

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**

**SKOLYOZ HASTALARINDA PREOPERATİF DEĞERLENDİRME VE
POSTOPERATİF KORREKSİYON TAHMİNİNDE TRAKSİYON, YANA EĞİLME
VE BARFİKS RADYOGRAFİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Sancar Alp OVALI

**ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**ANKARA
2019**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**

**SKOLYOZ HASTALARINDA PREOPERATİF DEĞERLENDİRME VE
POSTOPERATİF KORREKSİYON TAHMİNİNDE TRAKSİYON, YANA EĞİLME
VE BARFİKS RADYOGRAFİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Sancar Alp OVALI

**ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali Kemal US**

**ANKARA
2019**

KABUL VE ONAY

Düzenleme tarihi: 24/12/2014

ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ TEZ SINAVI TUTANAĞI

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİNİN		
Adı, Soyadı	: Araş. Gör. Dr. Sancar Alp OVALI	Sınav tarihi: 01/07/2019
Anabilim/Bilim Dalı	: Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı	
Tez Danışmanı	: Prof. Dr. Ali Kemal US	

II. TEZ İLE İLGİLİ BİLGİLER	
Tezin Başlığı: Skolyoz Hastalarında Preoperatif Değerlendirme ve Postoperatif Korreksiyon Tahmininde Traksiyon, Yana Eğilme ve Barfiks Radyografilerinin Karşılaştırılması	
Tezin Niteliği:	☒ Ana Dal Uzmanlık Tezi ☐ Yan Dal Uzmanlık Tezi
Kaçıncı tez sınavı olduğu:	☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

III. KARAR	
Yapılan tez sınavı sonucunda yukarıda belirtilen tezin "Tıpta Uzmanlık Tezi" olarak	
☒ Kabulüne	
☐ Reddine	
☐ Düzeltmeler yapıldıktan sonra tekrar değerlendirilmesine	
☒ Oy birliği ☐ Oy çokluğu ile karar verilmiştir.	

IV. AÇIKLAMALAR	
Lütfen, tezin reddi veya düzeltme istenmesi durumunda gerekçeli açıklamalarınızı buraya yazınız	

Jüri Başkanı
Prof. Dr. Bülent ERDEMLİ

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Ali Kemal US

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Berk GÜLLÜ

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren ve yardımcı olan, hem omurga cerrahisindeki hem de ortopedik cerrahi alanındaki engin tecrübe ve bilgilerini benimle paylaşan değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali Kemal US'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü'nde asistanlık eğitimimi alarak bu aileye ait olmanın onur ve gururunu yaşamaktayım. Eğitimim süresince bana emek veren, bilgi ve tecrübelerini esigemediğim benimle paylaşan değerli hocalarım; Prof. Dr. Derya Dinçer, Prof. Dr. Yener Sağlık, Prof. Dr. Tarık Yazar, Prof. Dr. Mehmet Binnet, Prof. Dr. Bahaddin Güzel, Prof. Dr. Sinan Adıyaman, Prof. Dr. Ali Kemal Us, Prof. Dr. Bülent Erdemli, Prof. Dr. Yusuf Yıldız, Prof. Dr. Hakan Kınık, Prof. Dr. Sinan Bilgin, Doç. Dr. Kerem Başarır, Doç. Dr. Mehmet Armangil, Doç. Dr. Ramazan Akmeşe, Doç. Dr. Mahmut Kalem'e, birlikte çalıştığımız süre içinde bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, her konuda yardımcı olan Op. Dr. Hakan Kocaoğlu, Op. Dr. Abdullah Merter ve Op. Dr. Onur Karaca'ya, asistanlığım boyunca eğitimime katkıda bulunan bütün ağabeylerime ve tüm asistan kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemi sağlayan, desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen ailem; annem, babam ve kardeşime, her zaman yanımda olan sevgili eşim Özlem ve canım kızım İlke'ye en içten sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Dr.Sancar Alp OVALI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

KABUL VE ONAY	i
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vi
TABLolar DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 TARİHÇE	3
2.1.1 Cerrahi Öncesi Dönem	3
2.1.2 Erken Cerrahi Dönem	5
2.1.3 Modern Cerrahi Dönem.....	7
2.1.4 Türkiye’de Omurga Deformitesinin Tarihi.....	9
2.2. ANATOMİ	9
2.2.1. Omurganın Anatomisi	9
2.2.2. Omurganın Ossifikasyonu	11
2.2.3. Omurganın Vasküler Dolaşımı	12
2.2.4. Servikal Vertebra Anatomisi	13
2.2.5. Torakal Vertebra Anatomisi	13
2.2.6. Lomber Vertebra Anatomisi	14
2.2.7. Sakral ve Koksigeal Vertebra Anatomisi	14
2.2.8. Spinal Eklemlerin Anatomisi	15
2.2.9. Spinal Ligamentlerin Anatomisi	16
2.2.10. Omurga ile İlişkili Kasların Anatomisi	17
2.2.11. Medulla Spinalis ve Sinirlerin Anatomisi	18

2.3. OMURGANIN BİYOMEKANİĞİ	22
2.4. SKOLYOZ	25
2.4.1. Tanım ve Etiyolojik Sınıflama	25
2.4.2. İdiopatik Skolyoz	25
2.4.3. Adölesan İdiopatik Skolyoz	26
2.4.3.1. Prevalans	26
2.4.3.2. Doğal Seyir	26
2.4.3.3. Skolyoz Taraması	28
2.4.3.4. Etiyoloji	30
2.4.3.4.1. Nörolojik Fonksiyon Bozukluğu	30
2.4.3.4.2. Bağ Dokusu Anomalileri	30
2.4.3.4.3. Genetik Faktörler	31
2.4.3.5. Patofizyoloji	31
2.4.3.6. Klinik Özellikler	32
2.4.3.6.1. Anamnez	32
2.4.3.6.2. Fizik Muayene	33
2.4.3.6.3. Nörolojik Muayene	35
2.4.3.6.4. Hastanın Olgunluğu	35
2.4.3.7. Radyolojik Bulgular	36
2.4.3.7.1. Eğrilik Derecesi Ölçüm	36
2.4.3.7.2. Vertebra Rotasyon Ölçüm Teknikleri	39
2.4.3.7.3. Koronal Dengenin Değerlendirilmesi	41
2.4.3.7.4. Sagittal Dengenin Değerlendirilmesi	43
2.4.3.7.5. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)	46
2.4.3.7.6. Bilgisayarlı Tomografi (BT)	46
2.4.3.8. Tedavi	47
2.4.3.8.1. Gözlem	47

2.4.3.8.2. Konservatif Tedavi	47
2.4.3.8.3. Cerrahi Tedavi	50
2.4.3.8.3.1 Ameliyat Öncesi Planlama	50
2.4.3.8.3.2. Eğrilik Paternleri	50
2.4.3.8.3.3. Füzyon Sahasının Seçimi	52
2.4.3.8.3.4. Cerrahi Girişimler	56
2.4.3.8.4. Komplikasyonlar	57
2.4.3.8.4.1. Genel Komplikasyonlar	57
2.4.3.8.4.2. Tekniğe Bağlı Komplikasyonlar	58
2.4.3.8.4.3. Geç Komplikasyonlar	58
3. GEREÇ VE YÖNTEM	62
3.1. HASTA SEÇİMİ	62
3.2. RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME	62
3.3. BARFİKS (DEAD HANG) RADYOGRAFİSİ	64
3.4. EĞRİLİKLERİN SINIFLANDIRILMASI	64
3.5. CERRAHİ TEKNİK	64
3.6. İSTATİKSEL ANALİZ	67
3.7. ETİK KURUL	67
4. BULGULAR	68
5. VAKA ÖRNEKLERİ	79
6. TARTIŞMA	83
7. SONUÇLAR	88
8.ÖZET	89
9.SUMMARY	91
10.KAYNAKLAR	93

KISALTMALAR

AAT	: Anestezi Altında Traksiyon
AİS	: Adölesan İdiopatik Skolyoz
C#	: Sayıda belirtilen servikal vertebra
C1, C2	: Atlas ve Axis
CD	: Coutrel-Dubousset
CTL SO	: Cervical-Thoracolumbosacral Orthosis
Inf.	: Inferior
L#	: Sayıda belirtilen lomber vertebra
M. ve Mm.	: Musculus ve musculi
MSDÇ	: Merkezi Sakral Dikey Çizgi
MT	: Ana torasik
PACS	: Picture Archiving and Communication Systems
PI	: Pelvik İnsidans
PrT	: Proksimal Torasik
PT	: Pelvik Tilt
S#	: Sayıda belirtilen sakral vertebra
SRS	: Scoliosis Research Society
SS	: Sakral Slop
Sup.	: Superior
T#	: Sayıda belirtilen torakal vertebra
TL/L	: Torakolomber/lomber
TL SO	: Thoracolumbosacral Orthosis
TSRH	: Texas Scottish Rite Hospital
UHZ	: Uzama Hızı Zirvesi
VDS	: Ventral Derotation Spondylodesis
XLIF	: Extreme Laterel Interbody Fusion

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo-1: Skolyozun etiyolojik sınıflaması	25-26
Tablo-2: Eğriliğin büyüklüğü ve Risser belirtisine göre olan ilerleme yüzdesi	28
Tablo-3: Vertebra rotasyon ölçüm yöntemlerine örnekler	40
Tablo-4: İdiopatik skolyozlu hastalarda tedavi ilkeleri	47
Tablo-5: King-Moe Sınıflama Sistemi	51
Tablo-6: Lenke Sınıflama Sistemi	53
Tablo-7: Lenke sınıflamasının 6 ana eğrilik tipi 14 alt grubu	54
Tablo-8: Hasta verileri	69
Tablo-9: Yapısal eğriliklerin fleksibilite ve postoperatif korreksiyon oranı ortalamalarına ait varyans analizi	72
Tablo-10: Yapısal eğriliklerin fleksibilite oranları ve postoperatif korreksiyon oranları ortalamalarına ait varyans analizi eğriliğin apeksinin bulunduğu bölgeye göre gösterilmektedir	73
Tablo-11: Torakal ve lomber bölgedeki yapısal eğriliklerin farklı açı gruplarında fleksibilite radyografilerinden en fazla düzelme oranı gösterenler	74
Tablo-12: Yapısal olmayan eğriliklerde, fleksibilite ve postoperatif korreksiyon oranı ortalamalarına ait varyans analizi	76
Tablo-13: Yapısal olmayan eğriliklerin fleksibilite ve postoperatif korreksiyon oranı ortalamalarına ait varyans analizi, eğriliğin bölgesine göre gösterilmektedir	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil-1: Hipokratik “Scamnum”	4
Şekil-2: Hipokratik “Succussion”	5
Şekil-3: Sayre’nin koronal deformite düzeltimi	6
Şekil-4: Omurganın kavisleri	10
Şekil-5: Tipik bir vertebranın temel anatomik yapıları	11
Şekil-6: Vertebranın arteriyel dolaşımı	12
Şekil-7: Omurganın venöz dolaşımı	13
Şekil-8: Servikal (A), torakal (B) ve lomber (C) vertebralar	14
Şekil-9: Sakral ve koksigeal vertebralar	15
Şekil-10: İntervertebral disklerin anatomisi	15
Şekil-11: Anulus fibrosus laminar yapısı	16
Şekil-12: İki eklemlenmiş vertebranın median kesiti ve spinal ligamentlerin anatomisi	17
Şekil-13: Sırt bölgesinin yüzeyel yerleşimli kaslarının anatomik gösterimi	19
Şekil-14: İntrinsik sırt kaslarının yüzeyel ve orta katmanları	20
Şekil-15: İntrinsik sırt kaslarının orta tabakası, erektör spina grubu	21
Şekil-16: Medulla spinalis, ön ve arka kök sinirleri, spinal ganglion ve sinirler	21
Şekil-17: Vertebranın üç-boyutlu koordinat düzlemindeki şematik gösterimi	22
Şekil-18: Coupling fenomeni	23
Şekil-19: Faset eklemlerin oryantasyonları	24
Şekil-20: Risser belirtisi	27
Şekil-21: Adams öne eğilme testi	29
Şekil- 22: Skolyometre	30
Şekil-23: Skolyozlu omurgada vertebral rotasyonun ve hörgüç deformitesi	32
Şekil-24: Koronal denge	34
Şekil-25: Gövde dengesi	34
Şekil-26: Abdominal refleks muayenesi	35

Şekil-27: Skolyoz lateral radyografisi hasta pozisyonu	37
Şekil-28: Cobb metodu ile eğriliğin açı ölçümü	37
Şekil-29: Yana eğilme radyografisi	38
Şekil-30: Radyolojik değerlendirmede sıklıkla kullanılan terimler	38
Şekil-31: Perdriolle torsiyometresi	41
Şekil-32: Koronal Denge (A-B arası mesafe)	42
Şekil-33: Gövde dengesi	42
Şekil-34: SVA'nın çekül çizgisi ile değerlendirilmesi	43
Şekil-35: Sakral slop (eğim), pelvik tilt ve pelvik insidansın gösterimi	44
Şekil-36: Spinal tilt ve spino-sakral açı	45
Şekil-37: Normal bir omurgada gravite hattı	46
Şekil-38: Üste solda Milwaukee breysi, üstte sağda Boston breysi ve altta Charleston gece breysi gösterilmektedir	49
Şekil-39: Stabil ve nötral vertebraların gösterimi	55
Şekil-40: Ayakta skolyoz ön-arka radyografisinin değerlendirilmesi	63
Şekil-41: Barfiks radyografisinde kullanılan barfiks aparatı ve çerçevesi	65
Şekil-42: Barfiks radyografisinde çekim öncesi hazırlık ve çekim anı	65
Şekil-43: AIS hastasında barfiks radyografisi çekimi	66
Şekil-44: Yapısal eğriliklerdeki preoperatif, traksiyon, barfiks, yana eğil- me ve postoperatif radyografilerin ortalama Cobb açıları göste- rilmektedir	70
Şekil-45: Yapısal eğriliklerdeki preoperatif, traksiyon, barfiks, yana eğil- me ve postoperatif radyografilerin ortalama cobb açıları eğrilik bölgelerine göre gösterilmektedir	71
Şekil-46: Traksiyon, barfiks ve yana eğilme radyografilerinin fleksibilite oranlarının ortalamaları gösterilmektedir	72
Şekil-47: Traksiyon, barfiks, yana eğilme radyografilerinin fleksibilite o- ranlarının ve postoperatif radyografilerin korreksiyon oranları- nın ortalamaları, eğriliğin apeksinin bulunduğu bölgeye göre gösterilmektedir	73

