

Omurganın Sagital Dengesinin Klinik Önemi

1. BASKI

Editörler:

Prof. Dr. Yetkin SÖYÜNCÜ

Prof. Dr. Uygur ER

Editör Yardımcıları:

Prof. Dr. İ. Teoman BENLİ

Doç. Dr. Mehmet AYDOĞAN

Doç. Dr. Ender OFLUOĞLU

Türk Omurga Derneği Yayınları-11

2017

**Türk Omurga Derneği adına sahibi:
Prof. Dr. İ. Teoman BENLİ**

Türk Omurga Derneği Yönetim Kurulu:

BAŞKAN

İ. Teoman Benli • *i.teoman.benli@gmail.com*

2. BAŞKAN

Sait Naderi • *saitnaderi@yahoo.com*

SEKRETER

Mehmet Aydoğan • *ortospine@yahoo.com*

SAYMAN

Hakan Sabuncuoğlu • *hsabuncuoglu@gmail.com*

ÜYELER

Ender Oflluoğlu • *enderoflluoglu@yahoo.com*

Yetkin Söyüncü • *ysoyuncu@hotmail.com*

Uygur Er • *uygurur@gmail.com*

Metin Özalay • *metinozalay@gmail.com*

Deniz Konya • *drdkonya[at]hotmail.com*

Fatih Dikici • *fatihdikici71@hotmail.com*

ISBN: 978-975-6813-99-7

Türk Omurga Derneği'nden izinsiz bu kitaptan kısmen veya tamamen alıntı yapılamaz ve izinsiz yeni baskısı yapılamaz.

Tüm telif hakları Türk Omurga Derneği adına
Prof. Dr. İ. Teoman Benli'ye aittir.

Rekmay Yayıncılık

www.rekmay.com.tr

Ankara, 2017

KATKIDA BULUNANLAR

(ALFABETİK SOYADI SIRASI İLE)

• **Doç. Dr. Burak AKESEN**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Bursa.

• **Doç. Dr. Akif ALBAYRAK**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü, Balta Limanı Kemik Hastalıkları EAH, İstanbul.

• **Yrd. Doç. Dr. Yunus ATICI**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Başkanı, Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tuzla, İstanbul.

• **Prof. Dr. Ufuk AYDINLI**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Verom Omurga Sağlığı Merkezi, Bursa.

• **Doç. Dr. Mehmet AYDOĞAN**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Özel Bosphorus Omurga Merkezi, İstanbul.

• **Prof. Dr. İ. Teoman BENLİ**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Başkanı, Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tuzla, İstanbul.

• **Yrd. Doç. Dr. Halime ÇEVİK**

Radyoloji Uzmanı, Radyoloji Anabilim Dalı, Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tuzla, İstanbul.

• **Dr. İsmail DALDAL**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara.

• **Doç. Dr. Ali Haluk DÜZKALIR**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Taksim EAH, GOP, İstanbul.

• **Prof. Dr. Uygur ER**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Düzce.

• **Doç. Dr. Serkan ERKAN**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Manisa.

• **Yrd. Doç. Dr. Ümit Özgür GÜLER**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Adana Uygulama ve Araştırma Hastanesi, Adana.

• **Doğa GÜRKANLAR**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Yakın Doğu Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti.

• **Prof. Dr. Tayfun HAKAN**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Okan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Tuzla, İstanbul.

• **Prof. Dr. Serdar KAHRAMAN**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Anadolu Sağlık Merkezi Hastanesi, Gebze, Kocaeli.

• **Yrd. Doç. Dr. Doğaç KARAGÜVEN**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Başkanı, Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tuzla, İstanbul.

• **Op. Dr. Deniz KARGIN**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü, Balta Limanı Kemik Hastalıkları EAH, İstanbul.

• **Op. Dr. Burak KAZANCI**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, 100. Yıl Akay Hastanesi, Çankaya, Ankara.

• **Prof. Dr. Esat KITER**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Denizli.

• **Doç. Dr. Ender OFLUOĞLU**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Bakırköy Ruh ve sinir Hastalıkları EAH, Bakırköy, İstanbul.

• **Op. Dr. İsmail OLTULU**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Özel Bosphorus Omurga Merkezi, İstanbul.

• **Yrd. Doç. Nusret ÖK**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Denizli.

• **Prof. Dr. Metin ÖZALAY**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Adana Uygulama ve Araştırma Hastanesi, Adana.

• **Op. Dr. Selçuk ÖZDOĞAN**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Taksim EAH, GOP, İstanbul.

• **Op. Dr. Ersin ÖZEREN**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Aksaray Üniversitesi Tıp Fakültesi, Aksaray.

• **Prof. Dr. Yetkin SÖYÜNCÜ**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Antalya.

• **Prof. Dr. Alpaslan ŞENKÖYLÜ**

Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara.

• **Yrd. Doç. Dr. Cengiz TUNCER**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Düzce.

• **Yrd. Doç. Dr. Sadık Ahmet UYANIK**

Radyoloji Uzmanı, Radyoloji Anabilim Dalı, Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tuzla, İstanbul.

• **Yrd. Doç. Dr. Birnur YILMAZ**

Radyoloji Uzmanı, Radyoloji Anabilim Dalı, Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tuzla, İstanbul.

• **Doç. Dr. Kazım YİĞİTKANLI**

Beyin ve Sinir Cerrahisi Uzmanı, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Polatlı Devlet Hastanesi, Polatlı, Ankara.

TÜRK OMURGA DERNEĞİ BAŞKANINDAN

Saygıdeğer meslektaşlarım, Mayıs 2015’de Türk Omurga Derneği Yönetim Saygıdeğer meslektaşlarım, Mayıs 2015’de Türk Omurga Derneği Yönetim Kurulu Başkanı olarak göreve geldikten sonra, benim ve Yönetim Kurulu’nun 4 temel hedefimiz vardı. Bunlar, Eurospine Diploma ve TOD Müfredat kursları ve bölgesel toplantılar yapmak, böylelikle hem meslektaşlarımızın eğitimine katkıda bulunmak, hem de Türkiye’nin her yerinde meslektaşlarımızla kaynaşarak, omurga cerrahisini sevdirmek, gerekli alt yapıyı hazırlayıp genç meslektaşlarımıza yurt dışı burs olanakları sağlayarak onların eğitimine destek olmak, Ortopedi ve Nöroşirurji ailelerini yakınlaştırarak, ortak eğitim etkinlikleri yapmak, eşgüdüm komisyonu yardımıyla TTB-HUV ve SGK-SUT listelerini eşleştirmek ve son olarak bence en önemlisi gelecek nesillere bırakacağımız gerçek kalıcı eserler olan kitaplar çıkartmaktır. İki yeni baskı olmak üzere bu dönemde 10 kitap çıkartılması planlanmıştı.

Öncelikle mennuniyetle ifade etmeliyim ki, ilk üç hedefimize neredeyse tamamı ile ulaşılmış durumdayız. TTB-HUV listeleri güncellenerek eşleştirilmiştir. SRS ve Eurospine Kongrelerine 4 katılım bursu yanı sıra, Amerika Birleşik Devletlerinde 3 önemli klinikte 2’şer aylık, Hollanda’da 2’şer aylık klinik çalışma bursları ve İngiliz Omurga Cerrahisi ile yaptığımız anlaşma ile 1 adet “travelling fellowship” bursu sağlanmıştır. Daha önceki yönetimce sağlanan yine 1’er aylık İtalya ve Macaristan’daki “Omurga Tümörleri” bursuna da devam edilmiştir. Bölgesel toplantıların ilki Adana’da yapılmış, çevre illerden büyük bir katılımı, mükemmel bir toplantı yapılmıştır. İkincisi Ankara’da, üçüncüsü Antalya’da gerçekleştirilmiştir. Eurospine modüllerinin hem 2016 yılı hem de 2017 döngüsü tamamlanmıştır.

Son olarak ve bence en önemli hedefimize gelince, şüphesiz bu hedef zor ve yorucu bir çalışma gerektiren hedef olan kitaplar hazırlanması idi. Önceki yönetimce hazırlanan “**Omurga ve Spinal Kord Tümörlerinde Tanı ve Tedavi**” kitabı Türk Omurga Yayınları-3 olarak basılmış ve tüm üyelere ücretsiz yollanmıştır. 2006 yılında basılan editörlüğünü benim yaptığım, “Omurga Enfeksiyonları” kitabı güncellenerek yeni baskısı yapılmış ve bu kitap da ve tüm üyelere ücretsiz yollanmıştır. Şimdi TOD yayınlarının 11. Kitabı, bizim dönemimizde basılan 9. kitap olan “**SAGİTAL DENGİNİN KLİNİK ÖNEMİ**” kitabını yayınlıyoruz. Bu kitabın omurgaya gönül vermiş tüm meslektaşlarımıza yararlı olacağına inancım tamdır. Titiz bir çalışmanın ürünüdür.

Başta **Kitap Editörü Dr. Yetkin Söyüncü** ve **Uygur Er’e**, editör yardımcıları, Dr. Mehmet Aydoğan’a, Dr. Ender Ofluoğlu’na, tüm TOD Yönetim Kurulu üyelerine, tüm bölüm yazarı meslektaşlarıma, Rekmay Yayınevinden Sayın Ahmet Hacıoğlu’na, Özlem Türkmen’e ve çalışanlarına ve adını zikredemediğim emeği geçen herkese sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Saygılarımla

Prof. Dr. İ. Teoman BENLİ
Türk Omurga Derneği Başkanı

ÖNSÖZ

*Bilgiye sahip olarak doğmuş birisi değilim.
Öğretmeyi seviyorum ve öğrenmeye çalışıyorum*

Konfüçyüs

Türk Omurga Derneği'nin yönetim kurulu seçimleri sonrası yeni yönetim kurulunun ilk toplantısı sırasında Dernek Başkanımız Sayın Prof. Dr. İ. Teoman Benli, hedefler ve yapılacaklar listesinin en başına dernek bünyesinde çıkarılması planlanan kitaplar listesini koymuştu. Bu kitabın editörlük ve yardımcı editörlük görevleri de o dönemde, bana ve Sevgili Uygur Er'e verilmişti. Kitabın hazırlanma sürecindeki yoğunluk ve zorluklar içinde 'Deneyimlerimizi neden daha çok genç ve omurgayla uğraşan meslektaşlarımıza ulaştırmayalım? Bu bizim görevimiz olsun.' diyerek kendimi motive etmeye çalıştım.

Yaşlı nüfusun artması ve insanların yaşam sürelerinin uzaması, önceden yaşlanmanın normal bir sonucu olarak kabul edilen kompleks omurga deformiteleriyle daha sık karşılaşmamıza sebep olmaktadır. Spinal morfolojinin ve sagittal dizilimin daha iyi anlaşılması ve değerlendirilmesi ile birlikte yetişkin deformitelerinde yeni anlayışlar ortaya çıkmıştır. Çok sayıda merkezdeki hasta havuzlarından elde edilen veriler bize cerrahi sonuçları iyileştirmek için yeni veriler sunmuştur. Patolojinin daha iyi anlaşılması ve enstrümantasyon sistemleri, cerrahi yöntemler ve anestezi tekniklerinde ilerlemeler ile birlikte çok daha fazla hastada kompleks rekonstrüktif cerrahiler uygulanmaya başlamıştır.

Bu kitapta, omurga deformitelerinde yeni bir anlayış ortaya koyan omurganın sagittal diziliminin değerlendirilmesi ve yorumlanmasında yeni fikirleri temel kaynaklar ile güncel ve klasik literatürler eşliğinde yazarların deneyimini de aktarması amaçlanmıştır. Bunu yaparken konuların anlaşılabilmesini mümkün olduğunca kolaylaştırmak için görsel resim ve şekillere başvurularak konunun zenginleştirilmesi tercih edilmiştir.

Hani bazı kitaplar vardır, her cümlesi değerlidir. Lafı fazla uzatmadan bir çırpıda, altını çizerek keyifle okuyacağınız bilgiler aktarır bize. Kütüphanemizin en değerli yerinde ihtiyaç halinde başvurulmak üzere bizi bekliyor olur. Her zaman başucumuzda, zamanla eskimeyen değerli bir kaynak olarak durur.

İşte bu kitap da böyle olsun istedik.

Kitabın hazırlanmasında emeği geçen başta TOD Başkanımız Sayın Prof. Dr. İ. Teoman BENLİ'ye ve özveriyle çalışmaları ile bize katkı veren değerli bölüm yazarlarımıza gönülden teşekkür ederim.

Unutmayın ki nasıl başlarsanız öyle gidersiniz. Yolunuz açık, başarı hep yanı başınızda olsun.

Saygılarımla.

Prof. Dr. Yetkin SÖYÜNCÜ

Editör

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM-I.

SAGİTTAL DENGE VE KLİNİK ÖNEMİ

- 01. Komşu segment bir efsane mi ?**3-18
Doğa GÜRKANLAR
- 02. Servikal patolojilerde denge değişimi**19-24
Cengiz TUNCER, Uygur ER
- 03. Flat back: Patolojisi ve klinik önemi**.....25-32
Ümit Özgür GÜLER, Metin ÖZALAY
- 04. Başarısız bel cerrahisi: revizyon cerrahisi. Sık görülen bir problem mi?**33-36
Metin ÖZALAY, Ümit Özgür GÜLER

BÖLÜM-II.

OMURGA DENGESİ VE BİYOMEKANİK

- 05. Omurga dengesi ve biyomekanik**39-50
Esat KİTER, Nusret ÖK

BÖLÜM-III.

DENGE ANALİZİ İÇİN OMURGANIN GÖRÜNTÜLENMESİ

- 06. Spinal Radyoloji. Ayakta direk grafler ve pozisyon**.....53-70
Burak KAZANCI
- 07. 3D rekonstrüksiyon: EOS sistem**71-78
Birnur YILMAZ, Sadık Ahmet UYANIK, Halime ÇEVİK
- 08. EOS™ görüntüleme sisteminin klinik kullanımı**79-84
Uygur ER, Doğa GÜRKANLAR

BÖLÜM-IV.

OMURGA DENGESİNİ ANALİZ ETMEK İÇİN KULLANILAN PARAMETRELER

- 09. Pelvik parametreler ve yaşa göre değişen ölçümleri**87-92
Burak AKESEN
- 10. Omurga dengesini değerlendirmek için kullanılan değişkenler: omurgaya ait değişkenler**.....93-104
Uygur ER

11. Omurga ve pelvis şekli arasındaki korelasyon: semptomatik olmayan popülasyonda sagittal omurga konturları105-110
Deniz KARGIN, Akif ALBAYRAK

12. Servikal sagittal denge111-122
Selçuk ÖZDOĞAN, Ali Haluk DÜZKALIR, Serdar KAHRAMAN

BÖLÜM-V.

YAŞLANMA SÜRECİ VE SAGİTTAL DENGE ÜZERİNE ETKİSİ

13. Yaşlanma süreci ve sagittal denge üzerine etkisi125-128
Kazım YİĞİTKANLI

14. Yaşlanan Omurgada Dejeneratif Süreçlerin ve Osteoporozun Sagittal Dengeye Etkileri.....129-140
İsmail OLTULU, Mehmet AYDOĞAN

BÖLÜM-VI.

FARKLI PATOLOJİLERDE SAGİTTAL DENGE ANALİZİ

15. Vertebral kolon şekli ve intervertebral disk hernisi ilişkisi143-162
Ersin ÖZEREN

16. Proksimal Bileşke Kifoza163-170
İsmail OLTULU, Mehmet AYDOĞAN

17. Gelişimsel displastik spondilolistezis171-210
Teoman BENLİ, Doğan KARAGÜVEN, Yunus ATICI

18. Dejeneratif Spondilolistezis211-228
Serkan ERKAN

19. Servikal dejeneratif patolojilerde sagittal denge değişimi.....229-242
Tayfun HAKAN

20. Lomber stenoz ve sagittal denge243-258
Yetkin SÖYÜNCÜ

21. Hastanın sagittal dengesi endikasyonları değiştirir mi? ALIF veya TLIF?259-266
Doğa GÜRKANLAR, Uygur ER

22. İyatrojenik ve dejeneratif lomber lordoz kaybının cerrahi tedavisi267-276
Ufuk AYDINLI

23. Skolyozda sagittal düzlemin analizi, cerrahi için planlama, cerrahi için ipuçları277-298
Alpaslan ŞENKÖYLÜ, İsmail DALDAL

İNDEKS299-304

I. BÖLÜM

SAGITTAL DENGE VE KLİNİK ÖNEMİ

1. Komşu Segment Hastalığı

Doğa GÜRKANLAR

GİRİŞ

Disk dejenerasyonu, intervertebral diskin biyolojik ve mekanik özelliklerini kaybetmesi ile sonuçlanır. Bu değişim ve dejenerasyon yaş ile uyumlu olduğu müddetçe normal olarak kabul edilir. Disk enfeksiyon ve yaralanmalardan direkt olarak etkilenirken, disk fonksiyonlarını bozan çevresel faktörlerden de dolaylı olarak etkilenir. Bu son mekanizma, komşu segment dejenerasyonu (KSD) olarak da bilinen, füzyona uğramış seviyedeki disk hastalığını da açıklamaktadır. Faset eklem tutulumu da tabloya eklenirse gelişebilecek olan hipertrofi ve/veya stenoza bağlı klinik nörolojik bulgular da ortaya çıkabilir ⁽⁶⁰⁾. Füzyon ve disk dejenerasyonunun birlikteliği 1990'lardan itibaren bilinen bir durumdur ⁽²⁸⁾.

Komşu segmentteki dejeneratif değişikliklerin, radyolojik ve klinik kriterlerini ortaya koyan evrensel olarak kabul edilmiş bir sınıflandırması olmadığından, gerçek insidansı ve klinik etkisi net olarak ortaya koyulamamıştır. Komşu segmentte bir önceki spinal füzyon sonrası gelişen spinal dejeneratif patoloji, literatürde “KSD”; “komşu segment hastalığı”; “birleşim problemi”; “birleşim darlığı” gibi pek çok şekilde isimlendirilmiştir. Dejenerasyon terimi ile osteofit oluşumu, intervertebral disk dejenerasyonu, spinal stenoz, segmental instabilite, faset artrozu veya kifoz ve skolyozu da içeren belirgin yapısal deformite kastedilmektedir⁽³⁹⁾. KSD terimi önceki spinal füzyon uygulanan segment komşuluğundaki seviyelerde oluşan radyografik değişiklikleri tarif etmek için kullanılmaktadır ve klinik bir bulgu ile birlikte olması gerekmemektedir. Komşu segment hastalığı (KSH) ise daha önceki spinal füzyona komşu seviyelerdeki radyolojik değişikliklerle uyumlu olarak gelişen klinik semptomlar için kullanılan bir terimdir. KSD, KSH’na ilerleyebilir ve KSH da ağrı ve disfonksiyona neden olabilir ya da ek spinal cerrahi girişime ihtiyaç doğurabilir^(29, 31, 60).

KSH, intervertebral füzyonun yaygın olarak kullanılması ve geçmişte spinal füzyon uygulanmış hastaların sayısının çokluğu nedeniyle güncel bir konudur⁽⁶⁰⁾.

KSH’ı iatrojenik bir olay olarak tanımlamak haksızlık olur. Aksine, kendi haline bırakıldığı takdirde sonuçlarının çok daha kötü olacağı bir durumu tedavi etmek için uygulanan cerrahi prosedürün beklenen uzak etkisidir. Cerrahi olsun ya a olmasın herhangi bir disk disfonksiyonunun komşu disk üzerinde kötü etkileri olacaktır⁽³⁴⁾.

PATOGENEZ

Omurga, birbirini takip eden katı ve eğilebilir (omur ve intervertebral disk) yapıların karışımından oluşan yarı esnek bir yapı olarak görülebilir. Birbirini takip eden iki veya daha fazla omurun cerrahi füzyonu bu düzenli değişimi bozar. Segmentin artmış rijiditesinin de spinal kinematığı değiştirmesi ve yük dağılımını belirgin olarak etkilemesi beklenir.

Pek çok çalışma, füzyon sonrası komşu segmentte gelişen, sonuçta disk dejenerasyonunu hızlandıran, artmış intradiskal basınç, artmış yüklenme

veya artmış mobilite ile sonuçlanan, biyomekanik değişimlere odaklanmıştır (6,9,17,20,44,47,56,57,69). Artmış mekanik yüklenmeler diskin beslenmesini bozarak diskin kötü etkilenmesine sebep olur. Bozulmuş disk beslenmesi disk dejenerasyonunun en belirgin sebebidir (9). Disk içindeki artmış basınç besinlerin diskin içine geçişini engeller ki bu da artık ürünlerin burada birikimine sebep olur (59). Kadavra çalışmalar artrodezin komşu segmentlerde basınç, kuvvet ve hareket değişikliklerine sebep olduğunu göstermiştir (21,24).

Disk yaşlandıkça, periferik arterlerin sayısının azalması ve son plak kırırdağının kireçlenmesi neticesinde vasküler destek azalır. Ayrıca, yaşayabilir hücrelerin kaybı, matriks proteinlerinin modifikasyonu ve matrixin yıpranmaya bağlı yetersizliği meydana gelir (59). Servikal omurganın fizyolojik yaşlanması sağlıklı bireylerde gözlemlenmiştir. 63 asemptomatik gönüllü hastanın manyetik rezonans görüntülemesi (MRG), 40 yaş altında %25 intervertebral disk daralması veya dejenerasyonunu gösterirken bu oran 40 yaş üstü hastalarda %60 olarak tespit edilmiştir (7). Yine 497 asemptomatik hastanın servikal intervertebral disk MRG'si 20-29 yaş arasında erkeklerin %17'sinde bayanların %12'sinde görünen dejeneratif bulgular yaşla birlikte lineer bir artış göstererek 60 yaş üzerinde erkeklerde % 86 kadınlarda % 89'a ulaşmıştır (45).

SERVİKAL FÜZYON VE KSH

Anterior ve posterior füzyon sonrası ve tek ve çok seviye girişimler sonrası KSD, pek çok çalışmada belirtilmiştir. Ancak insidansı değişmektedir. Bir anterior servikal diskektomi ve füzyon (ASDF) uygulanan 180 hastanın % 92'sinde komşu seviyede ek dejeneratif değişiklikler görülürken (25), bir başka çalışmada ASDF ile tedavi edilen 177 hastanın % 92'sinde bir miktar radyolojik değişiklik izlenmiştir (15). Yine bir başka çalışmada ise KSD oranı % 67 olarak rapor edilmiştir (20).

Önceden komşu segmentteki radyolojik değişikliklerle ilgili yapılan çalışmaların aksine, güncel çalışmalar daha çok KSH üzerine odaklanmış durumdadır. Hilibrand ve ark. KSH yıllık oranının % 2,9 olduğunu ve 10 yıllık takiplerinde ise ASDF sonrası yeni hastalık gelişme oranının % 25,6 olduğunu bildirmişlerdir (30).

KSD, KSH'ndan belirgin olarak daha büyük oranda görülür (25,33,38,46,70,76). Ancak KSD'daki radyolojik bulguların KSH'nı öngördüğüne dair bir ilişki ortaya konulamamıştır (20,25,32). Bu nedenle anterior servikal füzyon komşuluğundaki segmentte görülen dejeneratif radyolojik bulgular yalnızca o seviyeye ait radikülopati veya myelopati ile birlikte ise anlamlıdır (16). Takip yılları genel prevalansa bölündüğünde cerrahi gerektiren KSH insidansı % 0.8-% 4 arasında bulunmuştur (16). Cerrahinin türü, sigara içiciliği ve cinsiyet takipte komşu segment patolojilerinin (KSP) gelişmesi için risk faktörleridir. Posterior artrodez grubunda cerrahi girişim gerektiren KSP gelişme riski, sadece posterior dekompresyon yapılanlardan 7,5 kat, anterior artrodez yapılanlardan ise 3 kat daha fazladır (42). Olası sebepler arasında ligamanlar, faset eklem kapsülü ve kaslar gibi yumuşak dokuların posterior artrodez sırasında yaralanması veya posterior enstrümantasyonun rijiditesi sayılabilir.

Literatürde ele alınan bir başka konu ise KSH gibi kemik formasyonu ile oluşan komşu segment osifikasyonudur (KSO) gelişimidir. Her ne kadar kemik formasyonu ortak noktaları olsa da KSO'nun patolojik mekanizması KSP'deki osteofitik büyümeden farklıdır (35). KSO olan hastalarda tipik olarak disk mesafesi yüksekliği daha iyi korunmuştur. KSO'nun en ağır durumlarında ankiloz ve hareket kısıtlılığı gelişir ve bunun sonucunda da komşu segment göreceli olarak dejeneratif değişikliklerden korunmuş olur. KSP olan hastalarda daha çok disk protrüzyonu, faset artrozu, spondilolistezis, end plate sklerozu veya osteofit oluşumu görülür. Aynı zamanda KSO'nun tabanı vertebra gövdesinin önünde, onun yarısını kaplayacak şekilde yerleşmiştir. KSD'da görülen osteofitler ise vertebra gövdesinin öna-alt kısmında bulunur ve gövdenin üçte birinden fazlasını kaplamaz. KSD'nun cerrahiye mi yoksa dejeneratif hastalığın tabiatı gereği mi ortaya çıktığı net değil iken, KSO, bunun aksine, servikal plağın komşu segmente çok yakın konulması ile ortaya çıkan iatrojenik bir problemdir. KSO önlemek için plağın komşu segmente 3 mm'den daha yakın koyulmaması gerektiği belirtilmiştir (37). Teoride KSO, plak ile anterior longitudinal ligamentin kemikleşme ile sonlanan enflamatuar reaksiyondan dolayı

oluşmaktadır. Bu sonuca KSO'nun enstrümanlı ASDF'larda, enstrümansız ASDF'lara göre daha fazla görülmesinden yola çıkarak varılmıştır^(52,55,74). Daha da önemlisi KSO cerrahiden sonraki 2 yıl içinde ortaya çıkarken KSH'da osteofitik kemik gelişimi ve disk dejenerasyonu zaman içinde dereceli olarak ortaya çıkar^(30,53,74). Cerrahi sırasında seviye belirlemek için iğnenin yanlış seviyeye yerleştirilmesi de KSP için risk faktörleri arasında sayılmaktadır ve KSP riskini 3 kat arttırdığı belirtilmektedir⁽⁵⁰⁾. Bu çalışmalar komşu seviyede doku hasarı oluşturmaktan kaçınmanın ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Disk son derece düşük bir rejenerasyon kapasitesine sahip olduğundan herhangi bir belirgin hasarlanma durumu artmış dejenerasyon ile sonuçlanacaktır.

ASDF'nun kifotik sagittal segmental dizilim ile birlikteliğinin radyolojik ve klinik gerileme ile birlikte olması, servikal omurganın sagittal dizilimin KSP açısından önemini ortaya koymaktadır^(22-23,33). Füzyon sonrası azalan lordotik açı komşu segmentlerde anormal stres dağılımına neden olmaktadır ve kifoz fleksiyon ve ekstensiyon sırasında arka kolonda artmış gerilime neden olur ki bu da komşu segmentlerin dejenerasyonu ile neticelenir. Komşu segmentte önceden varolan dejenerasyon, önceki servikal füzyon ve servikal omurganın sagittal dizilim bozuklukları KSH için risk faktörleridir^(22,30,32).

ASDF sonrası psödoartroz oranları literatürde oldukça değişkenlik göstermektedir⁽¹⁰⁾. Bu değişkenlik kemik füzyonun varlığını tespit edecek standart radyografik bir kriterin olmamasından kaynaklanır⁽¹⁰⁾. Psödoartrozu işaret eden radyolojik kriterler: kemik-greft bileşkesinde köprüleşen kemik trabeküllerin olmayışını düşündüren radyolüsent bant veya "halo belirtisi" ne ek olarak görülen dinamik grafilerdeki segmental hareketliliklerdir. Ayrıca, Wang ve ark. çok seviyeli ASDF'da tek seviyeli olana göre daha yüksek psödoartroz riski olduğunu göstermişlerdir. Tek, iki ve üç seviye ASDF için füzyon oranları sırasıyla %88-90, % 73-80 ve % 70 olarak belirtilmiştir⁽⁶⁶⁻⁶⁷⁾. Shriver ve arkadaşlarının yaptığı meta-analiz sonucuna göre genel psödoartroz riski % 0,2'dir⁽⁶⁴⁾.

LOMBER FÜZYON VE KSH

Lomber artrodez etkilenen segmentteki hareket aralığını azaltır, bu durum komşu kaynamamış segmentin cerrahi öncesine göre daha fazla yüklenme ile karşılaşmasına ve tüm lomber omurganın hareket aralığını kompanse etmesine sebep olur ^(26-27,41,71). Ne var ki, bir diğer teori de KSD'nun maruz kalan hastada doğal dejeneratif gidişatı takip ettiğini iddia eder. Ayrıca, KSD ve KSH için gerçek risk faktörleri halen net değildir. Potansiyel risk faktörleri literatürde, yaş, cinsiyet, osteoporoz, enstrümantasyon, füzyon tipi, füzyon uzunluğu, faset eklem hasarı, koronal veya sagittal dizilim, komşu segmentlerde önceden var olan dejeneratif disk veya faset eklem ve lomber stenoz olarak belirtilmektedir ^(19,48,68).

Pek çok invitro ve klinik çalışma lomber segmental füzyon sonrası üst komşu segmentte intradiskal basıncın ve makaslama kuvvetlerinin aşağı komşu segmente oranla anlamlı şekilde arttığını göstermektedir ^(1,12,18,35,68,72). KSD sonrası klinik bulguları da gelişen, KSH olan ve cerrahi uygulanan bir hastamıza ait progresif radyolojik değişiklikler **Şekil-1.a** ve **Şekil-1.b**'de gösterilmiştir. Pelvik insidans ile lomber lordoz arasındaki fark 15 dereceyi aştığında makaslama kuvvetindeki artış daha da fazla olmaktadır, bu da sagittal omurga – pelvis diziliminin spesifik etkisini göstermektedir ⁽⁶³⁾. Akamaru ve arkadaşları, hiperlordotik segmental fiksasyonun, sagittal dizilim bozukluğunun bir etkisi olarak, yukarı komşu segmentte artmış mobiliteye sebep olduğunu göstermişlerdir ⁽³⁾. Umehara ve arkadaşları ise bu etkileşimin forse edilmiş lomber lordozda posterior faset eklemler aracılığıyla oluştuğunu ispatlamışlardır ⁽⁶⁵⁾.

Chosa ve arkadaşları ile Goto ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmalarda komşu segmentlerdeki intradiskal basınçların inter-body füzyon sonrasında posterolateral füzyona göre iki kat arttığı gösterilmiştir (fleksiyon/ekstensiyon) ^(14,26).

Kim ve ark. yaptıkları çalışmada tek ve çift taraflı pedikül vidası ile fiksasyon uygulanan hastaları karşılaştırmışlar ve KSD açısından iki grup arasında istatistik olarak anlamlı bir sonuç bulamamışlardır ⁽³⁶⁾.



Şekil-1. a. Faset eklemler ve disk patolojilerine bağlı gelişen dejeneratif spinal kanal stenozu. b. Aynı vakanın revizyon cerrahisi sonrası görüntüleri.

Her ne kadar hareketi koruyan prosedürler uygulanan hastalarda KSD, KSH ve reoperasyon riskinin füzyon uygulanan gruplara göre daha düşük olduğu belirtilmişse de yine hareket koruyucu bir prosedür olarak belirtilen total disk replasmanı cerrahisi yüksek cerrahi risk ve komplikasyonlar ile birlikte; intervertebral dinamik stabilite sistemleri cerrahi uygulanan seviyede yüksek reoperasyon oranına sahiptirler^(5,8,19,48,58,68,75).

Tek mesafe füzyon uygulanan hastalarla karşılaştırıldıklarında, çok seviye füzyon uygulanan hastalarda KSH gelişme oranı yüksek olarak gözlenmektedir^(4,61,73). Üç veya daha fazla seviye füzyon uygulanan hastalarda özellikle L5-S1 seviyesinde KSH, bir veya iki seviye füzyon uygulanan hastalara oranla çok daha belirgindir^(43,54).

Uzun segment füzyon uygulandığında torakolomber bileşkenin ve L5-S1'in füzyona dahil edilmesinin spesifik etkileri vardır. Eğer füzyon L5 seviyesinde sonlandırılırsa KSD daha fazla görülürken, L4'te sonlandırıldığında bir fark görülmemiştir⁽⁶²⁾. Füzyonun proksimalde L1-3 seviyesine kadar uzandığı vakalarda L4-5'e oranla riskin arttığı gözlemlenmiştir. Bunun aksine alt torasik seviyelere uzanan füzyonlarda ise KSH riski daha düşük izlenmiştir⁽¹¹⁾.

Pek çok yazar füzyon uygulanan ve dekompresyonun da gerekli olduğu olgularda KSH'nı, dekompresyon yapılmayanlara göre çok daha fazla bulmuştur^(40,49,62).

İkincil instabilite, sıklıkla da dejenerasyona eşlik eden üst komşu segment retrolistezisi ve stenozu KSH'nın tipik bulgularıdır⁽¹³⁾.

KSD'na bağlı klinik gerilemenin tanısını koyabilmek için ilk cerrahinin ardından yaklaşık 6 aylık bir klinik iyileşme sürecinin olması gerekir^(19,35,51). Klinik gerilemenin süresi bir çalışmada 13-21 ay olarak belirtilmiştir⁽⁵¹⁾.

Semptomatik KSH için cerrahi tedavi kararı, füzyonun durumu, uzunluğu, enstrümantasyon yapılan segmentin uzatılıp uzatılmayacağı göz önüne alınarak verilmelidir. Revizyon cerrahisi düşünüldüğünde sagittal dizilim ve vertebral osteotominin olası uygunluğu değerlendirilmelidir. Torasik segment ile uyumlu bir lomber lordoz pelvic insidansı sağlamak için sagittal dizilimin düzeltilmesi düşünüldüğünde kar/zarar oranı mutlaka değerlendirilmelidir (örn: yaşlı hasta). Bu durumda infra-pelvic bölgenin detaylı bir değerlendirilmesinin yapılması çok önemlidir. Şu da unutulmalıdır ki KSH için revizyon cerrahisi oranı son derece düşüktür. Literatürde KSH için cerrahisiz yaşam süresi 5 yıl için %97, 10 yıl için de %94 olarak belirtilmiştir⁽²⁾.

Ahn ve arkadaşlarının çalışmalarında yukarı KSD'nu % 79,5, aşağı KSD'nu % 18,8 olarak, her iki taraftaki KSD ise % 1,8 olarak bulmuşlardır. Revizyon cerrahisi lumbosakral bileşkede (% 88,4 revizyon), torakolombere (% 11,6 revizyon) göre çok daha fazla görülmüştür⁽²⁾.

Füzyonun mesafesini kısa tutmak ve sagittal eğimleri optimal şekilde ayarlamak mantıklı olan hedeflerdir ve posterior yapılarla komşu faset eklemlerin bütünlüğünün korunması önemlidir⁽⁶⁰⁾.

Hala çözüm bekleyen önemli bir konu da komşu birleşim yerlerinin, özellikle de sakrumun, doğal gidişatını izlemesi için füzyona eklenip eklenmeyeceğidir. İlgili diskin bariz bir şekilde anormal olduğu durumlarda karar vermek kolay olabilir ancak intervertebral diskin orta derecede dejenere olduğu durumlarda karar vermek zor olabilir. Ayrıca şanslıyız ki, diskin kalitesi karar vermekte bize rehberlik edecek tek kriter değildir. Düzeltmesi gereken sagittal dizilim bozuklukları, rotasyon ve/veya koronal dizilim bozuklukları ve major rekaliibrasyon ihtiyacı gibi faktörler de vereceğimiz kararda etkili olabilmektedir. Uzun fiksasyonun sakıncalı olabileceği faktörler ise ileri yaş; kötü kemik kalitesi; ve infra pelvic anormallik olarak sıralanabilir.

KAYNAKLAR

- 1- Abode-Iyamah K, Kim SB, Grosland N, Kumar R, Belirgen M, Lim TH, Torner J, Hitchon PW. Spinal motion and intradiscal pressure measurements before and after lumbar spine instrumentation with titanium or PEEK rods. *J Clin Neurosci* 2014; 21(4):651–655.
- 2- Ahn DK, Park HS, Choi DJ, Kim KS, Yang SJ. Survival and prognostic analysis of adjacent segments after spinal fusion. *Clin Orthop Surg* 2010; 2(3): 140–147.
- 3- Akamaru T, Kawahara N, Tim Yoon S, Minamide A, Su Kim K, Tomita K, Hutton WC. Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: a biomechanical analysis. *Spine* 2003; 28(14): 1560–1566.
- 4- Anandjiwala J, Seo JY, Ha KY, Oh IS, Shin DC. Adjacent segment degeneration after instrumented posterolateral lumbar fusion: a prospective cohort study with a minimum five-year follow-up. *Eur Spine J* 2011; 20(11): 1951–1960.
- 5- Andersen T, Videbaek TS, Hansen ES, Bungler C, Christensen FB. The positive effect of posterolateral lumbar spinal fusion is preserved at long-term follow-up: a RCT with 11–13 year followup. *Eur Spine J* 2008; 17: 272–280.
- 6- Baba H, Furusawa N, Imura S, Kawahara N, Tsuchiya H, Tomita K. Late radiographic findings after anterior cervical fusion for spondylotic myeloradiculopathy. *Spine* 1993; 18: 2167–2173.
- 7- Boden SD, McCowin PR, Davis DO, Dina TS, Mark AS, Wiesel S. Abnormal magnetic-resonance scans of the cervical spine in asymptomatic subjects: a prospective investigation. *J Bone Joint Surg* 1990; 72-A: 1178–1184.
- 8- Botelho RV, Moraes OJ, Fernandes GA, Buscariolli YD, Bernardo WM. A systematic review of randomized trials on the effect of cervical disc arthroplasty on reducing adjacent-level degeneration. *Neurosurg Focus* 2010; 28: 5.

- 9- Buckwalter JA. Aging and degeneration of the human intervertebral disc. *Spine* 1995; 20: 1307-1314.
- 10- Cannada LK, Scherping SC, Yoo JU, Jones PK, Emery SE. Pseudoarthrosis of the cervical spine: a comparison of radiographic diagnostic measures. *Spine* 2003; 28: 46-51.
- 11- Cheh G, Bridwell KH, Lenke LG, Buchowski JM, Daubs MD, Kim Y, Balduz C. Adjacent segment disease following lumbar / thoracolumbar fusion with pedicle screw instrumentation: a minimum 5-year follow-up. *Spine* 2007;32(20): 2253-2257.
- 12- Chen CS, Cheng CK, Liu CL, Lo WH. Stress analysis of the disc adjacent to interbody fusion in lumbar spine. *Med Eng Phys* 2001; 23(7): 483-491.
- 13- Choi KC, Kim JS, Shim HK, Ahn Y, Lee SH. Changes in the adjacent segment 10 years after anterior lumbar interbody fusion for low-grade isthmic spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res* 2014; 472(6): 1845-1854.
- 14- Chosa E, Goto K, Totoribe K, Tajima N. Analysis of the effect of lumbar spine fusion on the superior adjacent intervertebral disk in the presence of disk degeneration, using the three-dimensional finite element method. *J Spinal Disord Tech* 2004; 17(2): 134-139.
- 15- Chung JY, Kim SK, Jung ST, Lee KB. Clinical adjacent-segment pathology after anterior cervical discectomy and fusion: results after a minimum of 10- year follow-up. *Spine J* 2014; 14: 2290-2298.
- 16- Chung JY, Park J-B, Seo H-Y, Kim SK. Adjacent segment pathology after anterior cervical fusion. *Asian Spine J* 2016; 10(3): 582-592.
- 17- Clements DH, O'Leary PF. Anterior cervical discectomy and fusion. *Spine* 1990; 15: 1023-1025.
- 18- Cunningham BW, Kotani Y, McNulty PS, Cappuccino A, McAfee PC. The effect of spinal destabilization and instrumentation on lumbar intradiscal pressure: an in vitro biomechanical analysis. *Spine* 1997; 22(22): 2655-2663.
- 19- Disch AC, Schmoelz W, Matziolis G, Schneider SV, Knop C, Putzier M. Higher risk of adjacent segment degeneration after floating fusions: long-term outcome after low lumbar spine fusions. *J Spinal Disord Tech* 2008; 21(2): 79-85.
- 20- Dohler JR, Kahn MR, Hughes SP. Instability of the cervical spine after anterior interbody fusion: a study on its incidence and clinical significance in 21 patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 1985; 104: 247-250.
- 21- Eck JC, Humphreys SC, Lim TH, Jeong ST, Kim JG, Hodges SD, An HS. Biomechanical study on the effect of cervical spine fusion on adjacent-level intradiscal pressure and segmental motion. *Spine* 2002; 27: 2431-2434.

- 22- Faldini C, Pagkrati S, Leonetti D, Miscione MT, Giannini S. Sagittal segmental alignment as predictor of adjacent-level degeneration after a cloward procedure. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469: 674-681.
- 23- Faldini C, Miscione MT, Aciri F, Leonetti D, Nanni M, Chehrassan M, Giannini S. Single level cervical fusion by an anterior approach using autologous bone graft influences the adjacent levels degenerative changes: clinical and radiographic results at 10- year minimum follow-up. *Eur Spine J* 2012; 21 Suppl 1: 90-93.
- 24- Fuller DA, Kirkpatrick JS, Emery SE, Wilber RG, Davy DT. A kinematic study of the cervical spine before and after segmental arthrodesis. *Spine* 1998; 23: 1649-1656.
- 25- Goffin J, Geusens E, Vantomme N, Quintens E, Waerzeqgers Y, Depreitere B, Van Calenbergh F, van Loon J. Long-term follow-up after interbody fusion of the cervical spine. *J Spinal Disord Tech* 2004; 17 (2): 79-85.
- 26- Goto K, Tajima N, Chosa E, Totoribe K, Kubo S, Kuroki H, Arai T. Effects of lumbar spinal fusion on the other lumbar intervertebral levels (three-dimensional finite element analysis). *J Orthop Sci* 2003; 8: 577-584.
- 27- Ha KY, Schendel MJ, Lewis JL, Ogilvie JW. Effect of immobilization and configuration on lumbar adjacent-segment biomechanics. *J Spinal Disord* 1993; 6: 99-105.
- 28- Hambly MF, Wiltse LL, Raghavan N, Schneiderman G, Koenig C. The transition zone above a lumbosacral fusion. *Spine* 1998; 23(16): 1785-1792.
- 29- Harrop JS, Youssef JA, Maltenfort M, Vorwald P, Jabbour P, Bono CM. Lumbar adjacent segment degeneration and disease after arthrodesis and total disc arthroplasty. *Spine* 2008; 33: 1701-1707.
- 30- Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, Jones PK, Bohlman HH. Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 1999; 81-A: 519-528.
- 31- Hilibrand AS, Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? *Spine J* 2004; 4(Suppl): 190-194.
- 32- Katsuura A, Hukuda S, Saruhashi Y, Mori K. Kyphotic malalignment after anterior cervical fusion is one of the factors promoting the degenerative process in adjacent intervertebral levels. *Eur Spine J* 2001; 10: 320-324.
- 33- Kawakami M, Tamaki T, Yoshida M, Hayashi N, Ando M, Yamada H. Axial symptoms and cervical alignments after cervical anterior spinal fusion for patients with cervical myelopathy. *J Spinal Disord* 1999; 12: 50-56.

- 34- Kermani HR, Keykhosravi E, Mirkazemi M, Ehsaei MR. The relationship between morphology of lumbar disc herniation and MRI changes in adjacent vertebral bodies. *Arch Bone J Surg* 2013; 1(2): 82-5.
- 35- Kim HJ, Kelly MP, Ely CG, Dettori JR, Riew KD. The risk of adjacent-level ossification development after surgery in the cervical spine: are there factors that affect the risk? A systematic review. *Spine* 2012; 37(22 Suppl): S65-74.
- 36- Kim TH, Lee BH, Moon SH, Lee SH, Lee HM. Comparison of adjacent segment degeneration after successful posterolateral fusion with unilateral or bilateral pedicle screw instrumentation: a minimum 10-year follow-up. *Spine J* 2013; 13(10): 1208-1216.
- 37- Koller H, Reynolds J, Zenner J, Forstner R, Hempfing A, Maislinger I, Kolb K, Tauber M, Resch H, Mayer M, Hitzl W. Mid to long-term outcome of instrumented anterior cervical fusion for subaxial injuries. *Eur Spine J* 2009; 18 (5): 630-653.
- 38- Komura S, Miyamoto K, Hosoe H, Inuma N, Shimizu K. Lower incidence of adjacent segment degeneration after anterior cervical fusion found with those fusing C5-6 and C6-7 than those leaving C5-6 or C6-7 as an adjacent level. *J Spinal Disord Tech* 2012; 25: 23-29.
- 39- Kraemer P, Fehlings MG, Hashimoto R, Lee MJ, Anderson PA, Chapman JR, Raich A, Norvell DC. A systematic review of definitions and classification systems of adjacent segment pathology. *Spine* 2012; 37(Suppl.-22): 31-39.
- 40- Lai PL, Chen LH, Niu CC, Fu TS, Chen WJ. Relation between laminectomy and development of adjacent segment instability after lumbar fusion with pedicle fixation. *Spine* 2004; 29(22): 2527-2532 [discussion: 32].
- 41- Lee CK. Accelerated degeneration of the segment adjacent to a lumbar fusion. *Spine* 1988; 13: 375-377.
- 42- Lee JC, Lee SH, Peters C, Riew KD. Risk-factor analysis of adjacent-segment pathology requiring surgery following anterior, posterior, fusion, and nonfusion cervical spine operations: survivorship analysis of 1358 patients. *J Bone Joint Surg* 2014; 96-A: 1761-1767.
- 43- Liao JC, Chen WJ, Chen LH, Niu CC. Outcome of the L5-S1 segment after posterior instrumented spinal surgery in degenerative lumbar diseases. *Chang Gung Med J* 2009; 32(1): 81-88.
- 44- Maiman DJ, Kumaresan S, Yoganandan N, Pintar FA. Biomechanical effect of anterior cervical spine fusion on adjacent segments. *Biomed Mater Eng* 1999; 9: 27- 38.
- 45- Matsumoto M, Fujimura Y, Suzuki N, Nishi Y, Nakamura M, Yabe Y, Shiga H. MRI of cervical intervertebral discs in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg* 1998; 80-B (1): 19-24.

- 46- Matsumoto M, Okada E, Ichihara D, Watanabe K, Chiba K, Toyama Y, Fujiwara H, Momoshima S, Nishiwaki Y, Iwanami A, Ikegami T, Takahata T, Hashimoto T. Anterior cervical decompression and fusion accelerates adjacent segment degeneration: comparison with asymptomatic volunteers in a ten-year magnetic resonance imaging follow-up study. *Spine* 2010; 35(1): 36-43.
- 47- Matsunaga S, Kabayama S, Yamamoto T, Yone K, Sakou T, Nakanishi K. Strain on intervertebral discs after anterior cervical decompression and fusion. *Spine* 1999; 24: 670-675.
- 48- Min JH, Jang JS, Jung B, Lee HY, Choi WC, Shim CS, Choi G, Lee SH. The clinical characteristics and risk factors for the adjacent segment degeneration in instrumented lumbar fusion. *J Spinal Disord Tech* 2008; 21(5): 305-309.
- 49- Miyagi M, Ikeda O, Ohtori S, Tsuneizumi Y, Someya Y, Shibayama M, Ogawa Y, Inoue G, Orita S, Equchi Y, Kamoda H, Arai G, Ishikawa T, Aoki Y, Toyone T, Ooti T, Takahashi K. Additional decompression at adjacent segments leads to adjacent segment degeneration after PLIF. *Eur Spine J* 2013; 22(8): 1877-1883.
- 50- Nassr A, Lee JY, Bashir RS, Rihn JA, Eck JC, Kang JD, Lim MR. Does incorrect level needle localization during anterior cervical discectomy and fusion lead to accelerated disc degeneration? *Spine* 2009; 34: 189-192.
- 51- Okuda S, Iwasaki M, Miyauchi A, Aono H, Morita M, Yamamoto T. Risk factors for adjacent segment degeneration after PLIF. *Spine* 2004; 29(14): 1535-1540.
- 52- Park JB, Cho YS, Riew KD. Development of adjacent-level ossification in patients with an anterior cervical plate. *J Bone Joint Surg* 2005;87-A: 558-563.
- 53- Park JB, Watthanaaphisit T, Riew KD. Timing of development of adjacent-level ossification after anterior cervical arthrodesis with plates. *Spine J* 2007;7:633-636.
- 54- Park JY, Chin DK, Cho YE. Accelerated L5-S1 segment degeneration after spinal fusion on and above L4-5: minimum 4-year follow-up results. *J Korean Neurosurg Soc* 2009; 45(2): 81-84.
- 55- Park Y, Maeda T, Cho W, Riew KD. Comparison of anterior cervical fusion after two-level discectomy or single-level corpectomy: sagittal alignment, cervical lordosis, graft collapse, and adjacent-level ossification. *Spine J* 2010; 10: 193-199.
- 56- Pospiech J, Stolke D, Wilke HJ, Claes LE. Intradiscal pressure recordings in the cervical spine. *Neurosurgery* 1999; 44: 379-384.
- 57- Ragab AA, Escarcega AJ, Zdeblick TA. A quantitative analysis of strain at adjacent segments after segmental immobilization of the cervical spine. *J Spinal Disord Tech* 2006; 19: 407-410.
- 58- Ren C, Song Y, Liu L, Xua Y. Adjacent segment degeneration and disease after lumbar fusion compared with motion preserving procedures: a meta-analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2014, 24 (Suppl.-1): 245-253.

- 59- Rihn JA, Lawrence J, Gates C, Harris E, Hilibrand AS. Adjacent segment disease after cervical spine fusion. *Instr Course Lect* 2009; 58: 747-756.
- 60- Rousseau MA, Lazennec JY. Degenerative disease supra- and infra-jacent to fused lumbar and lumbo-sacral levels. *Orthop Traum Surg Res* 2016; 102: 1-8, 2016.
- 61- Schulte TL, Leistra F, Bullmann V, Osada N, Vieth V, Marquardt B, Lerner T, Liljenqvist U, Hackenberg L. Disc height reduction in adjacent segments and clinical outcome 10 years after lumbar 360 degrees fusion. *Eur Spine J* 2007; 16(12): 2152-2158.
- 62- Sears WR, Sergides IG, Kazemi N, Smith M, White GJ, Osburg B. Incidence and prevalence of surgery at segments adjacent to a previous posterior lumbar arthrodesis. *Spine J* 2011; 11(1): 11-20.
- 63- Senteler M, Weisse B, Snedeker JG, Rothenfluh DA. Pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch results in increased segmental joint loads in the unfused and fused lumbar spine. *Eur Spine J* 2014; 23(7): 1384-1393.
- 64- Shriver MF, Lewis DJ, Kshetry VR, Rosenbaum BP, Benzel EC, Mroz TE. Pseudoarthrosis rates in anterior cervical discectomy and fusion: a meta-analysis. *Spine J* 2016; 15: 2016-2027.
- 65- Umehara S, Zindrick MR, Patwardhan AG, Havey RM, Vrbos LA, Knight GW, Myano S, Kirincic M, Kaneda K, Lorenz MA. The biomechanical effect of postoperative hypolordosis in instrumented lumbar fusion on instrumented and adjacent spinal segments. *Spine* 2000; 25(13): 1617-1624.
- 66- Wang JC, McDonough PW, Endow KK, Delamarter RB. Increased fusion rates with cervical plating for two-level anterior cervical discectomy and fusion. *Spine* 2000; 25: 41-45.
- 67- Wang JC, McDonough PW, Kanim LE, Endow KK, Delamarter RB. Increased fusion rates with cervical plating for three-level anterior cervical discectomy and fusion. *Spine* 2001; 26: 643-646; discussion: 646-647.
- 68- Weinhoffer SL, Guyer RD, Herbert M, Griffith SL. Intradiscal pressure measurements above an instrumented fusion: a cadaveric study. *Spine* 1995; 20: 526-531.
- 69- Woesner ME, Mitts MG. The evaluation of cervical spine motion below C2: a comparison of cinerentgenographic and conventional roentgenographic methods. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1972; 115: 148-154.
- 70- Wu JC, Liu L, Wen-Cheng H, Chen YC, Ko CC, Wu CL, Chen TJ, Cheng H, Su TP. The incidence of adjacent segment disease requiring surgery after anterior cervical discectomy and fusion: estimation using an 11-year comprehensive nationwide database in Taiwan. *Neurosurgery* 2012; 70: 594-601.

- 71- Xia XP, Chen HL, Cheng HB. Prevalence of adjacent segment degeneration after spine surgery. A systematic review and meta-analysis. *Spine* 2013; 38: 597–608.
- 72- Yang SW, Langrana NA, Lee CK. Biomechanics of lumbosacral spinal fusion in combined compression-torsion loads. *Spine* 1986; 11(9): 937–941.
- 73- Yang JY, Lee JK, Song HS. The impact of adjacent segment degeneration on the clinical outcome after lumbar spinal fusion. *Spine* 2008; 33(5): 503–507.
- 74- Yang JY, Song HS, Lee M, Bohlman HH, Riew KD. Adjacent level ossification development after anterior cervical fusion without plate fixation. *Spine* 2009; 34: 30-33.
- 75- Yang B, Li H, Zhang T, He X, Xu S. The incidence of adjacent segment degeneration after cervical disc arthroplasty (CDA): a meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS ONE* 2012; 7(4): e35032.
- 76- Yue WM, Brodner W, Highland TR. Long-term results after anterior cervical discectomy and fusion with allograft and plating: a 5- to 11-year radiologic and clinical follow-up study. *Spine* 2005; 30: 2138-2144.

2. Servikal Patolojilerde Denge Değişimi

Cengiz TUNCER, Uygur ER

GİRİŞ

Servikal dejeneratif süreçlerin cerrahi tedavisi için en yaygın kullanılan 2 ameliyat şekli anterior servikal diskektomi ve füzyon (ACDF) ve açık kapı laminoplasti (AKL)'dir. Bu işlemlerden ACDF ve AKL ameliyat öncesi ölçülmüş olan servikal sagittal denge (SSD) üzerine nasıl etki etmektedir ve bu sonuç klinik iyileşmeye ne derece katkı verecektir soruları bu bölümün yanıtını aradığı ana sorulardır. Her iki ameliyat da çalıştığımız klinikte sıradan girişimler olarak çok miktarda yapılmakta, bu durum bu bölümü yazarken ilgili yazından faydalandığı kadar kendi klinik deneyimizden de yararlanma ve bunu okuyucuya sunma olanağını vermektedir.

HASTA TOPLULUĞU

Bu bölümde belli bir standardı sağlamak için sadece iki hasta grubu kullanılmıştır. Konu SD'nin ameliyat sonrası nasıl değiştiğini incelemek olduğundan taban alınan model anterior yaklaşım için ACDF yapılan tek seviye ve midservikal yani C4-5, C5-6 fitiklarıdır. Posterior yaklaşım için ise AKL yapılan C3-6 darlıklarla ve "açık kapı" tekniği ile hasta topluluğunun sınırlandırılması uygun bir model oluşturmak için en temel verileri elde etmeyi sağlayacaktır. Her iki hasta grubu için de her hangi bir dâhili hastalığı olmayan, sadece servikal değil omurganın diğer bölgelerinden de bir girişim geçirmemiş olan, deformitesi olmayan, kas-iskelet bozukluğu olmayan 20-84 yaş arası erkek ve kadın hastalar geri dönük olarak incelemeye alındı. Bu hastaların 43'üne ACDF, 27'sine AKL yapıldı.

ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Servikal lordoz açısı (SLA)

Bu açı yan servikal grafide, C2 ve C7 posterior kenarları arasındaki açı olarak tanımlandığı gibi C2 alt ve C7 üst uç plakları arasındaki Cobb metodu ile ölçülen açı şeklinde de tarif edilebilir (Resim - 1). SLA 10-40° arasında normal, >40° ise hiperlordotik, 0-10° arasında hipolordotik, <0° ise kifotik kabul edilir (Şekil-1) ⁽²⁾.



Şekil-1. SLA ölçümü

C2-7 Servikal vertikal aks (SVA)

Kafanın öne doğru yer değiştirmesini gösteren bu parametre C2 korpus sentroidinin C7 üst uç plak posterior köşesine olan vertikal uzaklıktır (Şekil-2) ^(3,4).



Şekil-2. CSVA ölçümü.

SONUÇ VE YORUMLAR

ACDF grubunda postoperatif 2. ayda bakılan mJOA skorunun preoperatif skorla karşılaştırılmasına bakılarak ve iyileşme oranı = $(\text{Postop skor} - \text{Preop skor}) \times 100 / 18 - \text{preop skor}^{(1)}$ formülüne göre hesaplandığında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.001$) bir sonuç elde edildiği görülmektedir. Ortalama mJOA preoperatif olarak 13.01 ve postoperatif olarak ise 16.04 idi. Ortalama iyileşme oranının ise 61.12 olduğu hesaplanmıştır. Bu grupta preop SLA ortalama olarak 16.2° iken, postoperatif ölçümlerde ortalama değer 19.1° bulunmuştur. Değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Başın öne doğru tiltini gösteren SVA değişimi ise istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber ortalama değerde 2.3 mm azalma saptanmıştır. Preoperatif olarak ortalama 24.0 mm olan bu mesafe postoperatif ölçümlerde ortalama 21.7 mm bulunmuştur.

AKL grubunda ise iyileşme ACDF grubuna göre daha az olmuştur. Preoperatif ortalama mJOA skoru 7.80 postoperatif olarak ise ortalama 12.1 'dir. Ortalama iyileşme oranı 41.76 olarak hesaplanmıştır. Bu grupta preop SLA ortalama olarak 12.7° iken, postoperatif ölçümlerde ortalama değer 14.0° bulunmuştur. SVA değişimi bu grupta da anlamlı değildir. Hatta hafif derecede artış dahi gözlenmiştir. Preoperatif SVA ortalama 26.4 mm iken postoperatif ölçümlerde ortalama olarak 28.1 mm mesafe tespit edilmiştir.

İki grup arasındaki başlıca fark ortama yaşın ve yaş aralığının iki grup arasında belirgin olarak farklı olmasıdır. AKL grubu daha yaşlı bir hasta topluluğundan oluşmaktadır. Ortalama yaş bu grupta 66 olup, 54-84 yıl yaş aralığındaki hastalardan oluşmaktadır. Hastaların genellikle dejeneratif omurga sorunları eşlik etmekte ve sagittal servikal dizilimleri ameliyat öncesinde de genellikle bozuk idi. Oysa ACDF grubu hastaların yaş ortalaması 37 olup, 20-71 yıl yaş arası hastalardan oluşmaktadır. Genellikle preoperatif servikal lordoz kaybı olmayıp, vertebral dejenerasyon düzeyleri de AKL grubuna göre çok az görülmektedir.

AKL grubunda önemli sorunlardan biri hastanın yaşam konforunu etkileyen horizontal bakış sorunu iken bu ACDF grubunda hemen hemen hiç görülmemektedir. Dolayısı ile ameliyatta lordoz restorasyonu AKL grubunda daha fazla öne çıkmaktadır. ACDF grubunda preoperatif olarak tespit edilen lordoz kaybı tek mesafe ACDF ameliyatı dahi olsa kullanılacak bir lordotik kafes ile kolayca çözülebilmektedir. Oysa AKL yapılan grupta var olan bu sorun ancak ameliyata lateral kitle vidaları ile bir enstrümanlı füzyon eklenerek üstesinden gelinebilir bir durumdur ^(5,8). Bazı yazarlar sadece bu durum nedeni ile miyelopati hastalarda AKL önermemektedir ⁽⁵⁾. AKL grubu hastalarda horizontal bakışı temin etmeye çalışırken hastalar başlarını üst servikal segmentlerden öne doğru kaydırmayı istemsiz olarak yapmaktadırlar. Bu hareketin iki önemli sonucu preoperatif SVA mesafesi artmakta ve uzun segment füzyon ameliyatlarından sonra komşu segment hastalığı gelişimi hızlanmaktadır ⁽⁶⁾.

Sonuç olarak nöral dokunun basıdan kurtarılması ana amacı gerçekleştirilmeye çalışılırken omurganın sagittal plandaki denge ve

dizilimi mutlaka göz önüne alınarak ameliyat planı yapılmalıdır. Patolojinin niteliği yanında hastanın yaşı ve ek dejeneratif süreçlerin varlığı karar verme mekanizmalarında etkili olmaktadır ⁽⁷⁾. Servikal lordozun sağlanması ve başın öne doğru tiltine gerek bırakmayan bir horizontal bakış sağlanması dekompresyon kadar önemli cerrahi hedeflerdir.

KAYNAKLAR

- 1- Benzel EC, Lancon J, Kesterson L, Hadden T. Cervical laminectomy and dentate ligament section for cervical spondylotic myelopathy. *J Spinal Disord* 1991; 4: 286-295.
- 2- Dağlı M, Er U, Şimşek S, Bavbek M. Late results of anterior cervical discectomy and fusion with interbody cages. *Asian Spine J* 2013; 1: 34-37.
- 3- Le Huec JC, Demezon H, Aunoble S. Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: normative values from prospective cohort of asymptomatic volunteers. *Eur Spine J* 2015;24: 63-71.
- 4- Lee CK, Shin DA, Yi S, Kim KN, Shin HC, Yoon DH, Ha Y. Correlation between cervical spine sagittal alignment clinical outcome after cervical laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament. *J Neurosurg Spine* 2016; 24 (1): 100-107.
- 5- Oshima Y, Takeshita K, Taniguchi Y, Matsubayashi Y, Doi T, Ohya J, Soma K, Kato S, Oka H, Chikuda H, Tanaka S. Effect of Preoperative Sagittal Balance on Cervical Laminoplasty Outcomes. *Spine* 2016; 41(21): 1265-1270.
- 6- Patwardhan AG, Khayatzaadeh S, Nguyen NL, Havey RM, Voronov LI, Muriuki MG, Carandang G, Smith ZA, Sears W, Lomasney LM, Ghanayem AJ. Is Cervical Sagittal Imbalance a Risk Factor for Adjacent Segment Pathomechanics After Multilevel Fusion? *Spine* 2016 ; 41(10): 580-588.
- 7- Sakai K, Yoshii T, Hirai T, Arai Y, Shinomiya K, Okawa A. Impact of the surgical treatment for degenerative cervical myelopathy on the preoperative cervical sagittal balance: a review of prospective comparative cohort between anterior decompression with fusion and laminoplasty. *Eur Spine J* 2017 ; 26(1):104-112.
- 8- Smith JS, Shaffrey CI, Lafage V, Blondel B, Schwab F, Hostin R, Hart R, O'Shaughnessy B, Bess S, Hu SS, Deviren V, Ames CP. Spontaneous improvement of cervical alignment after correction of global sagittal balance following pedicle subtraction osteotomy. *J Neurosurg Spine* 2012; 17(4): 300-307.

3. Düz Bel Sendromu: Patolojisi ve Klinik Önemi

Ümit Özgür GÜLER, Metin ÖZALAY

GİRİŞ

Düz bel sendromu, omurganın postüral bozukluğudur. Lomber lordoz kaybına veya azalmasına bağlı gelişen sabit sagital imbalans düz bel kliniği ile sonuçlanmaktadır. Etkilenen kişilerce öne doğru eğilme veya düşme, dizde ve kalçada fleksiyon olmaksızın dik durmada güçlük veya dik duramama şeklinde tarif edilmektedir.

Literatürde ilk kez fenomen olarak 1973 yılında torakolomber skolyoz nedeniyle posterior füzyon ve Harrington sistemi uygulanmış hastada tespit edilen lomber lordoz kaybı olarak tanımlanmış, hasta bilateral pelvik osteotomi uygulanarak tedavi edilmiştir ⁽⁵⁾. İlerleyen dönemde 1977 yılında torakolomber cerrahi uygulanmış 16 hastada tespit edilen lomber lordoz kaybı ilk kez 'düz bel sendromu' olarak adlandırılarak literatürde yayınlanmıştır ⁽⁹⁾. Semptom olarak kas ağrılarının sıklıkla üst torakal bölgede, alt servikal bölgede, dizde olduğu hastaların dik olarak durmakta zorluk çekmesi şeklinde belirtilmiştir. Bu çalışmada omurganın tamamının değerlendirildiği

ayakta çekilmiş lateral grafipler kullanılmış, C7 den çekilen şakül çizgisinin sakral promontoriuma uzaklığı 2cm altında ise normal olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmayı takip eden çalışmada klinik olarak düz bel tespit edilen hastalara lomber lordozu düzlecek ekstansiyon osteotomileri uygulanmış kısa dönem sonuçları da yayınlamıştır⁽⁷⁾. İlgili ilk yayınların çıktığı 1970 ve takip eden 20 yıllık dönemde en önemli düz bel sendromu sebebi olarak yayınlarda Harrington sisteminin uygulanması görülmektedir (Şekil-1).



Şekil-1. Düz Bel Sendromu: Torakolomber skolyoz nedeniyle Harrington Sistemi ile enstrümantasyon ve füzyon yapılan bir hastanın iskeleti (2016 SRS Toplantısında Prag’da sergilenmiş olan iskelet Amerika’da bulunan SRS müzesine hediye edilmiştir).

Takip eden çalışmalarda düz bel kliniği için yine en önemli risk faktörü yapılmış önceki cerrahiler olmuş; kullanılan distraksiyon enstrümanları ile spinal füzyonun sakrumu da içine alacak şekilde olduğu vakalarda görülen fikse pozitif sagittal dengesizlik ‘kifotik dekompenzasyon sendromu’ ve ‘düz kalça sendromu’ olarak

isimlendirilmiştir⁽³⁾. Diğer bir başka çalışmada ise iyatrojenik düz bel gelişen hastalar iki gruba ayrılmış; *Tip-1*, segmental lomber lordoz kaybı veya lomber kifoz görülen sagittal dengenin normal olduğu, *Tip-2*, global veya klasik düz bel görülen sagittal dengesizliğin fikse olduğu hasta grupları⁽²⁾.

Bunlarla birlikte genel olarak bakıldığında düz bel etiyojiden bağımsız olarak füzyon sonrası lomber lordoz kaybı olarak tanımlansa da, ankilozan spondilit, DISH (diffüz idiopatik skeletal hiperostosis), Scheuermann hastalığı, konjenital kifoz, laminektomi sonrası kifoz, travma veya radyasyon tedavisi sonrası gelişen kifoz gibi patolojilerde düz bel nedeni olabilecek nedenler arasında bulunmaktadır.

İATROJENİK DÜZ BEL SENDROMU ETİYOLOJİSİ

En sık lomber lordoz kaybı sebebi yaşlanmaya bağlı olarak gelişen dejeneratif disk hastalığıdır. En sık düz bel sendromu sebebi ise alt lomber veya sakrumu içine alan ekstansiyon distraksiyon enstrümantasyonu ile yapılmış cerrahi olarak görülmektedir. Daha az sıklıkla anterior torakolomber enstrümantasyon yapılan ve greftlenmenin yetersiz kaldığı vakalarda da düz bel sendromu görülebilmektedir. Herhangi bir geçirilmiş omurga cerrahi sonrası rijit füzyon kitlesi ve enstrümantasyon ile gelişmiş dengesizlik durumunda hasta bu dengesizliği kompanze etmek amacıyla enstrümente edilmemiş diğer bölümlerde örneğin servikal hiperekstansiyon ve kalça, dizlerde fleksiyon yaparak ayağa kalkabilmeyi veya ayakta dik durmayı sağlamaya çalışacaktır.

Literatürde yapılan çalışmalarda enstrümantasyonun daha distale yapıldığı vakalarda sagittal denge bozulması olmaksızın düz bel sendromunun sıklıkla görüldüğü belirtilmiştir⁽⁸⁾. Ayrıca dejeneratif spondiloz zemininde yapılan hipolordotik füzyonlarda düz bel sendromu için daha yüksek risk taşımaktadır⁽⁸⁾. Cerrahi olmaksızın dejeneratif lomber lordoz kaybı ve düz bel sendromu 'lumbar dejeneratif kifoz' olarak adlandırılmış ve Asya toplumlarında sıklıkla görüldüğü belirtilmiştir⁽¹¹⁾.

Posterior spinal füzyon sonrası gelişen psödoartroz da düz bel sendromunun etiyojik sebeplerinden biridir. Özellikle daha distal bölgeye yapılmış enstrümantasyon sonrası büyük kaldıraç kolu ile daha fazla yükün lomber ve sakral bölgeye transfer edildiği cerrahiler sonrası psödoartroz olasılığı artmaktadır. Bu artmış biyomekanik stres ve psödoartroz ilerleyici sagittal denge kaybına yol açacak, cerrahi ile revize edilmeyen lordoz sonucunda psödoartroz düz bel sendromunun hem sebep hem de sonucu olacaktır ⁽⁴⁾.

İlerleyici veya fikse torasik ve lomber kifoz da iyatrojenik düz bel sendromu nedeni olabilmektedir. Torakolomber bileşke kifozdan lordoza geçiş bölgesi olarak kosta tarafından desteklenen torasik omurganın desteklenmeyen lomber omurga geçişindeki dizilim bozulmalarına açık olabilecek bir anatomik bölgedir. Ayrıca ayaktaki normal lomber omurga aksiyel yüklenmesinin %80-90 anterior kolon tarafından desteklenmektedir ⁽¹⁾.

Bu stresin ve moment kolunun büyüklüğü alttaki fikse sagittal dengesizliği artıracaktır. Torakolomber kifoz; torakolomber, lomber skolyoz veya posttravmatik etiyoji sonucu görülebilmektedir. Skolyotik deformitelerde lomber hiperlordoza bağlı olarak hiperkifoz oluşabilmektedir. Böyle bir klinikte de lomber lordozdaki herhangi bir azalma sagittal denge bozukluğuna sebep olabilmektedir. Cerrahi sonrasında da konulan enstrümantasyon rodunun iyi şekil verilmemesine bağlı olarak yine torakolomber kifoz görülebilmektedir.

Diğer bir etiyojik faktör, füzyon kitlesinin kaudal veya sefalad ardışık segment dekompenzasyonuna bağlı olarak gelişen düz bel sendromudur. Bu genellikle füzyon seviyesinin yanlış seçilmesi ve ardışık seviyede oluşan aşırı stresten kaynaklanmaktadır. Üst torasik seviyeye uzanan enstrümantasyonun torasik hipokifoz ve azalmış lomber lordozu kompanse edememesine bağlı olarak düz bel sendromu gelişebilmektedir ^(4,8).

Bu etiyojik faktörlere ek olarak, düz bel sendromunun gelişmesinde ki diğer bir faktör kalça ekstansör zayıflığı ve /veya fleksiyon kontraktürüdür. Fizyolojik olarak lomber hipolordoza kompenzasyonu kalça hiperkifozunu ile sağlanmaktadır. Bu mekanizmanın zayıf

veya eksik olduğu patolojilerde örneğin postpoliomyelitik veya myelomeningosele bağlı spinal deformitelerde de düz bel sendromu görülmektedir ⁽¹⁰⁾. Kalça fleksiyon kontraktürü sebep olmaktan daha çok sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır ve hastalar kalça ve dizlerini fleksiyona getirerek dik durmaya çalışmakta ve yürümektedirler.

KLİNİK

Klinik değerlendirme hastanın odaya girmesi ile başlamalıdır. Bel ağrısı ve duruş bozukluğu şikâyetleri hastaların sıklıkla sağlık merkezine başvuru sebepleri olmaktadır. Düz bel deformitesine sahip hastalarda özellikle erekt postürü sağlayabilmek için alt lomber, torakal ve servikal kas grupları ile kalça ve diz kas gruplarında yorgunluk ve ağrı gözlemlenen bulgularıdır. Bu şikâyetlere ek olarak bu hastalarda patolojinin mevcut süresine bağlı olarak yürüme hızında azalma, kısa adımlama, yürümede çarpıklaşma, düz bakamama görülebilmektedir. Ayrıca hastaların hikâyesi ve var ise önceki cerrahileri de patolojinin tanımlanmasında önemli bir yol gösterici olacaktır. Patolojinin adında olduğu gibi yan planda bakıldığında hastaların düz bir beli mevcuttur. Klinik ile geçirilen süreye bağlı olarak kişi ağırlık merkezini sakrum önüne doğru taşıyarak dengesini gövdesini öne doğru eğilmesi ile sağlamaya çalışacak, bu dengesiz postür devamında kalçada ve dizlerde fleksiyon deformitesine neden olabilecektir. Bu patolojinin beraberinde gelişmiş kalça kontraktürleri anormal pelvik tilte neden olarak cerrahi sonrası yeterli deformite düzeltilmesini engelleyebilmektedir.

Değerlendirmede en önemli basamaklardan bir diğeri hangi anatomik bölgenin segmental veya global olarak düz bel ve kifotik deformiteye neden olduğunu belirlemektir. Örneğin Ankilozan Spondilit hastalarında kifotik deformiteye servikotorasik, torakolomber veya lomber bölgelerin bir kısmı veya tamamı global olarak katılmaktadır. Hastanın oturma sırasında deformitesi belirgin değil ise torakal veya lomber bölge deformiteleri, ayakta iken direk bakış sorunları mevcut ise de daha çok oluşmuş kifotik deformitenin servikotorasik bölgeden kaynaklandığı düşünülmelidir.

Ayrıca, deformitenin ilerleyici açısal değerleri dejeneratif değişikliklerin ve spinal dar kanalın da görülmesine bunun sonucunda kronik duruş bozukluğu ile birlikte radiküler ve klaudiküler bulguların görülmesine de yol açabilmektedir.

Radyolojik değerlendirmede grafiler 14 inç uzun kasete, tüm omurgayı servikalden C2 'den lumbosakral bölgeye ve femur başlarını da içine alacak şekilde posteroanterior ve lateral olarak çekilmelidir. Ayrıca bunlara ek olarak fleksiyon, ekstansiyon ve yana eğilme grafileri gibi dinamik tetkikler de değerlendirmeye eklenmelidir. Ayakta yan çekilen grafide "eller klavikula pozisyonu" hastaya verdirilmelidir. Bu pozisyon ile yan planda değerlendirilmesi gereken önemli kemik çıkıntı ve anatomik belirteçler daha iyi görüntülenebilmektedir. Benzer şekilde posteroanterior grafide tüm kostal sınırlar ile distalde femoral başların tamamı görülmelidir. Böylece, torakal kafes deformitesi, alt ekstremitte uzunluk farkı veya kalça eklemi artritik değişiklikleri de değerlendirilebilecektir. Konjenital kosta füzyonu veya deformitesinin de ciddi torakal şekil bozukluğuna neden olarak sabit omurga deformitesine sebep olabileceği unutulmamalıdır.

PA ve lateral tetkikler sonrasında Cobb açıları anatomik bölgelerin ve deformite bölgelerinin ölçülmelidir. Omurga cisim rotasyonları detaylı olarak incelenmeli, koronal planda deformite apeksindeki omur cismi rotasyonunun eğriliğin sertliğindeki en önemli faktörlerden biri olduğu unutulmamalıdır, bu rotasyon ne kadar fazla ise eğriliğin koronal plandaki büyüklüğü ve sertliği de o kadar fazla olmaktadır. Deformitesi olan hastalarda klinik gidişin en önemli belirleyicisi pozitif sagittal denge olmaktadır. C7 cismi orta noktasından aşağıya doğru çekilen şakül hattının L5-S1 disk arka noktasına uzaklığının 4cm'den fazla anteriora yer değiştirdiği ve ameliyat edilmeyen hastalarda ağrı ve fonksiyonel skorlamalarda kötüleşme sıklıkla görülmektedir ⁽³⁾. Cerrahi planlanan hastalardaki en önemli amaç yine sagittal dengenin normal sınırlar içerisine alınması olmalıdır.

Grafiler gibi manyetik rezonans görüntüleme de hastanın nöral ve vasküler yapıları, yumuşak doku patolojileri, disk yükseklikleri için

ekstra bilgiler sağlayacağı için radyolojik değerlendirmeye eklenebilir. Yine özellikle erişkin skolyozu da mevcut olan, daha önce cerrahi geçirmiş ve yeniden cerrahiye karar verilen hastalarda BT myelografi tetkiki de lateral reses ve far lateral darlıklar hakkında verebileceği ek bilgiler için radyolojik değerlendirmeye katılabilir.

SONUÇ

Düz bel sendromu karmaşık ve zor bir klinikdir. Altta yatan patolojiye bağlı olarak gelişen klinik ciddi şekilde değerlendirilmeli, cerrahi yapılacak anatomi bölgelere ve hastaya göre uygun kemik ve yumuşak doku prosedürleri belirlenmelidir. Sagittal dengeyi dengeli bir şekilde kurabilecek ve en az komplikasyona neden olacak, cerrahın da tecrübesine en uygun izlek seçilmeli, hastaya tüm yarar ve komplikasyonlar hakkında bilgi verilmelidir.

KAYNAKLAR

- 1- Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand* 1989; 230(Suppl.): 1-54.
- 2- Booth KC, Bridwell KH, Lenke LG, Baldus CR, Blanke KM. Complications and predictive factors for the succesfull treatment of flatback (fixed sagittal imbalance). *Spine* 1999; 24: 1712-1720.
- 3- Bridwell KH, Lewis SJ, Rinella A, Lenke LG, Balduz CR, Blanke KM. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. Surgical technique. *J Bone Joint Surg* 2004; 86-A(Suppl.-1): 44-50.
- 4- Bridwell KH, Lenke LG, Lewis SJ. Treatment of spinal stenosis and fixed sagittal imbalance. *Clin Orthop* 2001; 384: 35-44.
- 5- Doherty JH. Complications of fusion in lumbar scoliosis. Proceedings of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am.* 1973; 55:438.
- 6- Farcy JP, Schwab FJ. Management of flatback and related kyphotic decompensation syndromes. *Spine* 1997; 22: 2452-2457.
- 7- Grobler LJ, Moe JH, Winter RB, Bradford DS, Lonstein JE. Loss of lumbar lordosis following surgical correction of thoracolumbar deformities. *Orthop Trans* 1978; 2: 239.

- 8- Kostuik JP, Hall BB. Spinal fusions to the sacrum in adults with scoliosis. *Spine* 1983; 8: 489-500.
- 9- Moe JH, Denis F. The iatrogenic loss of lumbar lordosis. *Orthop Trans* 1977; 1: 131.
- 10- Ring D, Vaccaro AR, Scuderi G, Klein G, Green D, Garfin SR. An association between the flat back and postpolio syndromes: a report of three cases. *Arch Phys Med. Rehabil* 1997; 78: 324-326.
- 11- Takemitsu Y, Harada Y, Iwahara T, Miyamoto M, Miyatake Y. Lumbar degenerative kyphosis. Clinical, radiological and epidemiological studies. *Spine* 1988; 13(11): 1317-1326.

4. Başarısız Bel Cerrahisi Sendromu, Revizyon Cerrahisi: Sık Görülen Bir Problem mi?

Metin ÖZALAY, Ümit Özgür GÜLER

Başarısız Bel Cerrahisi Sendromu (BBCS) lomber spinal cerrahi girişime rağmen bacak ve bel ağrısının geçmemesi ya da başlangıçtaki bir iyileşmeyi takiben belli bir süre sonra (3 ya da 6 ay) aynı şikayetlerin tekrar ortaya çıkması olarak tanımlanabilir.

BBCS'da cerrahi girişim sonrasında tekrar oluşan ağrının karakterinin belirlenmesi gerekir. Ağrı başka bir anatomik bölgeye ait veya aynı lokalizasyonda bulunan başka bir patolojiye ait olabilir. Nöropatik ağrı kaynağını 3 ayrı kategoride inceleyebiliriz. Birincisi mekanik sinir kökü kompresyonuna bağlı mekanik tipte ağrı, ikincisi dejenere diskin içindeki nosiseptif filizlerin geliştirdiği lokal tipte nöropatik kök ağrısı ve üçüncüsü enflamatuvar mediatörlerin (sitokin ve kemokinler) oluşturduğu enflamatuvar tipte nöropatik kök ağrısıdır¹. Takahashi ve arkadaşları⁽⁹⁾ yaptıkları çalışmada mekanik kompresyonun tek başına sadece fonksiyon kaybına sebep olduğu ancak ağrı oluşturmadığını tespit etmişlerdir.

