, Türker A, Çınar N: Spinal extradural metastasis of medulloblastoma. Turk Neurosurg Suppl (veya ek) 1:144, 1989

3. Kitap örneği

Taveras JM, Wood EH: Diagnostic Neuroradiology, cilt 1, ikinci baskı, Baltimore: Williams and Wilkins, 1976:542-550

4. Kitapta bölüm örneği

Verbiest H: Lumbar spine stenosis. Youmans JR (ed), Neurological Surgery, cilt 4, üçüncü baskı, Philadelphia: WB Saunders, 1990:2805-2855

5. Tez örneği

Kanpolat Y: Trigeminal ganglion deneysel perkütan giriş ve radyofrekans termik lezyonun histopatolojik değerlendirilmesi (Doçentlik tezi), Ankara: Ankara Üniversitesi, 1978:1-52

6. *Yazılım*

Epi Info [computer program]. Version 6. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, 1994.

7. *Çevrimiçi dergi*

Friedman SA. Preeclampsia: A review of the role of prostaglandins. *Obstet Gynecol* [serial online]. January 1988;71:22-37. Available from: BRS Information Technologies, McLean, VA. Accessed December 15, 1990.

8. *Veritabanı*

CANCERNET-PDQ [database online]. Bethesda, MD: National Cancer Institute, 1996. Updated March 29, 1996.

9. *World Wide Web*

Gostin LO. Drug use and HIV/AIDS [JAMA HIV/AIDS web site]. June 1, 1996. Available at: <http://www.ama-assn.org/special/hiv/ethics>. Accessed June 26, 1997.

Tablolar: Her tablonun bir başlığı olmalıdır. Tablolar çift aralıklı olarak ayrı bir sayfada listelenmeli ve numaralandırılmalıdır. Tablo numaraları metin içinde yer almalıdır.

Şekiller: Tüm şekillerin altyazısı olmalı ve ayrı bir sayfada listelenmelidir. Şekil altyazıları kısa ve açıklayıcı olmalıdır. Altyazılar şeklin üstüne yazılmamalıdır. Şekiller (fotoğraflar, çizimler ve grafikler) numaralandırılmalı ve tüm şekil numaraları metin içinde de geçmelidir. Fotoğraflarda hastanın ismini, kimliğini belirleyen bölümler gizlenmelidir. Sadece aynı sütun içinde yer alan ve birlikte görünen şekiller aynı numarayı, farklı harflerle alabilirler (1A,1B gibi). Diğer tüm şekiller farklı numaralandırılmalıdır. Fotoğraflar en az 300 dpi çözünürlükte olmalıdır. Fotomikrograflardaki büyütme oranı şekil altyazılarında verilmelidir. Eğer mümkünse fotoğraf üzerine ölçek eklenmelidir. Radyolojik görüntüler (MRG, BT, Anjiyografi) mutlaka siyah beyaz olmalıdır.

Videolar: Videoklipler, yazarların özgün eserleri olmalıdır. Türkçe altyazı ve sesli anlatım eklenmelidir. Kabul edilen formatlar .avi, .mpeg ve .mp4'dür. En fazla 40MB boyutta olmalı ve 10 dakikadan uzun sürmemelidir. Söz konusu videolar makaledeki bir figür ya da figürlerin yerini alabilir. Yayın hakları Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Bülteni'nin diğer bölümlerinde belirtildiği gibidir.

İçindekiler

Sayı: 91 Nisan / 2021

Editörün Mesajı	1
Spinal Deformitede Ölçümler <i>Measurements of Spinal Deformities</i>	2
Spinal Deformitelerde Nöromonitörizasyon <i>Neuromonitorization in Spinal Deformities</i>	9
Adölesan İdiyopatik Skolyozda Lenke Sınıflandırması <i>The Lenke Classification for Adolescent Idiopathic Scoliosis</i>	13
Spinal Deformitelerde Sagittal Denge <i>Sagittal Balance and Spinal Deformity</i>	20
Koronal Denge <i>Coronal Balance</i>	23
Konjenital Skolyoz <i>Congenital Scoliosis</i>	29
Nöromusküler Skolyoz <i>Neuromuscular Scoliosis</i>	37
Scheuermann Kifoza <i>Scheuermann's Kyphosis</i>	43
Erişkin Spinal Deformitelere Genel Yaklaşım <i>General Approach to Adult Spinal Deformity</i>	50

Editörün mesajı

Dr. Ali DALGIÇ



Değerli Meslektaşlarımız,

Bu sayımızı omurga deformitelerine ayırdık.

Omurganın dejeneratif hastalıkları, travmatik yaralanmaları, doğumsal anomaliler, enfeksiyon ve tümörleri gibi belli başlı patolojilerine ilişkin yeterli deneyim ve birikim sahibi olmamız karşın, tüm meslektaşlarımız açısından baktığımızda omurga deformiteleri için aynı cümleyi kurmak henüz mümkün görünmüyor. Diğer yandan, deformitelerin diğer patolojilerden ayrılamayan, içiçe geçmiş bozukluklarını yıllardır tedavi ettiğimiz de bir gerçektir. Mevcut birikimimizi doğru değerlendirerek; üzerine deformiteye ilişkin bilgileri eklediğimiz zaman sağlam bir temel oluşturabileceğimiz kanaatindeyiz.

Bu sayımızda omurganın dengesi, deformiteye ilişkin ölçümler ve sınıflamalar ile değerlendirme ve tedavi prensiplerine ilişkin temel bilgileri aktardık.

Bu sayının derlenmesinde katkılarından dolayı Dr. Onur Yaman'a ve tüm yazarlarımıza teşekkür eder hepimize yararlı olmasını dilerim.

Dr. Ali DALGIÇ

Dr. Çağrı CANBOLAT¹, Dr. Onur YAMAN²

¹Memorial Hizmet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İstanbul

²Memorial Bahçelievler Hastanesi, Omurga Merkezi, İstanbul

Derleme / Review

SPİNAL DEFORMİTEDE ÖLÇÜMLER

MEASUREMENTS OF SPINAL DEFORMITIES

ÖZ

Spinal deformite cerrahisinde cerrahi sonucu ve klinik başarıyı etkileyen temel faktörlerden en önemlisi cerrahi öncesi planlamadır. Klinik kayıtlama ve radyolojik değerlendirmeler hastalarda karar vermeyi ve en önemlisi cerrahi süreci yönetmeyi sağlar. Ameliyat öncesi yapılacak değerlendirmelerin temelinde radyolojik ölçümler yer almaktadır. Mevcut deformiteyi tanımlama, sorunu ve çözümü tespit etme, sonucun değerlendirilmesi aşamalarının hepsinde ölçümler kullanılmaktadır. Bu derlemede temel kavramların ne olduğu ve ölçümlerin nasıl yapılacağı radyolojik görüntüler ve illüstrasyonlar üzerinde anlatılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Ölçüm, Spinal deformite, Denge

ABSTRACT

The most important factor affecting the surgical outcome and clinical success in spinal deformity surgery is preoperative planning. Clinical recording and radiological evaluations enable decision-making and, most importantly, managing the surgical process. Radiological measurements are the basis of preoperative evaluations. Measurements are used in all stages of defining the existing deformity, identifying the problem and solution, and evaluating the result. In this review, basic concepts and how to make measurements are explained on radiological images and illustrations.

Keywords: Measurement, Spinal deformity, Balance

Deformite kelimesi etimolojik olarak “de” yani geri alma, geri çevirme, bozulma ile “formare” yani şekil, biçim, biçimlendirme anlamlarına gelen iki kelimenin birleşimiyle oluşmaktadır. Bir yapının olması gerektiğinden farklı olması durumunda kullanılabilir. Spinal deformite terimi ise omurganın çeşitli nedenlerle fizyolojik eğimindeki bozulmalarda kullanılmaktadır.

Spinal deformitelerin anlaşılması deformitenin düzeltilmesindeki en önemli aşamadır. Görüntüleme teknolojisinin gelişmesi ve bilgisayar yazılımlarının gün geçtikçe güncellenerek daha verimli hâle gelmesiyle spinal deformite ölçümleri ve hesaplamalar daha pratik ve kolay hâle gelmiştir. Radyolojik ölçümler kadar postür ölçümleri de hem kozmetik hem de fonksiyonel problemler açısından önemlidir.

Ölçümler durdurulmuş zamanın üzerinden yapılmaktadır ve bu şekilde yapılan ölçümler statik dengeyi yansıtmakla birlikte geleceğin dinamik dengenin anlaşılması ve yorumlanması üzerine kurulacağına inanıyoruz. Statik ölçümler hastanın sabit bir pozisyonda fotoğraflanması ve röntgen görüntüleri üzerinde yapılmaktadır. Doğru ölçüm için doğru pozisyonlarda uygun görüntülerin elde edilmesi gerekmektedir. Görüntülerin uygun olmaması ölçümlerin de uygun olmayacağı anlamına gelmektedir.

Fotoğraf görüntüleri farklı zamanlardaki değerlendirmeleri karşılaştırmak için mevcut andaki görünümü kayıtlamak için gereklidir. Fotoğraflama tekniklerinde dik pozisyonda arka, yakın mesafeden öne eğik sırt, dik pozisyonda sağ-sol, yakın mesafeden öne eğik sağ ve sol taraf fotoğrafları çekilir. Hastanın dik görüntülerde olabildiğince dik durması,

eğilme görüntülerinde olabildiğince eğilmesi gerekir. Arka fon açık renkte ve mümkünse ölçüm işaretlemeleri olan bir şekilde olmalıdır. Tıbbi verilerin kayıtlanmasında hastaların kimliği ve mahremiyeti açısından gerekli özen gösterilmelidir. Yüz kısmının klinikte öneminin olmaması nedeniyle çekim sırasında ya da sonrasında kapatılarak gizlenmesi gerekmektedir. Öne eğilme fotoğrafında torakal kabarıklığın ölçülmesinde skolyometre gibi ölçüm araçları kullanılabilir.

Günümüz pratiğin çok büyük kısmını oluşturan ölçümlerde skolyoz grafisi en temel değerlendirme aracıdır. Standart bir skolyoz grafisinde kraniyoservikal bileşkedeki femur başlarına kadar tüm omurgayı net gösterecek şekilde, uygun mesafeden, uygun dozda ve hasta sağlığını koruyucu önlemler alınarak çekimler gerçekleştirilmelidir. Günümüzde farklı teknolojilerle verteksten ayak tabanına kadar, daha az X-ray ışınına maruz bırakarak kaliteyi artırıcı ve hastayı koruyucu şekilde görüntüler oluşturan sistemler geliştirilmiştir.

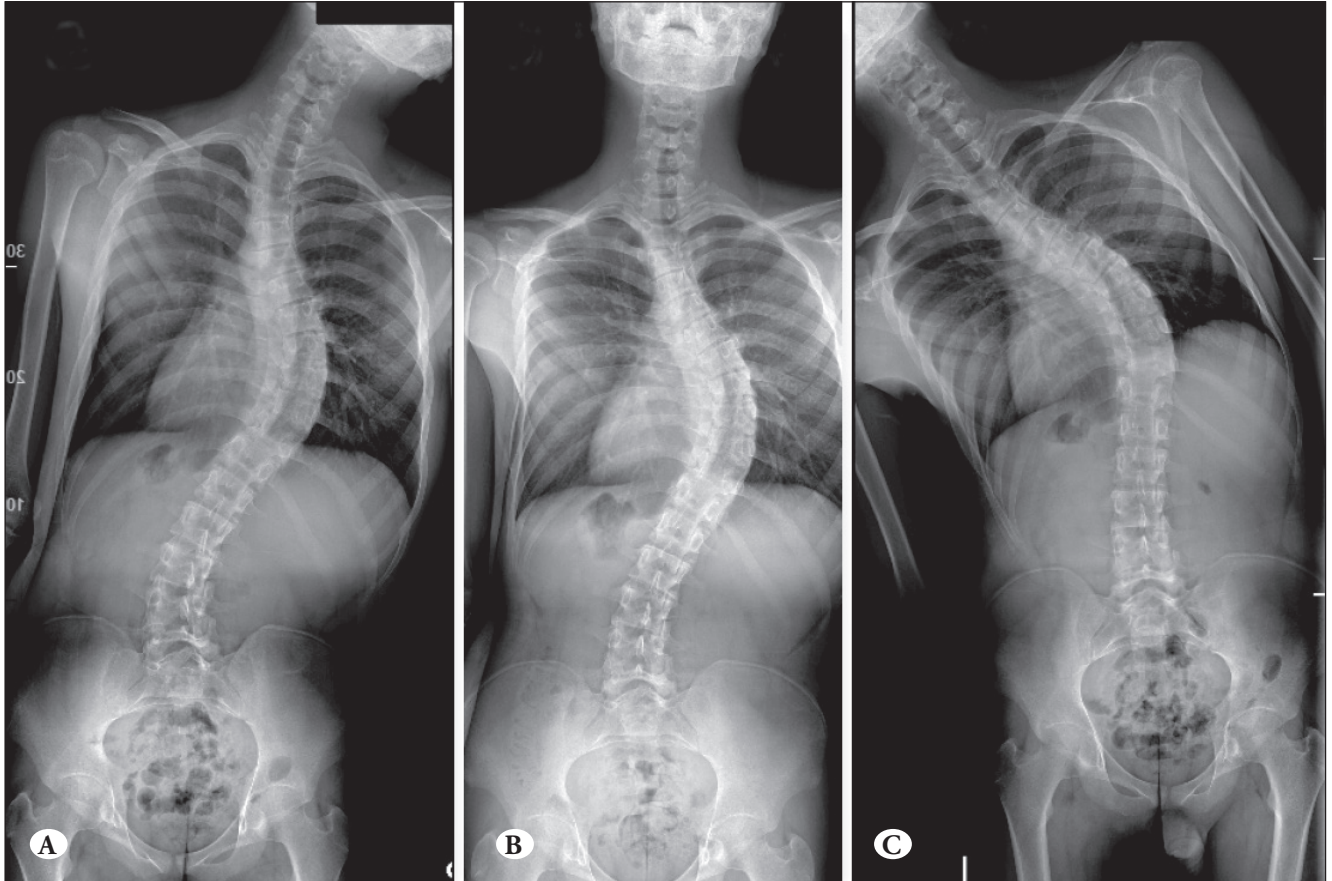
Direkt grafide elde edilen çekim tekniği uygun görüntülerde ölçümler yapılırken çeşitli ücretli ve ücretsiz yazılımlar-

dan faydalanılarak ölçüm süreleri ve doğrulukları yüksek ölçümler yapılabilmektedir. İki yönlü skolyoz grafisinde temelde P-A, her iki yana eğilme ve lateral pozisyonda çekilen grafiler (Şekil 1, 2) üzerinden yapılan ölçümlerle tanımlama yapılırken gerektiğinde push-prone, yatarak A-P, fulcrum grafisi, traksiyon A-P, hiper ekstansiyon ve hiper fleksiyon ek grafileri ile cerrahi planlama yapılmaktadır.

Ölçümleri yapabilmek için öncelikle bazı kavramların bilinmesi gerekir. Vertebralardaki açı ölçümü Cobb tekniği ile yapılmaktadır. Ölçüm yapılacak seviyelerdeki vertebralardan üsttekinin korpusunun üst sınır çizgisi ile alttakinin alt sınır çizgisi arasındaki açının ölçülmesiyle yapılır (Şekil 3).

Temel Kavramlar:

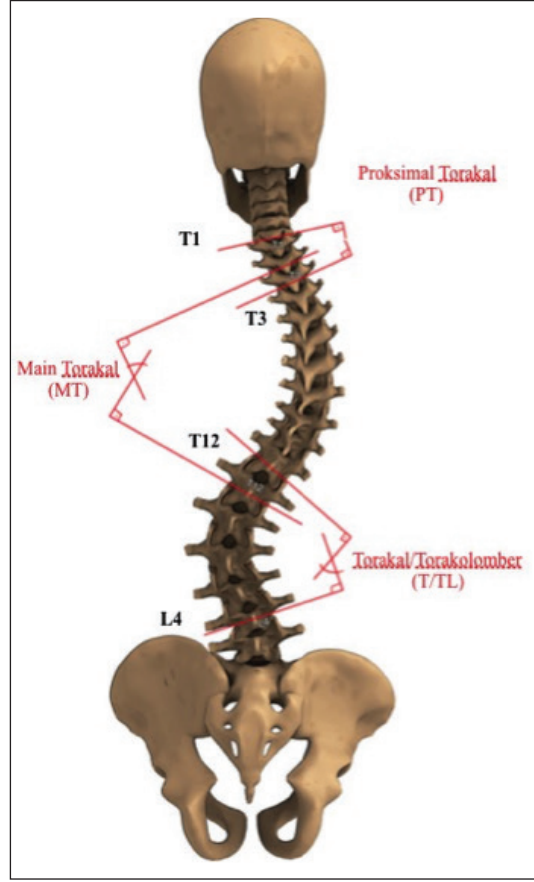
Apikal vertebra: C7PL ve SSDÇ'nin kesiştiği olgularda eğriliğin apeksindeki vertebrayı yani bu hatta en uzak vertebrayı tarif eder. Eğer koronal imbalans varlığında apikal vertebra torakal eğriliklerde C7PL'den, torakolomber veya lomber eğriliklerde ise SSDÇ'den baz alınarak isimlendirilir (Şekil 4).



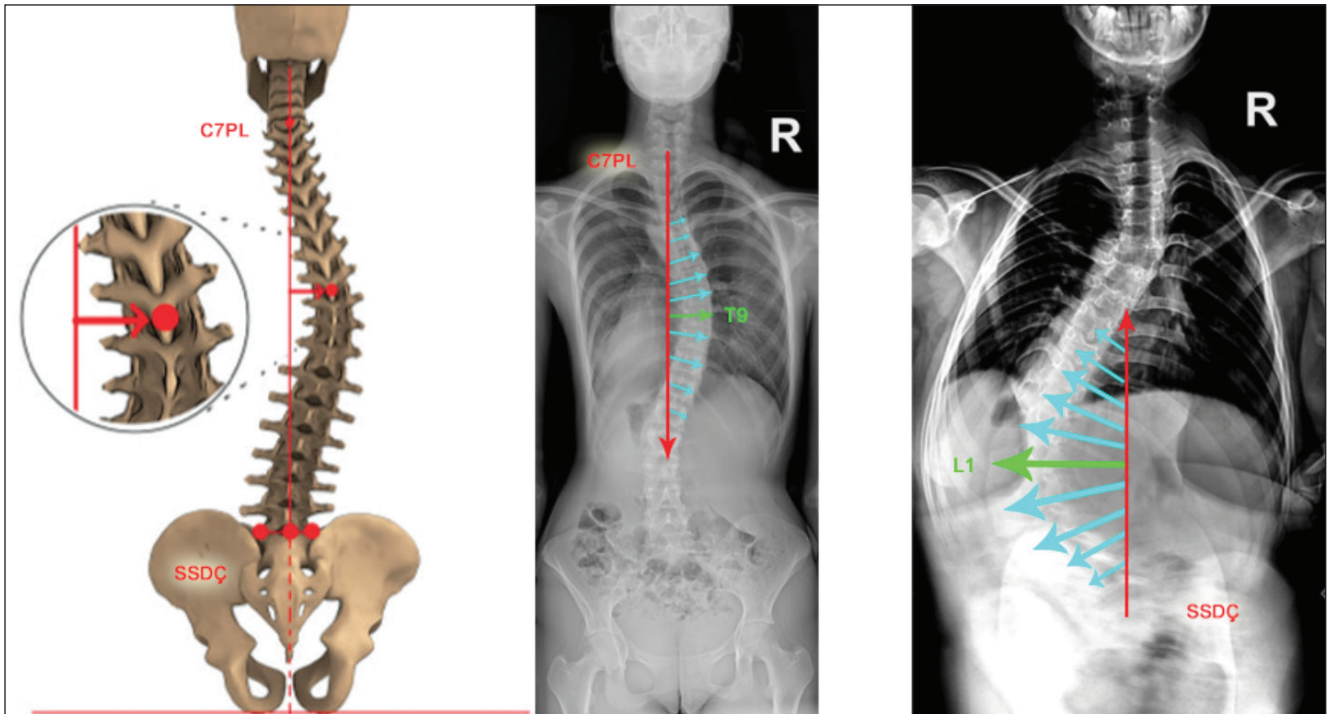
Şekil 1: Ayakta A-P grafiler. A) Sağa eğilme. B) Nötr. C) Sola eğilme.



Şekil 2: Ayakta lateral grafi.



Şekil 3: Cobb açısı ölçüm örnekleri.



Şekil 4: Apikal vertebra.

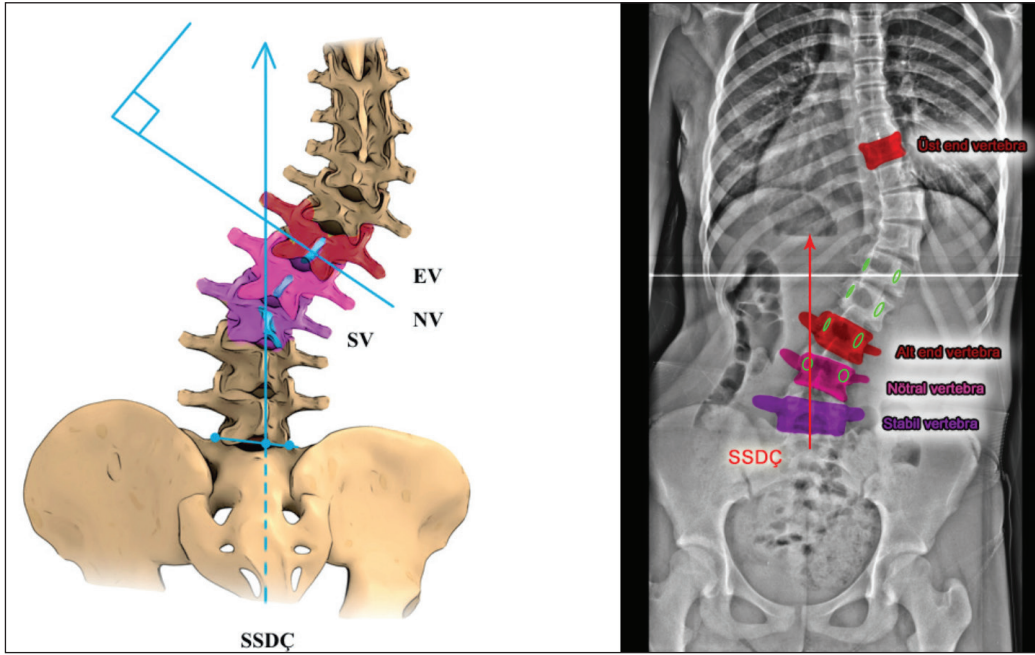
End Vertebra: Bir eğriliğin sefal ve kaudal uçlarındaki en eğimli vertebralardır (Şekil 5).

Nötral vertebra: Pedikülleri vertebral cismin radyografik silueti içinde simetrik olarak yer alan ana eğrinin tepe noktasının altında yer alan en kranialdeki vertebradır (Şekil 5).

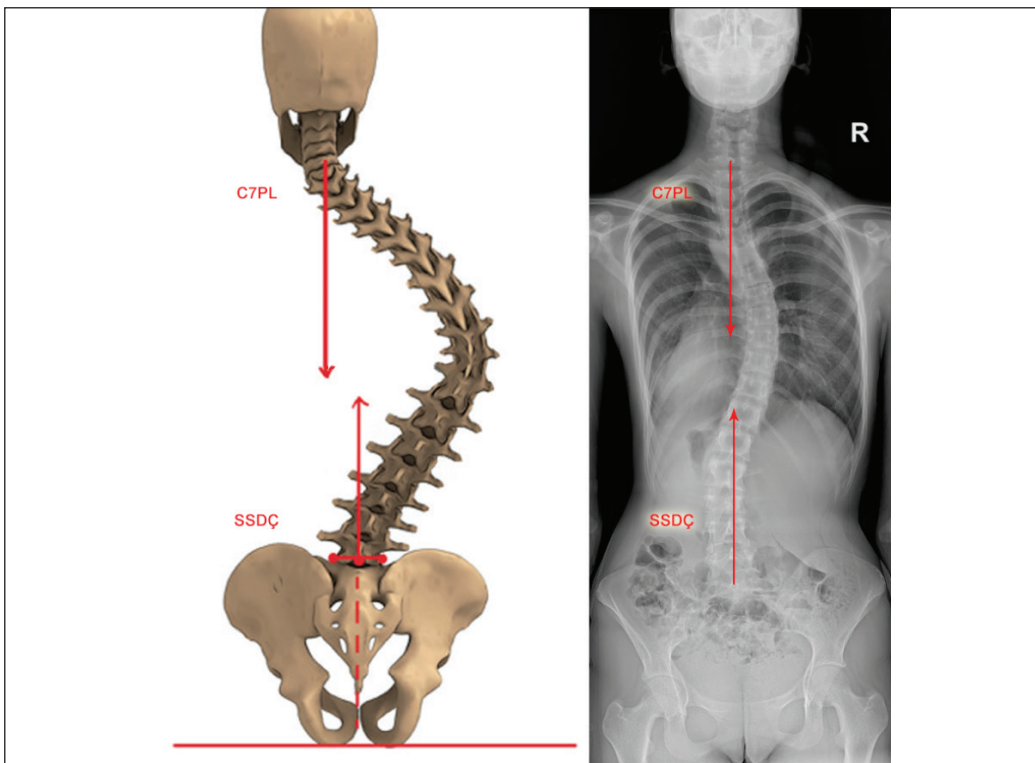
Stabil vertebra: SSDÇ tarafından en yakın bölünen ana eğriliğin hemen altındaki end vertebradır (Şekil 5).

Temel ölçümler:

C7 plumb line / Çekül hattı (C7PL): C7 korpus orta noktasından yere dik çizilen düşey çizgi (Şekil 6).



Şekil 5: Üst ve alt end vertebralara, Nötral vertebra, Stabil vertebra.



Şekil 6: C7 plumb line / Çekül hattı (C7PL) ve Santral sakral dikey çizgi (SSDÇ).

Santral sakral dikey çizgi (SSDÇ): S1 korpus orta noktasından yere dik çizilen dikey çizgi (Şekil 6).

Servikal lordoz / Torakal kifoz / Lomber lordoz: Servikal lordoz C2 alt uç plak ile C7 alt uç plak arasındaki Cobb açısı değeridir. Torakal kifoz T2 üst uç plak ile T12 alt uç plak arasındaki Cobb açısı değeridir. Lomber lordoz L1 üst uç plak ile S1 üst uç plak arasındaki Cobb açısı değeridir (Şekil 7).

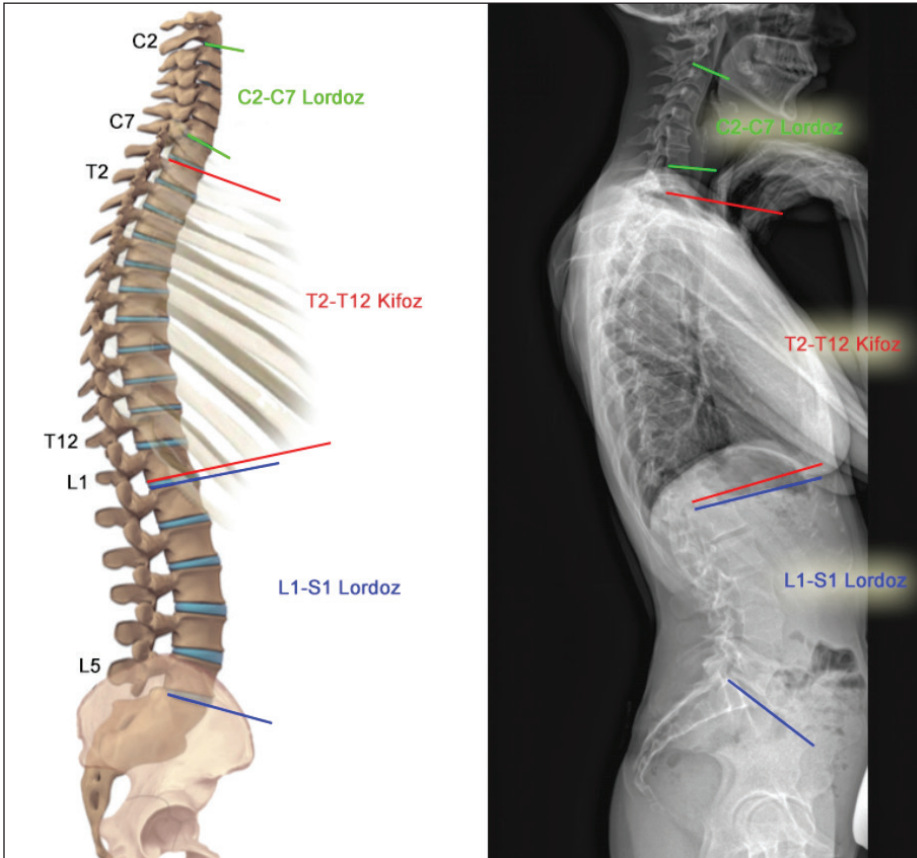
Sagittal vertikal aks (SVA): Sagittal planda C7 vertebra korpus orta noktasından yere dik çizilen düşey çizginin S1 vertebra korpus üst uç plağının posterior noktasına olan en kısa uzaklık olarak tanımlanabilir. Düşey çizgi bu noktanın anteriorunda olması durumunda artı (+), posteriorunda kalması durumunda eksi (-) değerle ifade edilir (Şekil 8).

Spinopelvik parametreler: Sakral slop (SS), pelvik tilt (PT) ve pelvik insidans (Pİ) en sık kullanılan spinopelvik parametrelerdir. Sakrum tüm hareketli vertebral kolunu üzerinde taşıması nedeniyle bu değerler vertebral kolunun dizilimini de önemli ölçüde etkiler. SS S1 vertebraının üst uç plağının yere paralel çizilen hayali çizgiyle arasındaki açıdır. PT femur başlarının orta noktalarını birleştiren hayali çizginin ortasından S1 vertebraının üst uç plağının

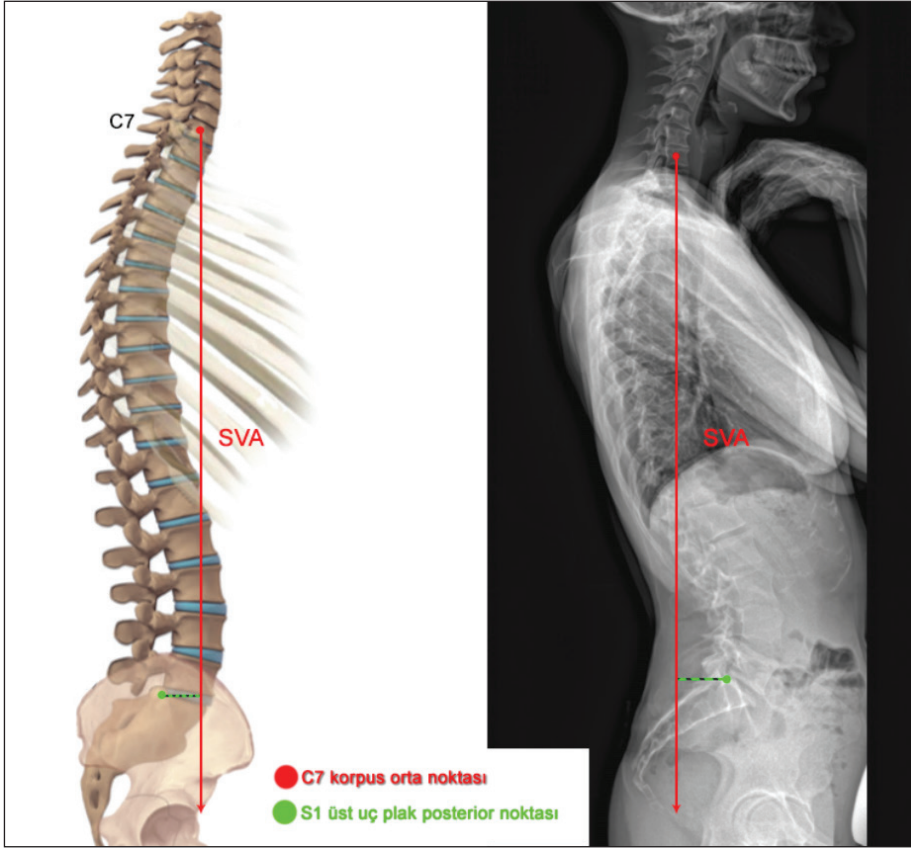
orta noktasına çizilen çizgi ile yere dik çizilen hayali çizgi arasındaki açıdır. Pİ ise femur başlarının orta noktalarını birleştiren hayali çizginin ortasından S1 vertebraının üst uç plağının orta noktasına çizilen çizgi ile S1 üst uç plağına dik çizilen hayali çizgi arasındaki açıdır (Şekil 9). $Pİ = PT + SS$ denklemi değişmezdir. PT ve SS pozisyonel olarak değişmekle birlikte toplamları Pİ değerini gösterir (Şekil 10).

Klavikula açısı: Klavikuların en üst noktalarından teğet geçen hayali çizgi ile yere paralel çizilen hayali çizgi arasındaki açıdır. Sol omuz yukarıda ise negatif sağ omuz yukarıda ise pozitif değerde gösterilir (Şekil 11).

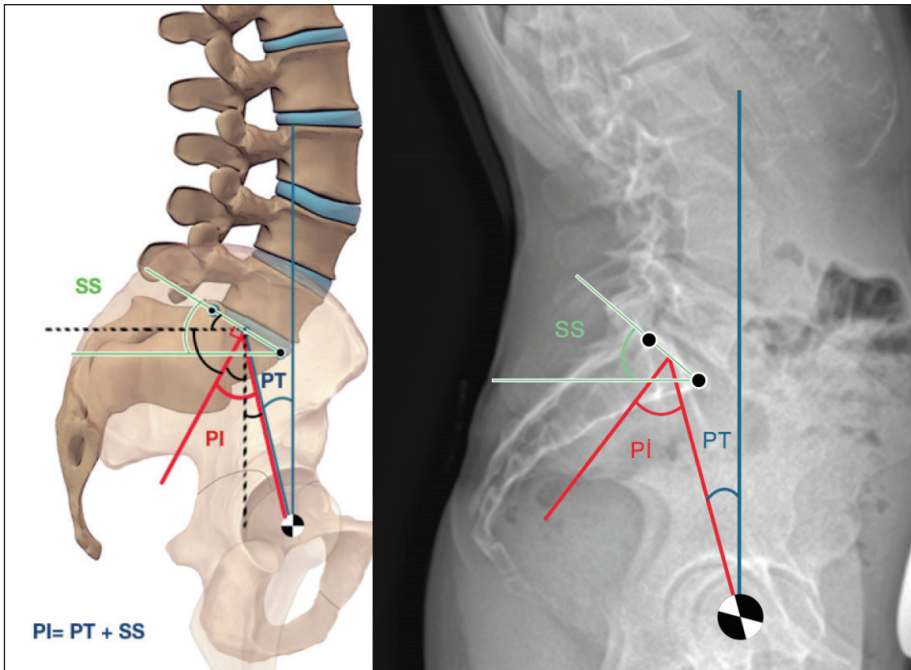
Pelvik oblisite ve bacak kısalığı: Pelvik oblisiteyi değerlendirirken aşağı seviyede kalan iliak kanatın en üst uç noktasından yere paralel çizilen çizgi ile S1 alanın sulkuslarını birleştiren çizgi arasındaki açı ölçülür. Eğer S1 ala sulkusu görüşmüyorsa iliak kanatları birleştiren çizgi referans alınabilir. Sol aşağıdaysa eksi (-), sağ aşağıdaysa artı (+) olarak ifade edilir. Bacak kısalığı ölçümünde de Femur başı en üst noktaları ya da asetabulum çukurunu en üst noktaları arasındaki yatay düzlemdeki mesafe ölçülür. Sol kalça aşağıdaysa eksi (-), sağ kalça aşağıdaysa artı (+) olarak ifade edilir (Resim 12).