Şekil-48: Yapısal olmayan eğriliklerde, preoperatif, traksiyon, barfiks, yana eğilme ve postoperatif radyografilerin Cobb açısı ölçümü ortalamaları gösterilmektedir	76
Şekil-49: Yapısal olmayan eğriliklerde traksiyon, barfiks ve yana eğilme radyografilerinin fleksibilite oranlarının ortalamaları gösterilmektedir	77
Şekil-50: Yapısal olmayan eğriliklerde, fleksibilite ve korreksiyon oranı ortalamaları, eğriliklerin bölgesine göre gösterilmektedir	78
Şekil-51: Solda, ayakta skolyoz ön-arka filmde 43 derecelik sağ torakal eğrilik görülmektedir. Sağda supin traksiyon filmde eğriliğin 31 dereceye düştüğü görülmektedir	79
Şekil-52: Sol üstte, supine yana eğilmede eğrilik 20 dereceye düşerken, sol atlttaki barfiks radyografisinde 26 derece olarak izlenmiştir. Postoperatif eğrilik 13 derece olarak ölçülmüştür	80
Şekil-53: Sol üstte, preoperatif skolyoz ön-arka filmde torakal 77 derece ve lomber 82 derecelik eğrilik mevcuttur. Sağ üstte, traksiyon grafisinde torakal ve lomber eğrilikler 41 dereceye düşmüştür. Sağ yana eğilmede torakal eğrilik 71 derece, sol yana eğilmede lomber eğrilik 63 derece olarak ölçülmüştür	81
Şekil-54: Solda, barfiks filmde torakal eğrilik 39 derece ve lomber eğrilik 36 derecedir. Postoperatif torakal ve lomber eğriliklere ait Cobb açıları sırasıyla 38 ve 36 derecedir	82

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Skolyoz hastalığının cerrahi tedavisindeki ana amaç pelvisi ortalayan dengeli, stabil bir vertebra oluşturmaktır.¹ Stabil ve dengeli bir vertebra oluşturmak için ise maksimum düzeyde bir eğrilik korreksiyonu elde edilmelidir. Aynı şekilde maksimum sayıda mobil vertebra segmentini özellikle lomber segmentleri korumak için de efor sarf edilmelidir.^{2,3} Bu planlamanın doğru yapılması için skolyozun anatomisinin iyi anlaşılması, eğriliklerin tanımının ve sınıflamanın iyi yapılması gerekir.

Esnek olan ve olmayan eğriliklerin doğru olarak ortaya konmasıyla cerrahi endikasyon ve cerrahi plan belirlenip gereksiz ya da yetersiz füzyondan kaçınılan bir tedavi uygulanır.^{4,5} Bu amaçla vertebranın esnekliğini değerlendirmek için çeşitli radyolojik yöntemler literatürde bildirilmiştir. Ayakta/supin yana eğilme radyografileri, traksiyon, fulcrum ve push-prone radyografileri gibi teknikler mevcuttur.^{2,6-9} Günümüzde supin pozisyonda yana eğilme radyografileri altın standart gibi gözükmektedir.^{5,9} Fakat bu tekniklerin hemen hemen hepsi hasta ve radyoloji teknisyeni bağımlıdır ve hasta uyumuna ve çekim tekniğine bağlı olarak farklı sonuçlar verebilmektedir.¹⁰ Hasta uyumsuzluğu olduğu durumlarda ya da nöromusküler problemi olan hastalarda traksiyon radyografileri önem kazanmaktadır.¹ Standart supin traksiyon radyografisi radyolüsen ya da risser masasında hastaya uygulanan maksimum aksiyel traksiyonda çekilen tüm omurga ön-arka filmi olarak tarif edilmektedir.^{11,12} Bir kişi hastanın ayak bileklerinden tutarken diğer kişinin hastanın kollarından tutarak maksimum eforda traksiyonuna dayanan ya da servikal bir aparat yardımıyla yaklaşık 40 librelilik kuvvet uygulanan yöntemler tanımlanmıştır.² Bu uygulamalarda hasta ile birlikte 2 kişinin daha müdahil olması gerekmektedir. Supin eğilme radyografilerinde ise hastanın sağ ve sol yanına lateral fleksiyonu istenmektedir. Ne kadar eğileceği konusunda bir ortak görüş olmamakla birlikte kostaların iliuma değmesi beklenmektedir.² Poliklinik şartları da göz önüne alındığında bu fleksibilite radyografileri oldukça uygulayıcı ve hasta bağımlı gözükmektedir.

Operasyon planlanan hastalarda çoğu zaman tecrübeli bir teknisyen ve ortopedi asistanı tarafından radyografilerin tekrar çekilmesi gerekmektedir. Bu teknik problemler nedeniyle kliniğimizde 2014 yılından beri standart fleksibilite radyografilerine ek olarak hastanın barfiks demirine asılarak çekildiği tüm omurga barfiks traksiyonu (dead hang) ön-arka radyografisi de çekilmektedir. Uyumlu olan hastalarda bu yöntemle teknik uygulamadan bağımsız olarak hastanın vücut ağırlığı ile oluşan aksiyel traksiyon ile radyografik çekim tekniği standartize edilmek istenmiştir. Kliniğimizde uygulanan bu radyografi yardımıyla başarılı postoperatif sonuçlar elde edilmektedir.

Çalışmamızda, kullanmakta olduğumuz bu barfiks radyografisini literatürde tanımlanmış diğer supin yana eğilme ve standart supin traksiyon radyografileri ile karşılaştırmayı amaçlamaktayız. Skolyoz eğriliklerinde fleksibilite açısından diğer yöntemlere kıyasla anlamlı bir fark olup olmadığını göstermek ve postoperatif dönemde eğrilikteki düzelme miktarı tahmininde anlamlı bir prediktif değer sunup sunmadığını göstermek hedeflerimiz arasındadır.



2.GENEL BİLGİLER

2.1 TARİHÇE

Omurga deformiteleri insanlığın bilinen en eski hastalıklarındandır. Genelde mitoloji ve masallarda kötülük ve korkulan bir şey ile ilişkili olarak bahsedilir. Omurga deformitelerinin korreksiyonu ile ilgili bilinen ilk kayıt MÖ 3500-1800 yılları arasında yazılmış “Srimad Bhagwad Mahapuranam” isimli bir hint mitoloji kitabında geçmektedir, Lord Krishna’nın (bir Hindu Tanrısı) bir kadının skolyozunu sırtına basarak ve çeneden uygulanan traksiyonla iyileştirmesinden bahsedilir.¹³

2.1.1. Cerrahi Öncesi Dönem

Başlarda kötü postürün skolyozun etiyolojisinde rol oynadığı düşünülüyordu ve tüm spinal deformiteler breysler, traksiyon ve alçılar kullanılarak tedavi ediliyordu.¹⁴ Milattan önce 460-370 yıllarında Hipokrat “On Joints” isimli kitabında omurga hastalıklarını, deformitesini ve anatomisi ilk tanımlayan kişidir.¹⁵ Hipokrat, bu deformitelerin tedavisinde hipokratik masanın kullanıldığı “scamnum” ve hipokratik merdivenin kullanıldığı “succussion” metodolojilerini savunmuştur (Şekil-1 ve Şekil-2).¹⁶

Bir başka yunan hekim olan Galen (MS 129-201), yunanca eğri anlamına gelen skolyoz terimini, kifoz ve lordoz terimlerini ilk kullanan kişidir. Bu deformiteleri Hipokrat’ın tarif etmesine karşın, Galen omurga anatomisini ve spinal sinirlerin anatomisini ilk kez tanımlamıştır. Aksiyel traksiyonla direk basıyı kombine ederek omurga deformitelerini tedavi etmeye çalışmıştır.^{14,17,18}

İbni Sina (MS 980-1037) ve Türkiye’deki kırıkçıların aksiyel traksiyon benzeri yöntemler kullandıkları bilinmektedir. Tatmin edici olmayan sonuçlar ve önemli sayıda hastada gelişen parapleji komplikasyonları nedeniyle omurga deformitelerinin mekanik yöntemlerle korreksiyonuna olan ilgili giderek azalmıştır.¹³ 5. Ve 10. Yüzyıldaki karanlık çağlarda omurga deformitelerinin tedavisinde çok az bir ilerleme katedilebilmiştir.^{13,18}

15.yüzyılda Türk hekim Şerefeddin Sabuncuoğlu, “Cerrahiyetü’l Haniyye” isimli kitabında lomber ağrı için koterizasyon kullanımından bahseder.¹⁹

Leonardo da Vinci (1452-1519) omurganın anatomisi ve biyomekaniğini detaylı bir şekilde ilk tanımlayan kişidir. Omurgaların sayısını, eğriliklerle olan ilişkilerini ve birbirleri arasındaki eklemlenmeleri belirtmiştir.²⁰



Şekil-1: Hipokratik masada (scamnum) omurga deformitesinin düzeltilmesi gösteriliyor.

16. yüzyılda, Ambroise Pare (1510-1590), skolyozun korreksiyonu için demir bir korse tasarlamıştır. Bu, koronal plandaki omurga deformitesinin düzeltilmesi için uygulandığı bildirilen ilk korse kullanımıdır.²¹

17 ve 18. Yüzyıllarda, Francis Glisson (1597-1677), skolyoz korreksiyonu için “Glisson’s Sling” bandajını geliştirmiştir.²² Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), omurga biyomekaniğinin babası olarak bilinmektedir ve “De Motu Animalium” kitabında biyomekanik üzerine ilk yazıyı yazmıştır.²⁰ Nicholas Andry (1658-1759) “düzgün çocuk” anlamına gelen “orthopedics” kavramını kullanmıştır. Ortopedinin sembollerinden olan düz bir çubuğa bağlı çarpık ağaç diagramıyla da bilinen Andry, iskelet deformitelerinin omurga kaslarındaki imbalansa bağlı olduğuna inanmıştır.^{14,18,23-25} 1768’de Francois LeVacher “Jury mast” isimli, sırttan çıkan bir bar ve kafatasına takılan bir şapkayla aksiyel distraksiyon yapan bir breys tasarlamıştır.¹⁸ Jean-Andre Venel (1740-1791) skolyoz üzerine özelleşmiş bir çocuk hastanesi kurmuştur ve uygulanan breyslerin horizontal ve ekstansiyon kuvvetleri ile de omurga derotasyonunu sağlaması gerektiğini belirterek, modern üç boyutlu skolyoz deformitesine yaklaşımın oluşumuna katkıda bulunmuştur.²⁶⁻²⁸

Jacques Mathieu Delpech(1777-1832) “De l’orhomorphie” isimli iki ciltlik bir kitap yayınlamıştır ve eklem, postür ve kas tonüsü dengesinin önemini vurgulamıştır. 1818’de subkütan tenotomiye bildirmiştir.^{29,30}



Şekil-2: “Succussion” yönteminde Hipokratik merdiven kullanılarak hasta baş aşağı sarkıtılıp omurga deformitesi düzeltilmeye çalışılırdı.

2.1.2. Erken Cerrahi Dönem

Skolyoz tedavisine yönelik ilk cerrahi girişimler 19.yüzyılın orta ve geç döneminde bildirilmiştir. Jules Rene Guerin (1801-1886), perkutan myotomileri takiben postoperatif breys tedavisi uygulamıştır.^{29,31}

1887’de, Lewis Albert Sayre (1820-1900) “Spinal Disease and Spinal Curvature: Their Treatment by Suspension and Use of Plaster of Paris Bandage” isimli bir kitap yazmıştır. Bir tripoda elleri ve başından bağlı şekilde asılan hastaya uygulanan aksiyel traksiyonda, deformiteye göre plaster of paris alçısı ve lateral traksiyon uygulamasını tariflemiştir (Şekil-3).³²⁻³⁴



Şekil-3: Sayre koronal deformite düzeltiminde dikey bir tripod askı sistemiyle aksiyel traksiyon uygulardı.

Richard von Volkmann (1830-1889) rib hump rezeksiyonu yaparak skolyoz korreksiyonunda ilk kemik cerrahisi işlemini gerçekleştirmiştir.^{18,31} 1891’de Berthold Ernest Hadra spinöz veya transverse prosesler arasından gümüş bir tel kullanarak Pott hastalığı sonrası omurga deformitesini ve omurga kırıklarını düzeltmeyi hedefleyen bir teknik yayınlamıştır.^{18,31,35,36} 1895’te, Jean-Francois Calot (1861-1944) lamina ve transverse prosesler arası periostal dikişler kullanarak posterior artrodezi kullanmıştır.³¹

1900’lerde Roentgen tarafından x-ışınlarının bulunması tıp bilimi açısından önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bu keşif skolyoz tedavisi ve sonuçların objektif bir şekilde görüntülenebilmesi açısından çok önemlidir.¹⁸

Russel Hibbs (1869-1933), 1911’de tüberkülozlu bir omurgada laminalardan alından otolog kemik greftleri ile ilk gerçek spinal füzyonu gerçekleştirmiştir. 1931’deki yayınında

360 vaka bildirmiştir ve %35 iyi sonuç olarak değerlendirilmiştir.³⁷⁻³⁹ Albee, de Quervain ve birçok cerrah, benzeri prosedürleri çeşitli modifikasyonlarla ve posterior yaklaşımla uygulamıştır.^{37,40,41} 1924'te William von Lackum ve Allen DeForest-Smith ilk anterior yaklaşımla omurga cerrahisini gerçekleştirmiştir.^{31,42,43}

1920'de Joseph Risser, Hibbs ile birlikte germe vidaları ve lateral menteşe içeren bir ceket tasarlamış (turnbuckle jacket), Risser açılımını ve Risser işareti evreleme sistemini bulmuştur.^{32,44,45}

1941 yılında Research Committee of the American Orthopedic Association 16 merkezli bir sistematik derleme yayınlamıştır ve füzyon yapılması lehine sonuç bildirmiştir.⁴⁶

1946 yılında Milwaukee korsesi tanıtılmıştır.⁴⁷

John Cobb, 1948'de Cobb açısını tanımlamıştır. Omurga cerrahisindeki majör gelişmelerden biri olarak değerlendirilen Cobb açısı cerrahlara sonuçlarını objektif olarak değerlendirme imkanı tanımıştır. 15 yıl boyunca opere ettiği, kadavra allogrefti ve otolog greft kullanımını içeren 672 vakada, sadece %4.3 psödoartroz bildirilmiştir.^{18,48,49}