Başarısız Bel Cerrahisi Sendromu (BBCS) literatürdeki sıklığı %5 -40 olarak değişmektedir. Yüksek yoğunluklu (yoğun ameliyat yapılan) kliniklerde düşük yoğunluklu (daha az ameliyat yapılan) kliniklere göre daha fazla BBCS görülmektedir⁽³⁾. 27 merkezde yapılan bir çalışmada lomber disk hernisi veya lomber dar kanal tanısıyla ameliyat edilen 655 hasta ele alınmış ve bölgeler arasındaki farklılıkları incelemiştirlerdir. Düşük yoğunluklu kliniklerde, hastaların % 89'unda başarılı sonuç elde edilirken, yüksek yoğunluklu kliniklerde ise hastaların % 60'ında başarılı sonuç elde edilmiştir. Yazarlar bunu yüksek yoğunluklu kliniklerde cerrahi endikasyonların daha geniş olmasına bağlamışlardır. Cerrahi endikasyon genişledikçe sonuçlar kötüleşmektedir³.

Literatüre göre BBCS'nun en sık sebebi lateral stenozdur (% 29-58)^(5,10-11). BBCS'na sebep olan diğer sık etiyolojik sebepleri şöyle sıralayabiliriz; yanlış hasta (kronik ağrı sendromu, gerçekçi olmayan beklentiler veya ulaşılmaması zor beklentiler), yanlış tanı, yanlış veya yetersiz girişim (yanlış seviye, gözden kaçan dar kanal), yanlış teknik (dövülmüş kök sendromu, iyatrojenik instabilite, rezidüel deformite), ameliyat edilen mesafede nüks disk hernisi (% 12-17), epidural fibrozis ve araknoidit (% 1.1-18), instabilite (% 7-29), kaynamama (psödoartroz) (% 6-9), diskit % 0.15-3 ve psikolojik sebeplerdir (% 3)^(5,10-11).

Yanlış tanı; şikayetlerin aslında ameliyat edilen patolojiye ait olmaması olarak belirtilebilir. Lomber disk hernisi nedeniyle ameliyat olan bir hastada şikayetlerin geçmemesi, hastada siyatalji benzeri ağrı yapan bir patolojinin (kalçada avasküler nekroz veya koksartroz) bulunması örneği yanlış tanıya örnek olarak verilebilir.

Yetersiz girişim ve teknik; en önemli/sık karşılaşılan nedenlerden biridir. Uygun olmayan cerrahi girişim, yanlış seviye, yanlış taraf, yetersiz dekompresyon, serbest parçanın gözden kaçması veya bir kısmının bırakılması, eşlik eden lateral reses stenozunun tanınmaması sebepler arasındadır. Eşlik eden lateral stenoz; ameliyat öncesinde gözden kaçan lateral reses stenozu BBCS'na yol açan önemli faktörlerdendir, BBCS etiyolojisinde ilk sırada yer alır: lomber disk hernisi ile birlikte santral stenoz ve/veya lateral spinal stenozu görülme sıklığı % 71 oranındadır.

Gerek hasta seçim kriterleri gerekse değerlendirme yöntemleri değişken olduğundan lomber disk cerrahisinin başarı oranı % 56 ile % 97 arasında çok geniş bir aralıkta bildirilmiştir ^(2,4,6-7). Nüks disk hernisi; % 7 - % 26 oranında görülmektedir. 4 ila 10 yıllık takiplerde tekrar operasyon oranı % 5 - % 19 (ortalama % 10) arasındadır. Reoperasyonların 1/3'ünden nüks disk herniasyonlarından sorumludur. Revizyon diskektomisinin başarı oranı ise daha düşüktür ve iyi ve mükemmel sonuç oranları % 70 civarında bildirilmiştir.

Enfeksiyon; % 1-3,8 arasında görülmektedir, bu hastalar erken postoperatif dönemde şikayetleri yokken aniden (1 hafta-3 ay arasında) bel ağrısı ve/veya bacak ağrısı şikayetlerinin başlaması mutlaka enfeksiyonu düşündürmeli ve enfeksiyonu yönelik tetkiklerin (Sedimantasyon, CRP, Prokalsitonin, MRI vs. gibi) yaptırmanız gerekir.

Epidural fibrozis; dekompresif cerrahi sonrası sıklıkla rastlanılan bir durumdur. Ancak klinik tablo sadece hastaların % 1-2'sinde gelişir. Etiyolojisinde ameliyat sırasında aşırı kanamanın olması, aşırı kök ekstazyonu yapılması, birleşik kök anomalisi bulunması, pamuk pedilerin kullanılması, yabancı doku reaksiyonu, ameliyat sonrası ise instabilite sonucunda epidural fibrozis gelişebilir.

Araknoidit ise suda ya da yağda çözünen kontrast madde kullanımı sonrası, travmatik ya da tekrarlayıcı miyelografiler veya birden fazla yapılan cerrahi girişimler ve enfeksiyonlar sonrasında gelişebilir. Kötü prognozlu bir tablodur. Cerrahi alanda gelişen fibrozis kökü çekerek, gererek ya da bası yaparak radiküler ağrıya neden olabilir. Şikayetler 3-6 ay arasında başlar ve giderek artar. Nüks ile ayırımının yapılması önemlidir. Kontrastlı BT veya MRI ile tanı % 67-100 konur. Araknoidit gelişen hastalarda uygulanan skar dokusu eksizyonu ameliyatlarının sonuçları yüz güldürücü değildir.

BBCS'nun altın standart bir tedavisi yoktur. ABD'de bu sorun için yılda 19.8 milyon dolar harcanmaktadır ⁽⁸⁾. BBCS'nin tedavisinde kullanılan konvansiyonel yöntemler; ağrı kesiciler, antidepressanlar, FTR, psikososyal tedavi; diğer yöntemler ise epidural enjeksiyonlar, perkutan epidural adeziyolizis, transkütan elektrik sinir stimülasyonu, spinal kord-dorsal kolon stimülasyonu, medial dal bloklarıdır ^(2,6). Bu tedavilere rağmen hastaların % 22-40'ında tekrar cerrahiye gereksinim duyulur ^(2,6).

Sonuç olarak, BBCS oldukça sık rastlanan bir sorundur. Tedavisi zordur, bu yüzden gelişmemesi için önceden tedbir alınması daha önemlidir. Doğru hasta seçimi, doğru endikasyon, doğru tanı, doğru girişim ve doğru teknik ile sıklığı büyük ölçüde azaltılabilir.

KAYNAKLAR

- 1- Freynhagen R, Rolke R, Baron R. Pseudoradicular and radicular low back pain—a disease continuum rather than different entities? Answers from quantitative sensory testing. *Pain* 2008;135: 65–74.
- 2- Fritsch EW, Heisel J, Rupp S. The failed back surgery syndrome: reasons, intraoperative findings, and long-term results: a report of 182 operative treatments. *Spine* 1996; 21: 626–633.
- 3- Keller RB, Atlas SJ, Soule DN, Singer DE, Deyo RA. Relationship between rates and outcomes of operative treatment for lumbar disc herniation and spinal stenosis. *J Bone Joint Surg* 1999; 81(6): 752-762.
- 4- Manchikanti L, Singh V. Epidural lysis of adhesions and myelography. *Curr Pain Headache Rep* 2002; 6: 427–435.
- 5- Marchetti PG, Binazzi R, Vaccari V, De Zerbi M, Landi S. Failed back syndromes: opinions and personal experiences. *Chir Organi Mov* 1994; 79: 127–130.
- 6- North RB, Campbell JN, James CS, Conover-Walker MK, Wang H, Piantadosi S, Rybock JD, Long DM. Failed back surgery syndrome: 5-year follow-up in 102 patients undergoing repeated operation. *Neurosurgery* 1991; 28: 685–690; discussion 690–691.
- 7- Robertson JT. Role of peridural fibrosis in the failed back: a review. *Eur Spine J* 1996; 5(Suppl.-1): S2–6.
- 8- Stewart WF, Ricci JA, Chee E, Morganstein D, Lipton R. Lost productive time and cost due to common pain conditions in the US workforce. *JAMA* 2003; 290: 2443–2454.
- 9- Takahashi K, Shima I, Porter RW. Nerve root pressure in lumbar disc herniation. *Spine* 1999; 24: 2003–2006.
- 10- Trappe AE, Frank AM. Postoperative spondylodiscitis as the cause of failed-back syndrome—clinical aspects, diagnosis, therapy. *Zentralbl Neurochir* 1994; 55: 156–161.
- 11- Waguespack A, Schofferman J, Slosar P, Reynolds J. Etiology of long-term failures of lumbar spine surgery. *Pain Med* 2002; 3: 18–22.

II. BÖLÜM

OMURGA DENGESİ VE BİYOMEKANİK

5. Omurga Dengesi ve Biyomekanik

Esat KITER, Nusret ÖK

GİRİŞ

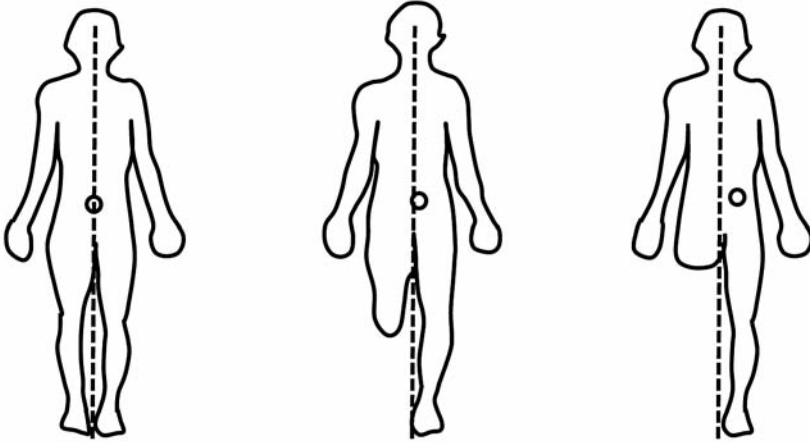
Denge, birçok değişkenin etkisiyle oluşan bir olgu olduğu için iskelet sisteminin en karmaşık konularındandır. Dengenin en önemli sağlayıcılarından birisi şüphesiz omurgadır. Ama global sagittal dengeyi irdelemek için tek başına omurgayı ele almak yetersizdir. Dubousset, pelvisin vertebral kolon ile olan fonksiyonel bütünlüğünü vurgulamak için pelvisi 'pelvik vertebra' olarak anar⁽³⁾. Gerçekten de global sagittal denge kavramı tüm omurgayı ilgilendirdiği kadar pelvis ve alt ekstremiteleri de ilgilendirir.

Lökomotor sistemin bütün fonksiyonlarını şekillendiren temel güç yerçekimidir. Hareket yerçekimine karşı enerji harcanarak gerçekleştirilen bir olgudur. İskelet sistemi, yerçekimi gücüne karşı hızlı ve etkin hareketi sağlayacak en avantajlı biyomekanik unsurları kullanır. Denge hareket olgusu içinde en temel unsurlardan birisidir. Tüm devinimlerin verimli olabilmesi, yine devinimlerle sürekli değişim içinde olan denge kavramının idame edilmesi ile sağlanır.

YERÇEKİMİ VE AĞIRLIK MERKEZİ

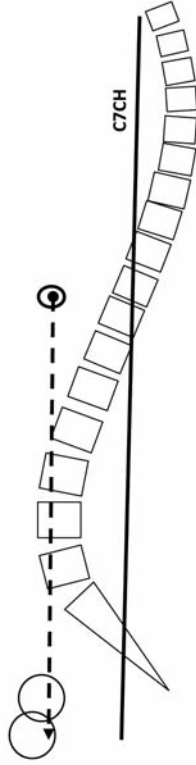
Evren bilimcilerin en çok emek harcadığı konulardan birisi yerçekimi olgusudur. Aslında, biz günlük pratiğimiz de çok farkında olmasak da en az onlar kadar yerçekimi olgusunun içindeyiz. Bununla birlikte, yerçekiminin varlığı biyomekanik hesaplamalar açısından bir avantajdır zira tüm dokulara aynı şekilde etkiyen en temel ve tutarlı güçtür. Yerçekiminin teorik olarak ağırlık merkezine etki ettiği düşünülür. Ağırlık merkezi tamamen farazi bir noktadır ancak güç ile ilgili hesaplamalarda yerinin bilinmesi gerekir.

Ağırlık merkezi simetrik objelerde geometrik merkezle aynıdır, bu nedenle küp ya da küre gibi cisimlerde ağırlık merkezinin belirlenmesi daha kolaydır. Asimetrik objelerde ise segmenter olarak bileşke ağırlık merkezi hesaplanmalıdır. Her zaman için ağırlık merkezi cismin ağır tarafına doğru kayar (Şekil -1).



Şekil-1. Ağırlık merkezi her zaman için cismin ağır olan tarafına doğru kayar. Denge için ağırlık merkezinin vektörü yere temas eden bazal destekten geçmelidir.

Sağlıklı insan vücudunda global ağırlık merkezi zeminin görüntülediği ve ayakta çekilen tüm vücut grafiğinde tahminen çizilebilir. Ağırlık merkezi vektörü zemine dik olmalıdır. Vektör frontal planda sakrumun ortasından lateral planda ise kalça merkezinin hafif posteriorundan geçer^(4,8) (Şekil -2).



Şekil-2. Ağırlık merkezinin vektörü femur başı ortasının hafif posteriorundan geçer. C7 çekül hattı (C7CH) her zaman bu vektörün posteriorunda kalmalıdır.

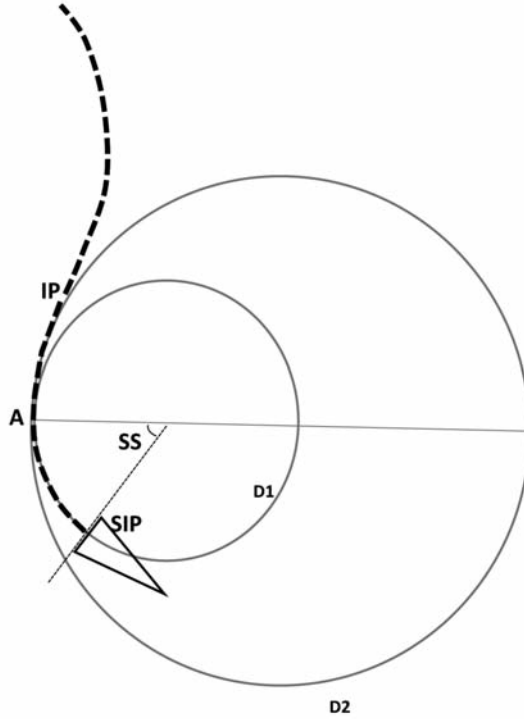
C7 çekül hattı ise her zaman ağırlık merkezi vektörünün arkasında kalmalıdır. Sağlıklı bireylerde yerçekimi vektörü iki ayağın yere temas ettiği bazal destek bileşkesinden geçer (Şekil -1).

Ağırlık merkezinin iz düşümü bazal destekten geçmez ise dik durmak için kompenzasyon mekanizmaları devreye girer. C7 çekül hattı normalde S1' in posterior sınırından geçer ⁽¹⁵⁾, daha posteriora ise bu daha kolay kompanse edilir zira bu hat yerçekimi izdüşümünün yine de arkasında kalır. Yaşla beraber pelvik parametrelerde bir değişiklik gözlenirse de yerçekimi vektörü ve bazal destek ilişkisi değişmeden kalır ⁽¹⁴⁾. Sagittal balansın değerlendirilmesine yerçekimi vektörü doğrudan pek kullanılmaz. Ancak pelvik ve spinal parametrelerin ölçümlerinde kullanılan tüm vertikal hatlar görece olarak bu vektörün yansımasıdır.

İki ayak üzerinde yürümek insan lökomotor sistemin üzerinde belirgin adaptasyonlara neden olmuştur. Pelvis vertikal bir hal almış leğen kemikleri bu bölgeye yapışan kasların aktif moment kolunu arttırmak için yanlara doğru açılmıştır. Kuvvetli pelvik kas yapısıyla leğen kemiği altına gelen kalçalar erek postürün en önemli dinamik komponentleri haline gelmiştir⁽⁹⁾. Yerçekimine karşı mekanik avantajı arttırmak için vertebral kolonda lordozlar oluşmuştur. Daha önce de bahsedildiği gibi LL bu adaptasyonun en önemli parametrelerinden birisidir ve sadece insana özgü fizyolojik bir olgudur.

SAGİTTAL DENGE KOMPENZASYON MEKANİZMALARI

İnsanın iki ayak üzerinde yürümesi bu konudaki kavramların hesaplamasını tamamen ona özel yapar. Lordotik lomber eğriliği olan tek canlı insandır ve lomber lordoz (LL) sagittal denge ile ilgili değerlendirmelerde değişkenliği nedeniyle en çok irdelenen parametrelerden birisidir^(9,13). Sağlıklı bireylerdeki LL ile ilgili son zamanlarda birçok çalışma yapılmıştır ve literatüre yeni kavramlar eklenmiştir. Total lomber lordozun 2/3'ü alt lomber seviyelerde (L4-S1) oluşmaktadır^(1,13). Bireysel olarak da lordozun başladığı proksimal omurga seviyesi ve eğriliğin apeksi değişiklik gösterebilir. Bunun sonucunda toplumdaki sağlıklı bireylerde kısa ya da uzun lordotik eğrilikler normal sınırlar içinde kabul edilir. Lomber lordozun daha kapsamlı analizi Berthonnaud ve arkadaşları tarafından yapılmıştır⁽²⁾. Yazarlar lordozun apeksine teğet geçen iki adet daire kavramını tanımlamışlardır. Alt lomber bölgenin, LL'un daha fazlasından sorumlu olduğunu söylemiştik. Yazarlar, uygun grafide apeksi belirledikten sonra apeks altı ve apeks üstü olarak lomber lordozu iki farklı bölgeye bölerler ve ikisinin farklı daireleri temsil ettiğini kabul ederler. Apeks üstü lomber lordozun üst arkını apeks altı da alt arkını oluşturur. İki dairenin çapı birbirinden farklıdır ve apekte temas halindedirler. Berthonnaud ve ark. lordozun proksimal üst sınırının hesaplanması için büyük çember üzerinde büküm (inflexion) noktası tanımlar. Bu nokta eğriliğin üst sınırındır ve daireden uzaklaşan ilk bölgedir. Küçük dairenin altındaki büküm noktasını sakral plato yapar ve bu makaledeki modelde dairenin yarıçapı sakral slop (SS)'a eşittir (Şekil-3).

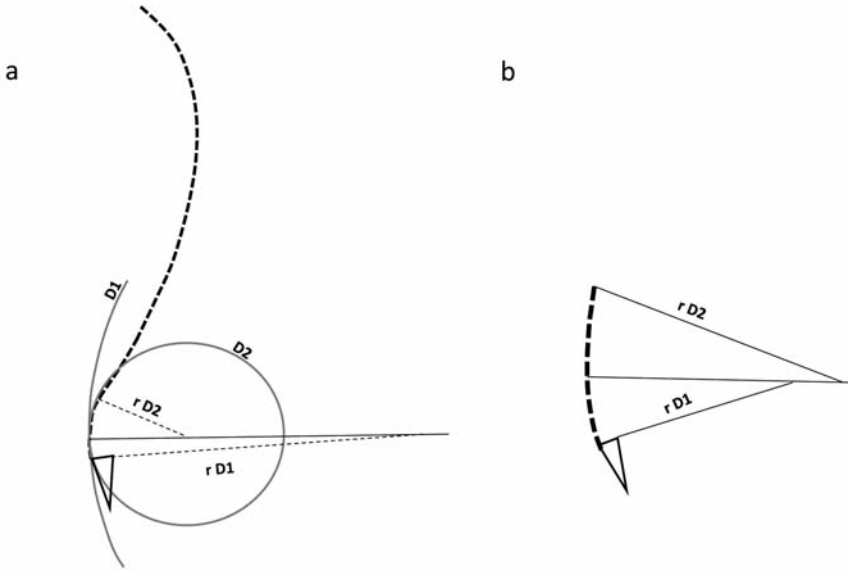


Şekil-3. Teğet daireler modelinde apeksin altını D1 daresi temsil eder. Apeksin üst arkını da D2 daresi oluşturur. Lomber lordozun üst sınırını D2 üzerindeki büküm (inflexion) noktası belirler (IP). Lordozun alt sınırı ise sakral plato tarafından belirlenir (SIP). Üst ark D2 üzerindeki A (apeks)-IP arasıdır. Alt ark ise A-SIP arasıdır.

Bu çalışma SS'un lomber lordozun oluşmasındaki en önemli parametre olduğunu vurgulamaktadır. Lomber lordozun bireysel farklılıklarını tanımlamak için, SS kullanılarak bir sınıflama yapılmıştır⁽¹¹⁾. Bu sınıflamaya göre;

Tip-1 Lomber Lordoz: SS $<35^\circ$ kısa ve düşük dereceli lordoz vardır. Kifotik açılma erken başlar uzun bir torakolomber kifoz oluşur. Alt ark neredeyse yoktur. Lordozun apeksi oldukça distale kaymıştır. Lordozun neredeyse tamamı üst ark (Şekil-4.a),

Tip-2 Lomber Lordoz: SS $<35^\circ$ uzun ve düşük dereceli lordoz vardır (Şekil-4.b). Genel olarak torakal kifoz da düşük derecelidir ve omurga düz bir hatta benzer,



Şekil-4. a) Tip 1 de kısa ve az lordoz vardır. Alt arka ait (D1) açı azdır. Mevcut lordozun büyük bir kısmı üst ark tarafından oluşturulur. Bu tür lordozun üstünde dengeleyici geniş bir (üst lomber omurlarında dâhil olduğu) kifoz mevcuttur. b) Tip 1 lordozda her iki ark da (D1 ve D2)uzun yarıçapa sahiptir. Sonuçta düz bir lordoz oluşur.

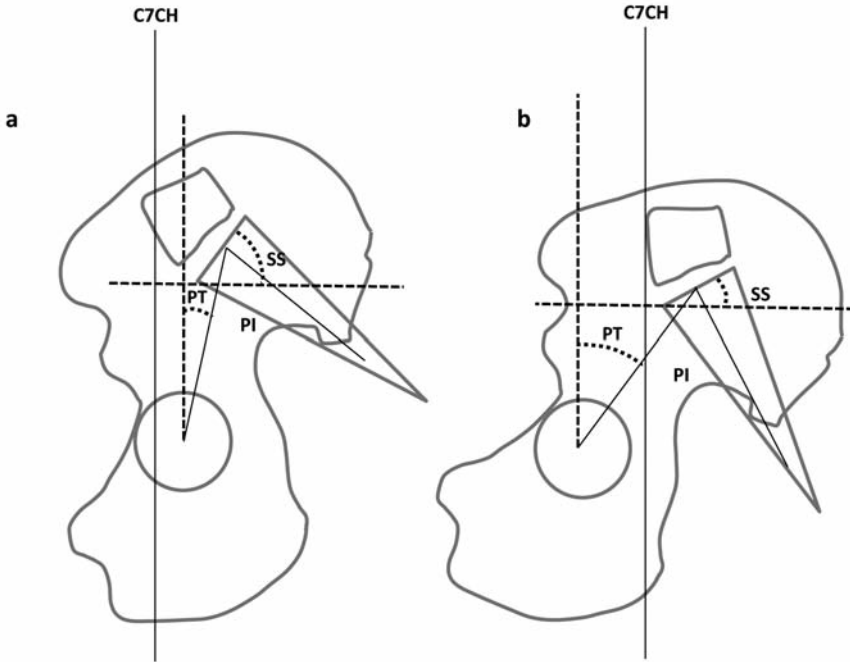
Tip-3 Lomber Lordoz: $35^\circ < SS < 45^\circ$ Her iki ark arasında uyum vardır, lordozun uzanımı ve derecesi popülasyon ortalamasına yakındır,

Tip-4 Lomber Lordoz: $SS > 45^\circ$ açısı yüksek lordoz. Alt arkın açısı ve uzunluğu artmıştır. Genellikle daha fazla sayıda omurga lordoza eşlik eder. Sıklıkla artmış bir torakal kifoz ile dengelenir.

MEKANİZMALAR

Şüphesiz, lomber lordozdaki bu bireysel farklılıklar oluşabilecek dejeneratif bozukluklara ilgili biyomekanik avantajlar veya dezavantajlar yaratmaktadır. Ancak bu matematiksel değerlendirmelerin gerçek yaşamdaki klinik durumlara uyarlanması çok pratik gözükmemektedir. Ancak yine de bu model üzerinde, sagittal denge ve kompenzasyon mekanizmaları üzerinde tartışmak bireysel farklılıkları anlamamıza yardımcı olacaktır. Kompenzasyon mekanizmalarında iki temel değişken pelvik tilt ve sakral sloptur. İlk defa Duval-Beaupere ve arkadaşları tarafından tanımlanan pelvik oran (incidence) (PI) kavramı iki değişken

olan PT ve SS'un toplamına eşittir ⁽⁵⁾. PI kişiye özgüdür ve sakropelvik düzeneği bozacak bir kırık olmadığı sürece ömür boyu değişmez ⁽⁷⁾. Bu bağlamda sagittal dengenin idamesi PT ve SS'un arasındaki değişimleri kullanarak oluşur ama ikisinin toplamı değişmeyecektir. Tip1 ve Tip2 lomber lordozda da PI'sı düşüktür ve bu tarz bireylerde kompenzasyon kapasitesi limitlidir. PI'sı daha yüksek olan Tip3 ve Tip 4 lomber lordozlarda kalça üzerinde pelvik rotasyon kapasitesi daha fazla olduğu için kompenzasyonun erken dönemlerde sağlanması daha kolaydır ⁽¹³⁾. Sagittal denge bozulduğunda, C7 çekül hattının yerçekimi vektörünün geçtiği farz edilen noktaya (kalça merkezinin hafif posterioru) yaklaştığı ya da önüne geçtiği durumlarda pelvis kalça üzerinde retroversiyona gelerek mekanik avantajını korumaya çalışır. Bu retroversiyon esnasında SS azalacak PT artacaktır ⁽¹⁰⁾ (Şekil-5).



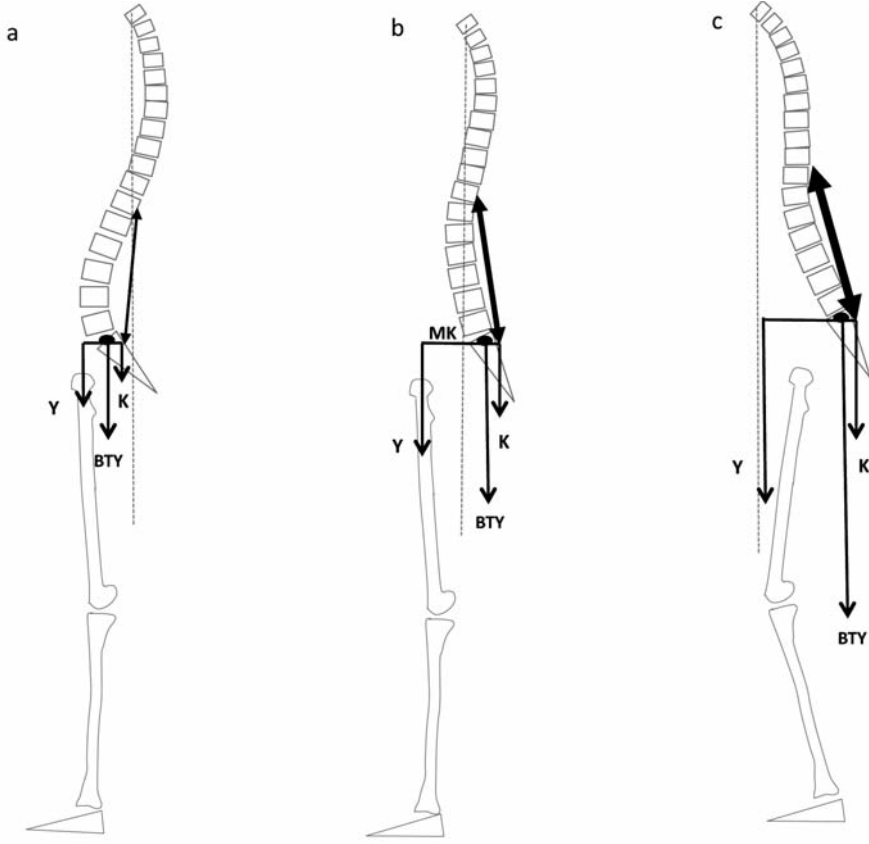
Şekil-5. Pelvik insidansı yüksek bir örnekte pelvis retroversiyonu ile sagittal denge kompenzasyonu. **a)** Bozulmuş sagittal denge, C7CH kalça anteriorunda, **b)** Kalça üzerinden yapılan pelvik retroversiyonla C7CH'nin posteriora alındığını görüyoruz. Retroversiyon esnasında SS'un azaldığına, PT'in arttığına ama PI'in değişmediğine dikkat ediniz. (C7CH: C7 çekül hattı, PT: Pelvik tilt, SS: Sakral slop, PI: Pelvik insidansı).

Bu reaksiyon kalça merkezini vertebral kolon altında öne alarak C7 çekül hattını yerçekimi vektörünün arkasında tutmayı amaçlar. Bu reaksiyon teorik olarak SS'u sifıra yaklaştırmaya kadar devam eder. Sakral slop sıfırdan az olamaz ve bu nedenle ileri derecede bozulmuş sagittal dengenin kompenzasyonunda diz fleksiyonu devreye girer ^(1,12). Ankilozan spondilit gibi haslıklarda sık gördüğümüz bu adaptasyonla, kalça önünde olan ağırlık merkezinin vektörü arkaya doğru alınmaya çalışır.

BİYOMEKANİK AÇIDAN KOMPENZASYON

Kompenzasyon mekanizmaları masum değildirler zira fazla enerji gerektirirler ve bu enerjinin yarattığı toplam yük özellikle lumbosakral bileşkeye biner. Roussouly ve ark insan omurgasını maruz kaldığı yükleri anlatmak için vinç modelini kullanmıştır ⁽¹²⁾.

Vinç mekaniğinde dengeyi korumak için yerle temas eden "bazal temas noktasının" ağırlığının oldukça fazla olması gerekir. İnsan omurgasında bazal temas noktasını lumbosakral eklem olarak kabul edersek bu noktaya etkiyen iki temel gücün yerçekimi ve paraspinal kasların kasılması olduğunu varsayabiliriz. Şekil 6' da gösterilen ilk modelde omurga ve pelvis dengededir (Şekil-6a). Parametreler normaldir ve mümkün olan en az enerjiyle denge idame ettirilir. Pelvik retroversiyon ile yerçekiminin vektörü anteriora doğru yer değiştirir ⁽¹⁾. Bu değişim yerçekimi vektörünün moment kolunu uzatır ve uzayan moment koluyla bazal temas noktasına etkiyen "bazal temas yükü" artar. Bunu dengelemek için paraspinal kasların kontraksiyonu artacaktır. Bu iki artışa bağlı olarak "toplam bazal temas yükü" lumbosakral bileşkeye aşırı yük binmesine neden olur ⁽¹²⁾ (Şekil-6b). Bu denge mekanizması, yükü artan lumbosakral bölgedeki şikâyetlerin oluşmasına neden olur ve dejeneratif süreci hızlandırır ⁽⁶⁾. Daha da bozulan dengenin idamesinde devreye giren diz fleksiyonu yukarıda anlatılan düzenekteki yüklerin daha da artmasına neden olur (Şekil-6c). Sonuç olarak denge daha fazla enerji sarfiyatıyla daha konforsuz bir halde sağlanmaya başlar.



Şekil-6. Omurganın denge biyomekaniği. Sakral plato üzerindeki siyah nokta omurganın bazal temas noktası olarak kabul edilir. Bu noktaya etkiyen iki temel güç vardır, yerçekimi gücü (Y) ve paraspinal kas kontraksiyonu (K). Bu ikisinin bileşkisi toplam bazal temas yükünü (BTY) oluşturur. **a)** Sağlıklı omurgada denge en ekonomik enerji sarfiyatıyla karşılanır. **b)** Pelvik retroversiyonda yerçekimin moment kolu uzar (MK) ve dengeleyici paraspinal kas kontraksiyonunu artırır. **c)** diz fleksiyonun devreye girmesi MY ve K'yı daha fazla artırır.

Sonuç olarak insan lökomotor sisteminde sagittal denge ile ilgili parametreler değişkendir ve bireylere özgüdür. Esnek omurgadaki yerel kifoz açılanmaları (vertebra kırığı vb. sebeplerle) lomber bölgenin ve hatta deformite üstü torakal bölgenin ekstansiyon kapasitesiyle pelvik düzenekler çalışmadan vertebral kolonun kendi içinde dengelenebilir. Ancak esnek olmayan dejeneratif omurgalarda PI ve bunun iki komponenti olan SS ile PT potansiyel kompenzasyonun en önemli belirteçleridir. Özellikle SS'a göre pelvis üzerindeki rotasyon organize edilir ve sakral slopu düşük olan bireylerde bu daha zor gerçekleşir. Bu nedenle Tip 3 ve

Tip 4 lomber lordozlu hastalar daha yüksek SS değerleri nedeniyle daha avantajlıdır. Sakral slop teorik olarak 0° kadar inebilir ancak bazen kalça ekstansiyonu bu retroversiyonu daha önce limitlendirebilir. Bu durumda denge daha da bozulursa diz fleksiyonu ağırlık merkezini arkaya almak için devreye girer ki bu biyomekanik açıdan en avantajsız durumdur.

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* 2007; 16: 1459-1467.
- 2- Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, Labelle H. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. *J Spinal Disord Tech* 2005; 18: 40-47.
- 3- Dubousset J, Charpak G, Skalli W, de Guise J, Kalifa G, Wicart P. [Skeletal and spinal imaging with EOS system]. *Arch Pediatr* 2008; 15: 665-666.
- 4- Doring J, Goudfroot H, Keessen W, Beeker TW, Crowe A. Toward standards for posture. Postural characteristics of the lower back system in normal and pathologic conditions. *Spine* 1985; 10: 83-87.
- 5- 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* 1992; 20: 451-462.
- 6- Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine* 2005; 30: 2024-2029.
- 7- Jean L. Influence of age and sagittal balance of the spine on the value of the pelvic incidence. *Eur Spine J* 2014; 23: 1394-1399.
- 8- Kuntz C 4th, Levin LS, Ondra SL, Shaffrey CI, Morgan CJ. Neutral upright sagittal spinal alignment from the occiput to the pelvis in asymptomatic adults: a review and resynthesis of the literature. *J Neurosurg Spine* 2007; 6: 104-112.
- 9- Le Huec JC, Saddiki R, Franke J, Rigal J, Aunoble S. Equilibrium of the human body and the gravity line: the basics. *Eur Spine J* 2011; 20(Suppl.-5): 558-563.
- 10- Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, Guigui P. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. *Spine* 2010; 35: E1193-1198.
- 11- Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. [Geometrical and mechanical analysis of lumbar lordosis in an asymptomatic population: proposed classification]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2003; 89: 632-639.

- 12- Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J* 2011; 20(Supp.-5): 609-618.
- 13- Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach. *Eur Spine J* 2011; 20(Suppl.-5): 578-585.
- 14- Schwab F, Lafage V, Boyce R, Skalli W, Farcy JP. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. *Spine* 2006; 31: E959-967.
- 15- Skoyles JR. Human balance, the evolution of bipedalism and disequilibrium syndrome. *Med Hypotheses* 2006; 66: 1060-1068.

III. BÖLÜM

DENGE ANALİZİ
İÇİN OMURGANIN
GÖRÜNTÜLENMESİ

6. Spinal Radyoloji Ayakta Direk Grafiler ve Pozisyon

Burak KAZANCI

GİRİŞ

Tıp alanında belki de en hızlı değişen ve evrim geçiren branşların başında radyoloji gelmektedir. Tıp tarihi ile karşılaştırıldığında, radyolojinin yaklaşık 100 yıllık tarihinde birçok gelişme görülmektedir. Son 25 yıl içinde yaşanan gelişmeler ise, radyolojiyle ilgilenen hekimlerin bile takip etmekte zorlandığı ve hatta pek çoğunun geri kalmasına yol açan boyutta olmuştur.

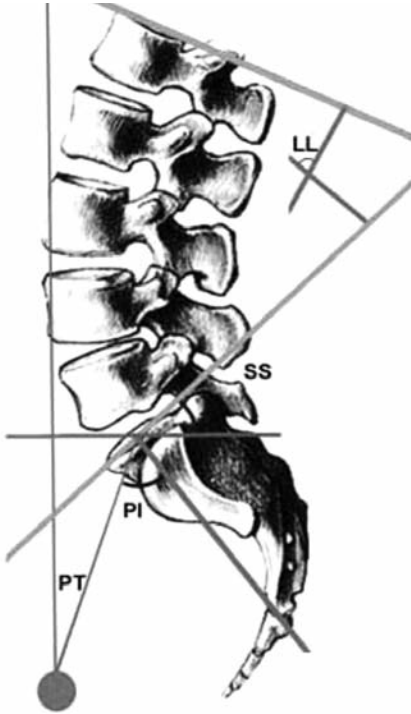
Bu bölümde omurgada sagittal dengenin önemi ve sagittal denge ile bağlantılı olan spinal ve pelvik parametrelerden bahsedilmektedir. Omurgadaki sagittal denge ile ilişkili anlatılan parametreler; C7 şakül çizgisi, gravite çizgisi, pelvik insidans, sakral eğim, pelvik tilt ve spino-sakral açıdır ⁽²⁾.

Spinal deformitelerde omurga ve pelvis arasındaki uyumu sağlamak için sagittal spinal ve spinopelvik parametreleri ve aralarındaki ilişkileri bilmemiz gerekir. Sagittal parametre olarak yan grafilerde; servikal lordoz (SL), torakal kifoz (TK), lomber lordoz (LL), sagittal vertikal aks (SVA), pelvik tilt (PT), pelvik insidans (PI) ve sakral slop (SS) değerlendirilen ana parametrelerdir. Bu parametreleri doğru değerlendirmek için düzgün bir teknikle ve uygun pozisyonda yan grafi çekmemiz ve ölçüm metotlarını uygun bir şekilde kullanmamız gereklidir ⁽³⁾ (Şekil -1).



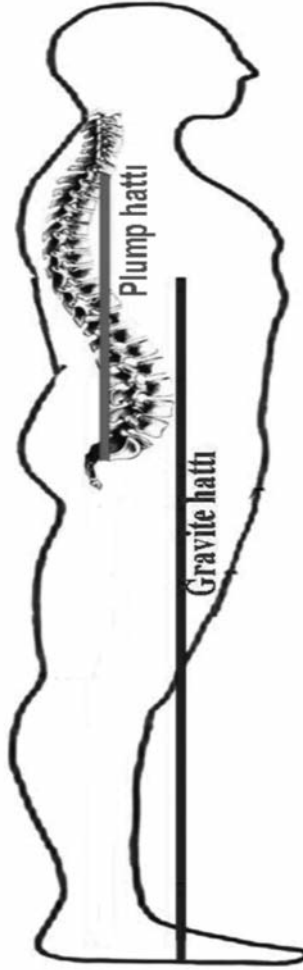
Şekil-1. Şakül hattı

Torakal ve lomber omurganın global değerlendirilmesi spinosakral açı ile yapılır. Spinosakral açı, T1'in ön yüzünden sakral platonun ortasına çizilen hat ile sakral platodan teğet geçen hat arasında kalan açıdır Tüm omurgayı ilgilendirir ve sakral eğim (SS) ile yakın ilişkisi vardır. Yaşlanma ile omurga öne doğru eğildiğinde kompensasyon ile pelvis geriye doğru döner ve spinosakral açı azalırken, sakral eğim açısı (SS) da azalır ancak pelvik tilt artar. Pelvik parametrelerin normal sınırlar içinde kalmasına çalışılır. Diz eklemleri fleksiyona gelerek, kompensasyonu sağlamaya ve omurgayı dik tutmaya çalışır. Ancak lomber bölgede gelişen dejenerasyona bağlı oluşan düz belle birlikte torakal bölge öne doğru eğilmeye başlar dolayısı ile C7 öne doğru kayar ve kompensasyon mekanizmaları da yetersiz kaldığında plump hattı, gravite hattının önüne geçerek sagittal İmbalans oluşmasına neden olur. Hasta desteksiz ayağa kalkar ve desteksiz yürür ancak baş ve gövde öne doğru eğiktir ⁽⁷⁾ (Şekil-2).



Şekil-2. Spinopelvik parametreler

İnsan vücudunun kütle merkezi torasik omurganın ön kısmında ve lomber bölgeye yakın bir yerde bulunur ⁽¹⁰⁾. Kütle merkezinden aşağı doğru dik çizilen bir hat "gravite hattı" olarak bilinir ve sakral ikinci omurga hizasından, femur başlarından geçerek bacakları izler ve destek noktası olan ayaklarla birlikte yere ulaşır. Plumb hattı ise sagittal planda dengede olan bir omurgada C7'nin önünden teğet geçen vertikal hat sakral platonun arkasından geçer. Normalde yerçekimi hattı plumb hattının daima önünde kalır (Şekil-3).



Şekil-3. Ağırlık çizgisi

VERTEBRAL KOLON GRAFİLERİ

Vertebral kolonun çeşitli bölümlerinin değişik pozisyonlarda direkt grafi ile görüntülenmesidir. Kemik yapı dansitesinin değerlendirilmesi, trabeküler yapının görülmesi, vertebral kolonu oluşturan yapıların dizilişinin görüntülenmesi, vertebra pedikülleri, intervertebral foramenler, transvers oluşumlar, spinöz oluşumlar, interpediküler genişlik değerlendirilmesi, listezis varlığı veya kırık ve çıkık araştırılması ve değerlendirmesi amacıyla kullanılır.

- Servikal vertebra grafisi: AP, lateral, sağ ve sol oblik pozisyonlarda çekilmelidir.
- Dorsal vertebra grafisi: AP ve lateral pozisyonlarda çekilmesi genellikle yeterlidir.
- Lumbosakral vertebra grafisi: AP, lateral, sağ ve sol oblik pozisyonlarda çekilmelidir.

Ayrıca; aranılan patolojiye özgün poz ve teknik parametre ayarları kullanılarak çekilen değişik grafiler vardır ⁽¹¹⁾.

SERVIKAL BÖLGE

Servikal omurga baş ve gövde arasındaki bağlantıdır. Servikal omurganın hareketliliği başın 3 boyutlu hareketine olanak verir, bu da uzayda tüm yönlerde oryantasyona imkân sağlar. Evrimin ilk günlerinde insan ırkının etkin bir şekilde savaşmasını ve kendini korumasını sağlayan, dik pozisyonu ve beynin gelişmesi ile birlikte muhtemelen bu hareketliliktir

Servikal Anterior- Posterior Grafiler

Hasta supin pozisyonda ve çene protuberantia occipitalis üzerine süperpoze olacak şekilde baş geriye itilir. Hastaya çekim sırasında nefesi tutturulur. 14 x 20 kaset kullanılır. Odontoid, 1. ve 2. servikal vertebranın daha iyi değerlendirilmesi için hasta yatar pozisyonda iken ağız sonuna kadar açık ve üst kesici dişlerin alt kenarı oksipital kemiğe süperpoze olacak şekilde çekilebilir (Şekil-4).



Şekil-4. Ağız açık odontoid grafi

Servikal Lateral Grafiler

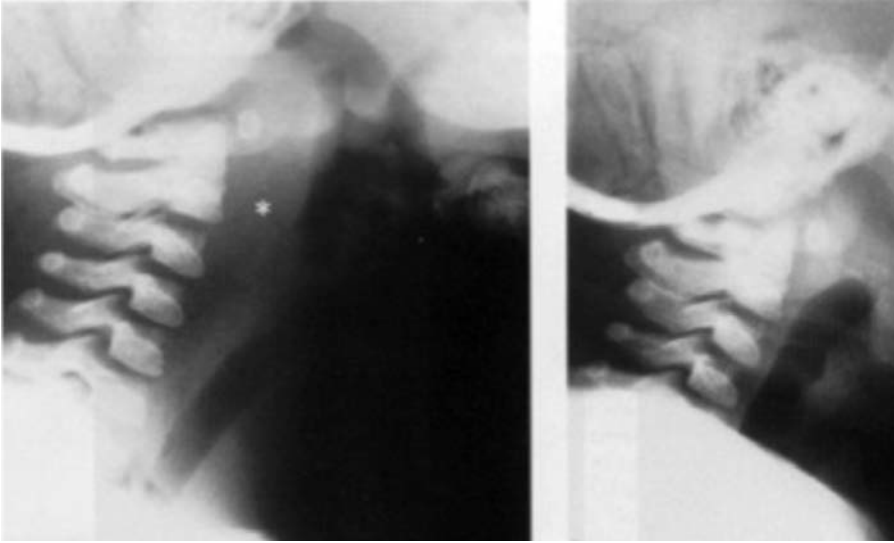
Hasta ayakta veya oturur pozisyonda çekilebilir. Maksimum fleksiyon ve maksimum ekstansiyonda dinamik grafiler çekilebilir (Şekil-5).



Şekil-5. Fleksiyon-ekstansiyon servikal grafiler

Lateral grafilerde vertebra korpusları, faset eklemler, spinöz çıkıntılar, spinal kanal genişliği, çevre doku, faringeal ve trakeal hava boşlukları izlenebilir. Çekim için 18 x24, 24x 30 kasetler kullanılır.

Çocuklarda vertebraların henüz tam kemikleşmemesi ve açık olan epifiz plakları nedeniyle servikal grafinin değerlendirilmesinde yanlıya düşülebilir. Bunların başında ağlamakla, yutmakla veya boyun fleksiyonda iken saptanabilen YALANCI KİTLE (PSEUDOMASS) ETKİSİ gelir ⁽⁵⁾ (Şekil-6).



Şekil-6. Yalancı kitle görünümü

Servikal Oblik Grafiler

Ayakta ya da oturarak çekilir. Çeneye hafif ekstasyon yaptırılır ve cihaza doğru 5-10 derece döndürülür. Hastaya nefesi tutturulur. Nöral foramenlerin ve fasetlerin değerlendirilmesinde kullanılır.

TORAKAL BÖLGE

Anterior Posterior Grafi

İyi bir torakal ön-arka grafide tüm torakal vertebraların görüntü içinde olması önemlidir. Spinöz çıkıntılar, vertebra cisimleri ortada ve retrokardiyak vertebralar net izlenebilmelidir. Hasta derin inspirium pozisyonundadır. 30x40, 35x43 kaset kullanılmalıdır.

Lateral Grafi

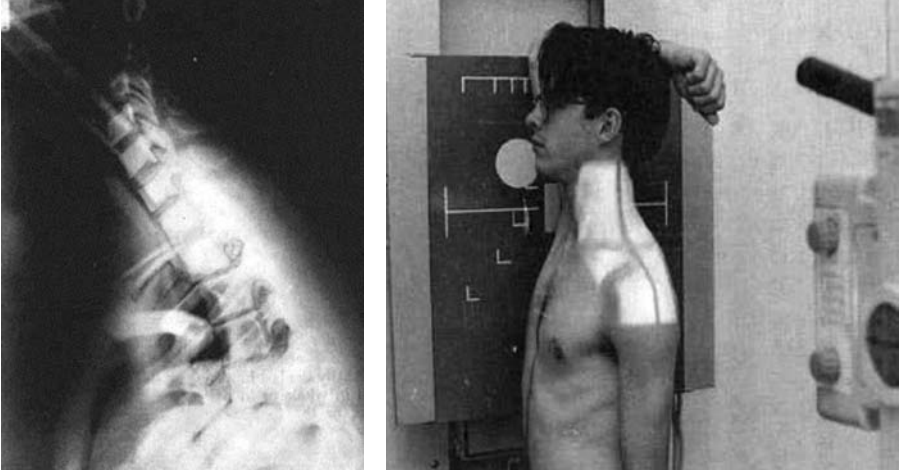
Rotasyonal hareket olmamalı ve intervertebral disk aralıkları açık olmalıdır. Üst torasik vertebralar omuzdan dolayı görülemeyebilir, bu durumda **yüzücü pozisyonu** ile üst torasik vertebraları görmek mümkün olabilir ⁽¹⁾ (Şekil-7).



Şekil-7. Üst torasik omurların değerlendirilmesi

Servikotorasik Lateral Grafi

Hasta ayakta lateral pozisyonunda olmalıdır. Filme yakın tarafta kol tam abduksiyona getirilir ve omuz kaldırılırken diğer omuz indirilir. Kaset 2. torakal vertebrayı ortalayacak şekilde konulur ve ışın dik verilir (Şekil-8).



Şekil-8. a) Servikotorasik grafi ve b) pozisyon

LOMBER BÖLGE

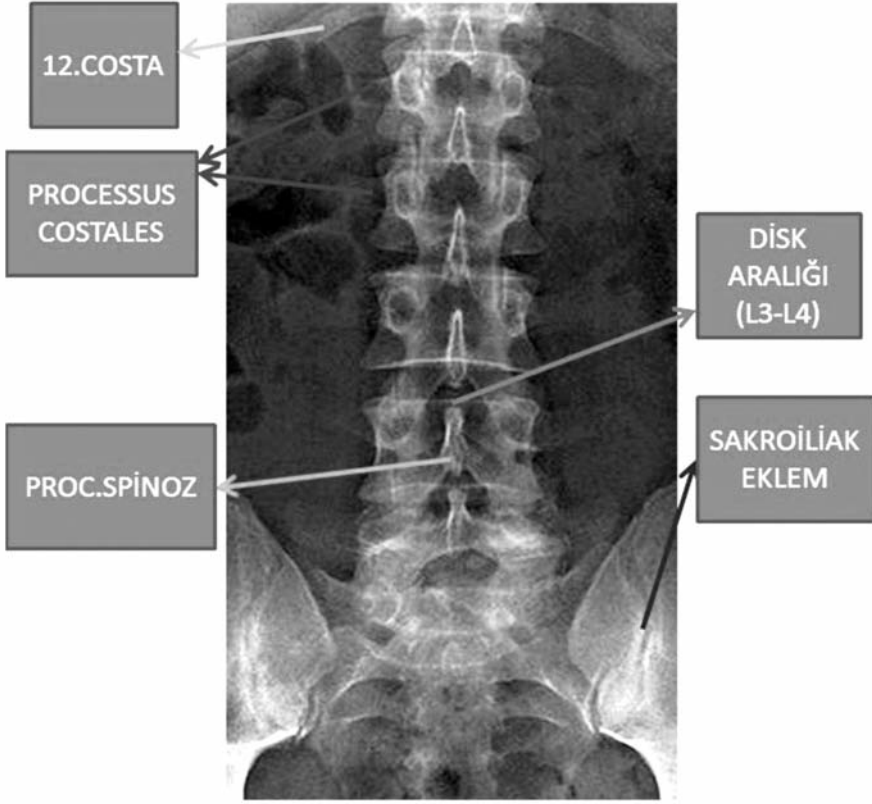
Lomber bölgenin patoloji ve deformitelerinde tanı klinik ve radyolojik değerlendirme ile yapılır. Radyolojik olarak;

- Lomber direkt grafiler-fleksiyon-ekstansiyon radyografiler
- Lomber spinal bilgisayarlı tomografi
- Lomber spinal miyelogram
- Lomber spinal MRG, kullanılmaktadır.

Tanı koymak için radyografik yöntemler önemli olmakla birlikte disk ve diğer ligamentöz yapılardaki değişikliklerin ortaya konulabilmesi için ek incelemelere gereksinim duyulur ⁽⁴⁾.

Anterior-Posterior Direk Grafiler

Radyolojik değerlendirme ayakta yapılmalıdır. Yatar pozisyonda vertebralar arasında kayma yokken, ayakta çekilen filmlerde kayma görülebilir. Ayakta fleksiyon ve ekstansiyon grafileri kaymanın dinamik olarak değerlendirmesini sağlar. Eğer hastaya supin pozisyonda grafi çekilecek ise bacaklara fleksiyon yaptırılır. Krista iliakaların orta noktası grafinin odak noktasıdır. Dik açı verilir (Şekil-9).



Şekil-9. Lomber AP grafisi

İyi bir anterior posterior lomber grafide lumbosakral vertebralara, disk mesafeleri, sakroiliak eklem, psoas gölgesi ve 12. kotlar değerlendirilmelidir.

Lateral ve Oblik Grafiler

Bu amaçla 30 x40, 35 x 43 kaset kullanılır. Vertebra cisminin yanı sıra faset eklemler, prosesus artikularisler ve disk aralıkları net izlenir. Lateral lomber grafide birinci lomber vertebranın üst kenarına ve birinci sakral vertebranın üst kenarına paralel birer çizgi çizilir. Bu paralel çizgilerin her birinden çıkan dik çizgilerin kesişmesiyle oluşan açı lomber lordozu belirlemek için önemlidir. Ortalama lomber lordoz açısı 50 ila 60 derece arasındadır. Beşinci lomber vertebranın alt kenarını kullanmanın, sakral pozisyonun etkilerini elimine ettiğini düşünen araştırmacılarda vardır (Şekil-10).



Şekil-10. Lomber yan grafi

Lomber oblik grafide kosta alt sınırı ile midklavikular çizginin kesiştiği nokta filme dik olacak şekilde odaklanmalıdır ve gonadlar korunmalıdır. 30 x40, 35 x 43 kaset kullanılır.

Lomber oblik grafi özellikle pars interartikularis defektlerini göstermek için tercih edilir. Bu da özellikle alt lomber bölgede oluşan spondilolistezis olgularında değerlidir. Bu oblik grafide İskoç Köpeği (Scottie dog) görüntüsü tarif edilmiştir (Şekil-11).

Postür analizinde Cureton ve Clark metodunda aşağıdaki değerlendirmeler yapılmaktadır:

- Vücut tipi
- Vücut dengesi
- Vücut kısımlarının düzeni,
- Kas kısalığı testleri
- Bacak uzunluğu ölçümü



Şekil-11. a) Lomber oblik grafi ve b) faset eklemlerin ve parsın oluşturduğu İskoç köpeği

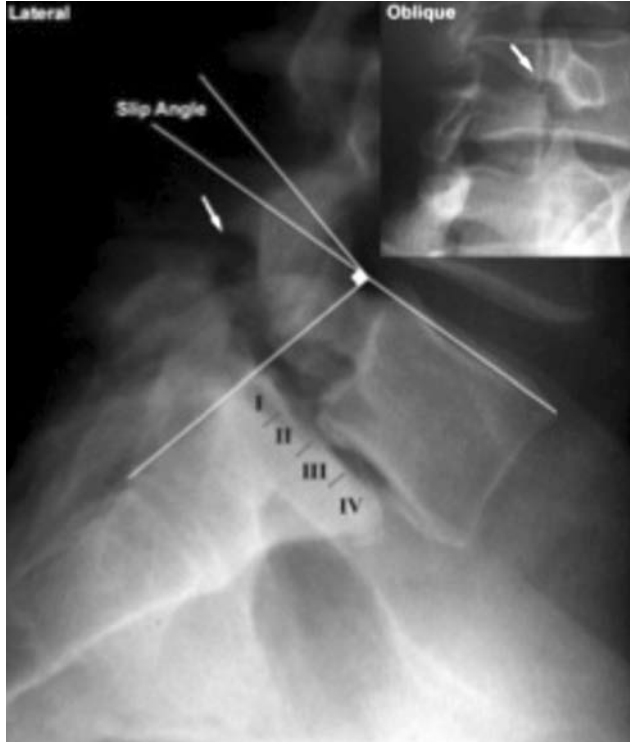
Bu nedenle ayakta çekilen direk grafiler postür analizinde oldukça önemlidir. Lomber grafiler birçok omurga hastalığının tanı ve evrelemesinde önemlidir. Özellikle omurga deformitelerinde kapsamlı bir değerlendirme için 90 x 35 cm film kaseti kullanılır ve çekim 2 metre mesafeden yapılır. İdeal olarak ayakta çekim önerilmektedir ama ayakta duramayan olgularda desteksiz oturur pozisyonda da çekim yapılabilir.

Ön-arka grafilerde eğrilik tipi, omurga dengesi ve iskelet gelişimi değerlendirilirken, yan grafilerde sagittal plan deformiteleri değerlendirilir.

Spondilolisteziste prognozun ve tedavi şeklinin belirlenmesinde radyolojik yöntemler oldukça değerlidir. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır:

Meyerding:

Kayma derecesine göre yapılan bir değerlendirmedir. Eklem yüzünün % 25'inden daha az kayma 1. derece, % 25-50 arası 2. derece, % 50-75 arası 3. derece, % 75-100 arası olması halinde 4. derece ve % 100'ün üstünde 5.derece olarak değerlendirilir (Şekil-12).



Şekil-12. Meyerding sınıflaması

Meschan:

Kaymış vertebranın alt ve üstündeki vertebra cisimlerinin arka köşelerini birleştiren çizgi ile, kaymış vertebra cisminin arka kenarından geçen çizginin birbirlerine uzaklığı 3mm'den fazla ise spondilolistezis olarak kabul edilir. İki çizgi arasındaki açı 10° 'den az ise hafif kayma, 11° - 20° arası orta kayma, 20° 'den fazla ise ciddi kayma olarak kabul edilir.

Marique ve Taillard (Kayma Oranı):

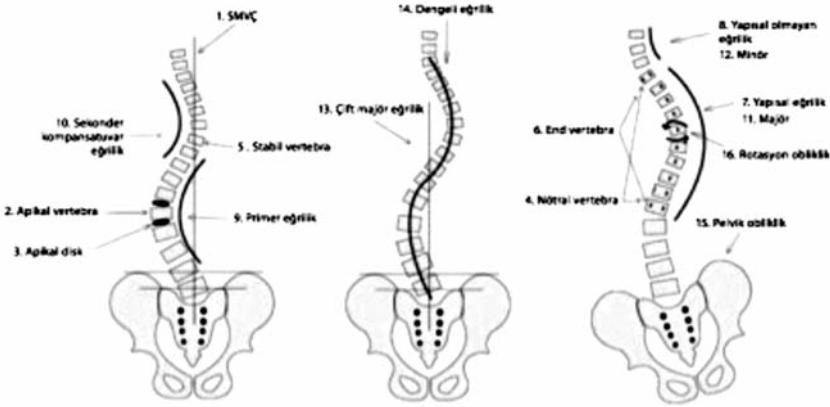
Birinci sakral vertebranın üst eklem yüzünün ön-arka uzunluğu (A), birinci sakral vertebra cisminin arka köşesi ile kayan vertebranın distal eklem yüzünün arka köşesi arasındaki uzaklık (B) belirlenir ve kayma oranı/100=B/ A formülü ile yüzde olarak kayma oranı bulunur.

Kayma Açısı:

Lumbosakral açı da denir, L5 ile S1 arasındaki açısal ilişkinin değerlendirmesidir. Beşinci lomber vertebranın üst eklem yüzü ile birinci sakral vertebranın distal eklem yüzü arasındaki açıdır. Kayma arttıkça bu açı genişler.

Roussouly ve ark. normal popülasyonla karşılaştırdığında spondilolizis ve düşük evre spondilolistezis olgularında pelvik insidans ve lomber lordoz artışı ile birlikte L5-S1 arasında segmental olarak daha az ekstansiyon olduğunu rapor etmişlerdir ⁽⁸⁾.

Skolyoz, bir diğer sık karşılaşılan ve tanı ve evrelemesinde direk grafinin çok değerli olduğu omurga deformitesidir (Şekil-13).



Şekil-13. Cobb metodu

Her iki yana eğilme grafileri ile omurganın esnekliği değerlendirilerek füzyon seviyeleri hakkında cerrahi plan yapılır (Şekil-14).

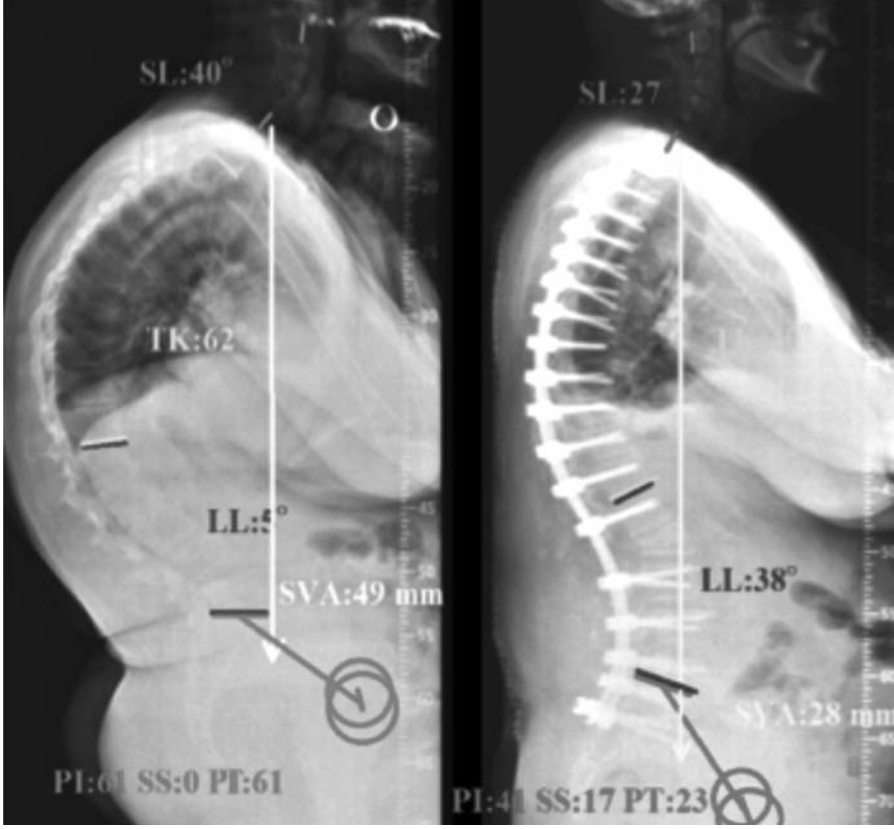
Eğriliğin konkav tarafında azalmış intervertebral aralıklar dardır. Bu aralıkların genişlemeye başladığı aralılara uç vertebra denir. Üst uç vertebranın üst kenarından ve alt uç vertebranın alt kenarından çizilen paralel doğruların kesişimi ile oluşan açıya Cobb açısı denir ⁽⁶⁾. Bu açı çok zaman radyografi dışında kaldığından, pratikte yukarıdaki çizgilerden uzatılan dikmeler arasındaki açı kullanılır. Eğriliğin altında ya da üstündeki ikincil ya da kompansektuar eğriliklerde alt veya üst paralel çizgi aynen kullanılarak yeniden ölçüm yapılmalıdır.



Şekil-14. Eğilme grafileri

Sagittal planda yan grafide, torakal bölge için T4 ile T12 arası, lomber bölge için L1 ile L5, torakolomber kavşak içinde T11 ve L2 arası Cobb yöntemi ile ölçülür. Kifoza pozitif (+), lordoz açılı negatif (-) olarak tanımlanır. Cerrahi öncesi ve sonrası sagittal denge planlamasında yine ayakta direkt grafi rutin başvurular tetkiklerdir⁽⁹⁾ (Şekil-15).

Sonuç olarak; C7 parametrelerinin spinal dengede önemli olduğunu, gravite hattının tüm denge üzerinde etkili olduğunu, sakral eğim açısının lomber lordozu etkilediğini ve sagittal dengenin değerlendirilmesinde spinosakral açının (SS) önemli parametre olduğunu akılda tutmalıyız. Omurganın biyomekaniği ve dengesinden söz edebilmemiz için postür analizlerinin doğru ve dikkatli incelemeler ile detaylı yapılması şarttır.



Şekil-15. Spinopelvik parametreler

KAYNAKLAR

- 1- Atıcı Y, Balioğlu MB, Albayrak A, Kargın D, Atıcı A, Akman YE. Omurganın sagittal denge plan analizi. *JTSS* 2014; 25(2): 149-154.
- 2- Jackson RP, Peterson MD, McManus AÇ, Hales C. Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. *Spine* 1998; 23(16): 1750-1767.
- 3- Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, Marty C: Pelvic incidence: A fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 1998; 7(2): 99-103.
- 4- 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* 2003; 28: S199-207.

- 5- Mac-Thiong JM, Labelle H, Roussouly P. Pediatric sagittal alignment. *Eur Spine J* 2011; 20 Suppl 5: 586-590.
- 6- Oğuz E, Ekinci Ş, Erşen Ö. Ergen idiopatik skolyozda radyolojik değerlendirme ve sınıflama sistemlerinin incelenmesi. *TOTBID Dergisi* 2013; 12(1): 73-82.
- 7- Özer AF, Kaner T. Omurgada sagittal denge. *Türk Nöroşirürji Dergisi* 2013; 23(2): 13-18.
- 8- Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Labelle H, Weidenbaum M: Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-S1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis. *Spine* 2006; 31(21): 2484-2490.
- 9- Schwab F, Lafage V, Shaffrey C. Pre-operative pelvic parameters must be considered to achieve adequate sagittal balance after lumbar osteotomy. IMAST 2009. Vienna, Austria.
- 10- 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* 2010 ; 35 : 2224 – 31.
- 11- Şimşek S, Kazancı B. Dejeneratif spondilolistezis. *Türkiye Klinikleri J Neurosurg-Special Topics* 2015; 5(3): 115-119.

7. Omurganın Sagittal Plan Analizinde Üç Boyutlu (3-D) Değerlendirme: EOS Sistemi

Birnur YILMAZ, Sadık Ahmet UYANIK, Halime ÇEVİK

GİRİŞ

1992 yılında Georges Charpak, orantısız multikablo odacık sistemi ve gazlı dedektörü bularak, x-ray dedektör partikül saptama alanındaki bu buluşu sebebiyle, Nobel Fizik ödülünü almıştır. Çoğunlukla kullanılan modern partikül saptama methodu elementer partiküllerdeki çarpışma sonrası, atomlardan saçılan elektron sayısını ölçme şeklindedir (iyonizasyon ölçümü). Eğer iyonizasyon özel bir gazlı karışım içerisinde gerçekleşirse, x-ray fotonları, gaz atomlarından elektronlar şeklinde ayrılır. Bu elektronların sayısı, fotonların kinetik enerjisi ile orantılıdır. Serbestleşen elektronlar, elektronik bir alanda hızlandırılarak, başka gaz atomlarına çarptırılır ve böylece saptanabilen ek elektronların ayrışması sağlanır. Bu da saptanabilir elektron sayısını artırır. Bu çığ etkisi ile oluşan elektron demeti, çok sayıda ince birbiri ardına geçirilmiş kablo

sisteminde elektrik akımına sebep olur. Bu komplike grid sistemi, elektronların toplanması için gerekli olan uniform elektrik alanını sağlayan tipik orantısal kablo odacığı, sadece partiküllerin sayılmasında değil, partiküllerin hangi yörüngede dönüş yaptığınıda gösterme kapasitesine sahip olur. Bu yeni x-ray saptama methodu, tek foton seviyesi kadar, yüksek sensitivitesine rağmen, saçılan radyasyondan etkilenmez. Bu özellik; düşük x-ray ekspozurunu belirgin azaltırken, elde edilen x-ray görüntülerinin yüksek kalitede olmasını sağlayan, yeni bir radyodiagnostik cihazının geliştirilmesine fırsat tanımıştır^(1-3,14).

EOS TEKNOLOJİSİ

Bu yeni teknoloji, daha geniş dinamik aralıkta daha yüksek kalitede görüntü elde edilmesine imkan tanımıştır. Geleneksel x-ray görüntüleri, sadece birkaç yüz gri tonlamaya sahipken, bu yöntem sayesinde 30 ile 50.000 gri tonlamalı görüntüler elde edilebilmektedir. Elde edilen görüntüler daha yüksek kontrast ve keskinliğe sahiptir. Bu teknik ile görüntü piksel çözünürlüğü 254 mikrometreye çıkartılmıştır.

Dijital görüntü işleme sayesinde, Bilgisayarlı Tomografiye (BT) benzer şekilde, farklı pencerelerde görüntüleri değerlendirme olanağı sağlanmıştır. Bu yeni teknolojiyi sağlayan cihaz, iki çift birbiri ile bağlantılı 45 cm. genişliğinde frontal ve lateral pozisyonlarda birbirine dik olacak şekilde konumlandırılmış, lineer radyasyon kaynağı ve dedektör sistemini içermektedir. EOS 2D /3D adı verilen bu x-ray görüntüleme cihazı ile, iki çift x-ray tüpü ve dedektörünün senkronize vertikal hareketi sırasında, biplanar ve devamlı görüntüler elde edilir. Bu vertikal hareket sırasında 170 cm. uzunluğunda ve 45 cm. genişliğindeki bir alanda 10 ile 25 sn. içerisinde yüksek kaliteli ve yüksek kontrastlı anterio-posterior (AP) ve lateral x-ray görüntüler elde edilir. Makinadaki bu birbirine dik pozisyonlu iki çift radyasyon kaynağı ve dedektör sistemi, görüntülerin spasiyal olarak kalibrasyonlu şekilde elde edilebilmesine; özellikle vertebra, pelvis ve diğer iskelet sistemi bölgelerinde 3 boyutlu rekonstrüksiyona olanak sağlar.

Bu rekonstrüksiyon prosedürü, normal insan iskeletinin sanal ve jenerik rekonstrüksiyonuna dayanır. Sanal 3 boyutlu iskeletteki

kemiklerin 3 boyutlu şekilleri, kemik yüzeydeki belli noktalarda, 3 boyutlu koordinatlamaya göre belirlenir. Şeklin kompleksliğine göre ilgilenilen kemiklerin 3 boyutlu izdüşümünün oluşturulması için gereken nokta sayısı 400 ile 9.000 arasında değişir. Kemiğin kesin şeklinin belirlenmesi için minimal gereksinim olan referans noktalarının sayısı homotetik transformasyon, paralel benzerlik kuralı ve kompleks istatistiksel yöntemlerle belirgin azaltılabilir. Bu referans noktaları ile 3 boyutlu BT modelleri ve istatistiksel sınırlamayla, element modellerinden teorik 3 boyutlu modeller yaratılır.

Referans noktaları, 1628 farklı veritabanı ölçümü ve 96 farklı omurganın 3 boyutlu incelenmesiyle oluşturulan omurga modeli, en kompleks modellerden biridir. AP ve lateral x-ray görüntülerinin eş zamanlı kayıda alınmasıyla elde olunan görsel bilgi, referans noktalarının belirlenmesine olanak tanır (örneğin femur başının geometrik merkezi). Bazı referans noktaları hem AP, hem lateral x-ray görüntülerde izlenebilir ve spesifik anatomik referanslarla eşleştirilir. Diğer referans noktaları ise tek anatomik referans ile eşleştirilir. Bu durumda sadece bir görüntüleme planında görünen, diğerinde görünmez. Bu nedenle kesin lokalizasyon, objenin spasiyal oryantasyonuna bağlı kalır. Referans noktalarının yanısıra kemik kontür, jenerik 3D model ile görüntülenebilir ve sanal modelin her iki x-ray görüntülemeye izdüşümü yapılabilir. Radyolojik kontür ve sanal kemik kontürünün birbiri ile 3D'de örtüşmesi gerekli değildir. Sanal model kendi referans noktaları ve kontürlerini; non-linear deformasyonlar, translasyonlar ve rotasyonlarla, radyolojik veya sanal kemik kontürleri örtüşene kadar ve sanal kemik modellenen kemiğe en uygun hale gelene dek modifiye edilir^(4,5,7).

EOS'UN KAS İSKELET SİSTEMİ GÖRÜNTÜLEMESİNDE KULLANIMI

EOS'un sağladığı 3D rekonstrüksiyonun çeşitli kemiklerde kullanımı (vertebra, femur, tibia) öncelikle kurutulmuş anatomik preparatlar ile in vitro, daha sonrada in vivo geçerlilik kazanmıştır.

Ekstremitelerde 1 mm, omurgada 2 mm'lik kesit kalınlığı ile BT imajlarda 3D volümetrik rekonstrüksiyonlar oluşturulmuştur. Ardından 3D yüzey rekonstrüksiyon ile aynı hastalar ve aynı anatomik modeller EOS ile görüntülenerek, iki methodun sonuçları karşılaştırılmıştır. Vakaların % 95'inde ortalama fark 2,4 mm., maksimum deviasyon 0,9 mm. çıkmıştır. İn vivo ölçümlerde major skolyotik kıvrımlar ve gonartrozdaki tutarsızlık, 1,5 mm.'nin altında çıkmıştır.

Sonuçlar; kurutulmuş anatomik örneklerin 3D BT rekonstrüksiyonlarından direkt ölçümlerle, karşılaştırılabilir düzeyde bulunmuştur. EOS 3D ve BT 3D rekonstrüksiyon görüntülerinin karşılaştırıldığı çalışmalar, bulguların ve ölçümlerin eşit doğrulukta olduğunu ve EOS'un bunu düşük radyasyon dozuyla yaptığını göstermiştir.

Çeşitli organların tüm vücut EOS 3D yüzey konstrüksiyonu ile aldığı doz, BT 3D konstrüksiyon için aldığı dozdan 800-1000 kat daha azdır. İyonizan radyasyonun iyi bilinen biyolojik zararlı etkileri göz önüne alındığında EOS kullanımının, özellikle pediatrik ortopedik pratikte kullanım avantajı açıktır ⁽⁶⁾.

EOS' un günlük rutin çalışma sırasında en önemli avantajı ise 10-25 sn. süren tek bir incelemede, ek işleme gerekmeden, tüm vücudu yüksek diyagnostik kalitede x-ray görüntüleyebilmesidir. Konvansiyonel x-ray radyografi ile, aynı sonuçları elde edebilmek için multipl ekspozur ve görüntü işlenmesi gerekmektedir. Bu uzun inceleme vakti, iş gücü kaybı ve inceleme başına daha yüksek radyasyon dozu ile sonuçlanmaktadır. Belirgin yüksek dedektör sensitivitesi ve diffüz saçılan radyasyondan etkilenmemesi sebebi ile, incelenen vücut bölgesinden bağımsız olarak, görüntü kalitesi dramatik olarak artmıştır.

Bir diğer avantajı ise elde edilen imajların, objeleri birebir gerçek boyutu ile göstermesidir. Böylece konvansiyonel röntgende istenmeyen magnifikasyon ve distorsiyonlar; çift kolimasyonlu x ışını demetinin çizgisel dedeksiyonu ve post-proçesingi ile elimine edilmiş olur. İsteğe bağlı gri skala tonlama değişiklikleri ile, görüntülerin optimizasyonu ve işlenmesi, tekrar çekim yapılmadan sağlanır.

EOS'UN ORTOPEDİK CERRAHİDE KULLANIMI

Sistem DICOM uyumludur, elde edilen görüntüler standart radyoloji sistemlerinde kayıt altına alınır ve ileride dijital iş istasyonunda 3D rekonstrüksiyon için kullanılabilir. Ayrıca iskelet sisteminin ayaktaki pozisyonunda, vizuel ve kantitatif parametrik analizi ile, yüzeysel 3D rekonstrüksiyon yapılabilmektedir. EOS ile spinal geometrinin çeşitli planlarda 3D rekonstrüksiyonu, horizontal planda tepeden görüntülenebilmesi, ortopedik cerrahide, özellikle omurga cerrahisinde devrim yaratmıştır.

EOS günümüzde eklemlerin komşu diğer eklemlerle veya tüm iskelet ile ilişkisini 3D olarak görüntüleyip, analiz edebilen tek radyodiagnostik cihazdır. Bir kapalı kinetik zincirdeki tüm elemanların eş zamanlı incelenmesi mümkündür. Fizyolojik yük altında bir eklemdaki yapıların, ayrı ayrı pozisyonu ve oryantasyonunda analiz edilebilir. EOS 3D; tüm iskeletin veya bir parçasının, horizontal planda tepeden görüntü verme seçeneği ile özgün bir opsiyon sunmaktadır. Ancak bu şekilde iskelet sistemindeki sorun kesin olarak ortaya konabilmektedir.

EOS'taki 2 boyutlu ve 3 boyutlu imajlar birebir boyutta ve volümde rekonstrükte edildiği için, ekstremitelerin uzunluğu ve açıları, spinal vertebral kolonun rotasyonu ve torsiyonu, kifoz ve lordoz gibi omurga deformitelerindeki fizyolojik spinal kıvrılmalar ve bununla ilişkili tüm ortopedik klinik parametreler otomatik olarak hesaplanmış ve kaydedilmiş olur. Tüm iskelet sisteminin horizontal plandaki rotasyonel özellikleri tepeden görüntülenerek, değerlendirilmiş olur.

Tüm vücudun iki boyutlu radyografileri, hastanın ayaktaki postüründe, çok düşük dozlarda alınabilmektedir. EOS, iskelet sistemi hastalıklarının 3 boyutlu karakteristiklerine tekrar fokuslanılmasına dikkat çekmiş olup, özellikle horizontal plan görüntüleme patolojik değişikliklerin değerlendirmesine olanak sağlamıştır⁽⁹⁻¹³⁾.

EOS'UN SPİNOPELVİK PARAMATRELERİNİN VE OMURGANIN SAGİTTAL DENGESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE YERİ VE ÖNEMİ

Anormal pelvik pozisyonlara bağlı uzunluk farklılıkları ve benzer şekilde omuz pozisyonel ve rotasyonel asimetrieride, sebep olan ve altta yatan durumlarla birlikte saptanabilir. Vücut postüründeki yaşam boyu 3 boyutlu denge değişiklikleri, örneğin yaşlılarda ölçülebilir ve monitorize edilebilir. Ayrıca ortopedik cerrahi sonrası ve konservatif tedavi sonrası sonuçların takibi ve 3 boyutlu görüntülenmeside yapılabilir. EOS sistemi erişkinlerde ve çocuklarda, tüm iskelet sistemini veya bir parçasını etkileyen hastalıkların 3 boyutlu değerlendirilmesiyle yeni bir çağ açmıştır.

Postür bozukluklarının değerlendirilmesinde; fonksiyonel olarak bir bütün olan vertebral kolon, pelvis ve femurun birbiri ile olan ilişkisi, ayakta ve oturur pozisyonda EOS ile kesintisiz şekilde değerlendirilebilir. EOS, lumbo-pelvik kemik markerlarla yapılan postural varyasyonların değerlendirilmesinde, konvansiyonel radyografiden ve altın standart kabul edilen BT'den, elde edilen parametreleri daha hassas ölçerek, hastalıkların daha iyi anlaşılmasına ve tedavi planının hasta bazlı olarak daha iyi yapılmasına olanak sağlar.

Sagittal planda, ayakta ve oturur pozisyonda anterior pelvik plan açısı, pelvik kayma açısı ve sakral eğim açısı ölçülerek, pelvisin fonksiyonel oryantasyonu görüntülenebilmektedir. Örneğin, oturur ve ayakta pozisyonda sakral eğim açısının değerlendirilmesi, kalça protezi ameliyatlarında yol gösterici olmaktadır. Ayrıca olgulardaki morfolojik farklılıklar bazı hastalıkların daha sık gelişimine sebep olmaktadır. EOS görüntüleme; hastalığın prognozunda öngörü sunmakta, tanı ve tedavi yaklaşımına yön vermektedir ⁽⁸⁾.