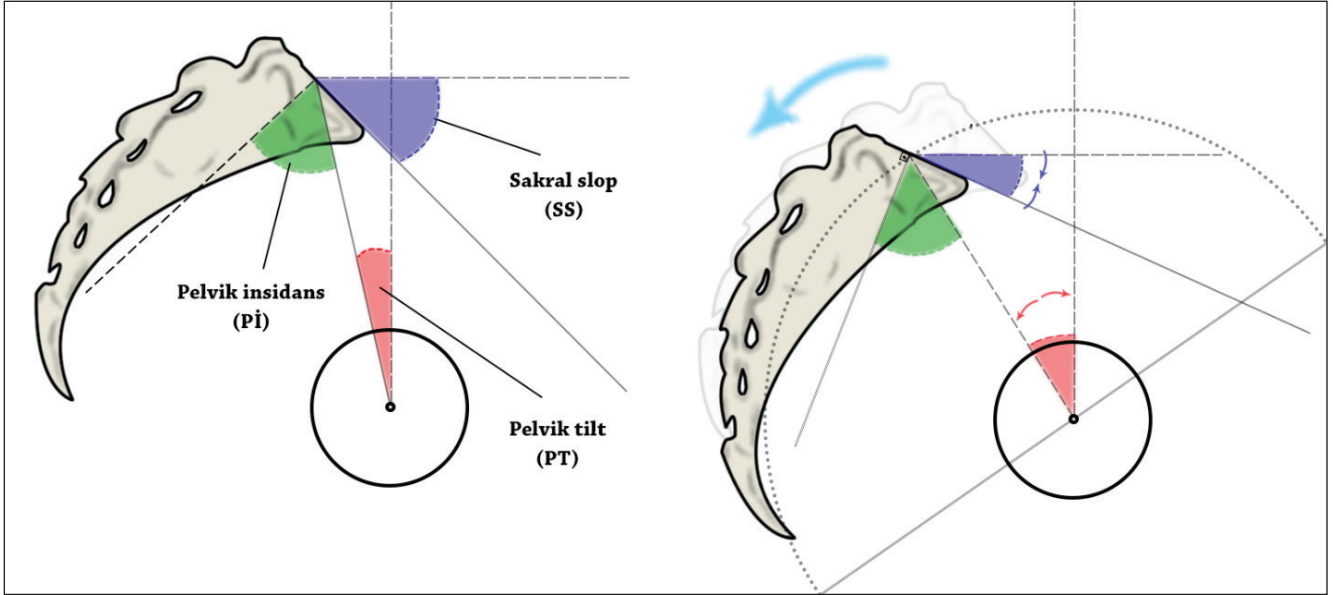
Şekil 7: Servikal lordoz, Torakal kifoz ve Lomber lordoz ölçümleri.



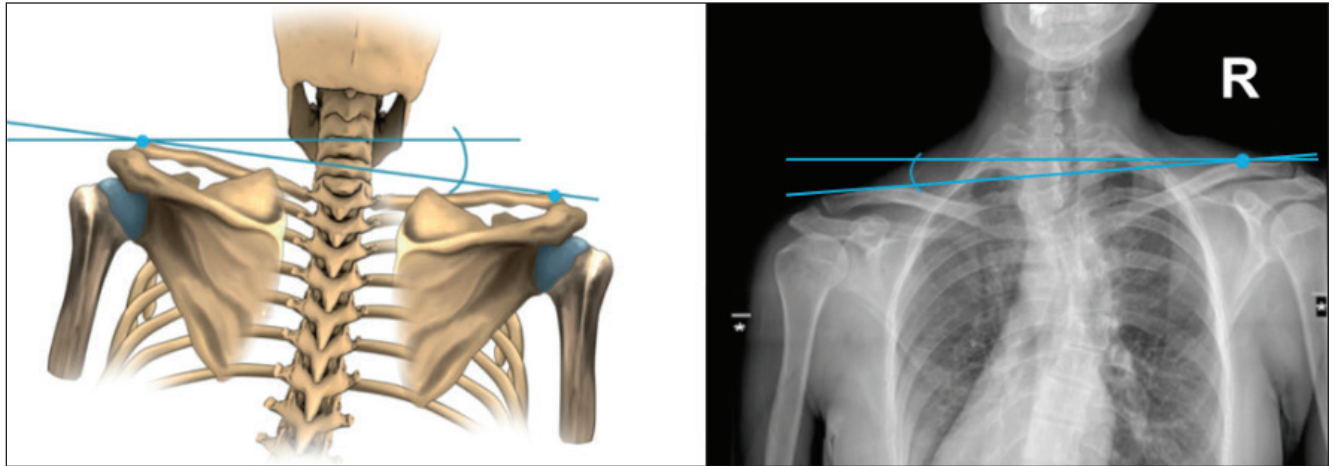
Şekil 8: Sagittal vertikal aks ölçümü.



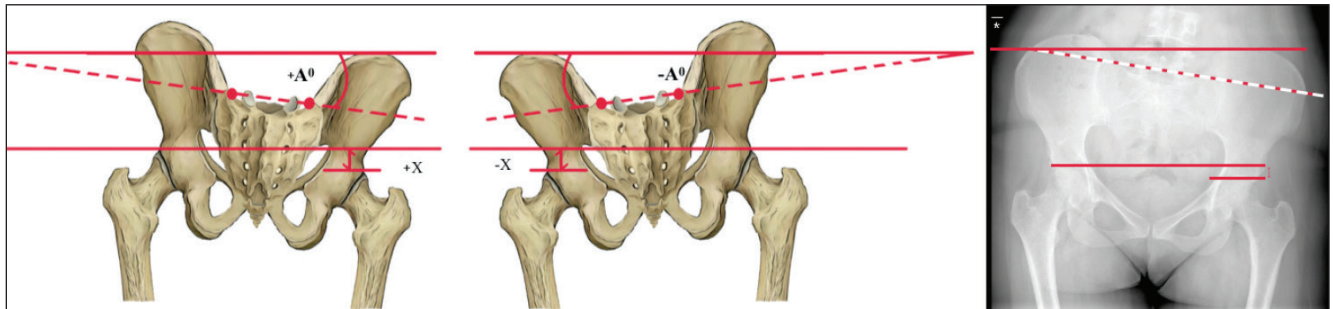
Şekil 9: Spinopelvik parametreler (SS, PT, PI).



Şekil 10: Pelvis restroversiyonunda SS açısı azalırken PT de aynı derecede artış gösterir. $Pİ=PT+SS$



Şekil 11: Klavikula açısı.



Şekil 12: Pelvik oblisite ve bacak kısalığı için referans çizgiler. (Sağ yukarıda ise eksi, sol yukarıda ise artı şeklinde değerlendirilir).

KAYNAK

O'Brien MF, Kuklo TR, Blanke KM, Lenke LG. Spinal Deformitelerde Radyografik Ölçümler. Çeviri Editörü Yaman O. Buluş 2018, Ankara

Derleme / Review

SPİNAL DEFORMİTELERDE NÖROMONİTÖRİZASYON NEUROMONITORIZATION IN SPINAL DEFORMITIES

ÖZ

Spinal cerrahide teknik ve enstrümanların gelişmesinin sonucunda spinal cerrahlar gittikçe komplike deformite olgularını düzeltme başlamışlardır; doğal olarak bu da deformite cerrahisinde spinal kord hasarı ve buna bağlı nörolojik defisit gelişme riskini artırmıştır. Bu oluşabilecek komplikasyonları azaltmak için günümüz teknolojinin son imkânlarından faydalanılarak intraoperatif nöromonitörizasyon kullanımı son iki dekaddır artmıştır. Somatosensoryel Uyarılmış Potansiyeller (SEP), Motor Uyarılmış Potansiyeller (MEP), İntraoperatif Elektromyografi (EMG) teknikleri iyatrojenik nöral yaralanma riskini azaltarak cerrahi sonuçları iyileştirmiştir. Spinal deformite cerrahisinde Multimodal Somatosensoryel Uyarılmış Potansiyeller (SEP)+ Motor Uyarılmış Potansiyeller (MEP) kombine kullanımının sensivite ve spesifitesinin en yüksek orana sahip olduğu bildirilmiştir.

Anhtar Sözcükler: Nöromonitörizasyon, Spinal deformite, Somatosensoryel uyarılmış potansiyel, Motor uyarılmış potansiyel

ABSTRACT

With the developments in techniques and instruments in spinal surgery, spinal surgeons have increasingly begun to correct the complicated deformity cases. As a result, the number of spinal cord damage and associated neurological deficiency in deformity surgeries has increased. In order to reduce these complications, the use of intraoperative neuromonitoring has gained popularity in the last two decades, using the latest technology of today, Somatosensory Evoked Potential (SEP), Motor Evoked Potential (MEP), Intraoperative Electromyography (EMG) techniques improved surgical outcomes by reducing the risk of iatrogenic neural injury. It has been reported that the combined use of multimodal neuromonitoring SEP+MEP has the highest sensitivity and specificity in spinal deformity surgeries.

Keywords: Neuromonitoring, Spine deformity, Somatosensory evoked potential, Motor evoked potential

GİRİŞ

Geçtiğimiz son 20 yılda spinal deformitelerin yönetimi önemli bir şekilde değişti. Başta pedikül vidaları olmak üzere çeşitli enstrümanların kullanımının ortaya çıkması ve yaygınlaşmasına ek olarak osteotomi tekniklerinin gelişmesi daha agresif deformitelerin düzeltilmesine izin vermiştir. Ne yazık ki deformite cerrahisinde buna bağlı olarak nörolojik komplikasyonlar da artmış; bu komplikasyonlar agresif düzeltmelere, aşırı kan kaybına, revizyon cerrahisine ve aşamalı prosedürlere bağlanmıştır (3,15).

Buradaki ana nedenler enstrümanların spinal kanal veya foramene yerleştirilmesi, korreksiyon manevraları sırasında oluşabilecek nöral hasarlanma, deformitenin düzeltilmesi için kompresyon-distraksiyon manevraları ve vertebranın rotasyonu için yapılan rotasyon manevralarıdır. Komplike komplikasyonlar minör bir duyuşsal kayıptan paraplejiye, mesane ve barsak fonksiyon kaybına kadar geniş bir aralıkta oluşabilir. Deformite cerrahisinde komplikasyon oranı Scoliosis Research Society (SRS)'e göre %1-1,8 olarak bildirilmesine rağmen son yıllarda yayınlanan makalelerde %17,8'lere

kadar çıkmıştır (5,10,20). Bu komplikasyonları önlemek için Vazuella ve Stagnara 1973 yılında uyandırma tekniğini tanımlamış; bu teknikte hasta ameliyat sırasında uyandırılıp spinal kord hasarı hakkında bilgi edinilmesi sağlanmıştır (21). Ancak nörolojik defisit cerrahinin hangi evresinde ortaya çıktığını göstermemesi, cerrahi sırasında hastanın yeniden uyutulması, entübasyon tüpünün çıkma riski, hava embolisi, hasta ile kooperasyon kurulamama ihtimali ve bu esnada anesteziye bağlı problemlerin ortaya çıkma ihtimali spinal cerrahları başka bir yöntem aramaya itmiştir.

Spinal cerrahide oluşabilecek komplikasyonları önlemek için intraoperatif nöromonitorizasyon (IONM)'u ilk olarak 1970'lerde Nash ve ark'ı 34 skolyoz hastasında somatosensoryel uyarılmış potansiyeller (SEP)'in kaydedilmesiyle kullanmışlardır (14). Deformite cerrahisinde esasında spinal kordun nöromonitorizasyonundaki temel amaç; spinal kordun işlevsel bozukluğunun en erken evrede ve tam hasar oluşmadan tespit edilmesi ve kalıcı hasar oluşmasını önlemektir (18). Bununla birlikte nörolojik hasarın büyüklüğü hakkında cerraha fikir vererek cerrahi planlamayı yapmasını sağlamaktır (4). SRS'in 2009 yılındaki bildirisinde, intraoperatif nöromonitorizasyonun bir inceleme olarak değil ameliyatın bir parçası olarak düşünülmesi gerektiği vurgulanmıştır (19).

SOMATOSENSORYEL UYARILMIŞ POTANSİYELLER (SEP)

SEP öncelikle periferik sinirleri elektriksel olarak uyararak ve deformite cerrahisi sırasında korteks ve subkorteks üzerindeki potansiyeli kaydederek dorsal kolonların bütünlüğünü izler. Periferik sinirlerden gelen tekrarlanan küçük amplitüdü sinyalleri ölçüp analiz ederek ve verilerin ortalamasını tek bir sinyale alarak, ölçülebilir bir amplitüd ve gecikme gösterimi sağlar. Tipik olarak ulnar sinir, üst ekstremitede için bir referans olarak kullanılır. Alt ekstremitede için posterior tibial sinir kullanılır. Uyarı, dorsal sinir kökleri boyunca, dorsal kolon omurilik yollarına ve bunların kaydedildiği somatosensoryel kortekse taşınır. Kortikal kayıt belirlenmiş noktalardan cilt altına yerleştirilen iğne ile tespit edilir. Amplitüdde önemli bir azalma ve/veya gecikmede önemli bir artış, hastanın nörolojik durumundaki potansiyel değişiklikler ile ilişkilidir. Uyarana karşı elde edilen yanıtın amplitüdünde meydana gelen %50'den fazla düşme spinal kord hasarı için anlamlıdır. SEP ile periferik sinirden başlayarak kordun dorsal ve lateral kısımlarında yol alan duyu yolları izlenebilmektedir. Spinal kord duysal yollarındaki hasarı tespit etmede yüksek bir özgüllüğe sahip olan SEP'in bazı limitasyonları mevcuttur. Uyarıların ortalaması alındığı için gerçek zamanlı olarak

yanıt gerçekleşmez bu da değişikliklerin tanımlanmasını geciktirir. Mekanik hasar, vasküler yaralanma, ya da hipotansif anestezi gibi motor fonksiyonlarda etkilenmeye neden olan ancak duysal yapılarda herhangi bir değişiklik oluşturmayan durumlarda yanlış negatif sonuç verebilir. Ayrıca motor işlevsellik değerlendirilememektedir. Motor nöronların yer aldığı ve kortikospinal traktusun rotası olan spinal kordun ön 2/3'ünde meydana gelen hasarlarda SEP'te yanıt da değişiklik gözlenmeyebilir. Birçok faktör SEP'in amplitüd ve latansını etkileyebilir. Son olarak SEP'in spinal köklerin çok düzeyli innervasyonu nedeniyle izole edilmiş kök yaralanmalarını tanımlamada sınırlı etkinliği mevcuttur. SEP intraoperatif nöromonitorizasyon için çok önemli bir bileşendir; ancak Motor uyarılmış potansiyeller (MEP) ve Elektromyografi (EMG) ile birlikte kullanıldığında en etkilidir (12).

MOTOR UYARILMIŞ POTANSİYELLER (MEP)

Yapılan SEP çalışmalarının ortaya çıkacak motor hasarı tam göstermemesi spinal cerrahları yeni arayışlara itmiştir. Bu amaçla cerrahi sırasında transkraniyal elektrik stimülasyonu ile MEP değerlerinin tespit edilmesinin yararlı olacağı kanısına varılmıştır. Bu yöntemde skalpe yerleştirilen bir elektrod aracılığıyla kortikal yolla verilen uyarının üst ekstremitede birinci dorsal interosseous kaslar, abductor policis brevis ve/veya abdükör digiti-minimi, alt ekstremitede ise tibialis anterior, abductor hallucis ve gastrocnemius kaslarından kayıt edilmesi usulüne dayanır. Motor uyarılmış potansiyeller (MEP) spinal kordun ventral kısmında yer alan motor yollar hakkında bilgi verir. Motor yollarındaki hasarın tespitinde MEP kullanılması altın standarttır (2,6). SEP dorsal kolon hasarının tespitinde duyarlıdır. MEP ventral kolonu ilgilendiren izole kortikospinal yolak hasarlarını ve iskemilerini tespit etmektedir. Hızlı geri bildirim yapması cerrahi sırasında büyük ölçüde kolaylık sağlamaktadır. Özellikle servikal ve torakal girişimlerde kullanımı yaygındır. Motor fonksiyon kayıplarının tespitinde MEP ve SEP arasında 5-16 dakika arasında değişen bir zamanlama farkı vardır (2).

Ventral ve dorsal kolonun kanlanması tamamen farklıdır. Ventral kolonun beslenmesinin tek olması yaralanma riskini artırmaktadır. Hyun ve ark. kombine SEP ve MEP ile izlenen 100 ardışık operasyonda; operasyon sırasında oluşan sistemik hipotansiyon ile spinal kord yaralanması arasında korelasyon bulduklarını bildirmişlerdir (7). Modi ve ark. MEP'in iskemiye bağlı ortaya çıkan nörolojik hasarı tespit etmede (özellikle dorsal kolonda olan kanamalarda) yetersiz kalması nedeni ile yanlış negatif sonuçlar verdiğiğini bildirmişlerdir (8).

MULTİMODAL NÖROMONİTÖRİZASYON (MEP+SEP)

İntraoperatif nöromonitörizasyon hem ventral hem de dorsal kolonun fonksiyonlarının aynı anda kayıt edilmesi ortaya çıkan hasarın tespit edebilme şansını artıracaktır. SRS'in 2009 yılındaki bildirisinde nöromonitörizasyonun olası spinal kord hasarının erken tanı konulmasında ve alınan erken kayıtlarla gelişebilecek komplikasyonların önlenmesinde etkinliğinden söz edilmiştir (19). Pastorelli ve ark. iki gruba ayırarak yaptıkları deformite cerrahisi olgularında; sadece SEP kullanılan olgularda hasar tespitinde sensitivitenin %67-spesifitenin %90 olduğunu belirtirken, SEP+MEP kombine kullanılan sensitivitenin %100-spesifitenin %98'e çıktığını bildirmişlerdir(16). Kundnani ve ark. adölesan idiyoPATİK skolyoz nedeniyle opere edilen 354 hastalık serilerinde MEP'in motor hasarı tespit etmede SEP'ten daha üstün olduğunu ve multimodal SEP+MEP kombine kullanımının standart olması gerektiğini bildirmişlerdir (11). Pelosi ve ark. 79'u spinal deformite olmak üzere 97 hastalık serilerinde kombine MEP+SEP kullanımının daha güvenli ve daha sensitive olduğunu belirtmişlerdir (17).

İNTRAOPERATİF ELEKTROMYELOGRAFI (EMG)

Spontan Elektromyografi (sEMG):

Spontan elektromyografi kasların spontan elektriksel aktivitesini tespit eder. Periferik motor sinirlerin uyarımı ile ipsilateral kastan alınan elektriksel aktivitedir. EMG değişiklikleri innerve olan siniri indirekt olarak gösterir. Gözlemlemek amacıyla multipl EMG iğnesi yerleştirilir. Alçak sesli yükselticilerle devamlı EMG kaydı monitörlenir ve gereğinde seslendirilir. Dolayısıyla kasın elektriksel aktivitesinde herhangi bir değişiklik görülebilir ve duyulabilir. Diğer yöntemlerin aksine, spontan elektromyografi sinir kökü işlevi hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayabilir. Nöromusküler blokaj kontraendikedir. Anesteziden etkilenmez. Koter ve yüksek hızlı drill gibi cihazlardan etkilenir (13).

Uyarılmış Elektromyografi (tEMG):

İlk olarak Calancie ve ark. tarafından bir hayvan modelinde tanımlanan bu yöntem; operasyon esnasında bir periferik sinir veya sinir kökünün steril problemlerle uyarılmasıdır. Spinal cerrahilerde pediküle gönderilen vidanın pedikülün medial ve inferior kısmını kırıp kırmadığını kontrol etmek için kullanılır. Burada dikkat edilmesi gereken; kas gevşetici ajanlar kullanılması, verilen uyarının çevre dokulara yayılmaması ve daha önceden oluşan sinir hasarı; bu üç faktör yanlış negatif sonuç verilmesine sebep olabilir (1).

UYGUN ANESTEZİ

Preoperatif değerlendirmede hipertansiyon ve diyabetin nöromonitörizasyonu etkilediği unutulmamalıdır. Anestezide total intravenöz anestezinin geliştirilmesiyle birlikte inhaler anestezinin yerini alması giderek kas gevşeticilere ihtiyacın azalmasına bunun sonucu olarak operasyon sırasında motor işlevleri izlenebilir kılmaya imkân sağlamıştır. Seçilen anestezi tipi elektrofizyolojik sonuçları etkileyebilir. Özellikle inhalasyon anestetikleri SEP ve MEP'in uyarılma eşiklerini yükselterek, dalga amplitüdlerini düşürerek, latansıda uzatarak etkileyebilir. Bu nedenle deformite cerrahisi sırasında en uygun anestezi tipi total intravenöz anestezidir. İndüksiyon ve entübasyon sonrasında hastaya hiçbir şekilde inhalasyon anestezisi verilmemelidir. Cerrahi sonlanıncaya kadar hastaya kas gevşetici uygulanmamalıdır (9,12).

SONUÇ

Omurga ve omurilik cerrahisinde nöromonitörizasyonun önemi giderek artmaktadır. Her bir modalitenin avantaj ve dezavantajlarını bilmemiz spinal cerrahilerde nöromonitörizasyonun tanısai değerini artırmamıza yardımcı olur. Multimodal kullanımın tekli monitörlmeye üstün olduğu aşikardır ve günümüzde deformite cerrahisinde çok değerlidir. Bu teknolojiye daha iyi faydalanarak nöral hasarı engellemek cerrah, anestezi ve nörofizyoloğun multidisipliner çalışması ile mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Aydınlar E: İntraoperatif omurilik monitörlenmesi. İçinde: Zileli M, Özer F(ed), Omurga ve Omurilik Cerrahisi. Üçüncü Baskı, Cilt 1, İzmir: İntertıp Yayınevi, 2014:413-419
2. Bhagat S, Durst A, Grover H, Blake J, Lutchman L, Rai AS, Crawford R: An evaluation of multimodal spinal cord monitoring in scoliosis surgery: A single centre experience of 354 operations. Eur Spine J 24(7):1399-1407, 2015
3. Deletis V, Sala F: Intraoperative neurophysiological monitoring of the spinal cord during spinal cord and spine surgery: A review focus on the corticospinal tracts. Clin Neurophysiol 119(2):248-264, 2008
4. Diab M, Smith AR, Kuklo TR, Spinal Deformity Study Group: Neural complications in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976) 32(24):2759-2763, 2007
5. Glassman SD, Hamill CL, Bridwell KH, Schwab FJ, Dimar JR, Lowe TG: The impact of perioperative complications on clinical outcome in adult deformity surgery. Spine (Phila Pa 1976) 32(24):2764-2770, 2007

6. Greenberg M: Electrodiagnostics. In: Greenberg M (ed), *Handbook of Neurosurgery*. 6th ed, New York: Thieme Publishers, 2006:145-148
7. Hyun SJ, Rhim SC, Kang JK, Hong SH, Park BR: Combined motor- and somatosensory-evoked potential monitoring for spine and spinal cord surgery: Correlation of clinical and neurophysiological data in 85 consecutive procedures. *Spinal Cord* 47(8):616-622, 2009
8. Modi HN, Suh SW, Yang JH, Yoon JY: False-negative transcranial motor-evoked potentials during scoliosis surgery causing paralysis: A case report with literature review. *Spine (Phila Pa 1976)* 34(24):E896-900, 2009
9. Karaoglu DG, Calis F: Intraoperative neuromonitoring in neurological surgery; development, place and results. *Türk Nöroşir Derg* 28(3):298-302, 2018
10. Kelly MP, Lenke LG, Godzik J, Pellise F, Shaffrey CI, Smith JS, Lewis SJ, Ames CP, Carreon LY, Fehlings MG, Schwab F, Shimer AL: Retrospective analysis underestimates neurological deficits in complex spinal deformity surgery: A Scolio-RISK-1 Study. *J Neurosurg Spine* 27(1):68-73, 2017
11. Kundnani VK, Zhu L, Tak H, Wong H: Multimodal intraoperative neuromonitoring in corrective surgery for adolescent idiopathic scoliosis: Evaluation of 354 consecutive cases. *Indian J Orthop* 44(1):64-72, 2010
12. Laratta JL, Ha A, Shillingford JN, Makhni MC, Lombardi JM, Thuet E, Lehman RA, Lenke LG: Neuromonitoring in spinal deformity surgery: A multimodality approach. *Global Spine J* 8(1):68-77, 2018
13. Chung I, Grigorian AA: EMG and evoked potentials in the operating room during spinal surgery. In: Schwartz M, (ed). *EMG Methods for Evaluating Muscle and Nerve Function*. InTech 2011:325-340
14. Nash CL Jr, Lorig RA, Schatzinger LA, Brown RH: Spinal cord monitoring during operative treatment of the spine. *Clin Orthop Relat Res* 126:100-105, 1977
15. Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, Kanim LE, Sherman JE: Somatosensory evoked potential spinal cord monitoring reduces neurologic deficits after scoliosis surgery: Results of a large multicenter survey. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 96(1):6-11, 1995
16. Pastorelli F, Di Silvestre M, Plasmati R, Michelucci R, Greggi T, Morigi A, Bacchin MR, Bonarelli S, Cioni A, Vommaro F, Fini N, Lolli F, Parisini P: The prevention of neural complications in the surgical treatment of scoliosis: The role of the neurophysiological intraoperative monitoring. *Eur Spine J* 20 Suppl 1:S105-114, 2011
17. Pelosi L, Lamb J, Grevitt M, Mehdian SM, Webb JK, Blumhardt LD: Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in orthopaedic spinal surgery. *Clin Neurophysiol* 113(7):1082-1091, 2002
18. Schwartz DM, Sestokas AK: A systems-based algorithmic approach to intraoperative neurophysiological monitoring during spinal surgery. *Semin Spine Surgery* 14:136-145, 2002
19. Scoliosis Research Society. Position Statement on Somatosensory Evoked Potential Monitoring of Neurological Spinal Cord Function. Scoliosis Research Society, 1992
20. Smith JS, Klineberg E, Lafage V, Shaffrey CI, Schwab F, Lafage R, Hostin R, Mundis GM Jr, Errico TJ, Kim HJ, Protosaltis TS, Hamilton DK, Scheer JK, Soroceanu A, Kelly MP, Line B, Gupta M, Deviren V, Hart R, Burton DC, Bess S, Ames CP; International Spine Study Group: Prospective multicenter assessment of perioperative and minimum 2-year postoperative complication rates associated with adult spinal deformity surgery. *J Neurosurg Spine* 25(1):1-14, 2016
21. Vauzella C, Stagnara P, Jouvinroux P: Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res* 93:173-178, 1973

Dr. Adnan Yalçın DEMİRCİ
Bursa Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Bursa

Derleme / Review

ADÖLESAN İDİYO PATİK SKOLYOZDA LENKE SINIFLANDIRMASI

THE LENKE CLASSIFICATION FOR ADOLESCENT IDIOPATHIC SCOLIOSIS

ÖZ

Skolyoz; koronal, aksiyel ve sagittal düzlemlerde omurganın kendi kendine dönme hareketinden kaynaklanan, cobb açısı 10 dereceyi aşan eğriliklerdir. Lenke, 2001 yılında yeni bir adölesan idiyopatik skolyoz sınıflandırma sistemini geliştirmiştir. Buna göre, altı ayrı eğri tipi tanımlanmış ve bunlar lomber omurga belirleyici ve sagittal torasik belirleyici ile birlikte düzenlenmiştir. Sagittal profil ilk kez bir skolyoz sınıflandırma sistemine dahil edilmiştir. Bu derlemede Lenke sınıflandırması ve tedavi planlaması ayrıntılı bir şekilde anlatıldı ve literatür eşliğinde tartışıldı. Sonuç olarak, Lenke sınıflandırma sistemi tüm bileşenleri ile, füzyon yapılacak omurga bölgelerini belirlemede koronal ve sagittal eğri düzeltmelerini ve dengesini optimize etmede spesifik teknikler sunar.

Anahtar Sözcükler: Adölesan, İdiyopatik, Lenke, Sınıflandırma, Skolyoz

ABSTRACT

Scoliosis is a curvature with a cobb angle exceeding 10 degrees in the coronal, axial and sagittal planes caused by the self-rotational motion of the spine. Lenke, developed a new adolescent idiopathic scoliosis system in 2001. The Lenke classification system is organized according to curve type with a sagittal thoracic modifier and a lumbar spine modifier. The sagittal profile has been included in a scoliosis classification system for the first time. In this review, Lenke classification and treatment planning were explained in detail and discussed with the literature. As a result, the Lenke classification system, with all its components, offers specific techniques to optimize coronal and sagittal curve corrections and balance in determining the spine regions to be fused.

Keywords: Adolescent, Idiopathic, Lenke, Classification, Scoliosis

GİRİŞ

Skolyoz; koronal, aksiyel ve sagittal düzlemlerde omurganın kendi kendine dönme hareketinden kaynaklanan, koronal planda X ray ile gözlenebilen ve cobb açısı 10 dereceyi aşan eğriliklerdir. Yapısal koronal deformitelerin yaklaşık %80'ni adölesan idiyopatik skolyoz (AİS) oluşturur (23).

King ve ark. Harrington çubuk enstrümantasyon deneyimine dayanarak beş farklı torasik eğrilik tipine sahip ilk AİS sınıflandırma sistemini 1983 yılında tanıttı. Bu

sınıflandırma üçlü eğrilikleri içermediği gibi merkezi sakral çizgiyi veya sagittal düzlemi de hesaba katmıyordu (7,15).

Lenke, segmental enstrümantasyon sistemleri Harrington çubuklarına göre tercih edilmeye başladıkça King'in sınıflamasının yeterince güvenilir olmadığı ve doğru tedaviye yönlendirmediği sonucuna varmış (9,15), ardından 2001 yılında yeni bir AİS sınıflandırma sistemini geliştirmiştir (11).

Lenke ve ark. bu yeni sınıflandırma sistemini, AİS için gerekli olduğunu düşündükleri birkaç parametre etrafında tasarladılar. Buna göre bir eğri tipini tanımlamak için, eğrinin tipi, lomber omurga belirleyici ve sagittal torasik belirleyici dahil edildi. Bu üç bileşenin her biri ayrı ayrı tanımlanmalı ve daha sonra tam sınıflandırmayı oluşturmak için birlikte değerlendirilmelidir (11). King sınıflamasından farklı olarak, koronal ve sagittal düzlemin önemini birlikte vurguladılar (15,20). Ayrıca cerrahlara her eğri paterni için en iyi tedavi yöntemini seçmede daha iyi ve daha güvenilir bir araç sağladı (15).

LENKE SINIFLANDIRMASI

Lenke sınıflandırma sistemine göre, altı ayrı eğri tipi (tip1-6) tanımlanmış ve bunlar lomber omurga belirleyici (A,B,C) ve sagittal torasik belirleyici (-, N veya +) ile birlikte düzenlenmiştir (11). Sagittal profil ilk kez bir skolyoz sınıflandırma sistemine dahil edilmiştir (9,15). Lenke sınıflandırma sistemi ile birkaç yeni tanım yapıldı (11).

Majör (Ana) Eğrilik: En büyük eğridir. Her zaman yapısaldır.

Minör Eğrilik: Yapısal veya yapısal olmayan daha küçük bir eğridir.

Yapısal minör eğrilikler için kriterler;

- 1- Proksimal torasik bölgedeki minör eğrilikler için, lateral bending grafide Cobb $>25^\circ$ veya T2-T5 kifoz açısı $>+20^\circ$ olmalıdır.
- 2- Ana torasik bölgedeki minör eğrilik için, lateral bending grafide Cobb $>25^\circ$ veya T10-L2 kifoz açısı $>+20^\circ$ olmalıdır.
- 3- Torakolomber-Lomber bölgedeki minör eğrilikler için lateral bending grafide Cobb $>25^\circ$ veya T10-L2 kifoz açısı $>+20^\circ$ olmalıdır.

Bu kriterlerin dışında kalan minör eğrilikler yapısal değildir.

Eğri türleri, eğrinin konumuna bağlıdır ve tüm tanımlamalar, Skolyoz Araştırma Derneği (SRS) tarafından oluşturulmuştur. Torasik eğrilerin T2 den T11-12 diskine kadar olan bölgede bir tepe noktası vardır. Torakolomber eğrilerin tepe noktası T12-L1 arasında, lomber eğrilerin ise L1-2 diski ile L4 arasındadır (16). Bu tanımlara göre altı farklı eğri türü vardır (11).

Lenke Tip-1: Ana torasik bölgede büyük bir eğriye sahiptir. Bu tek yapısal eğri iken diğer minör eğrilikler (proksimal torasik ve lomber veya torakolomber) yapısal değildir.

Lenke Tip-2: Ana torasik eğriliğin majör eğri olduğu yapısal çift torasik eğrilik vardır. Proksimal torasik minör eğridir ancak yapısaldır. Ayrıca yapısal olmayan minör bir torakolomber veya lomber eğride olabilir.

Lenke Tip-3: Ana torasik eğrinin majör olduğu çift ana eğridir. İkinci eğri lomber bölgededir ve her iki eğride yapısaldır.

Lenke Tip-4: Proksimal torasik, ana torasik ve torakolomber veya lomber bölgelerde yapısal eğrileri olan üçlü bir majör eğridir. Bir kez daha torasik eğri major eğridir.

Lenke Tip-5: Ana eğri torakolomber veya lomber bölgededir ve tek yapısal eğridir. Proksimal torasik ve/veya ana torasik bölgedeki eğriler minördür ve yapısal değildir.

Lenke Tip-6: Ana torasik ve torakolomber veya lomber bölgelerde yapısal çift eğriye sahiptir. Torakolomber veya lomber bölgedeki eğri ana torasik bölgedeki eğriden en az 5° daha büyüktür (Şekil 1).

Bu altı temel eğri tipine lomber omurga belirleyici eklenir. Lomber omurga belirleyici, Merkezi Sakral Dikey Çizgiye (MSDÇ) göre tanımlanmıştır. Tip A, B ve C, MSDÇ ile lomber eğri apeksi arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılır. Tip A; MSDÇ, apikal lomber vertebranın pedikülleri arasından geçer. Tip B; MSDÇ, apikal lomber vertebraya temas eder. Tip C; MSDÇ, apikal lomber vertebraya temas etmez, tamamen medialdedir (Şekil 2).

Yukarıda bahsedildiği gibi bir sagittal torasik belirleyici de Lenke sınıflandırmasına dahil edilmiştir. T5-T12 vertebra seviyeleri arasında sagittal düzlemde Cobb açısına göre, torasik kifoz 10° den az ise hipokifotik (-), 10° - 40° arasındaysa normokifotik ve 40° den fazlaysa hiperkifotik (+) olarak tanımlanır.

Lenke Sınıflandırmasının Operatif Tedaviye Etkileri (11)

















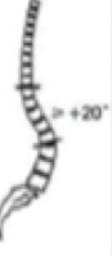
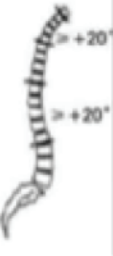
Tip-1 (Ana Torasik Eğri): Sadece ana torasik eğriyi füzyona katmak yeterlidir.

Tip-2 (Çift Torasik Eğri): Hem proksimal torasik hem de ana torasik eğrileri füzyona katmak gerekir.