1950'de, Ignacio Ponseti ve Barry Friedman, 1954'te, J.I.P. James, 1958'de Adam Gruca tarafından çeşitli skolyoz sınıflama yöntemleri bildirilmiştir.⁵⁰⁻⁵²

2.1.3. Modern Cerrahi Dönem

Paul Randal Harrington (1911-1980), ilk olarak poliomyelit hastalarında, şimdiki adıyla Harrington enstrümantasyonu olarak bilinen internal fiksasyon sistemini kullanmıştır. Birçok başarısız sonuca rağmen Harrington enstrümantasyonu omurga cerrahisinin internal tespitinde yeni bir çağ başlatmıştır.^{53,54}

Allen Dwyer, 1964'te skolyoz hastalarında anterolateral yaklaşım kullanarak internal tespit uygulamıştır. İki aşamalı bir cerrahi izleyerek posterior yaklaşım sonrası yara iyileşmesini takiben, anterolateral yaklaşımla eğriliğin konveks tarafındaki vertebraların lateral duvarına vida yerleştirip bu vidalara bir kablo yardımıyla kompresyon uygulamıştır.⁵⁵ 1965'te Hodgson konveks tarafta kama rezeksiyonu ve konkav tarafa osteotomiye takiben anterior füzyon uygulamıştır.⁵⁶

1966 yılında ilk resmi omurga araştırma topluluğu "The Scoliosis Research Society" kurulmuş olup, John Moe ilk başkanı olmuştur.⁵⁷⁻⁶²

1971 yılında Hall ve arkadaşları tarafından Boston breysi tanıtılmıştır.⁶³

Dwyer'ın yaklaşımının birçok hastada kifoza yol açması, efektif olmayan derotasyon miktarı, psödoartroz ve kabloların implant yetmezliğine gitmesi nedeniyle Zielke Enstrümantasyonu (Ventral Derotasyon Spondilodezis[VDS]) sistemi 1976'da Klaus Zielke

tarafından geliştirilmiştir.^{18,62,64,65} Halm-Zeilke ve Kaneda enstrümantasyonları daha sonra geliştirilmiş VDS sisteminin modifikasyonlarıdır.^{66,67}

1982’de Eduardo Luque segmental spinal enstrümantasyonu takdim etmiştir. Sublaminar tellerle sabitlenmiş ön-eğim verilmiş rodler kullanmıştır.⁶⁸

1983’te John Moe ve HA King, skolyozu 5 ayrı tipe ayıran bir sınıflama sistemi geliştirmiştir.⁴

Yves Cotrel ve Jean Dubousset, 1988 yılında Cotrel-Debousset enstrümantasyonunu tariflemiştir. Sublaminar teller olmadan omurganın üç-boyutlu deformitesini düzeltme imkanı sunan, selektif, segmental bir posterior enstrümantasyon sistemidir. Omurganın iki yanından lamina ve pediküllere vida ve kancalarla tutturulan iki rodun istenen seviyelerdeki kompresyon ve distraksiyon prensibine dayanır. Bu skolyozda, vertebral füzyon operasyonlarında kullanılan ilk pedikül vidası uygulamasıdır. Aynı zamanda rodler birbirine bir transverse traksiyon cihazıyla da bağlanıp rotasyonel ve torsiyonel kuvvetler elimine edilir. Hastalar operasyon sonrası mobilize edilmiş, herhangi bir harici immobilizasyona ihtiyaç duyulmamıştır.⁶⁹ Bu sistemin sonuçları oldukça başarılı olmuştur ve Cotrel-Dubousset-Hopf isimli anterior fiksasyon için modifikasyonu geliştirilmiştir.⁷⁰

Texas Scottish Rite Hospital sistemi Zeilke’nin enstrümantasyon sistemi prensiplerinden geliştirilmiş bir hegzagonal uçlu iki adet rod kullanılan bir anterior enstrümantasyon sistemi olup sonuçları 1993’te yayınlanmıştır. %75 coronal eğrilik korreksiyonu ve %100 füzyon oranı bildirilmiştir.⁷¹

1980’lerin sonunda çoklu çengel ve vidalarla eğriliklerde daha fazla düzeltme imkanının elde edilmesiyle, King-Moe sınıflama sistemindeki öneri ve tanımlamalarda eksiklikler farkedilmiştir. Ayrıca King-Moe sınıflama sistemindeki gözlemciler arası ve gözlemci içi güvenilirliğinde iyi olmaması nedeniyle 1997 yılında Lenke ve arkadaşları yeni bir sınıflama sistemi geliştirmiştir.⁷²

Zamanla skolyoz cerrahisinde üç kolonu da tutan pedikül vidası kullanımı yaygınlaşmıştır. Lomber pedikül vidalarında kazanılan tecrübe sonrası torakal pedikül vidaları geliştirilmiştir ve tecrübeli cerrahlar tarafından uygulanmasının güvenli olduğu gösterilmiştir.^{73,74} Vida başı tasarımları gelişme göstermeye devam edip; poliaksiyel, uniaksiyel ya da monoaksiyel vida başları üretilmiştir. 2001’de Pimenta tarafından extreme lateral interbody füzyon (XLIF) tekniği tariflenmiştir. Diaz ve arkadaşlarının çalışmalarında, 39 hastanın 3 yıllık takibinde 10 derece koronal ve 7 derece sagittal plan korreksiyonu bildirilmiştir.⁷⁵ Bu ve benzeri yeni tekniklerde uzun dönem takip sonuçları karar verici olacaktır.

2.1.4. Türkiye’de Omurga Deformitesinin Tarihi

İlk modern tıp okulu Osmanlı İmparatorluğu’nda 14 Mart 1827’de kurulmasına rağmen çağdaş cerrahi uygulamalara 19.yüzyılın sonlarında geçilebilmiştir.⁷⁶ İlk ortez-protez atölyesi “Tersane-i Alat-ı Nazikiye” 1914 yılında Gülhane’ye bağlı olarak kurulmuş olup skolyoz hastaları için de ortezler üretilmiştir.⁷⁷ 1960 yılında Alpsoy, Risser alçısının kullanıldığı vaka-raporları yayınlamıştır ve 1963 yılında 25 skolyoz hastasının Milwaukee korsesiyle 5 yıllık takip sonuçlarını bildirmiştir.^{78,79}

Türkiye’de ilk füzyon ameliyatları 1925 yılında Mim Kemal Öke ve 1926 yılında Burhanettin Toker tarafından uygulanmıştır.^{80,81} 1960 yıllarında, tüberküloz, travma ve deformite vakalarının tedavisinde Albee füzyon tekniklerinin modifikasyonları Baha Oskay, Orhan Aslanoğlu ve Rıdvan Ege tarafından sırasıyla Baltalimanı Kemik ve Eklem Hastanesi’nde, Eğirdir Kemik ve Eklem Hastanesi’nde ve Ankara Gülhane Askeri Tıp Akademisi Hastanesi’nde uygulanmıştır.⁸²⁻⁸⁵

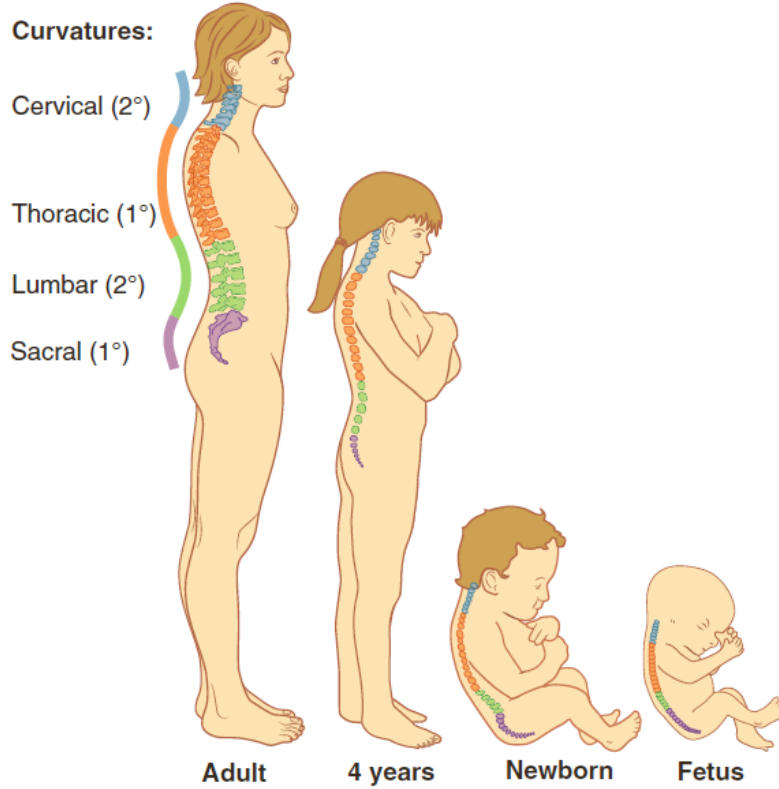
1965 yılında, Rıdvan Ege, omurga tüberkülozu vakasında ilk anterior füzyon cerrahisini uygulamıştır.⁸³ Skolyozun cerrahi tedavisi ise ülkemizde ilk olarak Güngör Sami Çakırgil, Bahattin Oğuz Temuçin ve Yücel Tümer tarafından gerçekleştirilmiştir. Güngör Sami Çakırgil, 1985’te, 585 skolyoz hastasının cerrahi tedavi sonuçlarını bildirmiştir.⁸⁶

Ülkemizde ilk pedikül vidası 1980’lerde kullanılmıştır. İlk prosedürlerde Schanz vidası kullanılıyordu ve ilk Schanz vidası Walter Dick’in tasarımı ve öğretisiyle İlker Çetin ve Derya Dinçer tarafından 1988’de üretildi.⁸⁷ Coutrel-Dubousset sistemi ile birlikte pedikül vidaları Kasım 1988’de Ankara’da Ömer Çeliker ve İstanbul’da Ünsal Domaniç tarafından, 1989’da da İlker Çetin tarafından Ankara’da uygulanmıştır.⁸⁸⁻⁹²

2.2. ANATOMİ

2.2.1. Omurganın Anatomisi

Omurga, 7 servikal, 12 torasik, 5 lomber, 5 sakral ve 4 koksigeal vertabralardan oluşur. Sakral ve koksigeal segmentler birbirlerine kaynamış halde bulunduğundan 24 hareketli segment mevcuttur.⁹³ Bu segmentasyonlarda konjenital anomaliler ve varyasyonlar sıkça görülmektedir. Servikal ve lomber segmentler dik yürüme pozisyonuna ulaşıldığında lordoz geliştirirken, torakal ve sakral segmentler uterus içindeki kifoz postürünü korurlar, pelvis kuşağı ve göğüs kafesi için bağlantı noktalarını oluştururlar (Şekil-4).⁹⁴



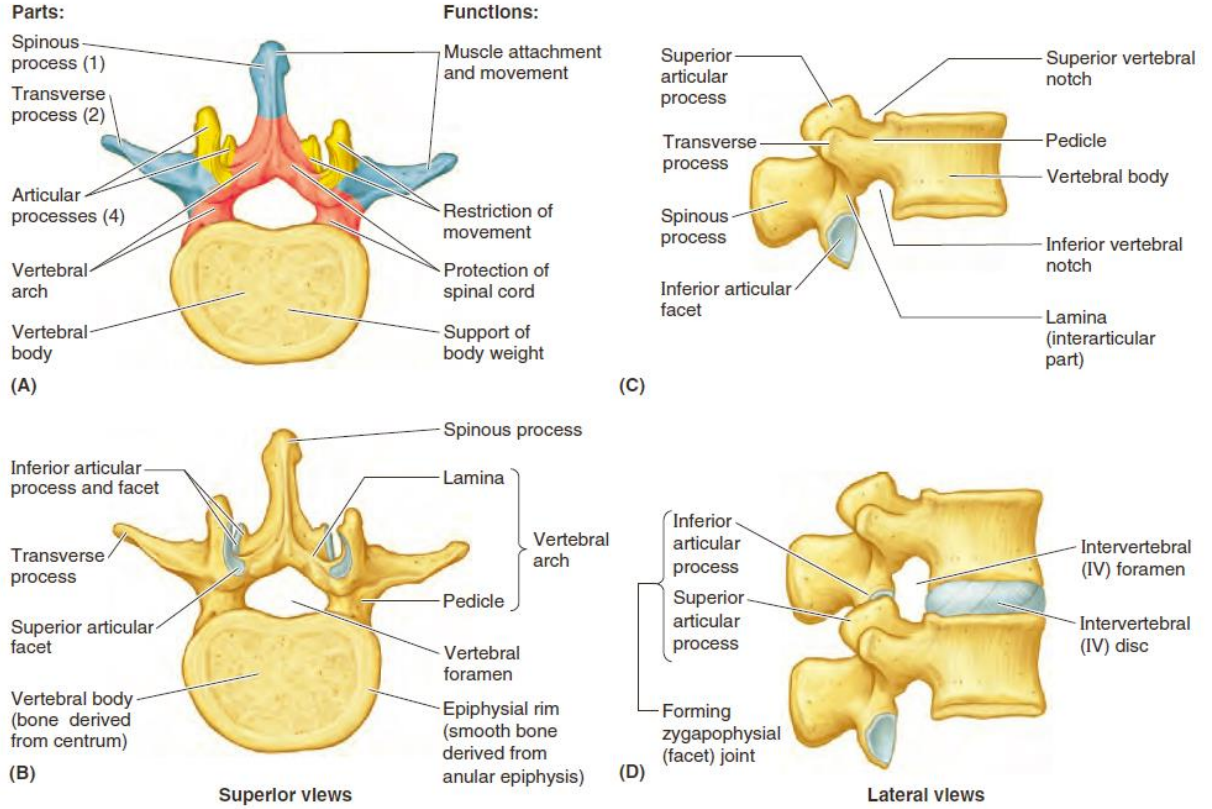
Şekil-4: Omurganın kavisleri. Erişkin omurgasında servikal, torakal, lomber ve sakral olmak üzere 4 kavis bulunur. Servikal ve torakal kavisler infantil ve çocukluk döneminde gelişen sekonder (2°) kavislerdir.