SONUÇ

EOS görüntüleme ile; omurga biyomekaniği hakkında daha doğru bilgiler elde edilmektedir. Anatomik yapıları 3 boyutlu olarak görme olanağımız bulunmaktadır. EOS otururken, ayakta veya öne eğilirken

çekilebilmektedir. Bu fonksiyonel yaklaşım, instabil vertebraları görüntülemek açısından daha doğru bilgi vermektedir. Aynı anda tüm vertebral kolon görüntülenerek, sagittal denge bozukluğu yapan patolojiler daha iyi değerlendirilmektedir. EOS teknolojisi, özellikle çocuk yaş grubunda; doğumsal ve herediter hastalıkların gözden kaçırılmamasında ve çok daha iyi değerlendirilmesinde, bizlere fırsat sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1- Charpak G. La detection des particules. *Recherche* 1981; 128: 1384-1396.
- 2- Charpak G. Electronic imaging of ionizing radiation with limited avalanches in gases. *Rev Mod Phys* 1993; 6: 591-598.
- 3- Després P, Beaudoin G, Gravel P. Evaluation of a fullscale gas microstrip detector for low-dose X-ray imaging. *Nucl Instr Meth Phys Res A* 2005; 536: 52-60.
- 4- Dubousset J, Charpak G, Dorion I. Le system EOS nouvelle imagerie osteo-articulaire basse dose en position debout. *E-mémoire de l'Académie National de Chirurgie* 2005; 4: 22-27.
- 5- Dubousset J, Charpak G, Dorion I. A new 2D and 3D imaging approach to musculoskeletal physiology and pathology with low-dose radiation and the standing position: the EOS system. *Bull Acad Natl Med* 2005; 189: 287-297.
- 6- Illes T, Somoskeöy S. The EOS™ imaging system and its uses in daily orthopaedic practice. *Int Orthop* 2012; 36: 1325-1331.
- 7- Kalifa G, Charpak G, Maccia C. Evaluation of a new low-dose digital x-ray device: first dosimetric and clinical result in children. *Pediatr Radiol* 1998; 28:557-561.
- 8- Lazennec JY, Brusson A, Rousseau MA. Hip-spine relations and sagittal balance clinical consequences. *Eur Spine J.* 20 (Suppl 5):686-698.
- 9- Le Bras A, Laporte S, Mitton D. 3D detailed reconstruction of vertebrae with low dose digital stereoradiography. *Stud Health Technol Inform* 2002; 91: 286-290.
- 10- Le Bras A, Laporte S, Mitton D. A biplanar reconstruction method based on 2D and 3D contours: application to the distal femur. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2003 6: 1-6.
- 11- Mitton D, Landry C, Véron S. A 3D reconstruction method from biplanar radiography using non-stereo corresponding points and elastic deformable meshes. *Med Biol Eng Comput* 2000; 38:133-139.

- 12- Mitulescu A, Semaan I, De Guise JA. Validation of the non-stereo corresponding points stereoradiographic 3D reconstruction technique. *Med Biol Eng Comput* 2001;39:152-158.
- 13- Than P, Szuper K, Somoskeöy S. Geometrical values of the normal and arthritic hip and knee detected with the EOS imaging system. *Int Orthop* 2011; 1403-1407.
- 14- The Nobel Prize in Physics (1992) Nobelprize.org. The official web site of the Nobel Prize.http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1992/index.html. Accessed December 19, 2011.

8. EOS™ Görüntüleme Sisteminin Klinik Kullanımı

Uygur ER, Doğa GÜRKANLAR

GİRİŞ

EOS sistemi, ayakta ve fizyolojik yüklenme altında tüm vücudu tarayan bir slot tarafından eş zamanlı, iki planlı ve düşük doz X ışınlarının yakalanmasına dayanan bir görüntüleme sistemidir ⁽⁶⁾. Düşük radyasyon dozu, üzerinde yapılan ölçümlerin doğruya en yakın sonuçları vermesi ve tüm omurgayı aynı anda görüntüleyebilme olanağı EOS sistemini sık kullanılan sistemlere göre üstün kılmaktadır.

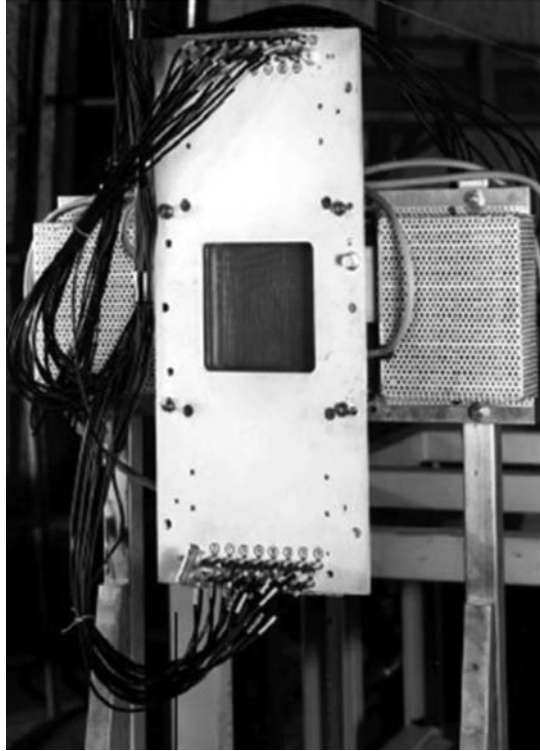
Bu yeni X ışını algılama sistemi Georges Charpak'ın parçacık algılama alanında yaptığı çalışmalar sonucu geliştirilmiştir ⁽¹⁾. Charpak, bu çalışmaları ile 1992 yılında Nobel fizik ödülü almıştır ⁽⁷⁾.

TEKNİK ÖZELLİKLER

EOS X ışını algılama sistemi tek bir fotonu bile algılayacak kadar duyarlı bir sistem olup, radyasyon saçılımından da etkilenmez. Bu özelliği iki avantajı bir arada sunmaktadır. Hastanın X ışınına maruz kalması azalırken, görüntü kalitesi yükselmektedir. Bu fizik ilkeye göre geliştirilmiş görüntüleme cihazı sıradan X ışını görüntüleme cihazlarının yaklaşık birkaç yüz gri tondan oluşan dinamik skalalarına göre 30-50 000 gri tonlama aralığı verebilmektedir ⁽¹⁾. Bu özelliği yanında keskinlik ve kontrast oranı da artmaktadır. Piksel çözünürlüğü ise 254 μ m sınırına kadar artabilmektedir ⁽⁴⁾.

ÇALIŞMA İLKELERİ

Sistemin 3 çalışma ilkesi vardır. İlki "Charpak's Xenon multiwire proportional chamber" isimli bir işleme ünitesinin eklenmesidir ⁽²⁾ (Şekil-1).



Şekil-1. Charpak ünitesi: Charpak'ın multiwire proportional odası adı verilen ünite ve görüntüleme cihazına eklenmesi.

Ünite radyografisi alınan objeden çıkan ışınlarla distal detektör arasına yerleştirilir. Bu detektöre düşen ikincil ışınların yeterli görüntü oluşturması için düşük doz radyasyonun kullanılabilmesi anlamına gelmektedir. İkinci ilke ortogonal düzenlenmiş X ışını tüpü-detektör çiftidir. Bu düzenek lateral ve anteroposterior görüntülerin eş zamanlı alınıp işlenmesini sağlar. Üçüncü ilke ise Laboratory of Biomechanics of the French École Nationale des Arts et Métiers (ENSAM, Paris) tarafından hazırlanmış bir yazılımdır. Frontal ve lateral 2 boyutlu verilerden keskin 3 boyutlu rekonstrüksiyon sağlayan bir özgün yazılımdır.

Sistem ilk kez 2002 yılında Fransa'da Paris'te bulunan The Academic Hospital Saint-Vincent de Paul'de çocuk skolyozlu hastalarda kullanılmıştır⁽⁵⁾.

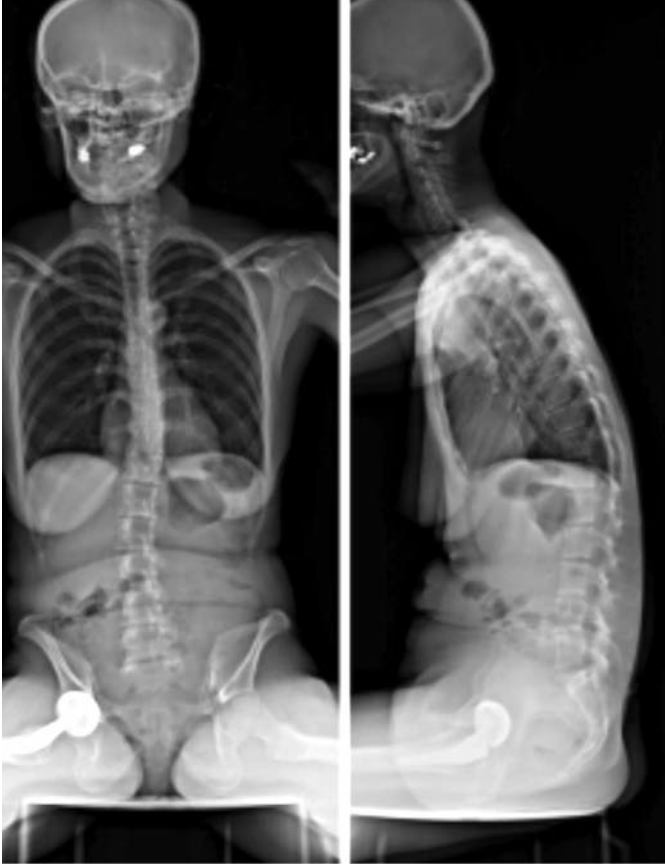
SİSTEMİN SAĞLADIĞI ÇÖZÜMLER

Reformat görüntüler sayesinde her bir vertebranın aksiyal planda pozisyonunu görme, Charpak odası sayesinde düşük doz radyasyona maruz kalma, sıradan yöntemlere göre bu doz azalması 1/10 ile 1/1000 arasında değişmektedir. Bu oldukça iyi bir sonuçtur. Cilde gelen radyasyon dozu ise 6-9 kat azalmaktadır⁽³⁾. Tek kasete tüm vertebral kolon ve hatta tüm iskelet sistemi alınabilmektedir (Şekil-2).



Şekil-2. EOS sistem ile alınmış tüm iskelet sistemi lateral görüntüsü.

Görüntü kalitesi ve keskinliği sayesinde vertebral kolon ölçümleri doğruya en yakın şekilde yapılabilir. Oturur pozisyonda görüntü almaya olanak tanınmaktadır (Şekil-3).



Şekil-3. EOS sistem ile oturur pozisyonda alınmış görüntü.

SONUÇ

EOS sistem 3 boyutlu görüntüleme ve buna bağlı cerrahi planlamada yeni bir dönem açmıştır. Alışılmış sisteme göre çok düşük dozda görüntü elde edilmesi ise hastalar ve teknisyenler için önemli bir koruyucu faktördür.

KAYNAKLAR

- 1- Charpak G. Electronic imaging of ionizing radiation with limited avalanches in gases. *Rev Mod Phys* 1993;6:591-598.
- 2- Charpak G. Prospects for the use in medicine of new detectors of ionizing radiation. *Bull Acad Natl Med* 1996; 180: 161-168.
- 3- Deschenes S, Charron G, Beaudoin G. Diagnostic imaging of spinal deformities: reducing patients radiation dose with a new slot-scanning X-ray imager. *Spine* 2010;35:989-94.
- 4- Després P, Beaudoin G, Gravel P ve ark. Evaluation of a fullscale gas microstrip detector for low-dose X-ray imaging. *Nucl Instr Meth Phys Res A* 2005; 536: 52-60.
- 5- Dubousset J, Charpak G, Skalli W, et al. Système E.O.S la radiographie de la tête aux pieds face et profil simultanés à très basses doses de radiations: un nouveau regard pour l'orthopédie. Compte rendu annuel de réunion de la SOFCOT . *Rev Chir Orthop* 2007; 93: 141-143.
- 6- Illes T, Someskeöy S. The EOS™ imaging system and its uses in daily orthopedic practice. *Int Orthop (SICOT)* 2012; 36: 1325-1331.
- 7- The Nobel Prize in Physics (1992) Nobelprize.org. The official web site of the Nobel Prize. http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1992/index.html. Accessed Jan 31, 2017.

IV. BÖLÜM

OMURGA DENGESİNİ ANALİZ ETMEK İÇİN KULLANILAN PARAMETRELER

9. Pelvik Parametreler ve Yaşa Bağlı Değişen Ölçümleri

Burak AKASEN

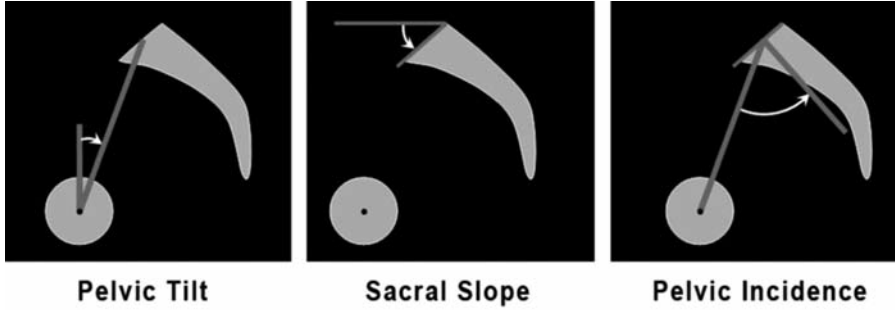
İnsan (Homosapiens) iki ayak üzerinde durması ve postürünü koruyabilmesi için dört ayaklılardan ("C" şeklinde omurga) farklı omurganın sagittal düzlemde servikal, lomber lordoz ve torakal kifoz olarak tanımlanan 3 eğriliğe ihtiyacı vardır. Ayakta pozisyonda omurganın dengesini ve sağ kalımında en kilit rol pelvisindir. "Pelvik vertebra" gövdenin alt ekstremitayla bağlantısıdır⁽²⁾. Pelvik vertebra aracılığıyla üst torakolomber yükün alt ekstremitayeye transferi gerçekleşir. Bu yük geçişini pelvis, sakral vertebralar üzerinden gerçekleştirir. Normal spinal anatomide orta hat çizgisi, sakrum ortasından ve symphysis pubisten geçer. Omurganın sagittal dengesinin durumu karmaşıktır. Bu karmaşıklığı açık hale getirebilmek için belli parametreler kullanılır.

PELVİK PARAMETRELER

Pelvik vertebranın sagittal alanda değerlendirilebilmesi için 3 açılabilir ölçüm vardır. Pelvik tilt (PT), sakral slop (SS) ve pelvik insidans (PI).

Pelvik tilt, sakral plato ile femur başı merkezini birleştiren çizgi ile femur başı aksı arasında kalan açıdır. Bu açı genel olarak dengeleyici mekanizma olarak tanımlanır. PT öne doğru hafif inklinasyonu bulunmaktadır. Yaş ilerledikçe omurganın öne doğru eğilmesiyle (kifozun artması ya da lordozun azalması) dikey durumda posturun ekonomik olarak korunmasını sağlar. PT arttığı durumlarda, sakral platonun yatay düzleme yaklaştığında, asetabulum femur başının arka yüzünde örtümü arttığından; kalça protezi yapılırken bu duruma dikkat edilmelidir aksi takdirde öne çıkık riski vardır.

Pelvik insidans, sakral platoya dik çizilen hat ile sakral platonun orta hattından femur başını birleştiren çizgi arasında kalan açıdır. Sakral slop ise sakral plato ile sakral posterior superior köşesinden çizilen yatay çizgi arasındaki kalan açıdır (Şekil-1).



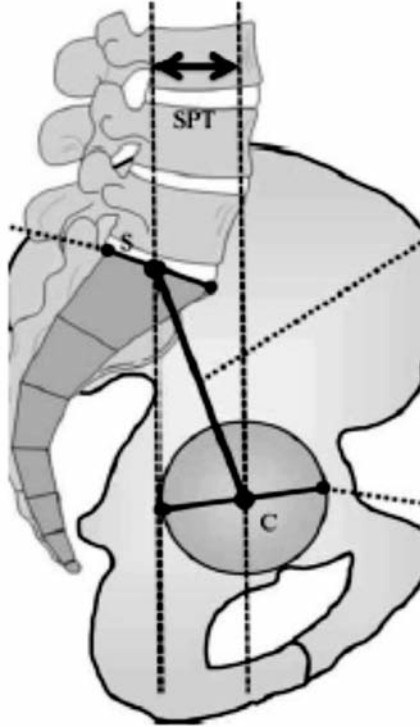
Şekil-1. Pelvik parametrelerin ölçümleri

Geometrik olarak tamamlandığında PI , PT ve SS 'un toplamına eşittir. SS azaldığında ya da arttığında PT tersi olarak PI sabit değerde kalır. Bu parametreler yaşla birlikte değişkenlik gösterir ⁽⁵⁾ (Tablo-1).

Radyografik artefakt ve bozulmanın fazla olduğu durumlarda PI ile eşdeğer sayılan “**Sagittal Pelvik Genişlik**” (SPG) ölçülür. SPG , sakral platonun orta hattından geçen vertikal çizgi ile femur başı orta noktasından geçen vertikal çizgi arasında kalan yatay uzaklıktır. PI ile arasında negatif ilişki vardır ve anatomik ve radyolojik olarak karşılaştırıldığında PI daha güvenilir sonuç vermektedir ⁽¹⁾. SPT omurga, pelvis, sakroiliak eklem ve kalça çevresindeki kasları değerlendirmede daha iyi bir ölçümdür (Şekil-2).

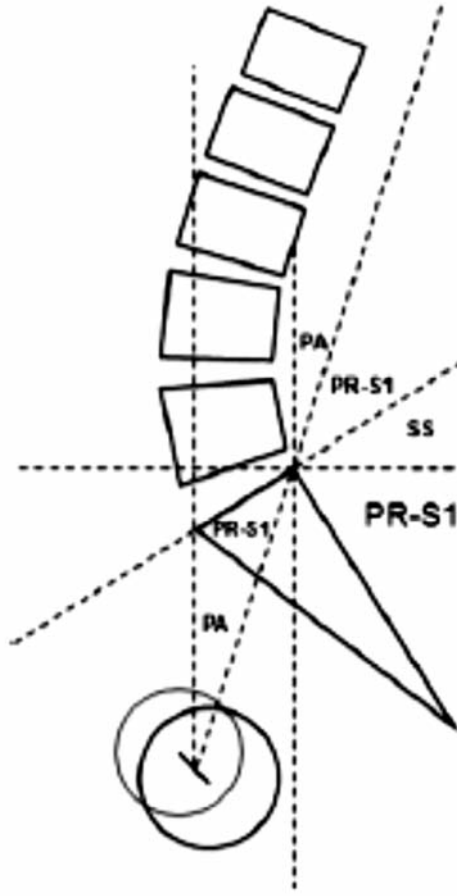
Tablo-1. Yetişkin Populasyonda Pelvik Parametrelerin Normal Değerleri ⁽⁵⁾

Yaş Grubu (Yıl)	Pelvik İns. (°)	Pelvik Tilt (°)	Sakral Slop (°)
21-40	52±10	13±7	39±9
41-60	53±8	14±6	40±7
>60	51±9	16±9	36±9



Şekil-2. Sagittal Pelvik Genişlik

Lomber lordozun esas belirleyici SS olup literatürde buna ek olarak “**Pelvik Radius**” tanımlanmıştır. S1’in arka köşesini femur başı merkezine birleştiren çizgi ile merkezden çizilen vertikal çizgi arasında kalan açıdır. Lomber lordoz ile güçlü bir ilişki var iken global sagittal balansın değerlendirilmesinde yetersizdir. Bundan dolayı yeni parametreler ile birlikte kullanılmalıdır (Şekil-3).



Şekil-3. Pelvik Radius

Pelvik insidans yaşa bağlı değişken olarak değil yaş grupları arasında değişkenlik göstermektedir. Yürümenin başlaması ve ayakta pozisyona geçilmesinden itibaren Pİ artma eğilimi göstermektedir ⁽³⁾. On yaşa kadar Pİ değişkenlik göstermezken, adölesan çağda artış görülmüştür. Büyümenin yavaşladığı hattı durduğu yetişkinlik döneminde ise Pİ'nin değişmediği gözlenmiştir ⁽⁴⁾.

KAYNAKLAR

- 1- Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, Benaim C, Mitulescu A, Marty C, Prat-Pradal D, Legaye J, Duval-Beaupère G, Pe'lissier J. Anatomical reliability of two fundamental radiological and clinical pelvic parameters: incidence and thickness. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2005; 15: 197-204.
- 2- Dubousset J, Charpak G, Dorion I, Skalli W, Lavaste F, Deguise J, Kalifa G, Ferey S. Le système EOS. Nouvelle imagerie osteo-articulaire basse dose en position debout. *Mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie* 2005; 4: 22-27.
- 3- Jackson RP, Phipps T, Hales C, Surber J. Pelvic lordosis and alignment in spondylolisthesis. *Spine* 2003; 28: 151-160.
- 4- Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR II, Betz RR, Labelle H. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine* 2004; 29: 1642-1647.
- 5- Schwab F, Lafage V, Patel A, Farcy J.P. Sagittal plane considerations and pelvis in the adult patient. *Spine* 2009; 34 (17): 1828-1833.

10. Omurga Dengesini Değerlendirmek için Kullanılan Değişkenler: Omurgaya ait Değişkenler

Uygur ER

İnsan iki ayağı üzerinde uzun süre zorlanmadan yani en az enerji harcayacak şekilde durabilen ve hareketlerini sürdürebilen tek vertebralıdır ⁽¹⁰⁾. İnsan bunu sagittal planda omurgasının genel anlamda “düzenine” borçludur. Bu düzen temel olarak bazı omurga eğrilikleri ile sağlanır ve ayaktaki insanın en az enerji harcayacağı konumda bulunması sonucunu doğurur. Yakın geçmişteki bazı çalışmalar özellikle bir internal sabitleme planlanan dejeneratif omurga hastalıklarında Sagittal dengenin göz önünde bulundurulmasını ve analiz edilmesini desteklemiştir ⁽⁶⁻⁹⁾.

Sagittal denge söz konusu olduğunda baş ve servikal omurganın birbirlerine göre konumları, servikal eğrilikler ve denge ölçütleri, torakal eğrilikler ve denge ölçütleri, lomber eğrilikler ve denge ölçütleri ile spino-pelvik ilişki ele alınmalıdır. Bu bölümün konusu servikal, torakal ve lomber eğrilik ve denge ölçütleri yani sagittal dengenin omurgaya bağlı kısmıdır. Spino-pelvik ve serviko-sefalik ilişkiler ve denge unsurları başka bölümlerde ele alınacaktır.

GLOBAL SAGİTTAL DENGE

Normal bir toplulukta standart bir sagittal denge yoktur ⁽⁵⁾. Yer çekimi kuvvet vektörü etrafında en ekonomik postür o kişinin ideal sagittal dengesini belirler. Yine de toplulukların ortalama değerleri göz önüne alınarak bazı ölçme yöntemleri geliştirilmiştir.

Global dengeyi değerlendirmek için ayakta çekilen tüm omurga grafisi gereklidir. Grafi çekilirken tam horizontal bakışı sağlamak için hasta bir aynaya baktırılır, bu emin bir yoldur. Bu şekilde çekilen grafi üzerinde birçok ölçüm yöntemi tanımlanmış ve zaman içinde kullanılmışlardır. Ancak geçerliliği onaylanmış iki ölçüt vardır. Bunlar düz mesafe ölçümü yerine açı ve oran şeklindedir.

Spino-sakral açı (SSA). C7 geometrik merkezini sakrum platosu orta noktasına birleştiren doğru parçası ile sakrum platosundan geçen doğru arasındaki açıdır (Şekil -1). Normal toplulukta bu açı $135\pm 8^\circ$ olarak bildirilmiştir ⁽¹³⁾.



Şekil-1. Spino-sakral açı. Ayakta çekilmiş grafide değerlendirilir.

C7 çekül hattı (C7PL)/sakro-femoral hat uzaklık oranı (C7/SFD), (Şekil- 2). Bu oran eğer C7PL sakrum arka köşesinden geçiyorsa 0, bikokso-femoral hat ile çakışiyorsa 1, bu köşenin posterioruna düşüyorsa -, anterioruna düşüyorsa + değer alır ve normal toplulukta 0.9 ± 1 olarak bildirilmiştir ⁽¹⁾.

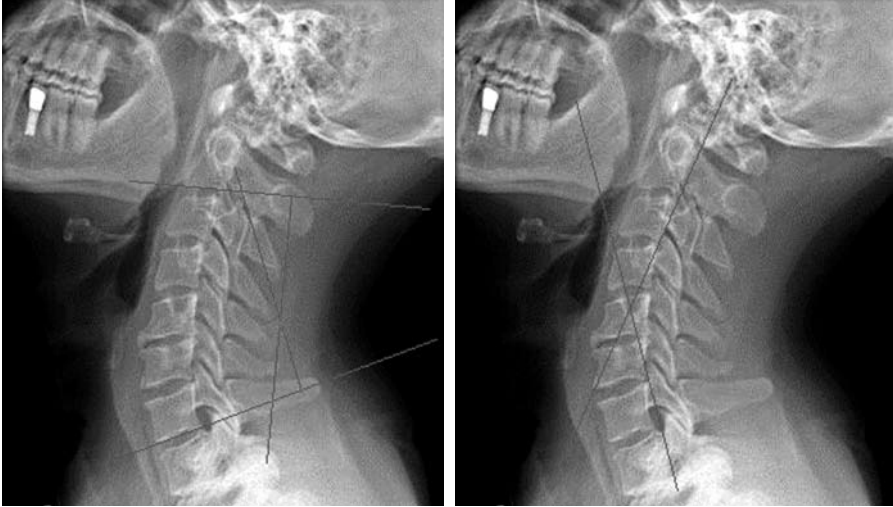


Şekil-2. C7PL/SFD oranı.

SERVİKAL OMURGAYA AİT DEĞİŞKENLER

Oksipito-servikal ve genel olarak kranio-servikal ölçüm teknikleri bu bölümün kapsamı dışındadır. Burada sadece tamamen servikal bölgeye ait sagittal denge ölçümleri ele alınacaktır. Servikal bölge eğriliği C1-2 ve C3-7 arası olarak iki kısımda incelenebilir.

- i. Servikal lordoz açısı. Servikal lordozu ölçmek için Cobb ve tanjant yöntemleri kullanılır. Cobb yönteminde C2 alt uç plağından geçen hat ile C7 alt uç plağından geçen hatlar arası açı ölçülür (Şekil -3a); tanjant yönteminde ise C2 korpus posteriorundan geçen hat ile C7 korpus posteriorundan geçen hat arası açı kullanılır (Şekil- 3b). Normal toplulukta önemli bir miktar düz boyun ve hatta servikal kifozla karşılaşıldığı için bu değer normalini verebilmek zordur. Ancak sadece servikal lordozu olan kişiler ele alınırsa ortalama 26° olduğu söylenebilir. Tüm topluluk ele alındığında ise asemptomatik kifoz ve düz boyunlar olduğu için ortalama 4° civarına inecektir.



Şekil-3. Cobb yöntemi (a) ve tanjant yöntemi (b) ile servikal lordoz ölçümü.

- ii. Servikal sagittal vertikal aks (cSVA). Global sagittal vertikal aks analogu olarak ortaya atılmış bir kavramdır. C2 çekül hattı ile C7 posterior köşesi arası mesafe olarak tanımlanır ⁽⁴⁾ (Şekil -4).
- iii. C7 eğimi (C7S). C7 alt uç plağından geçen hatla horizontal hat arası açı. Normal toplulukta ortalama değeri $19.64 \pm 8.76^\circ$ olarak bildirilmiştir ⁽¹⁰⁾.
- iv. C2 tilti (C2T). C2 alt uç plağından geçen hattın orta noktasını C7 sentroidine birleştiren hat ile C7 sentroidinden geçen hat arasındaki açı (Şekil-5). Normal toplulukta ortalama değeri $10.48 \pm 6.93^\circ$ olarak bildirilmiştir ⁽¹⁰⁾.



Şekil-4. cSVA ölçümü.



Şekil-5. C7 Eğimi (kırmızı) ve C2 tilti (yeşil).

- v. Spinal tilt (ST). C7 sentroidini sakral plak orta noktasına birleştiren hat ile horizontal hat arasındaki açı (Şekil -6). Normal değeri erişkin toplulukta ortalama olarak $90.8 \pm 3.4^\circ$ dir ⁽¹¹⁾.



Şekil-6. Spinal tilt.

TORAKAL OMURGAYA AİT DEĞİŞKENLER

Omurganın torakal bölümünde global sagittal dengeyi ilgilendiren en önemli ölçütün kifoza açısı olduğu düşünülse de aslında bu ölçüt büyük ölçüde lomber lordoz ile desteklendiği sürece sagittal denge için sorun oluşturmamaktadır. Yine de intrinsek bir ölçüt olarak önemlidir.

- i. Torakal kifoza açısı (TKA). Bu açı grafilerde görülebilen en proksimal torakal vertebra üst uç plağı hattı ile T12 alt uç plağı hattı arasında Cobb yöntemi ile ölçülür ve normal toplulukta ortalaması 42° civarındadır. Bu değerden $\pm 8^\circ$ sapma normal aralıkta kabul edilir (Şekil -7).



Şekil-7. Cobb yöntemi ile Torakal kifoz ölçümü.

- ii. Proksimal torakal eğim (PTS veya T1S). T1 veya görülebilen en üst torakal vertebranın üst uç plağı ile horizontal düzlem arası açıdır. Normal toplulukta 25° civarı olup, $\pm 6^{\circ}$ normal aralıkta kabul edilir ⁽³⁾(Şekil -8).



Şekil-8. T1S veya proksimal torakal eğim açısı.

- iii. Proksimal torakal tilt (PTT). Görülebilen en proksimal torakal vertebra üst uç plağı orta noktası ile bikokso-femoral noktayı birleştiren hattın vertikal hat ile olan açısıdır. Bu açı normal toplulukta 4.5° civarındadır.
- iv. Torakal apikal tilt (TAT). Bu açı ise apikal torakal vertebra sentroidini bikokso-femoral nokta ile birleştiren hattın vertikal hat ile olan açısı olup, normal topluluktaki ortalama değeri 10° civarındadır (Şekil -9).



Şekil-9. Proksimal torasik tilt (PTT), Torakal apikal tilt (TAT) ve ölçümleri. Kırmızı hatlar PTT, yeşil hatlar TAT ölçümlerini göstermektedir.

- v. Omurganın vertikal aksı (SVA). Bu ölçüm bikokso-femoral noktadan görülebilir en üst torakal vertebra ve apikal torakal vertebraların sentroidlerini birleştiren hatlar arası açıdır. Normal toplulukta değeri 7° civarındır ⁽³⁾ (Şekil -10).



Şekil-10. Omurga vertikal aksı SVA ölçümünü göstermektedir.

LOMBER OMURGAYA AİT DEĞİŞKENLER

Omurganın lomber bölgesi gerek pelvisi bir taban olarak kullanıp, onun üzerinde bir dayanak bulup yükselmesinden, gerekse de insanların bipedal olmasının temel nedeni olan lordoza sahip olmasından dolayı omurganın sagittal dengesine en çok katkıda bulunan bölgedir. Bu bölge için sayısız intrinsek sagittal denge ölçütü geliştirilmiştir. Bu bölümde sadece değerliliği onanmış olan ölçütler ele alınmıştır.

- i. Lomber lordoz (LL). En önemli intrinsek lomber omurga ölçütüdür. Bazı yazarlar T12 alt uç plağı, bazı yazarlar ise L1 üst uç plağı ile sakral plak arası açı olarak tanımlarlar. Cobb yöntemi ile ölçüm yapılır. T1 üst uç plağı kullanıldığında ortalama değeri normal erişkin toplulukta $53 \pm 16^\circ$ dir (Şekil -11).



Şekil-11. Cobb metodu ile LL ölçümü.

- ii. TK/LL oranı. Bu oran erişkin toplulukta $0.81 \pm 0.99'$ dur ⁽³⁾.
- iii. LL İndeksi. LLI, LL değerinin pelvik insidansa (PI) oranlanmasıyla bulunur. Oldukça sabit bir değerdir. Spinal dizilim bozukluğu ile kuvvetli körele olduğu bildirilmiştir ⁽²⁾.
- iv. Sakral eğim (SS). Sakral plak ile horizontal düzlem arası açıdır. Normal erişkinlerin ortalaması $39.6 \pm 7.9^\circ$ dir (Şekil -12).



Şekil-12. SS ölçümü.

v. SS/PI. Oldukça sabit bir orandır, yaşla azalır. Normal erişkin toplulukta ortalama değeri $0.76 \pm 0.11^\circ$ dir.

vi. Pelvik tilt (PT)/SS. Bu oran da sabit bir orandır, diğerinin tersine yaş ilerledikçe artar. Normal erişkinlerin ortalaması $0.35 \pm 0.21^\circ$ dir ⁽¹²⁾.

Omurganın sagittal dengesini göz önünde bulundururken bu bölümde anlatılan "intrensek" omurga ölçütleri yanında pelvik ölçütlerin de beraber dikkate alınması gerekmektedir. Bu ölçütler kitapta başka bir bölümün konusunu oluşturduğundan bu bölümde ele alınmamıştır.

KAYNAKLAR

- 1- Barrey C, Roussouly P, Le Huec JC, D'Acunzi G, Perrin G. Compensatory mechanism contributing to keep the sagittal balance of the spine. *Eur Spine J* 2013; 22(Suppl 6): S834-841.
- 2- Boissiere L, Bourghli A, Vital JM, Gille O, Obeid I. The lumbar lordosis index: a new ratio to detect spinaş malalignment with a therapeutic impact for sagittal balance correction decisions in adult scoliosis surgery. *Eur Spine J* 2013; 22: 1339-1345.
- 3- Deinlein D, Bhandarkar A, Vernon P, McGwin G, Wall K, Reece B, Mckay J, Theiss S. Correlation of pelvic and spinal parameters in adult deformity patients with neutral sagittal balance. *Spinal Deformity* 2013; 1: 458-463.
- 4- Diebo BG, Varghese JJ, Lafage R, Schwab FJ, Lafage L. Sagittal alignment of the spine: What do you need to know? *Clin Neurol Neurosurg* 2015; 139: 295-301.
- 5- Duval-Beaupere G, Legaye J. Composante sagittale de la statique rachidienne. *Rev Rheum* 2004; 71: 105-119.
- 6- Izumi Y, Kumano K. Analysis of Sagittal lumbar alignment before and after posterior instrumentation: risk factor for adjacent unfused segment. *Eur J Orthop Surg Traum* 2001; 1: 9-13.
- 7- Kumar MN, Baklanov A, Chopin D. Correlation between Sagittal plane changes and adjacent segment degeneration following lumbar spine fusion. *Eur Spine J* 2001;10:314-319.
- 8- Lamartina C, Berjano P, Petruzzi M. Criteria to restore the Sagittal balance in deformity and degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J* 2012; 21(Suppl): 27-31.
- 9- Lazannec JY, Ramare S, Arafati N. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relation between radiological parameters and pain. *Eur Spine J* 2000; 9: 47-55.

- 10- Le Huec JC, Domezon H, Aunoble S. Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: normative values from a prospective cohort of asymptomatic volunteers. *Eur Spine J* 2015; 24: 63-71.
- 11- Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, Guigui P. Sagittal parameters of global spinal balance. Normative values from a prospective cohort of seven hundred nine caucasian asymptomatic adults. *Spine* 2010; 35(22): 1193-1198.
- 12- Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, Guigui P. Age- and sex-related variations in sagittal sacropelvic morphology and balance in asymptomatic adults. *Eur Spine J* 2011; 20 (Suppl.-5): 572-577.
- 13- Roussouly P, Gollogly S, Nosedo O, Berthonnaud E, Dimnet J. The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumbline: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers. *Spine* 2006; 31: 320-325.

11. Omurga ve Pelvis Şekli Arasındaki Korelasyon: Semptomatik Olmayan Popülasyonda Sagittal Omurga Konturları

Deniz KARGIN, Akif ALBAYRAK

GİRİŞ

Omurganın sagittal planda ki konturu; fetal dönemden erişkin yaşa kadar değişkenlik gösteren bir gelişim içindedir. Erişkin döneme ulaştığında, çocukluk çağının büyütülmüş hali olarak değerlendirilmez⁽¹⁾.

Yine ayakta dururken omurga ve pelvis denge halindedir. Bu denge sayesinde enerji tüketimi minimize edilmiş olur. Karşılıklı eğrilikler olan servikal lordoz, torakal kifoz ve lomber lordoz spinal kolona binen yükün emilmesinde de etkilidir. Bu eğriliklerden özellikle lomber lordoz dik duruşun sağlanmasında etkilidir⁽²⁾. Buna bağlı olaraktır ki bazı otörler yetersiz lomber lordozla sonuçlanan enstrumentasyondan sonra görülen düz bel (flat-back) deformitesini bu mekanizmayla açıklamaktadır^(3,4).

Anatomik olarak bakıldığında sagittal dizilim, vertebra ve disklerin üst üste gelmesiyle oluşur. Normal semptomatik olmayan sağlıklı kişilerde lomber lordoz L1 üst son plaktan geçen çizgiye dik olarak çizilen çizgi ile, sakral üst son plaktan geçen çizgiye dik olarak çizilen çizgi arasında kalan açı olarak tanımlanır. Normal lomber lordoz L3-L4 mesafesi tepe noktası olarak kabul edildiğinde 40-70 derece arasındadır ^(5,6).

Lomber lordoz açısı incelendiğinde, L1-L2 segmentinin lomber lordoza katılımının % 3, L2-L3 segmentinin %12, L3-L4 segmentinin % 18, L4- L5 segmentinin % 27 ve L5-S1 segmentinin ise % 48 olduğu bulunmuştur. Buradan çıkan sonuç, lomber lordozun büyük ölçüde alt iki segment tarafından karşılandığıdır ⁽⁷⁾.

Torakal kifoz ise; T4 üst son plaktan geçen çizgiye dik olarak çizilen çizgi ile T12 alt son plaktan geçen çizgiye dik olarak çizilen çizgiler arasında kalan açıdır. T7 tepe noktası olarak kabul edildiğinde yapılan ölçümlerde, torakal kifoz açısı ortalama 20° - 50° aralığında tespit edilmiştir ⁽⁵⁾ (Şekil-1).

Servikal lordoz; C4 tepe noktası olarak kabul edilerek yapılan değerlendirmede servikal lordoz açısı 25° - 50° dir.



Şekil-1. Normal lomber lordoz ve Torakal kifoz ölçümleri

GLOBAL DENGE ANALİZİ: C7 “PLUMB LİNE”, SVA, SSA ve DİĞER PARAMETRELER:

Bir önceki bölüm de değinilen bölgesel spinal eğrilikler değerlendirilerek global omurga dengesi ölçümlenebilir. Bu ölçümlerin sağlıklı yapılabilmesi için doğru şekilde ve dozda çekilmiş AP ve Lateral ortoröntgenogramlar kullanılır. Horton ve arkadaşlarının tarif ettiği lateral 36° grafisi ile omurga da ki anahtar noktaları daha iyi gösterdiklerini bildirmişlerdir. Buna göre dirsekler full fleksiyonda, eller rahat bir yumruk şeklinde sıkılı, el bileği fleksiyonda ve PİP eklemler supraklavikular fossa üzerine koyularak sağlıklı bir çekim elde edilebilir ⁽⁸⁾.

Sagittal Vertikal Aks; Global denge analizini değerlendirmek için çeşitli parametreler tarif edilmiştir ⁽⁹⁾. Bu parametrelerden en sık kullanılanı sagittal vertikal aks (SVA) dir. Tanım olarak; C7 korpusu ortasından yere dik olarak çizilen hattın, sakrumun posterior-süperior köşesine olan uzaklığı olarak tanımlanır (Şekil-2).



Şekil-2. SVA- Plumblıne gösterilmiştir.

Şakül hattı veya standart sagittal denge, denge halindeki bir omurgada C7 omurundan teğet geçen vertikal hattın sakral platonun arka noktasından aşağı uzanmasıdır ⁽⁷⁾.

SRS'e göre bu uzaklık adolesan hastalar için ± 2 cm olarak kabul edilmiştir ⁽¹⁰⁾. Bu değerlendirmeye göre anterior yönde daha fazla dengesizlik pozitif imbalans, posterior yönde daha fazla dengesizlik ise negatif imbalans olarak değerlendirilir. Normal aralıklardaki değerler ise normal balans olarak değerlendirilir. Adult hastalar için bu sınır 5 cm'e kadar normal kabul edilmektedir ⁽¹¹⁾.

Yine yapılan çalışmalardan da biliyoruz ki SVA yaşla birlikte artış göstermektedir ⁽¹²⁾.

SVA'nın tahmin edilebileceği gibi büyük bir limitasyonu olduğundan söz edilmiştir. Şöyle ki patolojik olan bir omurga pelvis ve dizlerden gelişen kompenzatuvar değişikliklerle tamamen denge de görülebilir. Bu nedenle SVA sadece torakolomber omurganın pozisyonunu ölçer ⁽¹³⁾.

Çene Alın Açısı; Sagittal dengenin değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer parametre Çene-Alın açısı (Chin-Brow açısı)'dır. Çene ve alını birleştiren hattın dikeyle yaptığı açıdır. Normal de 0 dereceye yakın olmalıdır. Kifotik olgularda bu açı artar ⁽¹⁴⁾.

Kifoz tilt açısı (Kifoz eğimi); global kifozu değerlendirmede kullanılır. Vertikal aks ile C7-en alt kifotik vertebra cismi ortasını birleştiren çizgi arasında kalan açıdır (Şekil-3).

En alt kifotik vertebra L5 olur ise spinal tilte eşdeğer olur. Tanımlanan bu her iki açı posturaldir ve alt ekstremitte pozisyonu ile değişecektir ⁽¹⁵⁾.

Spino Sakral Açı (SSA); C7 omurganın korpusunun ortasından sakrum ortasına inen çizgi ile sakral son plağa paralel çizilen çizgi arasında oluşan açıdır. Normal toplumda bu açının değeri $135^\circ \pm 8'$ dir ve sakral slobla ilişkilidir ⁽¹⁶⁾.



Şekil-3. Kifoz tilt açısı.

KAYNAKLAR

- 1- Cil A, Yazici M, Uzumcuğil A, Kandemir U, Alanay A, Alanay Y, Acaroğlu E, Surat A. The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine* 2005; 30(1): 93-100.
- 2- Vialle, R., Levassor, N., Rillardon, L., Templier, A., Skalli, W., & Guigui, P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 2005; 87(2):260-267.
- 3- Lazennec JY, Ramare S, Arafati N, Laudet CG, Gorin M, Roger B, Hansen S, Saillant G, Maurs L, Trabelsi R. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain. *Eur Spine J.* 2000; 9:47-55.
- 4- Kumar MN, Baklanov A, Chopin D. Correlation between sagittal plane changes and adjacent segment degeneration following lumbar spine fusion. *Eur Spine J.* 2001; 10:314-9.
- 5- KarademiR M, Karavelioğlu E, Boyaci G, Eser O, Omurgada sagittal dengenin önemi ve spinopelvik parametreler, *The journal of Turkish spinal surgery*; 2014 25(2):139-148
- 6- Atici Y, Baliğu MB, Albayrak A, Kargin D, Atici A, Akman YE, Omurganın sagittal plan analizi, *The journal of Turkish spinal surgery*; 2014 25(2): 149-154

- 7- Özer Fahri A, Kaner T, Omurgada sagittal denge, Türk Nöroşirurji dergisi; 2013 23(2):13-18
- 8- Horton, W. C., Brown, C. W., Bridwell, K. H., Glassman, S. D., Suk, S. I. Cha, C. W. Is there an optimal patient stance for obtaining a lateral 36" radiograph?: a critical comparison of three techniques. *Spine* 2005; 30(4): 427-433.
- 9- Diebo, B. G., Varghese, J. J., Lafage, R., Schwab, F. J., Lafage, V. Sagittal alignment of the spine: What do you need to know?. *Clinical neurology and neurosurgery* 2015; 139:295-301.
- 10- Scoliosis Research Society. White paper on sagittal plane alignment
- 11- Rose PS, Bridwell KH, Lenke LG, Cronen GA, Mulconrey DS, Buchowski JM *et al.* Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy. *Spine* 2009;34:785-91.
- 12- Schwab F, MD, Lafage V, Patel A, Farcy J-P. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine* 2009; 17: 1828-33 □
- 13- Harding, I. J. Understanding sagittal balance with a clinical perspective. *European journal of physical and rehabilitation medicine* 2009;45(4):571-582.
- 14- Akdoğan M, Tüzüner MM. Fizyolojik sagittal plan. In: Üzümcügil O (Ed.). Omurganın Sagittal Plan Deformiteleri. 1st Ed, Türk Omurga Derneği Yayınları, Rekmay Yayınevi, Ankara 2016, pp:27.
- 15- Roussouly P, Colin N. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management.. *Eur Spine J* 2010; 19(11): 1824-1836.
- 16- Roussouly P, Le Huec J. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. *Eur Spine J* 2013; 22: 834-841.

12. Servikal Sagital Denge

Selçuk ÖZDOĞAN, Ali Haluk DÜZKALIR,
Serdar KAHRAMAN

Servikal omurganın şekli, torakal bölgenin kifozunu kompanze eden kama şeklinde lordozdur ⁽⁴⁾. Servikal bölge sadece kafanın yükünü taşımakla kalmaz, omurganın kalanından daha fazla hareket kabiliyetine sahiptir ve horizontal dengenin sağlanmasında önemlidir ⁽²⁰⁾. Servikal lordozun bozulması ile gelişen kifoz gibi patolojiler sonucu ağrı ve güç kaybına benzer nörolojik bulgular görülmektedir ^(1,5,8,17,22). Kompleks servikal patolojilerin yönetilmesinde servikal biyomekaniğinin anlaşılması ve normal değerlerine hâkim olunması büyük önem taşımaktadır; çünkü servikal operasyonlar ile servikal sagital denge parametrelerinin ne oranda düzeltilmesi gerektiği hakkında standart veriler yeterince açıklanamamıştır.

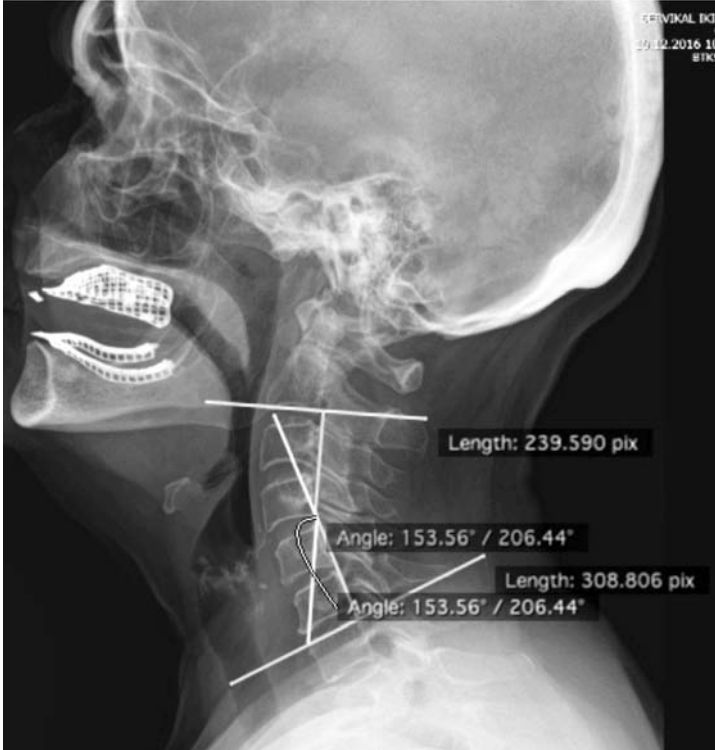
Servikal sagital denge parametrelerinde en sık kullanılan parametreler Cobb açısı, Jackson stres çizgileri, Harrison posterior tanjant çizgileri, yerçekim merkezi veya sagital verteks aksı için C₂ şakül hattı ve kaş-çene hattının vertikal açısıdır. Torasik giriş açısı, servikal tilt, boyun tilti ve kranial tilt ise servikal denge için literatürde tartışılan yeni parametrelerdir.

ÜÇ KOLON TEORİSİ

Louis tarafından 1985'te tarif edilen 3 kolon teorisine göre vertebra gövdesi ve disk yapısı ön kolonu, faset eklemler ise kalan iki kolonu oluşturmaktadır⁽¹⁶⁾. Kafanın ağırlığı kondillerden C₁ vertebra lateral kitlelerine oradan da C₁₋₂ eklemine iletilir⁽¹⁸⁾. Bu eklemden C₂ ön sütununa intervertebral diske ve eklemlere dağılarak alt bölgelere iletilir. Kolonlardaki yük dağılımı ön kolonda % 36 ve arka kolonda % 64 olarak hesaplanmıştır⁽¹⁸⁾.

COBB AÇISI

Cobb açısı C₁-C₇ veya C₂-C₇ arasından ölçülebilir. Dört çizgi metodu ile vertebra alt son plağı hizalayan çizgilere çizilen dik doğruların arasındaki açı olarak tanımlanır^(2,9). Bir başka metod ise bu son plak hizalarının arasındaki açının ölçümü olarak tanımlanır (Şekil-1).



Şekil-1. C₂₋₇ Cobb açısı (iç açı)

JACKSON FİZYOLOJİK STRES ÇİZGİLERİ

Jackson stres çizgileri C_2 ve C_7 arka duvarlarına paralel çizilen çizgilerin arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil-2)⁽¹¹⁾.



Şekil-2. Jackson stres çizgileri arası açı

HARRİSON POSTERİOR TANJANT METODU

Harrison posterior tanjant metodu C_2 ve C_7 arasındaki servikal vertebra arka duvarlar arkasına çizilen paralellerin arasındaki toplam açı olarak tanımlanır (Şekil-3)⁽⁹⁾.



Şekil-3. Harrison tanjant açıları

Sagital Vertikal Aks

Servikal omurganın sagital plandaki hareketi servikal vertikal aks ile ölçülür. C₂ vertebra korpus ortasından indirilen şakül hattı ile C₇ üst son plak arka köşesinden aşağı inen şakül hattı arasındaki mesafenin ölçümü olarak tanımlanır (Şekil-4)²⁰.



Şekil-4. Sagittal vertikal aks

KAŞ-ÇENE VERTİKAL HATTI (CVBA)

Kaş-çene çizgisinin horizontal düzleme dik çizgi ile arasındaki vertikal açı olarak tanımlanır (Şekil-5).

Bu ölçüm özellikle ciddi servikal kifotik deformitelerin takibinde yaşam kalitesinin geleceği hakkında bilgi edinebilmek amacı ile kullanılır ⁽²¹⁾. Açık ölçümü ayakta omuz ve dizlerinin dik durduğu boynun nötr pozisyonundaki grafilerden hesaplanır. Operasyon sonrası CVBA açısındaki düzelme, operasyonun başarılı olduğunun ve hastanın yaşam kalitesinin artacağına yönelik bir bulgu olarak değerlendirilmektedir ^(3,12,19,23).



Şekil-5. Kaş-çene vertikal açısı

TORASİK GİRİŞ AÇISI

Torasik giriş açısı T₁ üst son plak orta noktasına dik çizilen hat ile sternumun üst sınırından bu noktaya çizilen hat arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil-6) ⁽¹⁴⁾.



Şekil-6. Torasik giriş açısı

BOYUN TİLTİ VE T₁ SLOPE

Boyun tilti sternumun en üst noktasından yere dik çizilen hat ile aynı noktadan T₁ üst son plak orta noktasına çizilen hattın arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil-7)⁽¹⁴⁾.



Şekil-7. Boyun tilti

T₁ slope ise T₁ endplate hattı ile bu hattın yere paralel çizgi ile arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil-8).



Şekil-8. T₁ Slope açısı

Torasik inlet açısı, T_1 slope açısı ile boyun tilt açısının toplamına eşittir. Bu denklem benzer şekilde pelvik insidansın sakral slope ve pelvik tilt toplamına eşit olmasına benzemektedir.

SERVİKAL TİLT

Servikal tilt T_1 üst son plak orta noktasından densin tepe noktası ile birleştiren hat ile T_1 üst son plak orta noktasına doksan derece çizilen hat ile arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil-9) ⁽¹⁴⁾.



Şekil-9. Servikal tilt

KRANİYAL TİLT

Kranial tilt T_1 üst son plak orta noktasından densin tepe noktasına çizilen hat ile T_1 üst son plak orta noktasına yere dik çizilen hat arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil-10) ⁽¹⁴⁾.



Şekil-10. Kranial tilt

SERVİKAL LORDOZ AÇILARI (C_0) - (C_{0-2}) - (C_{2-7})

C_0 açısı Frankfurt hattı ile McRae çizgisi arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil-11).



Şekil-11. C_0 açısı

C_{0-2} açısı McRae çizgisi ile C_2 alt son plak arasındaki açının Cobb metodu ile ölçümüdür. C_{2-7} açısı ise C_2 posterior duvarı ile C_7 vertebra arasındaki açının Gore metodu ile hesaplanması ile tanımlanır⁽⁶⁾.

Servikal sagittal denge, yapılan füzyon, deformite düzeltme ve dejeneratif servikal patoloji operasyonlarının sonucunu etkileyebilmektedir^(7,10,13,15). Fakat literatürde çok az sayıda bu denge parametrelerinin normal değerlerini belirlemeye çalışmıştır.

Lee ve arkadaşları, bu konuda yapılmış en geniş araştırmayı raporlamışlardır⁽¹⁴⁾. Bu çalışmaya göre torasik inlet açısı ortalama değeri $69.5^\circ \pm 8.6^\circ$, T_1 slope $25.7^\circ \pm 6.4^\circ$, boyun tilti $43.7^\circ \pm 6.1^\circ$, C_{0-2} açısı $22.4^\circ \pm 8.5^\circ$ derece ve C_{2-7} açısı $9.9^\circ \pm 12.5^\circ$ olarak hesaplanmıştır. C_{0-2} açısı ve C_{2-7} açısı arasındaki oran ise % 77 ve % 23 olarak bulunmuştur. C_0 açısı $9.3^\circ \pm 7.3^\circ$, servikal tilt $18^\circ \pm 6.6^\circ$ ve kranial tilt $7.7^\circ \pm 5^\circ$ dir. Servikal tiltin kranial tilte oranı % 70.2 : % 29.8 olarak hesaplanmıştır.

Harrison ve arkadaşları, Cobb metodu ile Harrison tanjant metodunu karşılaştırmış ve Tanjant metodunu daha güvenilir olarak açıklamışlardır⁽⁹⁾. Hardacker ve arkadaşları, ortalama C_1-C_7 lordoz açısını -41.8° , C_7 sagittal vertikal aks ortalama değeri 15.6 mm olarak bulmuşlardır⁽⁸⁾. Gore ve arkadaşları, C_2-C_7 servikal lordoz açısı erkekler için 16° ve kadınlar için 15° raporlanmışlardır⁽⁵⁾.

KAYNAKLAR

- 1- Ames CP, Smith JS, Scheer JK, Bess S, Bederman SS, Deviren V. Impact of spinopelvic alignment on decision making in deformity surgery in adults. A review. *J Neurosurg Spine* 2012; 16:547-564.
- 2- Cobb JR. Outlines for the Study of Scoliosis. In: Edwards JW (Ed.). *Instructional Course Lecture*. Vol. 5, American Academy of Orthopedic Surgeons, Ann Arbor 1948; pp: 261-275.
- 3- Deviren V, Scheer JK, Ames CP. Technique of cervicothoracic junction pedicle subtraction osteotomy for cervical sagittal imbalance: report of 11 cases. Clinical article. *J Neurosurg Spine* 2011; 15:174-181.
- 4- Gay RE. The curve of the cervical spine: variations and significance. *J Manipulative Physiol Ther* 1993; 16:591-594.
- 5- Gore DR. Roentgenographic findings in the cervical spine in asymptomatic persons: a ten-year follow-up. *Spine* 2001; 26: 2463-2466.
- 6- Gore DR, Sepic SB, Gardner GM. Roentgenographic findings of the cervical spine in asymptomatic people. *Spine* 1986; 11: 521-524.
- 7- Gwinn DE, Iannotti C, Benzel EC. Effective lordosis: analysis of sagittal spinal canal alignment in cervical spondylotic myelopathy. *J Neurosurg Spine* 2009; 11: 667-672.
- 8- Hardacker JW, Shuford RF, Capicotto PN, Pryor PW. Radiographic standing cervical segmental alignment in adult volunteers without neck symptoms. *Spine* 1997; 22: 1472-1480.
- 9- Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, Troyanovich SJ, Janik TJ, Holland B. Cobb method or Harrison posterior tangent method: which to choose for lateral cervical radiographic analysis. *Spine* 2000; 25: 2072-2078.
- 10- Jackson RP, McManus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine* 1994; 19: 1611-1618.
- 11- Jackson R. *The Cervical Syndrome*. Charles C. Thomas, Springfield 1958.
- 12- Kim KT, Lee SH, Son ES, Kwack YH, Chun YS, Lee JH. Surgical treatment of "chin-on-pubis" deformity in a patient with ankylosing spondylitis: a case report of consecutive cervical, thoracic, and lumbar corrective osteotomies. *Spine* 2012; 37: E1017-E1021.
- 13- Lafage V, Schwab F, Skalli W, Hawkinson N, Gagey PM, Ondra S. Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters. *Spine* 2008; 33: 1572-1578.

- 14- Lee SH, Kim KT, Seo EM, Suk KS, Kwack YH, Son ES. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults. *J Spinal Disord Tech* 2012; 25: E41–E47.
- 15- Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 1998; 7: 99–103.
- 16- Louis R. Spinal stability as defined by the three-column spine concept. *Anat Clin* 1985; 7: 33–42.
- 17- McAviney J, Schulz D, Bock R, Harrison DE, Holland B. Determining the relationship between cervical lordosis and neck complaints. *J Manipulative Physiol Ther* 2005; 28: 187–193.
- 18- Pal GP, Sherk HH. The vertical stability of the cervical spine. *Spine* 1988; 13: 447–449.
- 19- Pigge RR, Scheerder FJ, Smit TH, Mullender MG, van Royen BJ. Effectiveness of preoperative planning in the restoration of balance and view in ankylosing spondylitis. *Neurosurg Focus* 2008; 24(1): E7.
- 20- 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. *J Neurosurg Spine* 2013; 19(2): 141-159.
- 21- Suk KS, Kim KT, Lee SH, Kim JM. Significance of chinbrow vertical angle in correction of kyphotic deformity of ankylosing spondylitis patients. *Spine* 2003; 28: 2001–2005.
- 22- Tang JA, Scheer JK, Smith JS, Deviren V, Bess S, Hart RA. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery. *Neurosurgery* 2012; 71: 662–669.
- 23- Wang Y, Zhang Y, Mao K, Zhang X, Wang Z, Zheng G. Transpedicular bivertebrae wedge osteotomy and discectomy in lumbar spine for severe ankylosing spondylitis. *J Spinal Disord Tech* 2010; 23: 186–191.

V. BÖLÜM YAŞLANMA SÜRECİ VE SAGİTTAL DENGE ÜZERİNE ETKİSİ

13. Yaşın Sagittal Denge Üzerine Etkileri

Kazım YİĞİTKANLI

GİRİŞ

Spinal biyomekanik çalışmalarının artmasıyla omurganın sagittal balansında değişik hastalık evreleri ve yaşın etkilerinin önemi daha da fazla anlaşılmıştır. Servikal lordoz, torasik kifoz ve lumbar lordozun oluşturduğu eğimler etkili ve dengeli enerji emilimi sağlayarak spinal kasların daha etkili ve düzgün kullanımına olanak sağlamaktadır. Bu eğimlerden özellikle lomber lordoz ayakta duruş pozisyonunun sağlanmasında oldukça etkilidir. Lomber faset eklemlerinin anatomik morfolojisinden dolayı hareketin esas olduğu segmentin lomber vertebra olması nedeniyle sagittal balansın ana komponenti lomber lordozdur. Yaşlanmayla birlikte osteoporotik kompresyon kırıklarına bağlı torasik kifoz artışı oluşumuna bağlı sagittal dengede oluşan bozukluklar da, bilinen ve karşılaşılan bir durumdur.

Normal sagittal balans, kafanın normal ayakta duran hastalarda sakrumun üzerinde olmasıdır⁽²⁾. Optimum sagittal balans C7 den aşağıya doğru indirilen düz çizginin birinci sakral vertebraının posterior ucunun 3cm içinde olması olarak tanımlanmıştır. Biyomekanik olarak sagittal

vertikal aksis öne doğru arttıkça lomber vertebra üzerinde oluşan kuvvet artacaktır ⁽³⁾. Jackson ve McManus, bel ağrısı olan 50 hastayı ortalama yaşı 36 olan 50 farklı asemptomatik hasta grubuyla karşılaştırdıklarında bel ağrısı olan hastalarda asemptomatik hastalara göre sagittal vertikal aks (SVA)'ın çok daha önde olduğunu belirlemişlerdir ⁽⁴⁾. Dejeneratif lomber omurgaya bağlı sagittal balansın bozuklukları bilinmekle birlikte yaşın bunun üzerine etkilerini yaşla oluşan dejeneratif süreçten bağımsız olarak irdelemek oldukça zordur. Aynı çalışmada, SVA ile yaş arasında korelasyon bulunmuş ve bel ağrısı olan hastaların distal lomber lordoz açılarında da düşüş saptamışlardır ⁽⁴⁾.

YAŞLANMANIN SAGİTAL DENGE ÜZERİNE ETKİSİ

Lee ve arkadaşları lomber sagittal planların yaş üzerindeki etkilerini ve bu etkilerinin vücudun değişik pozisyonları ile ilişkilerini detaylı bir şekilde araştırmışlardır ⁽⁵⁾. Bu çalışmada lomber lordotik açının yaşlı ve genç hasta grupları karşılaştırıldığında ayakta en fazla olduğu ve her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır. Sonuç olarak global lomber profili diskler, fasetler veya vertebra korpuslarının yaşlanmasından etkilenmediği düşünülebilir ^(1,3,5,7).

Gelb ve arkadaşları sagittal balans ölçümlerini 100 adet orta ve yaşlı hasta gurubunda ölçümlemişlerdir ⁽³⁾. Bu yapılan çalışmada SVA'ın yaşla birlikte öne doğru ilerleme eğiliminde olduğu saptanmıştır. Fakat asemptomatik hastalarda yaşla birlikte öne doğru artan SVA her hastada semptom oluşturmamaktadır. Bu asemptomatik hasta gurubunda torasik vertebra veya torakolomber bileşkede, kifoz açıları ile yaş arasında herhangi bir korelasyon saptanmamıştır. Tüm lomber lordoz kaybı, özellikle de orta lomber omurgada lordoz kaybı, yaş ile korelasyon gösterdiği saptanmıştır. İlginç bir şekilde, öne doğru artan sagittal dengenin en önemli belirteçlerinden olan L5-S1 segmentindeki lordoz kaybı, bu çalışmada yaş ile korelasyon göstermemektedir. Bunun açıklaması, bu hasta çalışma gurubunda hasta yaşlarının 40'ın üzerinde olması nedeniyle, dejenerasyonun bu yaşa kadar çoktan oluşmuş olabileceği, yani yaş ile birlikte daha da artan lomber değişikliklerin bu seviyenin üstündeki lomber seviyelerde oluşmaya başladığı düşünülebilir.

Lomber lordoz daha detaylı olarak incelendiğinde, üst lomber lordoz (ÜLL) açısı (L1 üst vertebra ile L4 üst vertebra arasında oluşan açı) ve alt lomber lordoz (ALL) açısı (L4 üst vertebra ile S1 vertebra arasında oluşan açı) ölçümlerinin yaşlı ve genç hasta gruplarında farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır ⁽⁵⁾. ÜLL'un lomber lordoz oranı genç hasta grubunda yaşlı gruba oranla daha fazla olduğu saptanmıştır. Yani lomber vertebra bütün olarak yaş ile değişim göstermese de lomber lordoz açısını sağlayan segmentler ayrı olarak incelendiğinde yaşın etkileri ortaya çıkmaktadır. Aynı grup ayakta duruştan yatış pozisyonuna geçildiğinde her iki grupta lomber lordozun azaldığı fakat bu değişimin genç hasta grubunda istatistiksel olarak anlamlı olduğunu saptamışlardır. Yani sagittal spinal hareket yaşanmayla birlikte azalmaktadır ⁽⁵⁾.

Oturma sırasında lordotik açı değişimleri incelendiğinde üst lomber vertebra segmentlerinin genç hasta grubunda yaşlı hastalara oranla daha elastik olduğu gözlemlenmiştir. Yani yaşlı hastalarda oturma sırasında lomber profilde esas kompenzasyon yapan mekanizma, alt lomber vertebra segmentleri ile sağlanmaktadır ⁽⁵⁾. Sonuç olarak yaşlı hastalarda lomber lordozdaki asıl değişikliklerin alt segmentlerde olduğu unutulmamalıdır.

Manyetik rezonans görüntüleme sonuçlarında yaşla birlikte disk dejenerasyon prevalansında artış olduğu saptanmaktadır ⁽⁶⁾. Fakat radyoloji ve kadavra çalışmalarında disk yükseklik kaybı ile yaş arasında korelasyon saptanamamıştır ⁽⁸⁾. Bunun nedeni yapılan çalışmalarda lomber diskler üzerine ayağa kalkmayla birlikte oluşan ağırlık kuvvetleri olmadan bu ölçümlerin yapılmış olması olabilir.

Sonuç olarak sagittal balans bozukluğu sadece yaşlanmaya bağlı doğal bir süreç olmayıp anormal bir durum olduğu unutulmamalıdır. Özellikle distal lomber vertebranın yukarıda tartışılan mekanizmalarla açıklanabilecek dejeneratif disk hastalığı sonucu oluşacak sagittal balans bozukluğu yaşlı hastalarda görülebilmektedir. Dejeneratif omurgada L3 vertebra seviyesi altında yapılacak füzyon cerrahilerinde lomber lordozun sağlanmasına oldukça dikkat edilmelidir. Ayrıca yaşlı hasta grubunda yaşlanmaya bağlı oluşabilecek lomber lordoz kayıpları da cerrahi planlamada dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1- Burton AK. Measurement of "regional" lumbar sagittal mobility. *J Orthop Sports Physical Ther* 1987; 9 (4): 166-169.
- 2- DeWald RL. Revision surgery for spinal deformity. *Instr Course Lect* 1992; 41: 235-250.
- 3- Gelb DE, Lenke LG, Bridwell KH, Blanke K, McEnery KW. An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers. *Spine* 1995; 20 (12): 1351-1358.
- 4- Jackson RP, McManus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age,sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine* 1994; 19(14): 1611-1618.
- 5- Lee ES, Ko CW, Suh SW, Kumar S, Kang IK, Yang JH. The effect of age on sagittal plane profile of the lumbar spine according to standing, supine, and various sitting positions. *J Orthop Surg Res* 2014; 9(1): 11.
- 6- Parkkola R, Kormano M. Lumbar disc and back muscle degeneration on MRI: correlation to age and body mass. *J Spinal Disord* 1992; 5(1): 86-92.
- 7- Sullivan MS, Dickinson CE, Troup JD. The influence of age and gender on lumbar spine sagittal plane range of motion: a study of 1126 healthy subjects. *Spine* 1994; 19 (6): 682-686.
- 8- Twomey LT, Taylor JR. Age changes in lumbar vertebrae and intervertebral discs. *Clin Orthop Relat Res* 1987; 224: 97-104.

14. Yaşlanan Omurgada Dejeneratif Süreçlerin ve Osteoporozun Sagital Dengeye Etkileri

İsmail OLTULU, Mehmet AYDOĞAN

GİRİŞ

Yaşlı popülasyonda erişkin spinal deformite oranı % 60 oranlara kadar yüksek bildirilmiştir ⁽¹⁾. Uzun yıllardır erişkin spinal deformitelerin tedavisinde koronal plan deformitesi ön planda tutulmuştur. Ancak günümüzde yapılan araştırmalar sagital spino-pelvik dizilimin erişkin spinal deformitede kritik bir öneme sahip olduğu anlaşılmıştır ^(12,27).

Yaşlı bireylerde sagital plan deformiteleri yaşlanmanın, osteoporoza bağlı kırıkların yanı sıra geçirilmiş cerrahilere bağlı olarak iyatrojenik de olabilmektedir. Her ne nedenle olursa olsun sagital profili bozulmuş bireyler başını gövdesinin üzerinde dengede tutabilmek ve karşıya bakabilmek için servikal lordozu ve pelvik retroversiyonu arttırarak dizleri fleksiyona, kalçayı ekstansiyona getirerek veya ayak bileğinin

dorsifleksiyonunu artırarak çeşitli kompenzasyon mekanizmaları geliştirmektedir. Bu mekanizmaların yetersiz kaldığı durumlarda hastalarda yürüme bozuklukları gelişmekte ve cerrahi ihtiyacı doğmaktadır. Hastaların sağlıklı bir şekilde tedavi edilmesi için spinopelvik parametrelerin iyi bilinmesi ve tedavinin bu parametrelere göre yönlendirilmesi gerekmektedir.

SAGİTAL VE PELVİK PARAMETRELER

Kranio-Servikal dizilim parametrelerini değerlendirmek için; çene-kaş vertikal açısı, görüş hattının eğimi (horizontal gaze), McGregor eğimi, C2-C7 lordozu ölçülmelidir.

Standart sagittal spino-pelvik dizilim için; T1-T12 (kifoz), L1-S1 lumbar lordoz, sakral slop, pelvik insidans ve pelvik tilt ölçülmelidir. Global spinal dizilim spinal cerrahlar tarafından C7 vertebral gövdenin merkezinden geçen vertikal çizgi ile S1'in posterior köşesi arasındaki mesafe ölçülerek tespit edilmektedir (Sagittal vertikal aks (SVA))^(20,23).

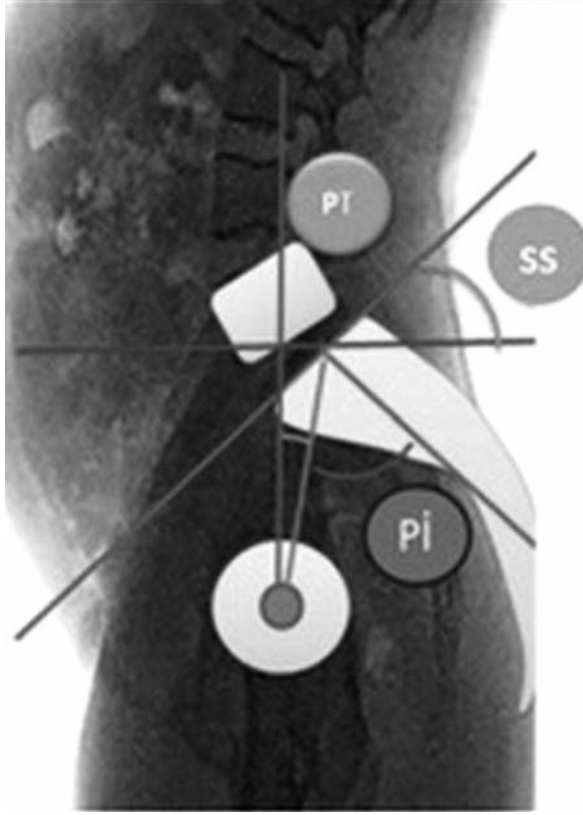
Pelvik parametrelerin Duval Beaupere tarafından tanımlanmasından sonra günümüze kadar pelvik organizasyonla ilişkili birçok aydınlatıcı makale yapılmıştır⁽⁵⁾. Pelvik organizasyonda anahtar pelvik insidans açısıdır. Pelvik insidans yaşlanmayla birlikte değişkenlik göstermeyen morfolojik bir parametredir. Bu yüzden omurganın normal lomber lordozunu belirlemede pelvik insidans ve sakral slop oldukça önemlidir.

Dubousset vücudun eksternal bir destek olmaksızın, ek bir enerji sarf etmeden dengede durabildiği dar bir alanı "*cone of economy*" olarak tanımlamıştır⁽⁴⁾. Vücut bu konin dışına çıktığı zaman balansı bozulur ve dengeyi sağlayabilmesi için daha fazla enerji harcar.

Pelvik parametreler ve diğer sagittal parametreler ayakta çekilen lateral grafilerle değerlendirilmelidir. Hastaların mümkün olduğunca kompenzatuvar mekanizmaları kullanmasına izin vermeden tüm omurga ve femur başları görülecek şekilde grafi çekilmelidir.

Pelvik parametreler pelvik insidans, pelvik tilt ve sakral sloptan oluşmaktadır. Pelvik insidans femur başları üst üste bindiğinde femur başının orta noktası alınarak, üst üste binmemişse her iki femur başının

orta noktasını birleştiren çizginin ortasından S1'in üst son plağın orta noktasına bir çizgi çizilir, yine S1'in üst son plağın orta noktasından aşağıya doru 90 derece açı ile ikinci bir çizgi çizilir. Pelvik insidans bu iki çizgi arasındaki açıdır. Sakral slop S1 vertebranın üst son plağının horizontal planla yaptığı açıdır. Pelvik tilt femur başı merkezinden çizilen vertikal çizginin S1 üst son plak orta noktasından çizilen dik çizgiyle arasındaki açıdır. Pelvik tilt ve sakral slop pozisyonundan etkilenen değişken parametrelerdir (Şekil-1).



Şekil-1. Spino-pelvik parametreler: Pelvik insidans (Pi), Sakral Slop (SS) ve Pelvik tilt (PT)

Düşük pelvik insidanslı bireyler anterior-posterior planda çok kısa bir pelvik halkaya sahiptir. Tersine yüksek pelvik insidanslı kişiler geniş bir anterior-posterior plan aksına sahiptir.

Lomber omurganın fleksibilitesi nedeniyle ekstansiyon yapabilmek kabiliyeti mevcuttur. Lomber lordozu yapısal olarak fazla olan bireylerde, posterior ark ve spinöz süreçler daha incedir ve başlıca ekstansiyon olmak üzere daha fazla hareket kabiliyetine sahiptir. Fakat posterior arkın zayıf olması spondilolizis ve dejeneratif spondilolistezis oluşumunu tetikleyebilir. Yapısal düz belde bunların tam tersine posterior ark ve spinöz süreçler daha kalın ve büyüktür ekstansiyon kabiliyeti azalmıştır. Fleksibil omurgada üst taraftaki kifoz aşağı tarafta lokal hiper ekstansiyon stresine neden olabilmektedir. Ankilozan spondilit, dejeneratif omurga, artrodez gibi iyatrojenik durumlara bağlı rijit omurgada kompenzasyon pelvis retroversiyonu ile olmaktadır. Bu mekanizma femur başları ile sakral plaka arasındaki horizontal mesafeyi arttırmakta ve SS' u azaltmaktadır. PI ve PT arasındaki geometrik ilişkiye bağlı olarak düşük Pİ'lı vertikal pelvisler daha az kompenzasyon mekanizmasına sahipken, yüksek Pİ'lı horizontal pelvisler daha fazla kompenzasyon kabiliyetine sahiptir. Şiddetli kifoz vakalarında diz fleksiyonunun artması; başın pozisyonunu ve bakışı düzeltme efekti sağlamaktadır ⁽²¹⁾.

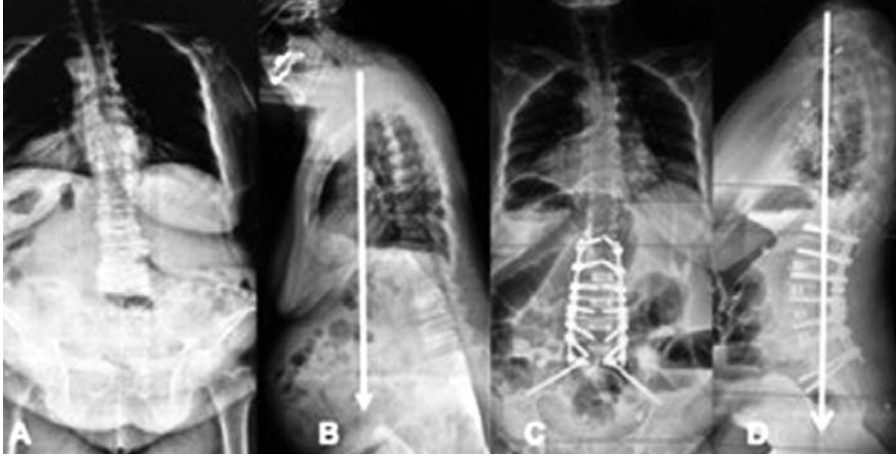
Spino-pelvik dizilimin doğal seyri erişkin spinal deformitelerde rekonstrüktif cerrahilerin artmasına bağlı giderek önem kazanmaktadır.

OMURGADA YAŞLANMA VE SAGİTAL KOMPENZATUVAR MEKANİZMALAR

Normal sağlıklı bir omurga; kompresyon kuvvetlerinin üstesinden gelebilen intervertebral disk ve vertebral gövdenin şekline bağlı olarak dik bir pozisyonda durmaktadır. Omurganın dizilimi ayaktaki postürü sağlamada temel bir rol oynamaktadır. Sağlıklı bir omurganın ayaktaki şeklini değiştirmek için yapılan her bir müdahale diskin, ligamentlerin ve eklemlerin elastik direncinin üstesinden gelmeyi gerektiren kuvvet uygulamaya ihtiyaç duymaktadır.

Omurganın vertikal ayaktaki pozisyonu bireyin ağırlık merkezinin (omur gövdesinin merkezi boyunca ilerleyen çizgi) pelvis ve ayaklar üzerinde merkezlenmesiyle birlikte etkili bir postürü başarmasını sağlamaktadır.

Birçok olguda C7'den çizilen şakul ağırlık merkezinin hemen posteriorundan geçmektedir. Opere edilen veya konservatif tedavi edilen hastalarda C7'den çizilen vertikal çizginin S1'in postero-superior köşesinden uzaklığı 50 mm altında olanlarda daha iyi sonuçlarla ilişkili olduğu gösterilmiştir⁽²²⁾. Benzer şekilde cerrahi yapılan hastalarda normal fizyolojik sagittal dizlimin sağlanması çok daha klinik sonuçlara neden olmaktadır (Şekil-2).



Şekil-2. 79 yaşında bayan hasta Ameliyat öncesi AP (A) ve lateral (B) grafiler, L1 iliak kanat arası enstrümantasyon ve 4 seviye Smith-Petersen osteotomisi sonrasında AP (C) ve lateral (D) grafiler.

Yaşlanan omurga vertebral gövde (kırık veya spondilolizis) ve diskte (dejeneratif disk hastalığı diskte kollapsa neden olup fleksiyona götürmektedir) şekil kaybına eğilimlidir. Sonuç olarak ağırlık merkezinde öne doğru kaymayla birlikte lomber lordoz kaybı veya torasik veya torakolomber bölgede kifoz görülmektedir.

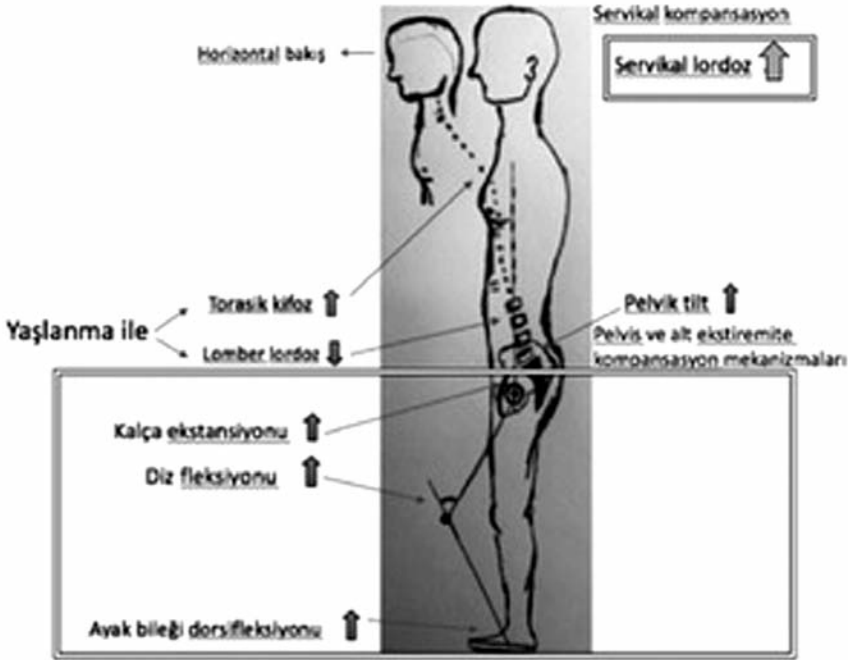
Bu durumda kompensasyon mekanizmaları ağırlık merkezini pelvisin ve ayakların üstünde merkezlemeye çalışmaktadır. Bu mekanizmalar; ağırlık merkezini geriye alabilmek, pelvisi ayaküstünde merkezlemek için torasik kifoz azalmasıyla sonuçlanan aktif torasik omurga ekstansiyonudur.

İntakt lomber seviyede aktif ekstansiyon omurgayı posteriora yönlendirebilir, dizilimi düzeltebilir. Bu mekanizma zamanla kompensasyon seviyesinde faset eklem dejenerasyonu, retrolistezis veya anterolistezis ile birlikte dejenerasyona neden olmaktadır.