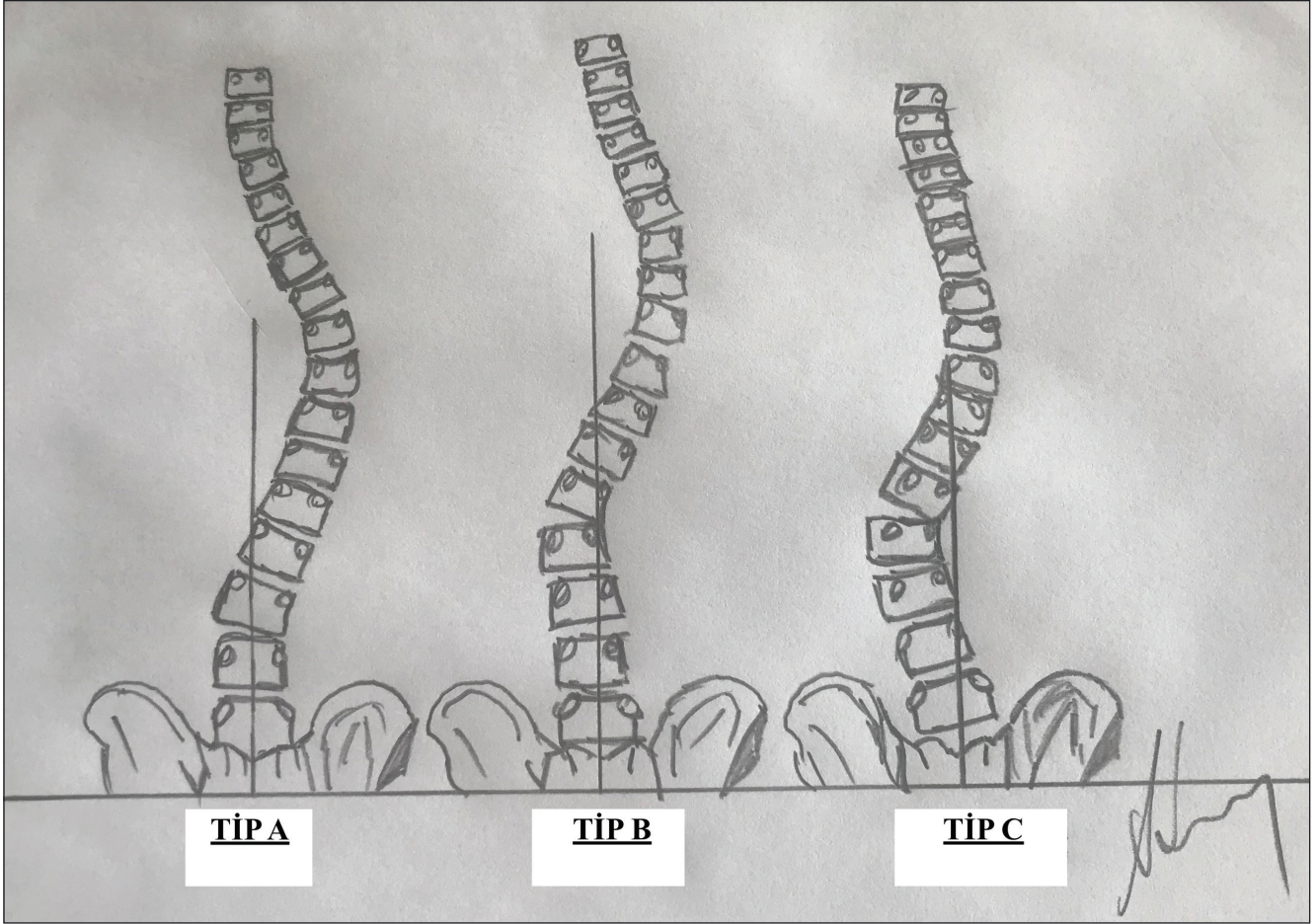
Tip-3 (Çift Major Eğri): Hem ana torasik hem de torakolomber/lomber eğrileri füzyona katmak gerekir.

Tip-4 (Üçlü Major Eğri): Üç eğrinin (proksimal torasik, ana torasik ve torakolomber/lomber eğriler) tamamı füzyona katılmalıdır.

Tip-5 (Ana Torakolomber Eğri): Sadece ana torakolomber/lomber eğriyi füzyona katmak yeterlidir.

Lomber omurga belirleyicileri	Tip 1 ana torasik	Tip 2 çift torasik	Tip 3 çift majör	Tip 4 üçlü majör	Tip 5 ana TL	Tip 6 ana TL / L
Resim-1						
A Lomber eğrilik yok / çok az	 1A*	 2A*	 3A*	 4A*		
B Lomber eğrilik orta derecede	 1B*	 2B*	 3B*	 4B*		
C Lomber eğrilik ileri derecede	 1C*	 2C*	 3C*	 4C*	 5C*	 6C*
Olası sagittal yapı kriterleri (özgün eğrilik çeşidini belirlemek için)		 +20°	 +20°	 +20°		
T5-12 sagittal dizilim düzenleyicisi: (-), N, veya (+)				(-): < 10° N: 10-40° (+): > 40°		
Resim-1						

Şekil 1: Lenke Sınıflaması (Onur Yaman'ın izniyle kullanılmıştır.)



Şekil 2: Lomber omurga belirleyici.

Tip-6 (Ana Torakolomber ve Torasik Eğri): Ana torakolomber/lomber ve torasik eğrilerin hepsi füzyona katılmalıdır.

Lomber omurga belirleyicileri A ve B için lomber omurgayı füzyona katmak gerekmez. Bunun bir istisnası, torakolomber bileşke kifozunun (T10-L2 >+20 derece) mevcut olması ve bu bölgenin aşağısındaki eğrinin enstrümantasyon ve füzyona dahil edilmesinin gerekmesidir. Lomber omurga belirleyici C, lomber eğrinin ana torasik eğrinin enstrümantasyonuna ve füzyonuna dahil edilmesini gerektirebilir veya gerektirmeyebilir. Lenke tip 1C için amaç, mümkünse lomber omurgayı dengelemek ve mobil bırakmak için selektif bir torasik füzyon gerçekleştirmektir. Ancak bu her zaman lomber omurganın ana torasik bölgenin enstrümantasyonuna ve füzyonuna dahil edileceği Lenke tip 3C eğri modelinden farklıdır. Lenke tip 5C ve tip 6C eğrileri için torakolomber/lomber eğri her zaman enstrümantasyon ve füzyona dahil edilecektir. Çoğu Lenke tip 6C eğrilerinde ana torasik eğrinin de füzyona katılması gerekir (12).

Sagittal torasik belirleyicinin tedavi uygulamaları da oldukça önemlidir. Hipokifotik bir sagittal belirleyici (-) için amaç, posterior veya anterior enstrümantasyon teknikleri ile torasik kifozu iyileştirmek, normal (N) bir sagittal belirleyici için amaç, normalize torasik sagittal dizilimi korumak ve hiperkifotik (+) sagittal belirleyici için amaç ise torasik kifozu normal aralığa indirmektir.

Preoperatif omuz asimetrisine dikkat etmek önemlidir, çünkü bu genellikle üst füzyon seviyelerini belirler. Omuz asimetrisi ile ilgili üç farklı senaryo mevcuttur. En yaygın senaryo sağ omuzun daha yüksekte olduğu bir sağ ana torasik eğridir. Bu durumda torasik omurganın düzeltilmesi sağ omuzu aşağı indirir ve üst enstrümantasyon seviyesi genellikle T4 veya T5'tir. Sol omuz daha yüksekte olduğunda ana torasik eğrinin üzerindeki kompensatuar proksimal torasik eğri genellikle füzyona (T2'ye kadar) dahil edilir. Ameliyat öncesi her iki omuzun yüksekliği eşitse, T3 genellikle üst füzyon seviyesidir (4).

Lenke sınıflandırma sistemine göre üç ayrı AİS hastalarının örnek X-ray görüntülerini Şekil 3'de sunduk.

TARTIŞMA

Lenke sınıflandırması King sınıflandırmasından daha kapsamlı, güvenilir ve tekrarlanabilir olmasına rağmen, yine de mükemmel olmaktan uzaktır (15). Cerrahlar füzyon seviyelerini belirlerken verilen algoritmadan %15 oranında sapmaktadır ve sınıflandırma deformitenin rotasyonel bileşenini ele almada başarısız olmuştur (13).

Son zamanlarda, araştırmacılar omurga deformitesinin stereoradyografik ölçümlerini önerdiler (19,21). Omurganın 3D rekonstrüksiyonunu sağlayan EOS 2D/3D radyografi sistemi gibi yeni teknolojiler, yeni tedavi konseptlerine bir temel olarak skolyozun 3D sınıflandırmasını oluşturabilirler (6).

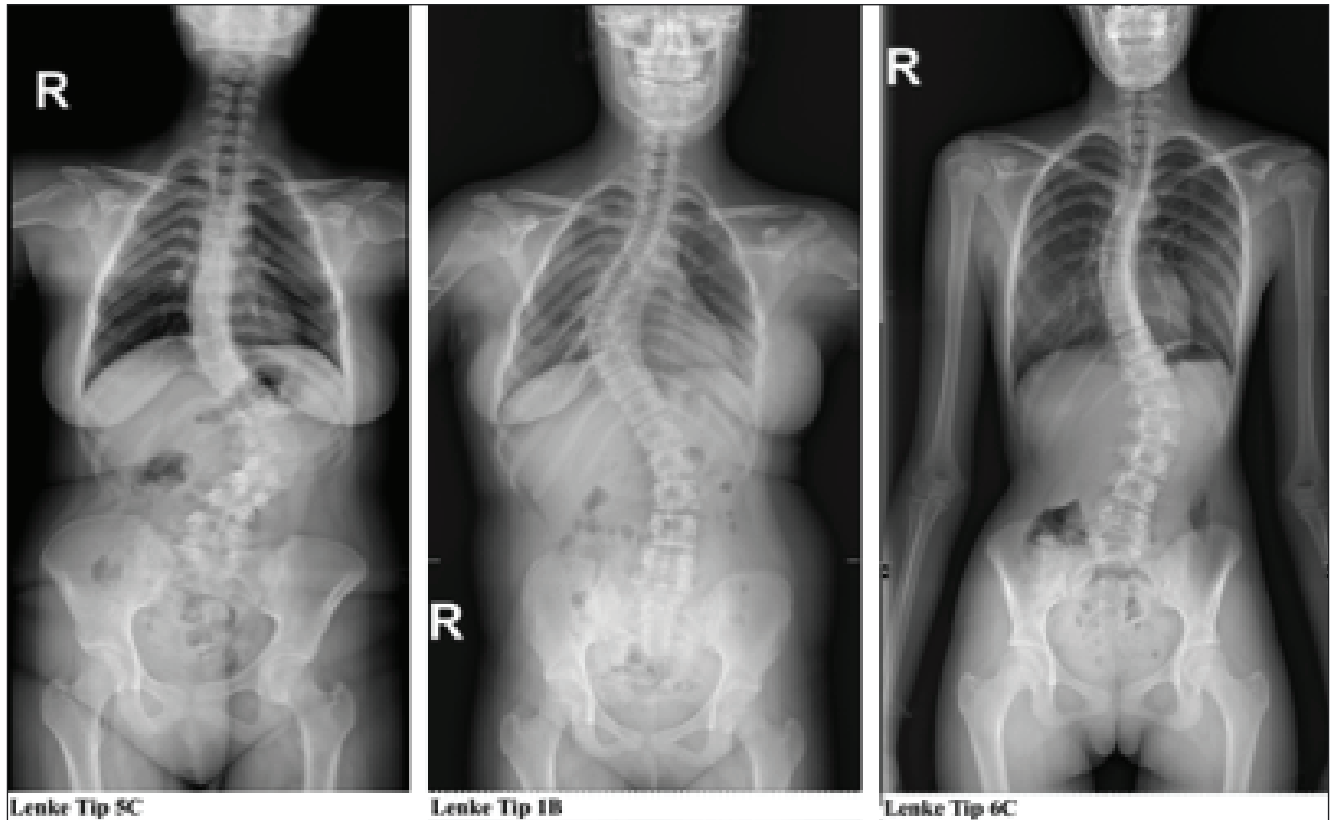
Puno ve ark. yaptıkları bir çalışmada, Lenke sınıflandırma sisteminin hangi eğri veya eğrilerin düzeltilmesi gerektiğine dair iki hasta grubu üzerinde radyografik analiz yaptılar. Sonuç olarak Lenke sınıflandırmasına göre tedavi edilen grubun daha iyi radyolojik sonuçlar gösterdiğini ve füzyon seviyelerinin seçiminde hangi eğrilerin dahil edileceğine

veya korunacağına karar vermede değerli bir araç olduğunu raporladılar (16).

Bir çalışmada Lenke sisteminin güvenilirliği daha düşük olmasına rağmen (18), genel olarak Lenke sınıflandırması, King sınıflandırmasına kıyasla daha iyi gözlemciler arası güvenilirlik hedefine ulaştı (2,5,14,17). Lenke sistemiyle ilişkili klinik sonuçları değerlendiren az sayıda çalışma vardır, ancak cerrahi tedavi yaklaşımlarını daha da standartlaştırdığı kanıtlanmıştır (20).

Lenke ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen ayrı bir çalışmada, 2001 yılında bir omurga cerrahisi toplantısında, önceden seçilmiş, AİS nedeniyle ameliyat edilmiş yedi hastayı, 28 skolyoz cerrahına sundular. Çoklu cerrah incelemesi, eğri sınıflandırmalarıyla yüksek uyum göstermesine rağmen cerrahların cerrahi yaklaşımları ve seçilen füzyon seviyeleri oldukça değişti (10).

Ogon ve ark. 51 hastanın radyografik filmlerini, üç hafta arayla iki kez inceleyen beş cerrahı içeren bir güvenilirlik çalışması gerçekleştirdiler. Lenke'nin sisteminin King'in sınıflandırma sisteminden daha güvenilir olduğu ve Lenke sınıflandırmasını kullanırken anlaşmazlığın ana nedeninin lomber belirleyicinin değerlendirilmesi olduğu sonucuna vardılar (14).



Şekil 3: Örnek skolyoz grafleri.

Lenke sınıflandırma sisteminin sadece güvenilirliğini değil klinik sonuçlarını da değerlendiren birçok çalışma vardır (8,22,24,25). Ancak sistemin karma sonuçlarla tedaviye rehberlik etmesi için faydasını açıkça ölçen yalnızca birkaç çalışma vardır (1,3,16). Clements ve ark. yaptıkları bir çalışmada, Lenke sistemi tanılandıktan sonra tedavi yaklaşımlarının çeşitliliğinde bir azalma olduğunu göstermişlerdir (1).

Lenke sınıflandırma sistemi, en alt ve en üst füzyon sınırını açıkça belirtmez. Yapısal eğrinin füzyona ne ölçüde dahil edilmesi gerektiğini de göstermez. Sınıflandırma omuz dengesizliğini, hastanın gelişimini veya vücut dengesini de dikkate almaz (23).

SONUÇ

Sonuç olarak, Lenke sınıflandırma sistemi tüm bileşenleri (eğrinin tipi, lomber omurga belirleyici ve sagittal torasik belirleyici) ile, füzyon yapılacak omurga bölgelerini belirlemede koronal ve sagittal eğri düzeltmelerini ve dengesini optimize etmede spesifik teknikler sunar. Lenke sınıflandırma sistemi, farklı cerrahlar arasında tedavi yaklaşımı açısından daha ortak bir dil oluşturmuştur, kullanımı kolaydır ve güvenilirlerdir. Ancak gelecekte gelişen teknolojiler sayesinde eğri tiplerinin üç boyutlu olarak değerlendirilmesi ile skolyoz cerrahisinin daha da gelişeceği aşikardır.

KAYNAKLAR

1. Clements DH, Marks M, Newton PO, Betz RR, Lenke L, Shufflebarger H, Harms Study G: Did the Lenke classification change scoliosis treatment? *Spine (Phila Pa 1976)* 36:1142-1145, 2011
2. Duong L, Cheriet F, Labelle H, Cheung KM, Abel MF, Newton PO, McCall RE, Lenke LG, Stokes IA: Interobserver and intraobserver variability in the identification of the Lenke classification lumbar modifier in adolescent idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord Tech* 22:448-455, 2009
3. Erken HY, Burc H, Saka G, Aydoğan M: Disagreements in surgical planning still exist between spinal surgeons in adolescent idiopathic scoliosis: A multisurgeon assessment. *Eur Spine J* 23:1258-1262, 2014
4. Hoashi JS, Cahill PJ, Bennett JT, Samdani AF: Adolescent scoliosis classification and treatment. *Neurosurg Clin N Am* 24:173-183, 2013
5. Hosseinpour-Feizi H, Soleimanpour J, Sales JG, Arzroumchilar A: Lenke and King classification systems for adolescent idiopathic scoliosis: Interobserver agreement and postoperative results. *Int J Gen Med* 4:821-825, 2011
6. Illes T, Tunyogi-Csapo M, Somoskeoy S: Breakthrough in three-dimensional scoliosis diagnosis: Significance of horizontal plane view and vertebra vectors. *Eur Spine J* 20:135-143, 2011
7. King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB: The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 65:1302-1313, 1983
8. Kwan MK, Chiu CK, Tan PH, Chian XH, Ler XY, Ng YH, Ng SJ, Goh SH, Chan CYW: Radiological and clinical outcome of selective thoracic fusion for patients with Lenke 1C and 2C adolescent idiopathic scoliosis with a minimum follow-up of 2 years. *Spine J* 18:2239-2246, 2018
9. Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, Clements DH, Harms J, Lowe TG, Shufflebarger HL: Intraobserver and interobserver reliability of the classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 80:1097-1106, 1998
10. Lenke LG, Betz RR, Haheer TR, Lapp MA, Merola AA, Harms J, Shufflebarger HL: Multisurgeon assessment of surgical decision-making in adolescent idiopathic scoliosis: Curve classification, operative approach, and fusion levels. *Spine (Phila Pa 1976)* 26:2347-2353, 2001
11. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, Blanke K: Adolescent idiopathic scoliosis: A new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 83:1169-1181, 2001
12. Lenke LG, Edwards CC, 2nd, Bridwell KH: The Lenke classification of adolescent idiopathic scoliosis: How it organizes curve patterns as a template to perform selective fusions of the spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 28:S199-207, 2003
13. Newton PO, Faro FD, Lenke LG, Betz RR, Clements DH, Lowe TG, Haheer TR, Merola AA, D'Andrea LP, Marks M, Wenger DR: Factors involved in the decision to perform a selective versus nonselective fusion of Lenke 1B and 1C (King-Moe II) curves in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 28:S217-223, 2003
14. Ogon M, Giesinger K, Behensky H, Wimmer C, Nogler M, Bach CM, Krismer M: Interobserver and intraobserver reliability of Lenke's new scoliosis classification system. *Spine (Phila Pa 1976)* 27:858-862, 2002
15. Ovidia D: Classification of adolescent idiopathic scoliosis (AIS). *J Child Orthop* 7:25-28, 2013
16. Puno RM, An KC, Puno RL, Jacob A, Chung SS: Treatment recommendations for idiopathic scoliosis: An assessment of the Lenke classification. *Spine (Phila Pa 1976)* 28:2102-2114; discussion 2114-2105, 2003
17. Qiu G, Li Q, Wang Y, Yu B, Qian J, Yu K, Lee CI, Zhang J, Shen J, Zhao Y, Weng X, Wang T, Aladin DM, Lu WW: Comparison of reliability between the PUMC and Lenke classification systems for classifying adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 33:E836-842, 2008

18. Richards BS, Sucato DJ, Konigsberg DE, Ouellet JA: Comparison of reliability between the Lenke and King classification systems for adolescent idiopathic scoliosis using radiographs that were not premeasured. *Spine (Phila Pa 1976)* 28:1148-1156; discussion 1156-1147, 2003
19. Sangole AP, Aubin CE, Labelle H, Stokes IA, Lenke LG, Jackson R, Newton P: Three-dimensional classification of thoracic scoliotic curves. *Spine (Phila Pa 1976)* 34:91-99, 2009
20. Slattery C, Verma K: Classifications in brief: The lenke classification for adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 476:2271-2276, 2018
21. Stokes IA, Sangole AP, Aubin CE: Classification of scoliosis deformity three-dimensional spinal shape by cluster analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 34:584-590, 2009
22. Wang Y, Bunge CE, Wu C, Zhang Y, Hansen ES: Postoperative trunk shift in Lenke 1C scoliosis: What causes it? How can it be prevented? *Spine (Phila Pa 1976)* 37:1676-1682, 2012
23. Yaman O, Dalbayrak S: Idiopathic scoliosis. *Turk Neurosurg* 24:646-657, 2014
24. Yang C, Li Y, Yang M, Zhao Y, Zhu X, Li M, Liu G: Adding-on phenomenon after surgery in lenke type 1, 2 adolescent idiopathic scoliosis: Is it predictable? *Spine (Phila Pa 1976)* 41:698-704, 2016
25. Zhang H, Richards BS, Sucato DJ, Jo CH, Tran D, Wang L: The lumbar gap measurement in lenke 1-4C curves. *Spine Deform* 6:241-249, 2018

Derleme / Review

SPİNAL DEFORMİTELERDE SAGİTTAL DENGE

SAGITTAL BALANCE AND SPINAL DEFORMITY

ÖZ

İnsan, iki ayağı üzerinden durabilmesi ile karakterizedir. Bu özellik, üst uzuvların diğer görevleri yerine getirmek için serbestçe hareket etmesine izin verir. Ancak, bu daha güvensiz bir genel denge pahasına yapılıdır. Omurga dengesi, sensörinöral regülasyon altında, hem dinamik hem de statik olarak iki ayak üzerinde durmayı sürdürebilmek için, omurgaya etki eden dış kuvvetler ile gövdenin kas tepkisi arasındaki denge olarak tanımlanabilir. Bu dengeyi ortaya koyabilmek için yıllar içinde birçok ölçüm ve parametre tanımlanmıştır. Bu çabanın amacı sagittal denge parametrelerini standardize etmek, sagittal dengesizliği teşhis etmek ve tedavi seçeneklerini belirlemektir. Bu yazıda, bazı temel pelvik ve spinal parametreleri ve ölçümleri radyolojik ve klinik özellikleriyle tartışacağız.

Anahtar Sözcükler: Sagittal denge, Omurga, Dinamik

ABSTRACT

The human is characterized by bipedalism. Therefore, this feature allows the upper limbs to move freely to perform other tasks. However, this is done at the cost of a more precarious overall balance. Spinal balance can be defined as the balance between outside forces acting on the spine and the muscle response of the trunk, under sensorineural regulation, to maintain stable standing posture, both dynamic and static. Many measurements and parameters have been defined over the years to determine this balance. The aim of this effort is to standardize sagittal balance parameters, to diagnose sagittal imbalance and to determine treatment options. In this paper, we will discuss some essential pelvic and spinal parameters and measurements with their radiological and clinical features.

Keywords: Sagittal balance, Spine, Dynamic

GİRİŞ

İnsanlar, iki ayak üzerinden durabilme yetisine sahiptir. Bu özellik, daha güvensiz bir genel denge pahasına diğer görevler için üst uzuvların serbest olabilmesini olanak sağlar. İki ayak üzerinde yatay bir bakış sağlamak ve artık taşıyıcı olmayan üst uzuvları serbest bırakmak için insan omurgasında diğer canlılardan farklı olarak servikal ve lomber lordoz meydana gelmiştir. Böyle bir denge için gerekli koşulları anlamak için, insan omurgasını hem statik hem de dinamik olarak değerlendirmek önemlidir (1).

Normalde, omurganın yukarıdan aşağıya doğru üç eğrisi vardır. Bunlar, servikal lordoz, torakal kifoz ve lomber lordozdur. Genellikle bu eğriler, vücudun ağırlık merkezini kalçalar ve pelvis üzerinde hizalı tutmak için uyum içinde çalışır. Bu duruma omurganın sagittal dengesi denir. Bununla birlikte, bu eğrilerden biri çok belirginleşir ya da çok düz hale gelirse, omurganın arkadan öne dengesi bozulacaktır. Buna sagittal dengesizlik denir. Bu denge durumu belirlemek için yıllar içinde bir çok ölçüm ve parametre geliştirilmiştir. Bu çabanın amacı sagittal denge parametrelerini standardize etmek, sagittal dengesizlik tanısını koyabilmek ve tedavi seçeneklerini belirlemektir (2).

Spino-pelvik kompleksi değerlendirmek için önemli olan sagittal denge parametreleri:

Bir insan, yer çekimi olan bir ortamda durur ve hareket eder. Omurga bu nedenle bir takım kısıtlamalara tabidir. Dik duruş, pelvisin genişlemesi ve dikleşmesiyle elde edilir. Bu iki ayaklı pozisyon nedeniyle pelvis ile omurga arasında yakın bir ilişki vardır.

Dubousset (1) tarafından önerildiği gibi, pelvis bir “pelvik vertebra” veya omurganın ilk omuru olarak düşünülmelidir. Bu kaidenin konumu, lomber omurganın ve dolayısıyla tüm omurganın konumunu belirler. Ön düzlemde hizalama basittir: omurga, sakrumun ortasından geçen bir medyan eksene diktir.

Sagittal düzlemdeki vertebral kolonun ve pelvisin geometrileri karmaşıktır. Sagittal hizalamanın daha iyi anlaşılması için, ağırlık merkezinin konumunun ve ortaya çıkan ağırlık çizgisinin incelenmesi gerekmektedir. Dizilimi normal bireylere, sagittal plandaki yer çekimi çizgisi, femur başlarının biraz gerisinden geçen hatta dik bir çizgidir. Ağırlık merkezi ise kollar vücudun yanında S2 omurunun önünde, bu çizgi üzerinde bulunur. Bu çizgilerin belirlenmesi için yatarak yapılan görüntüleme yöntemlerinin tersine ayakta çekilen tüm omurga grafleri oldukça faydalıdır. Fakat bu çizgiler çekim tekniği ile de değişebileceği için, kabaca yerçekimi çizgisinin, sagittal planda, femur başlarının üzerinden geçtiği kabul edilir.

Pelvik Parametreler:

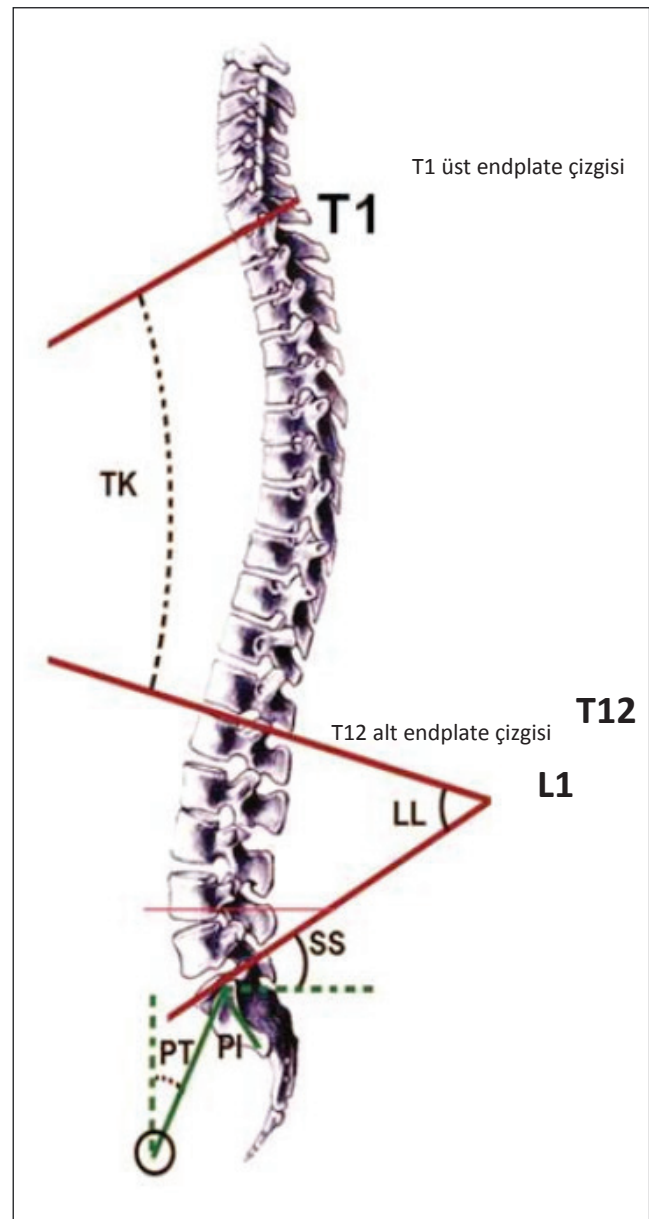
Pelvik İnsidans: Pelvik insidans ilk kez, Legaye ve Duval-beaupère (2) tarafından tarif edilmiştir, ve S1 üst platosunun tam ortasını, femur başlarının ortasından yatay çizilen hat ile birleştiren çizgi ile S1 üst platosunun tam ortasına çizilen dik çizgi arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil 1). Pelvik insidans normal değer aralığı 55.0 ± 10.6 derecedir. Pelvisin uzamsal yöneliminden bağımsız olarak her insan için sabit olan anatomik bir parametredir.

Sakral Eğim: S1 üst platosuna teğet geçen bir çizgi ile yere paralel çizilen bir çizgi arasındaki açıdır (Şekil 1). Sakral eğimin normal değer aralığı 41 ± 8.4 derecedir. Sakral eğim açısı konum ile değişmektedir. Dikey bir pelvis, düşük bir sakral eğim anlamına gelirken, yatay bir pelvis yüksek bir eğime sahiptir.

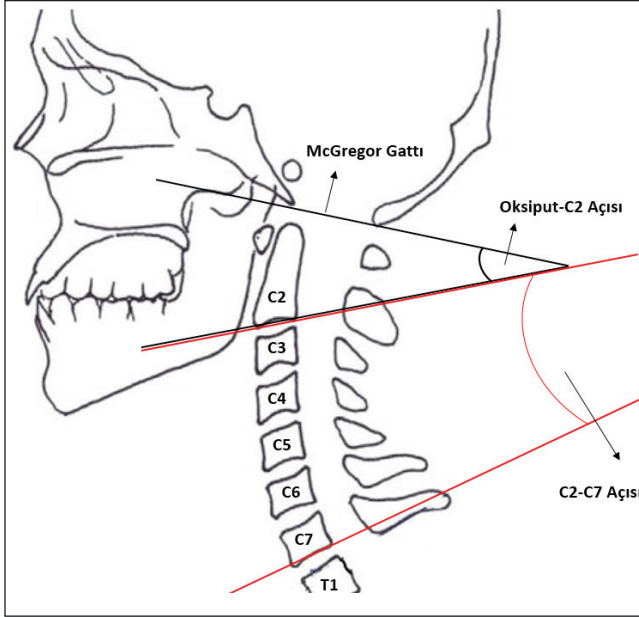
Pelvik Tilt: Femur başlarının ortasından geçen yatay eksenden yere dik çizilen çizgi ile, yine femur başlarının ortasından geçen yatay eksenden S1 üst platosunun tam ortasından geçecek şekilde çizilen çizginin arasındaki açı olarak tariflenmektedir (Şekil 1). Normal değer aralığı

13 ± 6 derecedir. Pelvik Tilt’de konum ile değişmektedir. Pelvisin anteversiyonu sırasında Pelvik Tilt açısı azalırken, retroversiyonu sırasında artar.

Bu üç parametre arasında aritmetik bir ilişki vardır (2). Pelvik insidans, sakral eğim ve pelvik tiltin aritmetik toplamına eşittir ($PI = PT + SS$). Bu hesaba göre, yüksek pelvik insidans açısına sahip bir hastanın pelvik retroversiyon için daha büyük bir potansiyele sahip olduğu sonucu çıkar. Telif edici mekanizmaları analiz ederken bu bilgi hayati bir önem taşır.



Şekil 1: Torakal ve Lomber parametreler. **TK:** Torakal Kifoz Açısı, **LL:** Lomber Lordoz açısı, **SS:** Sakral Eğim, **PT:** Pelvik Tilt, **PI:** Pelvik İnsidans



Şekil 2: Servikal Parametreler: Oksiput – C2 Açısı, C2 - C7 Açısı.

Normal, asemptomatik bir toplulukta pelvik insidansın her açısına denk gelen bir sakral eğim ve pelvik tilt değeri vardır. Güncel bir çalışmada (3), normal bir toplulukta tüm omurganın ayakta üç boyutlu analizi yapılmış ve teorik olarak $PT = 0.44 \times PI - 11$ derece formülü ortaya koyulmuştur. Pelvik eğim, pelvisin oryantasyonuna bağlı bir pozisyon açısıdır, bu nedenle, ayakta çekilen bir tüm omurga röntgeninde ölçülen Pelvik Tilt'in normal mi yoksa anormal mi olduğunu anlamak mümkündür.

Spinal Parametreler:

İnsan omurgasında kafatasından kaudale doğru art arda üç eğrilik vardır. Bunlar servikal lordoz, torakal kifoz ve lomber lordozdur.

Servikal Parametreler:

Servikal bölgeyi iki ayrı açı ile değerlendirmek gereklidir.

Yüksek servikal açı (Oksiput-C2): McGregor çizgisi ile alt C2 enplate arasındaki açıdır. McGregor çizgisi, sert damağın arka kenarını oksipital kemiğin alt noktasına bağlar (Şekil 2). Bu açının ortalama değeri $15.81^\circ (\pm 7.15^\circ)$, her zaman lordotiktir.

Alt servikal eğrilik (C2 - C7 açısı): C2 enplate ile normal popülasyonda kifozdan lordoza kadar değişken olan alt C7 enplate arasındaki açıdır (Şekil 2).

Oksiput - C2 ve C2 - C7 açıları bir birine ters orantılıdır: Biri artarken diğeri azalır. C7 eğimi, servikal omurgayı statik olarak incelemek için anahtar bir parametredir (4). Median değeri 20 derecedir. C7 eğimi 20 dereceden fazla olan hastalarda lordotik bir servikal omurga vardır (C2 ve C7 arasındaki lordoz). C7 eğimi 20 dereceden az olan hastalar, C2 ve C7 arasında nötr veya kifotik bir servikal omurgaya sahiptir.

Torakal Parametreler:

Torakal kifoz, T1 üst enplate ile T12 alt enplate arasındaki açıdır (Şekil 1). Torakal kifozun teorik değerinin global lomber lordoz açısının (L1-S1) 0.75 katına eşit olduğu gösterilmiştir (3).

$$T1-T12 \text{ kifozu} = 0.75 \times L1-S1 \text{ lordoz.}$$

Lomber Parametreler:

Lomber lordoz, L1 üst enplate ile S1 üst enplate arasındaki açı ile tanımlanır (Şekil 1). Bu açı lomber lordozun değerlendirilmesi için ideal bir parametredir. Normal değeri, 20-45 derece arasındadır.

KAYNAKLAR

1. Dubouset J: Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein S (ed), The Pediatric Spine: Principles And Practice. New York: Raven Press, 1994: 479-496
2. Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P: A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: The conditions required for an economic standing position. Ann Biomed Eng 20:451-462, 1992
3. Le Huec JC, Demezou H, Aunoble S: Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: Normative values from a prospective cohort of asymptomatic volunteers. Eur Spine J 24:63-71, 2015
4. Le Huec JC, Hasegawa K: Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. Eur Spine J 25:3630-3637, 2016
5. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A: Sagittal balance of the spine. Eur Spine J 28(9):1889-1905, 2019

Derleme / Review

KORONAL DENGE

CORONAL BALANCE

ÖZ

Koronal uyumsuzluk, T1 omurdan pelvise çekilecek dikey çizginin pelvisin orta kısmından 20 mm'den fazla lateral sapması olarak tanımlanır. Koronal uyumsuzluk sıklıkla sagittal düzlem deformiteleri ile beraberdir. Koronal hizalama ile ilgili Obeid ve Bernajo tarafından sınıflamalar tanımlanmıştır. Bu sınıflandırmalarda eğriliğin tipi, segmental patolojiler, diskin dejeneratif durumu ve füzyon seviyeleri hakkında olup koronal dengenin sağlanmasında yardımcı teknikleri sunmaktadır

Anahtar Sözcükler: Koronal denge, Omurga cerrahisi, Erişkin dejeneratif skolyoz

ABSTRACT

Coronal imbalance is defined as lateral deviation of the T1 plumbline with substantial displacement from the midline of the pelvis for more than 20 mm. Coronal imbalance is often associated with sagittal plane deformities. Classifications related to coronal alignment have been defined by Obeid and Bernajo. It is about the type of curvature in classifications, segmental pathologies, degenerative status of the disc and fusion levels, and offers helpful techniques in achieving coronal balance.