Genel olarak her hareketli vertebra cismi kranialden kaudale doğru gidildikçe büyümektedir. Atlas (C1) ve Aksis (C2) haricindeki her bir vertebrada, yerleşim yerlerine göre değişiklikler göstermekle beraber çeşitli ortak anatomik yapılar bulunmaktadır. Tipik vertebra olarak adlandırılan bu vertebralar 6 temel kısımdan oluşmaktadır (Şekil-5);

1. Korpus Vertebrae
2. Arkus Vertebrae
 - a. Pedikulus Arkus Vertebrae
 - b. Lamina Arkus Vertebrae
3. Foramen Vertebrale
4. Spinöz Çıkıntı
5. Transvers Çıkıntı
6. Processus artikularis superior ve inferior.

Nöral ark lateralde iki pedikül ve posteriorda birleşip spinöz prosesi oluşturan iki laminadan oluşur.⁹³ Bu arkın her iki tarafında da transvers proses ve superior ve inferior artiküler prosesler bulunur. Bu artiküler yüzler komşu vertebraların artiküler yüzleri ile sinoviyal eklemler oluştururlar. Oluşan bu faset eklemlerin oryantasyonu, her vertebra segmentinin olası fleksiyon, ekstansiyon ve rotasyon hareketini belirler. Spinöz ve transverse

çıkıntılar birçok kas için bağlantı noktası oluşturur. Ortalama bir omurganın uzunluğu erkeklerde 72 cm'dir ve kadınlarda 7 ile 10 cm daha kısadır.⁹³ Vertebral kanal tüm omurga boyunca uzanır ve medulla spinalisi, conus medullaris ve cauda equinayı korur.



Şekil-5: Tipik bir vertebra'nın temel anatomik yapıları lomber ikinci vertebra üzerinde gösterilmiştir. A: Kırmızı renkli bölge vertebral arkı temsil etmektedir. Mavi renkli alan kas yapışma bölgelerini gösterirken, sarı renk ile sinoviyal eklem yapan dört adet artiküler çıkıntı belirtilmiştir. B: Omurun üstten görünümü. C: Lateral görünüm. D: Eklem yapan iki vertebra'nın ve intervertebral diskin lateral görünümü şematize edilmiştir.

2.2.2. Omurganın Ossifikasyonu

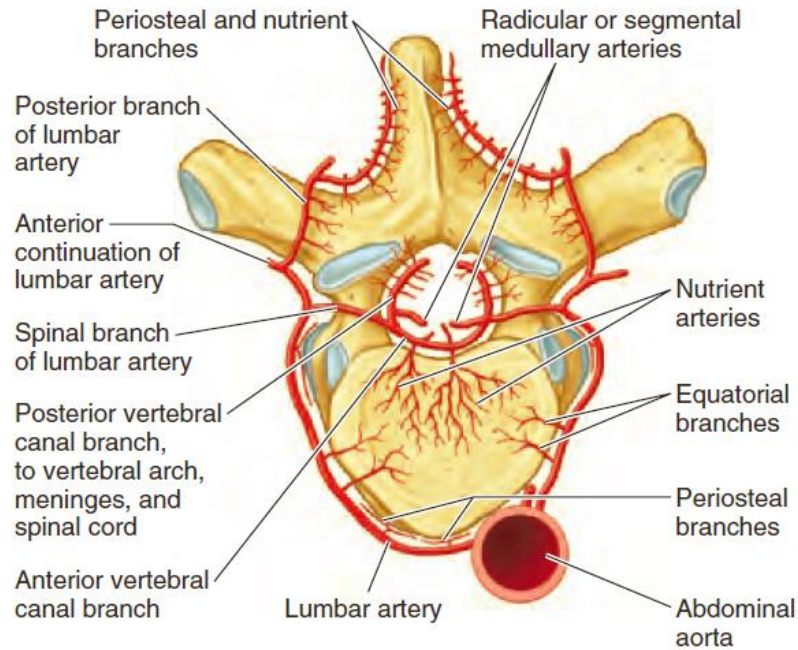
Vertebra embriyonik dönemde notokord etrafındaki mezenkimal bir kondensasyon olarak gelişmeye başlar. Daha sonra bu mezenkimal kemik modeller, kondrofiye olarak kıkırdak bir vertebra formu oluştururlar.⁹⁴ Tipik olarak vertebralar embriyonik periyodun sonuna doğru (8.hafta) ossifiye olmaya başlar. Herbir kıkırdak vertebrada üç primer ossifikasyon merkezi gelişir: endokondral merkez, vertebra gövdesini oluşturur ve diğer iki perikondral merkezler nöral arkın iki yarısını oluşturur.

Ossifikasyon fetal dönem boyunca devam eder. Doğumda en üst sakral vertebra ve diğer tipik vertebralar hiyalin kıkırdak ile birbirine bağlı üç kemik parça şeklindedir. İnferior sakral vertebralar ve koksigeal vertebralar tamamen kıkırdak yapıdadır ve infantil dönemde ossifiye olurlar.⁹⁴

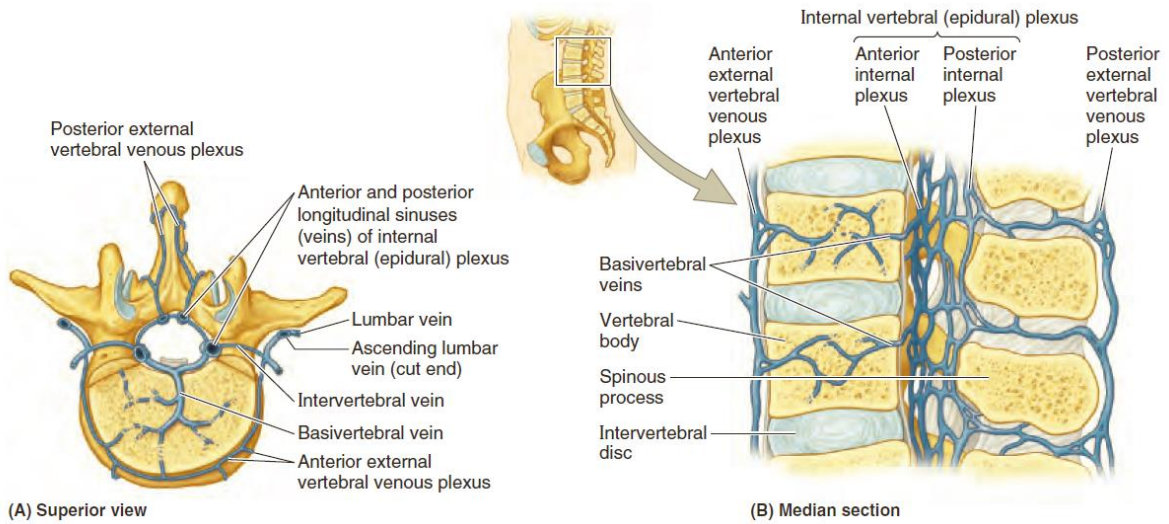
Beş sekonder ossifikasyon merkezi puberte döneminde her bir tipik vertebrada gelişir. Birincisi spinöz çıkıntının ucunda, iki tanesi her bir transverse çıkıntının ucunda ve diğer ikisi üst ve alt anular epifizlerdedir. İntervertebral disklerin tutunduğu hiyalin anüler epifizler, epifizyel büyüme plağı olarak da adlandırılırlar ve vertebranın dikey büyümesinden sorumludurlar. Erken yetişkinlik döneminde büyümenin durmasıyla vertebra cismiyle birleşip alt ve üst yüzeylerin sınırındaki epifizyel rimi oluştururlar.⁹⁴

2.2.3. Omurganın Vasküler Dolaşımı

Omurganın arteriyel dolaşımı aortadan çıkan segmenter arterler veya ilgili vertebralara gelen rejyonel arterler tarafından sağlanır. Aortadan çıkan segmenter arter, vertebra cisminin anteriorundan cisme yapışık olarak sağa ve sola doğru ilerler ve intervertebral foramenlerden içeri girerler (Şekil-6).⁹⁴ Omurga venöz dolaşımı internal ve eksternal venöz pleksus tarafından sağlanır. Eksternal venöz pleksus küçük ön ve arka eksternal venlerden oluşur. Öndeki pleksus, korpusların ön ve yan kısımları ile segmenter arter arka dalının kanlandığı bölgelerin venöz dolaşımını sağlar. Arka eksternal venler ise intervertebral delikten çıkarak azigos vene dökülür. İnternal venöz pleksus korpus arka yüzü boyunca uzanır ve disk üzerinde anastomoz yaparak segmenter bir zincir halini alır (Şekil-7).⁹⁴



Şekil-6: Vertebranın arteriyel dolaşımı.



Şekil-7: Omurganın venöz dolaşımı. Aksiller (A) ve median (B) kesitte venöz pleksusların anatomisi tasvir edilmiştir.

2.2.4. Servikal Vertebraların Anatomisi

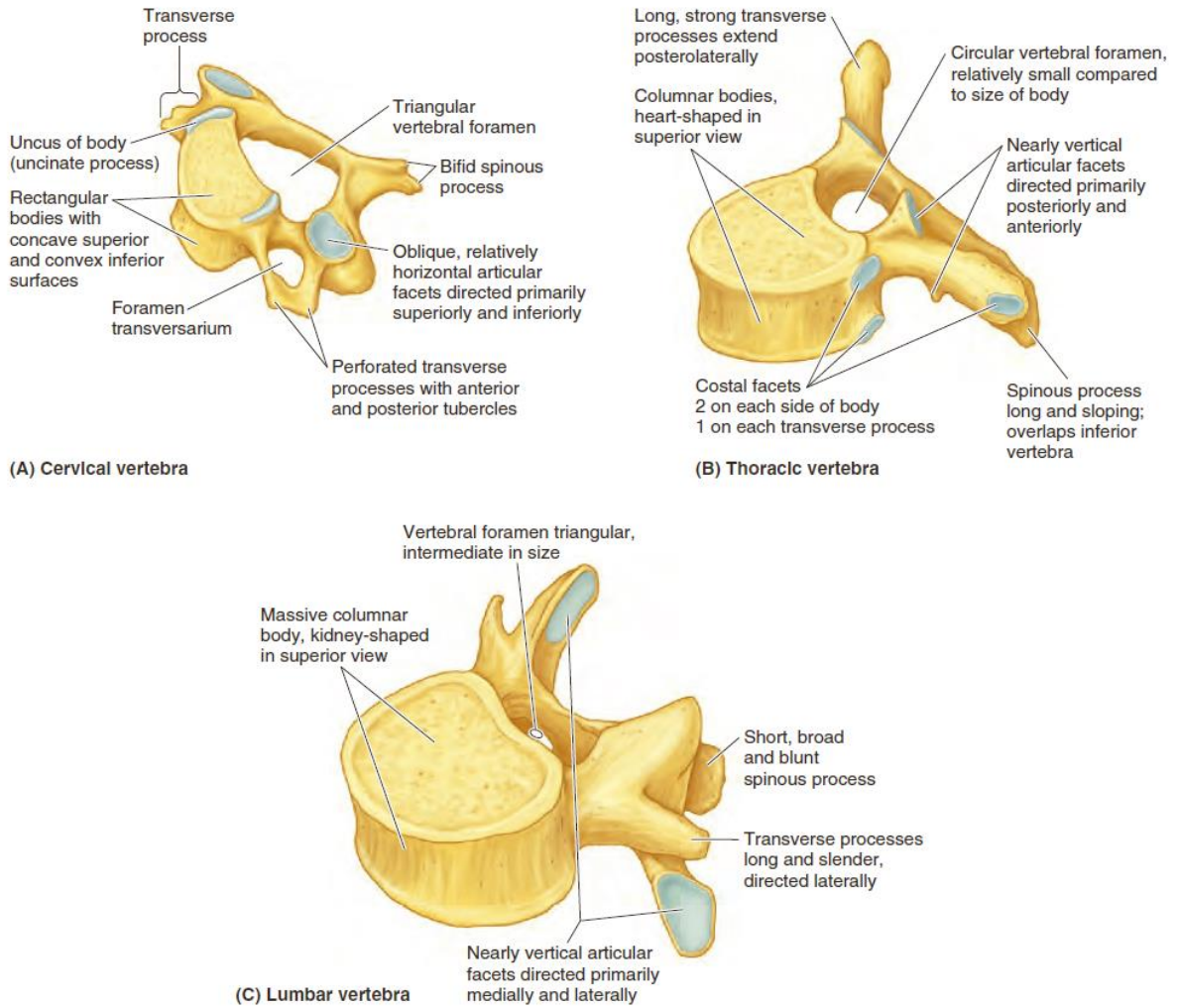
Servikal vertebralar omurganın en hareketli kısmını oluşturan vertebralardır. En tipik özellikleri spinöz çıkıntıda çatallanma bulunması ve transvers çıkıntıda bulunan vertebral arter ve venin geçtiği foramen transversarium bulunmasıdır (Şekil-8).⁹⁴ Atlas (C1) halka şeklinde bir vertebradır, gövdesi ve spinöz çıkıntısı yoktur. Superior eklem yüzü oksipital kondil ile eklemleşir. Aksis (C2) gövdesinin ortasında atlas ile eklem yapan dens bulunur. C7 (Vertebra Prominens) vertebra spinöz çıkıntısı en uzun vertebradır ve sırtta görülebilen bir çıkıntı yapar.⁹⁴

2.2.5. Torakal Vertebraların Anatomisi

Torakal vertebraların en belirgin özelliği kostalarla eklem yapmasıdır. Bu nedenle torakal vertebra gövdesinin yan tarafında, üste ve alt kısımlarının arkaya yakın bölgesinde kaput kostalis ile eklem yapan iki adet eklem yüzeyi (fovea costalis sup. ve inf.) vardır (Şekil-8).⁹⁴ Transvers çıkıntıların ön yüzlerinde kaburga tüberkülleriyle eklem yapan fovea costalis transversalis vardır. Birinci, 11 ve 12. torakal vertebralarda tek eklem yüzü vardır. Torakal vertebra gövdeleri kaudale doğru gittikçe büyür. T11, T12, L1'de torakal kifozdan lomber lordoza geçiş ve kostalar ile stabil torakal bölgeden hareketli lomber bölgeye geçiş vardır. Bu bölge torakolomber bölge olarak isimlendirilir ve travmaya bağlı vertebra kırıkları, spinal kord hasarları sıklıkla görülür.⁹³