Kalça ekstansiyonu ile birlikte pelvik retroversiyon (pelvisin kalça eklemi etrafında sakrum vertikalizasyonu ile birlikte posterior rotasyonu) ağırlık merkezinin arkaya alınmasını sağlamaktadır; pelvik retroversiyon ve torasik ekstansiyon sıklıkla ilk kompenzatuvar mekanizmalardır.

Diz fleksiyonu ekstrapelvik retroversiyona ek olarak ağırlık merkezini ayaklara göre posteriora yer değiştirmesine neden olmaktadır. Bu mekanizma pelvik retroversiyon maksimum olduğunda (kalça ekstansiyonu sınırlamaktadır) ve omurganın ağırlık merkezini hala dengede tutamadığı durumda görülmektedir. Bu genellikle son kompenzatuvar mekanizmadır.

Kompenzatuvar mekanizmalar ayakta durmayı sağlamak için kas kontraksiyonunda artışa ihtiyaç duyan enerji tüketen süreçlerdir. Ayakta durmak için harcanan bu efor, bel ağrısı ve otonomik yürüme kısıtlanması gibi semptomlara neden olmaktadır. Son olarak bazı vakalarda kompenzatuvar mekanizmalara rağmen ağırlık merkezinin anteriora yer değiştirmesi ile birlikte omurganın dizilimi bozulmaktadır⁽⁸⁾ (Şekil-3).



Şekil-3. Yaşla birlikte omurgada olan değişiklikler ve kompenzasyon mekanizmaları

Hasegawa, servikal lordozun, kifozun, PT'in, Pİ'in, diz fleksiyonunun ayak bileği fleksiyonunun yaşla birlikte arttığını, global dizlimle ilgili SVA'nın yaşla uyumlu olduğunu bildirmiştir⁽¹¹⁾. Mangione çalışmasında 30 fetüste, 30 çocukta ve 30 yetişkinde pelvik insidans ölçümü yapmıştır ve Pİ'in hayatın ilk birkaç ayında belirgin artış olduğunu, ilk yıllarda artışın devam ettiğini ve 10 yaş civarında stabilize olduğunu bildirmiştir⁽¹⁷⁾.

Tardieu, 50 erişkin ve 19 yeni doğanda pelvik morfolojiyi incelemiştir ve sakro-asetabular mesafe ve Pİ'in negatif korele olduğunu, tersine Pİ ve LL'un pozitif korele olduğunu bildirmiştir⁽²⁴⁾. Pİ'in büyümenin tamamlanmasından sonra sabit bir değer olduğuna inanılır. Hasegawa, Pİ'in 20 yaştan 70 yaşa doğru yaklaşık 10 derece arttığını bildirmiştir⁽¹¹⁾. Vrtovec, 47 çalışmadan yaptığı derlemede Pİ'in normal ve skolyotik hastalarda yaşla birlikte arttığını bildirmiştir⁽²⁶⁾. Lattes, Pİ'inn iskelet olgunlaşmasından sonra doğrusal bir şekilde arttığını ve ömrü boyunca bunu sürdürmeye devam ettiğini bildirmiştir⁽¹⁸⁾.

Sagittal dizilimin zamanla değişen gerçek doğal seyrini anlamak için uzun dönem takipli çalışmalar gereklidir. Fakat hayat boyu sagittal dizilim değişikliklerini gözlemlemek oldukça zor görülmektedir. Yukawo ve arkadaşları, 3. ve 8. dekattar arasında her dekattan en az 50 hasta olacak şekilde 626 asemptomatik hastayı incelemişlerdir. Ortalama Pİ $53.7^{\circ} \pm 10.9^{\circ}$, PT $14.5^{\circ} \pm 8.4^{\circ}$ ve SS $39.4^{\circ} \pm 8.0^{\circ}$ saptanmıştır. Servikal lordoz (SL) her yaş grubunda erkeklerde daha yüksek saptanmıştır. Servikal lordozun özellikle 60 yaşından sonra daha fazla olmakla birlikte yaşla birlikte arttığını bildirmişlerdir. Torasik kifoz ve lomber lordozda 20 ile 60 yaş arasında belirgin değişiklik olmazken, 70 yaşından sonra her ikisinde de belirgin düşme olduğunu saptamışlardır. Pİ 40 yaşından sonra kadınlarda 20-30 yaşlardaki erkek ve kadınlara göre birkaç derece fazla saptanmıştır. PT yaşla birlikte artarken SS yaşla birlikte azalmıştır. SVA için negatif değerler erkeklerde sadece 20 yaş grubunda saptanırken kadınlarda 20 ve 30 yaş grubunda görülmüştür. SVA'nın 3. dekattan 7. dekata kademeli bir artış gösterdiği, 8. dekatta belirgin artış gösterdiği saptanmıştır. Yukowa, bu çalışmanın zayıf noktalarından birisini çalışmanın sadece Japon popülasyonu kapsamı olarak bildirmiştir⁽²⁸⁾. Hammerberg ve Wood yaşlanmanın C7 şakul hattının anteriora kaymasına neden olduğunu göstermişlerdir⁽¹⁰⁾.

OSTEOPOROTİK VERTEBRA KIRIKLARI VE SAGİTAL SPİNAL PARAMETRELER

Osteoporotik vertebra kırıkları (OVK) yaşlı popülasyonda sık görülmekte ve hareketliliği azaltmakta, ağrıya neden olmakta, fiziksel fonksiyonları kısıtlayarak hayat kalitesini düşürmekte ve mortaliteyi arttırmaktadır. Osteoporotik kırıklar yaşlı hastalarda sıklıkla torasik bölgede olmakla birlikte ardışık kırıklara bağlı torasik kifoz giderek artmaktadır. Konservatif tedavi denense de genellikle ağrının geçmediği olgularda perkütanöz vertebroplasti (PVP) işlemi uygulanmaktadır. PVP ağrının akut olarak gerilemesine ve fonksiyonların artışına neden olmaktadır. PVP'nin bu faydalarına rağmen artmış komşu seviye vertebra kırığı problem olmaya devam etmektedir ^(6,14).

Grados, komşu segment kırığını sementlenen vertebralarda sementlenmeyenlere göre daha fazla (odds oranı: 2.27) olduğunu bildirmiştir ⁽⁹⁾. Uppin, 22 hastada vertebroplasti sonrasında 36 yeni vertebra kırığı bildirmiştir. Bununla birlikte bir vertebra kırığı varlığında yeni bir vertebra kırığı geçirme riskinin 12.6 kat artması nedeniyle bu karşılaştırma doğru çıkmayabilir ve gözlenen kırık hastalığın doğal gidişi ile ilgili olabilir ⁽²⁵⁾. Dahası Laredo ve Hamze, diğerlerinin tersine vertebroplasti sonrasında kırık riskinde artış riskine dair kanıt olmadığını bildirmiştir ⁽¹⁶⁾.

Baek, konservatif tedavi edilen 134 hastanın 15'inde (% 11.1) ve PVP yapılan 91 hastanın 12'sinde (% 13.1) komşu vertebra kırığı bildirmiştir. Dolayısıyla PVP yapılması sonrasında oluşan kırıkların güçlendirme yapılmassa da artmış olabileceği düşünülmektedir ⁽²⁾. Ayrıca güçlendirme yapılmadığında vertebranın biyomekaniği değiştiği için komşu segment kırığı daha fazla görülebilmektedir ⁽³⁾. Çimento güçlendirmesinden ziyade primer hastalık (osteoporozun) ve sagittal dizilim bozukluğundan dolayı yeni kırıkların oluştuğuna dair kanıtlar literatürde mevcuttur ^(1,13,15). Segmental kifozun artışına bağlı artmış sagittal dizilim bozukluğu potansiyel olarak anterior kolon boyunca yük artışına neden olup komşu segment kırığı riskini arttırmaktadır ^(3,19).

Sonuç olarak dejeneratif süreçler, iyatrojenik nedenler ve osteoporotik vertebra kırıkları yaşlı bireylerde spinal sagittal dizilimi etkilemektedir. Sagittal dizilimi bozulan hastalar ayakta durabilmek için çok fazla enerji

harcamakta ve bir yandan da ağrıyla savaşılmaktadır. Bu hastalar tedavi edilirken hastanın normal spinopelvik parametreleri mutlaka değerlendirilmeli ve cerrahi işlem uygulanacaksa bu parametrelere uyumlu fizyolojik değerler hedeflenmelidir.

KAYNAKLAR

- 1- Ananthakrishnan D, Berven S, Deviren V, Cheng K, Lotz JC, Xu Z, Puttlitz CM. The effect on anterior column loading due to different vertebral augmentation techniques. *Clin Biomech* 2005; 20: 25–31.
- 2- Baek SW, Kim C, Chang H. The relationship between the spinopelvic balance and the incidence of adjacent vertebral fractures following percutaneous vertebroplasty. *Osteoporos Int* 2015; 26(5): 1507-1513
- 3- Briggs AM, Wrigley TV, van Dieen JH, Phillips B, Lo SK, Greig AM, Bennell KL. The effect of osteoporotic vertebral fracture on predicted spinal loads in vivo. *Eur Spine J* 2006; 15: 1785–1795.
- 4- Dubousset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein SL (Ed.). *The Pediatric Spine: Principles and Practice*. Raven Press, New York 1994.
- 5- 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* 1992; 20: 451–462
- 6- Fribourg D, Tang C, Sra P, Delamarter R, Bae H. Incidence of subsequent vertebral fracture after kyphoplasty. *Spine* 2004; 29: 2270–2276.
- 7- Gaitanis IN, Carandang G, Phillips FM, Magovern B, Ghanayem AJ, Voronov LI, Havey RM, Zindrick MR, Hadjipavlou AG, Patwardhan AG. Restoring geometric and loading alignment of the thoracic spine with a vertebral compression fracture: effects of balloon (bone tamp) inflation and spinal extension. *Spine J* 2005; 5: 45–54.
- 8- Garbossa D, Pejrona M, Damilano M, Sansone V, Ducati A, Berjano P. Pelvic parameters and global spine balance for spine degenerative disease: the importance of containing for the wellbeing of content. *Eur Spine J* 2014; 23(Suppl.-6): 616-627.
- 9- Grados F, Depriester C, Cayrolle G, Hardy N, Deramond H, Fardellone P. Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Rheumatology* 2000; 39: 1410–1414
- 10- Hammerberg EM, Wood KB. Sagittal profile of the elderly. *J Spinal Disord Tech* 2003; 16(1): 44–50.

- 11- Hasegawa K, Okamoto M, Hatsushikano S, Shimoda H, Ono M, Watanabe K. Normative values of spino-pelvic sagittal alignment, balance, age, and health-related quality of life in a cohort of healthy adult subjects. *Eur Spine J* 2016; 25(11): 3675-3686.
- 12- Jackson RP, McManus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine* 1994; 19(14): 1611-1618.
- 12- Klotzbuecher CM, Ross PD, Landsman PB, Abbott TA 3rd, Berger M. Patients with prior fractures have an increased risk of future fractures: a summary of the literature and statistical synthesis. *J Bone Miner Res* 2000; 15: 721-739.
- 14- Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, Westesson PL. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004; 25: 175-180.
- 15- Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, Hanley DA, Barton I, Broy SB, Licata A, Benhamou L, Geusens P, Flowers K, Stracke H, Seeman E. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *JAMA* 2001; 285: 320-323. □
- 16- Lindsay R, Burge RT, Strauss DM. One year outcomes and costs following a vertebral fracture. *Osteoporos Int* 2005; 16: 78-85 .
- 17- Mangione P, Gomez D, Senegas J. Study of the course of incidence angle during growth. *Eur Spine J* 1997; 6: 163-167.
- 18- Mendoza-Lattes S, Ries Z, Gao Y, Weinstein SL. Natural history of spinopelvic alignment differs from symptomatic deformity of the spine. *Spine* 2010; 35(16): E792-798.
- 19- Pradhan BB, Bae HW, Kropf MA, Patel VV, Delamarter RB. Kyphoplasty reduction of osteoporotic vertebral compression fractures: correction of local kyphosis versus overall sagittal alignment. *Spine* 2006; 31: 435-441.
- 20- Roussouly P, Gollogly S, Nosedà O, Berthonnaud E, Dimnet J. The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radio-graphic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers. *Spine* 2006; 31: E320-E325.
- 21- Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J* 2011; 20: S609-S618.
- 22- 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* 2010; 35: 2224-2231.

- 23- Schwab F, Blondel B, Bess S, Hostin R, Shaffrey CI, Smith JS, Boachie-Adjei O, Burton DC, Akbarnia BA, Mundis GM, Ames CP, Kebaish K, Hart RA, Farcy JP, Lafage V; International Spine Study Group (ISSG). Radiographically spino-pelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity. *Spine* 2013; 38: E803–E812.
- 24- Tardieu C, Bonneau N, Hecquet J, Duval-Beaupère G. How is sagittal balance acquired during bipedal gait acquisition? Comparison of neonatal and adult pelvis in three dimensions. Evolutionary implications. *J Hum Evol* 2013; 65: 209–222.
- 25- Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, Pfiefer BA, Pazianos AG, Choi IS. Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis. *Radiology* 2003; 226: 119–124. □
- 26- Vrtovec T, Janssen MMA, Likar B, Castelein RM, Viergever MA, Pernus F. A review of methods for evaluating the quantitative parameters of sagittal pelvic alignment. *Spine J* 2012; 12: 433–446.
- 27- Yoshida G, Yasuda T, Togawa D, Hasegawa T, Yamato Y, Kobayashi S, Arima H, Hoshino H, Matsuyama Y. Craniopelvic alignment in elderly asymptomatic individuals: analysis of 671 cranial centers of gravity. *Spine* 2014; 39(14): 1121–1127.
- 28- Yukawa Y, Kato F, Suda K, Yamagata M, Ueta T, Yoshida M. Normative data for parameters of sagittal spinal alignment in healthy subjects: an analysis of gender specific differences and changes with aging in 626 asymptomatic individuals. *Eur Spine J* 2016; Oct 22,

VI. BÖLÜM

FARKLI PATOLOJİLERDE SAGİTTAL DENGE ANALİZİ

15. Vertebral Kolon Şekli ve İntervertebral Disk Hernisi İlişkisi

Ersin ÖZEREN

GİRİŞ

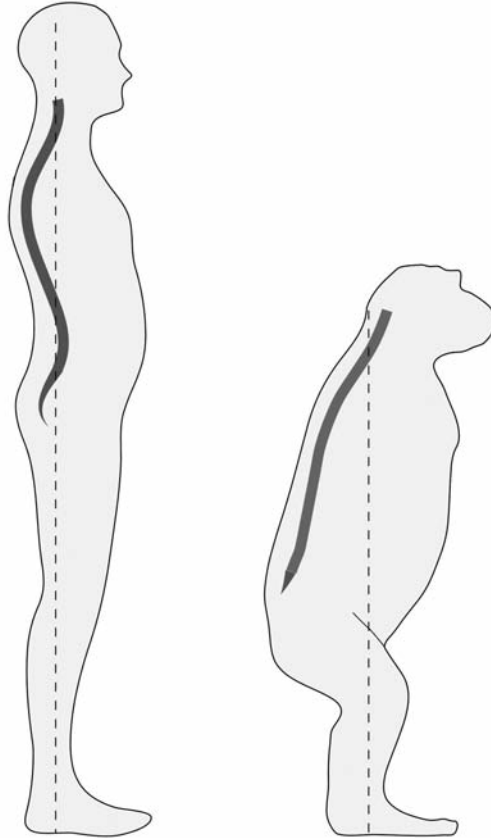
İnsan omurgası kendine özgü benzersiz bir şekilde olup dik duruşu kolaylaştırmak için belli eğrilikleri olan bir yapıdır. İnsan omurgasındaki eğriliklerin oluşturduğu bu anatomik yapı, modern insan omurgasının evrimsel gelişimi içerisinde insan vücudunun koşullarını anlamamıza, bu sayede omurga sağlığı ve dejenerasyon sonucu gelişen hastalıklarına karşı bütüncül bir iç görü geliştirebilmemizi sağlayacağına inanıyoruz. Bütün bunların klinisyen olarak omurganın hastalıkları konusunda etkin yollar önermemize katkısı olacaktır.

İNSAN OMURGASININ EVRİMSEL GELİŞİMİ

Omurgamızın üzerine binen yükler sonucu mekanik stres meydana gelir. Bunun en büyük sebebi, iki ayak üzerinde yürüyor ve dik duruyor olmamızdır (10, 20,39).

Farklı araştırmacılar, fosil örneklerini inceleyerek omurganın dik duruşu ile ilgili morfolojik bilgilere ulaşabilmeye amaçlamışlardır. Evrim ilerlemesini haritalayarak detaylandırmaya çalışmak, örneklerin sınırlı sayıda olması ve birçoğunun çalışmaya elverişli olmamasından dolayı zordur.

İnsanlarla maymunlar arasında morfolojik ve genetik benzerlikler gösterilse de günümüze kadar gelen maymunlar sınırlı sürede ayakta kalabilmektedirler. Spinal kolon ve omurlar arasında birçok yapısal benzerliğe rağmen en dikkat çekici farklılık genel olarak maymunların omurgalarında lomber lordozun olmamasıdır (Şekil- 1) ⁽³⁰⁾.



Şekil-1. Bipedal maymun omurgası ve insan omurgası ağırlık merkezi.

Lomber lordoz, insan omurgasına özgü bir eğriliktir. Dik bir pozisyona gelmemiz için gereklidir. Lomber lordozun azalması ve torakal kifozun artması insan vertebral kolonunun yaşlanmasının işaretlerindendir ⁽¹¹⁾. Bununla beraber, kafeslerde yaşayan primatlarla doğal ortamlarında yaşayan özgür primatlar arasında yapılan karşılaştırmalarda lomber lordozları aynı olmasına rağmen kafes içerisinde yaşayanlarda dejenerasyonun fazla olduğu gösterilmiştir. Kafeslerde yaşayan primatların hayat koşulları değiştirilmiş ve uyanık oldukları süreler içinde çoğunlukla oturur pozisyonda olmaları da özgür primat akrabalarından ayrılan özellikleridir. Bu durumun, özgür yaşayan primatların aksine uzun yaşam koşullarına mı bağlı olup olmadığı anlaşılamamıştır ⁽¹⁸⁾.

Japon makak maymun yavrularında dik yürüme egzersizleri ile lomber lordoz varlığı gösterilmiştir ⁽²¹⁾. Bunun yanında yine bu bazı maymunlarda lomber vertebra korpus ön kısımlarının yüksekliği fazladır ve bu sebeple tüm aktivitelerde lomber lordozun korunduğu anlamına geldiği söylenebilir. Ancak insanlarda otururken lomber lordoz düzleşir. Her ne kadar lomber lordoz ayakta durmak için gerekiyorsa de lomber lordozun düzleşmesi de aynı derecede diğer aktiviteler (otururken öne doğru eğilme gibi) için gereklidir ⁽²¹⁾.

İnsan ve primat arasındaki önemli farklılıklardan birisi de fleksibilite ve hareketin anlık eksenidir. Yürüme esnasındaki pelvisin rotasyonu için gerekli olan aksiyel rotasyonu sağlayan intrinsik bel kaslarının ürettiği ekstansör gücün dönüşümünü etkileyen faktör, lomber lordozun derecesidir. Lomber lordozu olmayan primatların ayakta yürümeye başladığında geniş lateral pelvis hareketlerinin olmasının nedeni pelvislerini rotasyona getirememeleridir ⁽¹⁴⁾.

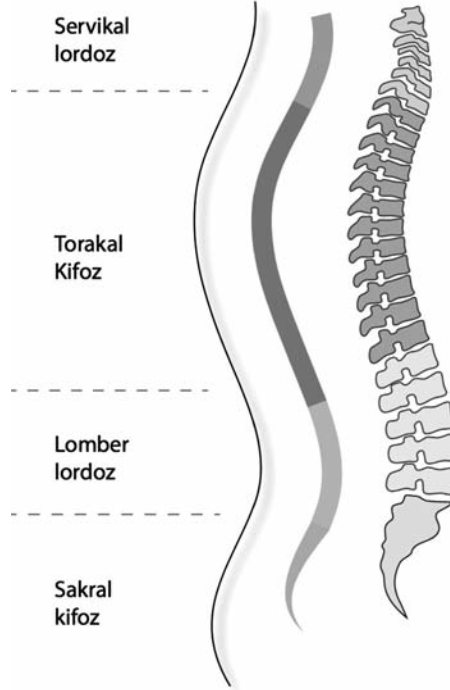
Haeusler ve arkadaşları yaptığı çalışmada; inceledikleri Nariokotome homo erectus gencinin vertebra kesit alanlarının aşağı inildikçe genişlemesinin iki ayaklı hareketin en önemli omurga uyarlamalarından biri olduğunu belirtmişler ve disk hernisinin iki ayaklı hareketin evrimi ile bağlantılı olduğu sonucuna varmışlardır ⁽¹⁰⁾.

VERTEBRAL KOLON ŞEKLİ

Vertebral kolon morfolojisi genellikle genetik, metabolik, hormonal, çevresel ve mekanik faktörlerden etkilenmektedir. Omurga günlük hayatın akışı içerisinde sıkıştırma, germe, kayma gibi dinamik güçlere maruz kalmaktadır. Bu dinamik güçlerin devamlı değişkenlik göstermesinin yanında meslek, hareketlilik ve duruş gibi etmenlerden de etkilenmektedir ⁽²⁾.

Yetişkin vertebral kolon 33 vertebra tarafından oluşturulur. Toplam uzunluğu ortalama olarak erkeklerde 70 cm kadınlarda 60 cm'dir. Genç erişkinde; servikal bölümün yaklaşık olarak % 8, torakal bölümün % 20, lomber bölümün % 12, sakrokoksigeal bölümün ise %8 oranında boy uzunluğuna katkısı vardır.

Normal duruşta vertebral kolonun şeklinin kendine özgü eğrilikleri vardır. Ortalama servikal lordoz 40°, torakal kifoz 40°, lomber lordoz 60°'dir. Sakrumda da kifoz görünümü mevcuttur (Şekil -2).



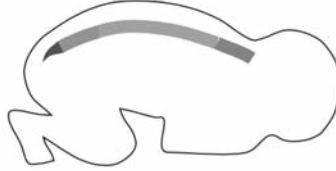
Şekil-2. Omurganın şekli ve eğrilikleri.

Embriyolojik Dönem

Embriyo vücuduna yandan bakıldığında vertebral kolon C şeklinde kifotik tek bir eğrilik şeklindedir. Embriyonik dönemin sonuna doğru servikal eğrilik görülmeye başlar. Radyolojik görüntülerde insan fetüsünde 8 ila 23. haftalarda servikal eğim görülebilmektedir.

Yenidoğan Dönemi

Yenidoğan omurgası, sagittal düzlemde tek bir konveksitesi olan esnek eğrilik şeklindedir. Yeni doğanın başı vücuduna oranla büyük olduğu için erken dönemde başını kaldıramaz ama zaman geçtikçe yaklaşık olarak 3. veya 4. aylarda başını kaldıracak şekilde boynun dik konumu nedeniyle servikalde ikinci bir eğrilik ortaya çıkar. Öne doğru olan bu eğrilik servikal lordozu oluşturur. Yaklaşık 9. ayda oturabilen 12 veya 15. aylarda yürümeye başlayan bebekte sonraki dönemlerde de lomber bölgede üçüncü bir eğrilik daha ortaya çıkar. Lomber lordozu oluşturan bu eğrilik ile yetişkin omurgasının ana şekli oluşur. Çocuklukta başın dik tutulabilmesi için servikal lordoz iki ayak üzerinde durabilmek için lomber lordozun oluşumu gerekmektedir (Şekil- 3).



Yeni doğan dönemi



Emekleme dönemi

Şekil-3. Omurga eğriliklerinin gelişimi, yenidoğan ve emekleme dönemi.

Erişkin dönemi

Yetişkinde servikal lordoz belirgindir ve Atlas (C2) ile ikinci torasik vertebra arasındadır. 4.ve 5. servikal vertebralar lordozun tepesini meydana getirir. Torasik bölgede kifoz vardır. İkinci ve 11. veya 12. torasik vertebra arasındadır. Altıncı ve 9. vertebralar arası ise kifozun tepesini oluşturmaktadır. Lomber bölgede lordoz vardır. Onikinci vertebra ile sakrum arasındadır ve tepesi 3. lomber vertebraadır.

Kifoz sürecinde vertebraların anteriorunun kamalaşması söz konusu iken lordozda vertebra korpuslarından ziyade intervertebral disklerin kamalaşması söz konusudur. Lordotik bölgelerde intervertebral disklerin ön yükseklikleri arka yüksekliklerinden daha fazladır. Özellikle lomber bölgede lordozun tepesindeki üç segmentte intervertebral diskin anterior yüksekliği posteriora göre belirgin şekilde farklıdır.

Vertebral kolon, vertebralar ve disklerin yanında ligamanlarla ve paravertebral kaslarla stabilitesini ve fonksiyonelliğini artırmıştır. Vertebra gövdesi önündeki anterior longitudinal ligaman ekstansiyona direnç gösterirken posterior longitudinal ligaman fleksiyona direnç gösterir.

Omurganın farklı bölgelerindeki eğimlerin oluşturduğu anatomik şekiller farklı biyomekanik özellikler sergilemektedirler.

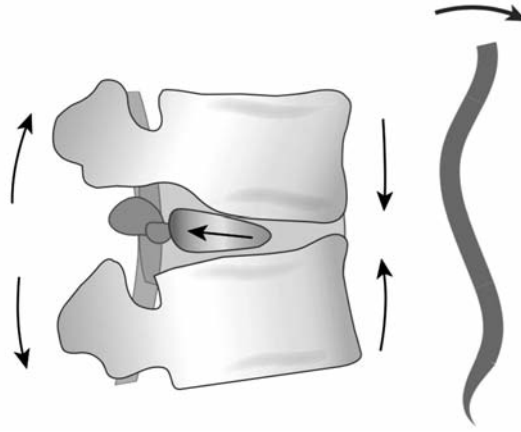
Servikal ve özellikle alt servikal bölgede faset eklemlerin koronal düzlemde 45°lik açı ile yönelimleri aşırı hareketlere izin vermezken fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerine izin verir. Faset eklemlerin torakal ve lomber bölgeye inildikçe yerleşimi değişir⁽¹⁷⁾.

Alt servikal bölgedeki vertebra gövdeleri büyüdüğü ölçüde intervertebral disklerde büyürler. Servikal vertebralar arasındaki disk yüksekliği 5-6 mm'dir. (birinci ve ikinci vertebralar hariç) Vertebra gövdesinin diske oranı 1/3'tür.

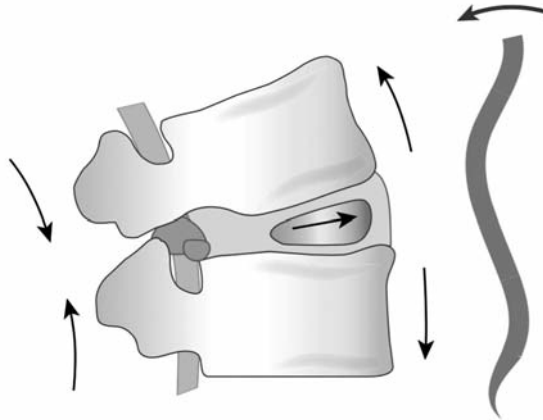
Torakal vertebralar servikale göre daha büyüktür. Bu bölgede diğer bölgelerde olmayan göğüs kafesi desteği mevcuttur. Bu da stabilizeyi artırarak intervertebral disk hernisi görülmesini azaltır. Fleksiyon ekstansiyonda üst torakal omurgada hareket oldukça sınırlıdır. Alt torakal bölgelerde bu hareket artar. Torakal vertebral fasetler tüm eksensel hareketlere izin verir. Torakal vertebralar arasındaki disk yükseklikleri

değişkendir. T2 ve T6 arasında 3-4 mm iken T6'nun altından itibaren disk yükseklikleri artar. Ortalama olarak vertebra gövde yüksekliği ve disk oranı 1.5 ile 1.6 arasında değişir.

Fleksiyonda posterior elamanlar birbirinden uzaklaşır, anterior elamanlar birbirine yaklaşır. İntervertebral diskin anteriorunda basınç artışı olur nükleus pulposus posterior doğru yer değiştirir, Ligamentum flavum interspinöz ve supraspinöz ligamanlar fleksiyon hareketlerini kısıtlamaya yardımcı olur. Ekstansiyon hareketinde ise tam tersi biyomekanik durum gerçekleşir (Şekil-4,5).



Şekil-4. Omurga fleksiyonu.

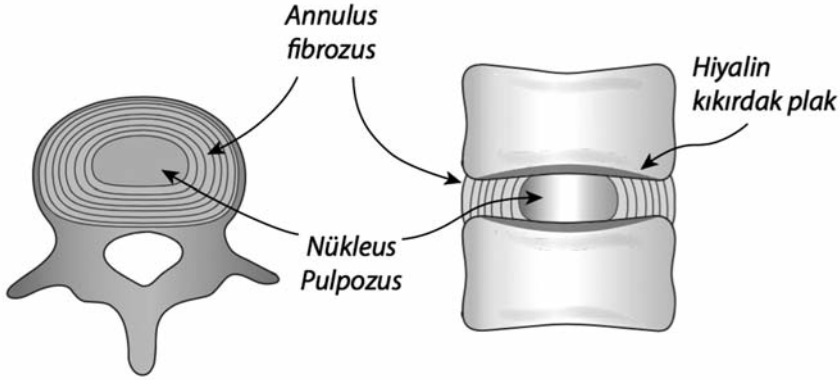


Şekil-5. Omurga ekstansiyonu.

Lomber vertebraların süperior fasetleri hafif konkav inferior fasetleri ise hafif konvektir. Bu yapılanma fleksiyon ve ekstansiyon ve yana eğilmeye izin verirken eksensel rotasyonu kısıtlar. Lomber bölgede vertebra gövdeleri büyük, buna paralel olarak intervertebral diskler de büyüktür. Vertebra gövdesinin diske oranı 1.3'tür. Torakal bölgedeki disk yüksekliği az olduğu için lomber ve servikal omurga bölümleri göreceli olarak daha fazla segmental harekete izin verir.

İNTERVERTEBRAL DİSK

İntervertebral disk, iki komşu vertebra arasında bulunan anatomik fonksiyonel bir yapıdır. İntervertebral diski oluşturan yapılar anulus fibrozus, nükleus pulposus ve vertebral son plaklardır. Anulus fibrozus ve nükleus fibrosis yük taşıyıcı işlevleri farklı iki yapıdır (Şekil- 6).



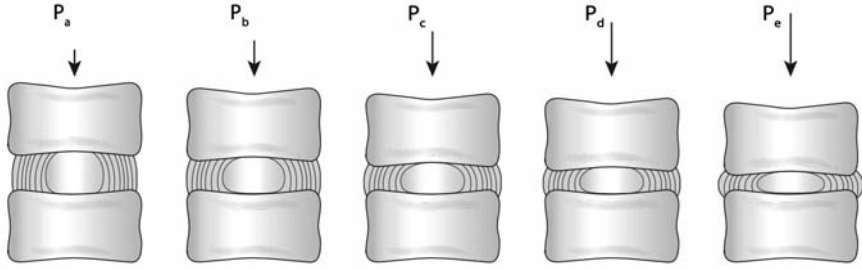
Şekil-6. İntervertebral disk yapısı

İntervertebral diskin görevi, omurga üzerindeki etkili kuvvetler ile uygun intradiskal basınç değişimleri sağlayarak bu kuvvetleri hareket segmenti boyunca iletip segmental harekete olanak sağlamaktır. Başka bir deyişle, insan vücudunda kolon görevi yapan vertebral kolon, sadece yük taşımakla kalmaz, aynı zamanda intervertebral diskler sayesinde segmental harekete de olanak sağlar⁽⁴⁰⁾. Vertebral gövde yüksekliğinin intervertebral diske oranı, segmental hareket genişliğini belirler.

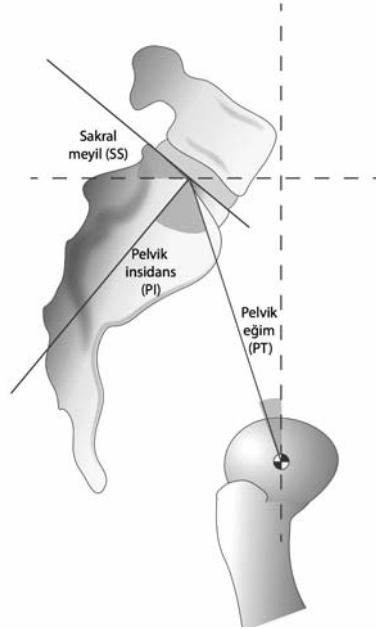
Servikal ikinci vertebradan itibaren birinci sakrum vertebra arasında kalan tüm vertebralar arasında intervertebral disk bulunur.

Normal erişkin bir insanda 23 adet intervertebral disk vardır. Toplam hacim olarak bakıldığında tüm spinal kolonun yaklaşık % 25'ini intervertebral diskler oluşturur⁽²²⁾.

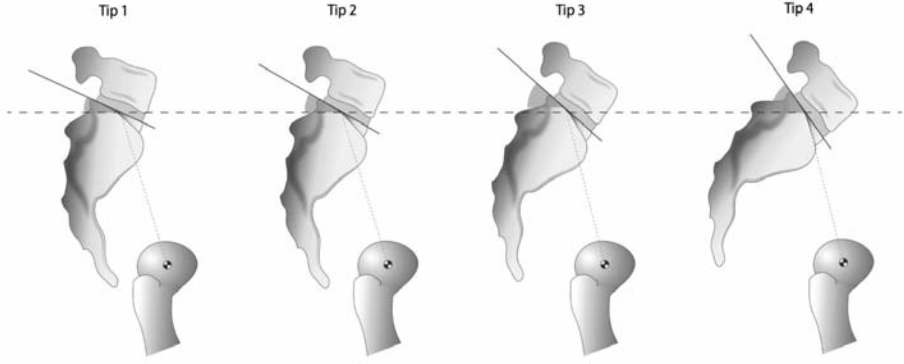
Vertebral kolonun önünde ve arkasında uzanan anterior ve posterior longitudinal ligamanlar vertebral diskleri iki vertebra arasına sıkıştırır. Herhangi bir yönde bir kuvvet etkisiyle eğilen omurga kuvvet kalktığında eski halini yeniden kazanır⁽²²⁾. Anterior ve posterior ligamanlar omurganın ön ve arka hareketlerini sınırlarken intervertebral diskin oblik lifleri ise rotasyonel hareketleri sınırlar (Şekil-7,8,9,10 ve 11).



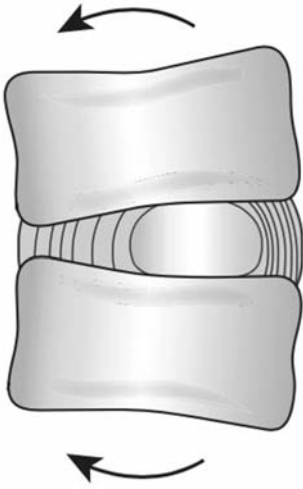
Şekil-7. Omurgaya binen yüklenmelere bağlı basınç değişimleri. $P_a < P_b < P_c < P_d < P_e$



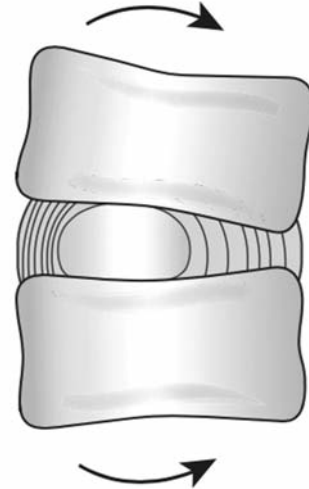
Şekil-8. Spinopelvik parametreler



Şekil-9. Roussouly'ye göre lomber lordoz sınıflaması



Şekil-10. Sol yana eğilme sırasında nucleus pulposus hareketi



Şekil-11. Sağ yana eğilme sırasında nucleus pulposus hareketi

Anulus fibrozus

İntervertebral diskin dış kısmını oluşturur. Anulus fibrozus intervertebral diskin birincil bileşenidir. İnce tabakalardan oluşmuş halka şeklinde yapılar içerir. Bu şekilde nükleus pulposusu sarar. Bu tabakalar tip 1 ve tip 2 kollajen liflerinin yanı sıra, elastin lifleri, su, proteoglikanlar

ve non-kollajen proteinlerden oluşur. Omurgaya binen basıncın eşit olarak dağıtılmasını sağlar. Omurganın belli segmentlerinde mekanik özellikler nedeniyle anulus fibrozusun yapısı güç dağılımındaki değişkenlikten dolayı intervertebral diskin anterior ve posterior kısımlarında farklı özellik taşır. Anterior ve lateralde daha dayanıklıyken posteriorde daha zayıftır ⁽³¹⁾.

Anulusun anterior lifleri fleksiyon postüründeki kompresif yükleri karşılarken dik duruş postüründeki yükleri ise anulus fibrozusun posterior lifleri karşılar. Anulus fibrozusta buluna elastin fibrilleri ise omurga hareketleri sonrasında diskin eski haline dönmesini sağlar ⁽²²⁾.

Nükleus pulposus

Intervertebral diskin ortasında posteriora daha yakın bir bölgede bulunur. Embriyonik dönem notokord kalıntısıdır. Tüm disk dokusunun % 40'ının oluşturur. Daha çok eksensel ve sıkıştırıcı güçlere karşı direnir. Jelatinöz bir yapıdadır. Yarı sıvı hidrofil kafes jel sistemidir denilebilir. Proteoglikan ve mukopolisakkarit içeriği fazladır. Işınsal şekilde elastin lifler ve düzensiz dizilimli tip 2 kollajen liflerden oluşur. Su içeriği yapısındaki glikozaminoglikanların su moleküllerini tutma özelliğinden dolayı fazladır. Hidrostatik basınç bu sayede yüksektir. Bu da sıkıştırıcı güçlere karşı koymada yardımcı olur ⁽²⁸⁾.

MEKANİK YÜKLENMENİN ETKİSİ

Omurgaya ait sorunlardan olan bel ağrısı tüm dünyanın önde gelen sağlık sorunlarından birisidir. Dünyada doktora geliş nedenleri arasında ikinci sırayı almaktadır ⁽³⁸⁾. Bazı çalışmalara göre İnsanların yaşamlarının bir döneminde omurgaya ait sorun yaşama sıklığı % 22-65 olarak bildirilmiştir ^(36,3). Omurgaya yük geldiğinde bu yük vertebra gövdesinden intervertebral diskten ve faset eklemler aracılığıyla taşınmaktadır. Omurgaya gelen yükün yaklaşık % 80 intervertebral disk dokusundan geçmektedir. Bu sayede faset eklemler yükün büyük bir kısmından korunurlar. Sağlıklı omurgada nöral ark spinal yüklenmenin çok az bir kısmını üstlenirken dejeneratif omurgada nöral ark spinal yükün neredeyse % 70'ni taşımaktadır ⁽¹⁾.

Postüral değişikliklerden kaynaklanan sagittal dengedeki hafif değişimler bir süre sonra vücudun öne rotasyonuna karşı erekte spinal kaslarının artmış aktivitesine yol açar⁽⁹⁾. Artmış kas aktivitesi omurgada kompresyona yol açar. Bu da intervertebral diskte sünmeye neden olur. Fizyolojik sınırların dışındaki bu anormal aksiyel ve rotasyonel yüklenmeler sonucunda disk dejenerasyonu görülmeye başlar. Dejenere olmuş disk dengeli bir şekilde yükü dağıtamaz. Nükleusun içeriğinde su kaybı meydana gelir, proteoglikan içeriği azalır. Nükleus poposuzda dejenerasyon başlar. Nükleusun yük taşıma kapasitesi azalır^(33,22).

Anulus fibrozusda ise bu anormal yüklenmeler sonucu periferik anüler yırtıklar meydana gelir. Burası vertebra gövdesi son plağı ile anulus bileşkesinde yer alır. Patolojik süreç bu şekilde başlar⁽²³⁾. Bu liflerin en zayıf olduğu yer posterolateraldir. Kompresif eksensel güçlere maruz kalınca nükleus pulposus yüksek basınçlı yerden düşük basınçlı yere doğru yer değiştirir, nükleus pulposusun içeriden dışarıya doğru yaptığı basınç sonucu disk hernisi gerçekleşir. Çoğunlukla posterolateralden gerçekleşir (Şekil- 4,5,10,11).

Devamlı yüklenme sonucu disk yüksekliği kaybı ile beraber faset eklemleri arasındaki mesafe azalır. Zamanla eklem yüzleri arasındaki mesafe birbirine yaklaşır ve birleşir. Sonuçta omurganın yükünün bir kısmını taşımaya başlar⁽⁶⁾.

Lomber vertebralar ve lomber intervertebral disk omurgadaki yükün büyük bir kısmını karşıladıkları için lomber omurga mekaniği, çalışmacıların özellikle ilgisini çekmektedir. Bu çalışmalarda vertebralara gelen yükün dağılımı omurga sağlığının durumuna ve postür değişikliklerine göre farklılık göstermektedir⁽⁶⁾.

Oturur pozisyonda da omurganın lomber fleksiyonu gerekmektedir. Bu da intervertebral disk ve vertebral gövdeye kompresif güç oluşturur. Buna rağmen çalışmalarda, sadece oturma pozisyonunda olmanın intervertebral disk hasarına yol açacak kadar yeterli olduğu kanıtlanmamıştır⁽⁵⁾.

Uzun süreli oturma veya ayakta durma gibi sabit intervertebral disk basıncı oluşturan durumlarda disk içerisine besin akışı azalır. Uzun vadede disk hastalıklarına zemin hazırlanır^(27,37) (Şekil- 7).

İntervertebral disk avasküler bir yapı olduğu için diskin beslenmesi için gerekli olan difüzyon ve konveksiyon işleri yapılamaz. Besin alımındaki ana faktör difüzyon iken disk içi atıkların atılması, günlük aktiviteler sırasındaki omurga hareketleri ile sağlam diskten sıvı çıkışı şeklinde sağlanır^(16,33).

Normal günlük aktiviteler sonucunda sağlıklı omurgada disk yüksekliğinde 13-21 mm'lik bir azalma meydana gelir. Ortalama günlük sıvı kaybı 0.9-1.3cm³ 'tür⁽²⁴⁾.

Vücut ağırlığının % 40'ı kadar ağır bir yükü yürümekle 24 saatte olması gereken disk yükseklik kaybının 4 saate indiği gösterilmiştir⁽¹³⁾. Farklı aktivitelerin karşılaştırılması çalışmalarında yürümeye göre oturma eylemi % 40 daha az yükseklik kaybına yol açtığı görülmüştür⁽³⁴⁾.

Bir dizi araştırma, vertebra şeklinin intervertebral disk hernisi ile ilişkili olabileceği yönündedir. Bu çalışmalarda kadavralarda dikey intervertebral disk hernisi de denilen Schmorl nodüllerinin düz vertebral son plağın, konkav vertebral son plağa göre daha çok ilişkili olduğu gösterilmiştir^(12,19). 1966 yılından 2013 yılına kadar yapılan 26 çalışmanın meta-analizinde, mekanik yüklenmenin radiküler ağrı ile direkt ilişkili olduğu rapor edilmiştir⁽²⁹⁾.

Her ne kadar mekanik yüklenme ile intervertebral disk hernisi oluşum sürecini açıklamaya çalışsakta Belavy ve arkadaşlarının astronotlar üzerinde yaptığı çalışma sonucunda intervertebral diskin yerçekimsiz ortamda su içeriğinin aşırı şekilde artarak disk yüksekliğini artırdığını ve bunun da disk hernisi oluşumuna neden olduğuna dair güçlü kanıtlar elde etmişlerdir⁽⁴⁾.

SAGİTTAL DENGE

Sağlıklı omurgayı oluşturan farklı niteliklerdeki dokuların benzer fonksiyonları gerçekleştirme amacıyla oluşturduğu dokular topluluğudur. Omurganın yerçekimine karşı belirli bir düzende konumunu değiştirebilmesini sağlayan bir yapısı vardır. Bu yapı içerisindeki tüm alt birimlerin dengeli bir şekilde koordinasyonunu sağlarken eş zamanlı olarak bu sistemlerin ayrı ayrı çalışmasına olanak verir.

Normal omurga servikal ve lomber bölgede lordotik, torakal bölge ve sakrumda ise kifotik eğriliklere sahiptir. Genel olarak bu eğriliklerin normal aralıkları geniş olsa da sonuçta spinal kolona binen yükün eşit olarak dağıtılmasına katkı sağlamaktadır. Sagittal dizilimin bozulması normal lordoz veya kifozda artma veya azalma şeklinde karşımıza çıkar. Sagittal dizilimden bahsederken sagittal dengeyi oluşturan parametrelerin bilinmesi gerekir.

Dengeli bir omurgada ayakta duran bir kişide dikey referans çizgisi (Sagittal Vertikal Aksis) veya diğer bir adıyla şakül hattı, C7 omurundan aşağı indirilen dikmenin sakrumun posterior arka üst kenarının birkaç santimetre önünden veya arkasından geçmesiyle oluşturulur (± 2 cm). Bu hattın S1 posterior üst köşesinin daha da önüne düşmesinde pozitif sagittal dengeden, S1'in posterior üst köşesinin daha da arkasına düşmesiyle de negatif sagittal dengeden bahsedilir. Yine ayakta duran bir kişide ağırlık merkezi çizgisi ise kafa kubbesinin tepesinden başlayıp sırasıyla yukarıdan aşağıya doğru kulak kepçesi, odontoid, servikal 7. vertebra gövdesinden torakal omurganın önünden geçer, lomber 3. vertebra arkasına teğet geçerek L5-S1 disk mesafesinde anulus fibrozusundan, femur başlarının orta noktasından aşağıya iner topuktan yerle birleşir.

Normalde dengeli bir omurgada bu iki hattın üst üste çakışması gerekir. Bu iki hattın uyum içinde olması sonucu normal bir insana tepeden bakılacak olursa kafanın izdüşümünün pelvisin içinde kaldığını görülür. Sagittal dengenin kompenzasyonu vücudun herhangi bir patolojik durumda bu iki hat arasında uyumu sağlamaya çalışmasıdır ki bu uyum sağlanamazsa sagittal dengesizlikten bahsedilir.

Omurganın oluşturduğu bu kendine has eğriliğin dengesi bu omurgayı oluşturan her bir parçanın diğeriyle olan hassas ilişkisine bağlıdır. Omurgayı oluşturan bu parçaların ilişkisini değerlendirebilmek için bazı ölçümler geliştirilmiştir.

Bu ölçümlerden birisi olan pelvik insidans ilk olarak Duval-Beaupere ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Yaygın olarak kullanılan anatomik bir ölçümdür ⁽⁷⁾. Pelvik insidans, promontoriumun orta noktasında femur başına uzanan hat ile promontorium hattının orta noktasından ona dik inilen hat arasında kalan açıdır. Pelvik insidans omurganın sagittal

eksenindeki eğriliklerin uyumunu değerlendirmede temel ölçüm olduğu varsayılmaktadır ^(15,35).

Pelvik eğim; promontorium orta noktasından femur başına uzatılan çizgi ile femur başından geçen dikey referans çizgisi arasındaki açıdır. Omurga deformitelerini değerlendirmede bu ölçümün değeri yüksektir. Pelvik eğim açısı ayaktaiken ortalama $13^{\circ} \pm 6^{\circ}$ dir ⁽²⁶⁾.

Sakral eğim, promontoriumun ön ucundan geçen yatay referans çizgisi ile promontorium arasındaki açıdır.

Pelvik insidans, pelvisin durumunu belirten pelvik eğim (Pelvik tilt=PT) açısı ile sakrumun eğimini (Sakral slope=SS) gösteren açının toplamına eşittir. $PI = PT + SS$ (Resim 8). Pelvik insidans açısı ortalama 52° ($35^{\circ} - 85^{\circ}$) dir ⁽¹⁵⁾.

Sakral eğim açısı en az 0° olabilir bu da mümkün olan en yüksek retroversiyona karşılık gelir. Negatif bir değer ayakta duran kişilerde olamaz. Böylelikle teorik olarak pelvik eğimin pelvik insidansa eşit olduğunu varsayabiliriz. Bir kişinin retroversiyon kapasitesi pelvik insidansı ile sınırlıdır. Pelvik insidansı küçük hastalar sagittal dengesizliği telafi etmek için daha az bir kapasiteye sahiptir. Pelvik insidansı büyük olanlarda ise sagittal dengesizliği telafi etme kapasitesi yüksek olacaktır. Tyrakowski ve arkadaşlarının yaptığı çalışma sonucunda pelvik insidans ile pelvik eğim arasında çok güçlü bir ilişki olduğunu ve istatistiksel olarak da tekrarlanabilirliğinin ve güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermişlerdir ⁽³²⁾. Bir başka çalışmada normal popülasyonda pelvik insidansın sakral eğim, sagittal denge ile direkt ilişkili olduğu gösterilmiştir ⁽¹⁵⁾. Bu ölçümlerde omurga ve pelvis ilişkisi de değerlendirilmektedir.

Spino pelvik uyumsuzluklarda omurgada intervertebral disk dejenerasyon süreci hızlanmaktadır. Lumbar lordozun azalması ya da lordozun tepesinin yukarı yerleşimli olması, sakrumum daha vertikal yerleşimi gibi durumlarda spino-pelvik uyumsuzluktan bahsedilir. Omurgada patolojik süreçlerde başlangıçta biyomekanik uyum süreci olur. Omurganın bu süreçlere uyum göstermesi esneyebilirlik özelliklerine göre değişiklik gösterir. Roussouly bu uyum sürecindeki omurgayı incelemiş lomber lordoz değişkenliği dikkatini çekmiştir. Sonrasında lomber lordoz tiplerini dört grupta sınıflamıştır. Bu sınıflama sakral meyil açlarına göre yapılan bir sınıflamadır (Şekil- 9).

Tip-1'de sakral eğim açısı 35°'nin altındadır. Uzamış torakolomber kifoz vardır. Buna paralel olarak lordoz kısalmıştır. Torakolomber diskopatiler artar. Distal lomber bölgede posterior elemanlara yüksek basınç görülür. Fasetlerde dejenerasyon artar. Roussouly bu tipe uyumsuz bel adını vermiştir.

Tip-2'de sakral eğim açısı 35°'in altında ve lordoz düzleşmiştir. Düz bel de denir. Disklerin karşıladığı basınç çok yüksektir. Erken dönemde çok seviyeli intervertebral disk hernisi sıklığı artar. Pİ düşük ve düz bel eşlik ediyorsa daha da erken dönemde diskopati sıklığı artar. Bu tip uyumlu ama düz bel olarak adlandırmıştır.

Tip-3'de sakral eğim açısı 35° ile 45° arasındadır. Kendine has bir özelliği yoktur. Uyumlu bel olarak isimlendirilmiştir. Ancak yaşlanma ile birlikte disk mesafesinde azalmaya bağlı olarak değişiklikler meydana gelir.

Tip-4'de sakral eğim açısı 45°'nin üzerindedir. Lordoz uzamış ve derecesi artmıştır. Erken dönemde faset dejenerasyon aşırı yük binmesine bağlı olarak gelişir. L5 istmik kırığı, L4-L5 spondilolistezis gibi patolojiler bu tipte artmış sıklıkla izlenebilir. Uyumlu ama aşırı lordotik bel olarak adlandırılmıştır ⁽²⁵⁾.

Endo ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada lomber disk hernili hastaların kontrol grubuna göre C7 şakül hattının öne doğru yer değiştirdiğini, lomber lordoz kaybının önemli ölçüde farklı olduğunu ve sakral eğim açısının azaldığını göstermişlerdir ⁽⁸⁾.

SONUÇ

Bu konudaki yeni araştırmalarla kazandığımız bilgi, yeni ufuklar açarak intervertebral disk hastalığını anlamamıza yardımcı olacaktır. Omurga üzerine binen mekanik yüklenme sürecinde tehlikeli yüklenme ve sağlıklı yüklenme kavramları üzerinde durulmalı bununla ilgili çalışmalara ağırlık verilmelidir.

KAYNAKLAR

- 1- Acosta FL Jr, McClendon J Jr, O'Shaughnessy BA, Koller H, Neal CJ, Meier O, Ames CP, Koski TR, Ondra SL. Morbidity and mortality after spinal deformity surgery in patients 75 years and older: complications and predictive factors. Clinical article. *J Neurosurg Spine* 2011; 15: 667-674.
- 2- Anderson R. Human evolution, low back pain, and dual-level control. In: Trevathan WR, Smith EO, McKenna JJ (Eds.). *Evolutionary Medicine*. Oxford University Press, Oxford 1999; pp: 333-349.
- 3- Andersson GBJ. Epidemiological features of chronic low-back pain. *Lancet* 1999; 354: 581-585.
- 4- Belavy DL, Adams M, Brisby H, Cagnie B, Danneels L, Fairbank J, Hargens AR, Judex S, Scheuring RA, Sovellius R, Urban J, van Dieën JH, Wilke HJ. Disc herniations in astronauts: What causes them, and what does it tell us about herniation on earth? *Eur Spine J* 2016; 25(1): 144-154.
- 5- Claus A, Hides J, Moseley GL, Hodges P. Sitting versus standing: does the intradiscal pressure cause disc degeneration or low back pain? *J Electromyogr Kinesiol* 2008; 18: 550-558.
- 6- Dolan P, Adams MA. Recent advances in lumbar spinal mechanics and their significance for modelling. *Clin Biomech* 2001; 16 (Suppl.-1): 8-16.
- 7- 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* 1992; 20(4): 451-462.
- 8- Endo K, Suzuki H, Tanaka H, Kang Y, Yamamoto K; Sagittal spinal alignment in patients with lumbar disc herniation. *Eur Spine J* 2010; 19: 435-438.
- 9- Enomoto M, Ukegawa D, Sakaki K, Tomizawa S, Arai Y, Kawabata S, Kato T, Yoshii T, Shinomiya K, Okawa A. Increase in paravertebral muscle activity in lumbar kyphosis patients by surface electromyography compared with lumbar spinal canal stenosis patients and healthy volunteers. *J Spinal Disord Tech* 2012; 25(6): 167-173.
- 10- Haeusler M, Schiess R, Boeni T. Evidence for juvenile disc herniation in a Homo erectus boy skeleton. *Spine* 2013; 38: 123-128.
- 11- Hammerberg EM, Wood KB. Sagittal profile of the elderly. *J Spinal Disord Tech* 2003; 16: 44-50.
- 12- Harrington JF, Sungarian A, Rogg J, Makker VJ, Epstein MH. The relation between vertebral endplates shape and lumbar disc herniations. *Spine* 2001; 26: 2133-2138.
- 13- Hutton WC, Malko JA, Fajman WA. Lumbar disc volume measured by MRI: effects of bed rest, horizontal exercise, and vertical loading. *Aviat Space Environ Med* 2003; 74: 73-78.

- 14- Jang JS, Lee SH, Min JH, Maeng DH. Changes in sagittal alignment after restoration of lower lumbar lordosis in patients with degenerative flat back syndrome. *J Neurosurg Spine* 2007; 7: 387–392.
- 15- Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 1998; 7: 99–103.
- 16- Malko JA, Hutton WC, Fajman WA. An in vivo MRI study of the changes in volume (and fluid content) of the lumbar intervertebral disc after overnight bed rest and during an 8-hour walking protocol. *J Spinal Disord Tech* 2002; 15: 157–163.
- 17- Naderi S. *Spinal Biyomekaniğin Temelleri*. Türk Nöroşirurji Derneği Spinal Cerrahi Grubu Yayınları, İzmir 2003; pp: 37-59.
- 18- Nuckley DJ, Kramer PA, Del Rosario A, Fabro N, Baran S, Ching RP. Intervertebral disc degeneration in a naturally occurring primate model: radiographic and biomechanical evidence. *J Orthop Res* 2008; 26:1283–1288.
- 19- Plomp KA, Roberts CA, Strand Vidarsdottir U. Vertebral morphology influences the development of Schmorl's nodes in the lower thoracic vertebra. *Am J Phys Anthropol* 2012; 149: 172–182.
- 20- Plomp KA, Viðarsdóttir US, Weston DA, Dobney K, Collard M. The ancestral shape hypothesis: an evolutionary explanation for the occurrence of intervertebral disc herniation in humans. *BMC Evol Biol* 2015; 27: 15-68.
- 21- Preuschoft H, Hayama S, Günther MM. Curvature of the lumbar spine as a consequence of mechanical necessities in Japanese macaques trained for bipedalism. *Folia Primatol* 1988; 50: 42–58.
- 22- Raj PP. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. *Pain Practice* 2008; 8(1): 18-44.
- 23- Rajasekaran S, Bajaj N, Tubaki V, Kanna RM, Shetty AP. ISSLS Prize winner: the anatomy of failure in lumbar disc herniation: an in vivo, multimodal, prospective study of 181 subjects. *Spine* 2013; 38 (17): 1491–1500.
- 24- Roberts N, Hogg D, Whitehouse GH, Dangerfield P. Quantitative analysis of diurnal variation in volume and water content of lumbar intervertebral discs. *Clin Anat* 1998; 11: 1–8.
- 25- Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J* 2011; 20 (Suppl.-5): 609–618.
- 26- Schwab FJ, Blondel B, Bess S, Hostin R, Shaffrey CI, Smith JS, Boachie-Adjei O, Burton DC, Akbarnia BA, Mundis GM, Ames CP, Kebaish K, Hart RA, Farcy JP, Lafage V. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis. *Spine* 2013; 38(13): 803-812.

- 27- Setton LA, Chen J: Mechanobiology of the intervertebral disc and relevance to disc degeneration. *J Bone Joint Surg* 2006; 88-A(Suppl.-2): 52-57.
- 28- Shankar H, Scarlett JA, Abram SE. Anatomy and pathophysiology of intervertebral disc disease. *Tech Reg Anesth Pain Manag* 2009; 13(2): 67-75.
- 29- Shiri R, Lallukka T, Karppinen J, Viikari-Juntura E. Obesity as a risk factor for sciatica: a meta-analysis. *Am J Epidemiol* 2014; 179(8): 929-937.
- 30- Sparrey CJ1, Bailey JF, Safaee M, Clark AJ, Lafage V, Schwab F, Smith JS, Ames CP. 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* 2014; 36(5): 1-16.
- 31- Tsuji H, Hirano N, Ohshima H, Ishihara H, Terahata N, Motoe T. Structural variation of the anterior and posterior annulus fibrosis in the development of human lumbar intervertebral discs: a risk factor for intervertebral disc rupture, *Spine* 1993; 18(2): 204-210.
- 32- Tyrakowski M, Yu H, Siemionow K. Pelvic incidence and pelvic tilt measurements using femoral heads or acetabular domes to identify centers of the hips: comparison of two methods; *Eur Spine J* 2015; 24(6): 1259-1264.
- 33- Urban J P G, Stanton S, Fairbank JCT. Nutrition of the intervertebral disc. *Spine* 2004; 29(23): 2700-2709.
- 34- Van Deursen LL, van Deursen DL, Snijders CJ, Wilke HJ. Relationship between everyday activities and spinal shrinkage. *Clin Biomech* 2005; 20: 547-550.
- 35- Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg* 2005; 87-A(2): 260-267.
- 36- Walker BF. The prevalence of low back pain: a systematic review of the literature from 1966 to 1998. *J Spinal Disord* 2000; 13: 205-217.
- 37- Wang DL, Jiang SD, Dai LY. Biologic response of the inter- vertebral disc to static and dynamic compression in vitro. *Spine* 2007; 32: 2521-2528.
- 38- Weber KT1, Jacobsen TD, Maidhof R, Virojanapa J, Overby C, Bloom O, Quraishi S, Levine M, Chahine NO. Developments in intervertebral disc disease research: pathophysiology, mechanobiology, and therapeutics. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2015; 8(1): 18-31.
- 39- Williams SA, Russo GA. Evolution of the hominoid vertebral column: The long and the short of it. *Evol Anthropol* 2015; 24(1): 15-32.
- 40- Zak M, Pezowicz C. Spinal sections and regional variations in the mechanical properties of the annulus fibrosus subjected to tensile loading. *Acta Bioeng Biomech* 2013; 15(1): 51-59.

16. Proksimal Bileşke Kifoza

İsmail OLTULU, Mehmet AYDOĞAN

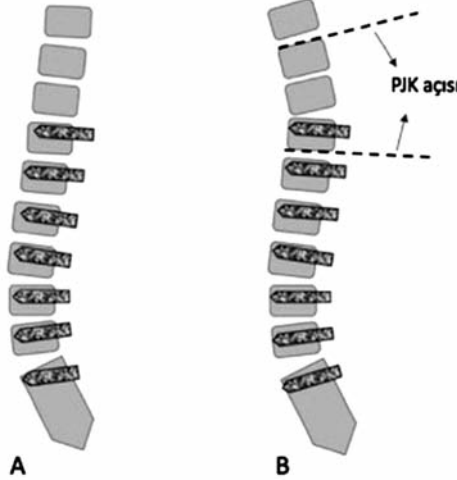
GİRİŞ

Proksimal bileşke kifoza ya da başka bir tanımlama ile “proximal junctional kyphosis” (PJK) ve “proximal junctional failure” (PJF) omurga deformite ameliyatlarında spinal cerrahlar açısından oldukça zor bir durum olmaya başlamıştır. Son dönemde yaşlı popülasyonunda giderek artan sayıda deformite ameliyatlarına mağruz kalması spinal cerrahları son dönemde PJK’un önemini daha iyi anlamaya sevk etmiştir. PJK radyolojik tetkiklerle tespit edilmektedir. PJK hastaları semptomsuz olabilirken bazı hastalarda ağrı, yürüme bozukluğu veya nörolojik defisit olabilmektedir. PJK ve PJF kifoz ve skolyoz için uzun seviye enstrümantasyon ve korreksiyon sonrasında giderek artan oranda bildirilmeye başlamıştır⁽¹³⁾.

Şiddetli PJK ve PJF vakalarında cerrahi tedavi düşünülmektedir. Bununla beraber hangi hastaların cerrahiye gideceği açık değildir ve cerrahi veya nonoperatif tedaviye yön göstermesi açısından sınıflama sistemlerine ihtiyaç vardır^(4,23).

TANIM VE RADYOLOJİK BULGULAR

PJK sıklıkla en üstteki enstrümente edilen vertebra'nın (upper instrumented vertebrae (UIV)) bir üstünde görülmektedir. PJK tanım olarak bu seviyedeki anormal kifotik açılanmadır. Radyolojik olarak PJK genellikle preoperatif değerlere göre 10° 'den fazla kifoz artışı olarak tanımlanmaktadır⁽³⁾. Bazıları anormal kifotik açılanmanın 15 dereceden fazla olması gerektiğini bildirmiştir⁽⁸⁾. En sık ölçüm yöntemi; UIV'nun alt endplate'i ile UIV'nun 2 üstündeki vertebra'nın üst endplate'inden ölçülerek yapılmaktadır. Mekanik yetmezlik ve/veya spinal instabilite varlığında PJK düşünülmektedir^(3-4,23) (Şekil-1).



Şekil-1. Ameliyat sonrası normal açıda bileşke açısının (A) ve bileşke kifozunun (B) şematik görüntüsü ve açı ölçümü

İNSİDANS

Hostin, PJK insidansını % 6 olarak bildirmiştir⁽⁹⁾. Yagi⁽²³⁾ erişkin skolyoz hastalarında % 20, Kim⁽¹¹⁾ 7.8 yıllık takipte % 39 ve Maruo⁽¹⁷⁾ % 41 oranında bildirmiştir. PJK insidansı aynı zamanda UIV'nun seviyesine bağlı olarakta değişmektedir. O'Shaughnessy⁽¹⁸⁾ alt torasik bölgede % 18.4 ve üst torasik bölgede % 10 olarak bildirmiştir. PJK operasyondan kısa bir süre sonra görülme eğilimindedir. Kim cerrahiden sonraki ilk 8 haftada görüldüğünü bildirirken, Yagi⁽²⁴⁾ PJK'un % 66'sının ilk 3 ay içerisinde görüldüğünü ve Wang⁽²¹⁾ % 80 PJK'un ilk 18 ayda görüldüğünü bildirmiştir.

RİSK FAKTÖRLERİ

PJK için birçok risk faktörü tanımlanmıştır. Majör risk faktörleri ileri yaş (>55 yaş), preoperatif anormal geniş sagittal parametre, pedikül vidası ve hibrid enstrümantasyon, torakoplasti prosedürü, yüksek korreksiyon oranları, posterior ve anterior-posterior spinal füzyon (posterior tansiyon bandının veya posterior intervertebral elemanların hasarlanması) ve alt lomber vertebraya yada sakruma kadar füzyonun uzatılması.

Diğer daha az tarif edilmiş risk faktörleri; düşük kemik yoğunluğu, komorbidite varlığı ve yüksek body mass indeks⁽¹⁴⁻¹⁵⁾.

UIV'nın seviyesi ve enstrümantasyon sayısının PJK açısından riski tam olarak açık değildir. Hem uzun seviye hem de kısa seviye füzyonun PJK açısından risk faktörü olduğu bildirilmiştir^(1,11). Benzer olarak hem UIV'nin alt torasik bölgede hem de üst torasik bölgede olması risk faktörü olmaktadır.

Ancak PJK üst torasik bölgede subluksasyona ve yumuşak doku yetmezliğine bağlı oluşurken alt torasik bölgede büyük oranda vertebral gövde kırığına bağlı gelişmektedir⁽¹⁴⁾.

ÖNLEME YÖNTEMLERİ

Vertebral sement agmentasyonu

Hart retrospektif çalışmasında torakolomber (T9-T12) den L5-S1'e interbody füzyonla birlikte enstrümantasyonun uzatıldığı 60 yaşından büyük 28 bayan hastada vertebral sement agmentasyonunun PJK ve vertebral gövde kompresyonunu önlemede kullanılabildiğini bildirmiştir. 15 hastaya UIV'ya ve bitişiğindeki vertebraya vertebroplasti yapılmış, 13 tanesine yapılmamıştır. Sement yapılmayan grupta %15.3 oranında PJK bildirilirken, sement yapılan gruba PJK görülmediğini bildirmiştir⁽⁵⁾.

PJK'ü önlemek için sement agmentasyonu kadavra omurgalarında biyomekanik olarak çalışılmıştır⁽¹⁰⁾. Kebaish UIV'nın profilaktik vertebroplastisinin uzun segment enstrümantasyon ile kırığı ve kifoza önlediğini bildirmiştir⁽¹⁰⁾.

Bunun yanında sement agmentasyonu ile ilgili bazı soru işaretleri mevcuttur. Sement agmentasyonu intervertebral diskin nutrisyonel beslenmesini azaltmakta ve dejenerasyonu hızlandırmaktadır⁽²⁰⁾. Ek olarak sement agmentasyonu yük aktarımını değiştirmekte, komşu vertebra fraktür riskini kolaylaştırmaktadır⁽²²⁾. Vertebroplasti yapılan 432 hastalık retrospektif bir çalışmada 186 yeni komşu vertebra kırığı ve 86 komşu olmayan vertebra kırığı bildirilmiştir^(2,19).

Spinal Çengel

Uzun seviye enstrümantasyonlar için pedikül vidası kullanılmasının yüksek oranda PJK ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Pedikül vidalarının rijid bir fiksasyon oluşturması ve fasetlere hasar verme olasılığının fazla olmasına bağlı günümüzde endişeler mevcuttur^(8,12).

Bu yüzden çengeller teorik olarak daha düşük faset hasarlanması ile birlikte daha fazla dinamik bir yapı sağlayarak PJK riskini azalttığı düşünülmektedir^(8,12). Hassanzadeh 5 veya üstü enstrümantasyon yapılan 47 hastalık retrospektif çalışmasında UIV'da pedikül vidası kullanılan grupta % 29.6 PJK bildirirken tranvers proçes çengeli kullanılan hastaların hiç birinde PJK görülmediğini bildirmiştir⁽⁷⁾. Helgeson 283 hastalık çok merkezli çalışmasında sadece çengellerle yapılan, hibrit enstrümantasyon (pedikül vidası ve hook), sadece pedikül vidası yapılan ve pedikül vidasıyla birlikte UIV'da hook kullanılan grupları karşılaştırmıştır. 2 yıllık takiplerde PJK'un sadece pedikül vidası kullanılan grupta belirgin yüksek olduğunu bildirmiştir⁽⁸⁾.

Benzer olarak Kim sadece pedikül vidası kullanılan grupta PJK'u (% 35.1) çengel yapılan gruba göre (% 24.1) belirgin yüksek bildirmiştir (12).

Diğerleri

Vertikal expandable prostetik titanyum rip (VEPTR) erken başlangıçlı pediatrik skolyozda sıklıkla kullanılmaktadır. VEPTR'in proksimal ucu ile spinal kolonun arasında bağlantı olmamasına bağlı mekanik bir destek sağlayarak PJK'u önlemektedir. Çok az çalışmada VEPTR ve PJK insidansı çalışılmıştır. Li, 68 pediatrik prematüre skolyozda 1 yıl sonra %6 PJK

bildirmiştir⁽¹⁶⁾. Diğer bildirimlerde VEPTR'la birlikte PJK oranları %22 ve %38 bildirilmiştir^(6,16). Ancak erişkin hastalarda VEPTR'ın PJK gelişimi ile ilişkisini gösteren bir çalışma yoktur.

Diğer yandan cerrah tarafından modifiye edilebilir faktörler; baseline segmental kifozun 5° üstünde olan seviyelere füzyonun uzatılması, enstrümantasyonun sertliğinin azaltılması, kompozit metallerin seçimi, daha az implant kullanımı olarak belirlenmiştir⁽¹⁴⁾.

SINIFLAMA

Günümüzde PJK'lu hastaların hangilerinin cerrahiye gideceği açık değildir. Genel olarak semptomatik olan ve PJK'un radyolojik bulguları olan hastalar cerrahi açıdan değerlendirilir. Bununla birlikte PJK ilerleyici bir hastalık olduğu için semptomlar çıkmadan öncede tedavi edilmelidir⁽²⁾.

PJK'lu hastaların hangilerinin revizyon cerrahisinden fayda göreceğine dair standart bir görüş birliği yoktur. PJK ve PJF ile ilgili çok az sayıda sınıflama yapılmıştır. Boachie-Adjei ve arkadaşları PJK'u 2 komponente dayalı olarak sınıflamıştır. Yetmezliğin etyolojisi (tip) ve kifoz açısı (grade) . PJK, Tip-1(ligamentöz yetmezlik), Tip-2 (kemiksel yetmezlik) ve Tip-3 (implant ve kemik yüzey arasında yetmezlik. Gradeleme de A (10°-14° arası), B (15°-19°), ve C(\geq 20°) olarak tanımlanmıştır. UIV'nın üstündeki spondilolistezis gibi ek komponentlerde sınıflamaya dahil edilmiştir. Boachie-Adjei sınıflamasının avantajı basit olması ve kolay uygulanabilmesidir.

TEDAVİ

PJK basit bir radyolojik tetkik bulgusudur ve ilerleyen bir süreçtir. Semptomatik PJK olarak gelişirse bir tür PJF olarak görülür. Bir hastada proksimal kavşak etrafında bir problem olduğunda, klinik semptomların varlığının değerlendirilmesine öncelik verilmelidir. Hiçbir semptom yoksa, çoğu vakada derhal müdahale gerekmez, ancak ciddi semptomlar mevcutsa veya proksimal kavşağın bozulması hızla ilerlediyse cerrahi tedavi gerekecektir.

Hart ve arkadaşları cerrahi için daha spesifik karar verme kriterleri önerdi⁽⁴⁾. Elli yedi PJF hastası üzerine yaptıkları araştırmalara dayanarak, PJF revizyon cerrahisini etkileyen faktörlerin yüksek PJK açısı, yüksek sagittal vertikal eksen, travma ve kadın cinsiyeti olduğu bildirildi. Bununla birlikte, yumuşak dokuya karşı kemik hasarına, hastanın yaşına, füzyon seviyesine ve üst torasik ile torakolomber proksimal kavşak gibi yaygın olarak kabul edilen diğer faktörler arasında korelasyon saptanmamıştır. Çoğu vakada, cerrahi tedavi uygulanırken, enstrümantasyonun uzatılması ve yeniden düzenlenmesi işlemi ile bir sinir dekompresyon prosedürü gereklidir. Eğer omurga esnekse önceki UIV'nun proksimalinde stabil bir vertebraya çıkılmalıdır, eğer rijidse Smith-Petersen veya pedikül subtraction osteotomi gibi osteotomiler düşünülmelidir⁽¹⁵⁾.

SONUÇ

PJK özellikle yaşlı hastalarda artan deformite ameliyatları nedeniyle son dönemde spinal cerrahlar açısından oldukça önemli bir sorun haline gelmiştir. Yaşlı hastalarda özellikle sagittal spinal parametrelerin fizyolojik değerlere uygun restore edilmesi oldukça önemlidir. Cerrahi öncesinde, cerrahi esnasında ve sonrasında alınacak bazı önlemler PJK oranlarını azaltmaktadır. Titiz bir cerrahi ile proksimalde spinal ligamanların ve faset kapsülünün korunması, hastaya uygun sagittal parametrelerin sağlanması, hastanın kemik kalitesinin artırılması cerrah tarafından kontrol edilebilir önleme yöntemleridir. PJK ile ilgili günümüzde yumuşak doku iyileşene kadar destek vermesi amacı ile proksimal kavşağa yönelik agmentasyon teknikleri denenmektedir ancak bu konuda randomize prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- 1- Bridwell KH, Lenke LG, Cho SK, Pahys JM, Zebala LP, Dorward IG, Cho W, Baldus C, Hill BW, Kang MM. Proximal junctional kyphosis in primary adult deformity surgery: evaluation of 20 degrees as a critical angle. *Neurosurgery* 2013; 72: 899-906.
- 2- Fernandez-Baillo N, Sanchez Marquez JM, Sanchez Perez- Grueso FJ, García Fernández A. Proximal junctional vertebral fracture- sublaxation after adult spine

- deformity surgery. Does vertebral augmentation avoid this complication? A case report. *Scoliosis* 2012; 7: 16.
- 3- Glattes RC, Bridwell KH, Lenke LG, Kim YJ, Rinella A, Edwards C 2nd. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes, and risk factor analysis. *Spine* 2005; 30: 1643–1649.
 - 4- Hart R, McCarthy I, O'Brien M, Bess S, Line B, Adjei OB, Burton D, Gupta M, Ames C, Deviren V, Kebaish K, Shaffrey C, Wood K, Hostin R; International Spine Study Group. Identification of decision cri-teria for revision surgery among patients with proximal junctional failure following surgical treatment for spinal deformity. *Spine* 2013; 38: E1223–1227.
 - 5- Hart RA, Prendergast MA, Roberts WG, Nesbit GM, Barnwell SL. Proximal junctional acute collapse cranial to multi-level lumbar fusion: a cost analysis of prophylactic vertebral augmentation. *Spine J* 2008; 8: 875–881.
 - 6- Hasler CC, Mehrkens A, Hefti F. Efficacy and safety of VEPTR 14 instrumentation for progressive spine deformities in young children without rib fusions. *Eur Spine J* 2010; 19: 400–408.
 - 7- Hassanzadeh H, Gupta S, Jain A, El Dafrawy MH, Skolasky RL, Kebaish KM. Type of anchor at the proximal fusion level has a significant effect on the incidence of proximal junctional kyphosis and outcome in adults after long posterior spinal fusion. *Spine Deformity* 2013; 1: 299–305.
 - 8- Helgeson MD, Shah SA, Newton PO, Clements DH 3rd, Betz RR, Marks MC, Bastrom T; Harms Study Group. Evaluation of proxi-mal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis fol- lowing pedicle screw, hook, or hybrid instrumentation. *Spine* 2010; 35: 177–181.
 - 9- Hostin R, McCarthy I, O'Brien M, Bess S, Line B, Boachie-Adjei O, Burton D, Gupta M, Ames C, Deviren V, Kebaish K, Shaffrey C, Wood K, Hart R; International Spine Study Group. Incidence, mode, and location of acute proximal junctional failures a er surgical treatment of adult spinal defor- mity. *Spine* 2013; 38: 1008-1015.
 - 10- Kebaish KM, Martin CT, O'Brien JR, Lamotta IE, Voros GD, Belkoff SM. Use of vertebro- plasty to prevent proximal junctional fractures in adult deformity surgery: a biomechanical cadaveric study. *Spine J* 2013; 13: 1897–1903.
 - 11- Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Glattes CR, Rhim S, Cheh G. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity after segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum five-year follow-up. *Spine* 2008; 33: 2179-2184.
 - 12- Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim J, Cho SK. Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 differ ent types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases. *Spine* 2007; 32: 2731–2738.

- 13- Kim HJ, Lenke LG, Shaffrey CI, Van Alstyne EM, Skelly AC. Proximal junctional kyphosis as a distinct form of adjacent segment pathology after spinal deformity surgery: a systematic review. *Spine* 2012; 37: S144–164.
- 14- Lau D, Clark AJ, Scheer JK, Daubs MD, Coe JD, Paonessa KJ, LaGrone MO, Kasten MD, Amaral RA, Trobisch PD, Lee JH, Fabris-Monterumici D, Anand N, Cree AK, Hart RA, Hey LA, Ames CP; SRS Adult Spinal Deformity Committee. Proximal junctional kyphosis and failure after spinal deformity surgery: a systematic review of the literature as a background to classification development. *Spine* 2014; 39(25): 2093-2102.
- 15- Lee J, Park YS. Proximal junctional kyphosis: diagnosis, pathogenesis, and treatment. *Asian Spine J* 2016; 10(3): 593-600.
- 16- Li Y, Gold M, Karlin L. Proximal junctional kyphosis after verti- cal expandable prosthetic titanium rib insertion. *Spine Deformity* 2013; 1: 425–433.
- 17- Maruo K, Ha Y, Inoue S, Samuel S, et al. Predictive factors for proximal junctional kyphosis in long fusions to the sacrum in adult spinal deformity. *Spine* 2013; 38: E1469-1476.
- 18- O’Shaughnessy BA, Bridwell KH, Lenke LG, Cho W, Baldus C, Chang MS, Auerbach JD, Crawford CH. Does a long-fusion “T3-sacrum” portend a worse outcome than a short-fusion “T10-sacrum” in primary surgery for adult scoliosis? *Spine* 2012; 37: 884-890.
- 19- Trout AT, Kallmes DF, Kaufmann TJ. New fractures after vertebro- plasty: adjacent fractures occur significantly sooner. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006; 27: 217–223.
- 20- Verlaan JJ, Oner FC, Slootweg PJ, Verbout AJ, Dhert WJ. Histologic changes after vertebroplasty. *J Bone Joint Surg* 2004; 86-A: 1230–1238.
- 21- Wang J, Zhao Y, Shen B, Wang C, Li M. Risk factor analysis of proximal junctional kyphosis after pos- terior fusion in patients with idiopathic scoliosis. *Injury* 2010; 41: 415-420.
- 22- 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* 2010; 35: 138–145.
- 23- Yagi M, Akilah KB, Boachie-Adjei O. Incidence, risk factors and classification of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis. *Spine* 2011; 36: E60–8.
- 24- Yagi M, King AB, Boachie-Adjei O. Incidence, risk factors, and natural course of proximal junctional ky- phosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis. Minimum 5 years of follow-up. *Spine* 2012; 37: 1479-1489.

17. Gelişimsel Displastik Spondilolistezis

İ. Teoman BENLİ, Doğaç KARAGÜVEN, Yunus ATICI

GİRİŞ

Spondilolistezis, Yunanca “omurga” anlamına gelen “spondilo” ve “kayma” anlamına gelen “olistezis” kelimelerinin birleşiminden oluşmuş olup, omurganın, bir omurga üzerinde tüm yumuşak doku ve kemik yapılarla birlikte öne doğru kaymasını ifade etmektedir⁽¹⁵⁾. Spondilolistezis terimi, ilk kez 1854 yılında Kilian tarafından kullanılmıştır^(32,38). Ancak hastalık Kilian’dan çok önce, 1782 yılında, 5. lomber omurun, sakrum üzerinde öne kayması sonucu pelvik çıkımı daraltarak güç doğuma yol açan bir antite olarak, gebe bir kadında, Belçikalı bir kadın doğumcu olan Herbineaux tarafından tanımlanarak rapor edilmiştir.