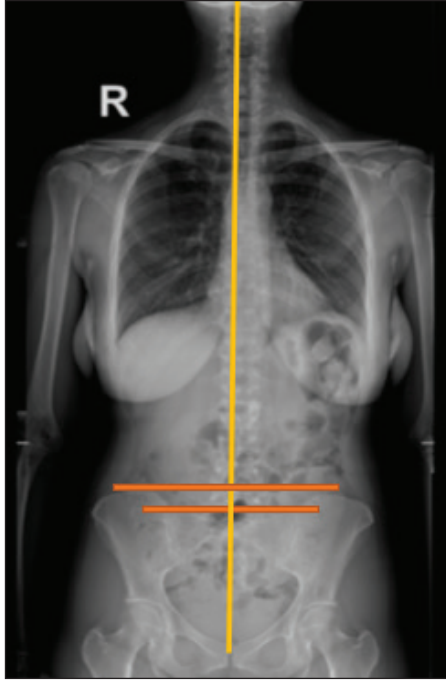
Keywords: Coronal balance, Spine surgery, Adult degenerative scoliosis

Omurga fonksiyonel ve dinamik bir yapıdır. Omurga kendi içinde sagittal ve koronal bir denge içindedir. Temel amaç en az enerji harcanarak en ideal pozisyonda postürü korumaktır. Dengeli bir omurga spinal biyomekanik verimliliğini artırır. Böylece enerji tüketimini azaltır ve bitişik segment dejenerasyonunu yavaşlatır (10). Dengesizlik durumunda ideal pozisyonu koruyabilmek için kaslara olan bağımlılık artmaktadır. Kaslar vücudun daha dik durması ve dengeli bir yürüyüş için fazla miktarda çalışmak zorunda kalmaktadır. Bu durum artan enerji harcanmasına neden olur. Artan iş yükü, özellikle sırt, kalça ve uylukta erken yorgunluğa ve ağrıya sebep olmaktadır. Deformitelerden dolayı oluşan dengesizliklerde doğal kompensasyon mekanizmaları devreye girerek pelvik retroversiyon, kalça ekstansiyonu veya kalça ve diz fleksiyonu yoluyla telafi etmeye çalışabilirler. Bu telafi edici mekanizmalar enerji tüketimini daha da artırır. Ayrıca kompensasyona dahil olan bölgelerde ek patolojiler oluşur (1).

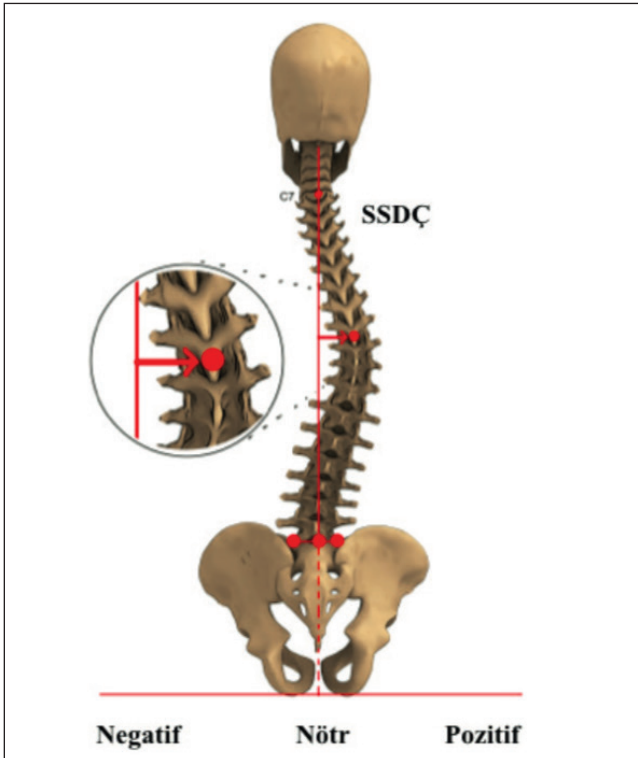
Omurga dengesi sagittal ve koronal düzlem içinde uyumlu bir şekildedir. Sagittal dengenin önemi birçok çalışmada ortaya konulmuştur (4,5,12). Ancak koronal denge aynı ilgiyi görmemiştir. Deformite cerrahilerde sagittal dengeyi düzeltilmesine rağmen hastalarda devam eden klinik bozulma ve memnuniyetsizlik koronal dengeye olan ilginin artmasına sebep olmuştur (9).

Omurga frontal düzlemde duruşu normalde diktir. Ayakta çekilen ön arka skolyoz grafisinde sakrumun santralinden çizilen dik çizgi (SSDÇ)-central sacral vertical line (CSVL) ile ölçülür (Şekil 1). Herhangi bir eğriliği olmayan omurgada SSDÇ omurgayı ikiye böler (11). Koronal dengesizlikte ise, T1 omurdan pelvise çekilecek dikey çizginin (T1 plumbline) pelvisin orta kısmından 20 mm'den fazla lateral sapması olarak tanımlanır (13) (Şekil 2).

Omurga deformitelerinin değerlendirilmesinde iki temel durum vardır. İdeal bir skolyoz grafisi ile doğru değerlendirme



Şekil 1: Ayakta çekilen ön-arka radiogramda sakrum orta kısmından çizilen dik çizgiye santral sakral vertikal hat adı verilir.



Şekil 2: Ayakta çekilen ön-arka radiogramda T1 omurdan pelvise dikey çizilen çizginin pelvisin ortasından 2 cm fazla laterale sapması koronal dengesizlik olarak adlandırılır.

yapılır. Skolyoz grafisinde 90x35 cm büyüklüğündeki film kasetleri kullanılır. İki metre mesafeden ayakta, ön-arka ve yan radyografiler çekilir. Ön-arka grafide eğrilik tipi, omurga ve gövdenin dengesi araştırılır. Yan grafilerde ise servikal, torakal ve lomber omurgadaki sagittal plan deformitelerinden olup olmadığı değerlendirilir. Radyografi çekilirken hasta olabildiğince dik durmalı ayakları birbirine yapışık olmalıdır. Alt ekstremitelerde uzunluk farkı varsa, kısa bacak altına destek uygulanmalıdır. Yan grafi çekilirken kolların omurga ile örtüşmesini önlemek için hastanın omuzları 90 derece fleksiyonda eller omuzda ve dirsekler maksimum fleksiyonda olmalıdır. Çekilen skolyoz filminin değerlendirilmesi için belli başlı bazı kavramlar bilinmelidir.

Skolyoz grafisinde bilinmesi gerekli olan bazı kavramlar:

1. SSDÇ: Sakrum santral dikey çizgi.
2. Apikal vertebra: Vertikal aksın en uzak ve rotasyonu en fazla olan vertebra.
3. Apikal disk: Hastanın vertikal aksına en uzak olan disk seviyesidir.
4. Nötral vertebra: Eğriliğin alt ve üstünde, rotasyonu olmayan ilk vertebra.
5. Stabil vertebra: Midsakral çizgi tarafından ortalanmış vertebra.
6. End vertebralar: Eğriliğin konkasitesine en fazla eğimi olan, en proksimalde (üst end vertebra) ve en distalde (alt end vertebra) bulunan vertebralardır.
7. Yapısal (strüktürel) eğrilik: Omurgada sabit yan eğriliği tanımlar. Yana eğilme ve traksiyon grafilerinde tam düzelme gözlenmez.
8. Yapısal olmayan (non-strüktürel) eğrilik: Traksiyon veya yan eğilme grafilerde tama yakın düzelme gösteren eğriliklerdir.
9. Birincil eğrilik: İlk ortaya çıkan yapısal eğriliktir.
10. Kompensatuvar (sekonder) eğrilik: Yapısal birincil eğriliğin üst veya altında yer alan ikincil eğriliktir. Erken dönemde yapısal değil iken zamanla yapısal hale gelebilir.
11. Majör eğrilik: Büyük ve yapısal olan eğriliktir.
12. Minör eğrilik: Küçük olan eğriliktir. Yapısal veya yapısal olmayan tip olabilir.
13. Çift majör eğrilik: Birbirine yakın derecelerde iki yapısal eğriliğin birlikte bulunduğu skolyozdur (8) (Şekil 3, Şekil 4).

Cobb açısının ölçümü:

Eğriliğin derecesi Cobb metodu ile ölçür. Ölçüm yapabilmek için ilk önce end (uç) vertebra ların tespit edilmesi gerekir. Eğrilikte en fazla eğime sahip olan yer sefalik end vertebra nın üst, kaudal end vertebra nın alt yüzeyleridir. Eğriliğin konkav kısmında intervertebral aralık, sefalik end vertebra nın üstünde geniş, altında ise dardır. Kaudal end vertebra da ise bunun tersi geçerlidir. End vertebra lar tespit edildikten sonra, üst end vertebra nın üst end plağına ve alt end vertebra nın alt end plağına dik hatlar çizilir. Bu çizgilerin arasında oluşan açı Cobb açısıdır (3) (Şekil 5).

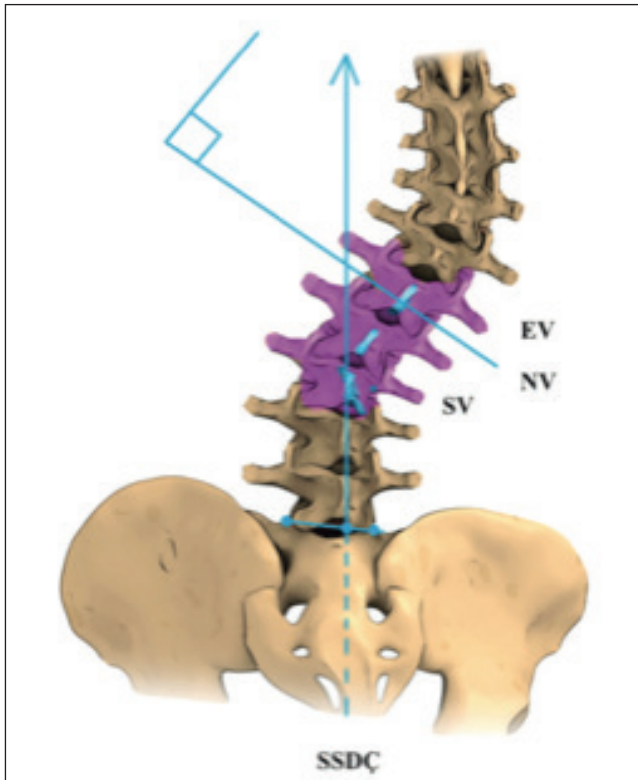
Koronal dengesizlik çoğunlukla sagittal dengesizlikle beraber bulunur. Sagittal dengesizlikte birçok kompensasyon mekanizması mevcut iken koronal dengesizlikte kompensasyon mekanizması karşı taraf diz ve kalça fleksiyonu şeklinde olup bu durum hastayı oldukça rahatsız edici bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır (6). Bundan dolayı cerrahi planlamada her iki eksenli planlama yapmak gerekir. Sagittal dengesizlikle ilgili sınıflama, cerrahi yaklaşım üst ve alt durulacak vertebra seçimleri ile ilgili tedavi protokolleri literatürde bulunmaktadır. Ancak aynı tedavi algoritması koronal dengesizlik için yeterli değildir. Koronal dengesizlikle ilgili ve

tedavi yaklaşımı içeren iki önemli sınıflama bulunmaktadır. Berjano tarafından yapılan sınıflamada deformitenin ilerlemesine neden olan hareketli segmentin füzyon düzeylerinin ve tekniklerinin seçimi ile ilgiliydi (2). İkinci bir sınıflama ise koronal spinopelvik dizilim bozukluğunun kapsamlı bir şekilde değerlendirilip tedavi algoritması öneren Obeid tarafından yapıldı. Bu sınıflamada eğriliğin tipi, sertliği ve lumbosakral bileşkenin dejeneratif durumuna bakılarak cerrahi planlamayı esas alınarak yapıldı (7).

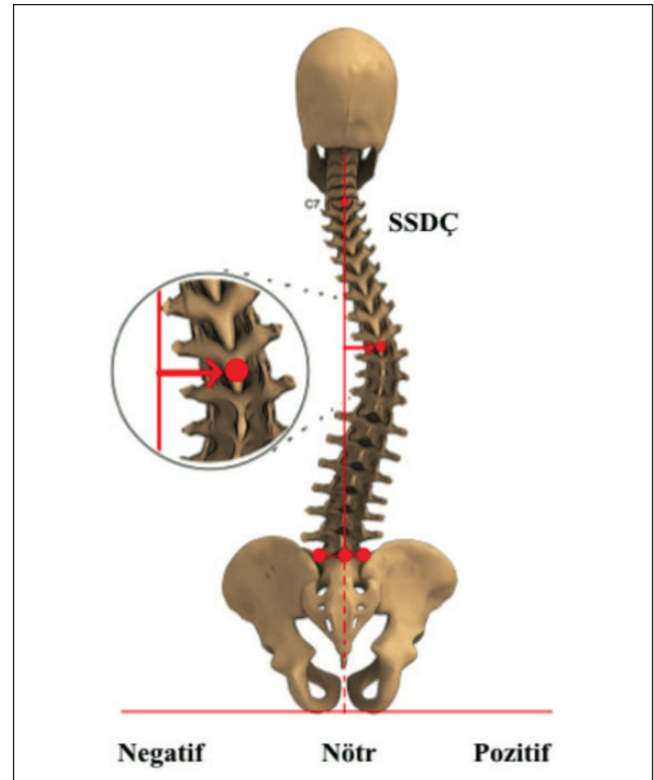
Obeid tarafından yapılan sınıflamada koronal uyumsuzluk temelde konkav tip koronal uyumsuzluk (Tip 1), konveks tip koronal uyumsuzluk (Tip 2) ve koronal olarak hizalanmış omurga (tip 0) olarak üç gruba ayrılır.

Konkav tip koronal uyumsuzluk (Tip 1): Ana koronal eğrinin iç bükeyliğinin yan tarafına T1 plumbline düşmesi ile tanımlanan koronal uyumsuzluktur (Şekil 6). Kendi içinde Tip 1 A ve Tip 1 B olmak üzere iki alt grubu vardır.

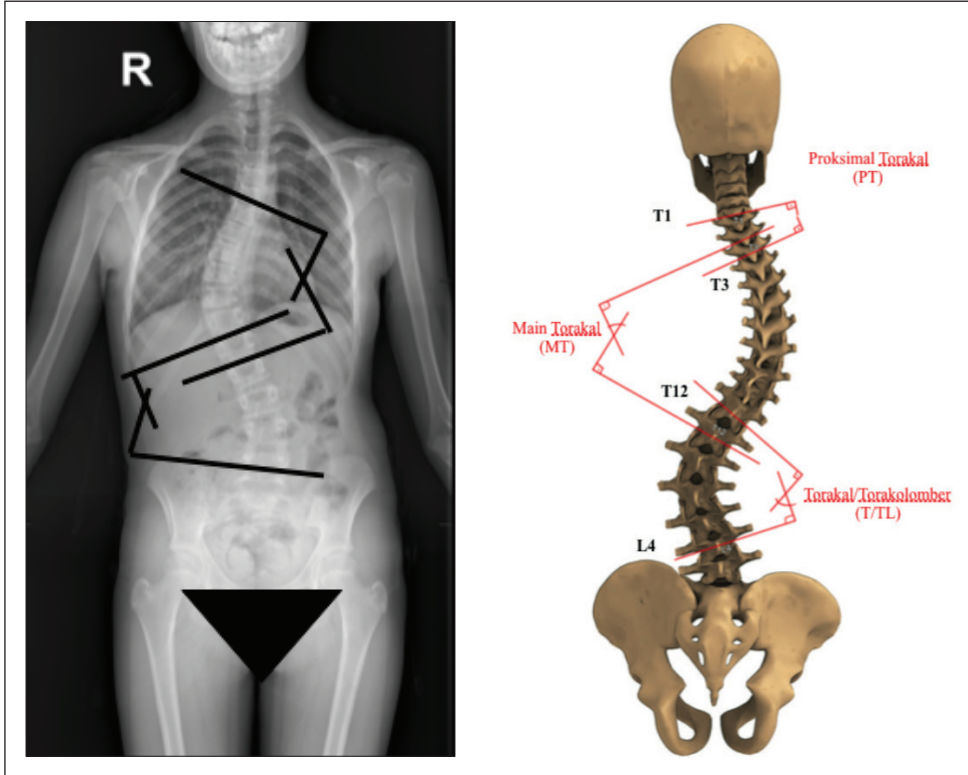
Tip 1 A: Ana Lomber / Torakolomber eğrisi: T12 ve L4 arasında tepe noktası olan ana eğrili olan koronal uyumsuzluk bulur. Düzeltme stratejisi ana eğrinin esnekliğine bağlı olacak şekilde değişir. İkiye ayrılır.



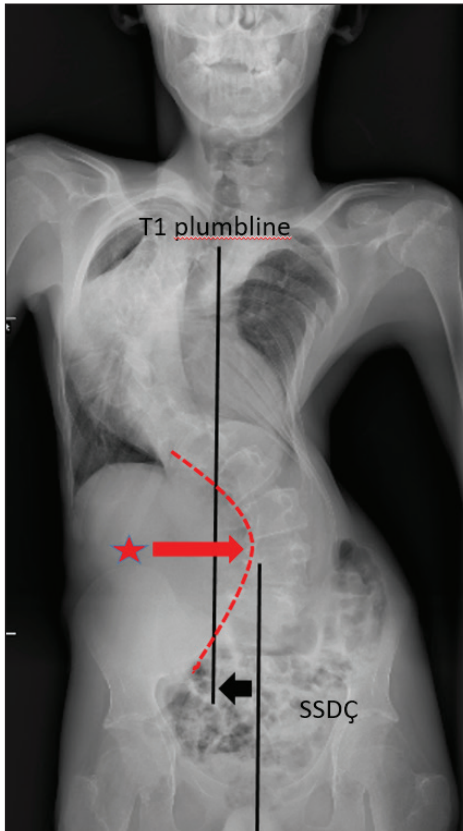
Şekil 3: EV: End vertebra, NV: Nötral vertebra, SV: Stabil vertebra, SSDÇ: Sakrum santral dikey çizgi.



Şekil 4: Sakrum santral dikey çizğine (SSDÇ) en uzak olan diske apikal disk, vertebra ya apikal vertebra denir.



Şekil 5: Üst ve alt end plaklarda çizilen dik hatların oluşturduğu açı Cobb açısıdır.



Şekil 6: Konkav tip koronal uyumsuzluk. ★ İç bükey kısmı olup T1 plumblıne aynı taraftan geçer.

Tip 1A1: Esnek Lomber / Torakolomber ana eğrisi: Ana eğri bükülme sırasında veya potansiyel olarak posterior kısmın serbest bırakıldıktan sonra esnektir. Ana eğriliğin arka kısmını serbest bırakılması ve enstrümantasyon kullanarak düzeltilme genellikle hem ana eğriyi hem de koronal uyumsuzluğu düzeltmek için yeterlidir.

Tip 1A2: Sert Lomber / Torakolomber ana eğrisi: Ana eğrilik serttir. Bu tip eğriliklerde osteotomilerin yeri koronal düzeltmenin yerine göre belirlenmelidir. Apeksine yakın herhangi bir osteotomi dış bükey taraf yönünde koronal translasyon ile otomatik olarak asimetric bir düzeltmeye neden olur. Bu konkav koronal uyumsuzluk durumunda yararlıdır, ancak konveks koronal uyumsuzluk durumunda çok zararlı olabilir. Apeksine yakın gerçekleştirilen osteotomiler aynı zamanda sagittal uyumsuzluğun düzeltilmesine izin verir.

Tip 1B: Ana torasik veya servikotorasik eğriye sahip konkav koronal uyumsuzluktur. Majör torasik eğriliğin sertliği ve büyüklüğü nedeniyle genellikle üç sütunlu bir osteotomi gereklidir.

Konveks tip koronal uyumsuzluk (Tip 2): Ana koronal eğrinin dışbükey tarafında olup genellikle bir lomber, torakolomber veya lumbosakral ana eğrilikleri içerir (Şekil 7). Birçok alt grubu vardır. Hepsinde ortak olarak lumbosakral kavşakta eğik bir kalkış bulunur. Bu tip

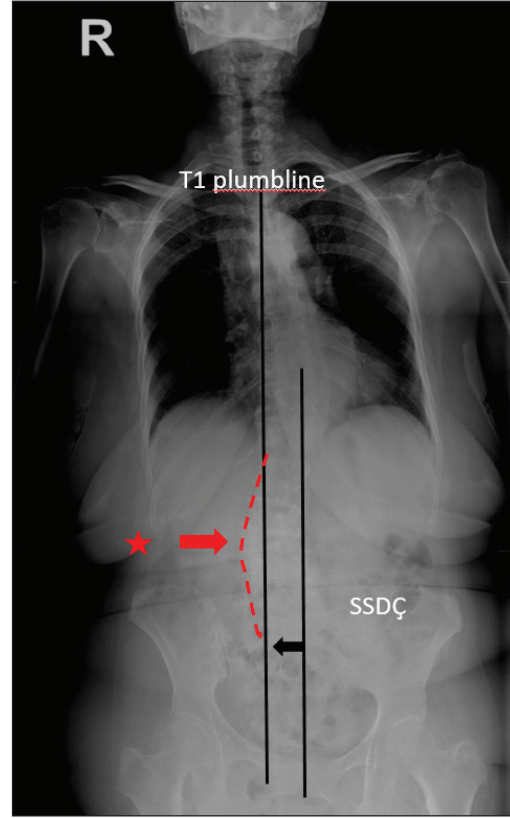
koronal uyumsuzluğun düzeltilmesi lumbosakral eğrinin düzeltilmesine bağlıdır. Tip 2 A ve Tip 2 B olarak ikiye ayrılır.

Tip 2A: Ana lomber veya torakolomber eğrisi: T12 ve L4 arasında tepe noktası olan ana eğriliktir. Ana eğrinin düzeltilmesi koronal uyumsuzluğu artıracaktır. Düzeltme stratejisi lumbosakral segmentin özelliklerine bağlı olacaktır. İkiye ayrılır.

Tip 2A1: Esnek ve dejenere olmayan lumbosakral bağlantı: Lumbosakral bağlantı esnek ve dejenere değilse, ana lomber veya torakolomber eğri düzeltildikten sonra lumbosakral kompanse eğrinin dolaylı olarak düzeltilmesi, hastanın düzeltme sonrası kendi kendini dengelemesi ile elde edilebilir. Bu kendi kendini dengelemeyi sağlamak için füzyonun altında en az iki hareketli segmente sahip olmalı ve distal seviyedeki omuru düzeltmek için ana eğrinin de yeteri kadar düzeltilmesi gerekir.

Tip 2 A2: Dejenere ve sert lumbosakral bağlantı: Lumbosakral bileşke dejenere ise ya da füzyon yapılması gereken bir patoloji varsa tam koronal uyumsuzluk düzeltilmesi yapılmalıdır. L5 veya daha düşük füzyon durumunda ameliyattan sonra kendiliğinden düzeltme olasılığı yoktur. Konveks tip koronal uyumsuzlukta L5 füzyonundan kaçınılmalıdır. Sakropelevik temel üzerinde fiksasyon yapılarak düzeltmek yapılacaksa iliak kanat sakral fiksasyon gereklidir. Lomber eğrinin tepesine yakın herhangi bir osteotomi yapılacaksa gövdeyi dış büyüklüğüne otomatik olarak saptıracak ve konveks tip koronal uyumsuzluğu artıracaktır. Domino konektörleriyle osteotomi kapatılması, asimetrik bir sıkıştırma ve biplanar düzeltmeye izin verir. Konektör koronal uyumsuzluğun ters tarafına yerleştirilmelidir. Düzeltme lomber eğrinin içbükey tarafından yapılmalıdır.

Tip 2B: Ana kısa lumbosakral deformite: Ana eğri lumbosakral olduğundan ve T1 plumbline bu ana eğrinin konkav yanına düştüğünden, teorik olarak konkav bir koronal uyumsuzluktur. Ancak koronal X rayde daha belirgin olan kompanse edici lomber / torakolomber eğri, T1 plumbline konveks yanına düştüğü için konveks koronal uyumsuzluk olduğunu gösterir; bu nedenle, bu patern konveks benzeri koronal uyumsuzluk olarak adlandırılır. Bu durumda, lomber / torakolomber eğri esnek olabilir ve lumbosakral eğrisinin kısa füzyonu yeterli olabilir. Lumbosakral eğri düzeltilmesinden sonra lomber / torakolomber eğrinin kendiliğinden düzelmesi beklenir. Bu deformite paterni L5 düzeyinde genellikle üç sütunlu osteotomiye ihtiyaç duyar. Ana eğri lumbosakraldır ve bu yüzden kesinlikle koronal uyumsuzluğun yönü içbükey olacaktır.



Şekil 7: Konveks tip koronal uyumsuzluk. ★ Dış büyükey kısmı olup T1 plumbline aynı taraftan geçer.

Tip 0: Koronal olarak hizalanmış omurga: Şiddetli lomber eğriler sıklıkla sert bir lumbosakral kompanse edici eğri ile ilişkilidir. Ana eğrinin düzeltilmesi genellikle lumbosakral olandan daha kolaydır ve bu, lomber eğride önemli bir düzeltmeye ve LS eğrisinin daha kısmi düzeltilmesine yol açabilir, bu da lomber omurganın eğik kalkmasına, iki arasında bir uyumsuzluğa neden olabilir. eğrileri (L ve LS) ve son olarak koronal uyumsuzluk lomber eğrinin konveksine doğrudur. Bu nedenle tip 0 cerrahi düzeltmeden sonra potansiyel olarak tip 2 olabilir. Ameliyat sonrası koronal uyumsuzluktan kaçınmak için, cerrah her iki eğrinin dengeli bir düzeltilmesini gerçekleştirmelidir. Bu, lomber eğrinin aşırı düzeltilmesini önleyen kontrollü bir düzeltme ve lumbosakral eğrinin agresif, geniş bir şekilde serbest bırakılması ve düzeltilmesiyle elde edilebilir (7).

Korona dengesizlikte diğer önemli olan sınıflandırmayı Berjano tarafından yapılmıştır. Bu sınıflamada torakolomber veya lomber deformiteleri ve omurganın ilgili bölgesinin bir kısmında hareket segmentlerinde dejenerasyon olan yetişkinlerde cerrahi planlama için tasarlanmıştır.

Tip I: Lokalize apikal olmayan dejeneratif segmente hastalık (dengeli): Ana koronal eğrinin apikal olmayan

bölmelerinde semptomatik dejeneratif segmente hastalık mevcuttur. Deformite cerrahi planı etkilemez. Basit dejeneratif hastalıkta yapılacak aynı seviyelerde seçici füzyon yapılabilir.

Tip II: lokalize apikal dejeneratif segmente hastalık (dengeli): Ana koronal eğrinin apikal segmentlerinde semptomatik dejeneratif segmente hastalık mevcuttur. Seçici füzyon mümkündür, ancak eğrinin tepesinin her iki yanında uzanmalıdır. Bir istisna, dejenere diskin koronal eğrinin tepesinde olduğu tek seviyeli dejeneratif segmente hastalıktır. Kısa füzyon ile eğrinin düzeltilmesi, bitişik esnek disklerin hizalamasının eski haline getirilmesine izin verir

Tip III: Geniş (apikal ve apikal olmayan) dejeneratif segmente hastalık (dengeli): Semptomatik dejeneratif segmente hastalık, ana eğrinin tepe noktasında ya da alt-üst kısmında mevcuttur (sıklıkla lumbosakral bileşkede). Füzyon tüm ana eğriyi içermeli ve gerekirse lumbosakral bileşkeye kadar uzanmalıdır.

Tip IV: Dengesiz omurga: Uzatma filmlerinde lordoz kaybı $> 25^\circ$ ve sagittal deformite düzelmiyor. Güçlü düzeltme yöntemleri (üç sütunlu osteotomiler veya agresif salınım) gereklidir.

Tip IVa: Sagit olarak dengesiz. Koronal dengesizlik yok veya çok az olan şiddetli sagittal dengesizlik içerir.

Tip IVb: Koronal ve sagittal olarak dengesiz. Hem koronal hem de sagittal düzlemdede şiddetli dengesizlik mevcuttur (2).

KAYNAKLAR

1. Barrey C, Jund J, Nosedo O, Roussouly P: Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J* 16:1459-1467, 2007
2. Berjano P, Lamartina C: Classification of degenerative segment disease in adults with deformity of the lumbar or thoracolumbar spine. *Eur Spine J* 23(9):1815-1824, 2014
3. Cobb JR: Instructional course lectures. Ann Arbor MI, Edwards JW (eds), Outline for the Study of Scoliosis, cilt 5, American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1948:261-275
4. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F: The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 30(18):2024-2029, 2005
5. Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy JP: Pelvic tilt and truncal inclination: Two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 34(17):E599-E606, 2009
6. Lamartina C, Berjano P, Petrucci M, Sinigaglia A, Casero G, Cecchinato R, Damilano M, Bassani R: Criteria to restore the sagittal balance in deformity and degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J* 21 Suppl 1:S27-S31, 2012
7. Obeid I, Berjano P, Lamartina C, Chopin D, Boissière L, Bourghli A: Classification of coronal imbalance in adult scoliosis and spine deformity: A treatment-oriented guideline. *Eur Spine J* 28(1):94-113, 2019
8. O'Brien MF, Kuklo TR, Blanke KM, Lenke LG: Spinal Deformitelerde Radyografik Ölçümler. Yaman O (ed). Ankara: Buluş Tasarım, 2018
9. Ploumis A, Simpson AK, Cha TD, Herzog JP, Wood KB: Coronal spinal balance in adult spine deformity patients with long spinal fusions: A minimum 2-5 year follow-up study. *J Spinal Disord Tech* 28:341-347, 2013
10. Rajnics P, Templier A, Skalli W, Lavaste F, Illés T: The association of sagittal spinal and pelvic parameters in asymptomatic persons and patients with isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech* 15:24-30, 2002
11. Schwab F, Lafage V, Boyce R, et al: Gravity line analysis in adult volunteers: Age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. *Spine* 31:E959-E967, 2006
12. Schwab F, Patel A, Ungar B, Farcy JP, Lafage V: Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: How much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 35(25):2224-2231, 2010
13. Thambiraj S, Boszczyk BM: Asymmetric osteotomy of the spine for coronal imbalance: A technical report. *Eur Spine J* 21 Suppl 2: S225-S229, 2012

Derleme / Review

KONJENİTAL SKOLYOZ CONGENITAL SCOLIOSIS

ÖZ

Konjenital skolyoz, embriyogenez sırasında omurga formasyonunda ve/veya segmentasyonunda oluşan bozukluklar nedeniyle intrauterin dönemde gelişen deformitedir. Erken çocukluk döneminde ciddi deformiteye, akciğer ve kardiyak problemlere neden olabildiği gibi; bu problemlerin yaşamın ileri dönemlerine de taşınabilme sıkıntısından dolayı erken tanı ve tedavi önemlidir. Konjenital skolyoz, diğer birçok anomali bulgularıyla birlikte kompleks spinal bir problemdir. Bu yazıda konjenital skolyozun etiolojisi, eşlik eden anomalileri, sınıflaması, doğal seyri ve tedavisi tartışılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Blok vertebra, Hemivertebra, Kama vertebra, Konjenital skolyoz, Unilateral bar

ABSTRACT

Congenital scoliosis is an intrauterine deformity of the spine due to defects in formation and / or segmentation during embryogenesis. It may cause serious deformity, lung and cardiac problems in early childhood. Early diagnosis and treatment is important because of the difficulty in carrying these problems to the later stages of life. Congenital scoliosis is a complex spinal problem associated with many other anomalous findings. In this article, etiology, accompanying anomalies, classification, natural course and treatment of congenital scoliosis have been discussed.

Keywords: Block vertebrae, Hemivertebrae, Wedge vertebrae, Congenital scoliosis, Unilateral bar

GİRİŞ

Konjenital skolyoz (KS), omurganın doğumsal gelişim anomalilerine bağlı olarak gelişen koronal plan deformitesidir. 10° üzerindeki lateral eğrilik sorunları skolyoz olarak kabul edilir. KS hastalarında anomaliler doğumla birlikte vardır ama sıkıntıları yaşamın ileri dönemlerine kadar devam eder. 1000 canlı doğumda 0.5-1 sıklığında izlenir. Goldstein ve ark (6) 1000 canlı doğumda 0,33 olarak (78.500 canlı doğumda 26 hemivertebra) verdikleri prevalans çalışmalarında; erkek/kadın oranı 1/1, tek ve multipl hemivertebra oranı da 2/1 (17 tek, 9 multipl) olarak bildirmişlerdir.

Omurganın şekillenmesi intrauterin 3. ile 5. hafta arasındadır. 20. ile 30. günde tamamlanan formasyon ile 6. haftada tamamlanan segmentasyon aşamalarının tamamına somatogenez adı verilir ve ilk 6 haftada omurganın embriyolojik

gelişimi sırasında skolyoza yol açan anomalilerin geliştiği varsayılmaktadır.

ETİYOLOJİ

Çevresel ve genetik faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir:

Çevresel faktörler

- Hipoksi (anne, fetus veya plasental)
- Gebelikte karbonmonoksit maruz kalmak
- Gebelikte alkol kullanımı
- Gebelikte antiepileptik kullanımı (valproik asit, fenitoin)
- Gestasyonel diabetes mellitus
- Hipertermi

- Retinoik asit, Arsenik, Vitamin A eksikliği, Çinko eksikliği, Folat eksikliği, Borik asit, Nitrik oksid, İkiz varlığı, Organofosfat zehirlenmesi, Sınıf 3 antiaritmik ajan (Almokalant)

Genetik faktörler

- Alagille sendromu (periferik pulmoner stenoz, kolestaz, fasial dismorfizm)
- Klippel-Feil sendromu (kısa boyun, düşük saç çizgisi, servikal vertebra füzyonu, hemifasial mikrosomi, kraniofasial anomaliler)
- Goldenhar sendromu (Oküloaurikülovertebral spektrum) (hemifasial mikrosomi, epibulbar dermoid)
- VACTERL sendromu (Vertebral malformasyonlar, Anal atrezi, Cardiac malformasyonlar, Trakea-Esophageal fistül, Renal anomaliler, Limb defektleri)
- Currarino sendromu (Anormal sakrum, presakral kitle, anorektal malformasyon)
- Lavy Moseley sendromu (Spondilotorasik dizostozis) (global spinal füzyon, tam bilateral kostovertebral

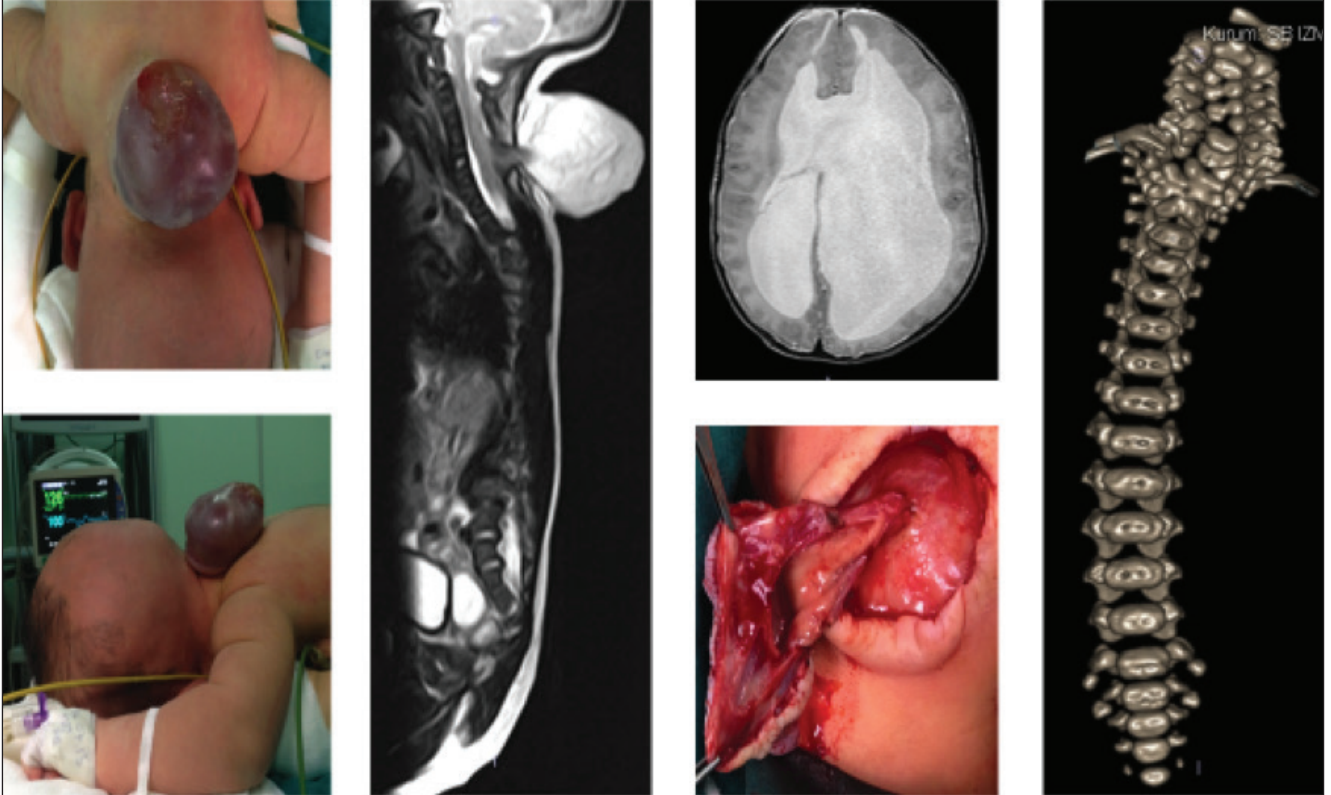
füzyonlar, belirgin şekilde kısa toraks, protuberan abdomen, sıklıkla respiratuar disfonksiyon)

- Jarcho-Levin sendromu (Spondilokostal dizostozis) (multipl vertebra ve kaburga deformiteleri, toraks kısalığı, hemi/malsegmente vertebra, kısa gövde, protuberan abdomen)

Monozigotik ikizlerde KS ortaya çıkışı, hem monozigotik hem de dizigotik ikizlerde artmış olan konjenital malformasyon riskiyle ilişkilidir (5).