2.2.6. Lomber Vertebraların Anatomisi

Lomber vertebralar, omurgadaki diğer vertebralara göre daha geniş ve güçlü korpusa, güçlü transvers ve spinöz çıkıntılara sahiptir. Spinöz çıkıntılar daha kısa, geniş ve dolgundur. Superior artiküler çıkıntısının yanlarında processus mamillaris isminde tüberküller mevcuttur (Şekil-8).⁹⁴ Torakal bölgeden sakral bölgeye inildikçe hareket kabiliyeti artar. En geniş hareket açıklığı fleksiyon ve ekstansiyonda olmaktadır.⁹³

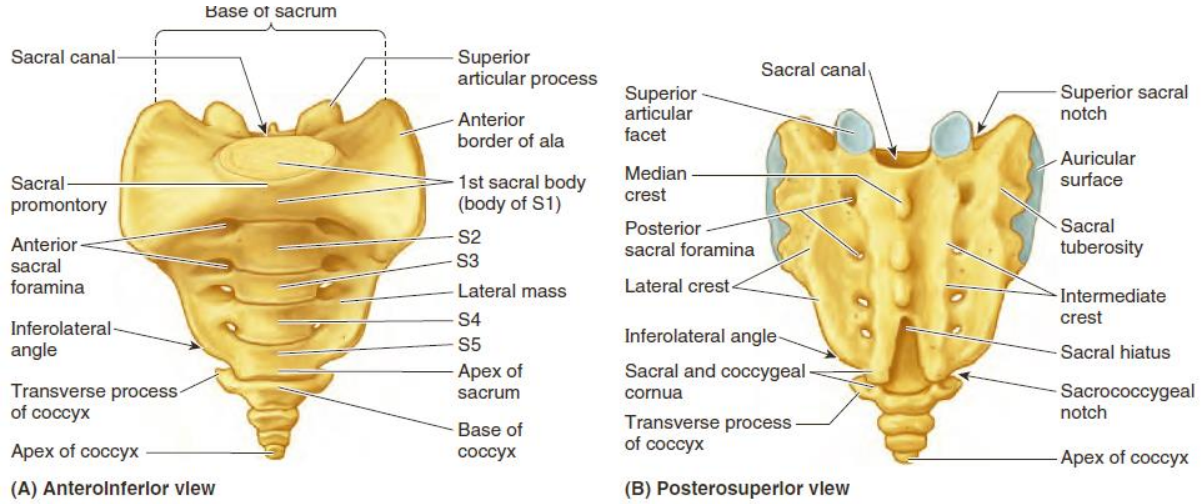


Şekil-8: Servikal (A), torakal (B) ve lomber (C) vertebralar ve önemli anatomik yapıları gösterilmektedir.

2.2.7. Sakral ve Koksigeal Vertebraların Anatomisi

Sakrum, kranialde lomber vertebra ile kaudalde koksiks ile eklem yapar. Lateralde her iki iliak kanat ile eklem yaparak sakroiliak eklemi oluşturur. S1 vertebranın anterior sınırı promontorium olarak adlandırılır ve önemli bir obstetrik yapıdır. Kama şeklinde olan

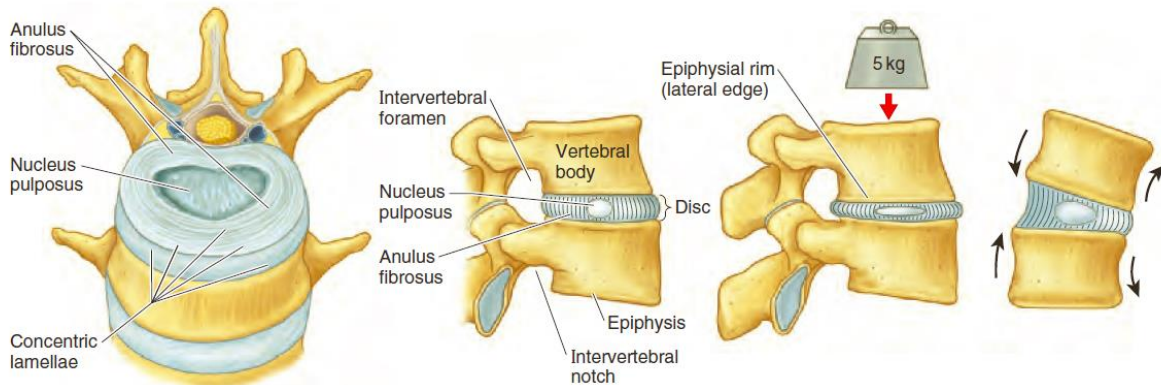
sakrumun yapısı apekse doğru incilir ve oval bir faset ile koksiks ile eklem yapar. Koksiks 4 rudimenter vertebranın füzyonundan oluşan küçük üçgen şekilli bir kemiktir (Şekil-9).⁹⁴



Şekil-9: Sakral ve koksigeal vertebraların anteroinferior (A) ve posterosuperior (B) plandaki anatomik yapıları gösterilmektedir.

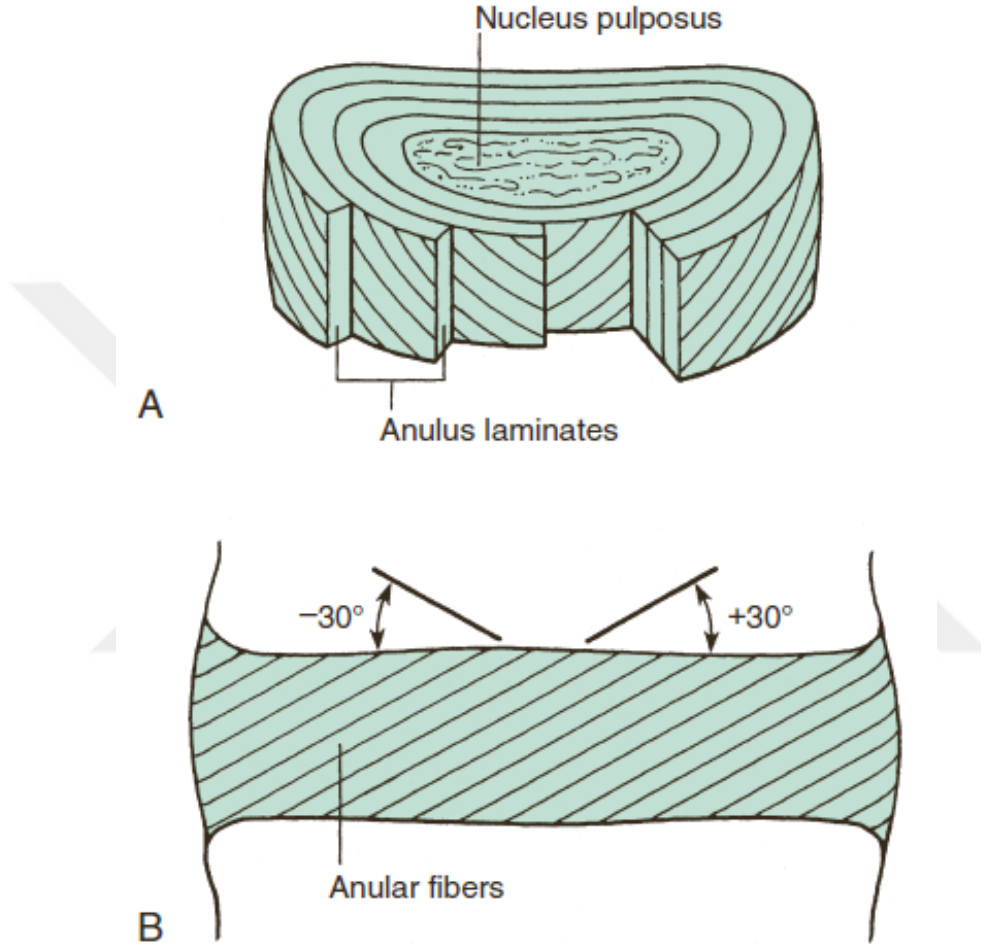
2.2.8. Spinal Eklemlerin Anatomisi

Vertebralar korpusları arasında ve nöral arklar arasında birbirleriyle eklem yapar. Nöral arklar arasındaki eklemlerle zigapofiziyel eklemler ya da faset eklemler denir. Bir vertebranın inferior artiküler çıkıntısı ve diğer vertebranın superior artiküler çıkıntısı arasında oluşan sinoviyal bir eklemdir. Dorsal ramusun dalları tarafından eklem kapsülü inerve edilir. Korpuslar arası eklemlerde intervertebral diskler vardır. Her diskte bir çift uç plakası (end plate), nukleus pulposus ve annulus fibrosustan oluşur (Şekil-10).⁹³



Şekil-10: İntervertebral disklerin anatomisi ve fibrojelatinöz nukleus pulposusun şok absorpsiyonu gösterilmektedir.

Vertebral uç plakarı 1 mm kalınlığında fibröz ve hiyalin kıkırdaktan oluşur. Nuklues pulposus mukoid materyalden oluşan %70-90 su içeriği ve proteoglikan ve kollajenden oluşur. Anulus fibrosus ise 12 konsantrik lameller yapıda, çok yönlü streslere karşı koyabilen kollajen dizilimine sahip , %60-70 su içeriği ve proteoglikandan oluşan bir yapıdır (Şekil-11).^{93,95}

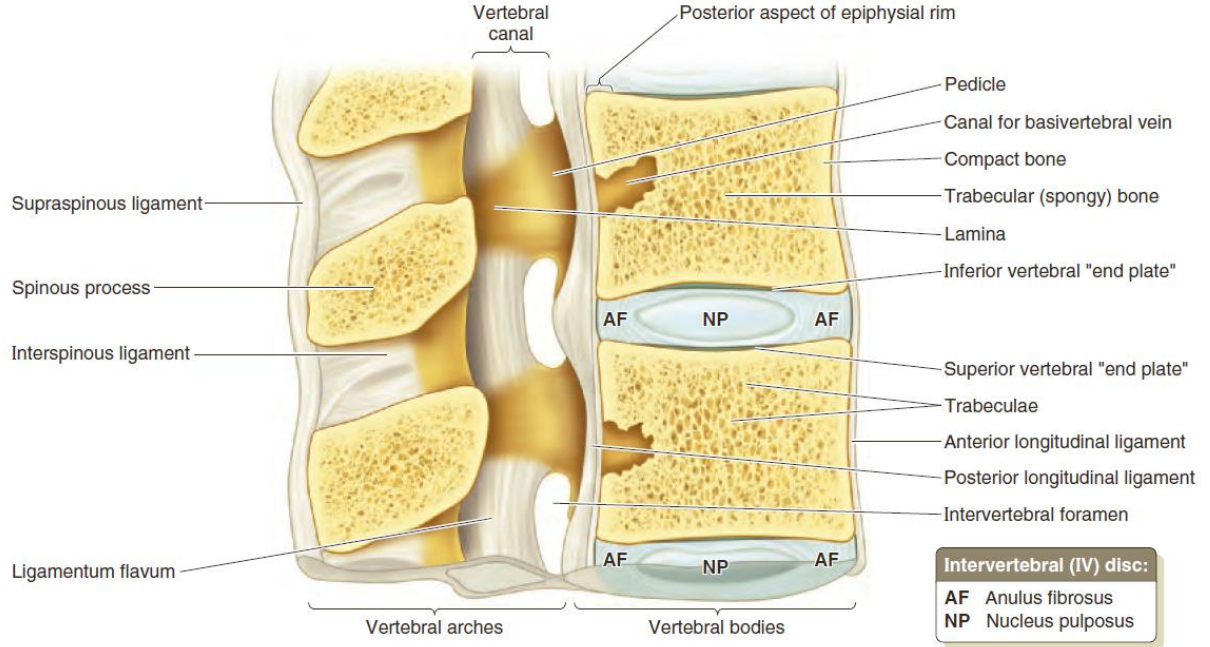


Şekil-11: Anulus fibrosus laminar yapısı ve bu laminalardaki fiberlerin oryantasyonu gösterilmektedir.

2.2.9. Spinal Ligamentlerin Anatomisi

Anterior longitudinal ligament oksiputtan başlar ve tüm vertebra korpuslarının ön yüzüne yapışarak sakruma kadar uzanır. Omurganın aşırı ekstansiyona gitmesine engel olur. Posterior longitudinal ligament ise oksipital kemiğin arka yüzünden başlayarak korpusların posteriorundan koksikse kadar uzanır. Anterior longitudinal ligamentten farklı olarak disk hizasında daha geniş ve daha sıkı, cisim hizasında ise daha dardır.^{93,95} Ligamentum flavum vertebral kanalın posteriorunda bulunur ve vertebraları birbirine bağlar (Şekil-12). Bu sayede

aşırı fleksiyon ve ekstansiyonu engeller. İnterspinöz ligament, komşu spinöz çıkıntılar arasında uzanır. Supraspinöz ligament, spinöz çıkıntıların uçlarını birbirine bağlar ve servikal bölgede genişleyip, kalınlaşarak ligamentum nuchae adını alır.⁹⁴ İntertransversal ligament, transvers çıkıntılar arasında yer alır.



Şekil-12: İki eklemlenmiş vertebranın median kesiti ve spinal ligamentlerin anatomisi gösterilmektedir.