1932 yılında Capaner, spondilolistezisin iki tipini tanımlamıştır. En sık görülen tipinin pars defekti olan hastalar olduğunu, bundan daha seyrek olarak görülen tipinin ise bir pars defekti olmaksızın görülen spondilolistezis tipi olduğunu rapor etmiştir⁽¹⁰⁾.

1963 yılında Newman, 319 spondilolistezis vakasının 15 yıllık takip sonuçlarına dayanarak bir sınıflama yapmıştır⁽⁵²⁾. Newman, hastaları iki grupta toplamıştır. Birinci grup hastada, ki bu 319 hastanın 164'ünü oluşturan gruptur, bir pars defekti olduğunu saptamıştır. Newman, bu defekti erime anlamına gelen "lisis" terimi ile adlandırmıştır. İkinci grubun ise sakrumdaki ve/veya 5. lomber omurgadaki bir displazi (gelişim bozukluğu) sonucu faset ekleme meydana gelen bir yetmezlik nedeniyle ortaya çıkan subluksasyon veya çıkık sonrasında gelişen spondilolistezisli vakalardan oluştuğunu saptamıştır⁽⁵²⁻⁵⁵⁾.

1982 yılında, Marchetti ve Bartolozzi, yeni bir sınıflama yapmışlardır. Bu sınıflamada Wiltse sınıflamasından farklı olarak, iki ana grup vardır. Bunlar gelişimsel ve akiz tiplerdir. İstmik ve displastik tipler, lisis veya elongasyonla birlikte olsun olmasın gelişimsel spondilolistezis başlığı altında toplanmıştır. Travmatik, patolojik, postoperatif ve dejeneratif spondilolistezis tipleri ise akiz grup içinde değerlendirilmiştir. Marchetti ve Bartolozzi, 1994'te sınıflamalarını geliştirmişler ve son halini vermişler, bugün için kabul bulan son sınıflamayı rapor etmişlerdir. Bu sınıflamada, özel olarak kayan omurun sakrum ile yaptığı aç göz önüne alınarak, yüksek (high) ve düşük (low) displastik gelişimsel tiplerin tanımlanması, önemli bir yenilik olarak yerini almıştır⁽⁴⁸⁾.

6 yaşından itibaren spondilolistezisle birlikte veya sadece spondilolizis görülme sıklığı % 4.4 iken 18 yaşında % 6'ya çıkar^(21,75). 6 yaşın altında nöral arkta litik defekt nadiren görülür. En erken spondilolizis saptanan hastanın 3 aylık olduğu belirlenmiştir⁽⁴⁾. Erişkinlerde de görülme sıklığı, yaş grupları ve etnik özelliklere göre değişmekle birlikte yaklaşık % 6'dır. Güney Afrikalıların iskeletlerinde % 3.5, Eskimolarda ise % 50 sıklık rapor edilmiştir^(6,11,65).

Virta ve arkadaşları, Finlandiya'da 45-64 yaşlar arasında rasgele seçilen 1100 kişiyi incelemişler erkeklerde % 7.7, kadınlarda % 4.6 sıklık olduğunu saptamışlardır⁽⁷⁰⁻⁷¹⁾. Ford ve Goodman, bel ağrısı olan 1600 hastanın radyolojik incelemesine göre, spondilolistezisin % 7 sıklıkta görüldüğünü rapor etmişlerdir. Bu çalışma, erişkin orta yaşlarda sıklığın sabitlendiğini, 40-50 yaştan büyük hastalarda dejeneratif etiyojolojiye bağlı vakalarda artış olduğunu göstermiştir⁽²⁰⁾. Erişkin istmik spondilolisteziste, erkek-kadın görülme oranı yaklaşık 2:1'dir⁽¹¹⁾.

Displazik tip spondilolistezis, kadınlarda erkeklerden daha sıktır. Dandy ve Shannon, hastalarının % 67'sinin kadın olduğunu bildirmiştir. Hereditenin önemli bir etyolojik faktör olabileceği ileri sürülmüştür⁽¹²⁾. Wynne-Davis, lizissiz gelişimsel spondilolistezis olan 147 hastada, edinsel spondilolitik spondilolistezis ile birinci derecede akrabalık tespit etmiştir⁽⁷⁶⁾.

Displazik tipteki spondilolistezisi olan hastalar, edinsel spondilolitik spondilolistezisli hastalara göre daha genç yaşta başvurur ve tedavi görürler. Newman'ın serisinde 66 hastanın 29'unda, semptomların 19 yaşından önce başladığı bulunmuştur⁽⁵²⁾.

Gerçek lomber lordoz ve iki ayak üzerinde yürüyüş predispozan faktörlerden sayılabilir. İki ayak üzerinde yürümeyen diğer primatlarda, pars lizisine veya elongasyonuna rastlanmamaktadır. Lomber lordoz, insanlara özgüdür ve hem düzleşmiş omurga, hem de aşırı lomber lordoz, pars defektlerine yol açabilen anormal streslere neden olabilmektedir^(38,61). Her ne kadar erişkinde spondilolistezis her zaman listezisin olduğu aralıkta disk dejenerasyonu ile birlikte görülse de, L5-S1 arasındaki kaymada kural olmaması bir paradoks sayılabilir. Cerrahi dekompresyon sonrası iyatrojenik olarak da olabilir. Bu, etkilenen faset eklemlerin çevre yumuşak doku ve ligamentlerinde elastisitenin azalması ve eklem sertliğinin bozulması ve rotasyonu ile meydana geliyor olabilir. Normalde bu anitrosiyonel faktörler, spondilolistetik segmenti stabilize eder. Ancak, L4-5 spondilolistezis ile birlikte görüldüğünde bu seviyede instabiliteye karşı ciddi bir eğilim olur. Bu L5-S1'e göre L4-5'te rotasyonel, aksiyel ve yarıcı kuvvetlerin artmış olması nedeniyledir⁽³⁸⁾.

PATOMEKANİK

Vücudun ağırlık merkezi, lumbosakral eklem anteriorunda yer almaktadır. Bunun sonucunda, lomber omurga öne kayma ve sakral kubbe etrafında öne doğru rotasyon yapma eğilimindedir. Normal omurgada, L5 inferior faset eklemi, S1 superior faset eklemlerine dayanmakta, kayma ve dönme hareketlerini engellemektedir. Spondilolistezisin karakteristiği olan pars defekti veya uzaması, inferior fasetleri L5'ten ayırarak lomber omurganın kaymasına neden olur. Lumbo-sakral disklere etki eden anterior

makaslama kuvvetleri, ilerleyici disk dejenerasyonuna, anterior kolon yükseklik kaybına ve lumbosakral kifoza neden olur. Hastanın yaşına bağlı olarak ise, L5 ve sakral yapı, sakral lordozun derecesi ve ligamentöz laksitenin miktarına bağlı olarak deformite ilerler veya sabit kalır ^(18,25).

Spondilolistezisli çocukların % 15'inde, kayma vertebra korpusunun % 50'sinden fazlasına ilerleyecektir ^(18,37). Beşinci lomber vertebranın arka kısmı, S1 vertebranın önünde sabit hale gelir. Aksiyel yüklerin bu kadar küçük bir alana yoğunlaşması L5'in postero-inferior kısmını ve anterosuperior sakrum köşesini hasara uğratabilir veya yeniden şekillenmesine neden olacaktır. Sonuç trapezoidal veya kama şekilli L5 omur gövdesi ve yuvarlaklaşmış sakrum kubbesi olacaktır. Bu geometri oluştuğunda ise, anterior lomber eğim artar ve ilerleyici lumbosakral kifoza birlikte lomber omurga sakral kubbe üzerinde döner ^(18,33).

L5 omuru, sakral desteğini kaybedince pelvis içine doğru ilerler. Spondiloptozis tanımı, ayakta dururken çekilen yan grafilerde, tüm L5 omur gövdesinin sakrum kubbesinden çizilen horizontal çizginin altında olması durumu olarak tanımlanır. L5 gövdesi, sakrum kubbesinin 2-3 cm altına inerek, L5 sakrumun anterior korteksine dayanana kadar kifoza döner. L5'in dikey aksı, zemin ile paralel olur. L5 in sakrum proksimali üzerinde oluşturduğu arka kısım basıncı sayesinde ise, sakrum dikey inklinasyonunun ilerlemesine yol açar ⁽¹⁸⁾.

Hastanın dik durabilmesi için ise, lumbosakral kifozu kompanse etmesi gerekir. Bu kompensasyon birkaç yolla sağlanır. Birincisi; hasta lomber omurgasını maksimum lordoza getirir. Hiperlordoz nedeniyle L4-5 retrolistezis oluşur, torakolomber omurganın lordotik olmasına bağlı olarak da göğüs kafesi ön-arka çapı daralır. İkincisi, hamstring ve iliopsoas kasları pelvisi daha dik pozisyona getirmek için kasılır. Eğer hiperlordoz ve pelvik ekstansiyon yeterli değilse, hastalar kalça ve dizlerini fleksiyona getirerek dik postür ve sagittal dengeyi kurmaya çalışırlar. Lumbosakral kifoz (kayma açısı) ve kompensatuvar torakolomber hiperlordoz, klinik olarak alt göğüs kafesinin öne çıkması ve düzleşmiş glutealler spondilolistezisin karakteristikleridir ^(18,38).

İlerlemiş deformite genellikle gövdenin kısalması ile görülür. Bu, L5'in sakrum üzerinden pelvise kayması ile birlikte, kompensatuvar torakolomber lordoz ve lumbosakral kifozun akordion etkisi nedeniyle

olur. Gövdenin yükseklik kaybı ise bel çizgisinin ve belirgin katlantıların yokluğu gibi klinik bulgulara neden olur. Ek olarak, spondilolistezisli hastalarda, abdominal ve erektr spinal kaslarında % 12-40 güç kayıpları görülür. Bunun nedeni ise bu kasların boylarının kısalmasıdır.

Yüksek evre spondilolisteziste ve spondilopitoziste ise; göğüs kafesinin ön kısımlarının iliak kanat üzerine dayanması ek problemlere neden olur. Buna ilaveten gövde yükseklik kaybının da oluşu; gövde eşitsizliğine neden olmaktadır. Bu durum ve bel çizgilerinin yokluğu, yüksek evre spondilolistezisi olan genç bayanlarda, kozmetik olarak sorun oluşturmaktadır (18,38).

Radiküler ağrı ve değişken derecelerdeki sinir kökü disfonksiyonları cerrahi gerektiren spondilolistezisli hastaların yaklaşık yarısında mevcuttur (45,46). L5'in sakrum üzerinden öne translasyonu, sakral kökleri posterosuperior sakral son plak üzerinde gerer. Eğer hızlı kayma olursa, barsak ve mesane disfonksiyonuna yol açan kauda ekina sendromuna neden olabilir. Daha sıklıkla 5. lomber kökler, L5 foramenine yaklaştıkça sıkışma artar. Tipik olarak ise, pars defektini dolduran fibrokırdak veya komşu osteofit üzerinde tuzaklanma olur (Şekil-1) (18,25).



Şekil-1. L5 kökünde tuzak sendromu

SINIFLAMA

Spondilolisteziste sınıflandırma bilimsel olmanın yanında pratik de olmalıdır. Doğru yapılan sınıflandırma vakanın klinik ciddiyeti, prognozunu, terapötik seçeneklerini anlamada yardımcıdır. Bütün bu nedenlerle sınıflandırma açık, basit, kapsamlı ve kesin kriterlere dayandırılmalıdır. Bugüne kadar yapılan sınıflamalara bakıldığında, tüm sınıflamalar etiyopatogeneze yöneliktir. Hâlihazırda kabul edilen sınıflamalar bu nedenle nihayi bir evrensel biçime ulaşamamıştır, diyebiliriz.

Spondilolistezis sınıflaması, birçok yazar tarafından gözden geçirilmiştir. Günümüzde evrensel olan ve en çok kabul gören sınıflama Wiltse, Newman ve MacNab'ın yapmış olduğu sınıflamadır ⁽⁷³⁾.

Tablo-1. Wiltse-Newman-Macnab Sınıflandırması (1976)

1. Displastik
2. İstmik; yorgunluk kırığı, elongasyon veya akut kırığa bağlı
3. Dejeneratif
4. Travmatik
5. Patolojik

Displastik spondilolistezis, sakrumun üst kısmının ve L5 nöral arkın displazisi nedeniyle oluşur. Genellikle pars elonge olur ya da ayrılır. İlk sakral veya en alt lomber vertebrada major konjenital değişiklikler görülür, pars çok az gelişmiştir ve birçok vakada sakrum veya L5 vertebra defektli oluşur. Sakrumun çatısında aşırı yuvarlaklaşma veya L5 omurda trofozoid şekil bozukluğuna rastlanılır. Bu durum zaman içinde belli derecelerde kaymaya neden olabilir ^(38,48).

İstmik spondilolisteziste, en önemli özellik lezyonun yeridir. L5 vertebrada şekil değişiklikleri gibi sekonder değişiklikler görülebilir, ancak esansiyel etyolojik faktör değildir. Bu form üç alt tipe ayrılır. Alt

tip-A, stres kırığına bağlı parsın ayrılmasıyla oluşur ve 50 yaş altı kişilerde en sık görülen tiptir. Alt tip-B, parsın ayrılmaksızın elonge olmasıdır; parsın tekrarlayıcı mikrofraktürlerinin kendiğinden iyileşip parsı elonge etmesi ve vertebra eğiminin öne kayması sonucu oluşur. Alt tip-C ise parsın akut ve ciddi kırıklarında ortaya çıkar (Şekil-2) ^(16,73).



Şekil-2. Pars defekti izlenen spondilolistezisli hastanın ön-arka-yarı grafi

Dejeneratif spondilolistezis kronik intersegmental instabiliteyle birlikte kaymış vertebranın artiküler proseslerinin yeniden şekillenmesi nedeniyle gelişir. Bu tip spondilolistezis genelde 50 yaş üstü kadınlarda daha sık görülür. Tutulan vertebra sıklıkla L4-L5'tir ve kayma % 30'u geçmez (Şekil-3) ^(16,38,73).



Şekil-3. Dejeneratif spondilolistezisi olan hasta N.E.'nin, a) ön-arka, b) yan grafi ve c) sagittal MR görüntüleri.

Travmatik spondilolistezis kemik kancanın akut ciddi kırıklarında ortaya çıkar ve her yönü tutabilir. Düzeltme genelde basit immobilizasyonla sağlanır. Patolojik spondilolistezis lokal veya generalize kemik hastalığına bağlı oluşan kemik kanca lezyonlarının sonucudur ⁽⁷³⁾.

Wiltse ve arkadaşlarının sınıflamasının birkaç sınırlaması mevcuttur. Bu sınıflama etyolojik ve topografik kriterlere dayanır, ayrıca sıklıkla rastlanan operasyon sonrası formlar sınıflamaya dâhil edilmemiştir ve tüm vakalar için kesin, anlaşılır bir tanımlama getirememiştir ⁽⁴⁸⁾.

1982'de Marchetti ve Bartolozzi, spondilolistezis için yeni sınıflama geliştirmişlerdir. Bu sınıflama, diğer sınıflamaların bir gözden geçirilmesi şeklindedir. Bu sınıflamanın temel olarak Wiltse sınıflamasından farkı, hastalığı iki grup altında incelemesidir. Birinci grup GELİŞİMSEL, ikinci grup ise EDİNSEL (akiz) nedenlere bağlı spondilolistezis olarak ayrılmıştır. Gelişimsel tip, lizise, elongasyona bağlı ve travmatik olarak üç alt grupta incelenmiştir. Edinsel tip ise idiopatik, dejeneratif ve patolojik alt gruplarına ayrılmıştır ⁽⁴⁸⁾.

Marchetti ve Bartolozzi, 1994 yılında sınıflamalarını geliştirdiler ve bu sınıflamada iki önemli değişiklik yaptılar. Birincisi travmatik spondilolistezisi edinsel grup altında incelediler, ikinci olarak postoperatif spondilolistezisi de tanımladılar. Marchetti ve Bartolozzi, bu yeni sınıflamada tüm displastik tipleri tek bir geniş grup içinde müteala etmek gerektiğini iddia ettiler. Hastaların en erken 6 yaş üzerinde olduğunu olası defektin konjenital olma şansının neredeyse hiç olmadığını ifade ettiler. Diğer kemik hastalıklarında, örneğin gelişimsel kalça çıkığında olduğu gibi bazı predispozan faktörlerin herediter olabileceğini, ancak hastalığın konjenital değil gelişimsel olduğunu rapor ettiler. Buna göre kemik kanca yetmezliğine yol açan, kemik displazisinin ancak predispozan bir faktör olabileceğini, anormal yarıcı kuvvetlerin kaymaya yol açtığını ileri sürdüler. Ayrıca, lomber omurların cisimlerinde görülen trofozoid şekil bozukluğunun ve sakrum çatısındaki yuvarlaklaşmanın sekonder kemik değişiklikler olduğunu bildirdiler ⁽⁴⁸⁾.

Tablo-2. Marchetti-Bartolozzi Sınıflaması

1982	1994
GELİŞİMSEL	GELİŞİMSEL
Lizise bağlı	Yüksek displastik
Elongasyona bağlı	Lizisle birlikte
Travmatik	Elongasyonla birlikte
Akut fraktür	Hafif displastik
Stress kırığı	Lizisle birlikte
	Elongasyonla birlikte
EDİNSEL	EDİNSEL
İatrojenik	Travmatik
Patolojik	Akut fraktür
Dejeneratif	Stress kırığı
	Post-cerrahi
	Direk cerrahi
	İndirek cerrahi
	Patolojik
	Lokal patoloji
	Sistemik patoloji
	Dejeneratif
	Primer
	Sekonder

Gelişimsel etkenler, farklı derecelerde spondilolistezis gelişimine yol açabilir. Gelişimsel displastik lezyon doğumdaki aşikâr spondilolistezisi belirtecek kadar konjenital değildir. Tek konjenital özellik yüksek ya da düşük derecedeki displazidir. Spondilolistezisin yeri ve ciddiyeti spinal kolonun yük taşıması, büyümesi ve disklerin ve ligamanların dejeneratif süreçlerinden sonra değerlendirilebilir ^(38,48).

Lokalize konjenital displazi, belli kemik kancada morfolojik özellikte bozukluklarla belirlenir, bu vakalarda spondilolistezis başlangıcı diğer faktörlerle tetiklenebilir. Bu durum doğumdan sonra dikkati çekebilir. Tam inceleme ile fetusta yokluğu veya neonatallerde nadir olması saptanabilir. Spondilopitozisle birlikte lizis, elongasyon, L5 vertebra ve sakrumun üst kısmındaki kemik kancaları tutan defektler aynı kongenital nedenlerle birlikte saptanır. Bu formları ayıran ise morfolojik değişikliklere yol açan kongenital defektin derecesidir, bunda yalnız lezyonun yeri ve süresi değil, fetal gelişimde ortaya çıkma periodu da önemlidir ^(16,38,48).

Kongenital defektin genetik olup olmadığı konusunda kesin bir şey söylenemez, ancak bazı ailelerde ortaya çıkması, Eskimolar gibi bazı toplumlarda sık görülmesi ve belli seviyelerde ortaya çıkışı bu durumu desteklemektedir. Diğer yandan spondilolistezis insidansının, birçok talidomidle ilişkili deformiteleri olan kişilerde artmış olması, defektin primer nedeninin intrauterin gelişimde varolan genetik olmayan bir faktör olduğunu düşündürmektedir. Kesin olan ise gelişimsel formlarda, primer lezyonun, yalnız daha önce açıklandığı gibi konjenital olduğu, ancak omurga kaymasının yani spondilolistezisin doğumdan sonra bazı dış etkenlerle geliştiğidir ⁽⁴⁸⁾.

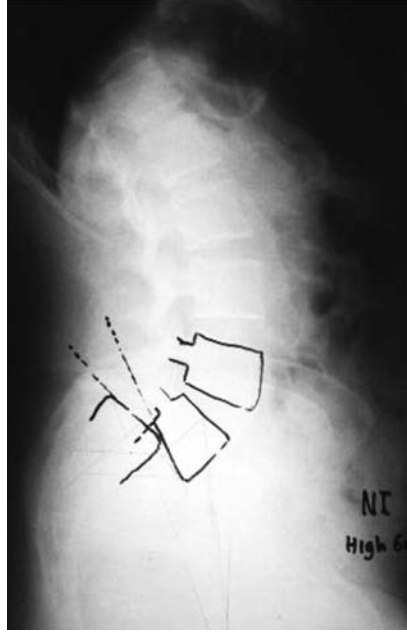
Marchetti ve Bartolozziye göre, kalçanın konjenital çıkığı morfolojik açıdan değişiklikler gösterebilir. Bu formların hepsinin aynı genetik veya prenatal sebeplerle ortaya çıktığı ise tartışmasıdır. Morfolojik farklılıklara rağmen sebep olan etken bulunabilir. Marchetti ve Bartolozzi: "Niye aynı şey spondilolistezis için de geçerli olmasın?" diye sormaktadırlar. Onlara göre: hem teorik hem de pratik açıdan vertebranın kemik kancasının belli bölgesinin lizis veya listezisi ise farklı olarak değişik nedenlerle ortaya çıkabilir ⁽⁴⁸⁾.

Marchetti ve Bartolozziye göre nöral arkin elongasyonu, lizis, pitozis ve spondilolistezis aynı nedenin kantitatif ve morfolojik olarak farklı sonuçları şeklinde yorumlanmalıdır. Bu ise literatür ve bu yazarların kişisel deneyimlerine göre, spondilolizis veya spondilolistezisin muhtemel başlangıcının erken yaşlarda olması ile desteklenmektedir ⁽⁴⁸⁾.

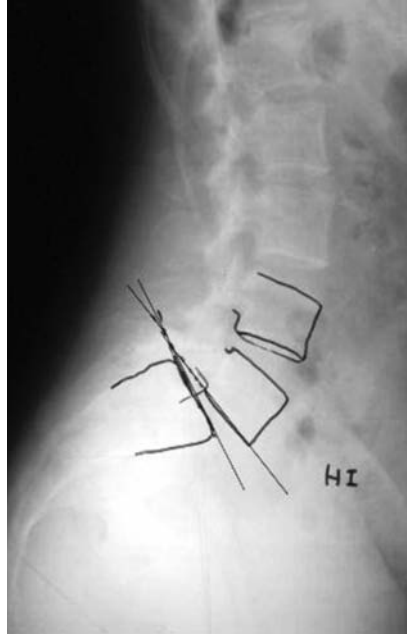
Sonuç olarak, Marchetti ve Bartolozzi Sınıflaması, Wiltse ve arkadaşlarının tanımladığı spondilolistezisin displastik ve istmik formlarını tek bir gelişimsel kategoride klasifiye edilmesini savunmaktadır. Ayrıca istmik formların anatomik olarak ayrılmaları ve sık görülmeleri nedeniyle farklı bir antite olarak alınması gerekliliğini sorgulamaktadır ⁽⁴⁸⁾.

İstmik lezyonların sıklığı, mekanik stresle, parsta kemik kancanın diğer kısımlarına oranla daha fazla görülmesiyle açıklanabilir. Pars kuvvete karşı daha az dayanıklı olduğundan lizise yatkındır. Lizisin bazı formları edinseldir (örneğin jimnastikçilerde ve haltercilerde görülebilen akut travmatik veya stres lizisi) ve daha önce normal olan kemik yapıda ortaya çıkar; öbür taraftan istmik lizis primer (gelişimsel spondilolistezis) veya sekonder (edinsel spondilolistezis, tümörler vs.) patolojiyle gelişebilir. İlk önce mekanik faktörler en önemliyen, ikinci olarak alta yatan nedenler önem taşır. Bu nedenle Marchetti ve Bartolozzi, Wiltse ve arkadaşlarının istmik spondilolistezis tanımını, ayrı bir antite olarak almalarına karşı çıkmaktadırlar. Bazı formlar, gelişimsel formları içeren displastik olarak ayrılmalyken diğerleri edinsel formların (travmatik, patolojik) içine dâhil edilmelidir ^(48,73).

Gelişimsel formlar kategorisi, spondilolistezis vakalarının çoğunu içermektedir. Marchetti ve Bartolozzi, bu sınıflamada getirdikleri diğer bir yenilik ise gelişimsel formların yüksek (high) displastik ve alçak (low) displastik olarak ayrılmasıdır. Marchetti ve Bartolozzi'ye göre; büyüyen hastalar ve erişkinlerde, iki terim arasında klinik karakteristikleri, gelişimi ve tedavileri açısından açık farklılıklar mevcuttur. Büyüyen hastalar ve erişkin terimlerinden sırasıyla 20 yaş altı ve üstü hastalar kastedilmektedir. Yüksek displastik form iki vertebranın akslarının kifotik açılanmasıyla (lokalize kifozis) karakterizedir. Alçak displastik formlarda ise her zaman listezise komşu vertebra düzleminin tanjantı nerdeyse paralel olacak kadar translasyoneldir. Ayrıca, yüksek ve alçak formlarda parsta lizisle birlikte olanlar ve elongasyonla birlikte olanlar şeklinde ayırım yapılmaktadır. Bu farklar yalnız morfolojide değil, prognoz ve tedavideki farklılıkları da içermektedir ^(38,48,73) (Şekil-4,5).



Şekil-4. Hasta N.I., 4. derece kaymaya sahip gelişimsel spondilolistezise sahip olup, lumbosakral açısı (LSA) kifotik olarak bulunmuştur. Marchette-Bartholozzi sınıflamasına göre yüksek displastik spondilolistezis olduğu düşünülmüştür.



Şekil-5. Hasta H.I., % 50 kaymaya sahip gelişimsel displastik spondilolistezise sahip olup, lumbosakral açısı (LSA) lordotik olarak ölçülmüştür. Marchetti-Bartholozzi sınıflamasına göre düşük displastik spondilolistezis olduğu düşünülmüştür.

Yakın zamanda, Herman ve Pizzutillo, spondilolistezisin konservatif tedavisi için kullanılmak üzere, hem Wiltse hem de Marchetti ve Bartolozzi sınıflamalarını kombine ederek yeni bir sınıflama önermişlerdir ⁽¹⁰²⁾. Bu sınıflamada, yazarların, Marchetti ve Bartolozzi'nin sınıflama sisteminde karşı çıktıkları en önemli şey, gelişimsel spondilolistezis grubunu oluşturan hastalardır. Onlara göre gelişimsel spondilolistezis grubu, pars elongasyonu ve istmik defektleri içermeyen hastalardan oluşmaktadır. Ayrıca, bu sınıflama, Marchetti ve Bartolozzi'nin özellikle üzerinde durduğu, displazinin derece miktarını da içermemektedir. Bu sınıflamanın temel hedefi, travmatik ve gelişimsel istmik spondilolistezisin farklarını ortaya koymak ve konservatif tedaviye rehber olmaktır ^(28,38,48).

Mevcut bulunan hiçbir sınıflama sistemi spondilolistezisin cerrahi tedavisine rehber olacak şekilde özel olarak tasarlanmamıştır. Son olarak Marchetti ve Bartolozzi tarafından önerilen sınıflama sistemi, SRS tarafından kabul edilmiştir. Buna karşın, cerrahi tedavi planlanırken, Marchetti ve Bartolozzi sınıflamasında bulunanların dışındaki parametrelerin de önemli olduğu çok iyi bilinmektedir. Labelle'nin önemine değindiği gibi sagittal spinopelvik denge, spondilolistezisin patogenezi ve tedavisinde çok önemlidir ⁽³⁴⁻³⁵⁾. Mac-Thiong ve Labelle, 2006 yılında, çocuklarda ve adölesanlarda spondilolistezisin cerrahi tedavisi için rehber olabilecek yeni bir sınıflama yapmışlardır. Bu sınıflamanın özel hedefleri: 1- cerrahi algoritmayı yönlendirmek, 2- spondilolistezisi şiddetinin artışına göre sınıflamak, 3- yüksek ve düşük tip displastik spondilolistezis arasındaki farkları belirleyecek kriterleri açık olarak ortaya koymak, 4- sagittal spinopelvik denge ile ilgili son bilgileri birleştirmektir ⁽⁴³⁾.

Mac-Thiong ve Labelle, 1950–2005 yılları arasındaki literatürdeki tüm yayınlar "spondilolistezis" anahtar kelimesiyle taramışlar ve 3365 makale incelenmişlerdir. Sadece erişkin spondilolistezisi veya lumbosakral bölge dışındaki spondilolistezisleri içeren yayınlar inceleme grubundan çıkartılmıştır. Özellikle sınıflama için ilerleme için risk faktörleri, spinopelvik denge, sakropelvik morfoloji, displastik değişiklikler ve cerrahi tedaviyi içeren yayınlar detaylı incelenmiştir. Ayrıca 92 kitap bölümü de incelemeye dâhil edilmiştir ⁽⁴³⁾.

Mac-Thiong ve Labelle, öncelikle spondilolistetik kaymanın ilerleme (prognostik) faktörlerini belirlemişlerdir. Kaymanın ilerlemesi için, kadın cinsiyet, erken yaşta tutulum, tanı anında ciddi kayma, istmik olmayan tip, yüksek kayma açısı ve yüksek derecede kemik displazisini artmış riskler olarak belirlemişlerdir ⁽⁴³⁾.

İskelet maturasyonu tamamlanmamış hastada, yüksek kayma derecelerine ilerleme eğilimini değerlendirmek için lumbosakral kifoz/lordoz açısı kullanışlıdır. Kayma açısının 55 dereceden fazla değerleri (normal -10, 0 derece arası) ilerleme eğilimindedir ⁽³⁶⁾. Dubousset de, benzer şekilde, 100 dereceden az lumbosakral açı değerlerinin ilerleme eğiliminde olduğunu belirtmiştir ⁽¹⁷⁾.

Marchetti ve Bartolozzi, gelişimsel spondilolistezisin yüksek ve düşük displastik formları arasındaki ayrımın gerekliliğini belirtmişlerdir ⁽³⁶⁾. Yüksek derecede kemik displazisinin ilerleme için risk oluşturduğu ve cerrahinin sonuçlarına etkisi ve kaynamama riski kabul edilmiştir. Displastik değişiklikler stresin yönünü ve miktarını, posterior kemik kancanın ve anterior kolon yapılarının gücünü ve lumbosakral bileşkedeki büyüme sürecini değiştirir. Spina bifida okülta, faset aplazisi veya laminar aplazi gibi değişken miktarlarda displazi spondilolisteziste siktir. L5'in kamalaşması ve S1'in kubbeleşmesi sıklıkla oluşur ve sekonder adaptif değişiklikler olduklarına inanılır ^(16,38).

Mac-Thiong ve Labelle, spinopelvik denge ve sakropelvik morfolojinin önemini vurgulamışlar, literatür bilgileri doğrultusunda bazı varsayımlar ileri sürmüşlerdir. Özellikle Labelle'nin çalışmaları doğrultusunda, lomber lordozun azalması veya artışı, pelvisin açılanması ve pozisyonu (retrovert oluşu vb.) gibi özelliklere göre yüksek ve düşük displastik gelişimsel spondilolistezis vakalarını alt gruplara ayırmışlar, hangi grupta hangi cerrahi tedavinin daha başarılı olabileceği konusundaki saptamaları rapor etmişlerdir. En son olarak Spinal Deformite Çalışma Grubu (Spinal deformity Study Group-SDSG) sagittal spinopelvik dengenin önemini vurgulayarak ve sınıflamaya inkorpore ederek Mac-Thiong ve Labelle'nin ilk tarif ettikleri sınıflamayı ⁽⁴³⁾ modifiye etmiş ve yeni bir sınıflama geliştirmişlerdir. SDSG sınıflamasında kemikteki displazinin derecesini belirlemedeki zorluk nedeniyle kemik displazisi değerlendirme dışı

birakılmıştır. SDSG sınıflamasında spondilolistezis 6 tip olarak sınıflandırılmıştır ve bu tipleri belirlerken kaymanın derecesi ve pelvik insidens, sakral eğim, pelvik tilt, ve C7 sagittal dikey çizgisi kullanılarak değerlendirilen spinopelvik parametreler gözönüne alınmıştır. Bu sınıflamada düşük evreli spondilolistezis (Meyerding evre 0-2, kayma < %50) pelvik insidens'e göre 3'e ayrılır; düşük pelvik insidens (tip-1), normal pelvik insidens (tip-2), yüksek pelvik insidens (tip-3). Yüksek evreli spondilolistezis ise (Meyerding >3, kayma > %50); tip-4 (dengeli pelvis), tip 5 (dengeli omurga ile birlikte retrovert pelvis) ve tip 6 (dengesiz omurga ve retrovert pelvis) alt tiplerini içerir ⁽⁴⁶⁻⁴⁷⁾. (Tablo-3) Günümüzde bu sınıflama kabul edilebilir gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirliği olduğu için yaygın olarak kabul görmektedir. ⁽⁴⁴⁾

Tablo-3. L5-S1 spondilolisteziste SDSG sınıflaması

DÜŞÜK EVRELİ	YÜKSEK EVLERİ
Kayma derecesi < %50	Kayma derecesi > %50
Tip 1 (Fındıkkıran) $PI < 45^\circ$	Tip 4 Dengeli Pelvis
Tip 2 (Normal) $PI = 45^\circ - 60^\circ$	Tip 5 Retrovert Pelvis Dengeli Omurga
Tip 3 (Makaslama) $PI > 60^\circ$	Tip 6 Retrovert Pelvis Dengesiz Omurga

PI: Pelvik insidens

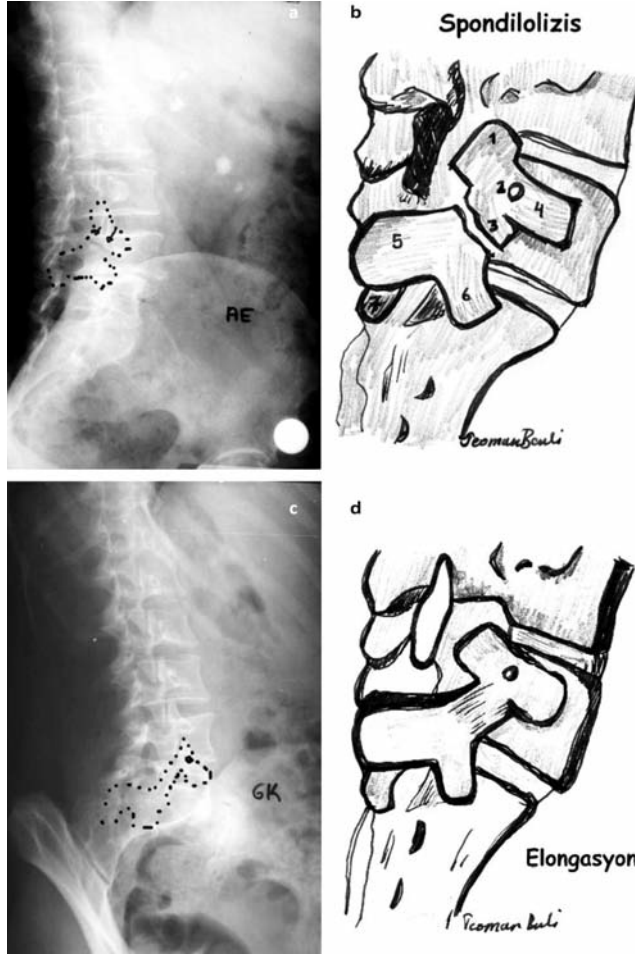
TANI YÖNTEMLERİ

Spondilolisteziste, konvansiyonel radyografiler, tanı koymak için genellikle yüksek oranda yeterlidir. Çekilen oblik grafilerde pars defekti saptanabilir. CT ve MR hem kemik yapıyı hem de disk protrüzyonlarını, spinal kanal ve foramenlerin durumunu görmek açısından yararlıdır. Sintigrafik yöntemlere genellikle füzyon sahasının değerlendirilmesi konusunda başvurulur. Elektrofizyolojik çalışmalar (Elektromyografi – EMG vb) nörolojik yakınması olan hastalarda basının yerinin saptanması için kullanılabilir ⁽³⁸⁾.

İlk kez bel ağrısı ile gelen veya bilinen spondilolistezisi olan bir hastaya ilk yapılacak radyografik inceleme ayakta ön-arka (AP) ve lateral lumbosakral radyografilerdir ⁽⁴⁰⁾. Lateral grafi pars bölgesindeki defekti ve kaymayı demonstre eder. AP grafi ise pars defektinin tek veya çift taraflı olup olmadığını, spina bifida okülta veya displastik L5 posterior elemanları gibi eşlik edebilecek diğer anomalileri gösterir. 30° sağ ve sol oblik grafilerle tek veya çift taraflı spondilolizis değerlendirilebilir ^(13-14,38,42). Parstadaki defekt yani spondilolizis en iyi bu grafide görülür (Şekil-7.a). Bu görünüm İskoç köpeği (Scottie Dog) olarak adlandırılmıştır. Şekil-7.b'de şematik olarak bu görünüm ve grafide köpeği oluşturan parçaların hangi anatomik yapılara karşılık geldiği görünmektedir. Şekil-7.c'de ise yine oblik grafide parsta uzama ile giden ve Afgan tazısına benzetilen elongasyon izlenmektedir. Şekil-7.d'de ise bu görünüm şematik olarak verilmektedir.

Ferguson veya 30° sefalik direkt grafi lumbosakral bileşke, L5 transvers proçes, sakral ala ve bu yapılar arasındaki bölgeleri gösterir. Sadece AP lumbosakral radyografi detay gösteremez. Supin pozisyonda ve ayakta fleksiyon-ekstansiyonda lateral grafiler, spondilolistezik seviye veya diğer seviyelerde hiper mobilite olup olmadığı hakkında bilgi verir. Ancak radyografik hiper mobilite düşük şiddetli kaymalarda görülmeyebilir ve prognostik olarak da çok önem taşımazlar. Fizik muayene sonrası istenirse koronal ve sagittal spinal dengeyi görüntülemek için büyük kasete AP ve lateral ayakta vertebra grafileri eklenebilir ^(38,40).

Lateral grafi, spondilolistezisin derecesi ve miktarını görüntülemek için idealdir ve birçok radyografik ölçüm de bu grafi üzerinden yapılır. Bunlar Meyerding'in kayma miktarını ifade eden derecelendirmesi, Taillard'ın kayma yüzdesi, Boxall'ın L5'in S1 üzerindeki kayma açısı veya sagittal rotasyon açısı, sakral inklinasyon veya sakral tilt, sakrohorizontal açı ve kayan vertebranın trapezoidal kamalaşmasıdır ^(5,38,49,66).



Şekil-7. a) Lateral oblik grafide parsta defektli giden spondilolizis izlenmektedir. Bu görünüm tipik olarak İskoç köpeği (Scottie dog) tasması olarak adlandırılmıştır. Şekilde sayılarla işaretli bölgeler aşağıda sayılan anatomik bölgelere karşılık gelmektedir. (1) Köpeğin kulağı: Süperior artiküler proçes, (2) Köpeğin gözü: pedikül, (3) Köpeğin boynu: pars (isthmus), (4) Köpeğin kafası: transvers proçes, (5) Köpeğin gövdesi: lamina ve spinöz proçes, (6) Köpeğin ön ayağı: inferior artiküler proçes, (7) Köpeğin arka ayağı: karşı taraf inferior artiküler proçes b) yine aynı şekilde çekilen grafide Afgan tazısı olarak adlandırılan elongasyon da görülebilir.

Meyerding, S1'in üst yüzeyinin 4 eşit parçaya ayırmış ve L5'in S1 üzerinde kaymasına göre 4 dereceye ayırmıştır⁽⁴⁹⁾. Burada L5 vertebranın inferior son-plağının posterior ucunun durduğu nokta nirengi alınır. Bu noktanın sakrumun üst son plağının bölünmüş alanlarından hangisinde duruyorsa (arkadan öne doğru 1., 2., 3. ve 4. dilimler) o dilimin sayısına göre kayma derecesi ifade edilir (Şekil-8).



Şekil-8. Meyerding'in kayma derecelemesi.

Meyerding sınıflaması, L5'in sakral son plak üzerinden anteriora translasyon miktarına göre yapılan bir sınıflamadır. 0-5 arasında derecelendirilir. Derece 0 translasyon olmaksızın pars defektidir (spondilolizis), derece I, % 0-25 arası kayma, derece II, % 25-50 arası kayma, derece III, % 50-75 arası kayma, derece IV % 75-100 arası kaymadır. Derece V ise L5 omurga cisminin tamamının sakrum üzerinden öne translasyonu, adeta öne düşmesidir ki spondilopitozis olarak da adlandırılır^(38,49,66-67).

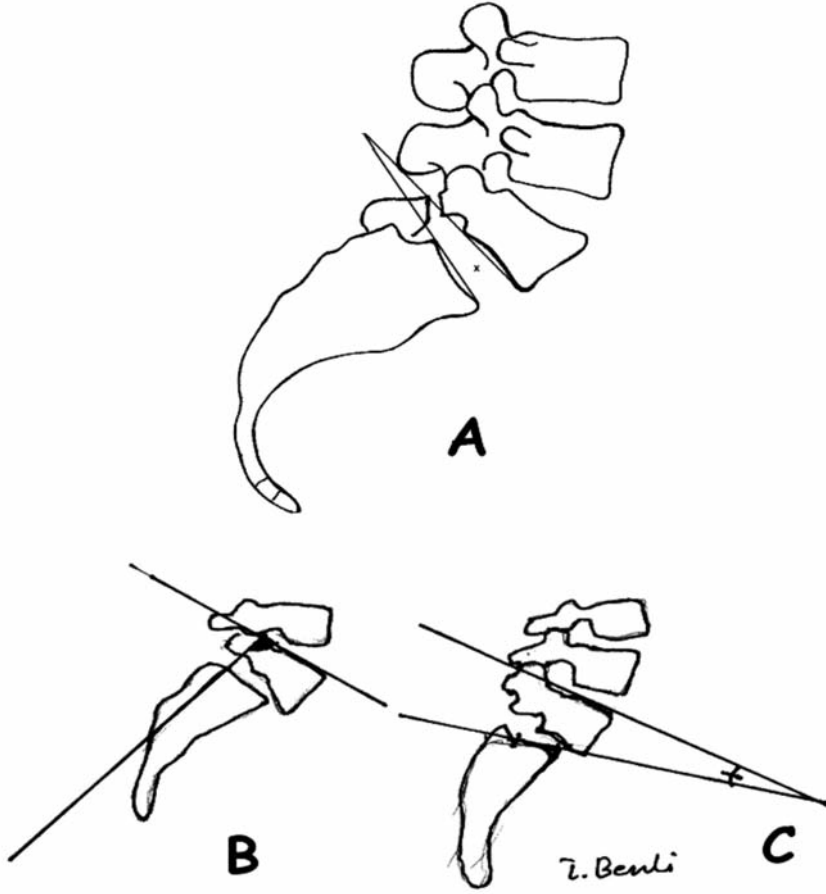
Taillard, ilk olarak kayma miktarını yüzde olarak ifade eden kişidir. Bu metod kayma miktarını hesaplamak için daha uygundur. Bu ölçümde, yine kayan omurun alt son plağının en posteriordaki noktası nirengi alınır. Bu nokta, üzerinde kayma olan alttaki omurun üst son plağında işaretlenir. Daha sonra bu noktadan üst son plağın posterior ucuna kadar olan mesafe milimetre cinsinden ölçülür, daha sonra üst son plağın toplam uzunluğu ölçülüp aşağıdaki formüle göre kayma yüzdesi hesaplanır^(16,38-39,66).

$$\text{Kayma Yüzdesi} = (\text{Kayma miktarı} / \text{Toplam son plak uzunluğu}) \times 100$$

Newman ise kaymayı sakrum üst yüzeyini 10'a bölerek kayma miktarını derecelere ayırmaktadır ^(16,53). Ancak son birkaç dekattır en çok kullanılan dereceleme Taillard'ın kayma yüzdesi yöntemidir ⁽¹⁶⁾.

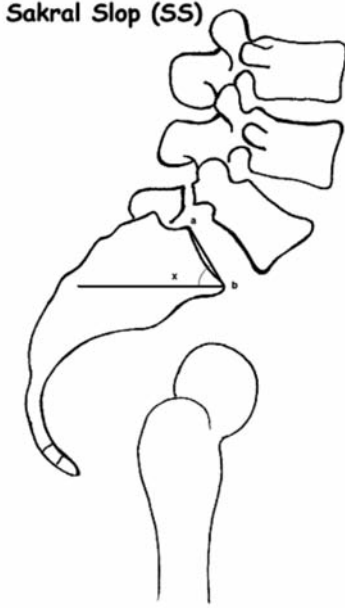
Kayma açısı veya başka bir deyişle **lumbosakral açı (LSA)**, L5 ile S1 arasındaki açılardır ilişkidir (Şekil-9.a) ^(38,63). Bu açı Boxall tarafından tarif edilmiştir ve açı kifozda pozitif, lordozda negatiftir. Açı kayan omurganın alt son plağından çizilen doğru ile alttaki omurun üst son plağından çizilen doğru arasındaki açıdır ⁽⁵⁾. Boxall'ın kayma açısının (slip angle) L5'in trofozoid şekil bozukluğunda ölçümü zor olup, hatalı değerlendirmelere yol açabilmektedir. Dubousset tarafından tariflenen lumbosakral açı (LSA) ise L5'in (kayan omur) üst son plağından çizilen çizgi ile sakrumun vertikal doğrultusundan çizilen doğru arasındaki açıdır. Açı 90° civarında ise lumbosakral bileşke açısının 0° yani fizyolojik sınırlarda olduğu düşünülür. Açının artışı lumbosakral bileşkede lordozun arttığına, açının azalması ise kifozun oluştuğuna işaret eder (Şekil-9.b) ⁽¹⁷⁾.

Spinal deformite çalışma grubu (Spinal Deformity Study Group-SDSG) içinde yer alan O'Brein, Kuklo, Blanke ve Lenke'nin tariflediği lumbosakral açı (LSA), Dubousset'in tariflediği lumbosakral açıdan daha farklıdır. Bu açı L5 (kayan omurun)'in üst uç plağına paralel çizilen doğru ile sakrum çatısının ön ve arka noktaları birleştiren doğru arasındaki açıdır (Şekil-9.c) ⁽⁵⁷⁾. Marchetti ve Bertolozzi sınıflamasında bu açının ölçümü gelişimsel spondilolistezisin tipinin belirlenmesi açısından çok önemlidir. Bu açı kifotik ise yani açının açıklığı posteriora dönük ve tepesi anteriorda ise bu yüksek displastik bir spondilolistezistir ve kayma progresif olmaya eğilimlidir. Bu açı lordotik veya 0° ise, yani kayan omurun alt son plağı ile alttaki omurun üst son plağı paralel veya bunlardan çizilen doğruların oluşturduğu açının açıklığı anteriora bakıyor ve tepesi posteriorda yer alıyorsa, bu tip kayma düşük displastik gelişimsel bir spondilolistezistir ve kayma genellikle progresif değildir ^(48,57).

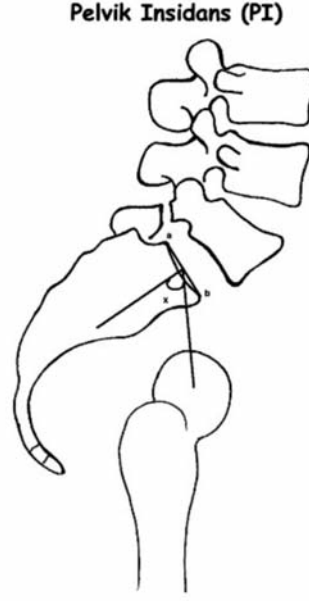


Şekil-9. Lumbosakral açı ölçümü: a) Boxall'ın kayma açısı, b) Dubouset'in lumbosakral açısı (LSA) ve c) SDSG (Spinal Deformity Study Group)'in tarfilediği LSA açısı ölçümü

Sakral inklinasyon (SI) ise vertikal çizgi ile sakrumun posterior yüzeyinin aksı arasındaki açıdır. **Sakrohorizontal açı (Sakral Slop(SS))**, sakrumun superior yüzeyi ile horizontal çizgi üzerinden geçen açıdır (Şekil-10) ⁽⁵⁷⁾. Tüm bu ölçümler kullanışlı olmasına karşın en sık kullanılan yöntemler kayma yüzdesi, kayma açısı ve lumbosakral kifoz açısıdır ⁽³⁸⁾.



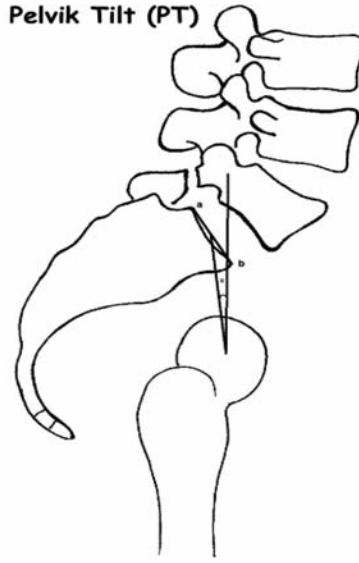
Şekil-10. Sakral slop (SS) açısı



Şekil-11. Pelvik insidans (PI) açısı

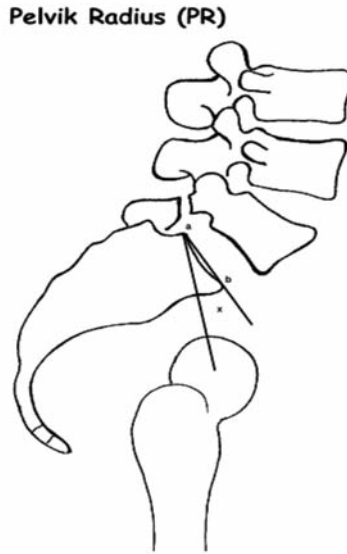
Pelvik İnsidans açısı (PI), sakral son plak orta noktasından femur başı merkezine çizilen doğru ile sakral son plağa dik doğru arasındaki açıdır (Şekil-11) ⁽⁵⁷⁾. Sakral son plak, sakrumun posterior superior köşesi ile anterior dudağı arasındaki doğruyu ifade eder. Eğer sakrum son plağı kubbe şeklindeyse yine aynı noktalar referans alınarak çizilen doğru kabul edilir. Pelvik insidans (PI) statik anatomik yapılarda ölçülür. Femur başları tam olarak üstüste gelmemişse iki femur başı merkezi birleştirilerek bu doğrunun ortasına sakral son plak orta noktasından bir doğru çizilerek aynı açı hesaplanır. Eğer femur başları tamamen ayrı ayrı görülüyorsa film oblik çekilmiştir ve bu açı hesaplanamaz ^(38,57,68).

Pelvik tilt (PT), femur başı merkezinden yukarı doğru çizilen dik doğru ile sakral son plağın orta noktasından femur başı merkezine çizilen doğru arasındaki açıdır (Şekil-12) ⁽⁵⁷⁾. Sakral son plak orta noktasından femur başı merkezine çizilen doğru, dik doğrunun posteriorunda kalıyorsa pelvik tilt pozitif (+), anteriorunda kalıyorsa negatif (-) olarak ifade edilir. Pelvik tilt, sakrum/pelvis ile femur başı arasındaki ilişkiye bağlı olduğu için pozisyonla (ayakta, otururken ve yatarken) ve lumbosakral fleksiyonekstansiyonla değişiklik gösterir ^(38,57).



Şekil-12. Pelvik tilt (PT) açısı

Pelvik radius açısı, sakrumun posterior superior köşesinden femur başı merkezine çizilen doğru ile sakral son plak arasındaki açıdır (Şekil-13) ⁽⁵⁷⁾. Femur başları tam olarak üstüste gelmemişse iki femur başı merkezi birleştirilerek bu doğrunun ortasına sakrumun posterior superior köşesinden bir doğru çizilerek aynı açı hesaplanır.



Şekil-13. Pelvik radius açısı

L5 insidans açısı, ölçüm pelvik insidansa benzer (Şekil-14). L5 üst son plağı, orta noktasından femur başı merkezine çizilen doğru ile L5 üst son plağına dik çizilen doğru arasındaki açıdır. Aynı açı L4 için ölçülürse L4 insidans açısı olarak adlandırılır⁽⁵⁷⁾.

L-5 İnsidans Açısı



Şekil-14. L5 insidans açısı

Sakral table açısı, sakral son plak ile S1 omurga cisminin posterior yüzeyine paralel doğru arasındaki açıdır (Şekil-15)⁽⁵⁷⁾.

Sakral Table (ST)



Şekil-15. Sakral table açısı

Şekil-15. Sakral table açısı.

SDSG çalışmalarında, sakral slop (SS), pelvik insidans (PI) ve pelvik tilt (PT) arasında açısal bir bağıntı da saptanmıştır (Şekil-16). Buna göre Şekil-16'de görüleceği gibi;

$$PT = y$$

$$PI = y + (PI - y)$$

$$(PI - y) + x = 90^\circ$$

$$SS + x = 90^\circ$$

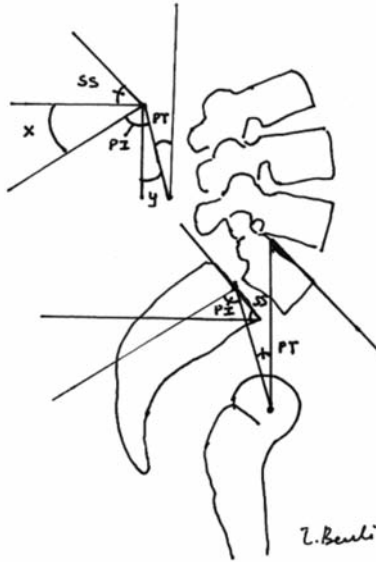
İki eşitlikte 90° 'ye eşit olduğundan

$$(PI - y) + x = SS + x$$

Y yerine PT konular ve eşitliğin iki tarafında x'ler silinirse

$$PI - PT = SS \quad PI = SS + PT$$

bulunur.



Şekil-16. Sakral slop (SS), pelvik insidans (PI) ve pelvik tilt (PT) arasındaki açısal bağıntı

Sonuç olarak pelvik insidansın sakral slop ve pelvik tilt açılarının toplamına eşit olduğu görülmüştür. Yani bir başka deyişle, pelvik insidans, yani pelvisin femur başına göre yönelimi, sakrumun çatısının yerle yaptığı açı ile femurun sakrum çatısına göre yerini belirleyen açılarının toplamıyla koreledir ⁽⁵⁷⁾.

Ayrıca L5-S1 ve diğer vertebralar arasından disk yüksekliği ölçülmelidir. L5'in S1'in anteriorunda olması nedeniyle bozulan sagittal aks nedeniyle bazen L4-5 arasında hafif retrolistezis görülebilir. Kronik durumlarda bazen disk mesafesinde kayba yol açan L5-S1 diskinde ciddi dejenerasyon görülebilir. Buna rağmen ayakta ve yatarak çekilen fleksiyon ekstansiyon lateral grafilerinde yine de bu seviyede hareket görülür⁽³⁸⁾.

Spinopelvik Denge ve Sakropelvik Oryantasyon

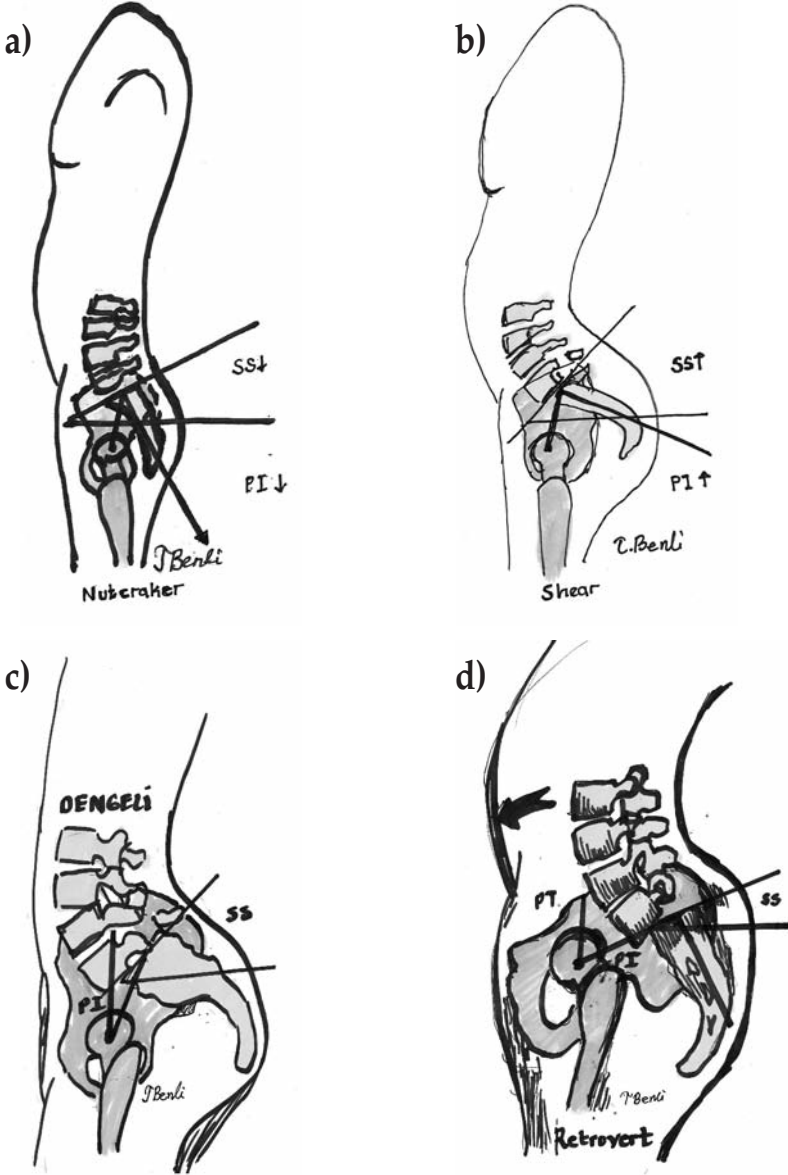
Son çalışmalar, spondilolistezisin patogenezi için sagittal spinopelvik denge ve sakropelvik anomalilerin etkilediğini belirtmektedir. Bu morfoloji ve oryantasyon lumbosakral bileşkedeki mekanik yükleri belirler. Mac-Thiong ve Labelle, pelvik insidans (PI), pelvik tilt (PT) ve sakral slope (SS)'un pelvisin morfoloji ve oryantasyonunu karakterize ettiğini bildirmişlerdir. 2006 yılında yayınladıkları yeni sınıflamalarında bu değerlendirmeyi temel almışlardır⁽⁴⁵⁾.

PI, her hastaya spesifik ve pelvisin üç boyutlu oryantasyonundan etkilenmeyen, gerçek bir morfolojik parametredir. Büyüme sırasında yavaş ilerleme eğilimindedir. PI'nın aksine PT ve SS pozisyonel parametrelerdir. Normal çocuk ve adolesanlarda PI ve SS lomber lordoz ve lomber tilt ile kuvvetlice ilgili iken, PI, SS ve PT'yi regüle eder⁽⁴⁵⁾.

Birçok çalışma, sagittal sakropelvik morfolojinin spondilolistezisli hastalarda durumuna göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Sakropelvik morfoloji pelvik insidans ve lumbosakral sagittal konturlar arasındaki fark spondilolistezisin şiddetiyle doğru orantılıdır. Yüksek PI değerleri, tipik olarak yüksek lomber lordozu olan hastalarda bulunur⁽⁴⁵⁾.

Spondilolizis ve düşük dereceli gelişimsel spondilolisteziste (Meyerding grade 0-2), Roussouly ve arkadaşları, yüksek PI değerlerinin yüksek SS değerleriyle (> 40°) beraber olduğunu ve L5-S1 diskinde artmış makaslama kuvvetlerine ve L5 pars interartikulariste artmış gerilmeye sebep olduğunu, düşük PI ve SS değerlerinde ise litik defektin fındıkkıran mekanizması olarak bilinen L4 ve S1'in ekstansiyon hareketleri sırasında L5 üzerinde tekrarlayan sıkışmalar (impingement) nedeniyle olabileceğini bildirmişlerdir⁽⁵⁹⁾.

Grup analizleri kullanıldığında Labella ve arkadaşları, düşük dereceli gelişimsel spondilolistezisli hastaları düşük PI/düşük SS grubu (fındıkkıran) ve yüksek PI/yüksek SS (makaslama) olarak iki alt gruba ayırarak incelemişlerdir (Şekil-17.a,b) ⁽³⁴⁻³⁵⁾.



Şekil-17. Lebel ve Hresko'nun yüksek ve düşük displastik gelişimsel spondilolisteziste tanımladığı alt grupları: a) Fındıkkıran, b) Makaslama, c) Rölatif dengeli, d) Retrovert pelvis tipleri görülmüyor.

Yüksek dereceli spondilolisteziste (Meyerding 3-4), Hresko ve arkadaşları, grup analizi kullanarak iki alt grup oluşturmuşlardır. Bunlar göreceli dengeli sakrum/pelvis (yüksek SS/düşük PI) ve retroverte pelvis/vertikal sakrumla karakterize, belirgin lumbosakral kifoz ve dengesiz sakrum/pelvis (düşük SS/yüksek PI) dur (Şekil-17.c,d) ⁽²⁹⁾. Sagittal spinopelvik dengenin değişik paternlerde bulunması, spondilolistezis biyomekaniğinin hastadan hastaya değiştiğini göstermektedir. Bu nedenle, her hastanın sagittal spinopelvik dengesi, progresyon ve tedavinin sonucunu belirlemektedir ⁽⁴⁵⁾.

Sakropelvik oryantasyon ve morfolojide olduğu kadar L5-S1 bileşkesinin bölgesel anomalileri de global sagittal dengeyi ve yürümeyi etkiler. İlerleyici spondilolistezisle birlikte, L5/sakropelvik dengesizliği kompanze etmek için spinal geometrinin modifikasyonu gerçekleşir. Genellikle, ağırlık merkezini kalçaların üzerinde tutmak ve dengeli postür sağlamak için lomber lordozda artış vardır. Bu ilk kompanzasyon mekanizması intervertebral segmental lordozun artışı ve/veya lordotik segmente daha fazla vertebranın katılmasıyla gerçekleşir. Her hasta için, kas aktivite ve kuvvetine, omurga çevresindeki yumuşak dokuların mekanik özelliklerine ve omurga ve göğüs kafesi anatomisine bağlı, artmış lomber lordoz vardır. Eğer maksimum lordoza ulaşırsa, hasta dengeli postürünü pelvisi retroverte ederek sağlamaya çalışır. Kalça fleksiyonu ve hamstring retraksiyonuyla sağlanan pelvis retroversiyonu, spondilolistezise sekonder sinir kökü veya kauda ekuina kompresyonuna karşı nörolojik bir kompanzasyondur ⁽⁴⁵⁾. İkinci kompanzasyon mekanizması, Hresko ve arkadaşları tarafından tarif edilen retroverte pelvis/vertikal sakrum (düşük SS/yüksek PT) dur ⁽²⁹⁾. Hasta, fikse pelvik insidansa sahip olduğundan, sakral slop pelvisin retroversiyonuyla düşmeye başlar ve sakrum vertikal hale gelir (Şekil-18.d). Bu iki kompanzasyon mekanizması sınıra ulaştığında hasta genellikle gövdenin öne eğilmesiyle karakterize sagittal dengesizlik geliştirir ⁽⁴⁵⁾.

Labella ve arkadaşları, yüksek dereceli spondilolistezisin enstrümante füzyonu ve parsiyel korreksiyonu sonrası pelvik tilt, lomber lordoz ve lomber lordoza giren vertebra sayısında belirgin düzelme olurken, sakral slopun belirgin arttığını göstermişlerdir ⁽³⁴⁾.

Spondilolistezisin cerrahi tedavisinde, yeterli spinopelvik dengenin restore edilmesi gereklidir. Daha önemlisi, kayma derecesinden çok lumbosakral kifozun düzeltilmesi gerekir. Bunun yanında lumbosakral lordozun düzeltilmesi L5 sinir kökü üzerindeki gerilimi de azaltacaktır⁽⁴¹⁾.

CERRAHİ TEDAVİNİN SAİTTAL DENGEGE ETKİSİ

Cerrahi tedavi, ciddi ağrı ve nörolojik yaralanmaların sebat etmesi, kaymanın progresif olması ve vertebral instabilitenin saptanması durumunda endikedir⁽¹⁶⁾. Cerrahi tedavinin bu anlamda temel hedefleri, daha çok hareketli segmentin korunması, bununla birlikte lomber hiper mobilitenin giderilmesi, normal bir aksta fizyolojik sagittal konturlara sahip lomber omur diziliminin oluşturulması, disk yüksekliğinin rekonstrüksiyonu, ağrı ve nörolojik yaralanmaların ortadan kaldırılmasıdır⁽³⁸⁾.

Spondilolistezisin tedavisi konusunda birçok çalışma yayınlanmasına rağmen, hali hazırda birçok konuda tartışma mevcuttur. En önemli tartışmalardan biri, hangi vakalara cerrahi tedavinin uygulanması gerektiği sorusuna aranan cevaptır. Diğer taraftan lumbosakral bir füzyonun yapılıp yapılmamasının hastalığın tedavisi veya klinik sonuçlar açısından gerekliliği de tartışılmaktadır. Füzyon uygulamaları, genellikle posteriordan uygulanan nöral dekompresyon uygulaması nedeniyle yetersiz füzyon alanı dezavantajına sahiptir⁽³⁸⁾. Posterolateral ve cisimler arası (interbody) füzyon teknikleri ile sirküferensiyel bir füzyon uygulamasının füzyon oranlarını arttırdığı bildirilmektedir^(1,30,33,37,50,51). Diğer taraftan literatür gözden geçirildiğinde genellikle füzyon başarılırsa, hastaların klinik yakınmalarında önemli bir düzelme olduğu ileri sürülmektedir^(3,26). Tartışılan konulardan bir diğeri ise, spondilolistetik kaymanın redükte edilip edilmemesinin gerekliliği konusudur.

Giesel ve arkadaşlarına göre, pars interartikularis psödoartrozu (spondilolizis) saptanan semptomatik hastada direkt tamir olasılığı düşünülmelidir. Direkt tamir, tek taraflı lezyonlarda olduğu gibi bilaterallerde de yapılabilir⁽²²⁾. Her ne kadar segmental füzyon bir seçenek olsa da, özellikle genç hastalarda hareketli segmenti olan normal anatominin restore edilmesi, daha iyi olabilir⁽³⁸⁾. Seçilen yönteme bağlı

olmaksızın, direkt tamir herhangi bir psödoartroz cerrahisinin basamakları olan debridman, otojen greffleme ve kırığa kompresyon uygulanmasını içermelidir. Burada iki önemli nokta vardır. Birincisi, direkt tamir 30 yaşından büyük hastalarda daha az etkilidir. İkincisi, spondilolistezisin varlığı bir miktar disk dejenerasyonuna neden olmaktadır⁽⁴⁸⁾. Direkt pars tamiri, başarılı olsa bile, kum üzerine ev inşa etmek gibi olacaktır.

Cerrahi tedavi için endikasyonlar, kalıcı bel ve bacak ağrısı, bel sertliği, hamstring irritabilitesidir. Ayrıca, bu hastalar, yüksek derecede spondilolistezisle sonuçlanabilen pars interartiküler edinsel spondilolitik defektlerin gelişmesine yatkındırlar^(16,48,61).

Literatürde spondilolistezisle ilgili çok sayıda çalışma olmasına karşın, lizissiz gelişimsel spondilolistezis ile ilgili çok az sayıda yayın vardır⁽⁶¹⁾. Newman, sadece in situ füzyonla genç hastalarda kaymayı durdurduğunu rapor etmiştir. 19 yaşından küçük 30 hastanın tümünde solid füzyon kitlesi tespit edilmiştir. Buna karşın, lizissiz gelişimsel spondilolistezisli hastalarda kauda ekinanın etkilenme potansiyeli yüksektir. % 25'ten az kayması olan çoğu genç hastada sakrum-L4 veya L5 arasında in situ füzyonla başarılı stabilizasyon sağlanmıştır⁽⁵⁵⁾. Teorik olarak, Wiltse tip paralomber kas-ayırma yaklaşımı sonraki instabiliteyi en aza indirger. L5 ve S1 arasındaki apofizyal eklemlerde ayrılmanın patoanatomik bulguları, her fasetin belirgin küçülmesiyle aynıdır⁽⁷⁴⁾.

Newman, ince sakrum üzerindeki orta hat yumuşak dokularının sıyrılmasının tehlikesine dikkat çekmiştir⁽⁵⁵⁾. L5'in laminası sakrum ortasındaki fibröz defekt üzerinde oturmaktadır. Tipik olarak lamina edinsel spondilolitik spondilolisteziste olduğu gibi gevşek veya zayıf değildir, ancak L5'in anteriora deplase olmuş cisim ve pediküleriyle devamlılık gösterir. Posterior lateral füzyon kitlesi, sakrumun kanatlarından L5 veya L4 ve komşu transvers süreçlerin superior artiküler fasetinin lateral yüzeyine uzanmalıdır. Aynı insizyonla iliak otogreft alınabilir. % 25'ten az kaymalarda füzyon sahası ortez veya korseyle korunmalıdır. % 25'ten fazla kayması olanlar nispeten daha fazla kauda ekuma sıkışmasına sahip olabilirler. İyi bir preoperatif nörolojik muayene şarttır. Ayak bileği refleksleri azalmış olabilir. Sakral

sinir innervasyonu, mesane ve rektal sfinkter kontrolü değerlendirilmelidir ⁽⁶¹⁾. Eğer L5 çok anteriora deplase ise ve L5'in posterior elemanları çok ince ise (tipiktir), Witse yaklaşımı ile bilateral lateral füzyon sakral kanatlardan L4 ve komşu transvers süreçlerin superior artiküler fasetlerine kadar uzanmalıdır ^(12,74). Preoperatif nörolojik defisiti olan hastalara yeterli dekompresyon ve in situ füzyon şarttır ⁽⁶¹⁾. Fokal dekompresyon tek sinir kökü defisitlerinde yapılabilir. Çok büyük kauda ekuina defisitleri için dekompresyonun şekli tartışmalıdır. L5 ve sıklıkla L4'ün de laminalarının rezeksiyonu, bilateral L5 sinir kökü foraminotomileri ve parsiyel superoposterior sakroplasti ve komşu L5-S1 diskektomisi gerekir. Dekompresyon yapılsa da yapılmasa da hastalar postoperatif 7-10 gün yatak istirahatinde tutulup, çift pantolon redüksiyon alçısında 4-6 ay tespit edilmelidir. Daha sonra tek pantolon alçısıyla toplam 6 ay lumbosakral eklem immobilizasyonu ile ambulasyona izin verilir. Cerrah daha sonraki kaymanın artabileceği konusunda uyanık olmalıdır ⁽⁶¹⁾. Schoenecker ve arkadaşları, 12 hastada cerrahi sonrası kauda ekuina sendromu geliştiğini, bunların 5'inde cerrahi yapılırken lizissiz gelişimsel spondilolistezis olduğunu ancak daha sonra lizis geliştiğini saptamışlardır ⁽⁶²⁾.

Cerrahide ilk soru, redüksiyonun yapılıp yapılmayacağı ve yapılacaksa ameliyat öncesinde mi yoksa ameliyat sırasında mı yapılacağıdır. Marchetti ve Bartolozzi'ye göre intraoperatif redüksiyonun sadece kaymanın % 30'dan az olduğu durumlarda güvenli olduğudur ⁽⁴⁸⁾.

Spondilolistezis bir vertebral cismin diğeri üzerinde subluksasyonu veya luksasyonu şeklinde olabilir. Ayrıca sadece iki vertebra arasında kifoz şeklinde de olabilir. Üçüncü bir seçenek ise spondilolistezisin translasyonel bir stenoz şeklinde görülebileceğidir ⁽⁴⁸⁾.

Teoride de olsa hangi şekilde olursa olsun cerrahi stabilizasyon öncesi deformite düzeltilmelidir. Ancak Marchetti ve Bartolozzi'ye göre hem adölesanlarda hem de erişkinlerde % 25-30'dan az kaymalarda preoperatif redüksiyon gerekli değildir. Yapılacaksa redüksiyon intraoperatif yapılmalıdır. Her ne kadar yapılabilir olsa da, erişkinlerde instabilitenin daha az ve preoperatif redüksiyonun daha zor tolere edilmesi nedeniyle nadiren uygulanmaktadır ⁽⁴⁸⁾.

İkinci soru spondilolistezisin preoperatif nasıl redükte edileceğidir. Marchetti ve Bartolozzi'ye göre longitudinal traksiyon, pelvisin posteroanterior derotasyonu ve lokalize posterior sakral basınç şeklinde üç kuvvet uygulanır. Redüksiyon sağlandıktan sonra redükte pozisyon cerrahi olarak da devam ettirilmelidir ⁽⁴⁸⁾. Bu nedenle;

1. Sakral bar ile Harrington metodu
2. Preoperatif redüksiyon, posterolateral artrodez ve postoperatif alçılama
3. Posterolateral artrodezle posterior enstrümantasyon
4. Anterior artrodez uygulanabilir.

Wiltse ve aynı görüşte olan birçok yazar, 1-2. derece spondilolistezisli erişkin hastaların cerrahi dışı tedavilerle tedavi edilebileceğini öne sürmüşlerdir ^(10,52). Bu hastalarda cerrahi için endikasyon konservatif tedaviye dirençli ağrıdır. Bu nedenle ağrının etyolojisi cerrahi planlama öncesinde iyi bilinmelidir ⁽³⁸⁾.

Bel ağrısı genellikle listezis seviyesindeki yapısal aks bozukluğundan kaynaklanmakla birlikte dejeneratif disk hastalığı, faset eklem artrozu ve diğer birçok sebepten de kaynaklanabilir ⁽³⁸⁾. Düşük dereceli spondilolisteziste cerrahi tedavinin öncelikli amacı, ağrıyı gidermektir^(9,16,24,27). Eğer füzyon yapılacaksa stabil ve solid bir artrodez avantajlıdır. Radiküler semptomların tedavisi, kauda ekina veya kök dekompresyonunu kapsar ve artrodez eklenebilir.

Lenke ve Bridwell'e göre, erişkin yüksek displastik spondilolistezisli hastalar nadiren cerrahiye giderler, ki çoğunda preoperatif redüksiyon gereksizdir. Sadece eğer hasta gençse parsiyel preoperatif redüksiyon önerilmektedir ⁽³⁸⁾.

Yaşlılarda redüksiyon yapılabiliyorsa intraoperatif yapılmalı ve stabilizasyon eklenmelidir. Gerekliyse posterior radiküler dekompresyon başka bir seansta yapılabilir. Bu hastaları tedavi ederken L5 veya L4'ü konstrükte etmek için masif anterior otogreft tercih edilmelidir ^(38,75).

Mac-Thiong ve Labelle'ye göre düşük dereceli spondilolisteziste sıklıkla enstrümantasyonlu veya enstrümantasyonsuz in-situ posterolateral füzyon uygulanır. Bu tedaviyle % 80'den fazla füzyon oranları ve % 75'ten fazla ağrı kontrolü sağlar. Spinal enstrümantasyonun kullanılmasının füzyon oranlarını ve fonksiyonel sonuçları etkilediği gösterilmemekle birlikte breyssiz erken mobilizasyona olanak sağlamaktadır ⁽⁴⁵⁾.

Tablo-4. Erişkin düşük dereceli spondilolisteziste cerrahi tedavi seçenekleri:

Bilateral pars füzyonu
Tek veya çift taraflı Gill laminektomi
Posterolateral füzyon
Posterolateral füzyonla kombine posterior enstrümantasyon
Posterior lomber interbody füzyon
Anterior spinal füzyon Kombinasyon

Literatürde önerilen bugünkü tedavi yöntemlerinin çoğu sadece spondilolistezisin sadece bir komponenti olan kaymanın derecesine dayanmaktadır. Yazarlar bu kısıtlamanın hâlihazırdaki tartışmaların ve uyumsuz sonuçların nedeni olduğuna inanmaktadır. Bu nedenle başka faktörlerin de değerlendirilmesi gereklidir ⁽⁴⁵⁾.

Cerrahi sonuçları belirleyen potansiyel faktörler kaymanın derecesi, displastik değişiklikler ve spinopelvik dengedir. Bu sınıflamadaki en temel farklılık spinopelvik dengenin de değerlendirmeye katılmasıdır⁽⁴⁵⁾. Bunun yanında Marchetti ve Bartolozzi tarafından belirlenen düşük (low) ve yüksek (high) displazi alt tiplerini ayırmak için objektif kriterler kullanılmıştır ⁽⁴⁸⁾. Ayrıca, bu sınıflama sistemi, gruplar ve alt gruplar arasındaki organizasyonu ve prognoz ve cerrahi tedavinin kompleksliğine göre ciddiyeti belirlemektedir. Bu sınıflama sistemi, etyolojiden bağımsız olarak, cerrahi tedavi gerektiren çocuk ve adölesanlardaki tüm L5-S1 spondilolistezis için adapte edilebilir. Buna karşın, lumbosakral omurganın tümör veya enfeksiyon gibi nedenlerle destrüksiyona uğradığı bazı nadir durumlarda sınıflama yetersiz olabilir ⁽⁴⁵⁾.

Roussouly ve arkadaşları, Labelle ve arkadaşları ve Hresko ve arkadaşları spinopelvik dengenin, biyomekanik güçleri ve yeterli postür ve yürüme için kompensasyon mekanizmalarını değiştirdiğini belirtmişlerdir (29,34-35,59). Labelle, yüksek dereceli spondilolistezisin cerrahi tedavisinde spinopelvik dengenin düzeltilmesinin önemini vurgulamıştır (34). Spondilopitoziste, spinopelvik denge, halen tam anlaşılammıştır ve cerrahi tedaviyi belirleyen önemi için daha fazla çalışma gereklidir (45).

Bu sınıflamadaki kriterlerin dışında, yaş, iskelet maturasyonu, pedikülerin boyutları ve komorbidite gibi diğer faktörlerin de önemi büyüktür (8-9,13-14,19-20,23,26,28,45,56,58,63-64,69,71).

Tablo-5. Mac-Thiong ve Labelle'nin 2006 da yayınladıkları yeni L5-S1 spondilolistezisin önerilen sınıflaması ve cerrahi tedavi önerileri

Kayma derecesi	Displazinin derecesi	Sagittal spinopelvik denge	Önerilen tedavi (tabloda)
Düşük derece (0,1,2)	Düşük-displastik	DüşükPI / Düşük SS	Pars tamiri(0,1) versus in situ L5-S1 PLF ± enstrümantasyon ± redüksiyon
		Yüksek PI / Yüksek SS	İnsitu L5-S1 PLF ± enstrümantasyon ± redüksiyon
	Yüksekdisplastik	Düşük PI / düşük SS	İnsitu L5-S1 PLF ± enstrümantasyon ± redüksiyon
		Yüksek PI / Yüksek SS	İnsitu L5-S1 PLF ± enstrümantasyon ± L4 ve pelvik tespit ± redüksiyon
Yüksek derece (3,4)	Düşük-displastik	Yüksek SS/ düşük PT	İnsitu L4-S1 PLF + enstrümantasyon ± pelvik tespit ± parsiyel redüksiyon
		Düşük SS/ yüksek PT	Parsiyel redüksiyon ve L4-S1 pelvik enstrümantasyon ve PLF ± L5-S1 IF Parsiyel redüksiyon ve L4-S1 pelvik enstrümantasyon ve PLF ± L5-S1 IF Parsiyel redüksiyon ve L4-S1 pelvik enstrümantasyon ve PLF ± L5-S1 IF
	Yüksekdisplastik	Yüksek SS/ düşük PT	
Spondilopitozis	Yüksekdisplastik	Düşük SS/ yüksek PT	Çepeçevre füzyon, redüksiyonlu redüksiyonsuz enstrümantasyon

Yeni önerilerde de Mac-Thiong ve Labelle'nin 2006'daki önerilerine benzer bir biçimde spinopelvik denge konseptine dayanılarak cerrahi önerilerinde bulunulmuştur ⁽³¹⁾. Retrospektif veriler, dengesiz pelviste redüksiyon uygulamasının sakral eğim, pelvik tilt ve L5 insidens açısı ve buna bağlı olarak sagittal profilde klinik olarak düzelmeye sonuçlandığını göstermektedir. Dengeli bir pelviste uygulanacak redüksiyon ise bu parametrelerde bir değişikliğe yol açmamakta ve bu nedenle teorik olarak çok az yarar sağlamaktadır ^(31,44,46-47). Bu bulgulara dayanarak, kesin olmayan bir tedavi algoritması tanımlanmıştır ⁽³¹⁾ (Tablo-6).