EŞLİK EDEN ANOMALİLER

KS hastalarının yaklaşık %90'da santral sinir sistemi, kardiyak, renal, intestinal ve iskelet anomalileri bulunur. Goldstein ve ark (6), tanımladıkları 26 hemivertebra hastasının 23'ünde eşlik eden sistemik anomali varlığını göstermişlerdir. KS ile birliktelik gösteren en sık anomali %35'lik oranla spinal disrafizm'dir (meningosel/meningomyelosel, ayrık omurilik sendromu, Chiari malformasyonu, gergin omurilik sendromu, intradural lipom, siringomyeli vb.) (Şekil 1). Muayene esnasında sırta kılınma, hemanjiom, orta hatta nevüs, lipom, gamze oluşumu, dermal sinüs traktı gibi bul-



Şekil 1: 27 yaşında kadından sezaryen doğum ile doğan term bebek, servikal meningomyelosel nedeniyle kabul edildi. Beraberinde hidrosefali, Chiari tip 2 malformasyonu ve servikotorasik bileşke lokalizasyonlu hemivertebra ile rotoskolyozu mevcuttu. Hastamıza 1. günde kese eksizyonu, 7. günde ise ventriküloperitoneal şant operasyonu uyguladık. Şu anda 8 yaşında olan hastanın, 2 yaş sonrası klinik takibine aile tarafından riayet edilmediği için, servikal skolyozunun seyri hakkında bilgiye sahip değiliz.

gular tespit edilen hastalarda intraspinal anomali varlığından şüphe edilmelidir. Hastaların %25’de Fallot tetralojisi, büyük damarların transpozisyonu, atrial septal defekt ve ventriküler septal defekt gibi konjenital kalp malformasyonları izlenir. %20 hastada ürolojik anomali bulunur (atnalı böbrek, veziköüreteral reflü, hipospadias, tek taraflı renal agenezi/çift böbrek, üreteral obstrüksiyon). Ayrıca bu hasta grubunda Klippel-Feil sendromu, Sprengel deformitesi, konjenital femoral displazi, asetebular displazi, tibia yokluğu gibi iskelet anomalilerine de rastlanır. Ghandhari ve ark (4), KS nedeniyle opere edip 6 yıl boyunca izledikleri 202 hastada eşlik eden vertebra, kaburga ve intraspinal anomalilerin ayrıntılarını paylaşmışlardır. Kaburga anomalisi oranı %57,4 iken, intraspinal anomali oranı %21,8’dir. Vertebral sorunlar sıklıkla alt ve orta torakalde izlenmektedir. En sık izlenen intraspinal anomali, ayrıık omurilik malformasyonu (%36,4) ve siringomyelidir (%18,2). Hem vertebra anomalileri hem de kaburga anomalileri erkeklerde daha sıktır. Kaburga anomalileri sıklıkla basit tiptedir (%70). Füzyone ve bifid kaburga ise kızlarda daha sıktır. Erkek hastalar ve intraspinal anomali eşlik edenlerde eğim progresyonundaki artış çok daha fazladır.

SINIFLAMA

Vertebranın tutulum yerine, deformitenin tipine, anomalinin tipine ve 3 boyutlu bilgisayarlı tomografi kullanılarak yapılan sınıflandırmalar bulunmaktadır.

Anomalinin tipine göre sınıflama

1. Formasyon kusurları

- Tam olmayan
 - Kama vertebra
- Tam
 - Tam segmente hemivertebra
 - Yarı segmente
 - Segmente olmayan

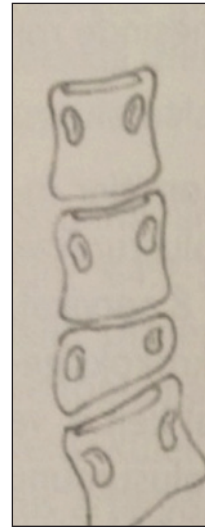
2. Segmentasyon kusurları

- Blok vertebra
- Unilateral bar

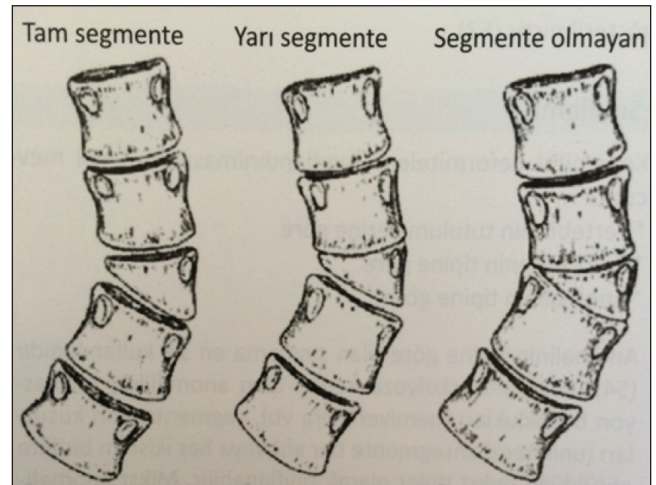
3. Karışık (en sık)

Tam olmayan formasyon kusuru *kama vertebra* olarak tanımlanır ve bir tarafta hipoplastik olsa da bilateral pedikül görülür (Şekil 2). Tam formasyon kusuru *hemivertebra* olarak tanımlanır ve unilateral pedikül oluşumu vardır. Hem alt hem de üst vertebra cismi ile hemivertebra arasında

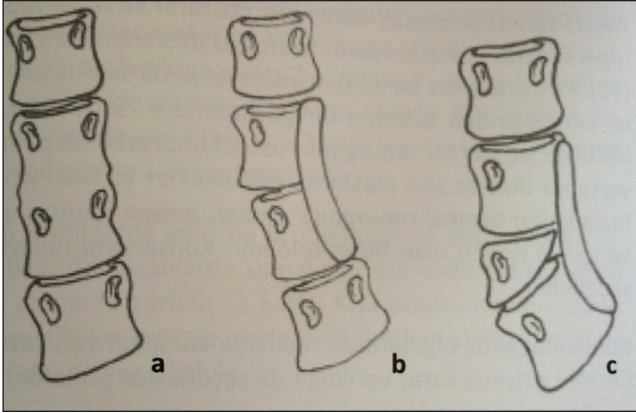
intervertebral disk varsa *tam segmente hemivertebra*; sadece alt veya üst vertebra cismi arasında intervertebral disk materyali varsa *yarı segmente hemivertebra*; hemivertebra ile alt ve üst vertebra cisimleri arasında intervertebral disk yok yani füzyon varsa *segmente olmayan hemivertebra (ansegmente)* sınıflandırılır (Şekil 3). Segmentasyon kusurları, iki vertebra arasında anormal füzyon olması olarak tanımlanır. Bu füzyon iki taraflı olursa *blok vertebra*, tek taraflı olursa *unilateral bar* olarak tanımlanır (Şekil 4). Hem segmentasyon hem de formasyon anomalisinin birlikte görüldüğü karışık anomali en sık görülen durumdur (Şekil 4c). Karışık bir anatomik görünüm vardır ve şiddetli deformiteler oluşur. Bu sınıflama direkt grafi üzerine dayandığı için karışık olguları değerlendirmek problemidir. Bu nedenle üç boyutlu bilgisayarlı tomografi (3D BT) kullanılarak değişik sınıflama önerileri getirilmiştir (7).



Şekil 2. Tam olmayan formasyon kusuru. Kama vertebra.



Şekil 3. Tam formasyon kusurları.



Şekil 4: Segmentasyon kusurları. A) Blok vertebra, B) Unilateral bar C) Tam segmente hemivertebra + Unilateral bar.

3D BT'ye göre sınıflama

- Tip 1 → soliter basit
- Tip 2 → multipl basit
- Tip 3 → kompleks
- Tip 4 → segmentasyon kusuru

DOĞAL SEYİR

KS hastalarının yarısında deformitelerinde çok hızlı kötüleşme olur. %25'de yaşam boyunca deformitelerinde değişiklik gözükmez iken, %25'de ılımlı progresyon izlenir. Deformitenin artması açısından en iyi prognoz blok vertebra hastalarında iken, en kötü prognoz ise unilateral ansegmente bar ile kontralateral hemivertebra'ya (UAB+KH) sahip olanlardır. Kama vertebra'da eğrilik yılda 1-2° ilerlerken, UAB+KH yılda 14° kötüleşebilir. Tam segmente hemivertebra ve multipl hemivertebra'da durum hastanın pubertede olup olmamasına ve lokalizasyona göre (üst torakal/torakolomber gibi) değişiklik göstermekle birlikte, yıllık eğrilik artması 2-3°'dir. Lokalizasyon, yaş ve cinsiyet doğal seyri etkiler. Kızlarda, ilk 5 yaşta ve adolesan çağda prognoz daha kötüdür. Geçiş bölgelerindeki eğrilikler (servikotorasik, torakolomber, lumbosakral) daha hızlı ilerler. Torakal eğrilik, servikal ve lombere göre daha progresiftir. Multipl olan eğrilikler, tek olanlara göre daha kötüdür. Konveks tarafın kemik kalitesi, eğriliğin ilerleyip ilerlemesinde önemli bir etkendir.

KS hastalarındaki en sık mortalite nedeni, restriktif AC hastalığı ve kronik kalp hastalıklarıdır. Tedavi edilmemiş 115 KS hastasının 60 yıllık izlemini bildiren yayında; gerçekleşen 55 ölümün; 21'inde solunumsal, 17'sinde ise kardiyovasküler nedenlerin olduğu belirtilmiş ve ölüm oranınının 20 yaşa kadar normal, 40 yaşında ise normalin 3 katı daha sık olduğu vurgulanmıştır (10).

TEDAVİ

KS, genellikle rijit bir skolyozdur. Bazı özel durumlarda konservatif tedavi patolojinin doğal seyrini olumlu etkilese de, sıklıkla KS da tercih edilen bir tedavi yaklaşımı değildir. Özellikle keskin, kısa, açılı deformitelerde; korseler oldukça yetersizdir. Uzun ve fleksible bir skolyoz ile kompensatuar sekonder yapısal skolyozlarda korse tedavisi faydalı olabilir. Cerrahi tedavi kararı; hastanın yaşına, deformitenin tipine, eğriliğin şekline, deformitenin doğal seyrine, eşlik eden anomaliler var ise bunların ciddiyetine göre karar verilir Cerrahi tedavi; deformiteyi düzeltmeyi, ciddi deformite gelişmemişse bunun gelişmesini engellemeyi, göğüs kafesi büyümesi ile akciğer fonksiyonlarını korumayı ve bunları yaparken omurganın büyüme potansiyelini dikkate almayı amaçlar.

Omurga maksimum büyümesini öncelikle ilk 3 yaşta, sonrasında ise pubertede sağlar. Bu dönemlerde en fazla 4-6 ay aralıklarla izlem yapılmalı ve deformitenin artma potansiyeline göre cerrahi tedavi yöntemi belirlenmelidir. Eğer cerrahi yapılacak ise erken dönemde yapmakta fayda vardır. Tedavi edilmeyen hastaların %75'den fazlasında, 10 yaşından sonra omurga eğriliklerinde 40° fazla bir artış olduğu görülür.

Eğer özellikle torakolomber lokalizasyonda ise torasik eğimler en kötü prognoza sahip olanlardır. Yavaş progresyonuna rağmen servikotorasik eğimler, lumbal ve lumbosakral eğimlere göre daha şiddetli estetik sorunlara yol açar. Çift eğrilikler daha hızlı ilerler.

En şiddetli progresyon UAB+KH hastalarındadır. Bunu sırasıyla multipl hemivertebra, tek hemivertebra, kama vertebra ve blok vertebra izler. Eşlik eden kaburga anomalilerinin eğim şiddetini ve progresyonunu etkilemesi ise hâlâ tartışmalı bir konudur.

40-50° üzerindeki skolyotik eğimler, progresyonu gösterilen eğimler ve unilateral bara sahip olan eğimler (kontralateral hemivertebra olsun veya olmasın) özellikle de çocuk 5 yaşın altında ise mutlak cerrahi endikasyona sahiptir (8).

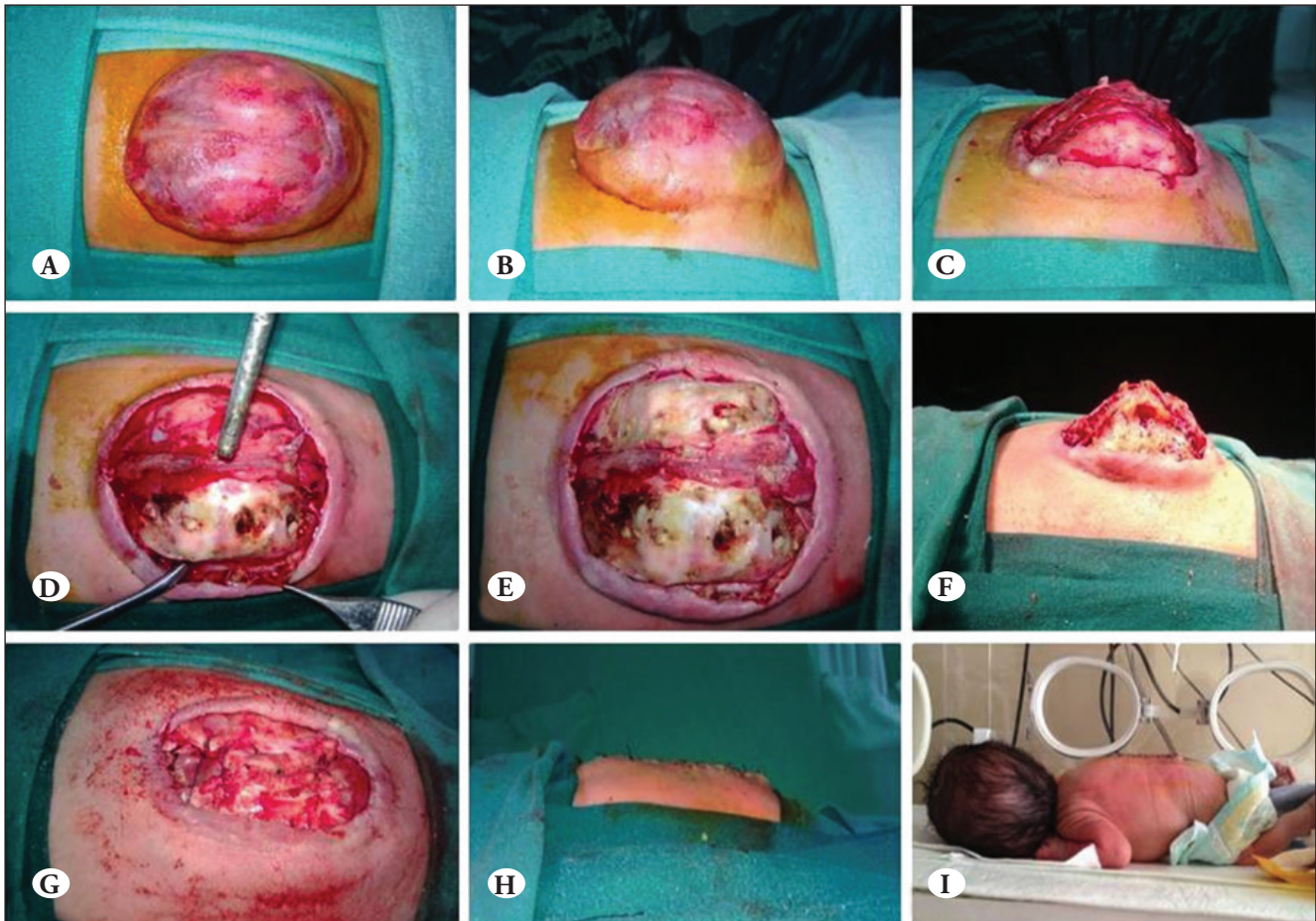
Füzyon ve enstrümantasyon: Eğriliğinin ilerlemesi tehdidi bulunan ve kısa segment minimal deformiteye sahip 5 yaşından küçük hastalar profilaktik füzyon için aday olabilir. Bu hastalarda gövde dengesizliği olmamalı ve eğrilik 40° den az olmalıdır. Enstrümansız füzyonda, eğrilik 4°-15° iyileşir fakat bu iyileşme zamanla kaybolur. Enstrümantasyon, düzeltmeyi 11°-26°'ya kadar iyileştirebilir, ancak zamanla yaklaşık 10° düzeltme kaybedilecektir. Literatürde, enstrümanlı ve enstrümansız füzyonları doğrudan karşılaştıran az sayıda çalışma

vardır. Literatür, enstrümantasyonlu ve enstrümantasyonlu prosedürlerin benzer şekilde düşük nörolojik risk ve füzyon başarısızlıkları, eğrilik progresyonu veya vakaların dörtte birinde yeniden ameliyat oranı sunduğunu göstermektedir (3). Enstrümantasyon daha iyi bir başlangıç düzeltmesi ve daha düşük psödoartroz sağladığından, özellikle implant teknolojisi ve güvenlik profilleri geliştikçe, KS cerrahi tedavisinde enstrümantasyonlu füzyona doğru genel bir kayma olmuştur. Uzun segment füzyon ve enstrümantasyon, akciğer büyümesini bozabilme ve torasik yetmezlik sendromu riskinden dolayı 8-10 yaşından önce kontrendikedir.

Meningomyeloselli ve ciddi kifozu olan yenidoğanlarda, dural sakın kapatılması esnasında yapılacak olan kifektomi işlemi

oldukça güvenli bir yöntemdir (Şekil 5). Meningomyeloselli yenidoğanlarda neonatal dönemde yapılan kifektomi işlemi, kifektomisiz meningomyelosel defekt kapatmalarına göre ciddi bir kifoz korreksiyonu gerçekleştirdiğinden dolayı, çok daha hızlı yara yeri iyileşmesi sağlar (Şekil 6). Ayrıca, eğer yaşamın ileriki dönemlerinde geçirilecek olan revizyon cerrahileri var ise, bu cerrahilerin daha kolay yapılabilmesi gibi bir avantajı da vardır (9).

Konveks hemiepifizyodesiz: Hasta büyüdükçe deformitede düzelleme sağlayan ve deformitenin konveks tarafına füzyon uygulanarak gerçekleştirilen bir yöntemdir. 5 yaş altı, tam segmente hemivertebra ve konkav tarafta büyüme potansiyeli olan hastalar, bu işlem için ideal olan adaylardır. Cobb açısı 25° üzerinde, kostovertebral açı farkı (KVAf)

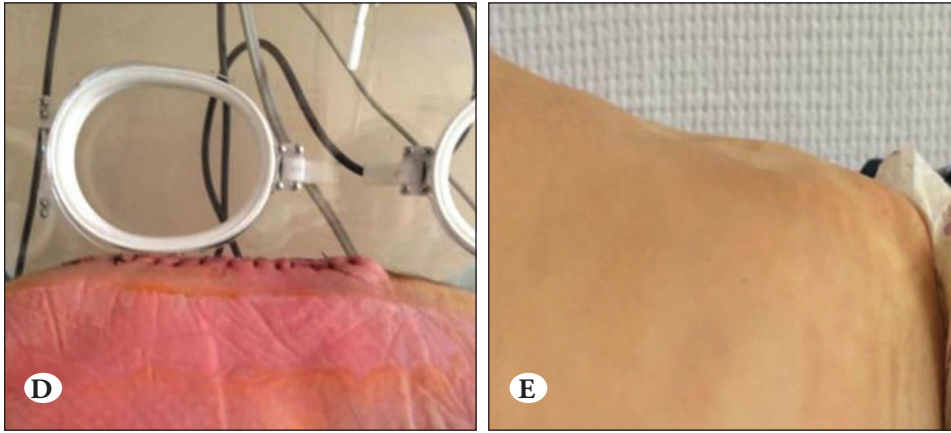
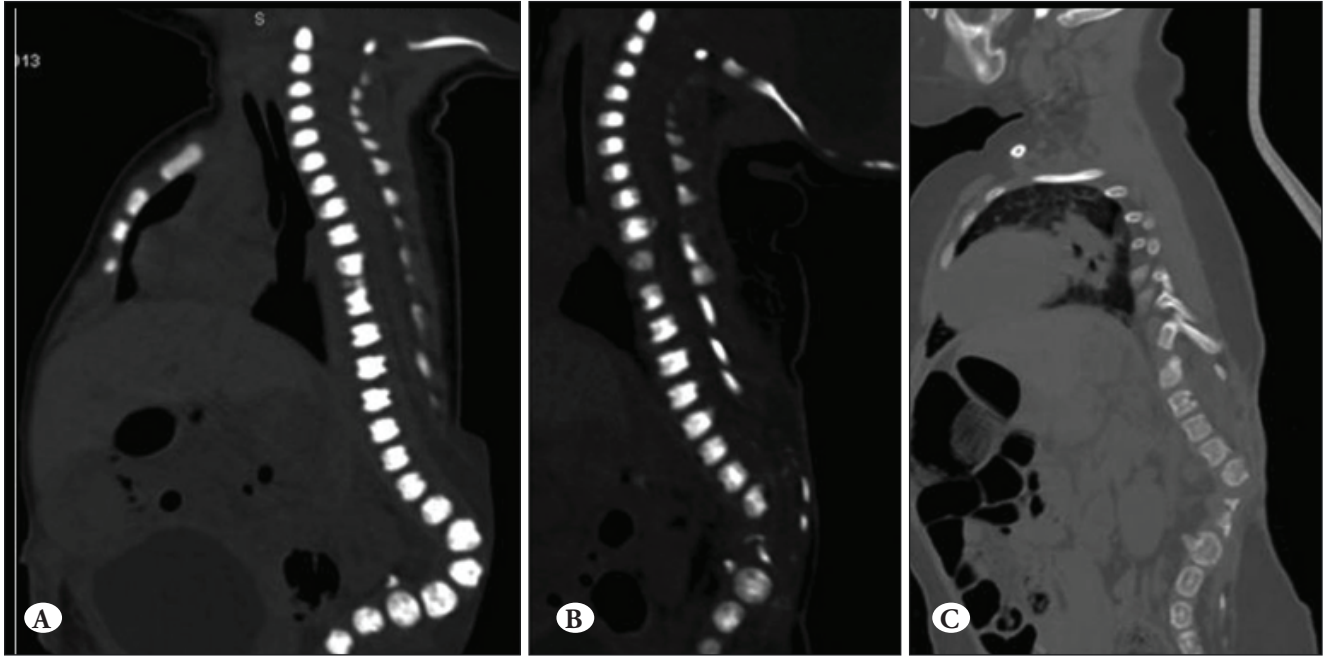


Şekil 5: A) İşlem sırasında meningomyeloselin önden görünümü. B) İşlem sırasında meningomyeloselin yandan görünümü. C) İlk kesi ve dural ekspoşürden sonra, lumbodorsal fasya, sakral spinalis ve quadratus lumborum'un ayrılıp transvers proçesler açığa çıkarılır. D, E) Gibbus deformitesini ortaya çıkarmak için bipolar elektrokoter diseksiyonu kullanılır. Korpus transvers proçeslerden lateralden anteriora ve mediale doğru subperiosteal diseksiyon ile izole edilir. Kifoza; lateralden orta hatta doğru, sağ ve sol yarılar dönüşümlü olarak yaklaşılır. Bir periost kaşığı dural sakın posterior longitudinal ligamandan ayrılması sağlanır. Kese nazikçe eleve edilir ve vertebral gövdeye erişim sağlamak için dural sak kesilip bağlanmasına gerek kalmaz. Periost kaşığı ön yapılara zarar vermeyi önlemek amaçlı da kullanılır. F) Vertebrektomi için 8 mm yüksek hızlı drill kullanılır. G, H) Dura'nın onarımından sonra yan kaslar, quadratus lumborum ve lumbosakral fasya kapatılır. I) Ameliyattan sonra yenidoğan yüzüstü pozisyona getirilir.

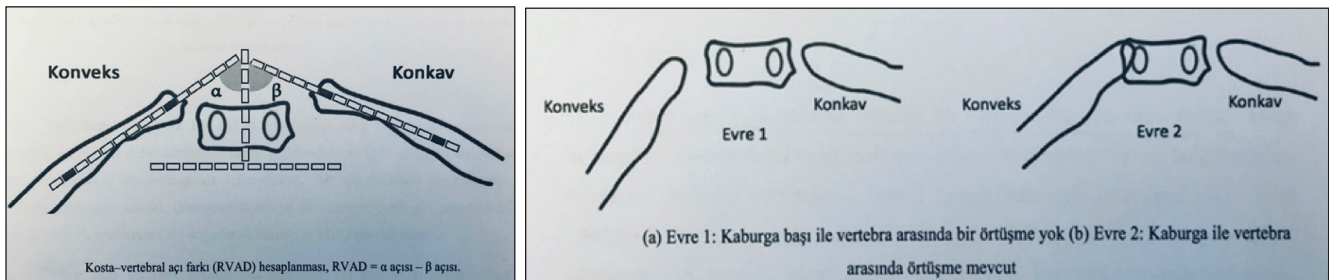
20° üzerinde ve evre 2 eğriliği olan hastaların eğriliklerini ilerleyeceği öngörülür (Şekil 7). Anterior ve posterior kombine uygulama deformitenin hem sagittal hem de koronal planda tedavisini mümkün kılar (Şekil 8).

Hemivertebral eksizyonu: KS hastalarında vertebral kolon rezeksiyonunun birincil nedeni hemivertebral eksizyondur.

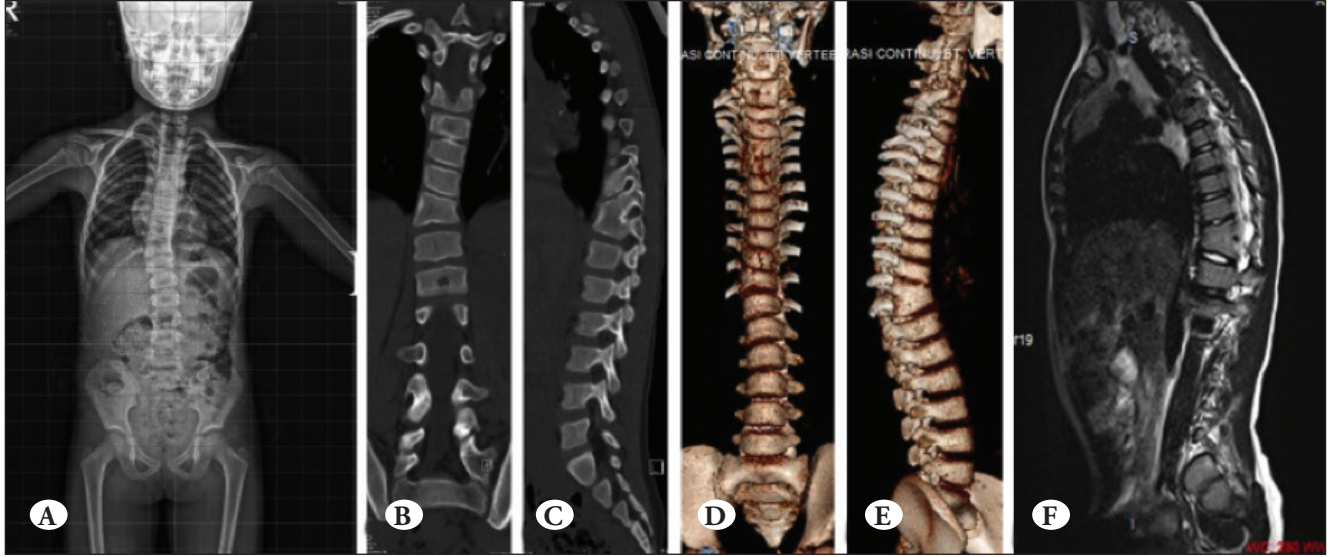
Hemiepifzyodez, in situ füzyon veya rezeksiyonsuz enstrümantasyonlu füzyon ile karşılaştırıldığında, hemivertebral eksizyonunun daha iyi eğrilik düzeltmesi sağladığı ancak daha yüksek nörolojik risk yaratma potansiyeli olduğu düşünülmektedir. Torakolomber bileşke veya lomberde yerleşmiş, izole semi veya tam segmente hemivertebrası olan hastalar bu cerrahi için idealdir.



Şekil 6: 2780 gr meningo-myeloselli ve ciddi kifotik deformiteli term bebeğe, doğumunun 3. gününde kese kapatılması esnasında kifektomi (L3ve L4 total vertebrektomi) uygulandı. A) pre operatif BT, B) post operatif 1. hafta BT, C) post operatif 2. yıl BT, D) post operatif 1. hafta cilt görünümü E) post operatif 2. yıl cilt görünümü.



Şekil 7: Kostovertebral açı farkı (KVA) hesaplanması ile kaburga ve vertebra arasındaki örtüşme ilişkisine yönelik evreleme.



Şekil 8: Nörolojik muayenesi normal olan 8 yaşındaki kız hasta sırtındaki eğrilik nedeniyle başvurdu. Direkt grafi (A), üç boyutlu dahil BT (B, C, D, E) ve manyetik rezonans görüntüleme tetkikinde (F) T11 tam segmente hemivertebra saptandı. Cobb açısı 26°, kifoz açısı 56°, KVAf: 21° ve evre 2 eğriliği olan hastaya, posterior konveks epifizyodesis uygulandı. Post operatif 1. yıl kontrolünde Cobb açısı 17°, kifoz açısı 64° olarak tespit edildi.

Uzayan rodlar: Uzayan rodlar, iskelet matürasyonu tamamlanana kadar uzun segment progresif deformitesi olan genç hastaları tedavi etmek için tercih edilen yöntemdir. Amaç, deformiteyi kontrol etmek ama aynı zamanda spinal ve pulmoner büyümeye izin vermektir. Uzayan rod tedavisi için iki ana yaklaşım vardır: tek rodlu ve çift rodlu teknik. Tek rod tekniğinde, üst üste binen konturlu rodlar, omurganın konkav tarafı boyunca proksimal ve distal olarak sabitlenir. İkili rod tekniğinde, proksimal ve distal konturlu rodlar, her iki tarafa implante edilir; aynı taraftaki rodların durumu 6 aylık aralıklarla merkezi bir tandem konnektör aracılığıyla izlenir. Çift rod tekniği, tek rod tekniğine göre üstün eğri düzeltmesi ve kontrolü sunduğu için popüler hâle gelmiştir.

Ekspansiyon torakoplasti ve VEPTR (Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib): İskelet matürasyonu tamamlanmamış ve toraksı etkileyen deformitesi olan olgularda, toraks kapasitesini artırmak için, kotalara distraksiyon aracıyla uygulanan cerrahi yöntemdir. Kaburga füzyonlarının hemitoraksı daralttığı durumlarda, hemitorasik hacmi artırmak için ilk olarak kama osteotomileri yapılmalıdır. Hemitoraks daha sonra VEPTR implantları ile stabilize edilir ve 4-6 aylık aralıklar ile distraksiyon uygulanır. Büyüme çağı tamamlanınca yeterli torakal hacim elde edilince füzyon cerrahisi uygulanır (2).

Büyüme rehberli sistemler: Büyüme rehberli sistemler, rodun kademeli olarak yer değiştirmesine izin vermek için rodların omurgalara yapıştırılmış implantlar boyunca

kaymasına izin verir. Nöromüsküler, sendromik, idyopatik ve KS dahil olmak üzere çeşitli skolyotik etiyojilerde kullanılmıştır. Bu yöntemler içinde, Shilla tekniği ve modern Trolley tekniği bulunmaktadır. Shilla tekniğinde rodlar, proksimal ve distal omurgalara tutturulmuş açık pedikül vidaları vasıtasıyla apikal füzyon laminasına yapıştırılır. Modern Luque Trolley tekniğinde ise, proksimal ve distal olarak sabitlenmiş rodlar, büyümenin sublaminar teller ve açık pedikül vidaları tarafından yönlendirildiği apikal eğrilikte üst üste gelir (1).

SONUÇ

KS, diğer birçok sistemik anomalinin de eşlik edebildiği karmaşık bir omurga problemidir. Bu çocukların yönetimi ve bakımı için mutlaka multidisipliner bir yaklaşım gereklidir. Çeşitli cerrahi tedavi seçenekleri bulunmaktadır. Bu seçenekler içinde hasta için en uygun olanı iyi değerlendirilmeli ve uzun zaman gerekecek olan tedavi başarısı için sabır gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Andras LM, Joiner ER, McCarthy RE, McCullough L, Luhmann SJ, Sponseller PD et al; Growing Spine Study Group: Growing rods versus Shilla growth guidance: better Cobb angle correction and T1-S1 length increase but more surgeries. Spine Deform 3:246-252, 2015
2. Campbell RM Jr, Smith MD: Thoracic insufficiency syndrome and exotic scoliosis. J Bone Joint Surg Am 89:108-122, 2007

3. Farley FA, Have KL, Hensinger RN, Streit J, Zhang L, Caird MS: Outcomes after spinal fusion for congenital scoliosis instrumented versus uninstrumented spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 36: E112-E122, 2011
4. Ghandhari H, Tari HV, Ameri E, Safari MB, Fouladi DF: Vertebral, rib, and intraspinal anomalies in congenital scoliosis: A study on 202 caucasians. *Eur Spine J* 24:1510-1521, 2015
5. Giampietro PF: Genetic aspects of congenital and idiopathic scoliosis. *Scientifica* 31:1-15, 2012
6. Goldstein I, Makhoul IR, Weissman A, Drugan A: Hemivertebra: Prenatal diagnosis, incidence and characteristics. *Fetal Diagn Ther* 20:121-126, 2005
7. Kawakami N, Tsuji T, Imagama S, Lenke LG, Puno RM, Kuklo TR, Spinal Deformity Study Group: Classification of congenital scoliosis and kyphosis: A new approach to the three-dimensional classification for progressive vertebral anomalies requiring operative treatment. *Spine (Phila Pa 1976)* 34:1756-1765, 2009
8. Mackel CE, Jada A, Samdani AF, Stephen JH, Bennett JH, Baaj AA, Hwang SW: A comprehensive review of the diagnosis and management of congenital scoliosis. *Childs Nerv Syst* 34: 2155-2171, 2018
9. Özdemir N, Özdemir SA, Özer EA: Kyphectomy in neonates with meningomyelocele. *Childs Nerv Syst* 35:673-681, 2019
10. Pehrsson K, Larsson S, Oden A, Nachemson A: Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. *Spine (Phila Pa 1976)* 17:1091-1096, 1992

Dr. Ali BÖREKÇİ¹, Dr. Ahmet ÖĞRENCİ², Dr. Sedat DALBAYRAK²
¹Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahi Kliniği, İstanbul
²Okan Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahi Kliniği, İstanbul

Derleme / Review

NÖROMÜSKÜLER SKOLYOZ NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS

ÖZ

Nöromüsküler skolyoz (NMS), idiyopatik skolyozdan (IS) sonra en yaygın ikinci omurga deformitesidir ve ilk olarak erken çocukluk çağında görülür. Serebral palsi (SP), NMS'un en yaygın nedenidir ve bunu Duchenne musküler distrofi (DMD) izler. İlerleyen omurga deformitesi günlük bakımda, yürümeye ve oturmada zorluklara neden olur. NMS'un cerrahi olarak korreksiyonu ve stabilizasyonu, deformitesi 40–50 dereceden büyük olan hastalarda düşünülmektedir. Literatürde cerrahi yaklaşımlar (kombine anterior-posterior, sadece posterior) konusunda fikir birliği yoktur. Hastalar için en önemli hedefler: fonksiyonun korunması, günlük bakımın kolaylaştırılması ve ağrının hafifletilmesidir. İleri spinal merkezlere yapılan erken sevk, NMS'un erken teşhisi ve multidisipliner yönetimin sağlanması açısından önemlidir.