2.2.10. Omurga ile İlişkili Kasların Anatomisi

Omurlara yapışan çok sayıda kas olup, extrinsik ve intrinsik (derin) olmak üzere sırt kasları iki ana gruba ayrılır (Şekil-13).⁹⁴ Extrinsik sırt kasları yüzeysel ve orta (intermediate) tabaka olarak kendi içinde ikiye ayrılır. Extrinsik kaslar öncelikli olarak ekstremite hareketlerini sağlayıp solunuma yardımcı olurken, derin yerleşimli sırt kasları pelvisten kafatasına kadar uzanarak duruşun devamlılığını ve omurganın hareketlerini sağlar.⁹⁴ İntrinsik sırt kasları da yine kendi içinde yüzeysel, orta (intermediate) ve derin olmak üzere üç grupturlar (Şekil-14 ve Şekil-15).⁹⁴ Kaslar fonksiyonlarına göre 5 ana gruba ayrılırlar:

Fleksör Kas Grubu:

- 1) M. Rectus Abdominis
- 2) M. Obliquus eksternus ve internus abdominis
- 3) M. Psoas
- 4) M. Sternocleidomastoideus
- 5) M. Longus Colli

6) Mm. Scaleri

Ekstansör Kas grubu:

- 1) M. Latissimus dorsi
- 2) M. Sacrospinalis
- 3) M. Spinales
- 4) Mm. İnterspinales
- 5) M. Levator scapula

Lateral Fleksör Kas Grubu:

- 1) M. Sacrospinalis
- 2) M. Quadratus Lumborum
- 3) Mm. Transverso-costalis
- 4) M. Levator Scapulae
- 5) Mm. Scalerii
- 6) Mm. Semispinalis

İpsilateral Rotatuar Kas Grubu:

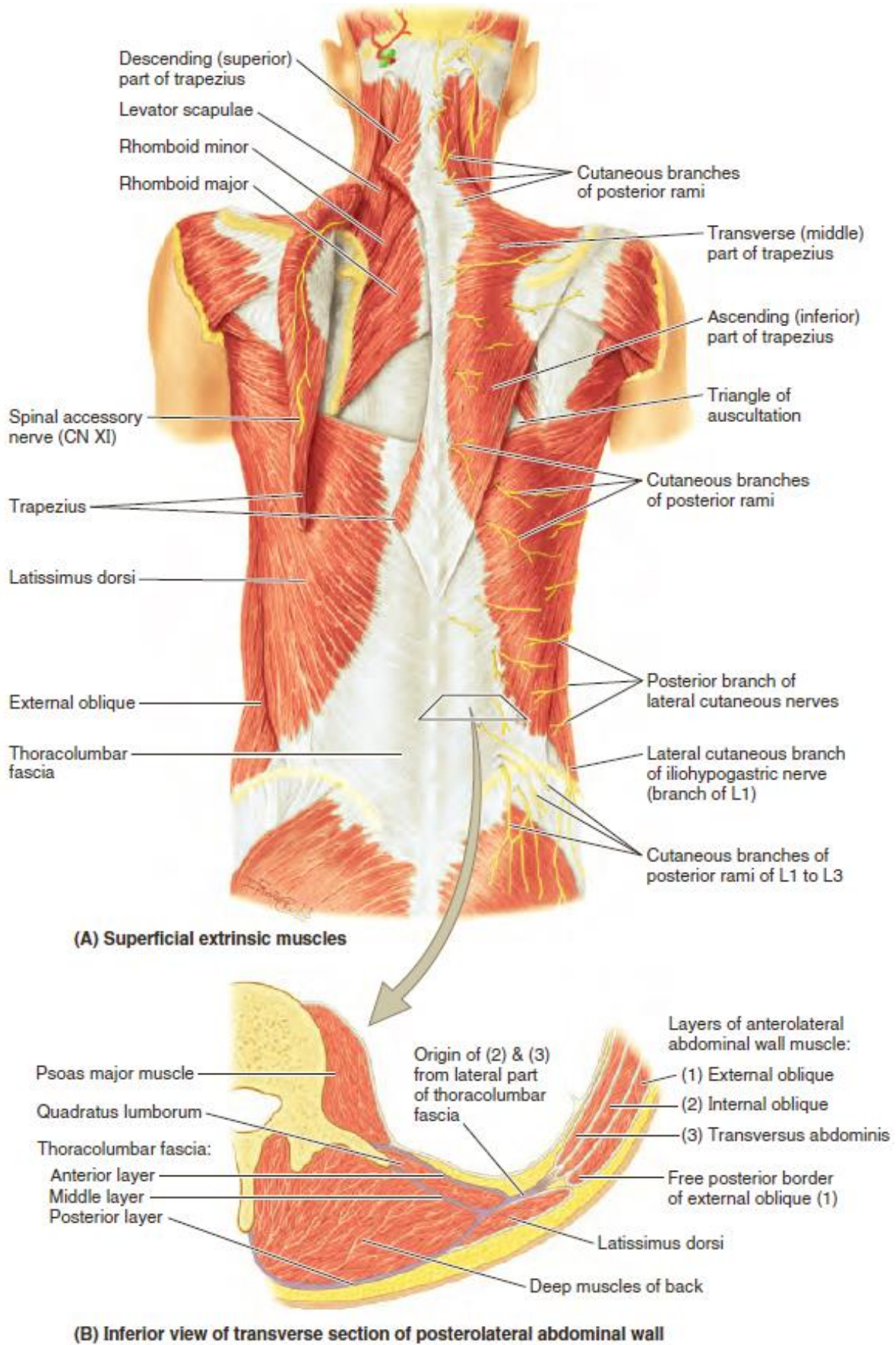
- 1) M. Latissimus Dorsi
- 2) M. Splenius
- 3) M. Longus Colli
- 4) M. Obliquus Abdominus Internus

Kontralateral Rotatuar Kas Grubu:

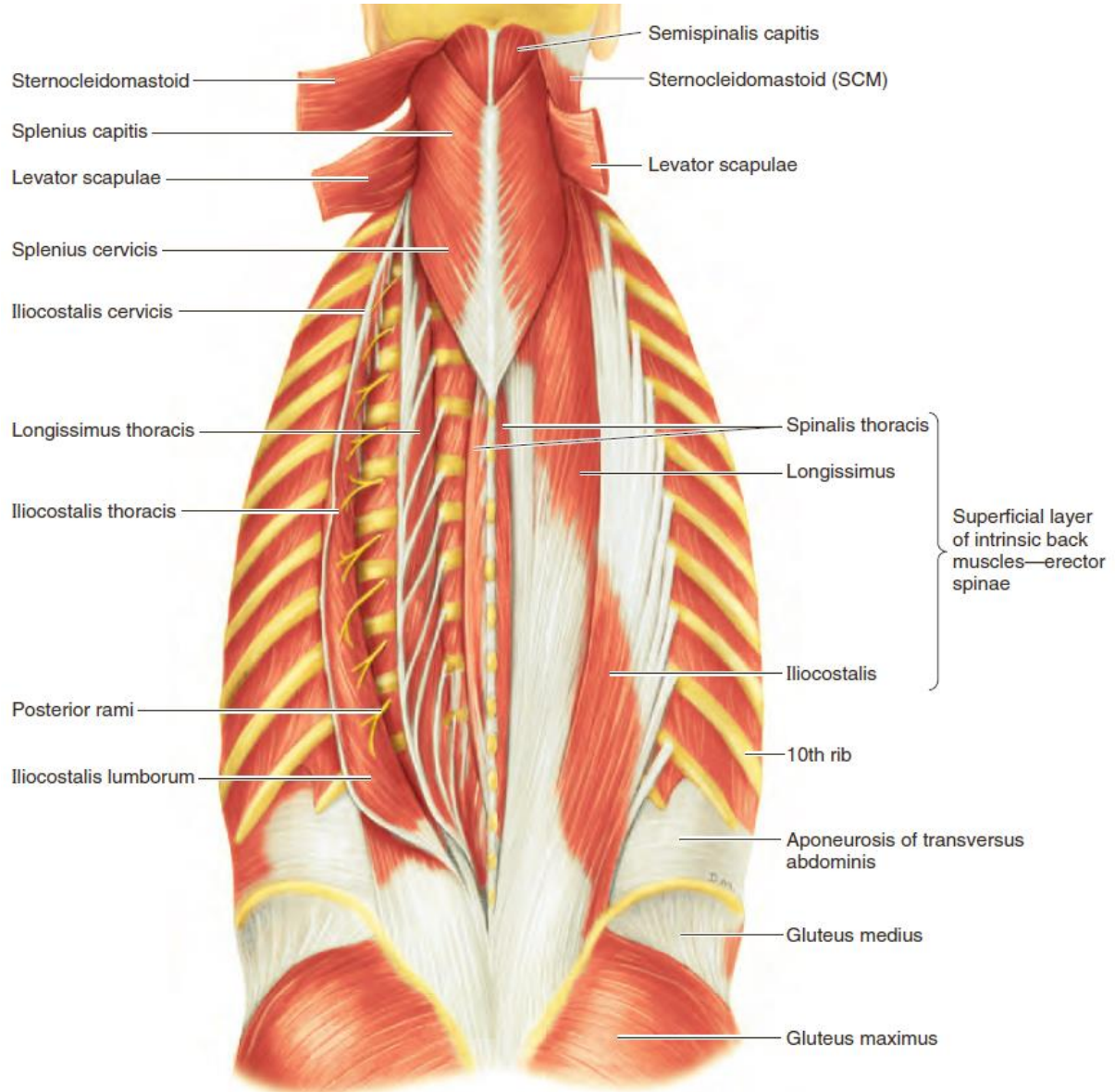
- 1) Mm. Transversospinalis
- 2) Mm. Multifidus
- 3) M. Longus Colli
- 4) M. Obliquus Abdominis Eksternus

2.2.11. Medulla Spinalis ve Sinirlerin Anatomisi

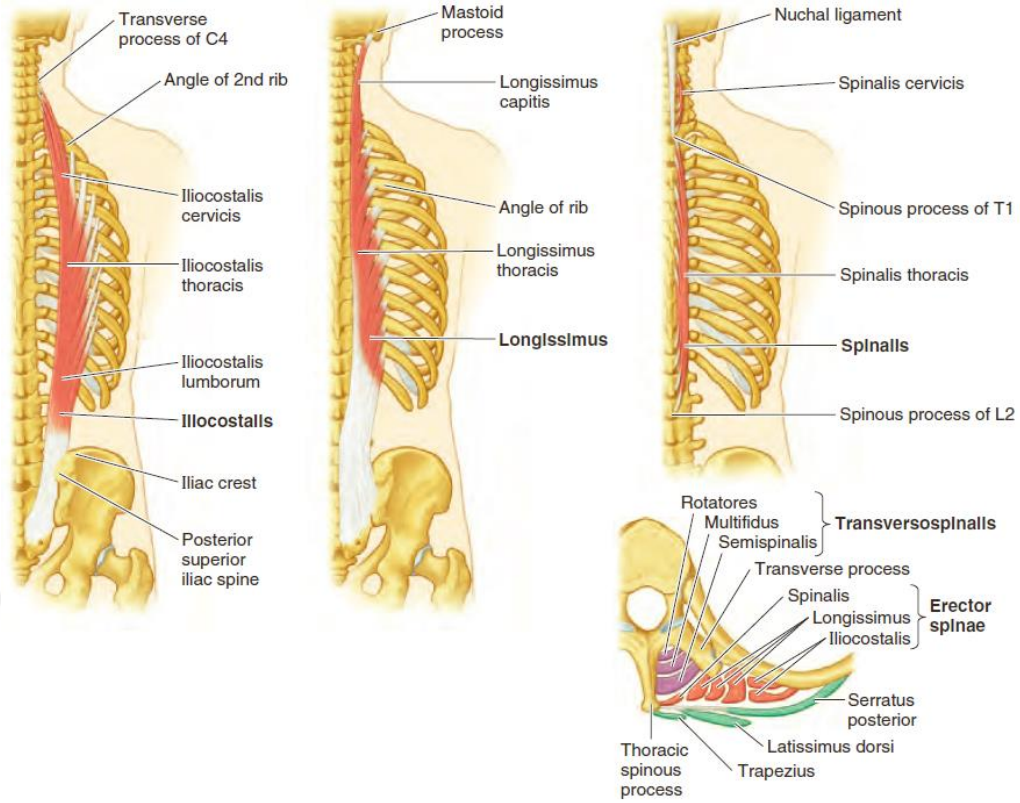
Spinal kanal içerisinde medulla spinalis, kauda ekuina ve nöral kökler bulunur. Medulla spinalis kranioservikal bileşkeden L1-L2 vertebra hizasında kadar uzanır ve buradan sonra medulla spinalis, filum terminale adını alır. Filum terminale ince ve ipliksi yapıdadır, alt seviyelerde dura mater uzantısı ile birleşerek 2. Koksigeal vertebraya yapışarak sonlanır. Medulla spinalisten çıkan ön ve arka kökler foramina intervertebralis hizasında birleşerek spinal sinirleri oluştururlar. Ön kök motor sinir liflerinden, arka kök ise duyu sinir liflerinden oluşur (Şekil-16).^{93,94}



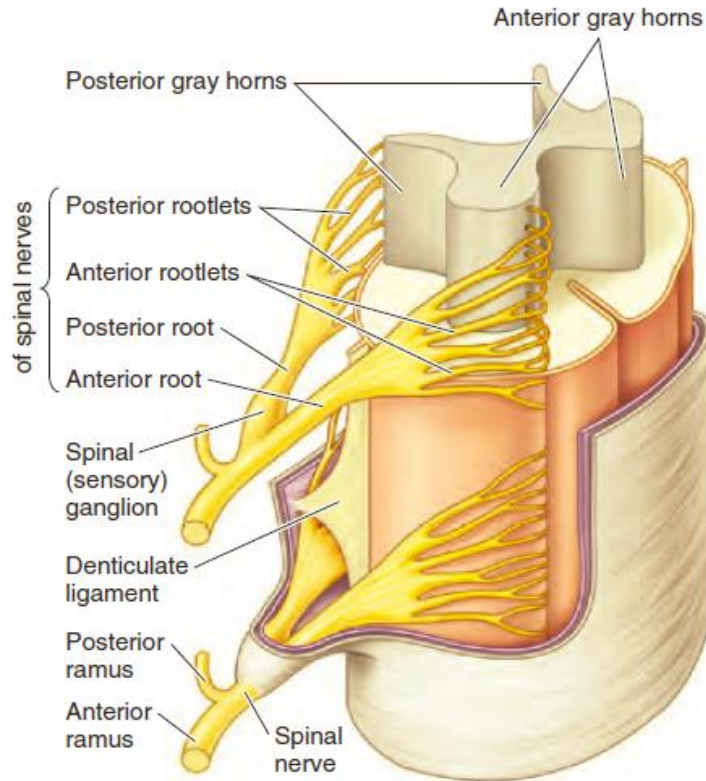
Şekil-13: Sırt bölgesinin yüzeyel yerleşimli kaslarının anatomik gösterimi ve posterolateral abdominal duvarın transverse kesiti gösterilmektedir.



Şekil-14: İntrinsik sırt kaslarının yüzeysel ve orta katmanları gösterilmektedir.