Tablo-6. Spondilolistezis için SDSG sınıflamasına göre önerilen tedavi algoritması

Tip	Nörolojik Bulgu	Tedavi İlk Tedavi Rekürrens-Progressyon	
Spondilolizis	Hayır	Aktivite azaltılması, NSAI, TLSO, SSE	PLF In situ veya tamir
Tip 1	Hayır	Spondilolizis ile aynı	PLF In situ
Tip 2	Hayır	Spondilolizis ile aynı	PLF In situ + IF Evre 2
Tip 3	Hayır Evet	PLF In situ + IF düşün. Dekompresyon + PLF In situ + IF	PLF In situ + IF +PR+L5-S1 IF
Tip 4	Hayır	PLF In situ + IF düşün + PR + L5-S1 IF	PLF In situ + IF +PR+L5-S1 IF
Tip 5	Hayır Evet	PLF + IF +PR+L5-S1 IF Tip 4 ile aynı + Dekompresyon	
Tip 6	Hayır Evet	Tip 5 ile aynı Tip 5 ile aynı + Dekompresyon	

IF: Internal fiksasyon, L5-S1 IF: TLIF veya trans-sakral fiksasyon, NSAI: Non-steroidal antiinflamatuar ilaç, PLF: Posterolateral füzyon, PR: Parsiyel redüksiyon, SSE: Spinal stabilizasyon egzersizleri, TLSO:

KAYNAKLAR

- 1- Benli İT, Tüzun M, Kış M, Aydın E, Güneş L, Bevbek M. İsthmic ve dejeneratif spondilolisthesis sirküferensiyal füzyon ve kısa segment posterior enstrümantasyon sonuçları. *GATA Tıp Bülteni* 1997; 39: 464-471.
- 2- Bergman A. Stability of the lomber spine. A study of mechanical engineering *Acta Orthop Scand* 1989; 230 (Suppl): 28-38.
- 3- Booth KC, Bridwell Kl, Eisenberg BA, Baldus CR, Lenke LG. Minimum 5-year results of degenerative spondylolisthesis treated with decompression and instrumented posterior fusion. *Spine* 1999; 24: 1721-1727.
- 4- Borkow SE, Kleiger B. Spondylolisthesis in newborn. A case report. *Clin Orthop* 1971; 81: 73-77.
- 5- Boxall D, Bradford DS, Winter RB, Moe JH. Management of severe spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg* 1979; 61-A: 479-495.
- 6- Bradford DS. Management of spodylolysis and spondylolisthesis. *Instr Course Lect* 1983; 32: 151-62.
- 7- Bradford DS, Iza J. Repair of the defect in spondylolysis or minimal degrees of spondylolisthesis by segmental wire fixation and bone grafting. *Spine* 1985; 10: 673-677.
- 8- Buck JE. Direct repair of the defect in spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* (1970; 52-B: 432-437.
- 9- Buck JE. Further thoughts on direct repair of the defect in spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* 1979; 61-B: 123-127.
- 10- Cai T, Yang L, Cai W, Guo S, Yu P, Li J, Hu X, Yan M, Shao Q, Jin Y, Sun ZS, Luo ZJ. Dysplastic spondylolysis is caused by mutations in the diastrophic dysplasia sulfate transporter gene. *Proc Natl Acad Sci USA* 2015; 30: 8064-8069.
- 11- Csecsei G, Klekner AP, Dobai J, Lajgut A, Sikula J. Posterior interbody fusion using laminectomy bone and transpedicular screw fixation in the treatment of lumbar spondylolisthesis. *Surg Neurol* 2000; 53: 2-7.
- 12- Dandy DJ, Shannon MJ. Lumbosacral sublaxation (group I spondylolisthesis). *J Bone Joint Surg* 1971; 53-B: 578-595.
- 13- Danielson BI, Frennered K, Seldik G, Irstam L. Roengenologic assessment of spondylolisthesis. *Acta Radiol* 1989; 30: 65-71.
- 14- Danielson BI, Frennered K, Irstam L. Radiologic progression of isthmic lumbar spondylolisthesis in young patients. *Spine* 1991; 16(4): 422-425.
- 15- DeWald RL, Faut MM, Taddonio RF, Neuwirt MG. Severe lumbosacral spondylolisthesis in adolescent and children. Reduction and staged circumferential fusion. *J Bone Joint Surg* 1981; 63A: 619-626.

- 16- DeWald RL, 1997. Spondylolisthesis. In: Bridwell KH, DeWald RL (Eds.). *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd Edition, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia 1997; pp: 1201-1210.
- 17- Dubousset J. Treatment of spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescent. *Clin Orthop Rel Res* 1997; 337: 77-85.
- 18- Edwards CC. Reduction of spondylolisthesis. In: Bridwell KH, DeWald RL (Eds.). *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd Edition, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia 1997; pp: 1317-1335.
- 19- Eisenstain S. Spondylolisthesis: a skeletal investigation of two population groups. *J Bone Joint Surg* 1978; 60-B: 488-492.
- 20- Ford LT, Goodman F. X-ray studies of the lumbosacral spine. *South Med J* 1966; 59: 1123-1131.
- 21- Fredrickson BE, Baker D, Meltolick WJ, Yuan HA, Lubicky JP. The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* 1984; 66-A: 699-707.
- 22- Geissele AE, Ryan JB, Van Dam BE. Treatment of traumatic spondylolysis by a modified Scott technique. *AAOS, 57th Annual Meeting*, 1990.
- 23- Hambly MF, Wiltse LL. A modification of the Scott wiring technique. *Spine* 1994; 19(3): 354-356.
- 24- Harms J, Böhm H, Zielke K. Surgical treatment of spondylolisthesis: the Harms technique. In: Bridwell KH, DeWald RL (Eds.). *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd Edition, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia 1997; pp: 585-592.
- 25- Harms J, Jeszensky D, Stoltze D, Böhm H. True spondylolisthesis reduction and mono segmental fusion in spondylolisthesis. In: Bridwell KH, DeWald RL (Eds.). *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd Edition, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia 1997; pp: 1337-1356.
- 26- Harrington PR, Toullos HS. Spondylolisthesis in young patients: observations and surgical treatment. *Clin Orthop* 1971; 79: 75-84.
- 27- Henderson ED. Results of the surgical treatment of spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* 1966; 48-A: 619-625.
- 28- Herman MJ, Pizzutillo PD. Spondylolysis and spondylolisthesis in the child and adolescent. A new classification. *Clin Orthop* 2005; 434: 46-54.
- 29- Hresko MT, Labella H, Roussouly P. High grade spondylolisthesis correlations between pelvic version and spine balance. *2005 Meeting of POSNA, Ottawa, Canada, May 13-15, 2005*.
- 30- Ishihara H, Osada R, Kanamori M, Kawaguchi Y, Ohmori K, Kimura T, Matsui H, Tsuji H. Minimum 10-year follow-up study of anterior lumbar interbody fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spin Disorders* 2001; 14: 91-99.

- 31- Johnston CE, Ramo BA. Other anatomic disorders of the spine. In: Herring JA (Ed.). *Tachdjians's Pediatric Orthopaedics From the Texas Scottish Rite Hospital for Children*. 5th Edition, Elsevier Saunders, Philadelphia 2014; pp: 344-345.
- 32- Kilian HF. Schilderugen neuer Beckenformen und ihres verhalten in leben. Mannheim, Verlag Von Bossermann and Martha, 1854.
- 33- Kirkaldy-Willis WH, Wedge JH, Yong-Hing K, Reilly J. Pathology and pathogenesis of lumbar spondylolisthesis and stenosis. *Spine* 1978; 3: 320-323.
- 34- Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, Transfeldt E, O'Brien M, Chopin D, Hresko T, Dimnet J. Spondylolisthesis pelvic incidence and spinopelvic balance. A correlation study. *Spine* 2004; 29: 2049-2054.
- 35- Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J, O'Brien M. The importance of spine pelvic balance in L5-S1 developmental spondylolisthesis. A review of pertinent radiological measurements. *Spine* 2005; 30: 527-534.
- 36- Leatherman KD, Dickson RA. Two stage corrective surgery for congenital deformities of the spine. *J Bone Joint Surg* 1979; 61-B: 324-331.
- 37- Lehmer SM, Steffe Ad, Gaines RW. Treatment of L5-S1 spondyloptosis by staged L5 resection with reduction and fusion of S1 (Gaines Procedure). *Spine* 1994; 19(17): 1916-1925.
- 38- Lenke LG, Bridwell KH. Adult spondylolisthesis with lysis. In: Bridwell KH, DeWald RL (Eds.). *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd Edition, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia 1997; pp: 1269-1298.
- 39- Lindholm TS, Ragni P, Ylikoski M. Lumbar isthmic spondylolisthesis in children and adolescent. Radiologic evaluation and results of operative treatment. *Spine* 1990; 15: 1350-1355.
- 40- Lowe RW, Hayes DT, Kaye J, Bagg RJ, Luekens CA. Standing roentgenograms in spondylolisthesis. *Clin Orthop* 1976; 117: 80-85.
- 41- Ma GW. Posterior interbody fusion with speialed instruments. *Clin Orthop* 1985; 193: 57-63.
- 42- MacNab I. Spondylolisthesis with an intact neural arch: the so called pseudospondylolisthesis. *J Bone Joint Surg* 1950; 32-B(3): 325-331.
- 43- Mac-Thiong JM, Labelle H. A proposal for a surgical classification of pediatric lumbosacral spondylolisthesis based on current literature. *Eur Spine J* 2006; 15(10): 1425-1435.
- 44- Mac-Thiong JM, Duong L, Parent S, Hresko MT, Dimar JR, Weidenbaum M, Labelle H. Reliability of the Spinal Deformity Study Group classification of lumbosacral spondylolisthesis. *Spine* 2012; 37(2): E95-102.
- 45- Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthonnaud E. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescent. *Eur Spine J* 2005; 26: 1-8.

- 46- Mac-Thiong JM, Labelle H, Parent S, Hresko MT, Deviren V, Weidenbaum M, members of the Spinal Deformity Study Group. Reliability and development of a new classification of lumbosacral spondylolisthesis. *Scoliosis* 2008; 10;3:19.
- 47- Mac-Thiong JM, Labelle H, Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J* 2011; 20 Suppl 5: 641-6.
- 48- Marchetti PG, Bartolozzi P. Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. In: Bridwell KH, DeWald RL (Eds.). *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd Edition, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia 1997; pp: 1211-1254.
- 49- Meyerding HW. Spondylolisthesis. *Surg Gynecol Obstet* 1932; 54: 371-377.
- 50- Möller H, Hedlund R. Instrumented and noninstrumented posterolateral fusion in adult spondylolisthesis. A prospective randomized study: Part 2. *Spine* 2000; 25: 1716-1721.
- 51- Nachemson A. Repair of the spondylolisthetic defect and inter-transverse fusion for young patients. *Clin Orthop* 1976; 117: 101-107.
- 52- Newman PH, Stone KH. The etiology of spondylolisthesis with special investigation. *J Bone Joint Surg* 1963; 47-B: 39-59.
- 53- Newman PH. A clinical syndrome associated with severe lumbosacral subluxation. *J Bone Joint Surg* 1965; 47-A: 472-474.
- 54- Newman PH. Stenosis of the lumbar spine in spondylolisthesis. *Clin Orthop* 1976; 115: 116-121.
- 55- Newman PH. Surgical treatment for spondylolisthesis in the adult. *Clin Orthop* 1976; 117: 106-111.
- 56- Nicoll RO, Scott JHS. Lytic spondylolysis: repair by wiring. *Spine* 1986; 11: 1027-1031.
- 57- O'Brein MF, Kuklo T, Balanke KM, Lenke LG, Spinal Deformity Study Group. *Radiographic Measurement Manual*. Medtronic Sofamor Danek, USA 2004; pp: 95-110.
- 58- Pedersen AK, Hagen R. Spondylolysis and spondylolisthesis. Treatment by internal fixation and bone grafting of the defect. *J Bone Joint Surg* 1978; 70-A: 1524.
- 59- Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Labelle H, Weidenbaum M. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-S1 isthmic lysis and low – grade spondylolisthesis. *Spine* 2006; 31(21): 2484-90.
- 60- Schlenzka D, Remes V, Helenius I, Lamberg T, Tervatertiala P, Yrjönen T, Tallroth K, Österman K, Seitsala S, Paussa M. Direct repair for treatment of symptomatic spondylolysis and low-grade isthmic spondylolisthesis in young patients: no benefit in comparison to segmental fusion after a mean follow-up of 14.8 years. *Eur Spine J* 2006; 15(10): 1437-1447.

- 61- Schoenecker PL. Developmental spondylolisthesis without lysis. In: Bridwell KH, DeWald RL (Eds.). *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd Edition, LippincottRaven Publishers, Philadelphia 1997; pp: 1255-1261.
- 62- Schoenecker PL, Cole HO, Herring JA, Capelli AM, Bradford DS. Cauda equina syndrome after in situ arthrodesis for severe spondylolisthesis at the lumbosacral junction. *J Bone Joint Surg* 1990; 72-A: 369-377.
- 63- Speck GR, McCall JW, O'Brein JP. Spondylolisthesis: the angle of kyphosis. *Spine* 1989; 9: 659-664.
- 64- Steffee AD, Sitkowski DJ. Reduction and stabilization of grade IV spondylolisthesis. *Clin Orthop* 1988; 227: 82-89.
- 65- Stewart TO. The age incidence of neural arch defects in Alaskan natives considered from the standpoint of etiology. *J Bone Joint Surg* 1953; 35: 937-941.
- 66- Taillard WF. Les spondylolisthesis. Paris: Masson, 1975.
- 67- Taillard WF. Etiology of spondylolisthesis. *Clin Orthop* 1976; 147: 228-231.
- 68- Vialle R, Ilharreborde B, Dauzec C, Guigui P. Intra and inter-observer reliability of determining degree of pelvic incidence in high-grade spondylolisthesis using a computer assisted method. *Eur Spine J* 2006; 15(10): 1149-1453.
- 69- Vidal J, Fassio B, Buscayret C, Allieu Y. Surgical reduction of spondylolisthesis using a posterior approach. *Clin Orthop* 1981; 154: 156-616.
- 70- Vidal L, Mamay T. Morphology and anterioposterior body equilibrium in spondylolisthesis L5 – S1. *Rev Chir Orthop* 1983; 69: 17-28.
- 71- Wiltse LL, Jackson DW. Treatment of spondylolisthesis and spondylolysis in children. *Clin Orthop Rel Res* 1976; 117: 92-100.
- 72- Wiltse LL, Newman PH, MacNab W. Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. *Clin Orthop* 1976; 117: 23-29.
- 73- Wiltse LL, Guyer RD, Spencer CW, Glenn WV, Poster IS. Alar transverse process impingement of the L5 spinal nerve the for-out syndrome. *Spine* 1984; 9: 31-41.
- 74- Wiltse LL, Spencer CW. New uses and refinements of the paraspinal approach to the lumbar spine. *Spine* 1988; 11: 696-702.
- 75- Wiltse LL, Rotman SLG. Spondylolisthesis: classification diagnosis, and natural history. *Semin Spinal Surg* 1993; 264-271.
- 76- Wyne-Davies R, Scott JHS. Inheritance and spondylolisthesis. A radiographic family survey. *J Bone Joint Surg* 1979; 61-B: 301-305.

18. Dejeneratif Spondilolistezis

Serkan ERKAN

CERRAHİ TEDAVİ İÇİN TEMEL PRENSİPLER VE SONUÇLARIN ANALİZİ

Dejeneratif lomber spondilolistezis, spinal stenozun sık karşılaşılan nedenlerinden bir tanesidir. Omurga cerrahları, dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hastaları fonksiyonel ve maliyet açısından etkin tedavi etmek için tüm tedavi prensiplerini bilmek zorundadır. Dejeneratif lomber spondilolisteziste cerrahi tedavi, hastaların yakınmalarının ilerleyici olduğu ve konservatif tedaviye yanıt vermediği durumlarda düşünülmelidir. Cerrahi tedavi hastalarda radikülopati ve/veya ayakta durma süresi ve yürüme mesafesini kısıtlayan nörojenik kladikasyo varlığında uygulanmalıdır. Mesane ve barsak fonksiyon bozukluğu veya ilerleyici güç kaybı ile başvuran hastalarda cerrahi tedavi aciliyet gerektirir ⁽³⁾. Cerrahi tedavinin başarı oranı literatürde % 86.6 olarak bildirilmiştir ⁽³⁸⁾. Dejeneratif Lomber spondilolistezisin cerrahi tedavisinde çeşitli yöntemler tarif edilse de laminektomi ile medial fasetektomi ve enstrümente füzyon hala güncelliğini koruyan cerrahi tekniklerdir ⁽³⁾.

FÜZYONSUZ DEKOMPRESYON

Spinal stenozun eşlik ettiği dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hastaların cerrahi tedavisinin temeli dekompresyondur. Laminektomi dekompresyonun en sık uygulanan şeklidir. Bu yöntem santral kanal, lateral reses ve nöral foramenlerin doğrudan dekompresyonuna izin vermektedir. Dejeneratif lomber spondilolistezis cerrahi tedavisinde dekompresyonun etkinliği literatürde bazı çalışmalar tarafından desteklenmiştir. Mardjetko ve arkadaşları, 11 çalışmadan oluşturdukları meta analizlerinde, sadece dekompresyon ile hastaların % 69'unda başarılı sonuçlar elde edildiğini vurgulamışlardır ⁽¹⁸⁾.

Epstein ⁽⁴⁾ ve Kristof ⁽¹⁵⁾, lateral radyografilerde dinamik instabilite saptanmayan dejeneratif lomber spondilolistezisi olan yaşlı hastalarda sadece dekompresyon ile iyi-mükemmel sonuçlar elde etmişlerdir (sırasıyla, % 82 ve % 73.5). Dejeneratif lomber spondilolistezis cerrahi tedavisinde her ne kadar dekompresyon ve füzyon en sık kullanılan yöntem olsa da bazı çalışmalar seçilmiş hastalarda sadece dekompresyon uygulanabileceğini belirtmişlerdir ^(11,20). Bu hastalar ileri yaşlı eşlik eden morbiditeleri fazla olan ve spondilolistezisleri stabil hastalardır (Şekil-1).



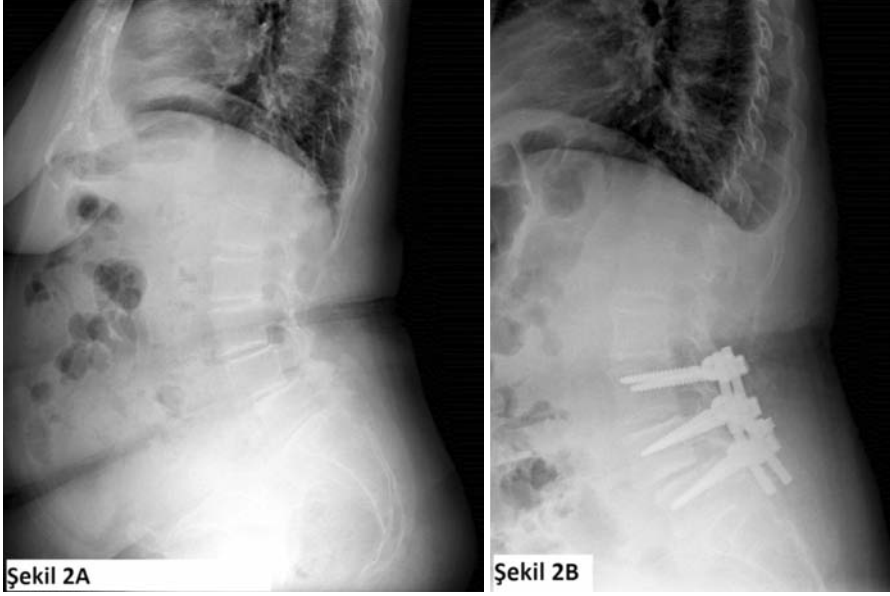
Şekil-1. 65 yaş, kadın, eşlik eden ciddi komorbiditeleri mevcut, L4-L5 füzyonsuz dekompresyon uygulaması

DEKOMPRESYON İLE ENSTRUMENTASYONSUZ FÜZYON

Güncel olarak dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hastaların çoğunluğunun cerrahi tedavisi nöral dekompresyon ve füzyon ile sağlanmaktadır. Laminektomi ve füzyonun sadece laminektomi uygulamasına göre üstünlüğü, Herkowitz ve arkadaşları tarafından yapılan ileriye yönelik, randomize bir çalışma da gösterilmiştir ⁽¹⁰⁾. Laminektomi ve füzyon uygulanan hastalarda anlamlı olarak bel ve bacak ağrısı daha az izlenmiştir. Enstrumentasyonsuz posterolateral füzyon için iliak kanattan alınan otogreftler kullanılmıştır. Ortalama takip süresi 3 yıl olan çalışmada hastaların 536'sında psödoartroz saptanmış ama bu durum fonksiyonel sonuçları etkilememiştir. Martin ve arkadaşları güncel bir çalışmada dejeneratif lomber spondilolistezis cerrahi tedavisinde enstrumentasyonsuz füzyonun etkinliğini göstermişlerdir ⁽¹⁹⁾.

DEKOMPRESYON İLE ENSTRUMENTE FÜZYON

Dejeneratif lomber spondilolistezis cerrahi tedavisinde füzyon ile beraber posterior enstrümantasyonun psödoartroz riskini azalttığı gösterilse de, fonksiyonel iyileşme açısından etkileri belirsizdir. Fischgrund ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 76 hastaya tek seviyeli enstrümantasyonlu ve enstrumentasyonsuz füzyon ve dekompresyon grubu olarak randomize etmiştir ⁽⁶⁾. En az 2 yıllık takipler sonunda, enstrümente füzyon uygulanan hastalarda füzyon oranları anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (sırasıyla, % 82 ve % 45). Buna karşın fonksiyonel iyileşme açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu çalışmadaki hastaların 47 tanesi uzun dönem takibe alınmış (ortalama 7 yıl 8 ay) ve bu hastalardan füzyon gerçekleşenlerde, psödoartrozu olan hastalara göre anlamlı olarak fonksiyonel sonuçlar daha iyi bulunmuş. Buna rağmen yüksek kanıt seviyesinde, ileriye yönelik, randomize uzun dönem takibi olan hiçbir çalışmada enstrumentasyon ile artmış fonksiyonel sonuçlar arasındaki ilişki gösterilememiştir. Enstrumentasyon ile füzyon oranlarının daha yüksek olduğunu gösteren çok sayıda çalışma olması bu cerrahi yöntemi standardize etmiştir (Şekil-2).



Şekil-2. a) 66 yaş, kadın, L4-L5 dejeneratif spondilolistezis, nörojenik kladikasyo mevcut, b) L3-L5 enstrümanite posterolateral füzyon ve dekompresyon uygulaması

SPORT ÇALIŞMASI

SPORT çalışması semptomatik dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hastaların tedavisinde cerrahi ve konservatif yöntemleri karşılaştıran ileriye yönelik, çok merkezli, randomize ve gözlemsel bir çalışmadır ⁽³⁷⁾. Günümüze kadar dejeneratif lomber spondilolistezis ile ilgili yapılan en çok hastayı içeren çalışmadır. Cerrahi teknik: tek seviyeli füzyon ve enstrümantasyon varlığında veya yokluğunda dekompresyonu içerir. Konservatif tedavi rutin fizik tedavi ve medikal tedaviyi kapsar. Hastaların % 64'ü cerrahi tedaviye giderken, konservatif tedavi uygulananların % 49'u 2 yıl içinde cerrahi tedaviye gitmiştir. Bu nedenle sonuçların bir kısmı çakışmıştır. 4. yıl sonunda cerrahi olarak tedavi edilen hastalarda Oswestry Disabilite İndeksi (ODI) skorlarında ortalama 23 puan azalma saptanırken konservatif tedavi olan hastalarda bu değişiklik ortalama 8.6 puan olmuştur ⁽³⁸⁾.

Kısa form 36 (SF-36) fonksiyonel skorlarına göre cerrahi grupta ortalama 26.6 puanlık iyileşme, konservatif tedavi grubunda ortalama 7.7 puanlık iyileşme saptanmıştır. Buna ilave olarak cerrahi grubundaki hastaların % 67.1'i, konservatif grubundaki hastaların % 21'i yakınmalarında belirgin iyileşme belirtmişlerdir ⁽²⁴⁾. Bu çalışmanın diğer bir sonucu ise her ne kadar dejeneratif lomber spondilolistezis ve spinal stenoz benzer özellikler gösterse de, dejeneratif lomber spondilolistezisli hastalarda fonksiyonel sonuçlar spinal stenozu olan hastalara göre daha iyi bulunmuş. Öncelikli yakınması bacak ağrısı olan hastalarda fonksiyonel iyileşme öncelikli yakınması bel ağrısı olan hastalara göre daha yüksek bulunmuş ⁽²⁶⁾. Çalışmacılar spondilolistezis derecesi, disk yüksekliği ve intervertebral hareketlilikten bağımsız olarak konservatif tedavi grubuna göre cerrahi tedavi grubunda fonksiyonel iyileşmeyi daha yüksek bulmuşlardır ⁽²⁵⁾.

Dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 380 hastada füzyon yöntemlerinin etkinliğini araştıran başka bir çalışmada 80 hastaya posterolateral in situ füzyon, 213 hastaya posterolateral füzyon ve enstrümantasyon, 63 hastaya ise 360° füzyon ve 23 hastaya sadece dekompresyon uygulanmıştır ⁽¹⁾. 4 yıllık takipler sonucunda uygulanan füzyon metotların fonksiyonel sonuçlarında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bununla birlikte kemik greft teknikleri (posterior iliak kanat otogreft, lokal kemik grefti, ezilmiş allogreft vb) arasında 4 yıl sonunda fonksiyonel sonuçlar açısından anlamlı bir fark yokmuş. Radcliff ve arkadaşları posterior iliak otogreft alınmasının dejeneratif lomber spondilolistezis cerrahi tedavisinde cerrahi süreyi uzatıp daha fazla kanamaya sebep olmasına rağmen komplikasyon ve tekrar cerrahi oranlarında anlamlı bir fark görmemişlerdir ve diğer kemik grefti teknikleriyle benzer fonksiyonel skorlar elde etmişlerdir ⁽²⁷⁾. Park ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezis ve tek seviyeli spinal stenozu olan hastalarda cerrahi sonuçların çok seviyeli stenozlu olgulara göre daha iyi olduğunu göstermişlerdir ⁽²³⁾. Smorgick ve arkadaşları ise dejeneratif lomber spondilolistezisli hastalarda çok seviyeli dekompresyon ve tek seviyeli füzyon uygulaması ile çok seviyeli dekompresyon ve füzyon uygulamasını karşılaştırmışlardır. Her ne kadar her iki teknik ile fonksiyonel sonuçlar benzer saptansa da, çok seviyeli füzyon grubunda operasyon süresi daha uzun ve kanama miktarı daha fazla bulunmuştur ⁽³¹⁾.

İTERBODY FÜZYON

Teorik olarak dejeneratif lomber spondilolistezis cerrahi tedavisinde interbody füzyon uygulaması füzyon için yüzey sahasını artırarak stabiliteye katkıda bulunur (Şekil-3).



Şekil-3. 64 yaş, kadın, L4-L5 dejeneratif spondilolistezis nedeniyle posterior lumbar interbody füzyon uygulaması

2009 yılında yayınlanan bir çalışmada 360° füzyon ile posterior dekompresyon ve posterolateral füzyonun fonksiyonel sonuçları arasında anlamlı bir fark bulunamamış⁽³⁶⁾. İnterbody füzyon çeşitli teknikler ile uygulanabilir, her birinin kendine ait avantaj ve dezavantajları vardır. Tüm interbody füzyon yaklaşımları içerisinde anterior lumbar interbody füzyon, en uzun süreli uygulanan yaklaşımdır. Avantajları; dolaylı sinir kökü dekompresyonu, disk yüksekliği ve sagittal dengenin sağlanması, anterolistezis redüksiyonu ve greft yerleşimi için daha geniş bir yüzey varlığıdır. Dezavantajları ise cerrahi yaklaşım ile ilgilidir⁽³⁾. Satomi ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 27 hastaya posterior dekompresyon ve anterior lumbar interbody füzyon uygulamışlar. Hastaların % 77'sinde fonksiyonel iyileşme gözlemlemişler⁽²⁹⁾.

Benzer şekilde Takahashi ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisin cerrahi tedavisinde anterior lumbar interbody füzyon yaklaşımı ile 10 yıllık takipleri olan hastaların %76'sında fonksiyonel başarılı sonuçlar elde etmişlerdir ⁽³²⁾.

Posterior lumbar interbody füzyon ve transforaminal lumbar interbody füzyon, anterior lumbar interbody füzyona göre anterior yaklaşımlara ait morbiditeyi ve cerrahi süreyi azaltır. Transforaminal lumbar interbody füzyon unilateral olarak doğrudan nöral foramenlere ulaşımı sağlar. Dejeneratif lomber spondilolistezisin cerrahi tedavisinde posterior lumbar interbody füzyon ve transforaminal lumbar interbody füzyonun etkinliği ve güvenilirliği kanıtlanmıştır. Posterior lumbar interbody füzyon ve transforaminal lumbar interbody füzyon yaklaşımlarının sonuçlarını karşılaştıran bir çalışmada her iki teknik arasında fonksiyonel iyileşme, spondilolistezis redüksiyonu, intervertebral ve foraminal yükseklik sağlanması açısından anlamlı bir fark gözlemlenmemiş ⁽³⁹⁾. İkinci yılsonunda transforaminal lumbar interbody füzyonun posterior lumbar interbody füzyona göre daha güvenli ve uygulaması kolay olduğu izlenmiştir.

Ha ve arkadaşları, L4-L5 vertebra seviyesinde dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 40 semptomatik hastada dekompresyon posterolateral füzyon ile posterior lumbar interbody füzyon varlığında ve yokluğunda sonuçları karşılaştırmış. İnstabilite varlığında (fleksiyon-ekstansiyon radyografilerinde > 4mm hareketlilik ve >10° kayma açısı) posterior lumbar interbody füzyon ile fonksiyonel skorlarda anlamlı artış gözlemlenmiş. Disk yüksekliği sağlanmasının fonksiyonel başarı ile ilişkisi saptanmış ⁽⁹⁾.

Lateral interbody füzyon, 2006 yılında yapılan bir çalışmada anterior ve posterior yaklaşımlara göre daha az girişimsel bir yöntem olarak tarif edilmiş ⁽²¹⁾. Bu yaklaşımın posterior yaklaşımlara göre avantajları daha az nöral eleman ve posterior eleman hasarına neden olmasıdır. Anterior yaklaşımlara göre vasküler ve iç organ hasar riski daha azdır. Dezavantajları ise lumbar pleksus yaralanma riskidir. Hastalarda cerrahi sonrası kasık ve bacak ağrısı, duysal bozukluklar ve kuadriseps zayıflığı olabilir. Marchi ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 52

hastaya sadece lateral interbody füzyon tekniği uygulayarak sonuçlarını yayınlamışlardır⁽¹⁷⁾. En az 24 aylık takipler sonucunda füzyon oranları % 86.5, ODI skorlarında iyileşme % 54.5, VAS skorlarında iyileşme % 60, ortalama kayma % 15.1'den % 7.1'e gerilemiş. İnterbody füzyon kafesinde yer değiştirme % 17 oranında, psödoartroz ise % 13.5 oranında gözlemlenmiş. Olguların % 13'ü revizyona gitmiş. Lateral interbody füzyon ile ilgili çalışmalar kısa dönem takipli çalışmalar olup, bu konuda uzun dönem takipli çalışmalara gereksinim vardır.

Dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hastalarda eğer yüksek psödoartroz riski varsa, lokal kifoz mevcutsa, yüksek dereceli kayma varsa, sagittal oryantasyon gösteren faset eklemin eşlik ettiği semptomatik instabilite varsa interbody füzyon düşünülmelidir. Cerrahi teknikten bağımsız olarak interbody füzyonun amacı, anterior kolonu stabilize etmek, füzyon oranlarını artırmak, uygun sagittal dizilimi ve disk yüksekliğini sağlamaktır. İnterbody füzyonun ikincil yararı ise foraminal stenoz varlığında dolaylı dekompresyon sağlamasıdır. Anterior yük dağılımı korunduğunda pedikül vida fiksasyonu biyomekanik olarak geçerlidir. Eğer anterior kolon yetmezliği varsa (2. derece ve üzeri kayma, dinamik radyografilerde aşırı hareketlilik) tek başına pedikül vidası fiksasyonu yeterli stabiliteyi sağlamaz. Bu durumda interbody füzyon ve kafes uygulaması implant katılığını sağlamak için gereklidir.

SINIRLI GİRİŞİMSSEL DEKOMPRESYON

Mikroskop ve retraktör tüpleri yardımıyla uygulanan sınırlı girişimsel dekompresyon açık laminektomi uygulamalarına benzer şekilde etkili olduğu bildirilmiştir⁽²²⁾. Jang ve arkadaşları 1. derece dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 21 hastaya sınırlı girişimsel lumbar laminoplasti uygulamışlar. En az 3 yıllık takiplerde ODI skorlarında 59.5'ten 26.1'e gerileme gözlemlenmiştir. Ortalama 18 ay sonunda 22 seviyenin 10 tanesinde kayma ilerleme göstermiş⁽¹¹⁾. Kelleher ve arkadaşları 1. derece dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 25 hastaya sınırlı girişimsel lumbar laminoplasti uygulamışlar. Ortalama 31.8 aylık takiplerde hastaların %77.8'inde fonksiyonel iyileşme görülmüş. Ameliyat maliyeti açısından yapılan değerlendirmede sınırlı girişimsel yöntemler ile açık cerrahilere göre vaka başına 8330\$ tasarruf yapılmış⁽¹²⁾.

SINIRLI GİRİŞİMSSEL DEKOMPRESYON VE FÜZYON

Wang ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 85 hastaya sınırlı girişimsel transforaminal lumbar interbody füzyon ve açık transforaminal lumbar interbody füzyon uygulayıp sonuçları karşılaştırmışlar. Cerrahi süre, ODI skorları, VAS skorları açısından gruplar arası anlamlı bir fark yokmuş. Sınırlı girişim yapılan grupta kanama miktarı, hastanede yatış süresi daha az ve VAS bel ağrısı skorları daha az bulunmuş⁽³⁴⁾.

DİNAMİK STABİLİZASYON

Dinamik stabilizasyon, füzyon komplikasyonlarından korunmak ve komşu segment hastalık riskini azaltmak amacıyla hareketi koruyan bir teknik olarak kullanılmaktadır. Schaeren ve arkadaşları tek seviyeli dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 26 hastaya dinamik stabilizasyon uygulamış. Bunların 19 tanesinde 4 yıllık takipler mevcutmuş. Hastaların % 84'ünde kladikasyonları gerilemiş. Hastaların % 21'inde implant yetmezliği görülmüş. % 47'sinde komşu segment hastalığı bulguları varmış. Hastaların % 79'u yapılan cerrahiden memnun kalmış⁽³⁰⁾.

TEDAVİ ALGORİTMASI

Dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hastalarda başarılı tedavinin gereksinimleri; hasta eğitimi ve beklentilerin iyi belirlenmesidir. Eğer hasta nörojenik kladikasyon veya radiküler bulgular ile başvurursa, mutlaka lateral fleksiyon-ekstansiyon radyografileri çekilerek stabilite araştırılmalıdır. Manyetik Rezonans Görüntüleme özellikle stenoz seviyesini ve şiddetini görmek için gereklidir.

Her ne kadar yapılan çalışmalar cerrahi tedavi ile daha iyi fonksiyonel sonuçlar elde edileceğini belirtse de, her dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hasta için cerrahi tedavi gerekli değildir. SPORT çalışmasına göre, konservatif tedavi fonksiyonel sonuçları iyileştirebilir ve bu iyileşmeler bazı hastalar için yeterlidir. Buna karşın SPORT çalışmasına göre bazı hastalarda konservatif tedavi esnasında nörolojik kötüleşme görülebilir. Bu açıdan hastaların tercihine göre tüm hastalar NSAİ ilaç ile beraber epidural steroid enjeksiyonu ve fizik tedavi alması önemlidir. Opioidler tercih edilebilir.

Eğer konservatif tedaviye rağmen dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hastalarda yakınmalar ısrar edip hayat kalitesini olumsuz etkiliyorsa cerrahi tedavi gerekebilir. Her ne kadar cerrahi tedavi yaşlı hastalarda yarar sağlıyorsa da, her hastada mutlaka dekompresyon ve füzyon şart değildir. Lateral fleksiyon-ekstansiyon radyografilerinde dinamik instabilitesi olmayan, eşlik eden morbiditeleri çok olan, düşük fonksiyonel kapasitesi olan ileri yaşlı hastalarda tek taraflı yakınmaları varsa laminektomi başarılı sonuçlar verebilir. Bu hastaların birçoğunda ilerleyici semptomatik instabilite gözlenmez.

Lateral fleksiyon-ekstansiyon radyografilerinde dinamik instabilitesi olan, radiküler bulguların daha ön planda olduğu göreceli olarak daha genç hastalarda ise enstrümente posterolateral füzyon uygulanır.

Anterior kolon desteği ise özellikle enstrümantasyon seviyesinde belirgin lokal kifozun olduğu, hastanın eşlik eden morbiditelerine bağlı psödoartroz riskinin yüksek olduğu, göreceli olarak küçük transvers çukıntıya sahip hastalarda düşünülmalıdır.

Sınırlı girişimsel dekompresyon ve füzyon açık yöntemler ile kıyaslanabilir düzeyde fonksiyonel iyileşme sağlayıp kanama miktarı, hastanede kalış süresi ve enfeksiyon oranlarını azaltmaktadır. Sınırlı girişimsel yaklaşımda en önemli faktörlerden bir tanesi cerrahın deneyimidir.

Cerrahi sonrası 3 aya kadar eğilme, 5 kg'a kadar ağır yük taşıma ve dönme hareketleri kısıtlanır. 3. aydan sonra fizik tedaviye başlanır. 2. yıla kadar takipler sürdürülür.

CERRAHİ TEKNİKLERİN ETKİSİ

Dejeneratif lomber spondilolistezisin cerrahi tedavisi ile ilgili literatürde birçok çalışma vardır. Fakat bu çalışmaların kanıt düzeylerinin düşük olması ve çalışma gruplarının heterojen olması cerrahi tedavi yöntemleri arasındaki karşılaştırmaları zorlaştırmaktadır. Dejeneratif lomber spondilolistezisin cerrahi tedavisi ile ilgili çok merkezli, ileriye yönelik randomize kontrollü 4 yıllık sonuçları içeren çalışma SPORT çalışmasıdır.

Dejeneratif lomber spondilolistezisin cerrahi tedavi seçenekleri sadece dekompresyondan enstrümante 360° füzyona kadar geniş bir yelpazeyi içerir. Herkowitz ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisin cerrahi tedavisinde dekompresyon ile dekompresyon ve posterolateral in situ füzyon sonuçlarını karşılaştıran ileriye yönelik randomize bir çalışma yayınlamışlardır⁽¹⁰⁾. 50 hastanın ortalama 3 yıl süren takiplerinde dekompresyon ve füzyon birlikteliğinin sonuçları çok daha fazla iyileştirdiği bildirilmiştir (sırasıyla, % 99 ve % 44). Füzyon grubu hastaların % 44'ü, sadece dekompresyon grubu hastaların % 8'i mükemmel sonuç bildirmiştir. Fonksiyonel skorlarda bel ve bacak ağrısı füzyon grubunda daha az saptanmıştır. Psödoartroz oranı % 36 olup bu oran fonksiyonel sonuçlara yansımamıştır. 25 hastanın 7 tanesinde füzyona rağmen kaymada ilerleme saptanmıştır. Fakat bu 7 hastanın fonksiyonel sonuçları iyi veya mükemmel olarak bulunmuştur.

Sadece dekompresyon grubunda 25 hastanın 24'ünde kaymada ilerleme saptanmış ama bu hastaların 11 tanesinde fonksiyonel sonuçlar iyi veya mükemmel, 13 tanesinde ise zayıf ve kötü bulunmuştur. Yazarlar fibröz kaynamanın fonksiyonel sonuçları iyileştirme açısından yeterli stabilite verdiğini düşünmüşlerdir.

Ghogawala ve arkadaşları yaptıkları ileriye yönelik randomize olmayan çok merkezli meta analizlerinde sadece dekompresyon ile enstrümante dekompresyon ve füzyon sonuçlarını incelemişler⁽⁸⁾. Füzyon gurubundaki hastaların fonksiyonel sonuçlarını daha iyi bulmuşlardır. Fakat bu çalışmanın zayıf yönü kısa-orta dönem sonuçlarını içermesiymiş. Kornblum ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 47 hastanın 5-14 yıl (ortalama 7 yıl) takiplerinde füzyon sağlanan hastaların % 86'sında ağrı ve fiziksel aktivite açısından iyi veya mükemmel sonuç elde edilmişken, hastaların % 56'sında psödoartroz izlenmiş⁽¹⁴⁾. Tsutsumimoto ve arkadaşları ise enstrümante posterolateral füzyon uygulanan 42 hastanın ortalama 9.5 yıllık takiplerinde, füzyon sağlanan hastalarda fonksiyonel skorların ve görsel ağrı skorlarındaki bel ve bacak ağrısı değerlerinin daha çok iyileştiği gözlemlenmiş. Çalışmacılar ameliyat sonrası 5 yıla kadar gruplar arası anlamlı bir fark bulamamışlar⁽³³⁾.

Literatürde birçok çalışma en iyi fonksiyonel sonuçlar için füzyona mutlaka gereksinim olduğunu bildirmektedir. Güncel tartışma konusu hangi yöntemin kullanılarak füzyonun sağlanması yönündedir. Zdeblick enstrumentasyonsuz füzyon ile 2 farklı enstrümantasyon yöntemini karşılaştırmış. Enstrumentasyonsuz füzyon oranlarını % 65, semi-rijid implantlar ile füzyon oranlarını % 77 ve rijid implantlar ile füzyon oranlarını % 95 olarak saptamış⁽⁴⁰⁾. Fischgrund ve arkadaşları ise ileriye yönelik randomize çalışmalarında dejeneratif lomber spondilolistezisi olan 68 hastanın 2 yıllık takiplerinde enstrumentasyonsuz posterolateral füzyon ve dekompresyon ile enstrümantasyon posterolateral füzyon ve dekompresyonu karşılaştırmışlar. Enstrümantasyonsuz grupta füzyon oranı % 45, enstrümantasyonlu grupta ise % 83 olarak saptamışlar. Ama takip süresinin göreceli olarak kısa olması nedeniyle fonksiyonel skorlar açısından gruplar arası anlamlı bir fark saptanmamış⁽⁶⁾.

2007 yılında yapılan bir meta analizde dejeneratif lomber spondilolistezis cerrahi tedavisinde enstrümantasyon kullanmanın füzyon elde etmek açısından göreceli risk değerlerini anlamlı olarak artırdığı belirtilmiştir⁽¹⁹⁾ (sırasıyla, 1.96 ve 1.20). Fakat çalışmacılar enstrümantasyonun füzyon oranlarını artırsa da bunun fonksiyonel skorlara yansımadağını belirtmişlerdir.

Freedman ve arkadaşları diyabetik ve dejeneratif lomber spondilolistezisi olan hastalarda cerrahi tedavi sonrası ağrı ve fonksiyonel iyileşmenin daha düşük olduğunu bildirmişlerdir⁽⁷⁾. Rihn ve arkadaşları ise obez olan ve olmayan dejeneratif lomber spondilolistezisli hastaların fonksiyonel iyileşmesi açısından anlamlı bir fark gözlemlememiş. Fakat obez hastalarda 4. yıl takiplerinde enfeksiyon oranları ve tekrar cerrahi oranları daha yüksek bulunmuş⁽²⁸⁾.

Dejeneratif lomber spondilolistezisin cerrahi tedavisi ile ilgili tartışmalar artık yönünü 'Ne kadar çok cerrahi gereklidir?' konusuna çevirmiştir. Anterior kolon desteği veya 360° füzyon yapılması teorik olarak faydalıdır. Anterior kolon desteği füzyon oranlarını artırıp füzyon için daha geniş bir yüzey alanı sağlar, dolaylı dekompresyona izin verir ve normal lomber lordoza katkıda bulunur. Fakat günümüzde posterolateral füzyon ile 360°füzyonu karşılaştıran ileriye yönelik

randomize çalışma yoktur. Anterior kolon desteğinin klinik üstünlüğü gösterilememiştir. Günümüz koşullarında anterior kolon desteğinin getireceği ekonomik maliyet ile sağlayacağı klinik iyileşme arasındaki denge iyi kurgulanmalıdır.

Abdu ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisli hastalarda cerrahi tedavinin etkili sonuçlarının 4. yıldan sonra ortaya çıktığını belirtmişler ve tüm fonksiyonel skorlarda anlamlı artışlar saptamışlardır. Buna karşın uygulanan füzyon yöntemleri arasında (enstrümantasyonsuz posterolateral füzyon, enstrümantate posterolateral füzyon, 360° füzyon, enstrümantate posterolateral füzyon ve interbody greft) fonksiyonel skorlar açısından anlamlı bir fark bulunamamış⁽¹⁾. Cheng ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisli ve istmik spondilolistezisli 138 hastada posterolateral füzyon ve posterior lumbar interbody füzyon sonuçlarını karşılaştırmışlar. Posterior lumbar interbody füzyon grubunda füzyon oranlarını daha yüksek ve enstrüman ilişkili komplikasyonları daha az bulmuşlar. Fonksiyonel sonuçlar açısından anlamlı bir fark bulamamışlar⁽²⁾. Fernandez ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisli 82 hastada 3 yıllık takipler sonucunda unilateral ve bilateral pedikül vidası ile beraber posterolateral füzyon sonuçlarını karşılaştırmışlar. Fonksiyonel skorlar ve füzyon oranları açısından gruplar arası anlamlı bir fark saptanmamış. Unilateral pedikül vidası grubunda komplikasyon oranları, kanama miktarı ve cerrahi süre daha az bulunmuş⁽⁵⁾.

Dejeneratif lomber spondilolistezisli hastalarda düşük dereceli kaymalarda redüksiyon gerekliliği diğer tartışmalı bir konudur. Redüksiyon spinal kolonu daha anatomik bir pozisyona getirdiği için savunulmaktadır. Teorik olarak redüksiyon yapılmazsa hipolordozun tetiklediği bel ağrısı ve kas yorgunluğu ortaya çıkıp komşu segment hastalığı riskini tetikleyebilir⁽⁴⁰⁾. Buna karşın redüksiyonun fonksiyonel sonuçlar üzerinde olumlu etkisi ve spinopelvik parametreler ile ilişkisi tam olarak ortaya konmamıştır^(16,35).

Lian ve arkadaşları dejeneratif lomber spondilolistezisli 73 hastada enstrümantate posterior lumbar interbody füzyon uygulamışlar. Bu hastalarda redüksiyon uygulanan ve uygulanmayanlar arasında fonksiyonel skorlar açısından anlamlı bir fark saptamamışlar⁽¹⁶⁾.

ÇIKARIM

Dejeneratif lomber spondilolistezisli hastaların tedavisinde kanıta dayalı tıp, uygun hastalarda cerrahi tedavinin konservatif tedaviye üstünlüğünü vurgulamaktadır. Çalışmalarda birçok hastaya enstrümente posterolateral füzyon uygulaması ile fonksiyonel sonuçlarda iyileşme saptanmaktadır. Birçok cerrahi teknik tarif edilmiştir. Cerrahlar daha deneyimli oldukları, daha az komplikasyon riski içeren ve hastanın anatomik ve fizyolojik yapısına uygun cerrahi tekniği seçmelidirler. Unutulmamalıdır ki, bu hasta grubu içerisinde heterojenite çok fazladır, bu durum tedavi sonuçlarını doğrudan etkilemektedir.

KAYNAKLAR

- 1- Abdu WA, Lurie JD, Spratt KF. Degenerative spondylolisthesis: Does fusion method influence outcome? Four-year results of the spine patient outcomes research trial. *Spine* 2009; 34(21): 2351-2360.
- 2- Cheng L, Nie L, Zhang L. Posterior lumbar interbody fusion versus posterolateral fusion in spondylolisthesis: a prospective controlled study in the Han nationality. *Int Orthop* 2009; 33: 1043-1047.
- 3- Eismont FJ, Norton RP, Hirsch BP. Surgical management of lumbar degenerative spondylolisthesis. *J Am Acad Orthop Surg* 2014; 22(4): 203-213.
- 4- Epstein NE. Decompression in the surgical management of degenerative spondylolisthesis: Advantages of a conservative approach in 290 patients. *J Spinal Disord* 1998; 11(2): 116-122.
- 5- Fernández-Fairen M, Sala P, Ramírez H, Gil J. A prospective randomized study of unilateral versus bilateral instrumented posterolateral lumbar fusion in degenerative spondylolisthesis. *Spine* 2007; 32: 395-401.
- 6- Freedman MK, Hilibrand AS, Blood EA, Zhao W, Albert TJ, Vaccaro AR, Oleson CV, Morgan TS, Weinstein JN. The impact of diabetes on the outcomes of surgical and nonsurgical treatment of patients in the spine patient outcomes research trial. *Spine* 2011; 36: 290-307.
- 7- Fischgrund JS, Mackay M, Herkowitz HN, Brower R, Montgomery DM, Kurz LT. 1997 Volvo Award winner in clinical studies: Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: A prospective, randomized study comparing decompressive laminectomy and arthrodesis with and without spinal instrumentation. *Spine* 1997; 22(24): 2807-2812.

- 8- Ghogawala Z, Benzel EC, Amin-Hanjani S, Barker FG 2nd, Harrington JF, Magge SN, Strugar J, Coumans JV, Borges LF. Prospective outcomes evaluation after decompression with or without instrumented fusion for lumbar stenosis and degenerative grade I spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2004; 1: 267-272.
- 9- Ha KY, Na KH, Shin JH, Kim KW. Comparison of posterolateral fusion with and without additional posterior lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech* 2008; 21(4): 229-234.
- 10- Herkowitz HN, Kurz LT: Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: A prospective study comparing decompression with decompression and intertransverse process arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 1991;73-A(6): 802-808.
- 11- Jang JW, Park JH, Hyun SJ, Rhim SC. Clinical outcomes and radiologic changes following microsurgical bilateral decompression via a unilateral approach in patients with lumbar canal stenosis and grade I degenerative spondylolisthesis with a minimum 3-year follow-up. *Clin Spine Surg* 2016; 29(7): 268-271.
- 12- Kelleher MO, Timlin M, Persaud O, Rampersaud YR. Success and failure of minimally invasive decompression for focal lumbar spinal stenosis in patients with and without deformity. *Spine* 2010; 35(19): E981-E987.
- 13- Kida K, Tadokoro N, Kumon M. Can cantilever transforaminal lumbar interbody fusion (C-TLIF) maintain segmental lordosis for degenerative spondylolisthesis on a long-term basis? *Arch Orthop Trauma Surg* 2014; 134: 311-315.
- 14- Kornblum MB, Fischgrund JS, Herkowitz HN, Abraham DA, Berkower DL, Ditkoff JS. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective long-term study comparing fusion and pseudarthrosis. *Spine* 2004; 29: 726-733. Discussion: 733-734.
- 15- Kristof RA, Aliashkevich AF, Schuster M, Meyer B, Urbach H, Schramm J: Degenerative lumbar spondylolisthesis induced radicular compression: Nonfusion-related decompression in selected patients without hypermobility on flexion-extension radiographs. *J Neurosurg* 2002; 97(3 suppl): 281-286.
- 16- Lian XF, Hou TS, Xu JG. Posterior lumbar interbody fusion for aged patients with degenerative spondylolisthesis: is intentional surgical reduction essential? *Spine J* 2013; 13: 1183-1189.
- 17- Marchi L, Abdala N, Oliveira L, Amaral R, Coutinho E, Pimenta L. Stand-alone lateral interbody fusion for the treatment of low grade degenerative spondylolisthesis. *Sci World J* 2012; 456346.
- 18- Mardjetko SM, Connolly PJ, Shott S. Degenerative lumbar spondylolisthesis: A meta-analysis of literature 1970-1993. *Spine* 1994; 19(Suppl.-20): 2256S-2265S.
- 19- Martin CR, Gruszczynski AT, Braunsfurth HA, Fallatah SM, O'Neil J, Wai EK. The surgical management of degenerative lumbar spondylolisthesis: a systematic review. *Spine* 2007; 32: 1791-1798.

- 20- Müslüman AM, Cansever T, Yılmaz A, Çavusoglu H, Yüce I, Aydın Y. Midterm outcome after a microsurgical unilateral approach for bilateral decompression of lumbar degenerative spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2012; 16(1): 68-76.
- 21- Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, Taylor WR. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): A novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J* 2006; 6(4): 435-443.
- 22- Palmer S, Turner R, Palmer R. Bilateral decompressive surgery in lumbar spinal stenosis associated with spondylolisthesis: Unilateral approach and use of a microscope and tubular retractor system. *Neurosurg Focus* 2002; 13(1): E4.
- 23- Park DK, An HS, Lurie JD, Zhao W, Tosteson A, Tosteson TD, Herkowitz H, Errico T, Weinstein JN. Does multilevel lumbar stenosis lead to poorer outcomes? A subanalysis of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) lumbar stenosis study. *Spine* 2010; 35(4): 439-446.
- 24- Parker SL, Adogwa O, Paul AR. Utility of minimum clinically important difference in assessing pain, disability, and health state after transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2011; 14(5): 598-604.
- 25- Pearson AM, Blood EA, Frymoyer JW. SPORT lumbar intervertebral disk herniation and back pain: does treatment location, or morphology matter? *Spine* 2008; 33(4): 428-435.
- 26- Pearson A, Blood E, Lurie J. Predominant leg pain is associated with better surgical outcomes in degenerative spondylolisthesis and spinal stenosis: Results from the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine* 2011; 36(3): 219-229.
- 27- Radcliff K, Hwang R, Hilibrand A. The effect of iliac crest autograft on the outcome of fusion in the setting of degenerative spondylolisthesis: A subgroup analysis of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *J Bone Joint Surg* 2012; 94-A(18): 1685-1692.
- 28- Rihn JA, Radcliff K, Hilibrand AS, Anderson D, Zhao W, Lurie J. Does obesity affect outcomes of treatment for lumbar stenosis and degenerative spondylolisthesis? Analysis of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine* 2012; 37: 1933-1946.
- 29- Satomi K, Hirabayashi K, Toyama Y, Fujimura Y. A clinical study of degenerative spondylolisthesis: Radiographic analysis and choice of treatment. *Spine* 1992; 17(11): 1329-1336.
- 30- Schaeren S, Broger I, Jeanneret B. Minimum four-year follow-up of spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis treated with decompression and dynamic stabilization. *Spine* 2008; 33(18): E636-E642.

- 31- Smorgick Y, Park DK, Baker KC. Single- versus multilevel fusion for single level degenerative spondylolisthesis and multilevel lumbar stenosis: Four-year results of the spine patient outcomes research trial. *Spine* 2013; 38(10): 797-805.
- 32- Takahashi K, Kitahara H, Yamagata M. Long-term results of anterior interbody fusion for treatment of degenerative spondylolisthesis. *Spine* 1990; 15(11): 1211-1215.
- 33- Tsutsumimoto T, Shimogata M, Yoshimura Y, Misawa H. Union versus nonunion after posterolateral lumbar fusion: a comparison of long-term surgical outcomes in patients with degenerative lumbar spondylolisthesis. *Eur Spine J* 2008; 17: 1107-1112.
- 34- Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, Li CQ, Zheng WJ, Liu J: Comparison of one level minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative and isthmic spondylolisthesis grades 1 and 2. *Eur Spine J* 2010; 19(10): 1780-1784.
- 35- Wang W, Aubin CE, Cahill P, Baran G, Arnoux PJ, Parent S, Labelle H. Biomechanics of high-grade spondylolisthesis with and without reduction. *Med Biol Eng Comput* 2016; 54(4): 619-628.
- 36- Watters WC III, Bono CM, Gilbert TJ. North American Spine Society: An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J* 2009; 9(7): 609-614.
- 37- Weinstein JN, Lurie JD, Tosteson TD. Surgical versus nonsurgical treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis. *N Engl J Med* 2007; 356(22): 2257-2270.
- 38- Weinstein JN, Lurie JD, Tosteson TD. Surgical compared with nonoperative treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis: Four-year results in the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) randomized and observational cohorts. *J Bone Joint Surg* 2009; 91-A(6): 1295-1304.
- 39- Yan DL, Pei FX, Li J, Soo CL. Comparative study of PLIF and TLIF treatment in adult degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J* 2008; 17(10): 1311-1316.
- 40- Zdeblick TA. A prospective, randomized study of lumbar fusion. Preliminary results. *Spine* 1993; 18: 983-991.

19. Servikal Dejeneratif Patolojilerde Sagital Denge Değişimi

Tayfun HAKAN

GİRİŞ

Sagital denge, omurgayı çok az bir kas gücüyle ayakta tutmaya yarayan omurga şekli olarak ifade edilir ⁽²²⁾. Omurganın bu şeklini sağlayan başlıca yapılar omurga gövdelerini oluşturan kemikler ve disklerdir. Bu yapıları oluşturan anatomik elemanlardaki fizyolojik ya da patolojik herhangi bir değişiklik doğal olarak omurganın normal dizilimini, yani sagital dengeyi çeşitli derecelerde bozacaktır.

Servikal sagital denge genel olarak iki ayrı parametreden oluşur; lordoz ve sagital düzlemdeki değişim (kayma, *translation*) ⁽²⁷⁾. Sagital düzlemdeki değişim sagital vertikal aksis (SVA) yolu ile olur ve servikal lordoz sebep olan biyomekanik olaylardan daha farklı bir durumdur. C2-C7 SVA, C2 korpusunun ortasından, C7 korpusunun arka kenarından çizilen yatay çizgiye doğru indirilen çekül hattı (*plumb line*) olarak tanımlanır (Şekil-1) ⁽²⁴⁾.

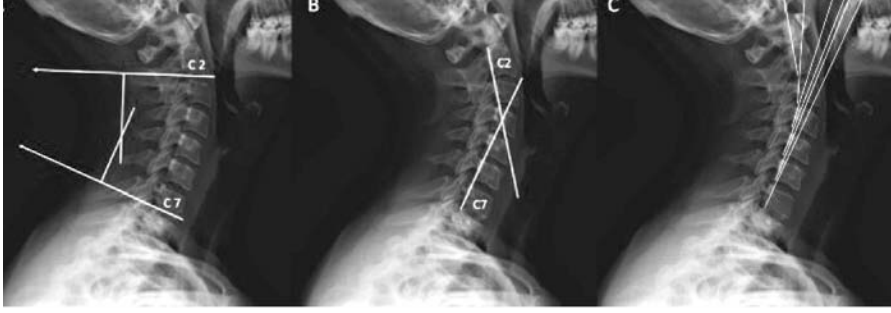


Şekil-1. Servikal sagittal vertikal aksis ölçümü

Pozitif değerler, C2 korpusunun C7 gövdesinin arka sınırının önünde yer aldığını belirtir. Herhangi bir yakınması olmayan asemptomatik kişilerdeki normal SVA 15.6 ± 11.2 mm'dir, bunun üzerindeki değerlerin, özellikle ≥ 40 mm, sağlıkla ilgili yaşam kalitesini olumsuz etkilediği kabul edilmektedir.

Servikal lordoz ise, çoğunlukla Cobb açısı, Harrison arka teğet yöntemi (*Harrison posterior tangent method*) veya Jackson fizyolojik stres hattı (*Jackson's physiological stress line*) kullanılarak ölçülür (Şekil-2) ^(14,17).

En sık kullanılan yöntem Cobb açısı yöntemidir ve tipik olarak C1-C7 ya da C2-C7 arasında ölçülür ⁽²⁹⁾. Cobb açısı, C1 anterior tüberkülünden veya C2 alt uç plaktan (*endplate*) spinoz çıkıntının arkasına doğru uzanan çizgi ve C7 alt uç plaktan spinoz çıkıntıya doğru uzanan çizgi ile bu iki çizgiye, birbirlerine doğru dik açı ile yerleştirilen iki çizgi olmak üzere dört çizgiden oluşur. Cobb açısı derecesi bu kesişen iki çizgi arasındaki açı ile ifade edilir.



Şekil-2. Servikal lordoz ölçümü, a) Cobb yöntemi, b) Jackson stres hattı yöntemi, c) Harrison posteriyor teğet yöntemi

Jackson fizyolojik stres hattını ölçmek için biri C2 omurga korpusu arka yüzeyine paralel ve diğeri C7 omurga korpusu arka yüzeyine paralel olmak üzere çizilen iki çizgi kullanılır. Açı değeri, bu iki çizginin kesişme açısıdır.

Harrison arka teğet yöntemi C2'den C7'e kadar tüm omurga korpusu arka yüzeylerine paralel çizilen çizgilerden oluşur, açı değeri tüm servikal segmentler arasındaki açıların toplamıdır.

DEJENERATİF HASTALIKLAR VE SERVİKAL SAGİTAL DENGE BOZUKLUKLARI: KLİNİK

Omurganın normal anatomik yapısındaki bozukluklar insanlarda ağrı ve bir dizi yetersizliklere sebep olurlar. Bu yetmezlikler hastada genel olarak üç tablo halinde ortaya çıkar: omurga deformitesi, ağrı ve nörolojik bulgu ve semptomlar⁽²⁴⁾.

Kifoz, omurga deformiteleri arasında en sık görülen dizilim bozukluğudur ve genellikle ilerleyici özelliktedir. Kifoz sebebiyle ileriye bakış zorluğu ve yutma güçlüğü gibi fonksiyon bozuklukları ortaya çıkabilir⁽²⁹⁾.

Boyun ağrısı özellikle kifozun ilerlemesi ile birlikte artış gösterir. Başın ağırlık merkezinin omurganın öne doğru değişmesi yüklenmeye, boyun etrafındaki paravertebral erektör kasların daha çok çalışmasına, dolayısıyla boyun ağrısı yanında omuz ağrılarının da ortaya çıkmasına sebep olur.

Nörolojik bulgular yürüme güçlüğü, beceri gerektiren ince el hareketlerinde yetmezlik, idrar ve gaita kontrolünde bozukluk gibi radiküler ve/veya miyelopatik değişikliklerle kendini gösterebilir.

Ancak, omurgada radyolojik olarak saptanan yapısal dejeneratif değişikliklerin her zaman semptom vermediği unutulmamalıdır ^(11,23).

Sagittal denge yalnızca ayakta dik durma sorunu değildir, insanın optimum yatay (horizontal) bakış pozisyonu da sağlam ve dengeli bir omurga dizilimi gerektirir.

DEJENERATİF HASTALIKLAR VE SERVİKAL SAGİTAL DENGE BOZUKLUKLARI: FİZYOPATOLOJİ

Yukarıda sözü edilen sorunların önemli bir kısmı omurganın dizilimi ve sagittal denge ile ilişkilidir ⁽²⁴⁾. Omurga dizim bozuklukları anatomik olarak bel, göğüs ve boyun bölgelerinde ayrı ayrı olabildikleri gibi, her üç bölgede veya iki bölgede birbirlerinin devamı şeklinde de olabilirler.

Omurga, faset eklemlerinin ve disklerin bozulması, osteofitlerin oluşması ve omurgayı dik tutan kasların atrofiye uğraması ile yaşlanır ve insanlarda ilerleyici kifoz oluşmaya başlar. Bu değişiklikler normal yaşlanma sonucu görülebildiği gibi omurganın normal anatomik dizilimindeki bozukluk sonrasında da ortaya çıkabilirler. Servikal bölgedeki dejenerasyon ve yaşlanma ile omurganın dizilimi arasındaki ilişki kısmen tartışmalıdır. Bu değişikliklerin servikal lordozda azalmaya sebep olduğun belirten yazılar ^(2,11,13) yanı sıra yaş arttıkça dejenerasyonun ve servikal lordozun arttığını savunan yazılar da bulunmaktadır ^(25,35). Fujimori ve arkadaşları ⁽⁹⁾, servikal dejenerasyon ve servikal lordoz arasındaki ilişkiyi yetişkin omurga deformitesi ile kıyasladıkları bir çalışma yapmışlar ve kompensatuvar hipotorasik kifoz varlığında servikal omurgada düzleşme olduğunu göstermişlerdir. Bunun aksine, sagittal dengesizlik ya da hipertorasik kifoz varlığında ise kompensatuvar reaksiyon olarak servikal lordozun artabileceğini ortaya koymuşlardır. Anımsanması gereken bir durum da omurganın sagittal diziliminde görülen "normal" dik duruş bölgesel değişikliklerinin (varyasyonların) en büyükleri servikal omurgada meydana geldiğidir ⁽⁴⁾.

Asemptomatik gönüllü yetişkinlerde saptanan bu durum, servikal kifozu bulunan hastaların tedavilerinde zorluk oluşturmaktadır.

Servikal bölgenin sagittal dizilimindeki kifotik değişiklikler omurganın ön tarafındaki yük artışına, bu da komşu segmentteki dejenerasyonun hızlanmasına sebep olur ⁽⁷⁾.

Lordoz ile birlikte normal anatomik yapıya sahip servikal omurgada, omurilik fonksiyonları optimum düzeydedir. Lordozu korunmuş dinamik bir omurgada direkt temas önlenmiş, omurilik gerginliği artmamış, omuriliğin beslenmesi ve venöz boşalma ile nöral fonksiyonlar korunmuştur.

Normal koşullarda servikal omurganın lordozunu sağlayan başlıca yapı, omurgalar arasında bulunan diskin doğal anatomik özelliğidir ⁽⁵⁾. Takoz biçimindeki diskler omurganın ön tarafında arkaya göre daha kalındır ve servikal lordozun oluşmasında önemli pay sahibidir.

Disk içindeki değişiklikler diskin kurummasına, diskin yükseklik kaybetmesine ve dolayısıyla diskin aksiyel yüklenmeyi kaldırabilme yeteneğinde bozulmalara yol açar. Diskteki bu bozulma, diskin ön ve arkada taşmasına, ligamanların bükülmesine, boynu destekleyen yapısal ve mekanik destek dokularının işbirliği ve bütünlüğünün kaybolmasına sebep olur ⁽⁸⁾. Unkovertebral eklemlerde, dorsal kolonda ve faset eklemlerinde büyük aksiyel yüklenmeler oluşur. Tüm bunlar yüklerin tekrar dağılmasına, fasetlerin hipertrofiye uğramasına ve uzun dönemde posteriyor longitudinal ligamanda kemikleşmelere yol açar ⁽³⁰⁾. Kemikte ve yumuşak dokulardaki aşırı yüklenmeler osteofit oluşumu gibi bir dizi dejeneratif değişiklikleri uyandırarak lordoz kaybı ve kifoz oluşumu gibi sagittal dengenin bozulmasına, sagittal dizilimin bozulması da disk dejenerasyonuna ve buna bağlı semptomlara sebep olur ^(2,8). Kifoz oluştuğça gerilen ve basıya uğrayan omurilikte parçalanma, demiyelinizasyon ve nöronal kayıplar görülür ⁽³²⁾.

Servikal omurganın duruş değişiklikleri, spondiloza sebep olan dejeneratif süreçlerle ilgilidir. Normal lordoza sahip omurgadaki aksiyel güçler, ani rotasyon yüklenmeleri lordoz değişiklikleri yapmazlar. Ancak, lordozun kaybolup disk yüksekliğinin azaldığı omurgada ise aksiyel yüklenmeler, ani rotasyonlarda kaydırmalara yol açar ve rotasyonun

merkezinde bir moment kolu oluşturur, dejenerasyon ve yüklenmeler bu moment kolunu artırmaya devam ettiği sürece de eğilme, yani kifoz momenti oluşur⁽³⁾. Nöral yapılara baskı yapan bu kifotik deformite servikal sagittal dizilim ve servikal dengede bozukluklara giden spondilotik myelopatik bozukluklara sebep olur. Servikal sagittal dizilim ile myelopati ve fonksiyonel kötüleşme arasındaki ilişki dikkati çekmektedir⁽²⁷⁾. Ameliyat öncesi ve sonrasında yapılacak sagittal denge ölçümleri cerrahi ile tedavi edilen servikal spondilotik miyelopati hastalarındaki klinik iyileşmenin bağımsız göstergeleri olarak kullanılabilir.

Servikal kifotik değişikliklerin omurilik içinde intramedüller basıncı artırarak çok kötü ve dönüşümü olmayan nörolojik defisitlere sebep olduğu bilinmektedir. Omurilik içi basınç değişikliklerinin incelendiği kadavra çalışmalarında, boyunda meydana gelecek 7,5°'lik kifozun minör değişikliklere, 21°'lik kifozun ise ilerleyici kötüleşmeye sebep olduğu gösterilmiştir⁽⁴⁾. C2-C7 arasında + 21° kifoz veya servikal vertikal akstaki + 75 mm artış nörolojik kötüleşmeye sebep olmaktadır. Faldini ve arkadaşları⁽⁶⁾ da Cloward ameliyatı yapılan 107 hastalık serilerinde her bir derecelik pozitif servikal sagittal dizilim açısının komşu seviye disk dejenerasyonunu % 20 oranda azalttığını ve lordotik sagittal aksın komşu segment hastalığını önleyici etki yaptığını savunmuşlardır. Yazarlar çalışmalarında komşu segment hastalığı oluşumu için servikal sagittal açıda + 2.0°'lik kifoz oluşumunu sınır değer (*cutoff*) olarak belirlemişlerdir.

Yetişkinler için patolojik kabul edilen servikal dizilimdeki kifoz oluşumu, asemptomatik çocuklarda bile görülebilmektedir. Lee ve arkadaşları⁽²³⁾ herhangi bir omurga patolojisi bulunmayan 181 çocukta yaptıkları incelemede yaklaşık % 40 oranında kifotik değişiklikler saptamış, bunun okul çağındaki çocukların duruş alışkanlıklarına bağlı olduğunu düşünmüşlerdir. Diğer yandan, bazı yazarlara göre, herhangi bir ameliyat geçirmemiş gönüllülerde yapılan çalışmalarda, kifotik deformitenin tek başına boyun ağrısına sebep olduğu ya da boyun ağrısının kifotik değişikliklerden olduğu kesin olarak kanıtlanamamıştır^(12,21). Boyun ağrısı ve boyun omurgalarında global veya segmental dizilim bozukluğu bulunan hastalar çok dikkatli değerlendirilmeli, bunun rastlantısal bir bulgu olabileceği göz önüne alınarak ayırıcı tanıya gidilmelidir.

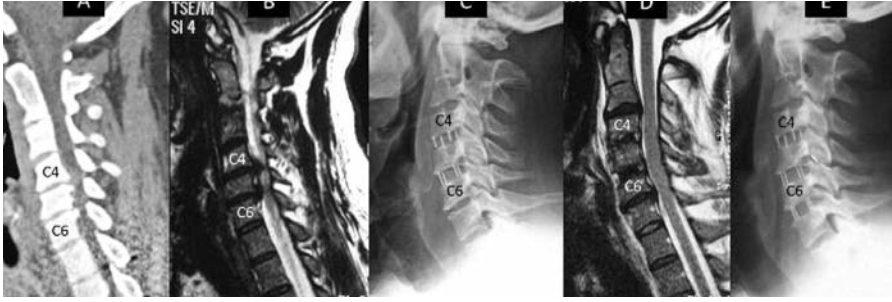
İdiyopatik skolyozu bulunan yetişkin hastalıklardaki çalışmalar, bu hastaların servikal omurga diziliminde meydana gelen değişikliklerin, hastaların torakal dizilim bozukluklarını dengeleyici bir unsur olarak oluşturduğunu düşündürmektedir⁽²⁸⁾. Bu hastalardaki torakal kifozun aşırı derecede düzeltilmesi dengeleyici (kompansatuvar) servikal kifozda artışa yol açabilmektedir.

Yukarıda sözü edildiği gibi sagittal denge pek çok konu ile ilintilidir. Sagittal denge, erişkin skolyozu, dejeneratif disk hastalığı ve dejeneratif spondilolistezis gibi hastalıklarda ve omurga deformitesi sebebiyle cerrahi uygulanan hastalarda bağımsız bir öngörü etkenidir ve sagittal dengenin cerrahi olarak düzeltilmesi klinik iyileşme ile doğru orantılıdır⁽²²⁾.

SPİNAL CERRAHİ SONRASINDA SAGİTTAL DENGE

Spinal cerrahi sonrasında normal fonksiyonel hareketlerin yapılabilmesi için fizyolojik servikal dizilimin korunması veya onarılması çok önemlidir. Anteriyor servikal diskektomi ve füzyon, korpektomi, servikal artroplasti, laminektomi ve laminoplasti gibi servikal cerrahi girişimler sonrasında servikal omurga diziliminde bozukluk olması ve sonrasında gelişen servikal kifoz ile instabilite, fonksiyon kaybı ve komşu segment hastalığı arasındaki ilişki bilinmektedir⁽¹⁵⁾. Cerrahiye takiben ameliyat seviyesinde kifoz oluşumu, füzyon olan segmentte kifoza bağlı olarak nöral foramende daralma ile kifozun sebep olduğu miyelopati ve kalıcı omurilik hasarı çok önemlidir^(19,20).

Servikal füzyonu takiben ortaya çıkan artmış disk içi basınç, hipermobilité ve sagittal dizilim bozuklukları komşu segmentte biyomekanik stresin artmasına, bu da hastada yeni radiküler ve/veya miyelopatik semptomların ortasına çıkmasına sebep olur⁽¹⁾. Radyolojik olarak, hastaların semptom ve bulgularına eşlik eden komşu intervertebral disk aralığında daralma, fleksiyon ve ekstansiyonda 3 mm'den fazla kayma ve omurga gövdesinin arkasında çıkıntı (*spur*) oluşması komşu segment hastalığı tanısı için yeterlidir⁽¹⁹⁾. Ortaya çıkmasına değişen biyomekanik etkenler yanı sıra komşu diskin doğal seyirinin de katkıda bulunduğu komşu segment hastalığı, yıl başına % 2.9 kadar oranda görülebilmektedir (Şekil-3).



Şekil-3. Komşu segment hastalığı gelişimi: **a)** C4-5 ve C5-6 mesafelerinde daralma, omurga arka yüzünde osteofitik oluşumları gösteren sagittal planda bilgisayarlı tomografi kesiti, servikal lordoz kaybolmuş, C4-5 düzeyinde çok hafif kifotik değişiklik görülmekte, **b)** T2 ağırlıklı sagittal MR tetkikinde C4-5 ve C5-6 düzeylerinde ekstrüde disk hernisi görülmekte, **c)** Postoperatif servikal yan grafide, C4-5 ve C5-6 düzeylerinde mesafeye konan pik kafesler görülmekte, kifotik görünüş kaybolmuş, hastanın lordozu sağlanmış durumda, **d)** Ameliyattan sonraki 5. ayda hastanın yeni yakınmaları üzerinde çekilen T2 ağırlıklı MR kesitinde, C6-7 düzeyinde daha önce var olmayan disk hernisi görülmekte, önceki MR tetkikiyle kıyaslandığında C6-7 diskinde dejenerasyonu gösteren “black disc” görünümü mevcut, hafif lordoz kaybı izlenmekte **e)** C6-7 diskektomi ve pik kafes uygulamasından sonra lordozun sağlandığını gösteren servikal yan grafisi.

Ankwenze ve arkadaşları ⁽¹⁾ servikal disk artroplasti ve anterior servikal diskektomi yöntemlerini karşılaştırdıkları prospektif bir çalışmada her iki yöntemin de ameliyat edilen seviyede ve komşu kranyal seviyede lordozu arttırdığını, kaudal komşu seviyede ise lordozu azalttığını saptamışlardır. Park ve arkadaşları ⁽²⁶⁾, daha önceden servikal anterior girişim uygulanmış hastalarda ortaya çıkan dizilim bozukluğu ile komşu segment hastalığı arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve anterior girişimden sonra özellikle C5-6 düzeyinde oluşan füzyon sonrasında meydana gelen servikal dizilim bozukluklarının cerrahi olarak düzeltilmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Servikal disk protezleri ile genel olarak servikal dengenin korunduğu belirtilmekteyse de, servikal lordozda kayıplar da olabilmektedir ⁽³¹⁾. Ameliyat seviyesindeki lordoz kaybı komşu seviyeler tarafından telafi edilmekte, genel sagittal denge sağlanmaya çalışılmaktadır. Diğer yandan servikal disk protezi kullanımının servikal lordozda artışa sebep olduğu da gösterilmiştir ⁽¹⁾. Servikal disk protezinin kifoza yol açması ve sagittal dengeyi bozması ile ilgili olarak uygulama açısı ve derinliği, cerrahin

yeteneği, dorsal uç plağın aşırı kazınması, posteriyor longitudinal ligamanın alınması, önceden kifozun var olması, protez içinde yapısal lordozun olmaması gibi etkenler ileri sürülmektedir. Alttaki omurga cisminde bulunan osteofitlerin temizlenmemesi, disk protezi kullanıldığında lordotik açılanmayı engelleyebilir ⁽³⁴⁾. Ayrıca, lordozu artırmak için çok fazla biçimde öne yerleştirilen bir protezle de arka kolon desteği yetersiz olacağından foraminal darlık ve protezin mesafeden dışarıya doğru çıkması söz konusu olabilir. Komşu segment sorunları, yapay bir alet kullanılmayan ve otojen kemik grefti ile yapılan Cloward veya Simith-Robinson gibi servikal diskektomi ve füzyon ameliyatlarından sonra da oluşabilmektedir ⁽⁶⁾. Bunun sebebi, mesafenin sabitleştirilmesinden dolayı boyun bölgesinde büyük açılı hareketlerin yapılması, kişisel yatkınlık, yaşam alışkanlıkları, komşu seviye diskinde stres artışı, uç plaklardaki stres artışına bağlı beslenme bozukluğu gelişmesi, hareketli segment sayısının azalmasına rağmen bu segmentlere hareket transferinin artması ve instabilite gibi problemlerdir. Ancak, yapılan ameliyatla fizyolojik sagittal dizilim korunur veya yeniden restore edilebilirse komşu segment dejenerasyonu önlenebilmektedir.

İlerleyici miyelopati ve kifotik deformitenin olduğu hastalarda, lokal sagittal dizilimin düzeltilmesi omurilik fonksiyonlarının iyileşmesi için yardımcı olabileceği gösterilmiştir ⁽⁷⁾. Ne var ki, lokal kifotik deformitenin giderilmesi ameliyatlarından sonra bazı olgularda devam eden olumsuz biyomekanik kuvvetler ve tonik kas aktivitesi sebebiyle bölgesel kifoz ilerleyebilmektedir.

Preop tetkiklerde servikal kifoz saptanması, posteriyor girişimler için genelde kontrendikasyon gibi kabul edilen bir durumdur ⁽¹⁵⁾. Heary ve arkadaşları ⁽¹⁵⁾ posteriyor dekompresyon ve lateral kitle vidası ile stabilizasyon uyguladıkları hastalarda ameliyat öncesi dönemde saptanan ılımlı ve aşırı olmayan kifoz varlığında bile servikal omurga diziliminde düzelme sağladıklarını, ileri düzeyde kifoz olması durumunda ise lordoz sağlayamadıklarını ancak, sagittal dizilimi kısmen düzeltebildiklerini iddia etmişlerdir.

Laminektomi sonrasında oluşan boyun omurgasındaki deformiteler sagital denge bozukluğuna ve bu da boyun ağrısı ve fonksiyon kaybına sebep olur. Inoue ve arkadaşları ⁽¹⁶⁾, servikal omurilik tümörü veya tümörsü lezyonların cerrahisini takiben oluşan omurga deformitesini incelemişler, boyun bölgesinde omurganın fonksiyonel eğriliğinin korunması, omurganın stabilitesi ve mobilitesi için erektör kasların ve nukhal ligamanın onarımı ile laminoplastinin kaçınılmaz olduğunu savunmuşlardır. Yazarlara göre, uygun hastalarda yalnızca parsiyel laminektomi yapılması servikal omurga dizilimini ve mobilitesini korumak için en iyi yöntemdir. Bu çalışmaya göre, C2 laminektomi yapılan hastalarda üst servikal bölgede kifoz, alt servikal bölgede ise dengeleyici (kompansatuvar) lordoz oluşmaktadır. C7 laminektomi yapılan hastalarda servikotorasik bileşkede keskin bir kifoz ve üst servikal bölgede dengeleyici lordoz meydana gelmektedir. Laminektomi sonrasında gelişen deformitenin giderilmesi ve sagital dengenin düzeltilmesi ise ayrı bir önem arz eder ⁽¹⁸⁾. Semptomatik hastalarda ya da ilerleyici deformitesi olan ve nörolojik kötüleşme riski taşıyan hastalarda bu deformiteyi giderici cerrahi yapma endikasyonu bulunmaktadır. Hastalardaki mevcut deformasyonun giderilmesi, ilerleyici nörolojik defisitlerin önlenmesi ve stabilizasyon sağlanan omurgada sagital dengenin düzeltilmesi önemlidir.