Anahtar Sözcükler: Duchenne musküler distrofi, Füzyon, Growing rod, Nöromüsküler skolyoz, Pelvik oblisite, Serebral palsi

ABSTRACT

Neuromuscular scoliosis (NMS) is the second most common spinal deformity following idiopathic scoliosis. The two common causes of the NMS is cerebral palsy (CP) and duchenne muscular dystrophy (DMD) respectively. Progressive spinal deformity leads to difficulties of daily care, walking and sitting. If the deformity is more than 40-50 degrees, surgical correction and stabilization must be evaluated. In the current literature there is no consensus on the surgical approaches (combined anterior-posterior or posterior-only). Most important tasks for patients are, assuring the function, providing easy daily care, ensuring adequate pain relief. Directing patient to a advanced spine center in an early aspect is mandatory to provide early and multidisciplinary management.

Keywords: Duchenne muscular dystrophy, Fusion, Growing rod, Neuromuscular scoliosis, Pelvic obliquity, Cerebral palsy

GİRİŞ

Nöromüsküler skolyoz (NMS), idiyopatik skolyozdan (IS) sonra en sık görülen ikinci spinal deformitedir. NMS'lu hastalarda kas-iskelet ve nörolojik bozukluklara ek olarak sıklıkla kalp, mide, bağırsak ve solunum bozuklukları da görülür. Skolyoz yönetimi bu nedenle karmaşıktır ve dikkatli multidisipliner tedavi gerektirir (21).

Epidemiyoloji ve Etiyoloji

En sık görülen nöromüsküler hastalıklarda skolyoz insidansı Tablo 1'de gösterilmiştir. SP, NMS'un en yaygın nedenidir ve

bunu DMD izler. Nöromüsküler hastalığı olan çocuklarda gövde ve pelvis boyunca zayıf kas kontrolü, kas güçsüzlüğü ve bazen spastisite nedeniyle omurga deformiteleri gelişmektedir. Anormal eğrilik; hızlı iskelet büyümesi sırasında posterior spinal ve abdominal kasların genel zayıflığı nedeniyle, yetersiz bir şekilde desteklenen vertebral kolon üzerindeki yerçekimi etkisinin bir sonucu olarak gelişir (28). Walker ve ark. intra-tekal baskı pompası ile tedavi edilen SP'li hastalarda yeni NMS gelişmesi veya mevcut skolyozun ilerlemesi açısından yakın takip edilmesi gerektiğini bildirmiştir (30).

Tablo 1. En sık görülen nöromusküler hastalıklarda skolyoz insidansı

Klasifikasyon	Tanı	Skolyoz insidansı %
Üst Motor Nöron	Serebral Palsi	25-74
	Siringomyeli	25-85
Alt Motor Nöron	Akut Anterior Poliomyelit	17-65
	Spinal Musküler Distrofi	67
	Hereditör motor duyuşal nöropati	26
Üst ve alt motor nöron mikst	Miyelodisplazi	60
	Travmatik paralizi	100
	Miyelomeningosel	52-89
Spino serebellar disfonksiyon	Friedrik ataksi	80
Nöromusküler kavşak	Myasteni	bilinmiyor
Musküler	Duchen Musküler Distrofi	90
	Artrogripozis	30-67

Klinik Belirtiler ve Prezantasyon

NMS ilk olarak erken çocukluk döneminde görülür. Başlangıçta hasta yatar vaziyette ya da traksiyon ile düzeltilebilen fleksibl olan postüral eğrilik, genellikle geç çocukluk ve pübortal büyüme esnasında torsiyonel ve rijit bir deformiteye dönüşür (28). NMS'un tipik eğriliği; torasik ve lomber omurgayı etkileyen uzun, çöken "C" harfi şeklindedir (14). Deformite genellikle pelvisi kapsayacak şekilde uzanır ve pelvisin büyük bir yarısı eğrinin konkav tarafına karşılık gelecek şekilde pelvik oblisite oluşturur. Şiddetli bir skolyoz ve pelvik oblisite; kalça subluksasyonu ve çıkığı ile birlikte ise, displastik kalça eklemi içindeki yer değiştirmiş femur başını yeniden konumlandırmak için cerrahi tedaviden önce yatay bir pelvis oluşturmak için genellikle spino-pelvik deformiteyi tedavi etmek gerekir. Skolyozla bağlantılı olarak gövdenin çökmesi ile birlikte kifotik bir deformite de nöromusküler hastalıklarda yaygındır (11).

Semptomlar

Deformitenin ilerlemesi spino-pelvik dengesizliğe yol açar ve sonuçta işlev kaybı ile sonuçlanır. Yürüme ve oturma yeteneği zorlaşarak ağrıya ve hastanın yatağa hapsolmesine neden olabilir. Gövdenin rotasyonu ve kısalması; kalp ve akciğerlerin kompresyonuna, kostaların hareketliliğinin azalmasına ve solunum kapasitesinin kısıtlanmasına neden olabilir. Önceden var olan yutma zorlukları ve gastro-özofageal reflüde alevlenme meydana gelebilir. Pelvik oblisite nedeniyle kalça bölgesinde asimetrik yüklenme bası yaralarına neden olabilir (21).

Radyolojik Değerlendirme

Radyolojik değerlendirmede yapılması gereken tetkikler; standart ap-pa grafiler, standart lateral grafiler, yana eğilme grafileri, destekli grafiler, traksiyon grafileri, bilgisayarlı tomografi ve MR görüntülemeleridir.

Spinal deformitenin açısal büyüklüğü Cobb tekniği ile ölçülür. Eğri içine en fazla eğilmiş son vertebralar belirlenir. Doğru belirlenmiş son vertebralar arası ölçüm en büyük Cobb ölçümünü verecektir. Cobb açısının ölçümü için proksimal son vertebranın proksimal end-plate'i ve distal son vertebranın end-plate'inden geçen çizgilerin birleşmesiyle meydana gelen açıdır. Vertebra rotasyonu ölçme konusunda yeterli değildir. Bu ölçümde önce proksimal ve distal nötral sabit vertebralar belirlenmelidir. Koronal plandaki sakrum merkezli çizilen hattı ortalayan vertebra, stabil vertebra olarak adlandırılır. Nötral vertebra ise aksiyal planda rotasyona uğramayan son vertebradır. Başka bir deyişle en az rotasyona uğramış vertebradır. NMS'da sıklıkla koronal dengesizlik gözlenmektedir. Lordo-skolyotik bulguları olan IS'un aksine NMS bir kifo-skolyotik deformiteye benzer. Pelvis özellikle dikkatle değerlendirilmelidir. Pelvik obliklik NMS için patognomoniktir (20)

Konservatif Tedavi

NMS'u olan hastalar için en önemli hedefler; fonksiyonun korunması, günlük bakımın kolaylaştırılması ve ağrının hafifletilmesidir. Hafif fleksibl deformiteye sahip olgular gözlem ile yönetilebilir (12). NMS'un progresyonu mevcutsa korse ile destek düşünülebilir. Genel olarak nöromusküler hastalığı olan olgularda deformitenin ilerlemesini önlemede korsenin etkisiz olduğu kabul edilmektedir. Korse cerrahi

müdahale ihtiyacını değiştirmese de, operasyonun kontrendike olduğu veya rededildiği hastalarda ve küçük fleksibl eğriliği olan çocuklarda kullanılabilir (29). Blomkvist ve ark. korsenin NMS'lu çocuklarda oturma fonksiyonu üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu bildirdiler (3). Fizyoterapi nöromusküler hastalıkların genel bakımında yaygın olarak uygulanır, ancak NMS için herhangi bir etiyolojik faktörü iyileştirmez ve yerleşik bir skolyozun ilerlemesini engellemez (7).

Cerrahi Tedavi

Genel olarak 40 veya 50 dereceden daha büyük bir eğriliğe ve işlevde önemli bir bozulmaya sahip hastalar için cerrahi tedavi düşünülmektedir. Cerrahi tedavi spinal defomiteyi, pelvik oblisiteyi, koronal ve sagittal dengeyi düzeltmeyi ve sağlam bir füzyon elde etmeyi amaçlamaktadır. Defomiteyi düzeltmek için genellikle posterior yaklaşım tercih edilir (21). SP'li hastalarda gelişmesine izin verilebilecek şiddetli eğrileri olan olgular için zorluk, defomiteyi kontrol ederken spinal büyümeyi yönetmektir. 60-90 derece büyüklüğündeki eğriler için defomite klinik ve radyografik incelemelerde rijit hâle geldiğinde cerrahi düşünülmektedir. Omurga fleksibl kalırsa eğrilik yaklaşık 90 dereceye ulaşana kadar cerrahi ertelenebilir ve posterior enstrümantasyon teknikleri ile düzeltilebilir. Rijit eğrilikler veya sabit pelvik oblisitesi olan 90 dereceden büyük defomiteler için, esnekliği artırmak ve daha iyi bir korreksiyon sağlamak için posterior spinal füzyona ek olarak omurganın anterior kolonunun serbestleştirilmesi gerekebilir; bu kombine prosedür operasyonla ilişkili potansiyel morbiditeyi ve komplikasyonları artırır.

NMS'da defomitenin enstrümantasyonu ve füzyonu genellikle üst torasik omurgadan (T2 vertebra) sakrum / pelvise uzanır. Bu sistem enstrümantasyonun üzerinde ve altında tekrarlayan defomitelerin gelişmesini önler (6). Önemli pelvik defomitenin yokluğunda hastaların lumbo-sakral bileşkesini korumak için enstrüman sistemi alt lomber omurgada sonlandırılabilir (23). Nöromusküler skolyozda cerrahi sınırlara karar verirken idiyopatik skolyozda olduğu gibi yapısal eğriliğin füzyona katılması gerekir, ancak farklı olarak lateral direkt grafilerde kifozun sınırları iyi belirlenmeli ve füzyon seviyesi belirlenirken kifoz da füzyona katılmalıdır (13). Tondevold ve ark. 91 ambulatuar olmayan NMS'lu hasta serilerinde; hastaların 40 tanesine L5'e, 51 tanesine pelvise uzanan fiksasyon sistemi uyguladılar. Pelvik fiksasyonun, hem ana eğriliğin hem de pelvik oblisitenin ve ayrıca genel koronal dengenin düzeltilmesine daha fazla izin verdiğini saptadılar. Preop koronal ve sagittal dengesizliğin mevcut olduğu, ambulatuar

olmayan tüm NMS'lu çocuklarda pelvik fiksasyonu önerdiler (27) Üst torakal bölgeden pelvise uzanan uzun spinal füzyon; non-ambulatuar hastalara oturma dengesi sağlar, pulmoner hastalıkların ve skolyozun ilerlemesini geciktirir. Öte yandan enstrüman sistemi ve füzyon, lumbo-sakral bölgeye uzatıldığında ambulatuar hastalarda da fonksiyonel aktivitede bozulmaya neden olur. NMS'un ambulasyon kaybının ardından hızla geliştiği ve ilerlediği bildirilmiştir. Bu nedenle ambulasyonu sürdürmek amacıyla seçici spinal füzyon yapmak hastalığın ilerlemesini engelleyebilir (26).

Master ve ark. yapmış oldukları bir retrospektif çalışmada NMS'da ambulatuvar olmayan durumun, 60 derece ve daha yüksek bir Cobb açısının majör komplikasyonların en büyük belirleyicisi olduğunu bildirdiler. Bu nedenle eğriliğin 60 derece üzerine çıkmadan operatif müdahale edilmesini önerdiler (15). Büyüme koruma teknikleri (growing rod), ileri ancak fleksibl eğrilikleri olan genç hastalarda defomite seviyesini kapsayan ve sıklıkla pelvise uzanan geçici bir önlem olarak kullanılabilir. Bu yöntem omurganın uzamasına izin verirken, eğriliğin artmasını engellemektedir ve spinal kaslar atrofi hastalarda etkili bir strateji olarak bildirilmiştir (5).

Modi ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada NMS nedeniyle opere ettikleri 26 olguluk serilerinde, anterior gevşetme prosedürü olmaksızın sadece posterior pedikül vida enstrümantasyonu ile kabul edilebilir miktarda korreksiyonun sağlanabileceğini bildirdiler (17). Shao ve ark. 602 hastalık bir meta-analizde NMS korreksiyonunda kombine (anterior-posterior) yaklaşımlar ile sadece posterior yaklaşımın benzer olduğunu; ancak kombine yaklaşımın pelvik oblisitenin düzeltilmesi ve skolyozdaki postop erken dönem ile takipler esnasında saptanan açı kaybının gözlenmemesi avantajına sahip olduğunu saptadılar. Sadece posterior yaklaşımın operasyon süresi, kan kaybı, hastanede kalış süresi ve komplikasyonlar açısından avantajları olduğunu bildirdiler (24).

Bekmez ve ark. pedikül çıkarma osteotomisinin (PSO) ileri ve rijit NMS'un korreksiyonunda bir seçenek olabileceğini; posterior kolon osteotomilerine göre ameliyat süresini, transfüzyon ihtiyacını ve hastanede kalış süresini artırmadan pelvik oblisitenin daha iyi düzeltilmesini sağlayacağını saptadılar. PSO'nun uzun bir öğrenme eğrisine sahip zorlu bir prosedür olduğunu ve diğer tekniklerin istenen cerrahi hedefleri karşılamadığı durumlar için yedekte tutulması gerektiğini bildirdiler. Anestezi altında elde edilen traksiyon grafilerinin cerrahi karar vermede değerli bir teknik olduğunu vurguladılar (2).

Miladi ve ark. NMS'lu 100 hastalık olgu serilerinde, proksimalde 4 laminar hook ve distalde ilio-sakral vidalarla pelvise minimal invazif bir yaklaşımla implante edilmiş iki taraflı çift rodlu (teleskopik rod) sistem ile T1'den pelvise uzanan füzyonsuz operasyon uyguladılar. Bu füzyonsuz tekniğin; omurga ve torasik büyümeyi koruyarak güvenli ve etkili olduğunu, spinal deformitenin ve pelvik oblisitenin önemli ölçüde korreksiyonunu sağladığını bildirdiler (16).

Funk ve ark. opere ettikleri 80 NMS'lu hastanın 57 tanesine rijit, 23 tanesine rijit olmayan enstrümantasyon sistemi uyguladılar ve rijit enstrümantasyon grubunda; maliyetin daha yüksek olmasına rağmen, anterior gevşetme operasyonunun daha az gereksinim duyulduğunu, hem Cobb açısının hem de pelvik oblisitenin korreksiyonun daha başarılı olduğunu ve re-operasyon gerektiren psödoartroz oranlarının daha düşük olduğunu saptadılar (8).

Aksen ve ark. NMS nedeni ile opere ettikleri 36 olguluk vaka serilerinde; NMS tedavisinde posterior spinal füzyonun proksimal torasik omurgadan, bilateral iliak vidalarla pelvise uzatılmasının daha iyi fonksiyonel sonuçlar sağladığını bildirdiler (1). Jain ve ark. ise sakral-alar-iliak fiksasyonun (5 yıllık takip) NMS'lu hastalarda koronal eğriliğin ve pelvik oblisitenin korreksiyonunda etkili bir yöntem olduğunu bildirdiler ve deneyimlerine göre 9 mm çaplı vidalar tavsiye ettiler (9).

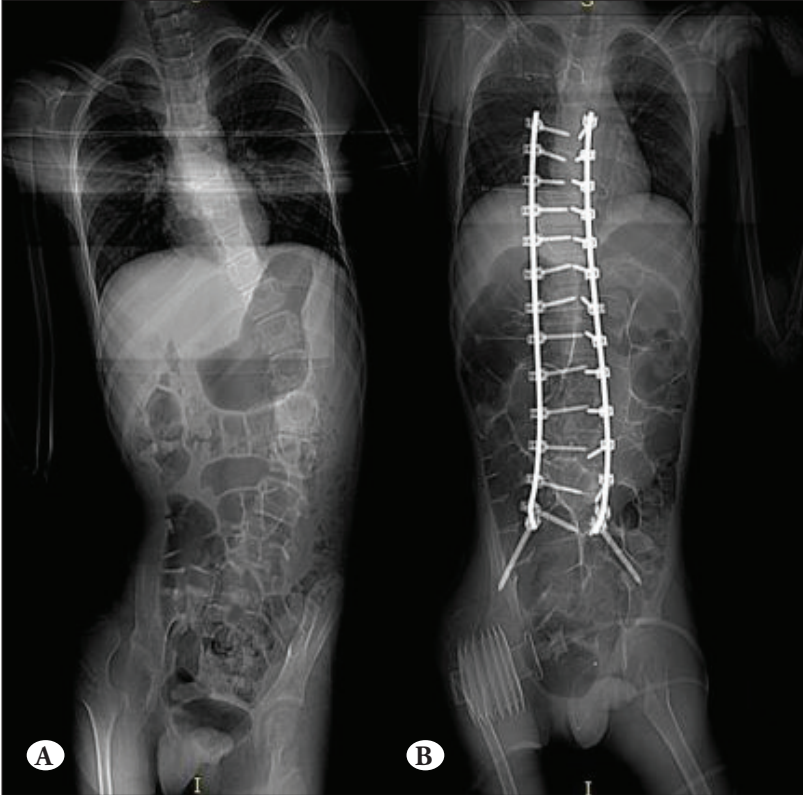
Borges ve ark. NMS'lu hastalarda koronal skolyotik deformitelerin düzeltilmesine rağmen çalıştıkları grupta spino-pelvik parametrelerde anlamlı bir değişiklik olmadığını saptadılar (4). Nordon ve ark. NMS nedeniyle opere edilen hastaların memnuniyetinin; doğrudan deformitenin korreksiyon derecesine bağlı olmadığını, korreksiyon prosedürünün başarısı ile hasta memnuniyeti arasındaki ilişkinin karmaşık ve çok faktörlü olduğunu bildirdiler (19).

OLGU

14 yaşında erkek hastanın yapılan tetkiklerinde progressif olarak artan skolyotik deformitesi saptandı. Kalça problemi de olan ve eğriliği alt lomberden başlayan hastanın deformitesinden dolayı oturmakta dahi zorlandığı görüldü. Hastanın herhangi bir vertebral anomali görülmedi (hemivertebra vs..) Hastaya nöromusküler skolyoz tanısı ile eğriliğe uygun üst torakalden iliak kemiklere uzanan nöromonitorizasyon altında stabilizasyon uygulandı. Postoperatif deformitenin düzeldiği görüldü (Şekil 1).

KOMPLİKASYONLAR

Rumella ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada intraoperatif nöromonitorizasyonun ve yalnızca posterior yaklaşımların artarak kullanımının NMS'daki yüksek komplikasyon oranları ile mücadele edebileceğini bildirmişlerdir (22).



Şekil 1: Preoperatif çekilebilen (CT scannogram) grafilerde yüksek dereceli nöromusküler skolyoz görülmekte (A) iken postoperatif anlamlı derecede düzeltim görülmektedir (B).

NMS'da spinal füzyon prosedürlerinin komplikasyon oranları % 24-75 arasında değişmektedir (18).

Diğer skolyoz tipleri ile karşılaştırıldığında NMS en yüksek komplikasyon oranına sahiptir, bunu konjenital (%10,6) ve idiyopatik skolyoz (%6,3) izlemektedir. Sharma ve ark. postoperatif 15.218 NMS'lu hasta üzerinde yapmış olduğu meta-analizde pulmoner komplikasyonların en yaygın olduğunu (% 22,71), ardından sırasıyla implantla ilişkili komplikasyonların (% 12,51), enfeksiyonların (% 10,91), nörolojik komplikasyonların (%3,01) ve psödoartrozun (%1,88) olduğunu saptadılar (25). Jalanko ve ark. opere ettikleri 91 NMS'lu hastada % 7 uzamış paralizik ileus, % 7 disfaji, % 1 gastroparezi gibi gastrointestinal komplikasyonlar saptadılar. Bu komplikasyonların çoğu geri dönüşümlü iken, postoperatif hastanede kalış süresini uzattığını ve bir kısmının gastrointestinal morbiditeye neden olduğunu bildirdiler. Rijit skolyozun bu komplikasyonlar için en önemli risk faktörü olduğunu, sadece posterior spinal füzyondan sonra önemli gastrointestinal komplikasyonların daha az sıklıkta görüldüğünü iddia ettiler (10).

SONUÇ

Diğer skolyoz tipleri ile karşılaştırıldığında NMS en yüksek komplikasyon oranlarına sahiptir ve yönetimi oldukça karmaşıktır. Erken teşhisi ve ileri spinal merkezlere yapılan erken sevk, multidisipliner yönetimin sağlanması açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

1. Akesen B, Atıcı T, Ulusaloğlu AC: Acta Orthop Traumatol Turc 52(6):435-437, 2018
2. Bekmez S, Ozhan M, Olgun DM, Suzer A, Ayvaz M, Demirkıran HG, Karaagaçoğlu E, Yazıcı M: Pedicle subtraction osteotomy versus multiple posterior column osteotomies in severe and rigid neuromuscular scoliosis. Spine (Phila Pa 1976) 43(15):905-910, 2018
3. Blomkvist A, Olsson K, Eek MN: The effect of spinal bracing on sitting function in children with neuromuscular scoliosis. Prosthet Orthot Int 42(6):592-598, 2018
4. Borges PA, Zelada FGB, Dos Santos Barros TF, Letaif OB, da Rocha ID, Marcon RM, Cristante AF, Barros-Filho TEP: A comparative study of sagittal balance in patients with neuromuscular scoliosis. Clinics (Sao Paulo) 72(8):481-484, 2017
5. Chandran S, McCarthy J, Noonan K, Mann D, Nemeth B, Guiliani T: Early treatment of scoliosis with growing rods in children with severe spinal muscular atrophy: A preliminary report. Journal of Pediatric Orthopedics 31(4):450-454, 2011
6. Errico TJ, Petrizzo A: Introduction to spinal deformity. Errico TJ, Lonner BS, Moulton AW (eds), Surgical Management of Spinal Deformities. Philadelphia: Elsevier, 2009:3-12
7. Ferrari A, Ferrara C, Balugani M, Sassi S: Severe scoliosis in neurodevelopmental disabilities: Clinical signs and therapeutic proposals. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine 46(4):563-580, 2010
8. Funk S, Lovejoy S, Mencio G, Martus J: Rigid instrumentation for neuromuscular scoliosis improves deformity correction without increasing complications. Spine (Phila Pa 1976) 41(1):46-52, 2016
9. Jain A, Sullivan BT, Kuwabara A, Kebaish KM, Sponseller PD: Sacral-Alar-Iliac fixation in children with neuromuscular scoliosis: Minimum 5-year follow-Up. World Neurosurg 108:474-478, 2017
10. Jalanko T, Helenius I, Pakarinen M, Koivusalo A: Gastrointestinal complications after surgical correction of neuromuscular scoliosis: A retrospective cohort study. Scand J Surg 107(3): 252-259, 2018
11. Karampalis C, Tsirikos AI: The surgical treatment of lordoscoliosis and hyperlordosis in patients with quadriplegic cerebral palsy. The Bone & Joint Journal 96(6): 800-806, 2014
12. Lebel DE, Corston JA, McAdam LC, Biggar WD, Alman BA: Glucocorticoid treatment for the prevention of scoliosis in children with Duchenne muscular dystrophy: Long-term follow-up. The Journal of Bone and Joint Surgery American 95(12):1057-1061, 2013
13. Lee GA, Betz RR, Clements DH 3rd, Huss GK: Proximal kyphosis after posterior spinal fusion in patients with idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976) 24(8):795-799, 1999
14. Lonstein JE, Akbarnia A: Operative treatment of spinal deformities in patients with cerebral palsy or mental retardation. An analysis of one hundred and seven cases. The Journal of Bone and Joint Surgery American 65(1):43-55, 1983
15. Master DL, Son-Hing JP, Poe-Kochert C, Armstrong DG, Thompson GH: Risk factors for major complications after surgery for neuromuscular scoliosis. Spine 36(7):564-571, 2011
16. Miladi L, Gaume M, Khouri N, Johnson M, Topouchian V, Glorian C: Minimally invasive surgery for neuromuscular scoliosis. Spine (Phila Pa) 43(16):968-975, 2018
17. Modi HN, Suh SW, Song HR, Fernandez HM, Yang JH: Treatment of neuromuscular scoliosis with posterior-only pedicle screw fixation. J Orthop Surg 3:23, 2008.
18. Mohamad F, Parent S, Pawelek J, Marks M, Bastrom T, Faro F, et al: Perioperative complications after surgical correction in neuromuscular scoliosis. J Pediatr Orthop 27:392-397, 2007

19. Nordon DG, Lugão AF, Machado LC, Marcon RM, Cristante AF, de Barros TE Filho, Letaif OB: Correlation between the degree of correction of neuromuscular scoliosis and patient quality of life. *Clinics (Sao Paulo)* 72(2):71-80, 2017
20. Özeren E, Çavuş G, Dalbayrak S: Spinal deformitelerde radyolojik görüntüleme yöntemleri. Dalbayrak S, Yaman O, Kaptanoğlu E, Şimşek S, Ateş Ö, Daldıç A (eds), *Spinal Deformiteler*. Ankara: Türk Nöroşirürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahi Öğretim ve Eğitim Grubu Yayınları 2015: 29-37
21. Roberts SB, Tsirikos AI: Factors influencing the evaluation and management of neuromuscular scoliosis: A review of the literature. *J Back Musculoskelet Rehabil* 29(4):613-623, 2016
22. Rumalla K, Yarbrough CK, Pugely AJ, Koester L, Dorward IG: Spinal fusion for pediatric neuromuscular scoliosis: national trends, complications, and inhospital outcomes. *J Neurosurg Spine* 25(4):500-508, 2016
23. Sengupta DK, Mehdiyan SH, McConnell JR, Eisenstein SM, Webb JK: Pelvic or lumbar fixation for the surgical management of scoliosis in duchenne muscular dystrophy. *Spine* 27(18):2072-2079, 2002
24. Shao ZX, Fang X, Lu QB, Hu ZC, Shao SY, Hu YB, Wu AM, Wang XY: Comparison of combined anterior-posterior approach versus posterior-only approach in neuromuscular scoliosis: A systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 27(9):2213-2222, 2018
25. Sharma S, Wu C, Andersen T, Wang Y, Hansen ES, Bünger CE: Prevalence of complications in neuromuscular scoliosis surgery: A literature meta-analysis from the past 15 years. *Eur Spine J* 22:1230-1249, 2013
26. Tanida A, Tanishima S, Mihara T, Narita A, Maegaki Y, Nagashima H: Selective spinal fusion for neuromuscular scoliosis in a patient with pompe disease. *JBJS Case Connect* 7:15, 2017
27. Tondevold N, Lastikka M, Andersen T, Gehrchen M, Helenius I: Should Instrumented spinal fusion in nonambulatory children with neuromuscular scoliosis be extended to L5 or the pelvis. *Bone Joint J* 102-B(2):261-267, 2020
28. Tsirikos AI: Development and treatment of spinal deformity in patients with neurological or myopathic conditions. *Orthopaedics and Trauma* 25(6):425-34, 2011
29. Vialle R, Thevenin-Lemoine C, Mary P: Neuromuscular scoliosis. *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research OTSR Suppl* (99)1:124-139, 2013
30. Walker KR, Novotny AS, Krach LE: Does intrathecal baclofen therapy increase prevalence and / or progression of neuromuscular scoliosis? *Spine Deform* 5(6):424-429, 2017

Dr. Semih Kıvanç OLGUNER, Dr. Yurdal GEZERCAN
Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Adana

Derleme / Review

SCHEUERMANN KİFOZU

SCHEUERMANN'S KYPHOSIS

ÖZ

Kifotik deformiteler, anormal derecede artmış posterior konveks açılanmalar olarak tanımlanır. Skolyotik deformitelerden farklı olarak genellikle tek düzlem deformitesi olarak görülürler. Özellikle torasik bölgede görülen kifozun birçok nedeni olabilir. Postural roundback, postlaminektomi kifozu, postenfeksiyöz kifoz, posttravmatik kifoz, ankilozan spondilit, konjenital nedenler ve Scheuermann kifozu bu nedenler arasında en sık görülenleridir.

Kifoz tedavisinde temel prensip nörolojik fonksiyonu koruyarak sagittal planın restore edilmesidir. Nötral sagittal denge ayakta yan omurga grafisinde değerlendirilir. C7 orta noktasından indirilen şakül hattı sakrumun posterior superior köşesinden geçmelidir. Vertebranın kifotik deformitelerinde nötral sagittal denge bozulmaktadır. Sagittal plan deformitesi sonuç olarak kozmetik kötüleşmeye, ağrıya ve ilerlemiş vakalarda pulmoner fonksiyonlarda bozulmaya neden olabilir. Bu bölümde önemli bir kifotik deformite olan Scheuermann kifozu etiopatogenez, tanı ve tedavi olarak ayrıntılı olarak incelenecektir.

Anahtar Sözcükler: Kifoz, Sagittal denge, Scheuermann kifozu

ABSTRACT

Kyphotic deformities are defined as abnormally increased posterior convex angulations. Unlike scoliotic deformities, they are generally seen as a single plane deformity. Kyphosis, specifically in the thoracic region, can have many causes. Postural roundback, postlaminectomy kyphosis, postinfectious kyphosis, posttraumatic kyphosis, ankylosing spondylitis, congenital causes and Scheuermann's kyphosis are the most common causes.

The basic principle in the treatment of kyphosis is to restore the sagittal plane by preserving neurological function. Neutral sagittal balance is evaluated on standing lateral spine radiography. The plumb line descended from the C7 midpoint should pass through the posterior superior corner of the sacrum. Neutral sagittal balance is impaired in kyphotic deformities of the vertebra. Sagittal plane deformity may eventually cause cosmetic deterioration, pain, and, in advanced cases, pulmonary dysfunction. In this section, Scheuermann's kyphosis, which is an important kyphotic deformity, will be examined in detail in terms of etiopathogenesis, diagnosis and treatment.

Keywords: Kyphosis, Sagittal balance, Scheuermann kyphosis

Anatomi

Omurganın dört temel eğriliği bulunmaktadır. Bunlardan torasik ve sakral bölge kifotik paternde iken lomber ve servikal bölge lordotiktir. Doğum sonrası vertebra; oksiput ile koksiks arası kifotik özellikte iken baş kontrolü gelişmesi takiben servikal bölge lordotik özellik kazanmaya başlar. Yürümeyle birlikte lomber lordoz gelişmeye başlar. Doğum

sonrası gelişen lordotik kompensatuar eğrilikler daha rijid bir bölge olan torasik bölgenin kifozunu kompanse eder ve ayakta sagittal dengeyi sağlamaktadır. Scoliosis Research Society (SRS) torasik kifoz açısını adölesanlarda yaklaşık 20-40° olarak kabul etmektedir ve torakolomber bileşkede veya lomber bölgede kifozu anormal olarak kabul etmiştir (36). Torasik omurgada fleksiyon, ekstansiyon ve lateral

bending hareketleri kostovertebral eklemlerin göğüs kafesi ile olan ilişkisine bağlı olarak limitlidir. Sternum ve kostalar torasik bölgeye ek olarak stabilite sağlamaktadır. Koronal yerleşimli faset eklemler axial rotasyona izin vermektedir. T10-T12 arası yerleşimli faset eklemler daha çok sagittal planda yerleşimli olup lomber bölgeye geçiş özellikleri taşımaktadır.

Etiyoloji

1921 yılında Scheuermann postural hunchback'ten farklı bir antite olan torakal ve torakolomber yerleşimli rijid kifozu tanımladı (1). Sorensen bu patolojiyi radyolojik olarak en az 3 ardışık vertebrada 5° anterior kamalaşma, sonplak düzensizliği ve Schmorl nodülleri olarak tarif etti (35). Bradford daha sonra farklı bir varyant olan, vertebrada anterior kamalaşma olmadan artmış torakal kifozlu Scheuermann hastalığını tanımladı (4). Toplumda sık görülen bir deformitedir. Kadın- erkek oranı birbirine eşit olup prevalansının 0.4-10% arasında olduğu bildirilmiştir (5,35). Adölesan çağda görülen torakal ve torakolomber kifozun en sık nedenidir (Şekil 1). Genellikle ağrısız seyrederek ve erken tanı alan düşük dereceli vakalar egzersiz ve korse ile tedavi edilebilir (23,28).

Etiyoloji tam olarak bilinmese de bazı teoriler ortaya atılmıştır. Scheuermann; vertebra ring apofizinde meydana gelen osteonekrozun vertebrada longitudinal büyümeyi kısıtladığını öne sürdü ve kamalaşmayı buna bağladı (32). Schmorl, disk içeriğinin sonplak zayıflığına bağlı olarak vertebra içerisine girdiğini ve vertebra yüksekliğini azaltarak kamalaşmaya neden olduğunu belirtti (33). Bazı genetik

faktörler ve büyüme hormonu anomalisi sebep olarak öne sürülse de kesin nedeni hâlen tam olarak bilinmemektedir.

Sınıflama

Scheuermann kifozu tipik ve atipik olarak ikiye ayrılır. Tipik formda apeks genellikle T7-9 arası yerleşimli iken atipik formunda genellikle torakolomber bileşke yerleşimlidir. Tipik formda Sorensen'in tanımladığı radyolojik değişiklikler izlenir. Atipik formda ise sonplak düzensizlikleri ve disk değişiklikleri izlenirken 3 ardışık vertebrada kamalaşma görülmeyebilir (3).

Doğal Seyir

Uzun dönem sonuç bildiren çalışmalar incelendiğinde Scheuermann kifozunun selim seyrettiği söylenebilir (24,30). 46 yıllık takip sonuçları bildirilen 19 hastanın değerlendirildiği çalışmada ortalama torasik kifoz açısı 46° (25-78) den 60° (34-82) ye yükseldiği bulunmuştur ve Scheuermann hastalığının uzun süren takip süresi neticesinde hafifçe progresse olduğu bildirilmiştir (30). Bir başka çalışmada 32 yıllık sonuçlar bildirilmiş ve 67 hasta incelemiştir. Bu çalışma neticesinde 85° altında eğriliği olan hastaların sırt ve bel ağrısı yakınmalarının sık olduğu gözlemlenmiş ancak işe gitmeme nedeni olmadığını bildirmiştir (24). 37 yıllık takip sonucu bildiren bir çalışmada da Scheuermann hastalarının günlük yaşam aktiviteleri sırasında sırt ağrısı ve işgöremezlik riski kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmakla birlikte, Scheuermann hastaları arasındaki torasik kifoz derecesi, sırt ağrısı, yaşam kalitesi veya genel sağlık ile ilişkili bulunmamıştır (29).



Şekil 1: 18 yaşında Scheuermann kifoz tanılı erkek hastanın AP, yan ve öne eğilmiş resimleri.

Konservatif Tedavi

Genel bir yaklaşım olarak 50-80° arasındaki eğrilikler konservatif olarak tedavi edilir (13,27). Korse tedavisinin Scheuermann kifoza tedavisindeki etkinliği ise tartışmalıdır. Düşük dereceli ve fleksible eğriliklerde korse tedavisi önerilirken rijid eğriliklerde ise etkinliği gösterilmemiştir (22,28). Korse tedavisi dışında sırt ekstansörlerini güçlendiren egzersizler konservatif tedavide yardımcı olabilir (2,10).