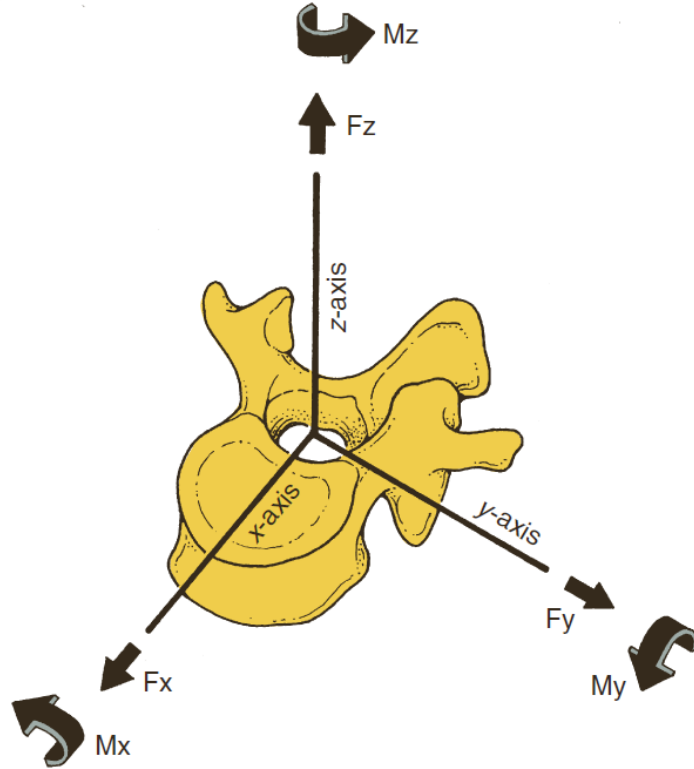
Şekil-15: İntrinsik sırt kaslarının orta tabakası, erektör spina grubu gösterilmektedir. Aksiyel kesitte intrinsik sırt kaslarının derin grubu olan transversospinalis kasları şematize edilmiştir.



Şekil-16: Medulla spinalis, ön ve arka kök sinirleri, spinal ganglion ve spinal sinirlerin anatomisi gösterilmektedir.

2.3. OMURGANIN BİYOMEKANİĞİ

Omurga, vücut hareketleri esnasında eğilme, gerilme, kompresyon, torsiyon ve makaslama gibi çeşitli kuvvetlere maruz kalır. Omurga çevresindeki kaslar, ligamentler ve intervertebral disk bu kuvvetlere karşı koyarak stabil yapının devamlılığını sağlar.⁹⁵ Omurga, sagittal olarak incelendiğinde fizyolojik eğriliklerin olduğu görülür. Servikal ve lomberde lordoz, torakal ve sakral bölgede kifoz görülmektedir. Sagittal fizyolojik eğriliklerin amacı aksiyel gelen kompresif güçlere karşı direnç oluşturmaktır.⁹⁵ Omurganın fonksiyonel birimi, hareket segmentidir. Hareket segmentinin ön kısmını iki omur cismi, intervertebral disk ve anterior ligamentler oluşturur. Posterior kısım ise intervertebral eklemler, posterior ligamentler, transvers ve spinöz çıkıntılardan oluşmaktadır. Belirli bir noktaya uygulanan kuvvet belirli ekseninde rotasyona neden olmaktadır. Omurga gibi değişken bir yapıda, biyomekanik “rotasyonun anlık eksen” ile değerlendirilebilir. Her bir vertebranın hareketini tanımlayabilmek amacı ile kartezyen koordinat sistemi kullanılır.⁹⁵ Bu sistemde X, Y ve Z olmak üzere üç eksen vardır. Bu eksenlerin her birinin çevresinde ikişer rotasyon ve ikişer kayma hareketi yapabileceğinden, rotasyonun anlık ekseninde 12 potansiyel hareket meydana gelir. Rotasyonun anlık eksen, her hareket segmentinin bağlı olduğu koordinat sisteminin merkezidir. Vertebra cismi bu eksen etrafında hareket eder (Şekil-17).^{95,96}



Şekil-17: Vertebra'nın üç-boyutlu koordinat düzlemindeki şematik gösterimi. Lineer kuvvetler F_x , F_y ve F_z olarak, moment kuvvetleri ise M_x , M_y , M_z olarak belirtilmiştir.

Omurga fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sagittal düzlemde meydana gelir. Servikal bölgede 40 derece fleksiyon, 75 derece ekstansiyon; lomber bölgede 60 derece fleksiyon, 35 derece ekstansiyon, torakolomber bölgede 105 derece fleksiyon, 60 derece ekstansiyon hareket açıklığı mevcuttur. Lateral fleksiyon hareketi koronal düzlemde meydana gelmektedir. Lateral fleksiyon servikal düzlemde 35-45 derece, torakal bölgede 20 derece ve lomber bölgede 20 derece olmak üzere kraniumdan sakruma kadar toplam 75-95 derecedir. Omurgada rotasyonel hareket açıklığı aşağı segmentlere inildikçe azalmaktadır. Servikal bölgede 45-50 derece, torakal bölgede 35 derece, lomber bölgede 5 derece rotasyon mevcuttur. Torakal omurlarda faset eklemler yatay yerleşimli olduğu için rotasyonel hareketi daha fazladır. Lomber omurlarda ise faset eklemler dikey yerleşimli olduklarından dolayı rotasyonel hareketlere direnç gösterirler.

Omurganın bütününde; fleksiyon, ekstansiyon, translasyon, lateral bending ve aksiyel rotasyon hareketleri izole şekilde değil, kombinasyonlar halinde gerçekleşir. Hareketlerin bu şekilde çiftler halinde gerçekleşmesine “coupling fenomeni” adı verilir.⁹⁵

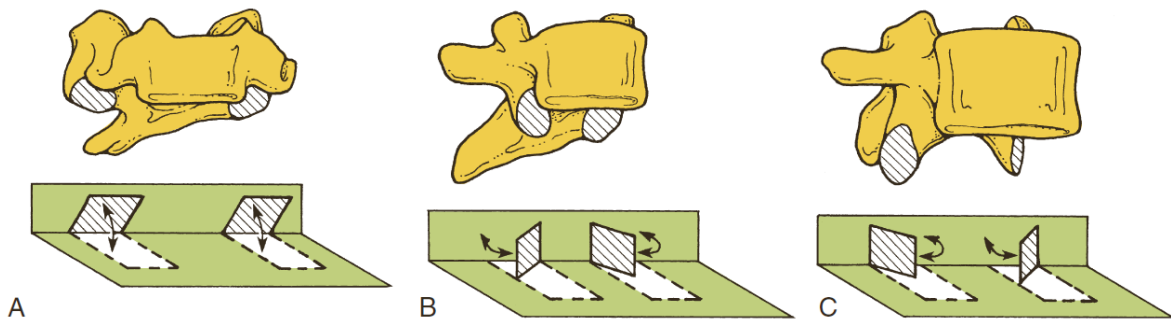


Şekil-18: Coupling fenomeni, şematik olarak (A) ve anatomik olarak (B) tasvir edilmiştir. Lomber ve servikal bölgenin lateral eğilme hareketi sırasında karşı yöne olan rotasyonel hareketi olarak ifade edilir. Torakal bölge anlamlı ölçüde “coupling” göstermez.

Coupling fenomeninde, servikal ve üst torakal 7. Vertebrada (T7) eğilme yönüne doğru aksiyel rotasyon gösterirken, T7 vertebra altındaki özellikle lomber segmentler karşı yöne doğru aksiyel rotasyona uğrar. (Şekil-18).⁹⁵⁻⁹⁷

Vertebra büyüklük ve kütleleri alt segmentlere inildikçe artmaktadır. Bu durum vertebraların giderek artan yüklere karşı adaptasyonunu göstermektedir. Özellikle vertebra gövdesi aksiyel yüklenmelere karşı koymaktadır. Gövde üzerinden yük kortikal ve spongiöz kemik üzerinden alt segmentlere iletilir. Trabeküler yapıdaki spongiöz kemik, gelen yükün bir kısmını, periferde doğru elastik deformasyon göstererek absorbe eder.⁹⁸ Uç plak, trabeküllerden gelen yükün diske, diskten gelen yükün trabeküllere iletilmesini sağlar. Elastisite ve şok absorpsiyonu özellikleri yoktur. Omurga üzerine binen aşırı yüklenme sonucu kırılmaya en yatkın bölgedir.⁹⁵ Hareket segmentinde her iki vertebra gövdesi arasında bulunan intervertebral disk yüklenmeye en dayanıklı kısımdır. Elastik deformasyon yeteneği sayesinde yükün bir kısmını absorbe eder. Yüklenme olduğunda nukleus pulposus basınç etkisi ile yüklenmenin tersi tarafa hareket eder.^{95,98}

Faset eklemler stabilite açısından çok önemli yapılardır. Rotasyon anlık eksenine yakınlığı nedeniyle ön ve arka kolon arasında menteşe görevi görür. Fasetler aynı zaman yük de taşırlar ve en fazla yüklenme hiperekstansiyonda meydana gelmektedir.^{95,98} Faset eklemlerin oryantasyonu servikal bölgede koronal planda olduğundan dolayı, tüm hareketlere karşı daha az kısıtlayıcıdır. Lomber bölgede ise fasetler sagittal düzlemde oryante olmuşlardır. Bu nedenle fleksiyona karşı az direnç gösterirken, rotasyona karşı dirençleri fazladır.^{95,98} Faset eklemlerin oryantasyonu Şekil-19'da gösterilmiştir.



Şekil-19: Faset eklemlerin oryantasyonları. A, servikal bölgenin rölatif koronal plan oryantasyonu. B, torakal bölgenin ve C, lomber bölgenin rölatif sagittal oryantasyonu.

Ligamentler, gerilmeye karşı direnç göstererek omurganın stabilizasyonunda önemli görevler almaktadır. Posteriodaki ligamentler fleksiyona karşı koyarken, anteriordaki ligamentler ekstansiyona karşı koyarlar. Bir ligamentin etkinliğindeki en önemli iki faktör, o

ligamentin iç kuvveti ve etkisini gösterdiği moment kolunun uzunluğudur. Posterior ligamentler arasında en uzun moment kolu olan interspinöz ligamentler, fleksiyona karşı en fazla gerilim gösteren ligamentlerdir. Anterior longitudinal ligament ekstansiyona en fazla direnç uygulayandır ve posterior longitudinal ligamentten iki kat daha fazla kuvvetlidir.^{95,98}

2.4. SKOLYOZ

2.4.1. Tanım ve Etiyolojik Sınıflama

Skolyoz radyolojik olarak omurganın orta vertikal hattın laterale doğru 10 dereceden fazla kaymasına denilmektedir. Omurgadaki bu yana eğilme, vertebraların rotasyonu ile birlikte olduğundan üç boyutlu bir deformite meydana gelir. Bu karmaşık deformite üç düzlemde anormal hareket içerir: (1) skolyoz segmentinde lordoza neden olan sagittal düzlemdeki omurlar arası ekstansiyon, (2) coronal düzlemdeki omurlar arası yana eğilme ve (3) aksiyel düzlemde rotasyonel bir komponent.⁹⁹

Günümüzde skolyozun etiyolojik sınıflaması 1973 yılında skolyoz araştırma cemiyeti (Scoliosis Research Society) tarafından yapılmıştır (Tablo-1).^{100,101}

2.4.2. İdiopatik Skolyoz

Yapısal skolyoza sahip hastaların yaklaşık %80'inde görülen idiyopatik skolyoz en sık rastlanan tip olup deformitenin nedeni bilinmemektedir. İdiopatik skolyoz büyüme çağında herhangi bir yaşta ortaya çıkabilse de genellikle üç zaman diliminde görülür; (1) yaşamın ilk senesinde, (2) 5 ile 6 yaş arasında ve (3) 11 yaşından iskelet gelişiminin tamamlanmasına kadar geçen sürede. İskelet olgunlaşmasını tamamlamamış hastada deformitenin başladığı yaş temel alınarak üç gruba ayrılır; (1) infantil idiyopatik skolyoz 3 yaşın altındaki hastalarda, (2) juvenil idiyopatik skolyoz 3-10 yaş arası hastalarda ve (3) adölesan idiyopatik skolyoz terimi ise 10 yaşın üzerindeki, iskelet olgunlaşmasını tamamlamamış hastalarda kullanılır. Adölesan idiyopatik skolyoz bu üç grup içinde en sık görülendir.¹⁰²

1.YAPISAL SKOLYOZ I. İdiopatik Skolyoz A) İnfanıl (0-3 yaş) 1. Kendiliğinden gerileyen 2. Progresif B) Jüvenil (3-10 yaş) C) Adölesan (10yaş<) II. Nöromuskuler Skolyoz	V. Mezenşimal Hastalıklar A) Marfan Sendromu B) Ehler-Danlos Sendromu C)Diğer VI. Romatolojik Hastalıklar VII. Travmatik A) Kırık B) Cerrahi
--	--

A) Nöropatik 1.Üst Motor Nöron Hastalığı a) Serebral Palsi b) Spinoserebellar Dejenerasyon c) Siringomyeli d) Spinal Kord Tümörü e) Spinal Kord Travması f) Diğer 2.Alt Motor Nöron Hastalığı a) Poliomyelit b) Diğer Viral Myelitler c) Travmatik d) Spinal Müsküler Atrofi e) Meningomyelose (Paralitik) 3.Disostonomi (Riley-Day Sendromu) 4.Diğer B) Myopatik 1.MCC (Artrogripozis) 2.Müsküler Distrofi a) Duchenne b) Limb-Girdle c) Fascioskapulohumeral 3.Fiber Tip Disproporsiyon 4.Konjenital Myotoni 5.Myotonia Distrofika 6.Diğer III. Konjenital Skolyoz A) Formasyonda Yetersizlik 1.Hemivertebral 2.Kama Vertebra B) Segmentasyon Yetersizlik 1.Tek Taraflı (Unsegmente Bar) 2.İki Taraflı (Sinostoz) C) Formasyon+Segmentasyon Yetmezliği IV. Nörofibromatozis	1. Laminektomi sonrası 2. Torakoplasti sonrası C) Radyasyona Bağlı VIII. Ekstra Spinal Kontraktür A) Ampiyem Sonrası B) Yanık sonrası IX. Osteokondrodistrofi A) Diastrofik Cücelik B) Mukopolisakkaridoz C) Spondiloepifizyal Displazi D) Multip Epifizyal Displazi E) Diğer X. Kemik Enfeksiyonları XI. Metabolik Hastalıklar A) Raşitizm B) Osteogenezis İmpfekta C) Homositinüri D) Diğer XII. Lumbosakral Eklem Hastalıkları A) Spondililizis ve Spondiloliztezis B) Lumbosakral Bölgede Konjenital Anomali XIII. Tümörler A) Vertebral Kolon 1. Osteoid Ostoma 2. Histiositozis-X 3. Diğer B) Spinal Kord Tümörleri 2. YAPISAL OLMAYAN SKOLYOZ I. Postural Skolyoz II. Histerik Skolyoz III. Sinir Kökleri İritasyonu A) Disk Hernisi B) Tümörler IV. İnflamatuvar V. Alt Ekstremitedeki Eşitsizliğe Bağlı VI. Kalça Eklem Kontraktürüne Bağlı
--	---