Tang ve arkadaşları ⁽³³⁾ servikal füzyon cerrahisinden sonraki servikal sagital dizilim ve sonuçlarını inceledikleri çalışmalarında, servikal sagital dizilimi değerlendirirken spinal pelvik parametrelerin boyun parametrelerinde değişikliklere sebep olmasını önlemek için radyolojik incelemelerin hasta ayakta durur pozisyondayken yapılması gerektiğini savunmuşlardır.

Enstrümantasyon uygulanan segmentin üstündeki bir seviyede herhangi bir yetmezlik veya dizilim bozukluğu olması proksimal bileşke kifozu olarak kabul edilmektedir ⁽¹⁰⁾. Bu durum, komşu seviyede kompresyon kırığı, spondilolistezis ya da fiksasyon yetmezliği sonucu oluşabilir. Çoğunlukla, hastanın kemik kalitesinin kötü olması, var olan deformitenin gereğinden fazla düzeltilmesi ve/veya uygun olamayan fiksasyon yapılması söz konusudur.

Sagittal denge bozulmasını izleyen dönemde, iskelet sistemindeki tüm kemik ve kaslarda insanı ayakta tutmaya yönelik olarak bir takım dengeleyici (kompansatuvar) mekanizmalar ortaya çıkar ki, bunlar bir tarafta omurga dizilimini düzeltmeye çalışırken diğer yanda bozulmaya yol açarlar. Servikal kifoza olan kişilerde gövdenin, dengeleyici bir reaksiyon olarak torakal lordoz veya lomber hiperlordoza sebep olduğu, bu durumun da ayrıca hastada olumsuz koşullar yarattığı bilinmektedir⁽²²⁾.

Yaşamını iki ayak üzerine dikilerek kuran ve böyle sürdüren (bipedal) insanda sagittal denge, sadece servikal, torakal veya lomber bölge sorunu değil, tüm bir omurgayı içeren bütüncül bir konudur.

KAYNAKLAR

- 1- Anakwenze OA, Auerbach JD, Milby AH, Lonner BS, Balderston RA. Sagittal cervical alignment after cervical disc arthroplasty and anterior cervical discectomy and fusion: results of a prospective, randomized, controlled trial. *Spine* 2009; 34(19): 2001-2007.
- 2- Barrey C, Roussouly P, Perrin G, Le Huec JC. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine. Can we identify the compensatory mechanisms? *Eur Spine J* 2011; 20 (Suppl 5): 626-633.
- 3- Benzel EC: *Biomechanics of spine stabilization: principles and practice*, American Association of Neurological Surgeons. Rolling Meadows, 2001.
- 4- Chavanne A, Pettigrew DB, Holtz JR, Dollin N, Kuntz C 4th. Spinal cord intramedullary pressure in cervical kyphotic deformity: a cadaveric study. *Spine* 2011; 36(20): 1619-1626.
- 5- DePalma AF, Rothman RH. *The Intervertebral Disc*. Saunders, Philadelphia 1970; pp: 35-46.
- 6- Faldini C, Pagkrati S, Leonetti D, Miscione MT, Giannini S. Sagittal Segmental Alignment as Predictor of Adjacent-Level Degeneration After a Cloward Procedure. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(3):674-681
- 7- Ferch RD, Shad A, Cadoux-Hudson TA, Teddy PJ. Anterior correction of cervical kyphotic deformity: effects on myelopathy, neck pain, and sagittal alignment. *J Neurosurg* 2004; 100 (1 Suppl): 13-19.
- 8- Ferrara LA. The biomechanics of cervical spondylosis. *Adv Orthop* 2012; 2012: 493605.

- 9- Fujimori T, Le H, Schairer W, Inoue S, Iwasaki M, Oda T, Hu SS. The Relationship Between Cervical Degeneration and Global Spinal Alignment in Patients With Adult Spinal Deformity. *J Spinal Disord Tech* 2015. [Baskıda]
- 10- Glassman SD, Coseo MP, Carreon LY. Sagittal balance is more than just alignment: why PJK remains an unresolved problem. *Scoliosis Spinal Disord* 2016; 11: 1.
- 11- Gore DR, Sepic SB, Gardner GM. Roentgenographic findings of the cervical spine in asymptomatic people. *Spine* 1986; 11: 521-524.
- 12- Grob D, Frauenfelder H, Mannion AF: The association between cervical spine curvature and neck pain. *Eur Spine J* 2007; 16: 669-678,
- 13- Hansen MA, Kim HJ, Van Alstyne EM, Skelly AC, Fehlings MG. Does postsurgical cervical deformity affect the risk of cervical adjacent segment pathology? A systematic review. *Spine* 2012; 37(22 Suppl): S75-84.
- 14- Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, Troyanovich SJ, Janik TJ, Holland B. Cobb method or Harrison posterior tangent method: which to choose for lateral cervical radiographic analysis. *Spine* 2000; 25: 2072-2078.
- 15- Heary RF, Choudhry OJ, Jalan D, Agarwal N. Analysis of cervical sagittal alignment after screw-rod fixation. *Neurosurgery* 2013; 72(6): 983-992.
- 16- Inoue A, Ikata T, Katoh S. Spinal deformity following surgery for spinal cord tumors and tumorous lesions: analysis based on an assessment of the spinal functional curve. *Spinal Cord* 1996; 34(9): 536-542.
- 17- Jackson R. *The cervical syndrome*. 2nd ed. Springfield, IL. 1958.
- 18- Joaquim AF, Riew KD. Management of cervical spine deformity after intradural tumor resection. *Neurosurg Focus* 2015; 39(2): E13.
- 19- Katsuura A, Hukuda S, Saruhashi Y, Mori K. Kyphotic malalignment after anterior cervical fusion is one of the factors promoting the degenerative process in adjacent intervertebral levels. *Eur Spine J* 2001; 10(4): 320-324.
- 20- Kawakami M, Tamaki T, Yoshida M, Hayashi N, Ando M, Yamada H. Axial symptoms and cervical alignments after cervical anterior spinal fusion for patients with cervical myelopathy. *J Spinal Disord* 1999; 12(1): 50-56.
- 21- Kim JH, Kim JH, Kim JH, Kwon TH, Park YK, Moon HJ. The Relationship between Neck Pain and Cervical Alignment in Young Female Nursing Staff. *J Korean Neurosurg Soc* 2015; 58(3):2 31-235.
- 22- Lamartina C, Berjano P. Classification of sagittal imbalance based on spinal alignment and compensatory mechanisms. *Eur Spine J* 2014; 23(6): 1177-1189.
- 23- Lee CS, Noh H, Lee DH, Hwang CJ, Kim H, Cho SK. Analysis of sagittal spinal alignment in 181 asymptomatic children. *J Spinal Disord Tech* 2012; 25(8): E259-63.
- 24- Nemani VM, Derman PB, Kim HJ. Osteotomies in the Cervical Spine. *Asian Spine J* 2016; 10(1): 184-195.

- 25- Park MS, Moon SH, Lee HM, Kim SW, Kim TH, Lee SY, Riew KD. The effect of age on cervical sagittal alignment: normative data on 100 asymptomatic subjects. *Spine* 2013; 38(8): E458-63.
- 26- Park MS, Kelly MP, Lee DH, Min WK, Rahman RK, Riew KD. Sagittal alignment as a predictor of clinical adjacent segment pathology requiring surgery after anterior cervical arthrodesis. *Spine J* 2014; 14(7): 1228-3124.
- 27- Roguski M, Benzel EC, Curran JN, Magge SN, Bisson EF, Krishnaney AA, Steinmetz MP, Butler WE, Heary RF, Ghogawala Z. Postoperative cervical sagittal imbalance negatively affects outcomes after surgery for cervical spondylotic myelopathy. *Spine* 2014; 39(25): 2070-2077.
- 28- Roussouly P, Labelle H, Rouissi J, Bodin A. Pre- and post-operative sagittal balance in idiopathic scoliosis: a comparison over the ages of two cohorts of 132 adolescents and 52 adults. *Eur Spine J* 2013;22 Suppl 2:S203-15.
- 29- Scheer JK, Tang JA, Smith JS, Acosta FL Jr, Protosaltis 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: a review. *J Neurosurg Spine* 2013; 19:141-159.
- 30- Shedid D, Benzel EC. Cervical spondylosis anatomy: pathophysiology and biomechanics. *Neurosurgery* 2007; 60(1 Suppl 1): S7-13.
- 31- Shim CS, Lee SH, Park HJ, Kang HS, Hwang JH. Early clinical and radiologic outcomes of cervical arthroplasty with Bryan Cervical Disc prosthesis. *J Spinal Disord Tech* 2006;19(7):465-470.
- 32- Shimizu K, Nakamura M, Nishikawa Y, Hijikata S, Chiba K, Toyama Y. Spinal kyphosis causes demyelination and neuronal loss in the spinal cord: a new model of kyphotic deformity using juvenile Japanese small game fowls. *Spine* 2005; 30: 2388-2392.
- 33- Tang JA, Scheer JK, Smith JS, Deviren V, Bess S, Hart RA, Lafage V, Shaffrey CI, Schwab F, Ames CP; ISSG. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery. *Neurosurgery* 2012; 71(3): 662-669.
- 34- Yi S, Shin HC, Kim KN, Park HK, Jang IT, Yoon DH. Modified techniques to prevent sagittal imbalance after cervical arthroplasty. *Spine* 2007; 32(18): 1986-1991.
- 35- Yukawa Y, Kato F, Suda K, Yamagata M, Ueta T. Age-related changes in osseous anatomy, alignment, and range of motion of the cervical spine. Part I: Radiographic data from over 1,200 asymptomatic subjects. *Eur Spine J* 2012; 21(8): 1492-1498.

20. Dejeneratif Lomber Spinal Dar Kanal ve Sagittal Denge

Yetkin SÖYÜNCÜ

GİRİŞ

Son yıllarda yayınlanan makalelere baktığımızda, spino -pelvik denge parametrelerinin lomber omurgada dejeneratif değişikliklerin gelişmesi üzerine olan etkisi konusunda bir yoğunlaşmanın olduğunu görmekteyiz. Spino-pelvik denge konusu ilk kez G.Duval Beaupere tarafından tanımlanmıştır. Buna göre ayakta durma pozisyonunda omurga ve pelvisin konfigürasyonundaki düzenli değişiklik nedeniyle genel vücut kitle merkezini koordine etmek için yerçekimi merkezi ayarlanır ve bu her iki koksafemoral aksın bir miktar arkasındadır ⁽⁸⁾.

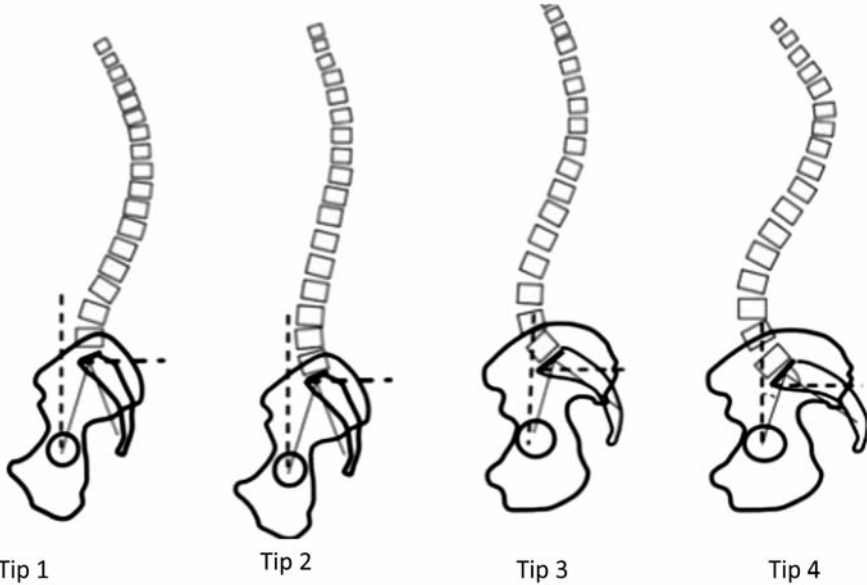
Pelvik insidansın (PI) sagittal omurga geometrisi üzerinde özellikle lomber lordoz olmak üzere ciddi etkisi vardır. Anormal PI ve spino-pelvik parametreler pek çok omurga hastalığının gelişmesi ve ilerlemesi üzerine etkilidir. Omurganın sagittal dizilimi, lomber dar kanal cerrahisi sonuçları üzerinde de etkilidir. Bunun yanında lomber dar kanalı olan hastalarda C7 şakül çizgisinin sakrumun arka kenarından öne doğru deviasyonu arttıkça yaşam kalitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Bu bölümde, spino-pelvik parametrelerin dejeneratif lomber spinal dar kanal gelişmesi ve cerrahi tedavi sonuçları üzerine olan etkisi incelenecektir.

OMURGA MORFOLOJİSİNİN DEJENERATİF LOMBER SPİNAL DAR KANAL GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Omurganın sagittal dengesi, sadece omurganın pelvis üzerinde pozisyonunda olması anlamı taşımaz. Pelvis ve omurga arasında şekil ve pozisyon açısından kuvvetli bir ilişki vardır. Pelvis morfolojisi, PI ile belirlenir. Kişilerin bireysel morfolojik yapılarına bağlı olarak, zamanla, spesifik dejeneratif değişiklikler olabilir. Sagittal parametreler bu süreçleri önceden tahmin etmede yardımcı olabilir.

Lomber lordoz (LL) ve sakral eğim (SS) arasındaki ilişkiye ilk kez Stagnara tarafından dikkat çekilmiştir ⁽²²⁾. Sakral eğim ne kadar fazla ise LL o kadar büyüktür (dinamik bel); tersine SS horizontal hal aldıkça lomber eğrilik düzleşir (statik bel). Sakral eğimin oryantasyonuna göre Rousoully ve ark. semptomatik olmayan yetişkinlerde 4 farklı tip lomber lordoz tanımladılar (Şekil-1) ⁽²¹⁾.



Şekil-1. Sakral oryantasyona bağlı olarak lomber lordoz şekilleri. Tip-1 ve 2 'de SS < 35°, Tip-3 de SS, 35° - 45°, Tip 4 de SS > 45°

Tip-1 lomber lordozda SS 35 dereceden azdır, lordozun tepesi L5 vertebra cismi orta noktasına lokalizedir, lordozun alt kavis değeri küçüktür. İlk lomber omurganın üst endplatinin ön kenarı sakral promontoryumdan çizilen dik çizgiye göre arkaya eğilmiştir .

Tip-2; SS'un 35 dereceden düşük olması, LL tepesinin L4 vertebra cisminin kaidesine lokaliz olması, lordozun alt kavsinin nispeten düz olması ile karakterizedir. Birinci lomber vertebranın üst end platinin ön kenarı, sakral promontoryumdan çizilen dik çizginin nispeten arka kısmına düşer ancak dik çizgiye daha yakındır ve tip-1 lordozdan hafifçe daha büyüktür; lordoz eğim pozitifdir.

Tip-3 lomber lordozda SS 35-45 derece arasındadır, LL açısı L4 vertebra cismi orta noktasına lokalizedir, lordozun alt kavsi daha belirgindir ve lordoz eğimi 0 derece civarındadır.

Tip-4 lomber lordozda SS, 45 derecenin üzerindedir ve pelvik anteversiyonda aşırı artış gözlenir. Lomber lordoz tepesi L3 vertebra kaidesi ya da üzerinde lokalizedir, lordozun alt kavsi dominanttır, lordoz eğimi 0 veya negatiftir.

SS ve PI arasındaki korelasyona bağlı olarak Tip-1 ve 2 genellikle düşük seviye PI, Tip-3 ve 4 ise genellikle yüksek seviye PI'a sahip olacaktır.

Lomber lordozun birinci ve ikinci tipine, anterior vertebral motor segmentlerde değişiklikler eşlik eder (disk yüksekliğinde azalma, kamalaşma, L3,L4,L5 seviyelerinde osteofitlerin görülmesi). Lomber vertebralarda intervertebral disk protrüzyonu oluşumu için bu değişikliklerin görülmesi gerekmektedir. Üçüncü ve dördüncü lordoz tipi (hiperlordotik postür) posterior komplekste dejeneratif- destrüktif değişiklikler gelişmesine yol açarak spinal kanalda daralma ve bununla ilişkili nörolojik bulguların ortaya çıkmasına sebep olur⁽¹⁴⁾.

Anormal PI, kalçalarda artroz gelişmesine de neden olabilir. Yoshimoto ve ark alt bel ağrısı ve kalça artrozu olan hastalarda spino-pelvik parametreleri karşılaştırdı ve kalça artrozu olan hastalarda PI daha büyüktü. Genç hastalarda yüksek PI değerlerinin ileri dönemde kalça artrozu gelişimine neden olabileceği sonucuna vardılar⁽²⁶⁾ .

Kalça eklemının uzun dönem artrozu, spino-pelvik ilişkilerde değişikliklere ve lomber lordozun artması veya düzleşmesiyle anormal postüre yol açar ki bu dejeneratif süreci başlatır. Farklı yazarlar tarafından bu rahatsızlıkların birlikte bulunma prevalansı % 21.9-95 arasında değişmektedir.

Prodan ve Khvisyuk, sagittal spino-pelvik denge parametrelerinin alt lomber segmentlerde dejeneratif değişikliklerin natürünü etkilediğini buldular ⁽¹⁹⁾. Hipolordotik postürde görülen düşük değerlerdeki PI, SS ve global lomber lordoz (GLL), intervertebral disklerdeki dejeneratif değişiklikler ve anterior destek kompleksindeki ciddi dejenerasyona yol açar. Disk dejenerasyonu faset dejenerasyonunu başlatır. Hiperlordotik postürde görülen artmış PI, SS ve GLL durumunda faset eklemlerdeki dejenerasyon hızlanır ve posterior destek kompleksinde ciddi dejenerasyon gelişir. Bu durumlarda spondilartropatiler, intervertebral disk dejenerasyonunu hızlandırır. PI, SS ve GLL değerlerinin normale yakın olduğu hastalarda intervertebral disk ve faset eklemlerdeki dejeneratif değişiklik olasılığı eşit seviyededir ancak çok büyük ya da çok küçük spino-pelvik denge parametreleri ile karşılaştırıldığında bu risk oldukça düşüktür.

Prodan ve ark dejeneratif lomber spinal dar kanal ciddiyetinin hastanın yaşı ve spino-pelvik denge parametreleri ile (PI,SS ve GLL) positive ilişkisi olan lomber spinal kolonun alt ve posterior kısmının dejenerasyon ciddiyeti ile korelasyon gösterdiğini iddia eder ⁽²⁰⁾.

Herkowirz ve ark alt lomber vertebra konfigürasyonu ile dejeneratif lomber spinal dar kanal arasındaki ilişkiyi inceledikleri bir çalışmada hem LL ve hem de SS açılarını kontrol grubu ile karşılaştırdıklarında, değerlerin dejeneratif lomber spinal dar kanal olan hastalarda önemli derecede daha düşük olduğunu rapor ettiler. Dejeneratif lomber spinal dar kanal grubunda ortalama LL açısı 42.8 derece iken kontrol grubunda 45.2 derece, SS açısı ise DLSS grubunda 38.5 derece ve kontrol grubunda 42 derece idi ⁽¹⁾.

Dejeneratif lomber spinal dar kanal hastaları, nöral yapılarda rahatlama sağlayabilmek için öne doğru eğilerek yürürler ⁽²⁴⁾. Bu santral vertebral kanal ve aynı zamanda intervertebral foramenlerin hacmini arttırma girişimidir. Klinik olarak hastaların öne doğru eğilme postürü sagittal

spinal deformiteli hastaya benzer. Hirano ve ark. dejeneratif lomber spinal dar kanal ile spinal sagittal dizilim ve hareket genişliği arasındaki birlikteliği araştırdıkları çalışmada, sakral inklinasyon açısı ve vücut kitle indeksi (BMI) artışının dejeneratif lomber spinal dar kanal için en önemli risk faktörleri olabileceğini rapor etmişlerdir. Bel kaslarını güçlendirme ve bel omurgalarının hareket egzersizleri dejeneratif lomber spinal dar kanal gelişmesini engelleyebilir ⁽¹²⁾.

DEJENERATİF LOMBER SPİNAL DAR KANAL VE SPİNO-PELVİK MORFOLOJİ

Dejeneratif lomber spinal dar kanallı hastalar benzer bel ve bacak ağrısı yakınmaları ancak farklı derecelerde dizilim bozuklukları ile doktora başvururlar. Hafif ya da orta derecede dizilim bozukluğunda (SRS-Schwab grupları PT, PI-LL veya SVA için "0" veya "+") hastalar gövdelerinin öne eğilmesini sağlayarak sagittal planda deformiteye izin verirler ve orta -ciddi deformite gelişinceye kadar pelvik tilti (PT) işin işine katmazlar. Hafif ya da orta derecede deformitesi olan yetişkin omurga deformiteli hastalar, pelvik tiltlerini dejeneratif lomber spinal dar kanal hastalarından daha erken düzeltir. Dizilim bozukluğunun orta ve ileri derecede olduğu durumlarda kompensatuvar mekanizmalar açısından dejeneratif lomber spinal dar kanal ve yetişkin spinal deformite hastaları arasında bir fark bulunmamıştır.

Bunun tersine, Diebo ve ark hafif derecede PI-LL hatalı eşleşmesi olan yetişkin spinal deformiteli hastalarda ana kompensasyon mekanizmasının PT olduğunu, diğer taraftan alt ekstremitte katılımının (diz fleksiyonu ve pelvik kayma) daha sonra devreye girdiğini göstermişlerdir ⁽⁶⁾.

Bucand ve arkadaşlarının çalışmasında dejeneratif lomber dar kanallı olan hastalarda pelvik şiftin daha erken devreye girdiği ve bu hastaların PT gelişmeden önce SVA ya daha fazla izin verdiği yönünde sonuç vermişler. Bu durum büyük ihtimalle, hastaların yerçekimi çizgisini ayağın merkezinin üzerinde tutarken gövdenin sagittal dizilim bozukluğuna izin verecek şekilde nöral elemanları dekompanse etme girişimini yansıtmaktadır ⁽⁵⁾.

Orta derecede PI-LL uyum sorunu olan grupta (10-20 derece) dejeneratif lomber spinal dar kanalı olan hastalar önemli derecede daha düşük sakro-femoral açıya sahiptiler. Bu durum dejeneratif lomber spinal dar kanalı olan hastalarının yetişkin omurga deformite hastalarındaki kadar kalça ekstensiyonunu devreye sokmadığını göstermektedir. Yetişkin omurga deformiteli hastalarda bu iki kompensasyon mekanizması önemliyken dinamik nöral dekompanseman elde etmek için dejeneratif lomber spinal dar kanal hastaları orta derecede PI-LL uyum bozukluğu, TK artışı ve gövdenin öne eğilmesine izin verecektir.

Kim ve arkadaşlarının lomber dejeneratif spondilolistezis ile dejeneratif lomber spinal dar kanalı, sagittal spino-pelvik dizilim açısından değerlendirdiler. Lomber dejeneratif spondilolistezisli hastalar dejeneratif lomber spinal dar kanallı hastalarla karşılaştırıldığında PI daha büyük, segmental lomber lordoz / PI oranının düşük ve nispeten yüksek sagittal imbalans eğiliminin olduğu görülmüştür. Dejeneratif lomber spinal dar kanalı olan hastalarda PI değerleri normaldir ve sagittal denge pelvik retroversiyon ile nispeten iyi kompanse edilmiştir. Pozitif SVA sahip lomber dejeneratif spinal dar kanalı olan hastalarda ciddi derecede LL ve segmental lomber lordoz (SLL) kaybı vardı. Bununla birlikte pozitif SVA olan lomber dejeneratif spinal dar kanalı olan hastaların PT, SS, LL ve SLL değerlerinde sıklıkla ciddi farklılıklar vardı ⁽¹⁸⁾.

Barrey ve arkadaşları omurganın 3 farklı tip destrüktif dejeneratif hastalığı olan 85 hastanın sagittal denge parametrelerini değerlendirdi: intervertebral disk hernisi (25 hasta), lomber dejeneratif spinal dar kanal (32 hasta), dejeneratif spondilolistezis (28 hasta). PI, intervertebral disk hernisi (% 49.8) ve dejeneratif lomber spinal dar kanal (% 51.6) hastalarında orta seviyede ancak dejeneratif spondilolistezis hastalarında ciddi derecede yüksekti (% 60). Bununla birlikte SS ve global lomber lordoz her üç grupta da azalmıştı. Disk hernisi ve dejeneratif lomber spinal dar kanal hastalar birbirine çok benzer sagittal profil göstermişlerdir ve normal veya düşük PI ile karakterizeydiler. Her 2 grupta SS, PT, LL ve TK değerleri birbirine çok yakındı. Bu nedenle bu gruptaki hastalar hem LL ve hem de torakal kifozda ciddi azalma ile birlikte düz bir omurga ile karakterizelerdi. Bu profile özellikle, pelvik insidansı semptomatik olmayan popülasyondan önemli derecede daha küçük olan 45 yaş altındaki disk hastalığı olan

hastalarda belirgindi. Lordoz kaybı, segmental diskopati ve disk yükseklik kaybına bağlı olarak sadece yapısal değil aynı zamanda hastanın ağrısına bağlı sekonder olarak da gelişir. Ancak sebebi ortaya koyabilmek her zaman çok kolay değildir. Lordoz kaybı, C7 plumb linenın ön tarafa doğru ciddi derecede kaymasına neden olur. Sagittal planda ortaya çıkan bu bozukluk kısmen pelvisin geriye doğru tilti ile düzeltilir. Bu çalışmada disk hernisi olan hastalar, hem LL ve hem de SS'da ciddi azalmayla birlikte sagittal planda nispeten düz bir omurgaya sahiptiler ⁽²⁾.

Abbas ve arkadaşları, bilgisayarlı tomografi (BT) kullanarak dejeneratif lomber spinal dar kanal olan ve olmayan hastaların spino-pelvik parametrelerini karşılaştırdılar ⁽¹⁾. Dejeneratif lomber spinal dar kanal grubunda ortalama SS ve LL değerleri dejeneratif lomber spinal dar kanal olmayan gruba göre önemli derecede azalmıştı. Ortalama yaş 63.9 olan ve 80 hastadan oluşan bu çalışmada ortalama C7PL mesafesi $3.8 \pm$ ve ortalama PI, SS, PT, LL ve TK sırasıyla $48.2^\circ \pm 7.8^\circ$, $32.2^\circ \pm 7.7^\circ$, $19.1^\circ \pm 7.2^\circ$, $32.5^\circ \pm 14.9^\circ$ ve $24.1^\circ \pm 9.6^\circ$ idi.

Lee ve arkadaşları, lomber dejeneratif spondilolistezis ve kifozun karşılaştırılmalı bir çalışmasında kontrol parametreleri olarak ortalama yaşı 58.8 ± 11.5 yıl olan 57 dejeneratif lomber spinal dar kanalı olan hastanın spino-plevik parametreleri ölçtüler ⁽¹⁶⁾. Ortalama C7PL $3.7 \pm$ ve ortalama PI, SS, PT, LL ve TK sırasıyla $48.7^\circ \pm 7.9^\circ$, $28.1^\circ \pm 7.7^\circ$, $20.6^\circ \pm 9.9^\circ$, $33.6^\circ \pm 13.5^\circ$ ve $17.7^\circ \pm 7.9^\circ$ idi.

Lim ve arkadaşları, lomber dejeneratif spondilolistezis ve dejeneratif spinal dar kanal arasında sagittal spino-pelvik dizilim farklılıklarını değerlendirdiler. Lomber dejeneratif spondilolistezisli hastaların PI'nin daha büyük, segmental lomber açı / PI oranının daha düşük olduğu ve dejeneratif spinal dar kanalı olan hastalarla karşılaştırıldığında sagittal imbalans olasılığının daha yüksek olduğu görülmüştür. Dejeneratif spinal dar kanallı hastalar normal PI'ya ve pelvik retroversiyon nedeniyle nispeten iyi kompanse sagittal dengeye sahiptiler ⁽¹⁸⁾.

Positive SVA'ya sahip lomber dejeneratif spondilolistezisli hastalarda LL ve segmental lomber lordozda ciddi kayıp vardır, bununla beraber positive SVA sahip dejeneratif spondilolistezisli hastalar sıklıkla PT, SS, LL ve SLL de önemli farklılıklara sahiptiler.

TEDAVİNİN SAGİTTAL DENGİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dejeneratif lomber spinal dar kanal, alt ekstremitte ve gluteal bölgeye lokalize semptomlarla ve nöral ve vasküler yapılar için elverişli spinal kanal mesafesinin daralması ile seyreden bir rahatsızlıktır. Dejeneratif lomber spinal dar kanalı olan hastalar tipik olarak öne doğru eğilmiş postür ile karakterizedirler çünkü epidural basınç dik durma ile artarken öne eğilme pozisyonu ile birlikte azalmaktadır ⁽²⁴⁾. Öne eğilmekle spinal kanal genişlediği için lomber lordozda kompensatuvar azalma ile global sagittal dengenin oluşturulmaya çalışılması olasıdır.

Yetişkin dejeneratif omurga rahatsızlığı olan hastalarda global sagittal denge ile yaşam kalitesi arasındaki ilişkinin önemi ortaya konulmuştur. Bu nedenle global sagittal denge dejeneratif lomber spinal dar kanallı hastalarda dikkate alınması gereken çok önemli bir konu olmuştur. Yaşlı hastalarda dejeneratif lomber dar kanalın cerrahi tedavisinde sadece hastalığı ortadan kaldırmak amaçlanmamalı aynı zamanda sagittal dengenin sağlanması, klinik şikayetlerin gerilemesi ve aynı zamanda yaşam kalitesinin de artırılması amaçlanmalıdır.

Dejeneratif lomber spinal dar kanalın konservatif tedavisi üzerine spinopelvik parametrelerin etkisini araştıran bir çalışmada 25 hastaya tekrarlayan epidural enjeksiyonlar ve faset eklem enjeksiyonları ile birlikte yatırılarak 1 hafta süre ile fizik tedavi uygulanmış. Takiplerde ODI skorlarında 3 aya kadar önemli iyileşme izlenmiş. Bel ağrılarının ilk 6 haftalık dönemde azaldığı, 3 aylık takiplerin PI ile tersine korelasyon gösterdiği görülmüş. Tedaviyi takiben erken dönemde ODI değerlerindeki düzelmenin sakral eğim ile ciddi korelasyon gösterdiği görülmüş. Sonuç olarak PI değerleri yüksek olan hastalarda bel ağrılarındaki düzelmenin 3. aylık takiplerde önemli iyileşme gösterdiği rapor edilmiş. ODI değerlerindeki iyileşmenin tedaviyi takiben erken dönemde sakral eğimi yüksek olan hastalarda, 3 aydan sonra ise lomber lordozu yüksek olan hastalarda daha iyi olduğu, sagittal dizilimin bacak ağrısı ve yaşam kalitesi üzerine etkisinin olmadığı görülmüş ⁽³⁾.

Dejeneratif lomber spinal dar kanal cerrahi tedavisinin temel prensibi hastanın şikayetlerine karşılık gelen nöral yapıların dekompresyonudur. Standart teknik dekompresyon amaçlı yapılan laminektomidir ve posterior

ligamentöz kompleks ile faset eklemlerin altınının bir kısmının çıkarılması şeklindedir. Anatomik yapılar için yeterli dekompresyon sağlamakla birlikte spinal stabilite ve sagittal kontur üzerinde etkili spinal yapıları yaralama riski vardır.

Her ne kadar dejeneratif lomber spinal dar kanallı hastaların pelvislerini geriye tilt ettiği ve gövdelerini öne eğdiğini ifade etseler de lomber kanal dekompresyonu sonucu dizilimde nasıl bir değişiklik olacağı konusunda çok az bilgi vardır. Fujii ve arkadaşları, füzyon eklemeksizin yaptıkları dekompresyon sonucu LL, PT ve SVA'nın düzelebileceğini rapor ettiler⁽⁹⁾. Füzyon uygulamaksızın dekompresyon yapılan ve ortalama yaşı 69,6 olan 88 hastanın en az 5 aylık değerlendirilmesi sonucu hem LL ve hem de torakal kifozun cerrahi sonrası önemli derecede arttığı diğer taraftan SVA, PI-LL ve PT'in önemli derecede azaldığı görülmüştür. Oksiput - C7 açısı ve P1'in ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası değerlerinde ciddi bir farklılık izlenmemiştir. Ameliyat öncesi lomber lordozu düşük olan hastalarda lomber lordozda artış miktarının daha büyük olduğunu rapor ettiler. SVA da düzelme, ameliyat öncesi geniş SVA olanlarda daha büyüktü. Bu sebeple de SVA ve LL'daki düzelme, ameliyat öncesi dizilimi kötü olan hatalarda daha iyi idi. Füzyon uygulamaksızın lomber dekompresyon yapılması, ameliyat öncesi dizilim bozukluğu olsa dahi global sagittal aligment ve lomber aligmenta bir düzelme sağlayabilir. Yazarlar global sagittal denge bozukluğu olan bazı dejeneratif lomber spinal dar kanallı hastaların füzyon uygulamaksızın dekompresyonla tedavi edilebileceğini ifade ettiler. Tedaviye karar verirken PI-LL'un 21.5 dereceden ve SVA'nın 69 mm'den fazla olması ameliyat sonrası dizilim bozukluğu için fikir verici olabilir.

Jeon ve arkadaşları, dekompresif laminektomi ile tedavi ettikleri dejeneratif lomber spinal dar kanalı olan 40 hasta ile yaş ve cinsiyet olarak benzer ve konservatif olarak tedavi edilmiş 40 hastayı karşılaştırdılar. Radyolojik parametreler olarak global sagittal denge (C7PL), C7 / sakrofemoral mesafe oranı, spinosakral açı, spinopelvik morfoloji ve spinal morfolojiler (lomber lordoz ve torakal kifoz) değerlendirildi. Laminektomi grubunun ortalama C7PL'si ameliyat öncesi 3.9 ± 2.5 cm iken ameliyattan sonra 1 yıllık takipte 2.0 ± 1.9 cm'ye geriledi ve 2 yıllık takipte bu düzeyde kaldı. Yine laminektomi grubunda ameliyat öncesi lomber lordoz miktarı 31.4 ± 15.1 derece iken 1 yıllık takipte anlamlı olarak artarak 35.6 ± 11.7

derece idi ve durum 2 yıllık takipte değişmedi. Sonuçta dekompresyon amaçlı yapılan laminektomi sonrası global sagittal dengenin posteriora yer değiştirdiği ve lomber lordozun arttığı sonucuna varıldı ⁽¹³⁾.

Diğer taraftan Xia ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada lomber spinal dar kanallı hastalarda dekompresif laminektomi sonucu 5 yıllık takipte kabul edilebilir klinik sonuçlar alındığını bildirmekle birlikte hastaların % 30.6'sında residüel bel ağrısı görülmüştür. İyileşme olmayan grupta ameliyat öncesi ortalama lomber lordoz ve hareket genişliği iyileşme olan gruba göre önemli derecede daha küçüktü (lordoz 28.3 ± 15.8 ve 37.8 ± 13.6 , hareket genişliği 22.1 ± 10.6 ve 31.2 ± 9.9). Cerrahi öncesi düz beli olan ve bel hareketleri kısıtlı olan hastaların daha fazla residüel bel ağrısına maruz kaldıklarını rapor edilmiştir. Ameliyat öncesi lomber lordoz açısı ve lomber hareket genişliğinin, residüel bel ağrısı radyolojik bir kriter olduğunu rapor etmişlerdir. Bu sebeple dejeneratif lomber spinal dar kanalı olan hastalarda dekompresif laminektomi seçerken bu sagittal radyolojik parametreler dikkate alınmalıdır ⁽²⁵⁾.

Hikata ve ark. koronal dengesi normal olup dejeneratif lomber spinal dar kanalı olan 109 hastada lomber dekompresyon cerrahisini takiben sagittal spino-pelvik parametreler ve klinik- yaşam kalitesindeki iyileşme arasındaki korelasyonu inceledi. Dekompresyon cerrahisi, ameliyat öncesi sagittal denge bozukluğu olan hastalarda SVA değerlerinde düzelmeye sağladı; bununla birlikte ameliyat öncesi ciddi sagittal denge bozukluğu olan hastalarda (SVA >80 mm) dekompresyon cerrahisi sonrasında rezidü denge bozukluğu devam ediyordu. Ameliyat sonrası residü sagittal denge bozukluğunun klinik ve HRQOL sonuçlarını olumsuz yönde etkilediğini, ameliyat öncesi ciddi sagittal plan deformitesi olan dejeneratif lomber spinal dar kanal hastalarında global spinal sagittal dizilimi elde etmek için dekompresyon cerrahisine ilave olarak düzeltici cerrahi ve füzyon ameliyatlarının da ilave edilmesi gerektiğini rapor ettiler ⁽¹¹⁾.

Laminektomi ile posterior ligamentöz kompleksin hasarlandığı durumlarda kifoza ve sagittal imbalans gelişme riski vardır. Tersine, laminektomiyi takiben ağrıya azalma ve fonksiyonlarda artış hastada dik durma pozisyonunun kazanılmasına yardımcı olabilir.

Bayerl ve arkadaşları, semptomatik dejeneratif spinal dar kanal olgularının, majör instabilite olmamak şartıyla sagittal spinal dengeden bağımsız olarak mikrocerrahi yöntemle yapılan dekompresyondan 6-24 ay sonra bile fayda gördüklerini rapor ettiler⁽³⁾. Yine Dohzono ve arkadaşları, dejeneratif lomber spinal dar kanal nedeniyle mikroendoskopik laminotomi yaptıkları hastalarda ameliyat öncesi omurganın sagittal plandaki diziliminin JOA skorlarını etkilemediğini rapor ettiler. Bununla beraber, C7 şakül çizginin ameliyat öncesi anteriora kaydığı hastalarda kaymayanlara göre alt bel ağrısı daha kötü idi⁽⁷⁾.

Her iki cerrahi yöntemin de temel avantajları omurganın yapısal komponentlerini çok iyi korumalarıdır. Bu nedenle bu yöntemleri takiben görülen radyolojik değişiklikler dejenratif spinal dar kanal doğal seyrine benzemektedir.

Dejeneratif lomber spinal dar kanal olgularında cerrahi tedavi tipik olarak nörolojik dekompanasyona odaklanırken instabilite varlığında (spondilolistezis), instabilitenin kaçınılmaz olduğu durumlarda (fasetektomi), eşlik eden ciddi bel ağrısında veya dizilim bozukluğunda füzyon endikasyonu vardır (Şekil-2).



Şekil-2. 56 y bayan hasta. Bel ağrısı > bacağı yayılan ağrı, VAS değeri 8. Nörolojik muayene bulguları normal. Uygulanan medikal tedavilere yanıt alınamamış. a) MRG sagittal kesitlerde L4-5 sentral ve lateral reses stenozu saptandı. b) Bel ağrısı daha ön planda olduğu için dekompresif laminektomi ve kısa segment füzyon ve enstrümantasyon uygulandı. 1. ayda VAS değeri 1. Radyolojik olarak segmental ve global lomber lordozun korunduğu izleniyor.

Sagittal dizilim bozukluğu ile birlikte dar kanal varlığında fokal tedavi ya da kompleks sagittal realignment cerrahisinin ne zaman yapılacağı açık değildir.

Az sayıdaki çalışma residüel dizilim bozukluğunun kısa segment lomber füzyon sonrası kötü sonuçlara neden olabileceğini belirtilmektedir. Hikata ve arkadaşları, dejeneratif lomber dar kanal sebebiyle laminektomi uyguladıkları 109 hastada ameliyat sonrası SVA > 50 mm ve SVA < 50 mm olan hastaları karşılaştırmışlar, bel ve bacak ağrısının SVA > 50 mm olan hastalarda daha kötü olmadığını rapor etmişlerdir. SVA < 50 mm olan hastalar yürüme yeteneği ve sosyal fonksiyonlarda ilerleme gösterdiğini rapor ettiler ⁽¹¹⁾. Lazennec ve ark ağırları devam eden ve lumbosakral füzyon uygulanmış hastalarda PT de residüel artış ve SS da azalma rapor etmişlerdir ⁽¹⁵⁾.

Lee ve arkadaşları, lomber dar kanal nedeniyle dekompresyon ve insitu füzyon uyguladıkları 141 hastayı değerlendirdikleri çalışmalarında cerrahi ve fonksiyonel sonuçların daha iyi olması için sagittal dengenin mümkün olduğunca sağlanması gerektiğini rapor etmişlerdir. Sagittal dengesi iyi olan hastaların cerrahi tedavi sonrası ayağa kalktıklarında daha az düştükleri görülmüştür (1.1 ve 1.9) ⁽¹⁷⁾.

Jeon ve arkadaşları, laminektominin (\pm kısa segment füzyon) ameliyat sonrası dizilim üzerinde çok az etkisi olabileceğini söyledi ⁽¹³⁾. Bucland ve ark çalışmasında benzer kompensasyon mekanizmaları kullanan orta-ciddi dizilim bozukluğu olan hastalarda (SVA >100, PI-LL >20 veya PT >30) dejeneratif spinal dar kanal hastalarının kliniğinde dizilim bozukluğunun önemli olabileceğini gösterdiler. Orta-ciddi dizilim bozukluğu olan hastalarda kısa segment füzyon ya da laminektomi sonrası sagittal planda semptomatik dizilim bozukluğu gelişme ve daha fazla cerrahi gereksinimi ihtiyacı vardır. Halen, orta-ciddi dejeneratif lomber spinal dar kanal hastalarında nöral dekompresyona ek olarak bölgesel ya da global dizilim restorasyonu yapılmasını öneren yeterli yayın yoktur ⁽⁵⁾.

Dizilimi düzeltme cerrahisi dikkate alındığında hastanın klinik şikayetlerini anlamak önemlidir. Radiküler ağrılar ve kladikasyon şikayetleri olan hastalar fokal dekompresyon veya füzyon ile en iyi

şekilde tedavi edilebilirken ilave olarak kötü postürü olan hastalar için realignment cerrahisi daha uygun olabilir. Tedavi alternatifleri hastadaki patoloji, eşlik eden morbiditeler ve tercih edilen tedavi planına göre belirlenir. Çoğu hasta bacak ağrıları rahatladığında kötü postüre razı olabilirler.

Suzuki ve arkadaşları lomber dar kanalı olan ortalama yaşı 66.8 olan 93 hastada sagittal parametreleri rapor ettiler ⁽²³⁾ . Lomber dar kanalı olana hastalar yakınmalarına göre kladikasyon ve sinir kökü bası bulguları olanlar olarak 2 gruba ayrıldılar. Kladikasyon tipi lomber dar kanal olan hastalarda ayakta ya da yürümeyi takiben ortaya çıkan ve istirahatla azalan parestezi, sinir kök tipi lomber dar kanal hastalarında ise vücut pozisyonundan bağımsız olarak tek taraflı bacak ağrıları mevcuttu. Kladikasyon tipi lomber dar kanal hastalarında C7 şakül çizgisi, sinir kök tipi lomber dar kanal hastalarından önemli derecede daha büyüktü ($57.6 \pm / 40.3 \pm$) ve bu değerler standart değerlerle karşılaştırıldığında daha fazla idi. Kladikasyon tipi lomber dar kanal grupta ortalama lomber lordoz açısı sinir kök lomber dar kanal grubundan daha küçüktü ($18.8^\circ \pm 13.2^\circ / 22.4^\circ \pm 14.0^\circ$). Ayrıca kladikasyon tipi lomber dar kanal grubunda ortalama pelvik tip açısı sinir kök tipi lomber dar kanal grubundan daha büyüktü ($22.7^\circ \pm 8.3^\circ / 22.7^\circ \pm 7.2^\circ$).

Sonuç olarak kladikasyon tipi lomber dar kanal hastalarında istirahat sırasında lomber lordoz, pelvisin posteriora tilti ve öne eğilme postürü kontrol grubuna göre daha kötü olarak bulunmuş. Ayrıca kladikasyon tipi lomber dar kanal daha belirgin öne eğilme postürü ve posterior plevik tilt göstermiş ve sinir kökü tipine göre sagittal spinal dizilimin daha kötü olduğu rapor edilmiş. Bu bulgular eşliğinde çalışmanın sonucunda, daha ciddi yada ilerlemiş şikayetleri olan kladikasyonlu hastaların şikayetleri daha az olan hastalara göre gövdelerini daha fazla öne eğdikleri gösterilmiştir ⁽²³⁾ .

Godde ve arkadaşları, değişik şekillerdeki interbody kafes sistemlerini kullanarak kısa segment enstrümanlı lomber interbody füzyon uyguladıkları segmental instabilite (17 hasta) ve lomber spinal dar kanal (25 hasta) sebebiyle ameliyat ettikleri 42 hastanın cerrahi tedavi sonuçlarını retrospektif bir çalışmada değerlendirdiler. Dikdörtgen

şeklinde kafes kullanılan olgularda füzyon uygulanan segmentlerde bölgesel lordoz ve lomber lordozda azalma saptamışlardır. Sakral eğimde meydana gelen kompensatuvar değişiklik ile (44 dereceden 40 dereceye geriledi) sagittal denge sağlanmıştır. En iyi sonuçlar kama şeklinde kafes kullanılan olgularda elde edilmiştir. Kama şeklindeki kafesle ile global lomber lordoz ve sakral eğimde (42 dereceden 45 dereceye) ciddi iyileşme sağlamışlardır⁽¹⁰⁾.

KAYNAKLAR

- 1- Abbas J, Hamoud K, May H, Hay O, Medlej B, Masharawi Y, Peled N, Hershkovitz I. Degenerative lumbar spinal stenosis and lumbar spine configuration. *Eur Spine J* 2010; 19: 1865-1873.
- 2- Barrey C, Jund J, Nosedo O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvispine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J* 2007; 16: 1459-1467.
- 3- Beyer F, Geier F, Bredow J, Oppermann J, Eysel P, Sobottke R. Influence of spinopelvic parameters on non-operative treatment of lumbar spinal stenosis. *Tech Health Care* 2015; 23(6): 871-879.
- 4- Bayerl SH, Pöhlmann F, Finger T, Onken J, Franke J, Czabanka M, Woitzik J, Vajkoczy P. The sagittal balance does not influence the 1 year clinical outcome of patients with lumbar spinal stenosis without obvious instability after microsurgical decompression. *Spine* 2015; 40(13): 1014-1021.
- 5- Buckland AJ, Vira S, Oren JH, Lafage R, Harris BY, Spiegel MA, Diebo BG, Liabaud B, Protosaltis TS, Schwab FJ, Lafage V, Errico TJ, Bendo JA. When is compensation for lumbar spinal stenosis a clinical sagittal plane deformity? *Spine J* 2016 ; 16 (8): 971-981.
- 6- Diebo BG, Ferrero E, Lafage R, Challier V, Liabaud B, Liu S, Vital JM, Errico TJ, Schwab FJ, Lafage V. Recruitment of compensatory mechanisms in sagittal spinal malalignment is age and regional deformity dependent: a full standing axis analysis of key radiographical parameters. *Spine* 2015; 40: 642-649
- 7- Dohzono S, Toyoda H, Matsumoto T, Suzuki A, Terai H, Nakamura H. The influence of preoperative spinal sagittal balance on clinical outcomes after microendoscopic laminotomy in patients with lumbar spinal canal stenosis. *J Neurosurg Spine* 2015; 23: 49-54.
- 8- Duval-Beaupe`re 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* 1992; 20: 451-462.

- 9- Fujii K, Kawamura N, Ikegami M, Niitsuma G, Kunugi J. Radiological improvements in global sagittal alignment after lumbar decompression without fusion. *Spine* 2015; 40(10): 703-709.
- 10- Godde S, Fritsch E, Dienst M, Kohn D. Influence of cage geometry on sagittal alignment in instrumented posterior lumbar interbody fusion. *Spine* 2003; 28: 1693-1699.
- 11- Hikata T, Watanabe K, Fujita N, Iwanami A, Hosogane N, Ishii K, Nakamura M, Toyama Y, Matsumoto M. Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes after decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis without coronal imbalance. *J Neurosurg Spine* 2015; 23: 451-458.
- 12- Hirano K, Imagama S, Hasegawa Y, Muramoto A, Ishiguro N. Impact of spinal imbalance and BMI on lumbar spinal canal stenosis determined by a diagnostic support tool: cohort study in community living people. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013; 133: 1477-1482.
- 13- Jeon CH, Lee HD, Lee YS, Seo HS, Chung NS. Change in sagittal profiles after decompressive laminectomy in patients with lumbar spinal canal stenosis. A 2-year preliminary report. *Spine* 2015; 40(5); 279-285.
- 14- Kudyashev A, Shapovalov V, Averkiev V, Nadulich K. Development of degenerative-destructive changes in the vertebral column in patients with coxarthrosis and abnormal sagittal spine-pelvic balance. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademi* 2013; 3(43): 27-32.
- 15- Lazennec JY, Ramaré S, Arafati N, Laudet CG, Gorin M, Roger B, Hansen S, Saillant G, Maurs L, Trabelsi R. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain. *Eur Spine J* 2000; 9: 47-55.
- 16- Lee JH, Kim KT, Suk KS, Lee SH, Jeong BO, Kim JS, Eoh JH, Kim YJ. Analysis of spinopelvic parameters in lumbar degenerative kyphosis: correlation with spinal stenosis and spondylolisthesis. *Spine* 2010; 35: 1386-1391.
- 17- Lee B, Park JO, Kim HS, Suk KS, Lee SY, Lee HM, Yang JH, Moon SH. Spinal sagittal balance status affects postoperative actual falls and quality of life after decompression and fusion in-situ surgery in patients with lumbar spinal stenosis. *Clin Neurol Neurosurg* 2016; 148: 52-59.
- 18- Lim JK, Kim SM. Comparison of sagittal spinopelvic alignment between lumbar degenerative spondylolisthesis and degenerative spinal stenosis. *J Korean Neurosurg Soc* 2014; 55(6): 331-336.
- 19- Prodan A, Khvisyuk A. Regularities of vertical posture formation and sagittal spine-pelvic balance parameters in patients with chronic lumbodinia and lumbar ischialgia. *Khirurgia posvonochnika* 2007; 1: 44-51.

- 20- Prodan A, Radchenko V, Perepechay O, Chernyshev A. Influence of spinepelvic balance and degeneration of vertebral segments on stenosis. *Khirurgia pozvonochnika*. 2010; 1: 48-56
- 21- Roussouly P, Gollogy S, Berthonnaud E. Clasification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lunbar spine and pelvis in the standing position. *Spine* 2005; 30(3): 346-353.
- 22- Stagnara P, DeMauroy JC, Dran G, Gonon G, Costanzo G, Dimnet J, Pasquet A. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine* 1982; 7(4): 335-342.
- 23- Suzuki H, Endo K, Kobayashi H, Tanaka H, Yamamoto K. Total sagittal spinal alignment in patients with lumbar canal stenosis accompanied by intermittent claudication . *Spine* 2010; 35: 344-346.
- 24- Takahashi K, Miyazaki T, Takino T, Matsui T, Tomita K. Epidural pressure measurements, relationship between epidural pressure and posture in patients with lumbar canal stenosis. *Spine* 1995; 20: 650-653.
- 25- Xia Y, Ishii K, Matsumoto M, Nakamura M, Toyama Y, Chiba K. Radiographic predictors of residual low back pain after laminectomy for lumbar spinal canal stenosis minimum 5-year follow-up. *J Spinal Disord Tech* 2008; 21(3): 153-158.
- 26- Yoshimoto H, Sato S, Masuda T, Kanno T, Shundo M, Hyakumachi T, Yanagibashi Y. Spinopelvic alignment in patients with osteoarthritis of the hip: a radiographic comparison to patients with low back pain. *Spine* 2005; 30(14): 1650-1657.

21. Hastanın Sagittal Dengesi Endikasyonları Değiştirir mi? ALIF veya TLIF?

Doğa GÜRKANLAR, Uygur ER

GİRİş

Travma, neoplazi ve enfeksiyon gibi lomber bölgeyi tutan dejeneratif patolojilerin cerrahisinde lomber cisimler arası füzyon (LIF) yararlılığı ispat edilmiş bir yöntemdir ^(4,12,22). LIF prosedürleri arasında en sık kullanılanlar anterior lomber cisimler arası füzyon (ALIF) ve posterior lomber cisimler arası füzyondur (PLIF). Her iki vertebra gövdesinin arasına transforaminal yoldan kafes yerleştirilmesi olan transforaminal lomber cisimler arası füzyon (TLIF) ise 1982 yılında Harms ve Rolinger tarafından tanımlanmıştır ⁽⁶⁾.

Uygulanan tekniklerin anterior veya posterior olarak tanımlanmaları, yaklaşımların transvers prosesin önünden ve arkasından olmalarına göreler. Yani işlem, transvers prosesin önünden ve retroperitoneal koridor boyunca yapılan bir girişimse ALIF, transvers prosesin arkasından spinal kanal veya foramen yoluyla diske ve intervertebral boşluğa ulaşılıyorsa TLIF veya PLIF olarak adlandırılmaktadır ⁽¹⁷⁾.

CERRAHİ TEKNİKLER

POSTERİOR LOMBER CİSİMLER ARASI FÜZYON

LIF tekniklerinden bir tanesidir. İntervertebral diske arkadan ulaşılır. Füzyon gerektiren dejeneratif patolojiler dışında segmental instabilitesi, tekrarlayan bel fıtıkları, semptomatik spinal kanal darlığı ve psödoartrozu olan hastalar için uygun olabilir. Yaygın epidural skarlaşma, araknoidit ve aktif enfeksiyonda posterior füzyon cerrahisi kontrendikedir ⁽¹⁷⁾.

Yaklaşımın geleneksel lomber yaklaşımla aynı olması, sinir köklerinin ve duranın mükemmel görüntülenmesi, nöral dekompresyonun yapılabilmesi, tek insizyon ile 360 derece füzyona izin vermesi ve uygun intervertebral mesafe yüksekliğinin sağlanabilmesi bu yöntemin avantajlarıdır ⁽¹⁴⁾.

Uzamış ekartasyona bağlı belirgin iyatrojenik paraspinal kas hasarlanması yaratılması, son lak hazırlanmasının ve sagittal dizilim bozukluğunun anterior yöntemlere göre zor hatta yetersiz olması da bu yöntemin dezavantajlarıdır ^(7,10,11,17).

PLIF esnasında yapılan fazla distraksiyon sinir köklerinin nöropraksisine ve yapışık olan duranın yırtılmasına sebep olabilir ^(9,17). TLIF ile karşılaştırıldığında PLIF daha yüksek sinir kökü yaralanması, dura yırtılması, uzamış operasyon süresi ve yüksek reoperasyon oranı ile birlikte ^(9,17).

TRANSFORAMİNAL LOMBER CİSİMLER ARASI FÜZYON

Konservatif tedavinin yetersiz olduğu lomber bölgenin dejeneratif hastalıklarının tedavisinde kullanılan bir diğer füzyon yöntemidir. Yapısal bütünlük bozulmadan ve paraspinal kasların diseksiyonları ve uğradıkları travma en az olacak şekilde intervertebral foraminal boşluğa tek taraflı ve direkt olarak ulaşılır ⁽¹⁷⁾. Nöral foramenin tek taraflı açılması ile sinir kökü, dura, ligamentum flavum gibi önemli anatomik yapıların uğradıkları hasar azaltılabilir. Kontrendikasyonları PLIF'da olduğu gibidir.

PLIF ile karşılaştırıldığında, ilgili segmentin ve komşuluğundaki yapıların biyomekanik stabilitesi için elzem olan ligamentöz yapılar TLIF'da daha iyi korunur ^(1,7,19). Her ne kadar tek taraflı da olsa TLIF'da da paraspinal kasların, uzamış ekartasyona bağlı, iatrojenik hasarlanması PLIF'da olduğu gibi mevcuttur.

Selektif segmental TLIF'lar posterior enstrümantasyon ve füzyon ile birlikte anlamlı uzun dönem klinik ve radyolojik iyi sonuçlarla birlikte ⁽²⁴⁾.

ANTERİOR LOMBER CİSİMLER ARASI FÜZYON

Southwick ve Robinson'un 1957 yılında retroperitoneal yolla ALIF'u ortaya koymalarından sonra özellikle diskojenik bel ağrısının tedavisinde ALIF öncelikli cerrahi teknik haline gelmiştir ⁽⁹⁾. Önden retroperitoneal yaklaşım ile diskin tüm ön yüzeyi ortaya koyulur, anterior longitudinal ligaman (ALL) ve anulus implant yerleştirilmesi için çıkartılır.

Bu teknikte orta hat, paramedian veya Mini- Phannenstiel kesileri kullanılabilir ⁽¹⁷⁾. ALIF, L4-5 ve vasküler anatomiden dolayı özellikle de L5-S1 seviyeleri için uygun bir yaklaşım şeklidir ^(9,17).

Epidural skar dokusunun minimal gelişmesi, ALL'ın serbestleştirilmesi, paraspinal kasların hasarlanmaması, nöral ve dural yaralanma riskinin az olması, intervertebral foramenin genişlemesi, direk olarak orta hattın görülebilmesi, vertebral cisimlerin geniş olarak açılabilmesi, son lakların daha iyi hazırlanması ve sagittal dizilimin restorasyonu bu yöntemin avantajlarıdır ^(8,13).

Bunun yanında ALIF'nun retrograd ejakulasyon (hipogastik sempatik pleksus yaralanmasına bağlı), insizyonel herni, damar yaralanması, derin ven trombozu ve pulmoner emboli gibi kendine has komplikasyonları mevcuttur. Bunlar büyük ihtimalle cerrahi esnasında geniş damarların retraksiyonu sonucu gelişmektedir. Ayrıca ALL kesilmesine bağlı anterior tansiyon bandı kaybı da gelişir ^(7,9).

ALIF, disk mesafesinin yeniden genişlemesini ve lomber lordozun restorasyonunu sağlar ^(2,16,18). Bölgesel lordozun sağlanması omurganın sagittal dengesinin iyileştirilmesi için son derece önemlidir. ALIF lokal disk açısını 8.3 derece, lomber lordozu da 6.2 derece arttırırken, TLIF lokal disk açısını 0.1 derece, lomber lordozu da 2.1 derece azaltır ^(7,10). Bu nedenle ALIF'in disk yüksekliğinin restorasyonu ve lomber lordozun düzeltilmesinde TLIF'ten üstün olduğu düşünülmektedir.

Klinik olarak baktığımızda ALIF, TLIF ve PLIF arasında literatürde benzer sonuçlar elde edildiğini görüyoruz ^(3,10). Ancak ODI skoru L4-5 seviyesi için TLIF'da daha yüksek görüldüğünden bu seviye için TLIF önerilmektedir ⁽¹¹⁾. L5-S1 seviyesi için özellikle de vasküler anatomiden dolayı ALIF daha uygun görülmektedir ⁽¹⁷⁾.

ALIF için kontrendikasyonlar arasında açılış tarafında tek böbrek olması, batın içi yapışıklıklara sebep olan geçirilmiş abdominal cerrahi, spinal enfeksiyon ve yüksek grade (Grade 2 ve üzeri) dejeneratif spondilolistezis sayılabilir ^(15,20).

Posterior yöntemlere nazaran ALIF'da nonfüzyon oranı daha yüksek izlenmektedir ^(5,9).

Ekonomik açıdan bakıldığında ise TLIF hastalarının ALIF uygulananlara göre daha az masraflı olduğunu, TLIF uygulanan hastalarda vaka başına yaklaşık 15000 dolar daha az harcama yapıldığını, görüyoruz ^(21,23).

ALIF ile karşılaştırıldığında abdominal organların, geniş damarların ve sempatik pleksusun manüple edilmemesi ve daha ekonomik olması gibi nedenlerden dolayı TLIF (efektif daha düşük morbidite), her ne kadar ALIF'un disk yüksekliği restorasyonu ve sagittal dengeye katkısı daha fazla gözükse de, daha tercih edilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1- Audat Z, Moutasem O, Yousef K, Mohammad B. Comparison of clinical and radiological results of posterolateral fusion, posterior lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion techniques in the treatment of degenerative lumbar spine. *Singapore Med J* 2012; 53: 183-187.
- 2- Burkus JK, Gornet MF, Dickman CA, Zdeblick TA. Anterior lumbar interbody fusion using rhBMP-2 with tapered interbody cages. *J Spinal Disord Tech* 2002; 15: 337-349.
- 3- Faundez AA, Schwender JD, Safriel Y, Gilbert TJ, Mehbod AA, Denis F, Transfeldt EE, Wroblewski JM. Clinical and radiological outcome of anterior-posterior fusion versus transforaminal lumbar interbody fusion for symptomatic disc degeneration: a retrospective comparative study of 133 patients. *Eur Spine J* 2009; 18: 203-211.
- 4- Godde S, Fritsch E, Dienst M, Kohn D. Influence of cage geometry on sagittal alignment in instrumented posterior lumbar interbody fusion. *Spine* 2003; 28: 1693-1699.
- 5- Hacker RJ. Comparison of interbody fusion approaches for disabling low back pain. *Spine* 1997; 22: 660-665; discussion 665-666.
- 6- Harms J, Rolinger H. A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion (author's transl). *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1982; 120: 343-347.
- 7- Hsieh PC, Koski TR, O'Shaughnessy BA, Sugrue P, Salehi S, Ondra S, Liu JC. Anterior lumbar interbody fusion in comparison with transforaminal lumbar interbody fusion: implications for the restoration of foraminal height, local disc angle, lumbar lordosis, and sagittal balance. *J Neurosurg Spine* 2007; 7: 379-386.
- 8- Ishihara H, Osada R, Kanamori M, Kawaguchi Y, Ohmori K, Kimura T, Matsui H, Tsuji H. Minimum 10-year follow-up study of anterior lumbar interbody fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord* 2001; 14: 91-99.
- 9- Jiang S-D, Chen J-W, Jian L-S. Which procedure is better for lumbar interbody fusion: anterior lumbar interbody fusion or transforaminal lumbar interbody fusion? *Arch Orthop Trauma Surg* 2012; 132: 1259-1266.
- 10- Kim JS, Kang BU, Lee SH, Jung B, Choi YG, Jeon SH, Lee HY. Mini-transforaminal lumbar interbody fusion versus anterior lumbar interbody fusion augmented by percutaneous pedicle screw fixation: a comparison of surgical outcomes in adult low-grade isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech* 2009; 22: 114-121.

- 11- Kim JS, Lee KY, Lee SH, Lee HY. Which lumbar interbody fusion technique is better in terms of level for the treatment of unstable isthmic spondylolisthesis? *J Neurosurg Spine* 2010; 12: 171-177.
- 12- Kim NH, Lee JW. Anterior interbody fusion versus posterolateral fusion with transpedicular fixation for isthmic spondylolisthesis in adults. A comparison of clinical results. *Spine* 1999; 24: 812-816.
- 13- Lee SH, Choi WG, Lim SR, Kang HY, Shin SW. Minimally invasive anterior lumbar interbody fusion followed by percutaneous pedicle screw fixation for isthmic spondylolisthesis. *Spine J* 2004; 4: 644-649.
- 14- Lestini WF, Fulghum JS, Whitehurst LA. Lumbar spinal fusion: advantages of posterior lumbar interbody fusion. *Surg Technol Int* 1994; 3: 577-590.
- 15- Malham GM, Parker RM, Ellis NJ, Blecher CM, Chow FY, Claydon MH. Anterior lumbar interbody fusion using recombinant human bone morphogenetic protein-2: a prospective study of complications. *J Neurosurg Spine* 2014; 21: 851-860.
- 16- McAfee PC, DeVine JG, Chaput CD, Prybis BG, Fedder IL, Cunningham BW, Farrell DJ, Hess SJ, Vigna FE. The indications for interbody fusion cages in the treatment of spondylolisthesis: analysis of 120 cases. *Spine* 2005; 30: 60-65.
- 17- Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF / ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg* 2015; 1(1): 2-18.
- 18- Pavlov PW, Meijers H, van Limbeek J, Jacobs WC, Lemmens JA, Obradov-Rajic M, de Kleuver M. Good outcome and restoration of lordosis after anterior lumbar interbody fusion with additional posterior fixation. *Spine* 2004; 29: 1893-1899.
- 19- Phan K, Mobbs RJ. Sacrum fracture following L5-S1 stand-alone interbody fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Clin Neurosci* 2015; 22: 1837-1839.
- 20- Phan K, Thayaparan GK, Mobbs RJ. Anterior lumbar interbody fusion versus transforaminal lumbar interbody fusion - systematic review and meta-analysis. *Br J Neurosurg* 2015; 29: 705-711.
- 21- Ray CD. Threaded fusion cages for lumbar interbody fusions. An economic comparison with 360 degrees fusions. *Spine* 1997; 22: 681-685.
- 22- Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT, Groff MW, Khoo L, Matz PG, Mummaneni P, Watters WC 3rd, Wang J, Walters BC, Hadley MN; American Association of Neurological Surgeons / Congress of Neurological Surgeons. Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 7: intractable low-back pain without stenosis or spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2005; 2: 670-672.

- 23- Whitecloud TS 3rd, Roesch WW, Ricciardi JE Transforaminal interbody fusion versus anterior-posterior interbody fusion of the lumbar spine: a financial analysis. *J Spinal Disord* 2001; 14: 100-103.
- 24- Zhu Y, Liu HY, Wang B. Long-term clinical outcomes of selective segmental transforaminal lumbar interbody fusion and posterior spinal fusion for degenerative lumbar scoliosis. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 2013; 93: 3577-3581.

22. İyatrojenik ve Dejeneratif Lomber Lordoz Kaybının Cerrahi Tedavisi

Ufuk AYDINLI

GİRİŞ:

Lomber omurgada fizyolojik olarak var olan lordozun kaybı ile karakterize bu problem de kişi bel ağrısı, özellikle yürürken öne eğilme ve yürüme mesafesinde kısalma şikâyetleri ile doktora başvurur.

Etioloji ve Endikasyonlar:

Bu durumun oluşmasına neden olan sebeplerin başında omurganın dejeneratif problemi yanı sıra postoperatif uygunsuz cerrahi girişimler ve özellikle uygunsuz posterior stabilizasyon işlemleri gelmektedir. Lomber bölgede intervertebral disk dejenerasyonu, faset osteoartriti, osteoporotik kırıklar, lomber dejeneratif skolyoz, bu bölgede geçirilmiş travma veya enfeksiyon sekelleri, lomber spinal stenoz, spondilolistezis lomber lordozun kaybına sebep olmaktadır.

Ameliyat öncesi hazırlık:

- 1- Tam bir fizik ve nörovasküler muayene
- 2- Tüm omurgayı içeren dizler ekstansiyonda 2 yönlü omurga grafisi
- 3- Gerekli görülen diğer tetkiler

Ameliyat hazırlığı:

- 1- Hastanın ameliyat öncesi entübasyon açısından değerlendirilmesi
- 2- Hastanın bası oluşmayacak şekilde masada pozisyonlanması
- 3- Hipotansif anestezi
- 4- Nöromonitor kullanımı
- 5- Kanama Kontrol edici ajanların bulundurulması

CERRAHİ ÖNCESİ RADYOLOJİK PLANLAMA:

Uzun yıllar Oswestry skor ile Sagittal vertikal aks (SVA) bağlantı kurulmuş ve cerrahi sonrası iyi klinik sonuç elde etmek için SVA'nin 4 cm.'nin altında olması istenmiştir. Son zamanlarda ise bu görüş yerini T1 Pelvik açı (TPA)'nın kullanımına bırakmıştır^(14,16). Bu açı hem SVA hem de Pelvik Tilt açısının birleşimini temsil etmektedir. İyi klinik sonuç elde etmek için TPA 10° olarak hedeflenmelidir. Pelvik Tilt açısının 20°'nin altında olması, Pelvik İnsidans-Lomber Lordozun 10° ve altında olması yine istenen açısal değerlerdir.

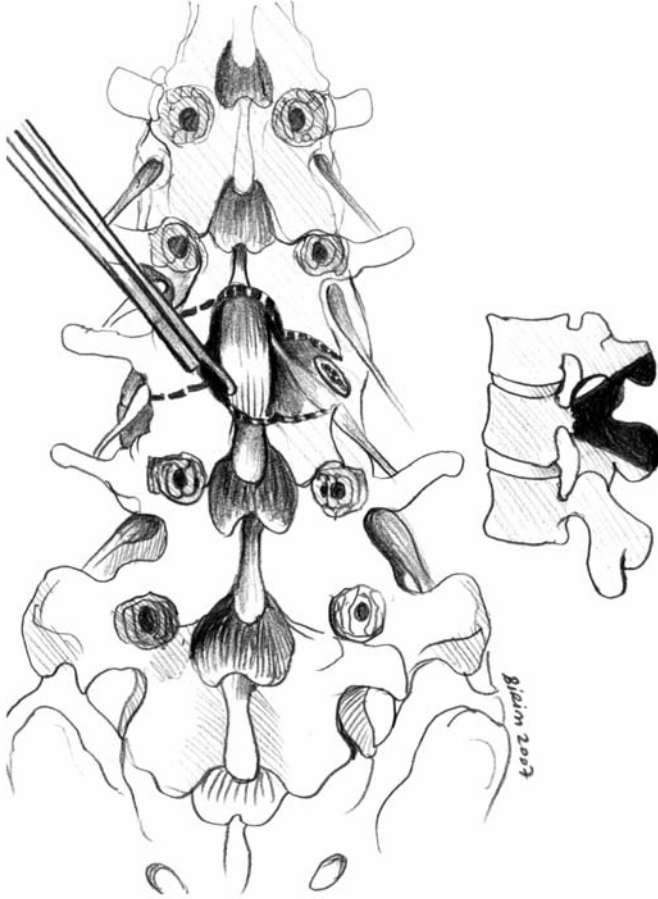
Lomber bölgede lordoz kazanımı için intervertebral disk mobilitesi var ve anterior vasküler yapılar kalsifikasyonlar yok ise elde edilmeye çalışılacak total kazanım derecesi 25°-35° arasında planlanırsa Smith-Peterson osteotomisi cerrahi teknik olarak kullanılabilir. Smith-Peterson osteotomisinde (SPO) ortalama lordoz kazanımı rezeke edilen 1mm'lik posterior eleman başına 1°'dir (ortalama 5°-7°).

Bu osteotomi tekniğini Smith-Peterson ve arkadaşları 1945 yılında tarif⁽¹⁹⁾ etmişlerdir. Bu osteotomide anterior kolon uzarken posterior kolon kısalmır. Smith-Peterson osteotomisinin olgu seçiminde hata yapıldığında ölümcül olabilecek vasküler komplikasyonları yanı sıra nöral yaralanma, süperior mezenterik arter sendromu, psödoartroz, korreksiyon kaybı komplikasyonları söz konusudur⁽²⁰⁾.

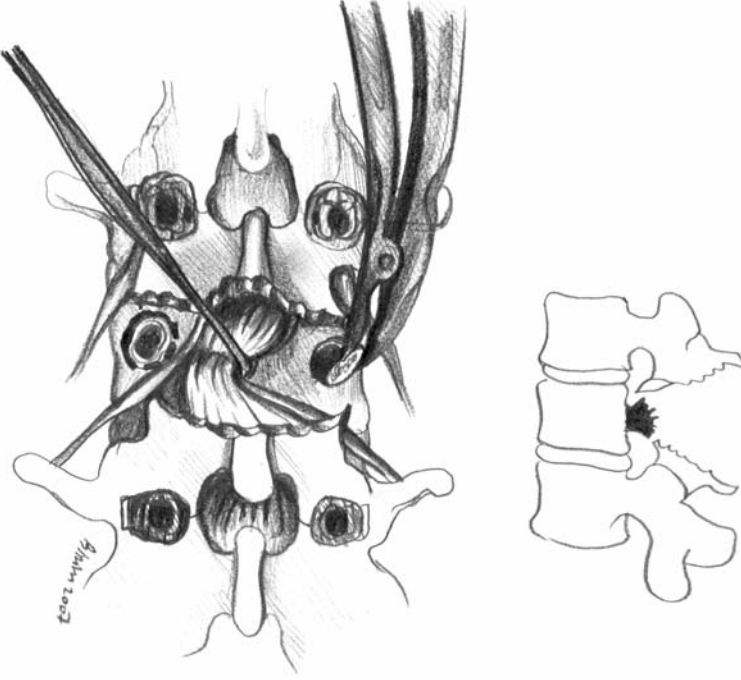
CERRAHİ TEKNİK:

Smith-Peterson osteotomisi bir ekstansiyon osteotomisi olup sınırlı düzeltme kabiliyetine sahip iken, tek segmentte kapalı kama osteotomisi (Thomasen-PSO) çok daha fazla düzeltme kabiliyeti olan bir osteotomi tekniğidir.

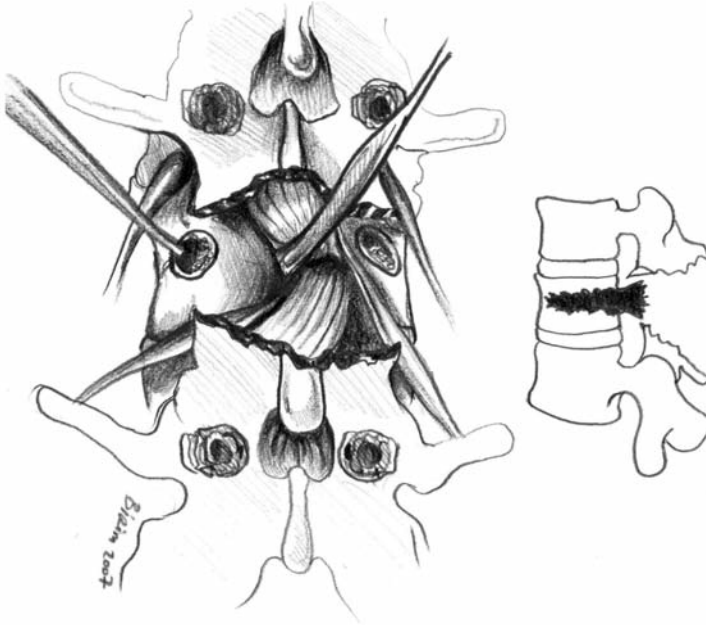
Bu osteotomi tekniklerinin uygulanmasında ön şart öncelikle posterior vidalamanın uygun düzeylerde yapılmasıdır. Olgunun sagittal ve koronal değerlendirmesine göre, minimum osteotominin 2 alt ve üstünde stabilizasyon sağlanır. Her zaman güvenlik amacı ile kemik rezeksiyona başlamadan önce tek taraflı rod stabilizasyonu yapılır. Bu osteotomi tekniğinde sırası ile (Şekil-1,2,3,4,5);



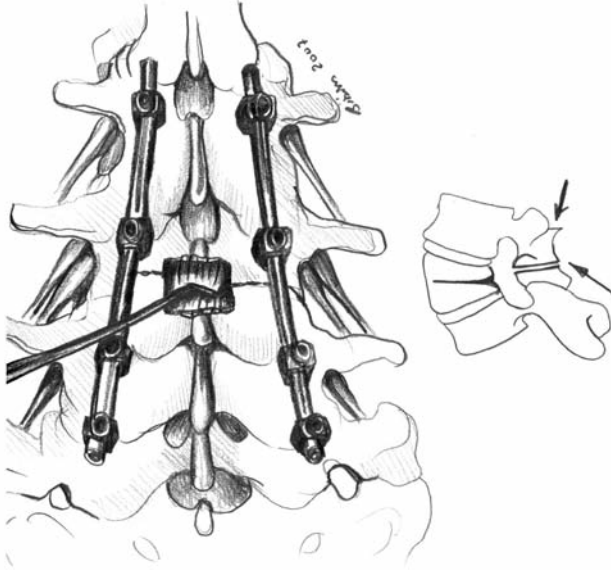
Şekil-1. Posterior elemanların rezeksiyonu



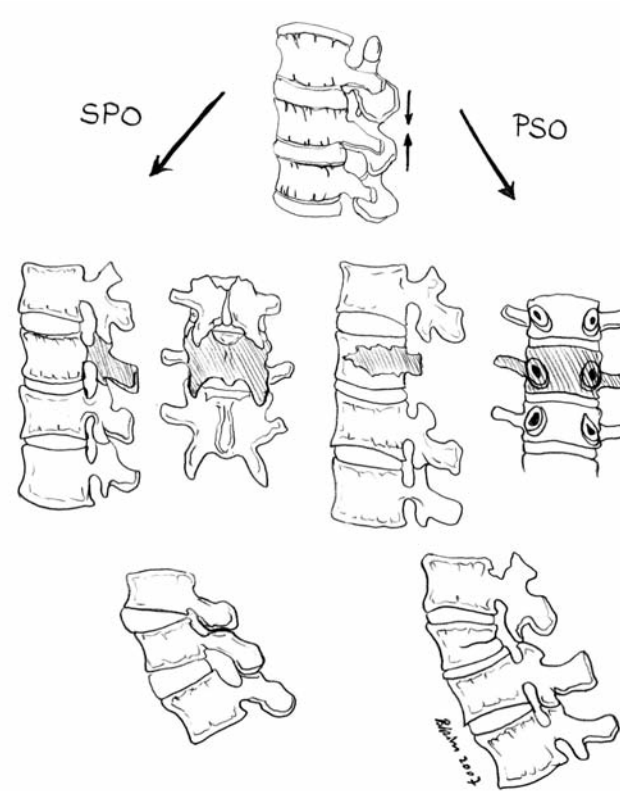
Şekil-2. Pedikül rezeksiyonu



Şekil-3. Posterior tabanlı kama rezeksiyon çıkarılması



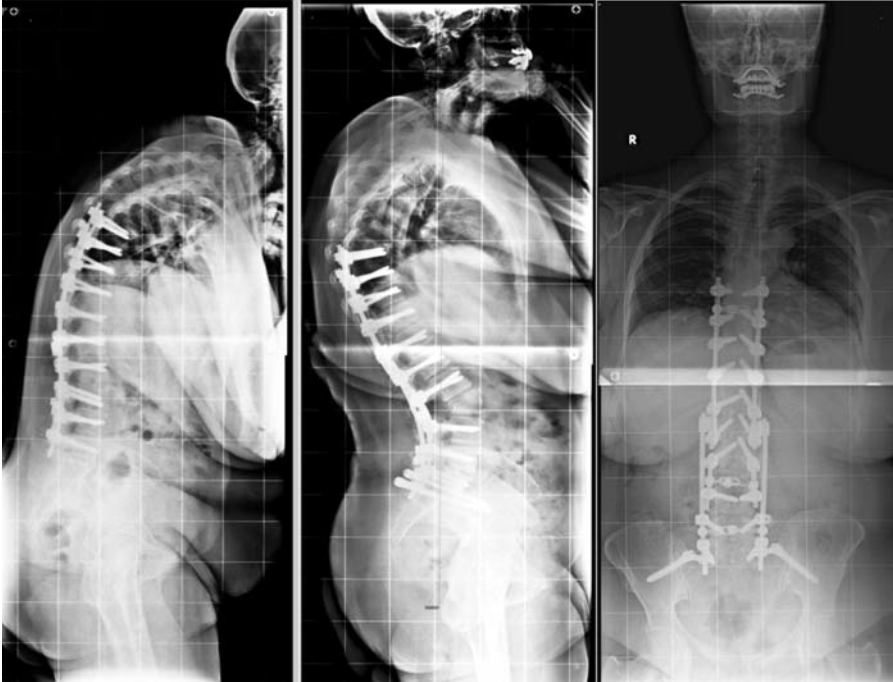
Şekil-4. Osteotominin kapatılması



Şekil-5. SPO ve PSO farkı

- 1- Posterior elemanlar
- 2- Transvers prosesler
- 3- Her iki Pedikül
- 4- Vertebra korpusunda tabanı posteriorda olan kama şeklinde kemik bölüm
- 5- Vertebra korpusunun rezeke edilen kamanın dış korteksleri
- 6- Üst ve alt laminalarda iç yüzeyler rezeke edilir. Bu işlemler küret yardımı ile yapılacağı gibi kanamanın daha az olduğu düşüncesi ile bizim tercihimiz osteotomi kullanmaktır.