Cerrahi Tedavi

Scheuermann kifoza tedavisinde cerrahi endikasyonlar ilerleyici kifoz, şiddetli ağrı ve belirgin deformitedir. 80° üzeri eğrilikler cerrahi olarak tedavi edilir. Polly ve ark.'nın cerrahi endikasyonları inceleyen çalışmasında 150 hasta değerlendirmeye alınmış, cerrahi ve cerrahi olmayan şekilde hastalar iki gruba ayrılmıştır (27). Bu çalışmada cerrahi yapılan hastaların ortalama torakal kifozu 73°, yapılmayanların ise 70° olarak bulunmuştur. Cerrahi yapılan hastalarda ağrı ve düşük hasta memnuniyetinin (dışgörünü) cerrahi tedaviye karar vermede önemli rolü olduğunu belirtmişlerdir.

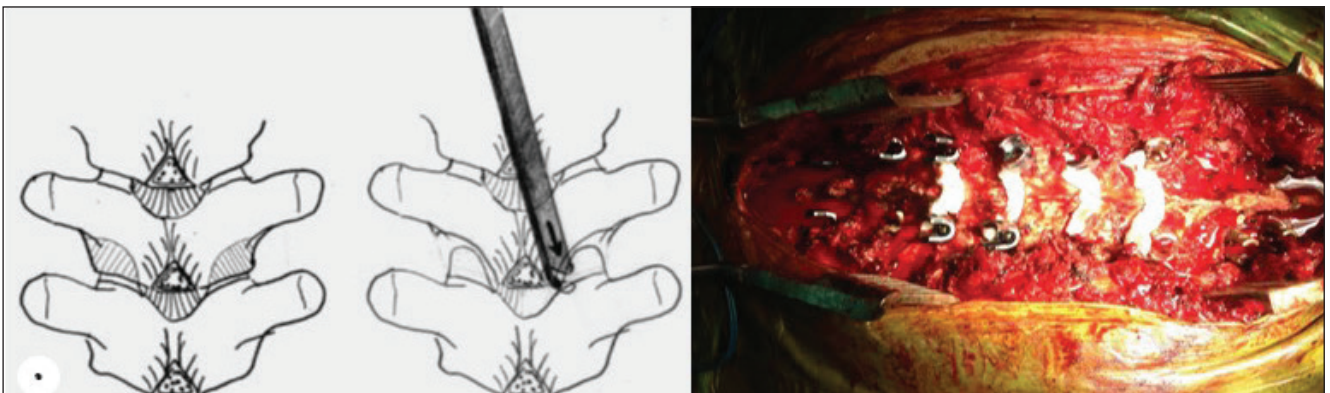
Cerrahi Teknik

Günümüze kadar birçok tedavi yöntemi denenmiş ancak pedikül vidalarının ortaya çıkmasıyla eski yöntemler terk edilmiştir. Cerrahi girişim olarak anterior ve posterior girişimler tarif edilmiş ve kombine yaklaşımlarda birçok yazar tarafından savunulmuştur. Koller ve ark.'nın çalışmasında 111 hasta değerlendirilmiş ve hepsine önce anterior gevşetme ve takiben posterior pedikül vidalar kullanılarak enstrümantasyon yapılmıştır (15). Çalışma sonucunda kombine yaklaşımın etkili olduğu belirtilmiştir. Vertebrada iyi bir dizilim sağlamanın komplikasyonları önlemede ve iyi sonuç elde etmede önemli olduğu vurgulanmıştır. Yine Koller ve ark' 166 hasta içeren başka bir çalışmada, kombine

yaklaşım ile yalnızca posterior yaklaşım yapılan hastaları kıyaslamıştır (16). Bu çalışma neticesinde her iki grupta benzer korreksiyon elde edilmiştir. Etemadifar ve ark.'nın çalışmasında 30 hasta değerlendirmeye alınmış kombine (16 hasta) ve yalnızca posterior yaklaşım (14 hasta) olarak iki grupta incelenmiştir (11). Çalışma sonucunda her iki grupta da klinik ve radyolojik sonuçlar benzer olarak bulunmuş ancak kan kaybı miktarı ve komplikasyon yüzdesi kombine yaklaşım yapılan grupta daha yüksek bulunmuştur. 2003'den 2012'ye cerrahi trendleri değerlendiren geniş bir klinik çalışmada, demografik verilerin ve operasyon oranlarının değişmediği ancak kombine yaklaşımlar yerine izole posterior yaklaşımların daha çok tercih edildiği vurgulanmıştır (12). Kombine yaklaşımların komplikasyon oranı yüksek, hastane yatış süresi uzun ve ekonomik maliyetinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu faktörlerin cerrahi yöntemi seçerken etkili olduğu vurgulanmıştır. Lee ve ark.'nın bir çalışmasında, kombine ve izole posterior enstrümantasyon karşılaştırılmış ve izole posterior yaklaşım yapılan grupta daha az ameliyat süresi ve daha az kan kaybı gözönünde bulundurularak düşük komplikasyon oranı ile daha iyi bir korreksiyon elde edildiği belirtilmiştir (17).

Scheuermann kifoza tedavisinde apex hizasında genellikle çoklu ponte osteotomiler veya Schwab tip 2 osteotomiler yapılarak posteriordan serbestleştirme hedeflenir (26,31,34). Bu osteotomiler omurganın fleksibilitesini artırır ve seviye başı 5-10° kazandırarak etkili bir korreksiyon sağlamada büyük önem arzeder (Şekil 2). Nadiren de olsa çok keskin açılı kifozlarda pedikül çıkartma osteotomisi veya Schwab tip 3-4 osteotomiler apeks hizasında kullanılabilir (31,34).

Deformite angular ratio (DAR) kifozun keskinliğini açılacak oranda tanımlayan bir antidedir (18). Maksimum ölçülen kifoz açısı, eğrilik içindeki vertebra sayısına bölünerek hesaplanır. Yüksek DAR açısı olan bir eğrilik keskin niteliklere sahiptir ve 3 kolonu içeren bir osteotomi gerektirir. Aynı



Şekil 2: Ponte osteotomisi.

zamanda yüksek DAR açısı intraoperatif nöromonitörisasyonunda özellikle MEP yanıtlarında alarm vererek yüksek nörolojik hasarlanma riski taşıdığını göstermektedir (18,31).

Seviye Tayini

Scheuermann kifoz tedavisinde en önemli noktalardan biri enstrümantasyonun nerede başlayıp nerede sonlanması gerektiğidir. Bu konuda üst enstrümantasyon vertebra (ÜEV) ve alt enstrümantasyon vertebra (AEV) belirlemek gereklidir. Bu vertebra hata tercih edilmesi proksimal bileşke (PJK) ve distal bileşke kifozuna (DJK) neden olabilir. Lonner ve ark.'nın serisinde PJK oranı %32, DJK oranı ise %4 olarak bulunmuştur (19). Burada PJK gelişimindeki nedenlerden birinin preoperatif yüksek kifoz açısı ve yüksek pelvik insidans değeri olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda postoperatif yüksek torakal kifozun (yetersiz korreksiyon) da PJK nedenlerinden biri olduğu belirtilmiştir. Denis ve ark.'nın Scheuermann kifozu tedavisinde PJK sebebinin incelediği çalışmasında üst son vertebra enstrümantasyon içine alınması gerektiği ve ligamentum flavumun proksimalde hasarlanmaması gerektiği bildirilmiştir (9). Aynı zamanda korreksiyonun yüzde 50'den fazla yapılması durumunda PJK gelişimine neden olabileceği literatürde bildirilmiştir (21,25). PJK gelişimini engellemek için faset eklemlerin,

proksimal gerilim bandının ve ligamanların mutlaka korunması gerektiği unutulmamalıdır.

Üst end vertebra eğriliğinin içinde en proksimaldeki vertebra olarak tanımlanırken alt end vertebra eğriliğinin en distal kısmındaki vertebra olarak tanımlanır. Sagittal Stabil vertebra (SSV) ayakta yan omurga grafisinde belirlenir ve posterior sakral vertikal çizginin lomber vertebra içerisinde en proksimalde kestiği vertebra olarak tanımlanır. (Şekil 3) Literatürde AEV için ilk lordotik diskin bir altındaki vertebra yada SSV önerilmektedir (7,21). İlk lordotik disk; kifotik segmentin altında lomber disk seviyeleri içerisinde en proksimaldeki anteriorda 5° den fazla açılanması olan disk seviyesi olarak tanımlanır. Cho ve ark. SSV'yi enstrümantasyonda distal sonlanım noktası olarak kullanmışlar ve DJK oranını ilk lordotik diske göre belirgin azaldığını bildirmişlerdir (7). DJK en alt enstrümantasyon vertebra alt son plağı ile bir altındaki vertebra alt son plağındaki açının 10° den fazla olması olarak bilinmektedir. SSV'yi ya da altındaki vertebra alt sonlanım noktası olarak kullanmak DJK gelişim riskini azaltmaktadır (14).

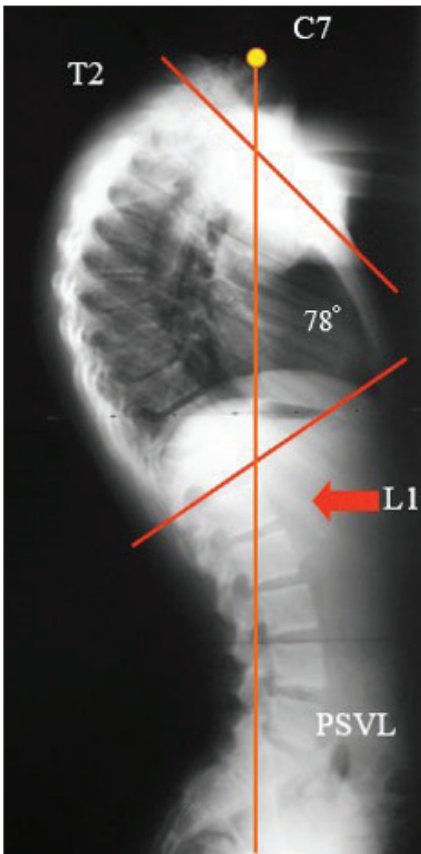
SSV yi belirledikten sonra apekse olan vertebra sayısı kadar apekten yukarı çıkmak yukarıda enstrümantasyonun sonlandırılacağı noktayı bulmada kullanılan yöntemdir (14). Örnek olarak L2 SSV ve apeks T8 ise üst end vertebra T2 olarak tercih edilmelidir (31). Vidalar yerleştirildikten sonra apeksin üstüne ve altına çoklu seviye ponte osteotomileri uygulanır. Rodlar cantilever yöntemi ile apekse kompresyon yapılarak yerleştirilir (Şekil 4 ve 5).

Komplikasyonlar

Scheuermann kifozu tedavisinde komplikasyon oranı adolesan grupta erişkin deformitelere göre daha az görülmektedir (8). Coe ve ark.'nın yaptığı çalışmada 683 hasta incelenmiş ve %14.5 komplikasyon oranına rastlanmıştır (8). Bu çalışmada en sık rastlanan komplikasyon %3.8 ile yara yeri enfeksiyonudur. İmplantla ilişkili komplikasyon oranı %2.5, akut nörolojik defisit %1.9, ölüm ise %0.6 olarak bulunmuştur. Yine bu çalışmada tek seansta kombine yaklaşımla opere edilen hastalarla yalnız posterior cerrahi yapılanlar karşılaştırılmış ancak iki grup arasında komplikasyonlar yönünden bir fark bulunmamıştır.

Lonner ve ark.'nın çalışmasında 97 hasta incelenmiş toplam komplikasyon oranı %16.5 olarak bulunmuştur (20). Yara yeri enfeksiyonu %10.3, enstrüman ilişkili %3.1, nörolojik komplikasyon oranı ise %2.1 olarak bildirilmiştir.

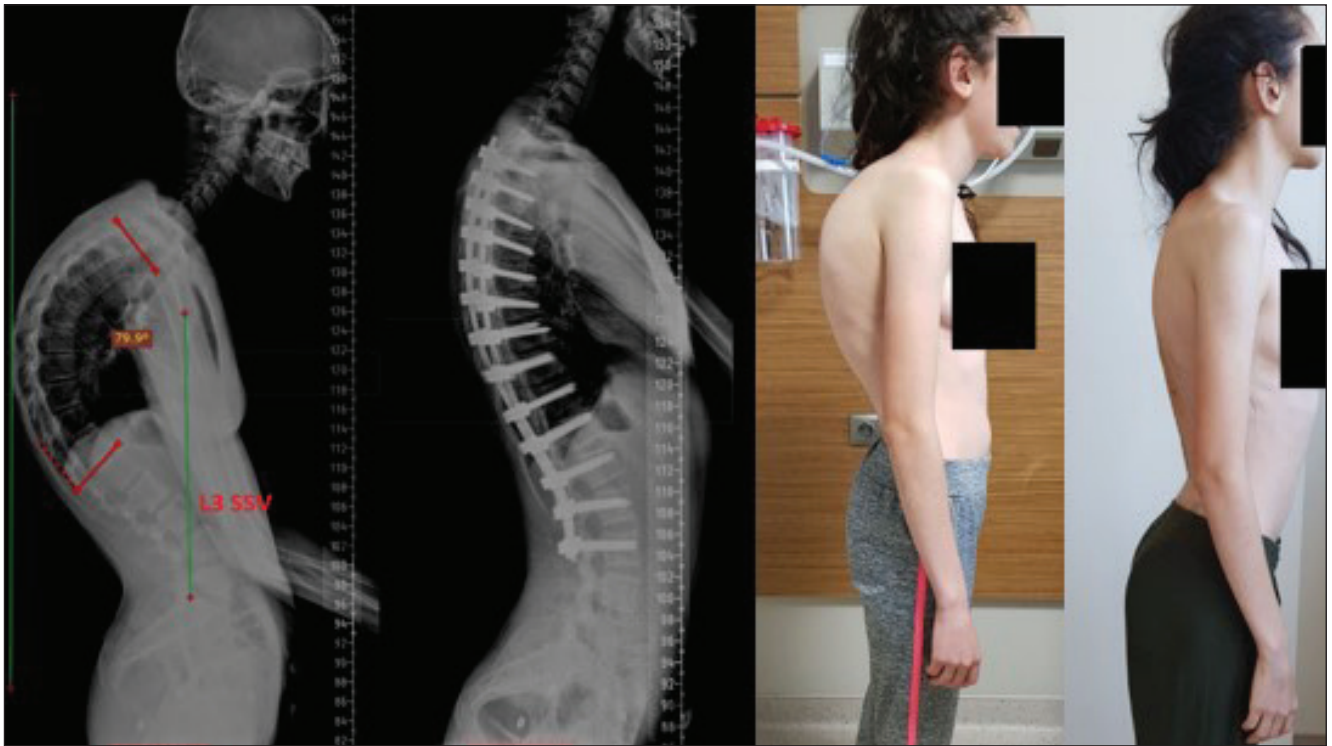
İntraoperatif nöromonitörisasyon (IONM) Scheuermann kifoz tedavisinde önemli bir yer tutmaktadır. Cerrahi güvenliği sağlamada somatosensoryal uyarılmış potansiyel



Şekil 3: Resimde posterior sakral vertikal çizginin en proksimalde Lomber 1 vertebra kestiği görülmektedir. Sagittal stabil vertebra L1 dir.



Şekil 4: Cantilever tekniği ile rodlar proksimalden distale doğru kompresyon altında yerleştirilmektedir.



Şekil 5: 19 yaşında bayan hastanın preoperatif ve postoperatif görüntüleri. Hastada yeterli korreksiyonun sağlandığı yan resimde izlenmektedir.

siyeler (SEP), motor uyarılmış potansiyeller (MEP) ve elektromyografi (EMG) düzenli ve devamlı olarak kayıt altında olmalıdır. Cheh ve ark. 42 kifozlu hastayı incelediği çalışmada 14 hasta Scheuermann kifozu nedeni ile opere edilmiştir (6). 14 hasta içerisinde 5 hastada intraoperatif sinyal kayıtları true pozitif olarak kaybolmuş, korreksiyonun geri alınması ve tansiyonun yükseltilmesi ile potansiyeller dönmüştür. Kalıcı nörodefisit bildirilmemiştir.

Son olarak Scheuermann kifozu tedavisinde titiz bir cerrahi teknik ve iyi bir kurgu ile başarı sağlanabilir. 80° üzeri torakal

kifoz, ağrı ve kötü kozmetiğe sahip olan hastalar operasyon endikasyonu taşımaktadır. PJK ve DJK gelişimine engel olmak için seviye tayini yaparken distalde SSV veya ilk lordotik diskin distalindeki vertebra tercih edilmelidir. Proksimalde ise end vertebranın enstrümantasyon içine alınması önerilmektedir. Kifozun apeksinin proksimal ve distalde sonlanan vertebraya aynı mesafede olmasına özen gösterilmelidir. Faset eklemlerin, ligamentöz yapıların ve yumuşak dokunun proksimalde korunması PJK gelişimini engellemede önemli role sahiptir.

KAYNAKLAR

1. Bezalel T, Carmeli E, Been E, Kalichman L: Scheuermann's disease: Current diagnosis and treatment approach. *J Back Musculoskelet Rehabil* 27(4):383-390, 2014
2. Bezalel T, Carmeli E, Levi D, Kalichman L: The effect of schroth therapy on thoracic kyphotic curve and quality of life in scheuermann's patients: A randomized controlled trial. *Asian Spine J* 13(3):490-499, 2019
3. Blumenthal SL, Roach J, Herring JA: Lumbar scheuermann's: A clinical series and classification. *Spine (Phila Pa 1976)* 12(9):929-932, 1987
4. Bradford DS, Lonstein JE, Ogilvie JW WR: *Scoliosis and Other Spinal Deformities*. 2nd ed: WB Saunders, 1987:651-652
5. Bradford DS, Moe JH, Montalvo FJ WRB: Scheuermann's kyphosis. Results of surgical treatment by posterior spine arthrodesis in twenty-two patients. *J Bone Jt Surg Am* 23(5):439-448, 1975
6. Cheh G, Lenke LG, Padberg AM, et al: Loss of spinal cord monitoring signals in children during thoracic kyphosis correction with spinal osteotomy: Why does it occur and what should you do? *Spine* 33(10):1093-1099, 2008
7. Cho KJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kamiya M, Sides B: Selection of the optimal distal fusion level in posterior instrumentation and fusion for thoracic hyperkyphosis: The sagittal stable vertebra concept. *Spine* 34(8):765-770, 2009
8. Coe JD, Smith JS, Berven S, et al: Complications of spinal fusion for scheuermann kyphosis: A report of the scoliosis research society morbidity and mortality committee. *Spine* 35(1):99-103, 2010
9. Denis F, Sun EC, Winter RB: Incidence and risk factors for proximal and distal junctional kyphosis following surgical treatment for Scheuermann kyphosis: Minimum five-year follow-up. *Spine* 34(20): E729-34, 2009
10. Ehsani NN, Oakley PA, Harrison DE: Scheuermann's disease: non-surgical improvement in whole spine sagittal alignment in the treatment of a symptomatic patient using Chiropractic BioPhysics® technique. *J Phys Ther Sci* 31(11):965-970, 2019
11. Etemadifar M, Ebrahimzadeh A, Hadi A, Feizi M: Comparison of Scheuermann's kyphosis correction by combined anterior-posterior fusion versus posterior-only procedure. *Eur Spine J* 25(8):2580-2586, 2016
12. Horn SR, Poorman GW, Tishelman JC, et al: Trends in treatment of scheuermann kyphosis: A study of 1,070 cases from 2003 to 2012. *Spine Deform* 7(1):100-106, 2019
13. Huq S, Ehresman J, Cottrill E, et al: Treatment approaches for Scheuermann kyphosis: A systematic review of historic and current management. *J Neurosurg Spine* 32(2):235-247, 2020
14. Kim HJ, Nemani V, Boachie-Adjei O, et al: Distal fusion level selection in Scheuermann's kyphosis: A comparison of lordotic disc segment versus the sagittal stable vertebrae. *Glob Spine J* 7(3):254-259, 2017
15. Koller H, Juliane Z, Umstaetter M, Meier O, Schmidt R, Hitzl W: Surgical treatment of Scheuermann's kyphosis using a combined antero-posterior strategy and pedicle screw constructs: Efficacy, radiographic and clinical outcomes in 111 cases. *Eur Spine J* 23(1):180-191, 2014
16. Koller H, Lenke LG, Meier O, et al: Comparison of anteroposterior to posterior-only correction of Scheuermann's kyphosis: A matched-pair radiographic analysis of 92 patients. *Spine Deform* 3(2):192-198, 2015
17. Lee SS, Lenke LG, Kuklo TR, et al: Comparison of scheuermann kyphosis correction by posterior-only thoracic pedicle screw fixation versus combined anterior/posterior fusion. *Spine* 31(20):2316-2321, 2006
18. Lewis NDH, Keshen SGN, Lenke LG, et al: The deformity angular ratio: Does it correlate with high-risk cases for potential spinal cord monitoring alerts in pediatric 3-column thoracic spinal deformity corrective surgery? *Spine* 40(15):E879-E885, 2015
19. Lonner BS, Newton P, Betz R, et al: Operative management of Scheuermann's kyphosis in 78 patients: Radiographic outcomes, complications, and technique. *Spine* 32(24):2644-2652, 2007
20. Lonner BS, Toombs CS, Guss M, et al: Complications in operative scheuermann kyphosis: Do the pitfalls differ from operative adolescent idiopathic scoliosis? *Spine* 40(5):305-311, 2015
21. Lowe TG, Kasten MD: An analysis of sagittal curves and balance after cotrel-dubouset instrumentation for kyphosis secondary to scheuermann's disease: A review of 32 patients. *Spine* 19(15):1680-1685, 1994
22. Lowe TG, Line BG: Evidence based medicine: Analysis of Scheuermann kyphosis. *Spine* 32 Suppl 19:115-119, 2007
23. Montgomery SP, Erwin WE: Scheuermann's kyphosis-Long-term results of Milwaukee brace treatment. *Spine* 6(1):5-8, 1981
24. Murray PM, Weinstein SL, Spratt KE: The natural history and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis. *J Bone Jt Surg* 75(2):236-248, 1993
25. Papagelopoulos PJ, Klassen RA, Peterson HA, Dekutoski MB: Surgical treatment of Scheuermann's disease with segmental compression instrumentation. *Clin Orthop Relat Res* 386:139-149, 2001
26. Pérez-Grueso FS, Cecchinato R, Berjano P: Ponte osteotomies in thoracic deformities. *Eur Spine J* 24(1):38-41, 2014

27. Polly DW, Ledonio CGT, Diamond B, et al: What are the indications for spinal fusion surgery in scheuermann kyphosis? *J Pediatr Orthop* 39(5):217-221, 2019
28. Riddle EC, Bowen JR, Shah SA, Moran EF, Lawall H: The duPont kyphosis brace for the treatment of adolescent Scheuermann kyphosis. *J South Orthop Assoc* 12(3):135-140, 2003
29. Ristolainen L, Kettunen JA, Heliövaara M, Kujala UM, Heinonen A, Schlenzka D: Untreated Scheuermann's disease: A 37-year follow-up study. *Eur Spine J* 21(5):819-824, 2012
30. Ristolainen L, Kettunen JA, Kujala UM, Heinonen A, Schlenzka D: Progression of untreated mild thoracic Scheuermann's kyphosis – Radiographic and functional assessment after mean follow-up of 46 years. *J Orthop Sci* 22(4):652-657, 2017
31. Sardar ZM, Ames RJ, Lenke L: Scheuermann's kyphosis: diagnosis, management, and selecting fusion levels. *J Am Acad Orthop Surg* 27(10):e462-e472, 2019
32. Scheuermann H: Kyphosis dorsalis juvenilis. *Ugeskr Laeger* (82):385-393, 1920
33. Schmorl G: Die pathogenese der juvenile kyphose. *Fortschr Geb Roentgen* 41:359-383, 1930
34. Schwab F, Blondel B, Chay E, et al: The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery* 76:S33-S41, 2015
35. Sorensen K: Scheuermann's Juvenile kyphosis: clinical appearances, radiography, aetiology, and prognosis. Copenhagen, Denmark: Enjar Munksgaard Forlag, 1964:214-222
36. Tribus CB: Scheuermann's kyphosis in adolescents and adults: Diagnosis and management. *J Am Acad Orthop Surg* 6(1):36-43, 1998

Dr. Can KIVRAK^{1,2}, Dr. Ahmet KARAGÖZ^{1,2}, Dr. Yahya GÜVENÇ^{1,2}

¹Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi AD

²Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü

Derleme / Review

ERİŞKİN SPİNAL DEFORMİTELERE GENEL YAKLAŞIM

GENERAL APPROACH TO ADULT SPINAL DEFORMITY

ÖZ

Spinal deformite, omurgada vertebraların birbirleri ile olan dizilim ve açılanmasında meydana gelen bozukluk olarak değerlendirilmektedir. Bu bozukluk vücudun koronal ve sagittal planlarda dengesini etkileyerek başta spinal ve paraspinal yapılar olmak üzere dengeye katkısı olan omuz ve kalça kuşağı gibi taşıyıcı iskelet sistemi üzerinde bazı değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişiklikler de matür kemik dokusunda asimetrik şekilde spinal dejenerasyona neden olarak döngüyü devam ettirir. Erişkin spinal deformite ileri yaşlarda karşımıza çıkan ve ilerleyici bir patolojidir. Bu patoloji ağrıya, nörolojik defisitlere, yürüme bozuklukları gibi işlev bozukluklarına neden olduğundan dolayı hayat kalitesinde düşüşe neden olmaktadır. Tedavilerine deformitenin düzeyi, deformiteye bağlı semptomlar, nörolojik muayene ve hastanın genel durumuna göre karar verilmektedir. Analjezik, antiinflamatuvar tedaviler, enjeksiyon tedavileri semptom kontrolü için kullanılabilirken, korse ve çeşitli fizik tedavi modaliteleri destek tedavi olarak uygulanabilir. İleri seviye semptomatik deformitelerde, cerrahi tedavilerin deformiteleri düzeltmede, semptomları azaltmada ve fiziksel işlevi iyileştirmede etkili olduğu kanıtlanmıştır. Cerrahi planlamada spinopelvik ölçümler, sagittal ve koronal dengenin değerlendirilmesi, sınıflamalar, algoritmalar, osteotomi teknikleri ile ilgili bilgilerinin hepsi değerlendirilmeli ve hastalar bu bilgiler ışığında cerrahi işleme alınmalıdır. Erişkin spinal deformitelere yönelik cerrahi işlemler beraberinde önemli komplikasyonlarla ilişkilidir.

Anahtar Sözcükler: Cerrahi, Erişkin, Planlama, Spinal deformite

ABSTRACT

Spinal deformity is considered as a disorder that occurs in the alignment and angulation of vertebrae in the spine. This disorder affects the balance of the body in the coronal and sagittal planes and causes some changes on the carrier skeletal system such as the shoulder and hip girdle, which contribute to the balance, especially the spinal and paraspinal structures. These changes cause asymmetric spinal degeneration in the mature bone tissue and that continues the cycle. Adult spinal deformity is a progressive pathology that occurs in advanced ages. Since this pathology causes pain, neurological deficits, and dysfunctions such as gait disorders, it causes a decrease in the quality of life. Their treatments are decided according to the level of deformity, symptoms related to deformity, neurological examination and general condition of the patient. While analgesic, anti-inflammatory treatments, injection treatments can be used for symptom control, corset and various physical therapy modalities can be used as supportive therapy High level symptomatic deformities, surgical treatments have proven effective in correcting deformities, reducing symptoms and improving physical function. In surgical planning, all knowledge about spinopelvic measurements, sagittal and coronal balance, classifications, algorithms and osteotomy techniques should be evaluated before surgery and the cases should be operated in the light of this information. Surgical procedures are associated with significant complications.

Keywords: Surgery, Adult, Planning, Spinal deformity

GİRİŞ

Spinal hizalanma doğru postürün sağlanması, nöral elemanların ve aksiyel iskelet stabilitesinin korunması için önemlidir (26). Spinal deformite, omurgada vertebraların birbirleri ile olan dizilim ve açılanmasında meydana gelen bozukluk olarak değerlendirilmektedir. Bu bozukluk vücudun koronal ve sagittal planlarda dengesini etkileyerek başta spinal ve paraspinal yapılar olmak üzere dengeye katkısı olan omuz ve kalça kuşağı gibi taşıyıcı iskelet sistemi üzerinde bazı değişikliklere neden olmaktadır. Bu patoloji ağrıya, nörolojik defisitlere, yürüme bozuklukları gibi işlev bozukluklarına neden olabildiği için hayat kalitesinde ciddi ölçülere varan problemler yaratmaktadır. Bu dejeneratif süreç yaşın ilerlemesi ile birlikte yavaş ama progresif olarak ilerlerken, özellikle torakal, torakolomber bileşke ve lomber bölgeyi etkilemektedir.

Tanım

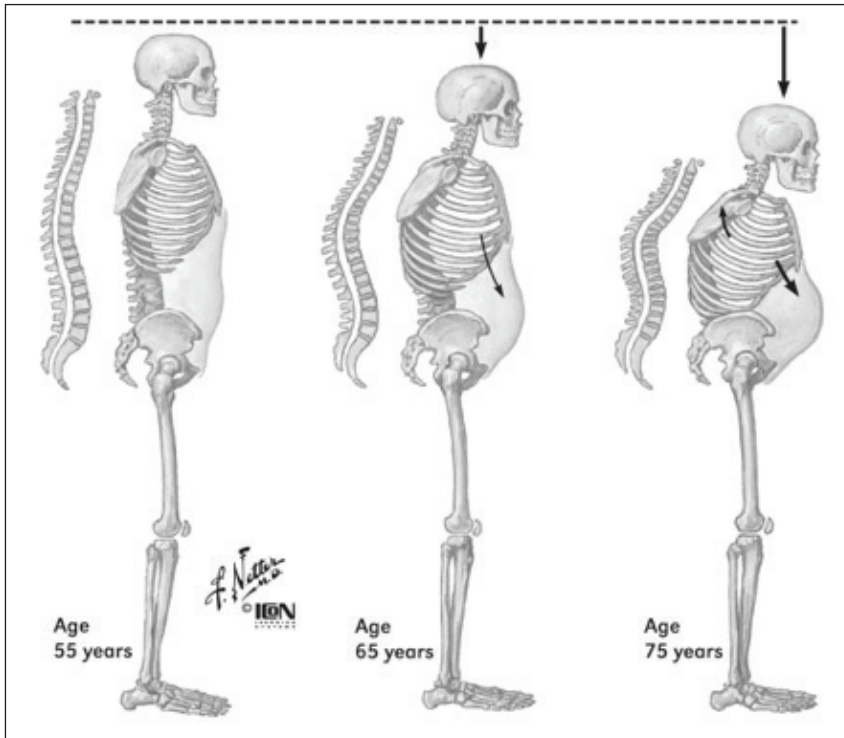
Erişkin deformiteler, yaşlanan omurgada ağrı ve şekil bozuklukları ile seyreden, pelvis, kalça, diz ve ayak bileklerinin hizalanmasında kompensatuar değişikliklere neden olan bir spektrumdur. Bunun sonucu olarak gelişen torasik hipokifoz, kalça ekstansiyonu, posterior pelvik shift, dizlerde fleksiyon ile bozulan koronal ve sagittal denge yeniden sağlanmaya çalışılır.

Bu spektrum; de-novo skolyoz, progresif adölesan idiyopatik skolyozun erişkin formu hiperkifoz, iyatrojenik spinal deformite, çoklu dejeneratif disk hastalığına bağlı fokal deformite ve travma sonrası spinal deformiteyi içermektedir (1,3,46,53).

Etiyopatogenez

Lomber lordoz insan omurgasına özgüdür ve dik duruşumuzu kolaylaştırmak için gereklidir. Ortalama olarak, lomber eğrinin yaklaşık %10'u vertebral cisimlerin (5°), kalan %90'ı da (46°) disklerin sıkışmasından kaynaklanmaktadır (6). İnsan lomber vertebra omurganın "evrimsel zayıf noktası" olarak etiketlenmiş olup vertebra ve intervertebral disklerde dejeneratif değişikliklerin en sık görülen yeridir (15). Özellikle L5-S1 kavşağı en büyük özgün eğrilik ve en sık dejeneratif dejeneratif değişikliklerin olduğu (%21) spinal segment olarak bilinir (18). Omurganın yapısal değişikliklerinin yanında insanlığın ortalama yaşam sürelerinde artış dejeneratif süreçlerin en büyük destekleyicisidir (12). Azalan lomber lordoz ve artmış torasik kifoz, yaşlanan bir insan omurga kolununun ayırt edici özellikleridir (20,34) (Şekil 1).

Kemik mineral yoğunluğunda azalma, osteoporoz, spinal dejenerasyon, azalmış hareketlilik, dengede azalma ve nörodejeneratif bozukluklar dahil olmak üzere, gelişiminde yaşa bağlı birden çok faktör rol oynamaktadır (47). Lomber



Şekil 1: Yaşlanan insan omurga kolunu. Kaynak: Netter 1987.

lordozun gelişiminde, çoğunlukla vertebra ve disk morfolojisinin etkili olduğu bilinmekte, bunlarla birlikte, spinal kas gücü de etkilidir (48). Uzun süreler boyunca aşırı bükülmüş duruşlarda veya uzun yatak istirahati gibi ekstansör kas atrofisine neden olan aktiviteler, önemli bir lomber lordoz kaybına neden olur (7,48). Tersine, kas aşırı kullanımı ve aşırı gelişimi de disk dejenerasyonu ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (9). Yine lomber lordoz derecesindeki azalmanın ekstansör kas hacmi ve ekstansör kas gücü ile ilişkili olduğunu (44) gösterirken, azalmış ekstansör kas hacmi sırt ağrısı ile ilişkili olduğunu göstermiştir (11,23,25,50). Erken müdahalenin, çekirdek kas dengesini iyileştirerek genç hastalarda duruş problemlerini düzeltmede etkili olabileceğine dair güçlü kanıtlar vardır (36).

Erişkin deformitenin en sık görülen durumlarından biri de-novo skolyozdur. De-novo skolyoz, omurgada dejeneratif kemik ve yumuşak doku değişikliklerinden kaynaklanan, genellikle spondilolistezis ve rotasyonel subluksasyona sekonder olarak radikülopati, spinal kanal stenozu veya instabiliteye neden olan kronik bir durumdur (8,35). Tüm bu dejeneratif süreç, intervertebral diskin yapısında biyokimyasal, biyomekanik mikro ve makro yapısal değişikliklerin oluşmasına neden olmakta ve bunun sonucunda disk içeriğindeki su ve proteoglikan içeriğinin azalması ve enzimatik bozulmanın artması ile disk yüksekliğinde azalma ortaya çıkmaktadır (2,54). Dejenerasyon nihayetinde intervertebral ve faset eklemlerde yük taşıma sonucunda patolojik değişikliklere yol açarak kemiğin yeniden şekillenmesine neden olur ve bu eklemlerde instabiliteye sebep olur (12). Bu yeniden şekillendirme döngüsü spinal ligamentlerde ve paraspinal ve trunkal kaslarda ilerleyici bir atrofiye yol açar ve sonuçta spinal deformite ile sonuçlanır (2,29,33).

De-novo skolyoz, iskelet matürasyonunun tamamlanmasından sonra geliştiği için yetişkinlerdeki idiyopatik skolyozdan farklılık göstermekte ve ortalama görülme yaşı 70,5 olup, özellikle 50 yaşın üzerindeki erişkinlerde yaklaşık %6 prevalans ile gelişir (18,49). Adölesan progresif idiyopatik skolyozun aksine, de-novo skolyoz en sık lomber omurgaya lokalizedir ve daha hızlı ilerler (19,32).