Bu osteotomi tekniği ile osteotomi bölgesinde oluşan foramenden 2 adet kök çıkacaktır. Bu bölgede lokal olarak 35° - 60° bir lordoz oluşacağı düşünüldüğünde nöral elemanların basıya maruz kalmaması için dikkatle kontrol edilmelidir (Şekil-6).



Şekil-6. 61 yaşında bayan hasta daha önce 3 kez opere edilmiş. a) Preop. Yan grafi, b) Postoperatif PA ve c) Yan grafi (L3 PSO)

Özellikle dejeneratif sagittal denge bozukluklarının da PSO sonrası korreksiyon kaybı gelişebilmektedir. Bunun başlıca nedenleri osteoporoz nedeniyle güçlü fiksasyon yapılamaması ve osteotomi bölgesindeki disk de oluşabilecek kollapsdır. Postoperatif takiplerde Sagittal aks kaybı %33 iken lomber lordoz kaybı % 18 civarındadır. Ameliyat sonrası takiplerde sagittal aks düzelme kaybı lomber lordoz kaybı ile ekstansör kas gruplarının zayıflığının sonucudur ⁽¹¹⁾. Yüksek pelvik insidans (PI) erişkin deformitelerde yapılan uzun enstrümantasyon sonrası sagittal aks kaybına neden olan en önemli risk faktörüdür ⁽¹⁵⁾. Üst enstrümantasyon sınırı Torakal 10 olan ve PSO uygulanmış olgularda, torasik sagittal aksda ikincil değişiklikler olduğu gösterilmiştir ^(13,18).

Özellikle yaşlı hastalarda ameliyat öncesi Pelvik tilt ve pelvik insidans yüksek ise, bu istenmeyen sagittal aks değişiklikleri yaşanabilmektedir. Yaşlı bireylerde kas zayıflığı ve dejenerasyonu torasik bölgede kifoz artışını engelleyememektedir.

Bu nedenlerle PSO yapılan bölgede anterior destek konulması önerilmektedir ⁽⁶⁾. Segmental fiksasyon yanı sıra sakroiliak fiksasyon ve alt lomber bölgede anterior destek kullanılması en güçlü sabitleme yöntemidir.

Özellikle rijid dejeneratif lomber kifoskolyozlarda asimetrik PSO ile sagittal plan gibi koronal planda da düzelme elde etmek mümkündür ⁽²¹⁾.

Parsiyel PSO tekniği kullanılarak 20°'ye kadar sagittal aks düzelmesi elde edilebilir ⁽¹⁰⁾. Bu yöntemle pedikülün 1/3 alt kısmı ve nöral ark korunarak kapalı kama osteotomisi yapılmış olur.

Kapalı kama osteotomisinin de en önemli peroperatif problem kanama miktarıdır. Bu nedenle hastanın genel sağlık durumu izin verdiğinde bizim tercihimiz korreksiyon anına kadar hipotansif anestezi uygulanması ve gerekli durumlarda kemik vaksı ve kanama engelleyici ajanların kullanılmasıdır.

Osteotomi cerrahisi sonrası kullanılan metal vida ve rotlarla ilgili komplikasyon gelişme ve revizyon ihtiyacı % 32 oranındadır ^(7,9). Buchowski ⁽⁴⁾ 108 olguda uygulanan Lomber PSO sonrası % 11.1 nörolojik defisit geliştiğini ve bunların % 2.8'inin kalıcı olduğunu bildirmiştir. Nörolojik komplikasyona neden olarak, en çok subluksasyon, dura katlanması, dorsal sıkıştırma ve ek gözden kaçan dejeneratif değişiklikler olarak sıralamıştır ^(1,8).

Negatif sagittal balans oluşması PSO sonrası gereğinden fazla düzeltme sonucu oluşabilir ancak bunun büyük kısmı zaman içinde düzelebilir ⁽²⁾. Pedikül kama osteotomisi sonrası kaynamama görülme oranı % 10.5 olup bunun da % 61 i osteotomi bölgesinde görülür ^(3,5,12,17).

Osteotomi hattının üst ve altında anterior destek sağlamak ve 4 adet kobalt –krom rod kullanmak biyomekanik açıdan en güçlü yapıyı oluşturmakta ve kaynamama sorununa çözüm olmaktadır.

Lomber bölgede yapılan PSO'larda bizim tercihimiz osteotominin bir alt ve üstünde yer alan vidalara rod yerleştirerek lokal düzeltmenin elde edilmesini takiben ayrı 2 adet rodu dominolar ile diğer rotlara birleştirerek tüm stabilizasyonun tamamlanması yönündedir.

KAYNAKLAR

- 1- Auerbach JD, Lenke LG, Bridwell KH, Sehn JK, Milby AH, Bumpass D, Crawford CH 3rd, O'Shaughnessy BA, Buchowski JM, Chang MS, Zebala LP, Sides BA. Major complications and comparison between 3-column osteotomy techniques in 105 consecutive spinal deformity procedures. *Spine* 2012; 37: 1198-1210.
- 2- Bao H, He S, Liu MZ, Zhu Z, Qiu Y, Zhu F. Will immediate postoperative imbalance improve in patients with thoracolumbar /lumbar degenerative kyphoscoliosis? A comparison between Smith-Petersen osteotomy and pedicle subtraction osteotomy with an average 4 years of follow-up. *Spine* 2015; 40: E293-300.
- 3- Blondel B, Schwab F, Bess S, Ames C, Mummaneni PV, Hart R, Smith JS, Shaffrey CI, Burton D, Boachie-Adjei O, Lafage V. Posterior global malalignment after osteotomy for sagittal plane deformity. It happens and here is why. *Spine* 2013; 38: E394-401.
- 4- Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, Kuhns CA, Lehman RA, Kim YJ, Stewart D, Baldus C. Neurologic complications of lumbar pedicle subtraction osteotomy. A 10-Year Assessment. *Spine* 2007; 32: 2245-2252.
- 5- Cho KJ, Bridwell KH, Lenke LG, Berra A, Baldus C. Comparison of Smith-Petersen versus pedicle subtraction osteotomy for the correction of fixed sagittal imbalance. *Spine* 2005; 30: 2030-2037.
- 6- Dickson DD, Lenke LG, Bridwell KH, Koester LA. Risk factors for and assessment of symptomatic pseudarthrosis after lumbar pedicle subtraction osteotomy in adult spinal deformity. *Spine* 2014; 39: 1190-1195.

- 7- Gehrchen M, Hallager DW, Dahl B, Harris J, Gudipally M, Jenkins S, Wu AM, Bucklen BS. Rod strain after pedicle subtraction osteotomy. A biomechanical study. *Spine* 2016; 41: S24
- 8- Gupta MC, Ferrero E, Mundis G, Smith JS, Shaffrey GI, Schwab F, Kim HJ, Boachi-Adjei O. Pedicle subtraction osteotomy in the revision versus primary adult spinal deformity patient. Is there a difference in correction and complications? *Spine* 2015; 40: E1169-1175.
- 9- Hallager DW, Gehrchen M, Dahl B, Harris JA, Gudipally M, Jenkins S, Wu AM, Bucklen BS. Use of supplemental short pre-contoured accessory rods and cobalt chrome alloy posterior rods reduces primary rod strain and range of motion across the pedicle subtraction osteotomy level. An in vitro biomechanical study. *Spine* 2016; 41; E38-95.
- 10- Kim KT, Kim WJ, Lee SH, Jung JH, Kim YT, Park HB. Pedicle subtraction osteotomy in elderly patients with degenerative sagittal imbalance. *Spine* 2013; 38: E1561-1566.
- 11- Kim KT, Park DH, Lee SH, Suk KS, Lee JH, Park KJ. Partial pedicle subtraction osteotomy as an alternative option for spinal sagittal deformity correction. *Spine* 2013; 38: 1238-1243.
- 12- Kim YC, Lenke LG, Hyun SJ, Lee JH, Koester LA, Blanke KM. Results of revision surgery after pedicle subtraction osteotomy for fixed sagittal imbalance with pseudarthrosis at the prior osteotomy site or elsewhere. Minimum 5 years post-revision. *Spine* 2014; 39(21):1817-1828.
- 13- Lafage V, Ames C, Schwab F, Klineberg E, Akbarnia B, Smith J, Boachie-Adjei O, Burton D, Hart R, Hostin R, Shaffrey C, Wood K, Bess S. Changes in thoracic kyphosis negatively impact sagittal alignment after lumbar pedicle subtraction osteotomy. A comprehensive radiographic analysis. *Spine* 2012; 37: E180-187.
- 14- Qiao J, Zhu F, Xu L, Liu Z, Zhu Z, Qian B, Sun X, Qiu Y. T1 pelvic angle. A new predictor for postoperative sagittal balance and clinical outcomes in adult scoliosis. *Spine* 2014; 39: 2103-2107.
- 15- Rose PS, Bridwell KH, Lenke LG, Cronen GA, Mulconrey DS, Buchowski JM, Kim YJ. Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy. *Spine* 2009; 34(8): 785-791.
- 16- Ryan DJ, Protosaltis TS, Ames CP, Hostin R, Klineberg E, Mundis GM, Obeid I, Kebaish K, Smith JS, Adjei OB, et al. T1 pelvic angle (TPA) effectively evaluates sagittal deformity and assesses radiographical surgical outcomes longitudinally. *Spine* 2014; 39: 1203-1210.

- 17- Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakos J, Lenke L, Tropicano P, Ames C, Smith J, Shaffrey C, Glassman S, Farcy JP, Lafage V. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery* 2014; 74: 112-120.
- 18- Smith JS, Bess S, Shaffrey CI, Burton DC, Hart RA, Hostin R, Klineberg E. Dynamic changes of the pelvis and spine are key to predicting postoperative sagittal alignment after pedicle subtraction osteotomy. A critical analysis of preoperative planning techniques. *Spine* 2012; 37: 845-853.
- 19- Smith-Petersen MN, Larson C, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg* 1945; 27-A(1): 1-11.
- 20- Smith-Petersen MN, Larson CB, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis. *Clin Orthop Relat Res* 1969; 66: 6-9.
- 21- Toyone T, Shioi R, Ozawa T, Inada K, Shirahata T, Kamikawa K. Asymmetrical pedicle subtraction osteotomy for rigid degenerative lumbar kyphoscoliosis. *Spine* 2012; 37: 1847-1852.

23. Skolyozda Sagittal Düzlemin Analizi, Cerrahi için Planlama, Cerrahi için İpuçları

Alpaslan ŞENKÖYLÜ, İsmail DALDAL

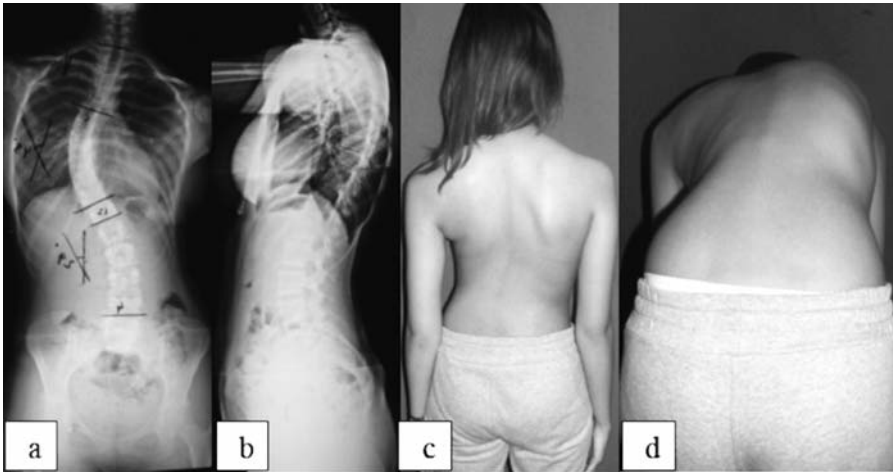
GİRİŞ

Skolyoz terimi tıbbi literatürde omurganın yana eğriliklerini belirtmede kullanılmaktadır. Skolyoz Araştırma Derneği ayakta çekilen grafilerde 10°'den fazla olan lateral eğriklere skolyoz adı verilmesini önermektedir. Tanım olarak skolyoz terimi her ne kadar omurganın laterale eğilmesi ise de, özellikle idyopatik skolyozda frontal düzlemle birlikte transvers ve sagittal düzlemlerde de patoloji ortaya çıkmaktadır.

PATOLOJİK ANATOMİ

Normalde omurganın sagittal planda dört simetrik fizyolojik eğriliği bulunmaktadır. Bunlar servikal ve lomber lordoz, torakal ve sakral kifozdur. Aslında fetal yaşam ve yenidoğan döneminde omurganın tamamen kifotik olduğunu görüyoruz. Ancak başı dik tutma, desteksiz oturma, sıralama ve yürüme yetilerinin gelişmesiyle beraber servikal ve lomber lordozun oluşmaya başladığını görmekteyiz. Sonuçta omurganın kifozları yapısal eğrilikleri, lordozlarıysa kompenzuar eğrilikleridir.

Omurganın rotasyonel aksı lomber ve servikal lordoz bölgelerinde omurganın arkasından, torakal ve sakral kifoz bölgelerinde ise önünden geçmektedir. İdiyopatik skolyozda torakal bölgedeki kifoz azalır ve daima lordoza eğilim mevcutken , lomber eğriliklerde ise lordoz azalarak kifoza eğilim atmaktadır ^(1,7). Dickson ve ark. , idiyopatik skolyozu anormal sagittal yapının biyomekanik yanıtı olarak tanımlamışlardır ^(7,19). Torakal kifoz normalde 8-14 yaşları arasında azalarak 12 yaşlarında minimuma inmektedir. Kız cinsiyetin daha erken maturasyona uğraması nedeniyle prepubertal hızlı büyüme döneminin kızlarda torakal kifozun minimum olduğu döneme rastladığı ve dolayısıyla bu dönemdeki idiyopatik skolyozlu kızlarda progresyonun yüksek olduğu ileri sürülmüştür ⁽¹⁶⁾. İdiyopatik skolyozda eğriliğin ilerlemesiyle birlikte büyümekte olan omurgada kompresif distraktif kuvvetler büyüme plaklarını etkileyerek konkav yönde büyüme azalırken konveks yönde artmakta ve cisimde bir miktar kamalaşma meydana gelmektedir. Yine aynı şekilde konveks tarafta laminalarda kalınlaşma, pediküllerde kısılma ve kostal kamburluk gelişir. Intervertebral diskler basınç etkisi ile konkav tarafta daralırken konveks tarafta disk mesafesi artar. Eğer bu basınç dağılımındaki dengesizlik süreci devam ederse zamanla diske komşu vertebra korpusunda skleroz ve osteofitler gibi dejeneratif değişiklikler meydana gelir. Deformitenin rotasyonel komponenti nedeniyle kaburgalarda oluşan değişiklikler hastanın klinik görüntüsünü abartılı hale getirebilir (Şekil-1).



Şekil-1. Onaltı yaşında tipik bir idiyopatik skolyoz örneği. (a,b) Ayakta çekilen ön-arka ve yan skolyoz grafileri. (c,d) klinik görüntüler. Hastanın öne eğilmeye kostal kamburluğu belirginleşmekte.

Torakal vertebralardaki rotasyon nedeniyle konveks taraftaki kaburgalar dorsale doğru yükselir ve klasik hörgüç manzarasını oluşturur. Konkav tarafta ise kaburgalar öne doğru dönerek göğüs ön duvarında belirginleşirler.

KLİNİK DEĞERLENDİRME

Adeolosan idyopatik skolyoz (AIS) tanısı, skolyoza sebep olacak diğer nedenler ekarte edildikten sonra konur. Hastalar detaylı hikaye alındıktan sonra fizik ve nörolojik muayene ile değerlendirilmelidir.

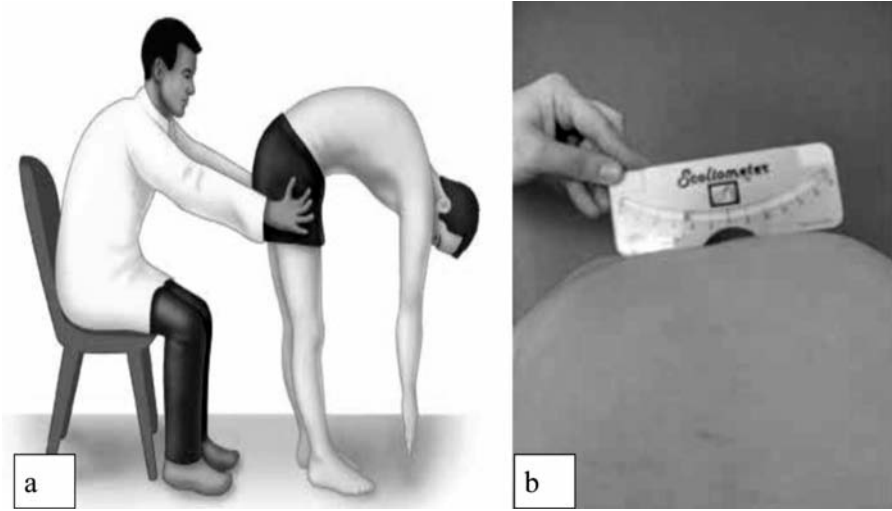
Erişkin idyopatik skolyozda ağrı doktora başvuru sebebi olmasına rağmen adelösan idyopatik skolyozda deformiteye ağrı eşlik etmesi nadirdir; eğer ağrı eşlik ediyorsa diğer intraspinal ve ekstrapinal patolojiler araştırılmalıdır ⁽⁶⁾.

İdyopatik skolyozda hastalar genellikle kötü postür veya fark ettiği eğrilik şikayeti, yüksek omuz, göğüste asimetri, bir kalçanın yüksekte durması, gövde asimetrisi nedeni ile başvururlar. Deformiteli bir hastanın değerlendirilmesinde detaylı bir hikaye ve fizik muayene hayati öneme sahiptir.

Hastalığın başlangıç yaşı, aile öyküsü, menarş, sekonder seks karakterlerinin gelişimi progresyon riskinin belirlenmesinde önemlidir. Hastanın yaşı ve deformitenin fark edildiği yaş, ağrının olup olmaması, kas güçsüzlüğü gibi detaylar varsa elde edilmelidir. Maturitenin saptanabilmesi için ilk adet tarihi, pubik ve aksiller kıllanma sorgulanır. Kızlarda pubik kıllanma ve meme gelişimi, erkeklerde ise testiküler volümün artması ve ses kalınlaşması hızlı büyümenin atağının hemen öncesinde görülür. Menarş kızlarda hızlı büyüme döneminin yavaşladığını göstermektedir.

Adelösan idyopatik skolyoz hastalarında solunumsal problemler sık görülmemektedir. Ancak deformitenin aşırı arttığı durumlarda (100° üzerinde Cobb açısı, aşırı hiperkifoz gibi) kardiyopulmoner yetmezlik gözlenebilir ^(16,20). Detaylı bir anamnez ve hikayeden sonra fizik muayene hastanın sırtı, omuzları ve her iki iliak kanatları görülecek şekilde yapılmalıdır. İncelemede hastanın genel postürü incelenir. Ciltte görülen lekelenmeler, subkutan nodüller, lokalize kıllanmadaki artış, orta hatta gamze görünümü, ekstremitelerde eşitsizlik, pelvik oblisite, meme büyüklük eşitsizliği ve asimetrisi, omuz dengesizliği varsa not edilmelidir.

Omurga dengesinin değerlendirilmesi açısından şakül yardımı ile dengeğin tespiti önemlidir. Hasta dik pozisyondayken C7 spinöz çıkıntısından aşağıya bir şakül sarkıtılır. Eğer şakül gluteal sulkustan geçiyorsa skolyozun dengeli olduğu, eğer gluteal aralığın lateralinden geçiyorsa dekompanze deformiteden söz edilir. Ardından omurganın fleksibilitesinin değerlendirilmesi için hasta sağa ve sola lateral fleksiyona getirilir ve düzelme miktarına bakılır. Omurganın rotasyon derecesini değerlendirmek için en iyi test Adams öne eğilme testidir. Hekim hastanın arkasında durarak hastadan dizlerini bükmeden öne eğilmesini ister. Hasta öne eğildiğinde rotasyon nedeni sırtta tek taraflı yükseklik gelişir (rib hump). Bu rotasyonel asimetri skolyometre ile ölçülebilir. Bu test ile aynı zamanda lomber lordozun fleksibilitesi de değerlendirilir (Şekil -2).



Şekil-2. a) Adam'ın öne eğilme testi. b) skolyometre ile rotasyon ölçümü.

DEFORMİTELERİN RADYOLOJİK DEĞERLENDİRMESİ

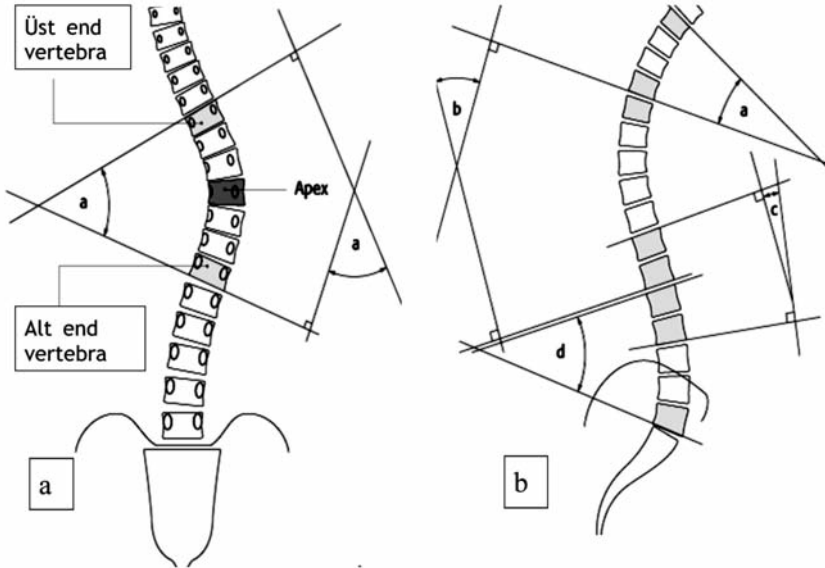
Deformite değerlendirilmesinde olmazsa olmaz iki röntgenogram şudur:

1. Ön- arka ve yan tüm omurgayı içine alacak şekilde ayakta çekilen skolyoz grafileri,
2. Sağa ve sola lateral eğilme, fulcrum eğilme veya traksiyon grafileri.

İdeal grafiler 90* 35 cm (36*14 inch) büyüklüğündeki film kasetlerine 2 metre mesafeden çekilir. Hastalar grafi çekim esnasında dik durmalı, dizleri düz ve ayakları bitişik olmalıdır. Hasta ayakta duramıyorsa desteksiz oturma pozisyonunda çekim yapılmak zorunda kalınabilir. Yan grafi çekiminde kolların süperpoze olmasını önlemek için kollar minimal öne fleksiyonda ve dirsekler fleksiyonda olmalıdır. Vadedentam kolların pozisyonunun omurganın sagittal şeklini büyük oranda etkilediğini göstermiştir. Sagittal şeklin en az etkilenen pozisyonunun kolların öne fleksiyonda bir destek üzerine konmasıyla gerçekleştiğini bildirmiştir⁽²¹⁾. Radyolojik inceleme sıklığı artmış skolyozlu hastalarda meme ve tiroid kanser riskinin arttığı göz önüne alındığında gereksiz ve özensiz radyolojik tetkiklerden kaçınmak gereklidir.

Ön arka pozisyonda uygun çekilmiş bir grafide skolyozun tipi, eğrilik özellikleri, gövde omuz ve pelvis dengesi, iskelet maturitesi, alt ekstremitte uzunluk farkı değerlendirilebilir. Yan grafiler ile hastanın doğal sagittal eğrilikleri, varsa spondilozis ve spondilolistezis değerlendirilebilirken, lateral eğilme grafileri fleksibiliteyi değerlendirerek preoperatif füzyon seviyelerinin belirlenmesine yardımcı olur.

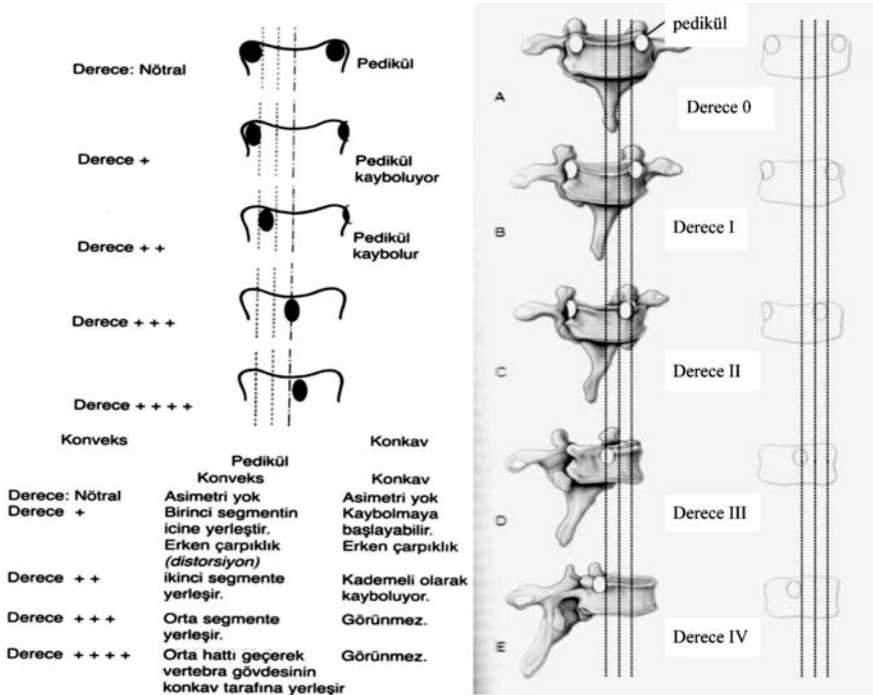
Deformitedeki eğriliğin ölçümünde Cobb metodu standart yöntem olarak kabul görmüştür. (Şekil-3).



Şekil-3. (a,b) Cobb metodu ile ölçüm tekniği.

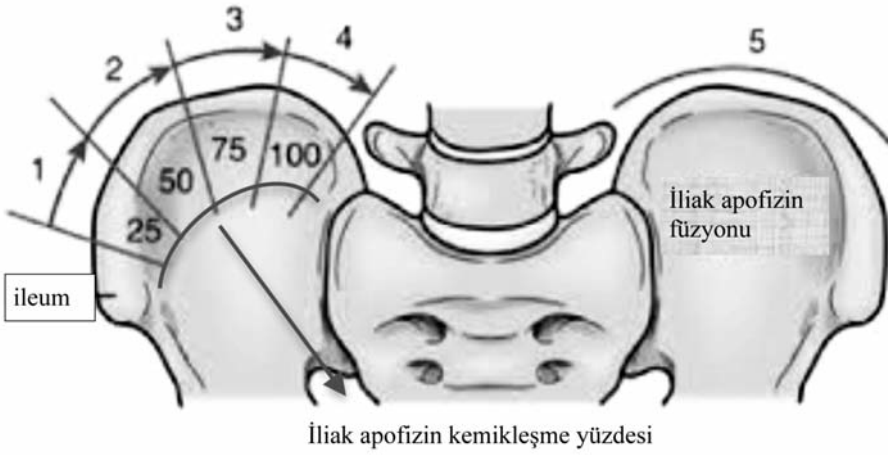
Bu metotta ilk önce eğrilikte en fazla eğime sahip olan kranial ve kaudal end vertebralar belirlenir. Sonra kranial end vertebranın üst plağına ve kaudal vertebranın alt end plağına dik hatlar çizilerek Cobb açısı belirlenir. Ana eğrilik ölçüldükten sonra diğer minor eğrilikler de yine aynı yöntemle ölçülür. Sagittal plan eğimleri ise yan grafide yine Cobb yöntemi ile belirlenir. Güvenilir bir metot olması yanında Cobb açısı ölçümlerinde ölçüm yapan farklı hekimler arasında ve aynı hekimin değişik zamanlardaki ölçümleri arasında farklar olduğu bildirilmiştir. Sağa ve sola bending grafilerinde fleksibilitenin değerlendirilmesi için ön-arka grafide belirlenen end vertebralar üzerinden Cobb açısı ölçülür. Nötral grafide ölçülen açı ile eğilme grafisinde ölçülen açının farkı nötraldeki açı değerinin yarısından fazla ise eğrilik fleksible olarak değerlendirilir.

Ön-arka grafide vertebraların rotasyon derecesi değerlendirilebilmektedir. En sık kullanılan metot ise vertebra pedikülü ile vertebra korpusu arasındaki ilişkiyi inceleyen Nash- Moe metodudur. Burada vertebral rotasyon miktarı 5 evrede incelenir (Şekil-4).



Şekil-4. Vertebral rotasyonun Nash- Moe metoduna göre ölçümü.

Ön arka skolyoz grafisi üzerinden bir diğer değerlendirilmesi gereken durum hastanın maturasyonudur. Risser belirtisi iliak kanat apofizinin kemikleşme oranına göre değerlendirilen bir yöntemdir. Buna göre iliak kanat 4 eşit kadrana ayrılır. Risser 0 da hiç ossifikasyon gözlenmezken Risser 4 te kadrانların dördünde de kemikleşme görülür. Kemikleşmiş iliak apofiz ileumla tamamen kaynaştığında ise evre 5 olur ve maturasyonun tamamlandığını gösterir (Şekil-5).



Şekil-5. Risser belirtisinin evrelerini gösteren şematik resim.

Bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRI) gibi ileri görüntüleme yöntemlerinin tipik idyopatik skolyoz hastalarının değerlendirilmesinde yeri yoktur. Spinal kanal anomalilerinin detaylı görüntülenmesinde, nörolojik problemlerin varlığında, cerrahi gerektiren sol torakal eğriliklerde, beklenmeyen şekilde hızlı ilerleyen eğriliklerde MRG'e başvurulabilir. BT ise kompleks deformitelerin özellikle 3 boyutlu anatomisinin algılanmasında ve postoperatif pedikül vida konumlarının belirlenmesinde kullanılabilir.

SAGİTTAL DENGENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Omurganın sagittal profili her bir birey için özgün olup omurganın parmak izi tabiri (spinal fingerprint) kullanılmıştır⁽⁵⁾. Anne karnındaki fetüste omurga "C" şeklinde tek eğimli kifotik bir yapıda iken, doğum sonrası büyümeyle beraber erişkindeki "S" formuna döner. Özellikle çocuğun başını dik tutması, oturması ve ayakta desteksiz dik durması ve ilk yürüme dönemlerinde bu sagittal plan değişimi en fazladır^(2,18).

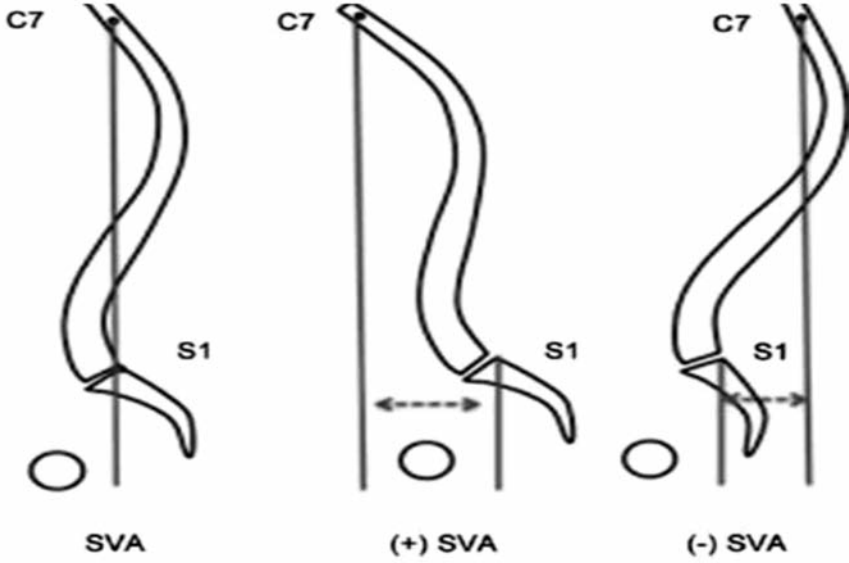
Sagittal plandaki ilgili vertebral segmentlerdeki fizyolojik eğim aralıkları Tablo-1'de belirtilmiştir.

Tablo-1. Sagittal plandaki fizyolojik eğimlerin değer aralıkları

	Seviye	Açı
Servikal (lordoz)	C1- T1	20°- 40°
Torakal (kifoz)	T3-T12	20°- 45°
Lomber (lordoz)	L1-L5	40°- 55°

Sagittal plandaki fizyolojik bölgesel kifoz ve lordoz açıları bireysel olarak farklılıklar göstermektedir. Sagittal denge incelemeleri bölgesel parametreler, pelvik parametreler ve toplam sagittal denge olarak incelenebilir. Sagittal denge incelenirken yan grafide C2 vertebra cisminden sagittal vertikal eksen (SVE) adı verilen düz bir çizgi indirilir. Sagittal vertikal eksen S1 cisminin ön kenarına göre, anteriorda ise pozitif (+) SVE, posteriora ise negatif (-) SVE olarak değerlendirilir. Burada kast edilen başın pelvis üzerinde merkezlenmesidir ve bu da C7 vertebra cisminden düşen şakül çizgisinin S1 posterior superior köşesi üzerine düşmesi ile olur (Şekil-6,7).

Toplam sagittal denge bölgesel ve segmenter ölçümlere göre daha güvenli olmasına rağmen tek başına yeterli olmayabilir, bununla beraber sagittal uyumun bölgesel ve segmenter olarak da değerlendirilmesi faydalıdır.



Şekil-6. Sagittal vertikal eksen değerlendirmesi



Şekil-7. Global sagittal dengenın değerlendirilmesinde kullanılan C7 şakül çizgisi

Sagittal planda sakrumun (S1) üst end plağındaki eğimden dolayı bazı parametrelerin tanımlanması gereği doğmuştur. Total sagittal dengenin değerlendirilmesinde kullanılan C7 vertebra cisminin merkezinden düşen şakül doğrultusunda (plumb line) pelvisin sagittal morfolojisinin veya femoral başların değerlendirilememesi bir dezavantajdır. Ayrıca Vudentam'ın raporlarında C7 ve T1 vertebra %50-63 oranlarında net olarak görüntülenebilmekte olduğunu bu iki belirtinin klinikte kullanımının zor olduğundan bahsedilmiştir (21).

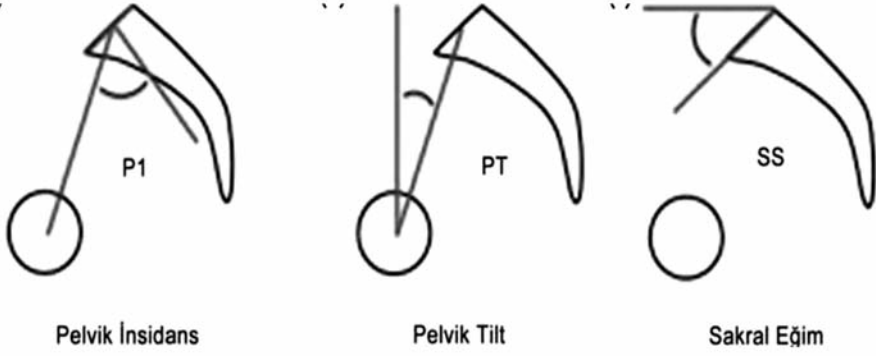
Global sagittal denge ile ilgili çoğu çalışmada sadece global denge değerlendirilirken resiprokal pelvik veya spinal adaptasyonlar değerlendirilmemiştir. Aslında pelvisin omurganın bir parçası olduğu ve omurga ile alt ekstremiteler arasında interpoze olan dinamik bir mobil arayüz olduğu bilinen bir gerçektir. 1998 yılında Duval- Beupere sagittal plandaki temel anatomik pelvik parametre olan "pelvik insidans"ı (PI) tanımlamıştır ve bu pelvik parametrelerle lumbo-pelvi-femoral kompleksi bireysel global sagittal denge ile harmanlayan analitik bir çalışma ortaya çıkarmıştır (4). Jackson ve arkadaşları pelvis ve omurganın sagittal tanımlayıcı parametrelerini ve normal bireylerdeki değişiklikleri bildirmişlerdir (8,9). Pelvik insidans (PI), pelvik tilt (PT) ve sakral slop (SS) kullanarak omurga ile ilgili pelvisin ilişkisini detaylı olarak tanımlandığı bu çalışmalarda tanımlanmış önemli lumbopelvik sagittal tanımlamalar şunlardır:

Pelvik lordoz veya pelvik radius (PR-S1): S1 üst end vertebraya paralel çizgi ile sakral plağın posterior noktasından bikoksa-femoral aksa çizilen çizgi arasındaki açı

Sakral inklinasyon (SI): Vertikal aks ile sakrumun posterior yüzeyinin aksı arasındaki açı

Sakral slop (SS): Sakrumun üst yüzeyi ile horizontal düzlem arasındaki açıdır

Pelvik açı (PI): Sakrumun üst eklem yüzünün ortasından femur başı merkezine çizilen doğru ile sakrum eklem yüzüne çizilen dikme arasındaki açıdır. Normalde, pelvik insidans, sakral slop ile pelvik tilt açılarının toplamına eşittir (Şekil -8, 9).

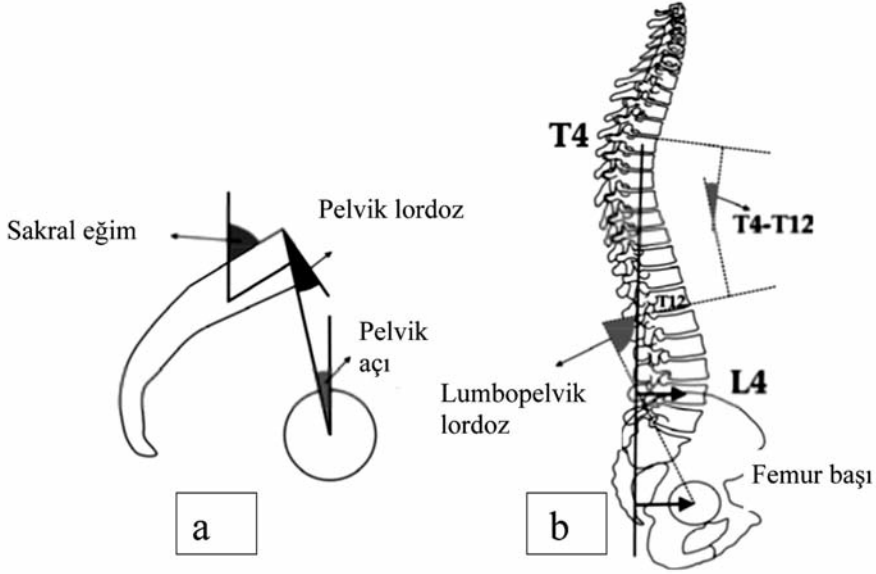


Şekil-8. Pelvik insidans, pelvik tilt ve sakral eğimin şekil üzerinde gösterimi



Şekil-9. Lumbosakral yan grafide PI (pelvik insidans) ve SS (sakral slop) açıları

Lumbo- Pelvik lordosis: T12 üst end plate inden geçen paralel ile pelvik lordoz açısını oluşturan çizgilerden biri olan sakral plağın posterior noktasından bikoksa-femoral aksa çizilen çizgi arasındaki açıdır (Şekil-10).



Şekil-10. a, b. Jackson tarafından tarif edilen açısal anatomik ve pozisyonel parametreler

Pelvik tilt: Femur başı merkezinden geçen vertikal aks ile, sakral son plağın ortasından femur başı merkezine çizilen doğru arasındaki açıdır.

PI (pelvik insidans) ortalama değeri $51^{\circ} \pm 10^{\circ}$ olarak gösterilmiştir. İdeal PT değeri ise 20° 'nin altındadır. Sakral eğim ise pelvik insidans ve pelvik tilt arasında kalan farktır. Jackson 'ın çalışmaları sonucunda;

1) L4 vertebra cisminin merkezi ve femoral başların merkezi, T4 vertebra cisminin merkezinden çizilen vertikal çizginin önünde kalmaktadır,

2) pelvik açı 0 ile 35° arasında kalmaktadır,

3) lumbo-pelvik lordoz 60 ile 120° arasındadır. Yazar bu üç kriterinin sağlanması durumunda sagittal dengenin normal sınırlar içinde kaldığını bildirmiştir ^(8,9).

Anatomik ve pozisyonel sagittal plan parametrelerinin en temel korelasyonu pelvik insidansın (PI) sakral slop ile olan ilgisidir. İkinci en belirgin korelasyon ise sakral slop ile lordoz arasındaki ilişkidir. Bu korelasyonlar ile sagittal spinal eğimlerin düzenlenmesinde pelvik morfolojinin öneminin ne kadar büyük olduğu gösterilmiştir. Buna göre yüksek pelvik insidans değerleri olan bireylerde sakral slop değerleri yüksektir ve bu ilişki lordozun sağlanması için çok önemlidir. Tam tersi olarak düşük pelvik insidans değerleri düşük sakral slop değerleri ile koreledir ve bu bireyler lordozu azalmış daha düz bir bele (flat back) sahiptir. Bu parametrelerin değer aralıklarını standardizasyon gereği kullanmak doğru olsa da son zamanlarda tartışılan konu bu parametrelerin hastaya özgü analizlerinin yapılmasının daha sağlıklı olduğu yönündedir.

Sagittal dengenin bozulması ile birlikte anatomik yapıların artmış stresi ve gereksiz kas kontraksiyonları nedeniyle muhtemelen ağırlı üç klinik dağılım ortaya çıkabilir :

Tip-A: Pelvik insidans ve sakral slop değerlerinin düşüklüğüyle giden lordoz kaybı. Klinik pratikteki bel ağrısına en sık neden olan durumlardan birisidir. Bu lordoz kaybı özellikle alt yerleşimli intervertebral disk bozukluklarının, yetersiz lordozun verildiği füzyon operasyonlarının veya çoğunlukla obezite kaynaklı kaslar zayıflıklarının bir sonucudur.

Tip-B: Pelvik öne rotasyonun (anteversiyon) yansıması olan sakral slopun aşırı arttığı durumlar. Bu tip kalça ekleminde fleksiyon kontraktürüne neden olur ve lordoz artışı kompanze edilemez gövde bir bütün olarak öne eğilir.

Tip-C: Bölgesel artmış torakal kifoza kompanze edemeyen lordoz. Burada pelvik retroversiyon gelişir ve sakral slop azalır ve kalça ve dizlerde fleksiyon kontraktürleri ile hasta postur dengesini korumaya çalışır (örnek Scheuermann kifoza).

SINIFLANDIRMA VE AMELİYAT ÖNCESİ PLANLAMA

Skolyoz cerrahisinde planlama yapılırken hastanın eğrilik paterni, omurga dengesi, ameliyat öncesi deformite fleksibilitesi, nörolojik durumu, kosta deformiteleri, fiziksel matürite, gelecekteki büyüme potansiyeli ve cerrahi ile ilgili diğer ihtiyaçlar (transfüzyon ihtiyacı, greftleme, monitorizasyon, postoperatif ağrı kontrolü... gibi) dikkate alınmalıdır.

Ameliyat öncesi yapılan planlama sonucunda estrumantasyon seçimi, gerekli füzyon seviyeleri, uygun cerrahi yaklaşım seçimi için eğrilik tipi ve paternlerinin iyi bilinmesi gereklidir. Bu ihtiyaçlar nedeni ile King Moe sınıflama sistemi füzyon sahası seçimi amacı ile 1983 yılında tanımlanmıştır⁽¹¹⁾. Günümüzde halen kullanılan bir sınıflama sistemi olmasına karşın bazı eğrilik tiplerini kapsamaması, yeni nesil üç boyutlu korreksiyon sistemlerinin getirdiği prensipleri tam olarak karşılamaması, eğriliğin sadece koronal planını değerlendirmesi, gözlemciler arası ve aynı gözlemci için hata oranının yüksek olması nedeniyle tartışılmaktadır. Bu eksikliklerin giderilmesi amacıyla Lenke ve arkadaşları tarafından geliştirilen sınıflama sistemi belli avantajları ile ortaya çıkmıştır (Şekil -11)⁽¹⁴⁻¹⁵⁾.

Eğriliğin Tipi				
Tip	Torakal Proksimal	Ana Torakal	Torakolomber/Lomber	Eğrilik Tipi
1	Yapısal olmayan	Yapısal (majör)	Yapısal olmayan	Ana Torakal
2	Yapısal	Yapısal (majör)	Yapısal olmayan	Çift torakal
3	Yapısal olmayan	Yapısal (majör)	Yapısal	Çift majör
4	Yapısal	Yapısal (majör)	Yapısal	Üçlü majör
5	Yapısal olmayan	Yapısal olmayan	Yapısal (majör)	Torakolomber/Lomber
6	Yapısal olmayan	Yapısal	Yapısal (majör)	Torakolomber/Lomber Ana Torakal

Yapısalın Kriterleri (Minör eğrilik)	
Proksimal torakal: yana eğilme Cobb>25o T2-T5 kifoz >+20°	Majör: En büyük Cobb açısı daima yapısaldır Minör: Yapısal dışındaki bütün diğer eğrilikler
Ana Torakal: yana eğilme Cobb >25° T10-L2 kifoz>20°	Apeks lokalizasyonu
Torakolomber: yana eğilme Cobb>25° T10-L2 kifoz>20°	Eğrilik
	Torakal
	Torakolomber
	Lomber
	Apeks
	T2-T11-12 disk
	T12-L1
	L1-2 disk ve L4

Değişkenler		
Lomber Değişkenler	SSVH – Lomber apeks ilişkisi	Torakal Sagittal Profil: T5-T12
A	SSVH, pediküller arasında	- (hipo) < 10°
B	SSVH, apikal korpusa dokunuyor	N (normal) 10-40°
C	SSVH tamamen medialde	+ (Hiper) >40°

(SSVH: Santral Sakral Vertikal Hat) (Değerlendirme: Eğrilik tipi-Lomber değişken – Torakal sagittal profil; Örnek: 2B+).

Şekil-11. Lenke sınıflandırma sistemi

Bu sistemin avantajları eğrilin tiplerini ayırmak için spesifik ve objektif kriterlere sahip olması, koronal ve sagittal planın beraber değerlendirilmesi, tüm eğrilikleri kapsayabilmesi, mantıksal, kolay anlaşılır olması, gözlemciler arası ve aynı gözlemci için güvenlik aralığının yüksek olması olarak sayılabilir.

Lenke sınıflandırma sisteminde ayakta çekilen ön arka ve yan grafiler ile lateral eğilme grafilerine göre, eğriliğin tipi, sagittal torakal belirleyici ve lomber omurga belirleyicisi tespit edilir ve sonuçta bu üç bileşen birleştirilerek sınıflama oluşturulur. Ayakta çekilen ön arka grafilerde omurga, proksimal torasik (apeks T3,T4 veya T5), ana torasik (apeks T6 ile T11-T12 diski arası) ve torakolomber / lomber (apeks T12 ile L4 arası) olmak üzere 3 bölgeye ayrılır. Cobb yöntemi ile bu bölgelerdeki eğrilikler ölçülerek en büyük değere sahip eğrilik major eğrilik olarak saptanır. Diğer eğrilikler minor eğriliklerdir. Ardından minor eğriliklerin yapısal veya yapısal olmayan (kompansatuar) eğrilikler olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla minor eğriliklerin yapısal olma kriterleri tarif edilmiştir. Sağa ve sola eğilme grafilerinde minor eğrilikte kalan rezidüel eğrilik 25° ve üzerinde ise veya koronal plandan bağımsız olarak sagittal planda proksimal torasik bölgede (T2-T5) veya torakolomber bileşkede (T10- L2) 20° ve üzerinde hiperkifoz varlığında da bu minor eğrilikler yapısal olarak kabul edilir. Bu üç bölgedeki eğriliklerin major veya minor, yapısal veya kompansatuar olmasına göre Lenke sınıflama sisteminde 6 eğrilik tipi tanımlanmıştır.

Lomber omurga belirleyicisi koronal plandaki skolyoz grafisinde lomber eğrilik apeksinin santral sakral vertikal çizgi ile mesafesine göre tespit edilir. Eğer santral sakral vertikal çizgi lomber apeks vertebranın pedikülleri arasından geçiyorsa A tipi, lomber apeks vertebranın pedikülüne dokunuyorsa B tipi, lomber apeks vertebranın pediküllerinin dışından geçiyorsa C tipi olarak belirlenir.

Lenke sınıflandırmasında son olarak sagittal düzlem değerlendirmesi yapılır. Sagittal torakal belirleyicisi için yan skolyoz grafisinde T5-T12 arası Cobb açısı ölçülür. Eğer bu açı 10° küçük ise hipokifoz (-), 10 ile 40° arasında ise normokifoz "N" , eğer 40° üzerinde ise hiperkifoz (+) olarak belirlenir.

Sonuç olarak Lenke sınıflamasında eğrilik tipi (1-6 arası), lomber belirleyici (A.B.C) ve sagittal torakal belirleyici (+, N, -) değerleri birleştirilerek sınıflama tamamlanır (Lenke tip 5C+ gibi).

Lenke sistemine göre cerrahi alan seçiminde major eğrilik ve yapısal olan minor eğrilikler füzyon alanına dahil edilmelidir. Lenke ve arkadaşları hareketli segmentlerin korunabilmesi amacıyla enstrümantasyonun bir seviye üstte sonlandırılması için kesin kriterler tanımlamışlardır. Buna göre:

- 1) Stabil vertebranın bir üstündeki vertebrada, rotasyon en çok evre 1 olmalı ve 30° altında tilt bulunmalıdır.
- 2) Stabil vertebra tilti 20° altında olmalıdır.
- 3) Apikal disk L1-L2 diskinin üzerinde olmamalıdır.
- 4) L3-L4 diski eğriliğin konveksitesine açılım gösteriyor olmalıdır.

Lenke sınıflamasına göre minör eğriliğin yapısal olmadığı durumlarda selektif torasik füzyon önerilmiştir. Eğer ana torasik eğriliğin altında ya da üzerine yapısal minör eğrilik tespit edilirse, füzyon alanına tüm yapısal eğrilikler katılmalıdır.

SAGİTTAL DENGİNİN ÖNEMİ

Sagittal dengesizlik pulmoner fonksiyonların azalmasıyla ve postoperatif sırt ağrısı ile sonuçlanan skolyoz patogeneğinde önemli yer tutan bir antitedir. Geçen 20 yıldır kullanılmakta olan üç boyutlu yeni jenerasyon spinal enstrümantasyon sistemleri ile normal sagittal dizilimin restorasyonunu sağlamak deformite cerrahisindeki temel hedeflerden birisi haline gelmiştir. Sagittal dizilimin sağlanması için hemen hemen bütün modern skolyoz cerrahilerinde rodlara önceden sagittal düzlemde uygun kontur verilmesi standart bir prosedür olarak kabul edilmiştir. Bununla beraber cerrahi sonuçların verildiği çeşitli çalışmalarda uygun sagittal rod prekonturu verilse bile hastaların postoperatif sagittal dizilimleri büyük ölçüde önceden var olan omurga sertliğinden etkilenmektedir. Bridwell ve arkadaşları ise enstrümantasyonla arttırılan sagittal dizilimin muhtemelen hastaların eğriliklerinde mevcut olan bireysel fleksibiliteden kaynaklandığını belirtmektedir^(10,19).

“Coupling” bir eksen etrafında bir hareket olurken ikinci bir eksen de eş zamanlı uyumlu bir hareketin olması olarak tanımlanır. Skolyoz üç planı ilgilendiren bir patoloji olduğuna göre bir planda deformiteyi düzeltirken ikinci ve üçüncü planlardaki uygun düzeltmeyi sağlayabilmek yani her eksen de uyumlu bir birlikteliği (“coupling”) sağlamak hayatidir. Normal omurgada aksiyal plandaki rotasyonel hareketlerle olan lateral eğilme ve fleksiyon ekstansiyon hareketleri arasındaki uyum tanımlanmış olmasına rağmen skolyotik vakalardaki frontal deformite düzeltme ve sagittal dizilim değişiklikleri arasındaki doğal “coupling” ilişkisi bilinmemektedir⁽¹⁴⁾.

Fulkrum eğilme grafisi skolyozda spinal fleksibilitenin değerlendirilmesinde kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte fulkrum frontal eğriliğinin apeksine yerleştirilerek hastanın vücut ağırlığı ile düzeltme sağlanır. Bu şekilde omurga tamamen kısıtlanmamış olur ve frontal plan düzelmesi ile oluşan sagittal plandaki doğal değişiklikler ("coupling") daha iyi ölçülebilir. Yakın zamanlı çalışmalar 1) "frontal plan deformite düzeltme ile ilişkili torakal kifozdaki değişiklikler nasıldır ?", 2) "postoperatif torasik düzeltme doğal "coupling" i nasıl etkiliyor?" ve 3) "torasik sagittal yeniden dizilimin farklı sistemler kullanıldığında (kanca-rod ve vida-rod sistemleri arasındaki) sonuçları nasıldır?" soruları üzerinde yoğunlaşmıştır⁽¹⁷⁾.

Sagittal plandaki fizyolojik eğrilikler yazardan yazara farklılık göstermektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda T4-12 arasındaki torakal kifozun 20-40° arasında, L1-5 arasındaki lomber lordozun ise 35 ile 55° arasında olduğu belirtilmiştir. T11-L2 arasındaki açı -5 ile +5 ° arasında olduğu belirtilmiştir. Lenke T5-12 arasındaki 10 °den küçük eğimleri hipokifoz, 10 ile 40° arasındaki eğimleri normokifoz, 40° üzerindeki eğimleri hiperkifoz olarak tanımlamıştır.

AMELİYAT ÖNCESİ PLANLAMA

Skolyoz tedavisinde cerrahi tedavinin temel amacı, güvenli bir şekilde deformiteyi düzeltmek ve eğriliğin ilerlemesini önleyebilmek için yeterli füzyonu sağlamaktır. İdeal bir deformite ameliyatı sonunda eğrilik önemli miktarda düzeltilirken hastanın başı, omuzları ve gövdesi pelvis üzerinde santralize olacak şekilde frontal ve sagittal planda dengeli bir omurga elde edilmelidir. Cerrahi tedaviye karar verirken eğriliğin büyüklüğünün yanında matürüte, sagittal plan dengesi ve kozmetik görünüş gibi pek çok etken belirleyicidir. Genellikle 45°'nin üzerindeki omurga matürasyonunu büyük ölçüde tamamlamış adolesan idyopatik skolyozlu hastalarda cerrahi tedavi kararı verilir. Ayrıca eğriliğin açısı ile birlikte denge, rotasyon, kostal kamburluk miktarı ve sagittal plandaki eğimler mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Genel olarak cerrahi tedavi endikasyonları:

- a. Cobb açısı 45° üzeri eğrilikler,
- b. İskelet maturitesine erişmemiş korse kullanımına rağmen 40° n üzerindeki eğrilikler,
- c. Dekompanze olan, denge problemi olan eğrilikler,
- d. Sagittal plan konturunun bozulduğu durumlar,
- e. Konservatif olarak kontrol edilemeyen bel ve sırt ağrısı olan hastalar,
- f. Deformiteye bağlı pulmoner fonksiyonlarda bozukluk olan hastalar,
- g. Deformite sebebiyle artmış psikolojik sorunlu hastalardır.

Uygun sagittal dizilime ulaşmak ve buna bağlı olarak iyi klinik sonuçlara ulaşmak için titiz bir preoperatif planlama esastır. Uygun planlama için ilk olarak hastanın dizleri ve kalçaları ekstansiyonda iken çekilen lateral skolyoz grafileri gereklidir. Özellikle sagittal vertikal aks (SVA), torasik kifoza açısı, lomber lordoz açısı ve spinopelvik parametreler özenle ölçülerek bölgesel ve toplam sagittal dizilim hakkında hastanın doğal dengesi belirlenmelidir. Önceden spinal füzyon presedürü geçirmiş hastalarda grafilere ek olarak BT görüntüleri psödoartroz ve implant yerleşimi hakkında detaylı bilgiler vermesi bakımından değerlidir. Yine bu hastalarda füzyon alanının distali ve proksimalinin iyi değerlendirilmesi, özellikle lumbosakral bölgenin durumunun değerlendirilmesi revizyon cerrahilerinde ilyak stabilizasyonun da gerekebilmesi nedeniyle önemlidir.

Spinopelvik stabilizasyonda yeniden dizilimin sağlanmasında objektif kriterler $SVA < 5\text{cm}$, $PT < 20^{\circ}$ ve $LL = PI \pm 9^{\circ}$ dir. Spinopelvik harmoniye bu değerlere uyularak ulaşılabilir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta kalça eklemlerinde preoperatif fleksiyon kontraktürlerinin bulunması planlamayı zorlaştırabilir.

Sagittal plan deformitelerinde düzeltme miktarını hesaplamak için çeşitli metotlar tanımlanmıştır. Ondra ve arkadaşları "pedicle subtraction osteotomy" (PSO) nin sagittal plan düzeltmelerindeki derecesini araştırarak trigonometrik bir denklem tanımlamışlardır⁽²²⁾. Fakat bu çalışmada "C7 plumb line" ve posterior sakral dikey çizgi

kullanılmıştır ve spinopelvik parametreler hesaba katılmadığı için global sagittal dizilimde pelvik tiltin kompanzatuvar mekanizması göz ardı edilmiştir. Bu yüzden bu denklemin kullanıldığı hastalarda sıklıkla global sagittal dizilim az düzeltme ile sonuçlanmıştır. Sonrasında Lafage ve arkadaşları anahtar spinopelvik parametreleri kullanarak postoperatif global sagittal dengeyi daha iyi öngörebilen bir model geliştirdiler. Günümüzde yaygın olarak kabul edilmiş bu denklemde $LL = PI \pm 9$ olarak tespit edilmiş ve lordozun derecesi bireyselleştirilmiştir⁽¹²⁾. Bu denklemi kullanarak geliştirilen bazı bilgisayar programları ile preoperatif planlama yapılabilmektedir⁽¹³⁾.

CERRAHİ İÇİN İPUÇLARI AMELİYAT ÖNCESİ YÖNETİM

Hastanın preoperatif yönetimi; ameliyat öncesi genel sağlık testleri, görüntüleme ve ameliyat odasındaki cerrahi hazırlığı içerir. Deformite hastalarında rutin ortopedik preoperatif testler yapılır ve anestezi onayı alınır. Ek olarak bazı merkezlerde hastanın pulmoner fonksiyon durumu ve beslenme durumunu araştıran testler rutin olarak kullanılmasına rağmen bu konuda tam konsensus yoktur. Genel görüş akciğer kapasitesini azaltan hipokifoz ve koranal plandaki 100° üzerindeki deformitelerde solunum fonksiyon testlerinin yapılarak mevcut akciğer kapasitesinin belirlenmesidir.

Hasta pron pozisyonda ameliyat masasına alındığında karın içi basıncı azaltmak, dolayısıyla ameliyat sırasındaki kanamayı azaltmak için yan destekler kullanılır. Pron pozisyonda kullanılan bir diğer önemli araç yüz maskesidir. Pron pozisyondaki baş pozisyonunu daha iyi kontrol edebilmek, boyun damar sinir yapılarına olan basıyı en aza indirebilmek, gözleri daha iyi koruyabilmek ve endotrekeal tüp pozisyonunu daha iyi kontrol edebilmek için yüz maskesi kullanılmalıdır.

Intraoperatif spinal kord monitorizasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle kontrol grubu içermeyen seriler olup MEP (motor – evoked potentials), SSEP (somatosensory-evoked potentials) veya her ikisinin kullanımının güvenli olduğu belirtilmiştir. Monitorizasyon kullanılarak yapılan ve kullanılmadan yapılan cerrahi operasyonlardaki nöral komplikasyonları karşılaştıran çalışma henüz yoktur.

Adelosan idyopatik skolyoz cerrahisinde uluslararası yapılan bir konsensus çalışmasında cerrahinin preoperatif, intraoperatif ve postoperatif dönemlerinde görüş birliğiyle uygulanması tavsiye edilen uygulamalar Tablo-2'de verilmiştir⁽³⁾.

Tablo-2. Skolyoz cerrahisinde uygulanması tavsiye edilen (optimal) uygulamalar ve görüş birliği olmayan (rutin değil) uygulamalar

	Optimal	Rutin değil
Preoperatif		
Pulmoner fonksiyon testleri	% 50	% 50
Beslenme durumu için testler	–	% 78
Görüntüleme		
Oturur pozisyonda grafi	–	% 83
Lateral grafi pozisyonunda kolların pozisyonu (eller klavikulalarda veya başta)	% 95	
Lateral grafide kalçanın görülmesi	% 85	
Dinamik görüntüleme	% 100	
Skolyometre kullanımı	–	% 21
MRI	–	% 46
Ameliyat hazırlığı		
Preoperatif traksiyon	–	% 50
Ameliyat masası tipi	–	
Maske kullanımı	% 79	
Intraoperatif enfeksiyon kontrolü(antibiyotik dışı)		
Irrigasyon kullanımı	% 90	
Preop. akne vulgaris tedavisi	% 54	
Maske ve eldiven değişimi	% 52	
Topikal antibiyotik kullanımı (örn: vankomisin)	% 33	
Intraoperatif monitorizasyon	% 92	
Cerrahi teknik (füzyon yatak hazırlığı tipleri)		
Faset eklem dekortikasyonu	% 98	
Lamina dekortikasyonu	% 96	
Transvers proses dekortikasyonu	% 83	
Spinöz proseslerin greft olarak alınması	% 72	

Posteriyor girişimde insizyon spinöz çıkıntılar üzerinden yapılır ve posterior spinal ark subperiostal olarak ortaya konur. Posterior arktaki tüm yumuşak dokular temizlenir ve transvers proseslere kadar olan alan ortaya konur. Posterior enstrümantasyon bölgesinde uygun artrodezin oluşabilmesi için dekortikasyon, faset eklemlerin eksizyonu ve oluşan yatağın otojen, allojen veya sentetik greftlerle doldurulması gerekmektedir.

Deformitelerde temel olarak intervertebral diske uygulanan düzeltici moment etkisi ile düzelme gerçekleşir. Rotları yerleştirilmeden önce sagittal planda uygun şekilde kontur vermek suretiyle uygulamak tavsiye edilen bir yöntemdir. Eğilmiş rotları önce koronal plandaki eğriliğe uygun şekilde yerleştirmek ve sonrasında rotlara derotasyon uygulayarak sagittal plandaki olması gereken eğriliğe ulaşmak etkili bir yöntemdir.

KAYNAKLAR

- 1- Alıcı E, Berk RH, Özkan M. Natural history and pathogenesis of idiopathic scoliosis. *J Turk Spin Surg* 1992; 3: 1-5.
- 2- Cil A, Yazici M, Uzumcugil A, Kandemir U, Alanay A, Alanay Y, Acaroğlu RE, Surat A. The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine J* 2005; 30(1): 93-100.
- 3- de Kleuver M, Levis SJ, Germscheid NM, Kamper SJ, Alanay A, Berven SH, Cheung KM, Ito M, Lenke LG, Polly DW, Qiu Y, van Tulder M, Shaffrey C. Optimal surgical care for adolescent idiopathic scoliosis: an international consensus. *Eur Spine J* 2014; 23(12): 2603-2618.
- 4- Duval-Beaupère G, Legaye J, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 1998; 7 (2): 99-103.
- 5- Harding IJ. Understanding sagittal balance with a clinical perspective. *Eur J Phys Rehabil Med* 2009; 45: 571-582.
- 6- Herring JA. *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics*. 3rd Edition, W.B. Saunders Company, New York 2002; pp: 213-299.
- 7- Howell FR, Dickson RA. The deformity of idiopathic scoliosis made visible by computer graphics. *J Bone Joint Surg* 1989; 71-B: 399-403.
- 8- Jackson RP, McManus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back an matched for age, sex and size. *Spine* 1994; 19(14): 1611-1618.
- 9- Jackson RP, Hales C. Congruent spinopelvic alignment on standing lateral radiographs of adult volunteers. *Spine* 2000; 25: 2808-2815.

- 10- Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Rhim S, Cheh G. An analysis of sagittal spinal alignment following long adult lumbar instrumentation and fusion to L5 or S1: can we predict ideal lumbar lordosis? *Spine* 2006; 31(20): 2343-2352.
- 11- King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. The selection of fusion level in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1983; 65-A: 1302-1313.
- 12- Lafage V, Bharucha NJ, Schwab F, Hart RA, Burton D, Boachie-Adjei O, Smith JS, Hostin R, Shaffrey C, Gupta M, Akbarnia BA, Bess S. Multicenter validation of a formula predicting postoperative spinopelvic alignment. *J Neurosurg Spine* 2012; 16(1): 15-21.
- 13- Legaye Jean. Analysis of the dynamic sagittal balance of the lumbo-pelvi-femoral complex. In: Klica V (Ed.), *Biomechanics in Applications*. InTech, 2001.
- 14- Lenke LG, Betz RR, Haher TR, Lapp MA. Multisurgeon assessment of surgical decision-making in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2001; 26(21): 2347-2353.
- 15- Lenke LG, Edwards CC, 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* 2003; 28(20): 199-207.
- 16- Lonstein JE. Patient Evaluation. In: Winter RB, Bredford DS, Lonstein JE, Ogilvie JW (Eds.). *Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*. Third Ed, W.B Saunders, Philadelphia 1995; pp: 45-85.
- 17- Luk KD, Vidyadhara S, Lu DS, Wong YW, Cheung WY, Cheung KM. Coupling between sagittal and frontal plane deformity correction in idiopathic thoracic scoliosis and its relationship with postoperative sagittal alignment. *Spine* 2010; 35(11): 1158-1164.
- 18- Mac-Thiong JM, Labelle H, Roussouly P. Pediatric sagittal alignment. *Eur Spine J* 2011; 20(Suppl.-5): 586-590.
- 19- Milner PA, Dickson RA. Idiopathic scoliosis; biomechanics and biology. *Eur Spine J* 1996; 5: 362-373.
- 20- Rose PS, Bridwell KH, Lenke LG, Cronen GA, Mulconrey DS, Buchowski JM. Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy. *Spine* 2009; 34(8): 785-791.
- 21- Sperandio EF, Alexandre AS, Yi LC, Poletto PR, Gotfryd AO, Vidotto MC, Dourado VZ. Functional aerobic exercise capacity limitation in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine J* 2014; 14(10): 2366-2372.
- 22- Vedantam R, Lenke LG, Bridwell KH, Linville DL, Blanke K. The effect of the variation in arm position on sagittal spinal alignment. *Spine* 2000; 25(17): 2204-2209.
- 23- Yang BP, Chen LA, Ondra SL. A novel mathematical model of the sagittal spine: application to pedicle subtraction osteotomy for correction of fixed sagittal deformity. *Spine* 2008; 8(2): 359-66.

İNDEKS

3D rekonstrüksiyon 74, 75

A

ACDF 19, 20, 21, 22

Açık kapı laminoplasti 19

Ağırlık merkezi 40, 41, 156, 173

AKL 19, 20, 22

Aksiyel yüklenme 28, 233

ALIF 259, 261, 262, 264

Alt lomber lordoz 127

Anulus fibrozus 150, 152

ASDF 5, 7

Ayakta direk grafi 53, 67

B

Bazal temas yükü 46

Bikokso-femoral nokta 100

Birleşim darlığı 4

Birleşim problemi 4

Biyomekanik 5, 28, 37, 39, 40, 44, 46, 48, 125, 148, 149, 157, 165, 204, 218, 229, 235, 237, 261, 274, 278

Boyun tilti 111, 117, 119

C

C2 tilti 96, 97

C7 Çekül hattı 41, 45, 95

C7 eğimi 96, 97

C7 plumb hattı 104, 138, 249, 294

Cerrahi 4, 6, 7, 8, 9, 10, 19, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 66, 67, 76, 82, 127, 130, 133, 137, 160, 163, 167, 168, 173, 175, 180, 184, 185, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 234, 235, 236, 238, 244, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 260, 261, 262, 267, 268, 269, 277, 283, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 296

Charpak 48, 71, 77, 79, 80, 81, 83, 91

Cobb metodu 20, 66, 102, 119, 281

Cobb yöntemi 67, 96, 98, 99, 101, 231, 282, 291

CVBA 115

D

Dar kanal 34, 243, 244, 246, 247, 248, 249, 250, 252, 253, 254, 255

Dejeneratif 4, 5, 6, 8, 9, 19, 22, 23, 27, 30, 44, 46, 47, 69, 93, 119, 126, 127, 129, 132, 133, 136, 153, 172, 176, 177, 178, 179, 180, 202, 206, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 229, 231, 232, 233, 235, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 259, 260, 262, 267, 273, 278

Dekompresyon 6, 10, 23, 34, 168, 173, 199, 201, 202, 205, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 237, 250, 251, 252, 254

Disk dejenerasyonu 3, 4, 7, 154, 246, 267
Disk hernisi 34, 35, 143, 148, 154, 155, 158, 236, 248, 249
Displastik spondilolistezis 171, 176, 183, 184

E

Enfeksiyon 3, 35, 203, 220, 222, 259, 262, 267, 296
EOS 23, 48, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 91, 104

F

FBI
Flat back 32, 160, 289
Fraktür 166, 180
Frankfurt hattı 119
Füzyonsuz dekompresyon 212

G

Global denge 107, 286
Global sagittal denge 39, 94, 250, 251, 286
Gore metodu 119
Gravite çizgisi 53
Gravite hattı 56

H

Harrison posterior tanjant çizgileri 111
Hiperlordoz 174
Hipertrofi 3
Hipolordoz 28
Horizontal düzlem 99, 102, 286

İ

İmbalans 25, 55, 108, 248, 249, 252
İnterbody füzyon 203, 216, 217, 218, 219, 223, 255
İntervertebral disk 4, 5, 12, 60, 132, 143, 148, 150, 151, 153, 154, 155, 157, 158, 226, 235, 245, 246, 248, 267, 268, 289
İstmik spondilolistezis 182

J

Jackson stres çizgileri 111, 113

K

Kaş-çene vertikal hattı 111, 115, 116
Kayma derecesi 186, 188
Kayma oranı 65
Kayma yüzdesi 187, 189, 190, 191
Kifoskolyoz 273
Kifoz açısı 98, 106, 167, 294
Kifoz eğimi 108
Kladikasyo 211, 214, 219, 254, 255

Klinik 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 225

Kompensasyon mekanizmaları 41, 44, 46, 55, 130, 133, 134

Komplikasyon 215, 223, 224, 273

Komşu segment hastalığı 3, 4, 22, 219, 223, 234, 235, 236

Komşu segment osifikasyonu 6

Korpus sentroidi 21

Kranial tilt 111, 118, 119

KSD 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10

KSH 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

KSO 6, 7

L

L5 insidans açısı 194

Lizis 172, 181, 182, 201

LL indeksi 102

Lomber 8, 10, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 54, 55, 56, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 87, 89, 93, 98, 101, 105, 106, 125, 126, 127, 130, 132, 133, 135, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 152, 154, 156, 157, 158, 165, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 179, 185, 196, 198, 199, 203, 206, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 239, 243

Lomber füzyon 254

Lomber lordoz 8, 10, 25, 27, 42, 43, 44, 54, 62, 66, 87, 89, 98, 101, 105, 106, 125, 126, 127, 133, 145, 146, 152, 157, 158, 173, 196, 198, 243, 244, 245, 246, 248, 251, 252, 255, 256, 267, 273, 277, 294

Lomber stenoz 8

Lordotik kafes 22

Lordoz 8, 10, 20, 22, 25, 27, 28, 42, 43, 44, 54, 62, 66, 67, 75, 87, 89, 96, 98, 101, 105, 106, 119, 125, 126, 127, 130, 133, 135, 145, 146, 147, 148, 152, 156, 157, 158, 173, 174, 185, 196, 198, 229, 230, 231, 232, 233, 236, 237, 238, 239, 243, 244, 245, 246, 248, 249, 251, 252, 255, 256, 267, 268, 272, 273, 277, 278, 284, 286, 288, 289, 294

Lordoz açısı 20, 62, 96, 106, 119, 185, 252, 255, 294

Lordoz kaybı 22, 25, 27, 126, 133, 233, 236, 249, 273, 289

M

Marique ve Taillard 65

McRae 119

Meyerding 64, 65, 186, 187, 188, 189, 196, 198, 209

mJOA 21, 22

N

Nash-Moe 282

Neoplazi 259

O

ODI 214, 218, 219, 250, 262

Oksipito-servikal 95

Omur 4, 30, 132, 174, 190, 199

Omurga 4, 8, 22, 27, 28, 30, 37, 39, 42, 43, 44, 46, 54, 55, 56, 57, 64, 66, 73, 75, 76, 85, 87, 88, 93, 94, 101, 103, 105, 107, 108, 110, 130, 132, 133, 143, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 163, 168, 171, 173, 174, 181, 186, 189, 194, 198, 211, 229, 231, 232, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 243, 244, 247, 248, 250, 268, 280, 284, 286, 289, 291, 292, 293

Omurga dengesi 37, 39, 64, 107, 289

Omurga konturu 105

Omurilik 233, 234, 235, 237, 238

P

Pedikül 8, 165, 166, 168, 188, 218, 223, 270, 272, 274, 283

Pelvik insidans 8, 45, 53, 54, 66, 87, 88, 90, 130, 131, 135, 156, 157, 192, 195, 196, 268, 273, 286, 287, 288, 289

Pelvik radius 89, 90, 193, 286

Pelvik retroversiyon 46, 134, 248, 249, 289

Pelvik tilt 44, 45, 53, 54, 55, 87, 88, 89, 103, 118, 130, 131, 157, 186, 192, 193, 195, 196, 198, 205, 268, 273, 286, 287, 288

Pelvis 8, 39, 42, 45, 46, 47, 48, 54, 55, 69, 72, 76, 87, 88, 91, 105, 108, 110, 132, 137, 139, 145, 157, 159, 174, 186, 192, 197, 198, 209, 244, 256, 258, 276, 281, 284, 286, 293

PJK 163, 164, 165, 166, 167, 168, 240

Planlama 202, 268, 277, 289, 290, 293, 294, 295

PLIF 15, 227, 259, 260, 261, 262, 264

Posterior enstrümantasyon 202

Posterior füzyon cerrahisi 260

Proksimal torakal eğim 99

Proksimal torakal tilt 100

PSO 269, 271, 272, 273, 274, 294

Psödoartroz 7, 28, 34, 200, 213, 218, 220, 221, 268, 294

PTT 100

R

Referans noktaları 73

Rijidite 4, 6, 167, 168, 222, 273

S

Sagittal balans 125, 126, 127, 274

Sagittal deformite 121, 241, 275, 298

Sagittal denge 1, 19, 30, 39, 42, 44, 45, 47, 53, 67, 68, 77, 93, 94, 95, 98, 101, 110, 123, 141, 155, 157, 235, 243, 248, 250, 251, 252, 256, 273, 284, 286

Sagittal denge analizi 141

Sagittal dizilim 7, 8, 10, 11, 106, 247, 254, 292, 294, 295

Sagittal dizilim bozuklukları 7, 11

Sagittal imbalans 55, 248, 249, 252

Sagittal pelvik genişlik 88, 89

Sagittal plan 64, 71, 109, 110, 252, 273, 282, 284, 289, 293, 294

Sagittal vertikal aks 54, 96, 107, 126, 294

- Sakral 26, 28, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 53, 54, 55, 56, 62, 65, 66, 67, 76, 87, 88, 89, 94, 98, 101, 102, 106, 108, 118, 125, 130, 131, 132, 157, 158, 173, 174, 175, 176, 186, 187, 189, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 198, 200, 201, 202, 205, 244, 245, 247, 250, 256, 277, 278, 286, 287, 288, 289, 291, 294
- Sakral eğim 53, 55, 67, 76, 102, 157, 158, 186, 205, 244, 250
- Sakral inklinasyon 187, 191, 247, 286
- Sakral kifoza 278
- Sakral plak 98, 101, 102
- Sakral slop 42, 45, 46, 48, 54, 87, 88, 89, 130, 131, 191, 192, 195, 198, 286, 287, 289
- Sakral table açısı 194, 195
- Sakro-femoral hat 95
- Sakrohorizontal açı 187, 191
- Sakroiliak eklem 62, 88
- Sakropelvik oryantasyon 196, 198
- Sakrum 29, 87, 94, 95, 108, 134, 148, 150, 171, 172, 174, 175, 176, 179, 189, 190, 192, 195, 198, 200, 286
- Segmental fiksasyon 273
- Segmental instabilite 4, 255
- Servikal 5, 6, 7, 14, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 29, 54, 57, 58, 59, 87, 93, 95, 96, 105, 106, 111, 113, 114, 115, 118, 119, 125, 129, 130, 135, 146, 147, 148, 150, 156, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 277, 278, 284
- Servikal eğrilikler 93
- Servikal lordoz açısı 20, 96, 106, 119
- Servikal sagittal denge 19
- Sınıflamalar 176
- SLA 20, 21, 22
- SPG 88
- Spinal füzyon 4, 28, 165, 203, 294
- Spinal kanal 9, 59, 186, 250, 259, 260, 283
- Spinal kord 35, 295
- Spinal parametreler 136
- Spinal radyoloji 53
- Spinal tilt 98
- Spino-pelvik 93, 129, 130, 132, 157, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 252, +298
- Spinopelvik denge 184, 185, 196, 204, 205
- Spinosakral açı 55, 251
- SPO 268, 271
- Spondilolistezis 6, 63, 65, 66, 69, 132, 158, 167, 171, 172, 173, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 198, 200, 201, 203, 205, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 222, 235, 238, 248, 249, 253, 262, 267, 281
- Spondilolizis 66, 132, 133, 172, 181, 187, 188, 189, 196, 199, 205
- SPORT 214, 219, 220, 226, 227
- SSA 94, 107, 108
- SSD 19
- Stenoz 4, 8, 34, 201, 215, 218, 219, 267
- Stres kırığı 177
- Supin pozisyon 57, 61, 187
- SVA 21, 22, 54, 100, 101, 107, 108, 126, 130, 135, 229, 230, 247, 248, 249, 251, 252, 254, 268, 294

T

T1 slop 117, 118, 119

TAT 100

Tedavi 4, 5, 10, 25, 35, 64, 76, 130, 133, 136, 137, 163, 167, 168, 173, 184, 199, 200, 202, 203, 204, 205, 211, 214, 215, 219, 220, 221, 222, 224, 234, 244, 250, 251, 253, 254, 255, 293

TLIF 205, 225, 227, 259, 260, 261, 262, 264

Torakal 25, 29, 30, 43, 44, 47, 54, 55, 60, 67, 87, 93, 98, 99, 100, 105, 106, 111, 145, 146, 148, 150, 156, 235, 239, 248, 251, 273, 277, 278, 279, 283, 284, 289, 291, 293

Torakal apikal tilt 100

Torakolomber bileşke 28

Torasik giriş açısı 111, 116

Torasik inlet açısı 118, 119

Torasik kifoz 125, 133, 135, 136, 294

Travma 27, 168, 259, 260, 267

V

Vertebra 6, 39, 47, 57, 59, 60, 62, 65, 66, 72, 73, 87, 98, 100, 106, 108, 112, 113, 114, 119, 125, 126, 127, 136, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 160, 166, 174, 176, 177, 181, 182, 187, 198, 201, 217, 245, 246, 259, 272, 278, 282, 284, 286, 288, 292

Vertebral kolon 39, 46, 57, 76, 77, 81, 82, 143, 146, 147, 148, 150

Vertebral kolon grafileri 57

Vertebral kolon şekli 143, 146

Vertebral osteotomi 10

W

Wiltse 13, 172, 176, 179, 182, 184, 200, 202, 207, 210

Y

Yüklenme 4, 8, 79, 154, 155, 158

Yüzücü pozisyonu 60