İyatrojenik deformite ise uygulanan cerrahi tekniğe, enstrüman tipi ve uygulanan seviyeye göre karşımıza flat-back sendromu, postlaminektomi kifozu, junctional kifoz olarak çıkabilmektedir. Flatback sendromunda lomber lordozun semptomatik kaybına veya lomber sagittal eğrinin düzleşmesine neden olan bir iyatrojenik sagittal plan deformitesi izlenmektedir (10,45). Bu alt tip tipik olarak skolyoz veya dejeneratif bir hastalıktan dolayı uygulanan spinal füzyon cerrahilerinden sonra hastalarda ortaya çıkan sagittal omurga

diziliminin korunamadığı veya iyatrojenik olarak kötüleştiği deformitedir (14). Postlaminektomi kifozu çok seviyeli laminektomiler uygulandıktan sonra cerrahi sonrası erken dönemde gelişmeyen fakat posterior gerilim bandının ortadan kalkması sonucu vertebra korpuslarında önde yüklenmelerin artması, faset eklemlerdeki cerrahiye bağlı bozulmalar ve posterior paraspinal yapıların atrofisi sonucu zaman içinde gelişen sagittal plandaki deformitedir (26). Özellikle servikal postlaminektomi kifotik deformitesinin semptomatik olduğu durumlar kompleks cerrahi girişim gerektiren iyatrojenik spinal deformitelerin en önemli nedenlerinden biridir (4,13,37). Erişkin deformiteli hastalarda uzun segment enstrümanite edilmiş füzyon operasyonlarından sonra proksimal junctional kifoz görülme sıklığı %35'in üzerindedir (52). Cerrahi sonrası posterior gerilim bandındaki zayıflık, enstrümanite edilmiş uç omurga komşuluğundaki paraspinal destek dokuların bozulması en sık bilinen nedenlerdir.

Dejeneratif hiperkifoz yaşlı erişkinlerin %20-40'ında görülmekte olup de-novo skolyozun aksine normal torasik kifoz ve hiperkifozu ayırt etmek için eşik değerler net değildir (14). Spinal deformiteye neden olan vertebra fraktürleri ise erişkin deformiteler arasında çok yaygın değildir.

Vücuttaki kemikler, kırık ve diskler gibi yük taşıyıcı yapılar, onları sağlıklı tutan biyolojik süreçleri tetiklemek için mekanik yüklenmeye bağlıdır; bununla birlikte, aşırı veya anormal mekanik yükler ise omurga dokularında yıkıcı adaptasyonlara yol açabilir (47). Avasküler yapılar olan intervertebral disklerin uzun süreli oturma veya ayakta durma durumlarında statik basınç altında diffüzyonla beslenmesinin bozulmasının dejenerasyona sebep olduğu düşünülmektedir (42,51). Yine yürüme veya koşma gibi faaliyetlerde belli bir frekansta belli bir yükün sebep olduğu dinamik bir yüklenme ile disk beslenmesinin arttığı gösterilmiştir (31). Tarihsel olarak disk dejenerasyonu mekanik aşırı kullanımın bir sonucu olarak görülmesine rağmen, "İkiz Omurga Çalışması" ile genetik faktörlerin önemli bir rolü olduğu ve lomber disk dejenerasyonunun yüksek kalıtsallığını ortaya koyarken, sigara içme ve artan fiziksel yüklenme gibi çevresel risk faktörlerinin şaşırtıcı derecede mütevazı etkileri olduğu gösterilmiştir (4,5,30). Genetik üst lomber omurgada (T12 – L4) disk dejenerasyonundaki varyasyonun %61'ini ve alt lomber omurgada (L4– S1) %32'sini açıklamıştır. Yaşlanma ve mekanik maruziyet, üst lomber omurgadaki varyasyonun %16'sını ve alt lomber omurgadaki değişikliklerin %11'ini açıklamıştır. Alt lomber omurgada, disk dejenerasyonundaki varyasyonun %57'si genetik, mekanik veya yaşla açıklanamamaktadır (5). Genetik çalışmalar, disk dejenerasyonu ile ilişkili VDR (D vitamini reseptör geni) genindeki iki polimorfizmin

tanımlanmasına yol açmıştır (50). Yine diğer bir deformite gelişim prekürsörü osteoporozda, genetik tarafından belirlenen ve hormonal, çevresel ve beslenme faktörleri tarafından modüle edilen karmaşık bir etiyolojiye sahiptir (17). Kemik yapıdaki bu değişiklikler kemik üzerinde multiple odaklarda mikrokırıklara neden olarak yapıda yükseklik kaybı ve çökmeye neden olur. Bu da osteoporozda spinal deformitenin oluşmasının temel nedenidir.

Epidemiyoloji

Küresel demografik değişimler, kas-iskelet sistemi hastalıklarının yaygınlığını ve yükünü önemli ölçüde etkilemiştir. Spinal deformite 65 yaşından büyük bireylerde oldukça yaygındır ve bu nüfusun %32 ile %68'ini etkiler (16,27,32). Yine Keibaish ve arkadaşlarının retrospektif çalışmalarında 40 yaş ve üzeri erişkinlerde lomber skolyoz prevalansını belirlemek; skolyoz prevalansı ile 3 parametre (yaş, ırk, cinsiyet) arasındaki ilişkileri araştırmak, ve bu parametrelerin eğri şiddeti üzerindeki herhangi bir etkisinin olup olmadığını inceledikleri çalışmalarında yaş, artan skolyoz prevalansı ile ilişkilendirilmiş ve çalışmanın sonucunda 40-50 yaş aralığında %3.14 oranında skolyoz gözlemlenirken; ≥ 90 yaşında, %50 görülmüş olup 40 yaş ve üstünde %8.85 oranında saptanmıştır. Yaygınlık oranları ırklar arasında farklılık göstermiş (örneğin, beyazlar için %11.1 ve Afrikalı Amerikalılar için %6.5) ancak erkekler ve kadınlar için benzer görülmüştür. Hastaların çoğunda hafif deformiteler (%80.6) saptanmıştır (27). Dünya nüfusu yaşlandıkça ve hareketsiz yaşamın daha yaygınlaşmasıyla bu oranların yakın gelecekte çok daha artması beklenmektedir. Spinal deformiteler ve dejenerasyonların her ne kadar uzun bir tarihi olsa da günümüz ve gelecek toplumlarının çok daha temel sorunları olacağı öngörülmektedir.

Teşhis

Deformiteli hastaların muayenesinde inspeksiyonda omuz, gövde, duruş değerlendirilir. Omuz seviyelerinin eş seviyede ve simetrik olması normal duruş ve pozisyon için gereklidir. Lateralden hastanın servikal ve lomber lordozu, torakal kifozu kontrol edilir. Olası deformitenin derecesi ve rotasyonu tespit edilebilir. Palpasyon ile spinöz prosesler takip edilerek orta hat ortaya konulabilir. Böylece olası deformite hakkında fikir sahibi olunabilir. Deformiteye sekonder gelişen dar kanal, kök sıkışması hastalarda nörolojik defisite neden olabilmekte ve bunun tespiti için detaylı nörolojik muayene olmazsa olmazdır. Gerek görülürse ileri inceleme olarak görüntüleme tetkiklerinin dışında EMG ve SEP incelemelerinden faydalanılabilir.

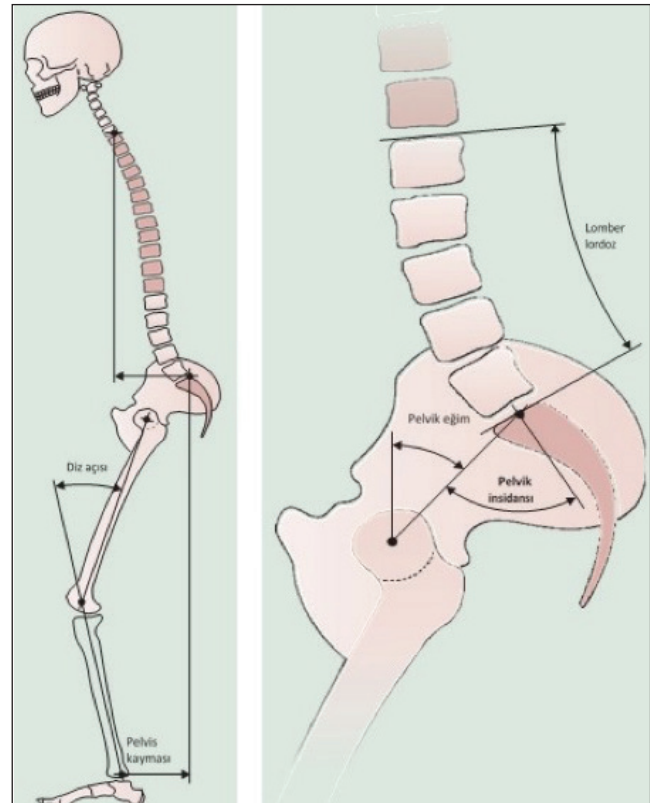
Görüntüleme

Erişkin deformite tanısı için görüntülemelerde ilk kullanılması gereken yöntem direkt grafilerdir. Ayrıca BT ve MR'dan da faydalanılır. Deformitenin takibi ayakta çekilen tüm omurga, femur başlarını da içine alan anterior-posterior ve lateral skolyoz grafileri ile yapılırken, eşlik eden listezis gibi instabilite durumlarında dinamik grafilerden (fleksiyon, ekstansiyon ve lateral bending grafileri) de faydalanılmaktadır (Şekil 2). Koronal ve sagittal denge değerlendirilmesi Cobb yöntemi (24) ile takip edilir.

Etiyolojiye yönelik incelemelerde kemik yapısının değerlendirilmesi önemli bir unsurdur. Buna yönelik incelemelerde grafiler ve bilgisayarlı tomografiden faydalanılır. Deformitenin etiyolojisinin değerlendirilmesinde osteomalazi, osteoporoz gibi patolojiler için kemik sintigrafisi kullanılırken, Hastanın ağrı, nörojenik kladikasyon gibi radikülopati, dar kanal ve faset eklem artropatisi bulguları olması hâlinde hastaya çekilecek MR görüntülemesi bu patolojileri saptamada değerlidir.

Sınıflandırmalar

Deformitelerde sınıflandırmalarında hastalığa spesifiktir. Her deformitenin tedavi algoritması farklıdır. Bu sınıflandırma



Şekil 2: Sagittal düzlemde sık kullanılan önemli radyografik parametreler (kaynak 14'ten alınmıştır).

dırmalarla prognoz ve tedavi sonuçları öngörülerek optimal öneriler oluşturulmak istenmiştir. Cerrahi tedaviler için de doğru endikasyon aranmıştır (39). Geçmişten günümüze erişkin deformitelerden erişkin skolyoza yönelik pek çok sınıflandırma kullanılmıştır. King ve Moe (28), Lenke (30), Aebi system, Schwab (38) sınıflaması (Tablo 1), Scoliosis Research society sınıflaması (41) (Tablo 2), Schwab-SRS (26,39) en çok kullanılanlarıdır. King ve Moe sınıflaması bilinen en eski sınıflamadır. Bu sınıflama özellikle adölesan idiopatik skolyozda deformite progresyonunu engellemek amacıyla kullanılmaktaydı. Erişkin deformitede semptom ve hareket bozukluğunu tedavisinde de faydalanılmaktaydı. Ancak lomber bölgeyi kapsamaması ve sagittal planı dahil etmemesi nedeniyle dejeneratif skolyozda kullanımı kısıtlıdır.

Lenke sınıflamasının üstünlüğü bütün eğim tiplerini dahil etmesi ve füzyon seviyelerinin belirtilmesidir. Aebi'nin 2005 yılında sunduğu sınıflama daha basit bir sınıflamadır. Hastalığın doğal seyri daha doğru tespit edilmekte ve tedavi için daha iyi bir yol gösterici olmaktadır. Ancak Aebi'nin sınıflamasındaki zayıf yönler cerrahi planlamada zayıf kalması, deformite spesifik olmamasıydı. Cerrahi seçeneklerde yön vericiliği zayıftı. Günümüzde Lenke sınıflaması daha çok adölesan idiopatik skolyoz olgularında kullanılırken, erişkin deformitelerde günümüzde en sık spinopelvik parametreleri (sagittal vertikal aksis, pelvis tilt, pelvik insidans ve lomber lordoz) de içeren SRS-Schwab (39) (Şekil 3) sınıflaması kullanılmaktadır.

Tablo 1. Schwab erişkin skolyoz sınıflaması

Sınıflama	Radyolojik Kriterler
Eğrilik Tipi	
I	Yalnız torakal eğrilik
II	Majör üst torakal, apeks T4-T8
III	Majör alt torakal, apeks T9-10
IV	Majör torakolomber, apeks T11-L1
V	Majör lomber eğrilik, apeks L2-L4
Lomber Lordoz Değişiklikleri	
A	İleri derecede lomber lordoz (>40 derece)
B	Orta düzeyli lordoz (0-40 derece)
C	Lordoz görünümü yok (Cobb>0 derece)
Subluksasyon Değişiklikleri	
0	Hiçbir seviyede intervertebral subluksasyon yok
+	Maksimum subluksasyon 1-6 mm arası
++	7 mm üzerinde subluksasyon var

Kaynak 44'ten alınmıştır.

Tedavi

Eski zamanlarda traksiyon yöntemleri skolyotik deformiteyi düzeltmek için başarısız bir şekilde uygulanmaktaydı (22). Omurga eğriliğini azaltmak için bir dönem hipokrat merdiveni kullanılmıştır. Redüksiyon elde etmek için, hasta bir merdivene bağlıyken, kifoz boyuna yakınsa dik

Tablo 2. SRS spinal deformite sınıflaması

Primer Eğriliğin Tipi

- Tek torakal
- Çift torakal
- Çift majör
- Üçlü majör
- Torakolomber
- Lomber "de novo"/idiopatik
- Primer sagittal plan deformitesi

Adult spinal deformite değişiklikleri

- Toraks proksimali (T2-T5): $\geq +20^\circ$
- Orta torakal (T5-T12): $\geq +50^\circ$
- Torakolomber (T10-L2): $\geq +20^\circ$
- Lomber (T12-S1): $\geq -40^\circ$

Lomber dejeneratif değişiklikleri

- Disk yüksekliğinde azalma ve L1-S1 arası faset bozuklukları
- Listezis: $\geq 3\text{mm}$, L1-L5 arası
- L5-S1 arasında ≥ 10 dereceden fazla açılma

Genel denge değişiklikleri

- Sagittal düzlemde; C7-Sakral promontorium hattının anterior ya da posterior yönde $\geq 5\text{ cm}$ kayma
- Koronal düzlemde; C7-orta sakral hat çizgisinin $\geq 3\text{cm}$ kayma

SRS'ye göre bölge tanımlamaları

- Torakal: T2'nin apeksinden, T11-T12 diski
- Torakolomber T12-L1
- Lomber: L1'in apeksinden, L1-L2 diski, L4

Majör eğriliğin özelliklerine ait kriterler

- Torakal eğrilik:
 1. Eğrilik $\geq 40^\circ$
 2. Torakal eğriliğin üzerinde T1 kot yada klavikula açısı $\geq 10^\circ$
- Torakolomber ve lomber eğrilik:
 1. Eğrilik $\geq 30^\circ$
 2. Apikal vertebra gövdesinin laterali santral sakral hatta
- Primer sagittal plan deformitesi:
 - Majör koronal eğrilik yok

Kaynak 47'den alınmıştır.

pozisyonda veya kifoz daha aşağı bir seviyede ise baş aşağı doğru pozisyonda hasta sallandırılmaktadır (Şekil 4). Benzeri şekilde Hipokratik Tahtası'nda sonraki yüzyıllarda da farklı modifikasyonlar ve aynı temel tekniklerle uzun dönemler kullanılmıştır. Önerilen teknik, omurganın eş zamanlı traksiyonu ve kifotik alan üzerine manuel olarak fokal basınç uygulanmasıydı (Şekil 5). Günümüze yaklaşıldığında, spinal implantlar ilk olarak 1962 yılında Harrington ile başarılı olarak uygulanmaya başlandı (21,22). Yakın geçmişte, erişkin spinal deformiteye yönelik bakım, esas olarak destekleyici korseler ve yardımcı cihazlar dahil olmak üzere destekleyici önlemlere ve konservatif izleme dayanıyordu ve cerrahi tedavi endikasyonları için genellikle yüksek riskli kabul edilen ve nadir durumlar için ayrılmış birkaç seçenek vardı (47). Ancak günümüzde kullanılan minimal invazif cerrahi, hibrid cerrahi gibi yeni teknikler, açık cerrahide artan beceriler ve tecrübeler ile cerrahi tedavilerin deformiteleri düzeltmede, semptomları azaltmada ve fiziksel işlevi iyileştirmede etkili olduğu kanıtlanmıştır, ancak bu tedaviler beraberinde önemli risklerle ilişkilidir. Daha titiz hasta seçimi ve preoperatif hazırlık ile bu riskler önemli ölçüde modifiye edilebilmektedir. Erişkin dönem spinal deformitelerin yavaş ve progresif ilerlediği bilinmektedir.

Hastanın deformitesinin takibinde eğer tanı erken dönemde ortaya konulmuş ise uygulanacak konservatif izlemde semptom kontrolü sağlamak, fiziksel aktiviteyi korumak hedeflenmelidir. Gerekli görülen durumlarda analjezik medikal tedavi ve bu tedaviye ek olarak korse, ortez kullanımı gibi

destek tedaviler ağrı kontrolünü sağlamada kullanılabilir. Medikal tedavi modalitelerinde verilecek olan antiinflamatuar, analjezik tedavilerin dejeneratif hastalıklardaki etkileri bilinmektedir. Ayrıca yine semptom kontrolü sağlamada minimal invaziv girişimsel yöntemler olarak sinir kökü, faset eklem, steroid ve epidural enjeksiyonlar kullanılabilir.



Şekil 4: Kitium'lu Apollonius'un Hipokratik Artikülasyonlar Üzerine eserinden. Bibliothecca Medica Laurenziana, Floransa.

Koronal Eğim Derecesi	Sagittal Değişkenler
T: Sadece Torasik Lomber eğrilik <30°	PI eksi LL 0: 10° 'ye kadar +: orta 10-20°
L: TL/Sadece lomber Torasik eğrilik <30°	Global Uyum 0: SVA < 4 cm +: SVA 4-9.5 cm arası
D: Çift eğrilik T ve TL/L eğrilik >30°	Pelvik Tilt 0: PT <20° +: PT 20-30° ++: PT >30°
N: Majör eğrilik yok Bütün coronal eğimler <30°	

Şekil 3: Eğrilik tipi ve 3 sagittal değişkeni içeren sınıflandırma sistemi rehberi. **PI:** pelvik insidans; **LL:** lomber lordoz; **PT:** pelvik eğim; **SVA:** sagittal dikey eksen. (Kaynak 45'ten alınmıştır).



Şekil 5: Galen'in Hipokratik tahtasına benzer bir cihazda omurga deformitesini hastanın sırtına bakı uygulayarak düzeltme yöntemini gösteren bir çizim.

Hastanın günlük konforunu bozan, semptomatik, fiziksel işlev bozukluğu yaratan ileri deformitelerde cerrahi ön planda düşünülmelidir.

Cerrahide temel amaç mevcut semptom ve hareket kaybının düzeltilmesidir, bu da koronal ve sagittal planda hastanın dengesini fizyolojisine en uygun şekilde sağlamakta oluşmaktadır.

Cerrahi planlamada dikkat edilecek hususlardan biri spinopelvik parametrelerdir. Diebo ve arkadaşları tarafından Global Sagittal Aksis (GSA) ve yaşam kalitesi arasında bağlantı kurulmuştur. Yaptığı çalışmada pelvik retroversiyon ile GSA'yi alt ekstremiteler ile kompanse edenler ve edemeyen hasta gruplarını incelemiştir. Böylelikle yapılacak cerrahi işlemlerin GSA'yi dikkate alınarak planlanmasında ameliyat sonucunu etkilediği gösterilmiştir. Cerrahi planlama yapılırken ilk basamak preop spinopelvik ölçümlerin değerlendirilmesidir. Kritik değer hastanın yaşına uygun fizyolojinin bilinmesi ve hastanın preop planlamaları yapılırken yaşına uygun fizyolojisi göz önünde bulundurularak gerekli lordoz ve kifoz açıları sağlanmalıdır. Diğer dikkat edilmesi gereken nokta nörolojik etkilenmedir. Örneğin radiküler tutulum bacak ağrısının kaynağını ve nörolojik defisitinin sebebinin gösterebilir. Radiküler tutulum ile belirlenen seviyeye yönelik dekompresyon ve füzyon planlaması yapılabilir. Diğer bir bulgu aksiyal ağrıdır. Hastadaki aksiyal ağrı dikkate alınmalıdır. Aksiyal ağrı sagittal imbalans, lateral subluksasyonun belirtisi olabilir. Cerrahi ile sadece deformitenin düzeltilmesi aksiyal ağrının devam etmesine neden olmaktadır. Bundan dolayı aksiyal ağrı olan hastalarda deformite düzeltilmesi ile birlikte sagittal dengenin sağlanması gerekmektedir (43). Sagittal dengenin sağlanması bazı vakalarda anterior serbestleştirme, anterior kolon desteği ve osteotomiler ile olabilmektedir.

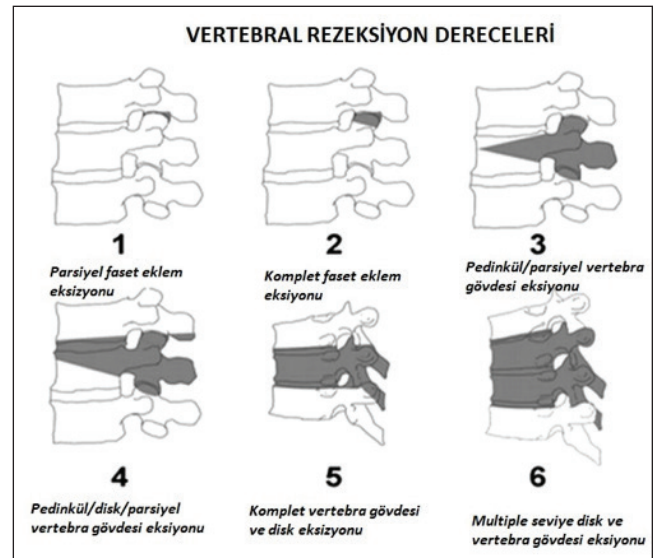
Cerrahi planlamada literatürde birçok sınıflama ve algoritmalar yapılmıştır. Bu algoritmalar arasında cerrahi uygulamaya yönelik Silva ve Lenke'nin yaptıkları çalışma cerrahi planlamayı detaylı bir şekilde açıklamıştır (43). Bu yayın erişkin deformite cerrahi planlanırken yol gösterici bir çalışmadır. Bu çalışmada erişkin deformitelerde cerrahi yaklaşım; 1. Sadece dekompresyon, 2. Dekompresyon ve sınırlı enstrümantasyon, 3. Dekompresyon ve eğriliği kapsayan enstrümantasyon, 4. Anterior ve posterior füzyon, 5. Dekompresyon ve posterior füzyon seviyesinin torakale uzanması, 6. Dekompresyon ve posterior füzyon seviyesinin torakale uzanması ve osteotomi olarak gruplanmıştır. Literatürde osteotomi sınıflandırmaları Schwab tarafından 6 gruba ayrılmıştır (Şekil 6) (40).

Cerrahi planlamada spinopelvik ölçümler, sagittal ve koronal denge, sınıflamalar, algoritmalar, osteotomi teknikleri ile ilgili bilgilerinin hepsi cerrahi öncesinde değerlendirilmeli ve hastalar bu bilgiler ışığında tedavi edilmelidir. Perop oluşabilecek nörolojik komplikasyonları azaltmak için nöromonitörizasyon kullanılabilir. Bu girişimler anterior, posterior ve kombine yaklaşımlarla uygulanabilir.

Organik patolojilerin yanında psikolojik durum değerlendirilmesi de önemlidir. Diebo ve ark. (12), dört seviye veya daha fazla lomber omurga füzyonu geçiren hastaların %37.5'inde en az bir psikolojik komorbiditeye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Depresyon (%16), uyku bozuklukları (%7.1) ve anksiyete (%6.7) en sık rastlanan komorbiditelerdir.

Komplikasyon

Postoperatif süreçte hastalar, gelişebilecek komplikasyonlar ve eşlik eden komorbiditeleri açısından yakın takip edilmelidir. Komplikasyonlar majör veya minor (47) olarak tanımlanmış ve cerrahi veya tıbbi olarak farklılaşmıştır (14). Tıbbi komplikasyonlar olarak; enfeksiyon (pnömoni, idrar yolu enfeksiyonu, sepsis ve yara enfeksiyonu), nörolojik komplikasyonlar (inme, deliryum), kardiyopulmoner komplikasyonlar (derin venöz tromboz, pulmoner emboli, miyokard infarktüsü, aritmi, konjestif kalp yetmezliği, pnömotoraks, atelektazi, erişkin solunum sıkıntısı sendromu (ARDS), elektrolit dengesizliği), gastrointestinal komplikasyonlar (bağırsak tıkanıklığı, ileus, kolesistit) ve böbrek komplikasyonları (akut böbrek yetmezliği) görülmektedir (47). Cerrahi komplikasyonlar ise; intraoperatif olarak bos sızıntısı, aşırı kanama, intraop meydana gelen koagülopati,



Şekil 6: Schwab osteotomi sınıflaması (Kaynak 46'dan alınmıştır).

arka eleman-pedikül-korpus kırıkları, postoperatif yüzeysel enfeksiyon, radikülopati, duyuşsal eksiklik, cilt komplikasyonu, yüzeysel tromboflebit, aşırı kanama görülmektedir (47). Cerrahi sonrası dönemde junctional kifoz, komşu segment dejenerasyonu, psödoartroz ve implant yetmezlikleri izlenebilir.

SONUÇ

Erişkin dönem deformiteleri yaş ile birlikte yavaş ilerleyen progresif hastalıklardır. Yaşın ilerlemesi ile birlikte klinik semptomlarda zamanla artış izlenmektedir. Özellikle torakal, torakolomber bileşke ve lomber bölgeyi etkilemektedir. Tedavideki amaç mevcut semptomların ve hareket kaybının giderilmesidir. Önceleri ileri yaşa bağlı eşlik eden komorbidite sıklığı nedeniyle genellikle cerrahi dışı tedavi modaliteleri ön planda değerlendirilirken, yeni gelişen teknikler bu hastalarda cerrahinin de uygulanma sıklığını artırmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aebi M. The adult scoliosis. *Eur Spine J* 2005; 14: 925–48.
- Aebi M, Gunzburg R, Szpalski M. The aging spine. Berlin and New York, NY: Springer, 2005
- Ailon T, Smith JS, Shaffrey CI, et al. Degenerative spinal deformity. *Neurosurgery* 77(suppl 4): S75-91, 2015
- Battié MC, Videman T, Gibbons LE, Fisher LD, Manninen H, Gill K: 1995 Volvo Award in clinical sciences. Determinants of lumbar disc degeneration. A study relating lifetime exposures and magnetic resonance imaging findings in identical twins. *Spine (Phila Pa 1976)* 20:2601-2612, 1995
- Battié MC, Videman T, Gill K, Moneta GB, Nyman R, Kaprio J, et al: 1991 Volvo Award in Clinical Sciences. Smoking and lumbar intervertebral disc degeneration: an MRI study of identical twins. *Spine (Phila Pa 1976)* 16:1015-1021, 1991
- Battié MC, Videman T, Kaprio J, Gibbons LE, Gill K, Manninen H, et al: The Twin Spine Study: contributions to a changing view of disc degeneration. *Spine J* 9:47-59, 2009
- Belavý DL, Armbrrecht G, Richardson CA, Felsenberg D, Hides JA: Muscle atrophy and changes in spinal morphology: is the lumbar spine vulnerable after prolonged bed-rest? *Spine (Phila Pa 1976)* 36:137-145, 2011
- Bradford DS, Tay BK, Hu SS: Adult scoliosis: Surgical indications, operative management, complications, and outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)* 24:2617-2629, 1999
- Baranto A, Hellström M, Cederlund CG, Nyman R, Swärd L: Back pain and MRI changes in the thoraco-lumbar spine of top athletes in four different sports: a 15-year follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17:1125-1134, 2009
- Bridwell KH, Lenke LG, Lewis SJ: Treatment of spinal stenosis and fixed sagittal imbalance. *Clin Orthop Relat Res* 384:35-44, 2001
- Danneels LA, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, De Cuyper HJ: CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *Eur Spine J* 9:266-272, 2000
- Diebo BG, Cherkalin D, Jalai CM, Shah NV, Poorman GW, Beyer GA, Segreto FA, Lafage V, Naziri Q, Newman JM, Urban WP, Errico TJ, Schwab FJ, Paulino CB, Passias PG: Comparing psychological burden of orthopaedic diseases against medical conditions: Investigation on hospital course of hip, knee, and spine surgery patients. *J Orthop* 15(2):297-301, 2018
- Deutsch H, Haid RW, Rodts GE, Mummaneni PV: Postlaminectomy cervical deformity. *Neurosurg Focus* 15(3): E5, 2003
- Diebo BG, Shah NV, Boachie-Adjei O, Zhu F, Rothenfluh DA, Paulino CB, Schwab FJ, Lafage V: Adult spinal deformity. *Lancet*. 394(10193):160-172, 2019
- Filler AG: Emergence and optimization of upright posture among hominiform hominoids and the evolutionary pathophysiology of back pain. *Neurosurg Focus* 23(1):E4, 2007
- Francis RS: Scoliosis screening of 3 000 college-aged women. The Utah Study--phase 2. *Phys Ther* 68:1513-1516, 1988
- Gennari L, Merlotti D, De Paola V, Calabrò A, Becherini L, Martini G, et al: Estrogen receptor gene polymorphisms and the genetics of osteoporosis: A HuGE review. *Am J Epidemiol* 161:307-320, 2005
- Grubb SA, Lipscomb HJ, Coonrad RW: Degenerative adult onset scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 13:241-245, 1988
- Gupta MC: Degenerative scoliosis. Options for surgical management. *Orthop Clin North Am* 34:269-279, 2003
- Hammerberg EM, Wood KB: Sagittal profile of the elderly. *J Spinal Disord Tech* 16:44-50, 2003
- Harrington PR: Treatment of scoliosis: correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am* 44: 591-610, 1962
- Heary RF: Evaluation and treatment of adult spinal deformity. Invited submission from the Joint Section Meeting on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves, March 2004. *J Neurosurg Spine* 1(1):9-18, 2004
- Hides J, Gilmore C, Stanton W, Bohlscheid E: Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Man Ther* 13:43-49, 2008
- J. Cobb, "Outline for the Study of Scoliosis," *Instructional Course Lectures*, 5:261-275, 1948
- Kamaz M, Kireşi D, Oğuz H, Emlik D, Levendoğlu F: CT measurement of trunk muscle areas in patients with chronic low back pain. *Diagn Interv Radiol* 13:144-148, 2007

26. Kaner T, Özer AF, İatrojenik Spinal Deformiteler Türk Nöroşirürji Dergisi 23 (Ek Sayı: 2): 74-82, 2013
27. Kebaish KM, Neubauer PR, Voros GD, Khoshnevisan MASkolasky RL. Scoliosis in adults aged forty years and older: prevalence and relationship to age, race, and gender. Spine (Phila Pa 1976) 36:731-736, 2011
28. King H, Moe J, Bradford DS, et al: The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am 65:1302-1313, 1983
29. 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 (Phila Pa 1976) 32:2805-2811, 2007
30. Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al: Adolescent idiopathic scoliosis: A new classification to determine extent of spinal arthrodesis. J Bone Joint Surg 83:1169-1181, 2001
31. Linley SE, Peterson J, Mastropolo R, Roberts T, Lawrence J, Glennon J, et al: Mechanical loading rate modulates intervertebral disc trans-endplate transport. Presented at the 59th annual meeting of the Orthopaedic Research Society, San Antonio, TX, 2013 (Abstract) (<http://www.ors.org/Transactions/59/039/0230.html>) [Accessed March 28, 2014]
32. Marty-Poumarat C, Scattin L, Marpeau M, Garreau de Loubresse C, Aegerter P: Natural history of progressive adult scoliosis. Spine (Phila Pa 1976) 32:1227-1235, 2007
33. Moal B, Bronsard N, Raya JG, et al. Volume and fat infiltration of spino-pelvic musculature in adults with spinal deformity. World J Orthop 6:727-737, 2015
34. Ostrowska B, Rozek-Mróż K, Giemza C: Body posture in elderly, physically active males. Aging Male 6:222-229, 2003
35. Ploumis A, Transfeldt EE, Denis F. Degenerative lumbar scoliosis associated with spinal stenosis. Spine J 7:428-436, 2007
36. Scannell JP, McGill SM: Lumbar posture—should it, and can it, be modified? A study of passive tissue stiffness and lumbar position during activities of daily living. Phys Ther 83:907-917, 2003
37. Scheer JK, Tang JA, Smith JS, Acosta FL Jr, Protopsaltis TS, Blondel B, Bess S, Shaffrey CI, Deviren V, Lafage V, Schwab F, Ames CP: International Spine Study Group: Cervical spine alignment, sagittal deformity and clinical implications. Neurosurg Spine 19(2):141-159, 2013
38. Schwab F, Farcy JP, Bridwell K, et al: A clinical impact classification of scoliosis in the adult. Spine (Phila Pa 1976) 31:2109-2114, 2006
39. Schwab F et al: Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. Spine 37(12):1077-1082, 2012
40. Schwab F. et al. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. Neurosurgery 76 Suppl 1: S33-41; discussion S41, 2015
41. Schwab F, Lafage V, Farcy JP, et al. Surgical rates and operative outcome analysis in thoracolumbar and lumbar major adult scoliosis: Application of the new adult deformity classification. Spine (Phila Pa 1976) 32:2723-2730, 2007
42. Setton LA, Chen J: Mechanobiology of the intervertebral disc and relevance to disc degeneration. J Bone Joint Surg Am 88 (Suppl 2):52-57, 2006
43. Silva Fernando E, Lawrence GL: Adult degenerative scoliosis: evaluation and management. Neurosurgical Focus 28(3): E1, 2010
44. Sinaki M, Itoi E, Rogers JW, Bergstrahl EJ, Wahner HW: Correlation of back extensor strength with thoracic kyphosis and lumbar lordosis in estrogen-deficient women. Am J Phys Med Rehabil 75:370-374, 1996
45. Smith JA. Adult deformity: management of sagittal plane deformity in revision adult spine surgery. Contemp Spine Surg 3:10-16, 2002
46. Smith JS, Shaffrey CI, Bess S, et al. Recent and emerging advances in spinal deformity. Neurosurgery 80:S70-85, 2017
47. Soroceanu A, Burton DC, Oren JH, Smith JS, Hostin R, Shaffrey CI, Akbarnia BA, Ames CP, Errico TJ, Bess S, Gupta MC, Deviren V, Schwab FJ, Lafage V; International Spine Study Group. Medical Complications After Adult Spinal Deformity Surgery: Incidence, Risk Factors, and Clinical Impact. Spine (Phila Pa 1976) 41(22):1718-1723, 2016
48. Sparrey CJ, Bailey JF, Safae M, et al. Etiology of lumbar lordosis and its pathophysiology: a review of the evolution of lumbar lordosis, and the mechanics and biology of lumbar degeneration. Neurosurg Focus 36: E1, 2014
49. Vanderpool DW, James JJ, Wynne-Davies R. Scoliosis in the elderly. J Bone Joint Surg Am 51:446-455, 1969
50. Videman T, Leppävuori J, Kaprio J, Battié MC, Gibbons LE, Peltonen L, et al: Intragenic polymorphisms of the vitamin D receptor gene associated with intervertebral disc degeneration. Spine (Phila Pa 1976) 23:2477-2485, 1998
51. Wallwork TL, Stanton WR, Freke M, Hides JA: The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. Man Ther 14:496-500, 2009
52. Watanabe K, Lenke LG, Bridwell KH, Kim YJ, Koester L, Hensley M: Proximal junctional vertebral fracture in adults after spinal deformity surgery using pedicle screw constructs: Analysis of morphological features. Spine (Phila Pa 1976) 35: 138-145, 2010
53. Youssef JA, Orndorff DO, Patty CA, et al. Current status of adult spinal deformity. Glob Spine J 3:51-62, 2013
54. Yue J, Guyer RD, Johnson JP, Khoo LT, Hochschuler SH. The comprehensive treatment of the aging spine: minimally invasive and advanced techniques, 1st edn. Philadelphia, PA: Saunders/Elsevier, 2011