Tablo-1: Skolyozun etiyolojik sınıflaması

2.4.3. Adölesan İdiopatik Skolyoz

2.4.3.1. Prevalans

Skolyozlu kişilerin oranını belirlemek için iki tip prevalans çalışması kullanılmıştır. İlki tüberküloz taramalarında çekilen akciğer radyografileri dayanmaktadır ve lomber omurganın asgari oranda görülmesi, küçük film kaseti boyutu ve düşük dozda çekilmiş olması

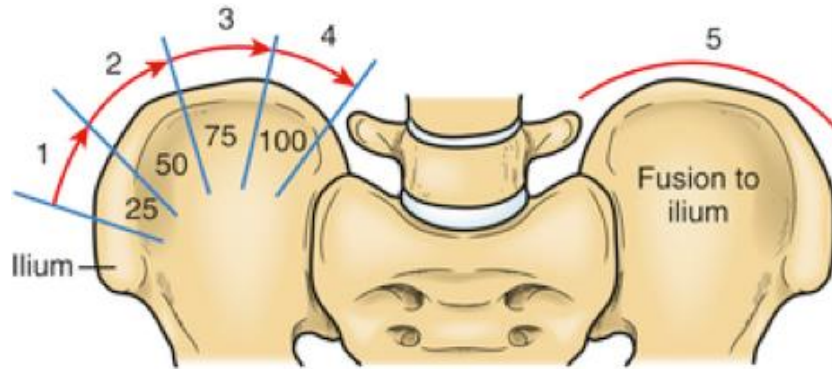
gibi sınırlamaları mevcuttur.¹⁰³ Okul tarama programlarına dayanan ikinci yöntemle ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur ve skolyozun prevalansı konusunda bu çalışmalar daha kesin sonuçlar ortaya koymaktadırlar. En az 10 derece olan eğriliklerin prevalansı %1.5-3, 20 dereceyi geçen eğriliklerin prevalansı %0.3-0.5, 30 dereceyi geçen eğriliklerin prevalansı ise %0.2-0.3 olarak bulunmuştur.¹⁰⁴

İdiopatik skolyozda 6-10 derece arasındaki eğriliklerde kadın-erkek görülme oranı 1:1, 11-20 derece arasındaki eğriliklerde kadın-erkek oranı 1.4:1, 21 derecenin üstündeki ortopedik müdahale gerektirmeyen eğriliklerde 5.4:1 ve ortopedik girişim gerektiren eğriliklerde 7.2:1'dir. Cinsiyete bağlı prevalansın küçük eğriliklerde aynı olduğu, büyük eğriliklerde ise kadınlarda daha yaygın görüldüğü birçok yazar tarafından bildirilmiştir ve kadınlarda ilerlemenin daha sık görülmesi açısından klinik öneme sahiptir.^{105,106}

2.4.3.2. Doğal Seyir

20 derece altında eğriliğe sahip tedavi görmemiş kişilerde, ilerleme riski çok düşüktür; bu tehlike, kişinin iskelet sisteminin gelişmesiyle daha da azalır. İlerlemeye dair bir tahmin yürütmeye kullanılan etkenlerden bazıları, hastanın cinsiyeti, yaşı, eğriliğin büyüklüğü ve eğriliğin şeklidir.¹⁰⁷ Genç bir hastada büyüme rezervi iki göstergeye göre belirlenir: Risser belirtisi ve bayanlarda adet durumu. Üçüncü bir gösterge olan uzama hızı zirvesi ise şimdilerde büyüme rezervini gösteren etkili yollardan biri olarak bilinmektedir.

Risser belirtisi, dört bölüme ayrılan iliak apofizin kemikleşmesinin radyolojik ölçümüne dayanır (Şekil-20). Risser belirtisi 0'dan kadranların dördünde de kemikleşmenin görüldüğü Risser 4'e kadardır ve tam apofiz ile iliumun tamamen kaynaştığı durum Risser 5 ile ifade edilir. Risser 0 ya da 1 olan hastalar büyüme rezervlerinden dolayı eğriliğin ilerlemesi açısından risk altındadır.¹⁰⁸



Şekil-20: Risser belirtisi. İliak apofizin ossifikasyon yüzdesine göre evrelendirilir.

Menarş durumu sadece bayanlarda uygulanabilen klinik bir ölçüdür. Menarş sonrası büyümenin yavaşladığı döneme girilir ve eğriliğin ilerleme tehlikesi azalır. Taner olgunluk

indeksi de büyüme rezervi ve dolayısıyla ilerleme riskini değerlendiren diğer bir klinik endekstir.¹⁰⁹

Uzama hızı zirvesi (UHZ) adölesan büyüme dönemindeki azami iskelet büyüme ölçüsüdür. Kızlarda ortalama senelik 8 cm ve erkeklerde ise 9.5 cm olarak kabul edilmiştir. Kuzey Amerikalılarda kadınların UHZ yaşı 11.5'tur.¹¹⁰ İskelet gelişiminin radyolojik endeksi olan asetabulumun triradiat kırıkdağının kapanması UHZ'den sonra ve Risser 1 ve menarşdan önce gerçekleşir. UHZ belli bir zaman sürecinde seri boy ölçümleri gerektirmesine rağmen erkek çocuklarında büyüme rezervini belirlemede Risser belirtisinden ve kronolojik yaştan daha üstündür.¹¹¹

İskelet olgunluğuna erişmemiş, Risser 0-1, premenarş hastalarda 20 dereceyi aşan eğrilikler ilerleme riski taşırlar (Tablo-2).¹¹² Bu hastalara ilk görüldükleri anda breys tedavisi önerilir.¹¹³ Eğriliğin şekli de deformitenin seyrini tahmin etmekte faydalıdır. Çift ve torakal eğrilikler en fazla ilerleme riski taşıyan eğriliklerdir, sonrasında torako-lomber eğrilikler gelir. İlerleme olasılığı en düşük olan eğrilikler lomber skolyozlardır.¹¹²

Risser Belirtisi	Eğrilik Derecelerinin İlerleme Oranları	
	5-19 Derece Eğrilikler	20-29 Derece Eğrilikler
Evre 0-1	%22	%68
Evre 2-3-4	%1.6	%23

Tablo-2: Eğriliğin büyüklüğü ve Risser belirtisine göre olan ilerleme yüzdeleri.

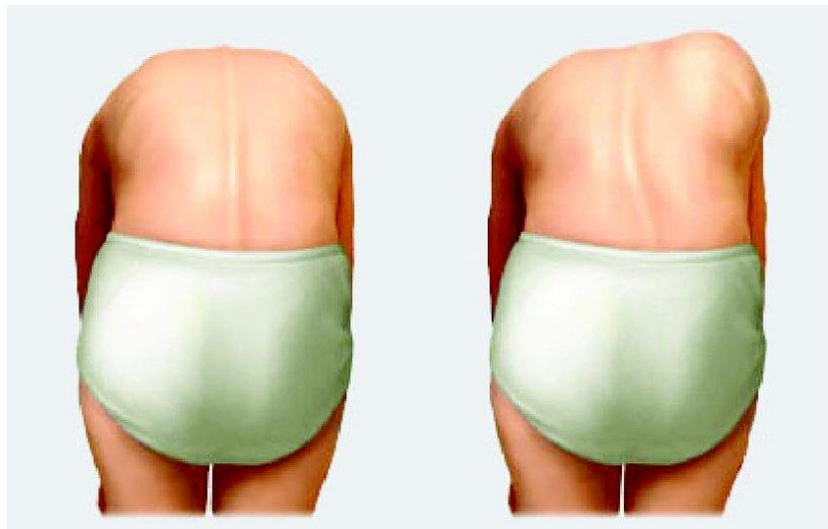
İskelet olgunlaşmasından sonra skolyozun ilerlemesi yetişkinlerde ergenlere göre çok daha yavaştır ve sadece eğriliğin büyüklüğü ile ilişkilidir. Eğriliğin şekli ne olursa olsun erişkin bir kişide 30 derecenin altındaki eğriliklerin ilerleme riski azdır. 50 dereceden fazla eğriliklerin yaklaşık üçte ikisi zamanla daha da kötüleşebilir. Torakal eğrilikler senede 1 derece artar. Lomber eğrilikler 50 derecenin altında olsalar bile, alt vertebralar arasında kayma varsa, erişkin dönemde ilerleme gösterebilirler.¹¹⁴

2.4.3.3. Skolyoz Taraması

Scoliosis Research Society ve American Academy of Orthopedic Surgeons kızların 10 ile 14 yaş olmak üzere iki kez, erkeklerin 13 ile 14 yaşlarında bir kez taramadan geçirilmesini önermektedir.¹¹⁵ Bazı yazarlar ise okul tarama programlarının skolyozun prevalansını, ya da tedavi gerektiren skolyoz sıklığını azaltmadığını, ekonomik olmadığını ve skolyozu olmayan,

ya da tedavi gerektirmeyecek kadar küçük eğrilikleri bulunan çocukların gereksiz yere ortopediste, ya da radyoloğa gönderildiğini ileri sürmektedirler.¹¹⁶ 1983'te British Scoliosis Society ve British Orthopaedic Association skolyoz taramasına karşı bir bildiri yayınlamıştır.¹¹⁷ United States Preventive Services Task Force daha önce skolyoz taramasına yönelik olumlu ya da olumsuz anlamda yeterli bulgu olmadığını söylerken, 2004 yılında güncelleme yaparak rutin tarama aleyhine sonuç bildirmiştir.¹¹⁸ Yakınması olmayan ergenlerde idiopatik skolyozu daha erken evrede yakalayabildiğine dair bir bulgu yoktur. Okul taramalarının etkinliğini göstermek için daha çok klinik araştırma yapılması gerekmektedir.

Tarama programlarında skolyozu düşündüren belirli klinik bulgular kullanılmıştır. Omuz asimetrisi, skapular çıkıntıların eşit olmaması, kalçanın yüksek ya da belirgin olması, bir tarafta kol ile gövde arasında büyük bir boşluğun olması, başın pelvisin üzerinde orta hatta olmaması ve Adams'ın öne eğilme testinin pozitif olması gibi bulgular değerlendirilmiştir. Adams öne eğilme testi skolyozun değerlendirilmesinde en iyi non-invaziv yöntemdir (Şekil-21).^{119,120} Yapısal skolyozun değişmez özelliklerinden bir tanesi omurganın eğilmesiyle oluşan aksiyel rotasyondur. Spinöz çıkıntılar daime eğriliğin konkav tarafında döner ve konveks tarafta kostalar yükselirken, konkav tarafta kostalar depresyona uğrar. Hasta öne doğru yatak pozisyonu gelene kadar eğildiğinde bu asimetri belirgin hale gelir. Bunnel 1984 yılında bu asimetriyi niceliksel olarak değerlendirmek ve böylelikle tıbbi değerlendirmeye sevk edilmesi gereken deformite derecesini ortaya koymak üzere skolyometreyi tanıtmıştır (Şekil-22).¹²⁰ İnklınasyonu ölçen bu alet vertebral rotasyon açısını ölçer. Skolyometrede 7 dereceyi aşan eğriliklerde sevk önerilmiş, bu kriterler ile 30 dereceyi aşan eğrilikleri gözden kaçırma ihtimali daha da düşük olmuştur. Sevk edilme oranı %3'e düşmüş ve korse tedavisi



Şekil-21: Adams öne eğilme testi. Hasta arkadan gözlenir. Hastaya omurgası yatay pozisyona gelinceye kadar öne eğilmes söylenir. Skolyoz mevcutsa, sırtın bir tarafı diğerinden daha yukarıdadır.

gerektiren eğriliklerin yakalanması oranı %95 olmuştur.¹²¹ Bu yöntem ile gereksiz yere hastalar sevk edilmemiş ve omurga tarama programları daha ekonomik hale gelmiştir.



Şekil- 22: Skolyometre özel yapılmış bir inklinometredir ve vertebral rotasyonun açısını ölçmekte kullanılır.

2.4.3.4. Etiyoloji

Birçok araştırma yapılmasına rağmen idiopatik skolyozun nedeni tam olarak bilinmemektedir. Skolyozun etiyolojisine yönelik yapılan birçok araştırma, santral sinir sisteminde fonksiyon bozukluğu, bağ dokusu anomalileri ve genetik faktörler üzerinde yoğunlaşmıştır.

2.4.3.4.1. Nörolojik Fonksiyon Bozukluğu:

Skolyoz hastalarında kontrol grubuna kıyasla vibrasyon uyarısına karşı cevabın önemli ölçüde azaldığı ve sağ ile sol taraf arasında bir asimetrinin bulunduğu gösterilmiştir.¹²² Bu bulgular, omuriliğin arka kolon fonksiyonundaki bir bozukluğun etiyolojide rolü olduğu düşüncesini destekler niteliktedir. İdiopatik skolyoz için bir diğer nörolojik teori ise melatoninin normal omurga gelişimindeki düzenleyici rolüdür. Pineal bezi çıkarılmış tavuklarla yapılan deneylerde, skolyozun geliştiği gözlenmiş, bunun nedeninin melatonin yetmezliğinin proprioseptif sistemin normal, simetrik büyümesini engelleyerek, paraspinal adalelerle omurgayı etkilemesi olduğu düşünülmüştür.¹²³ Kontrol grubuyla kıyaslayınca skolyoz hastalarında melatonin seviyesi önemli ölçüde düşük bulunmuştur.¹²³

2.4.3.4.2. Bağ Dokusu Anomalileri:

Skolyotik hastaların ligamentum flavumlarının histolojik incelemelerinde, fibroelastik sistemde lif yoğunluğunun azaldığı ve ligaman boyunca liflerin düzensiz dağılımda olduğu

gösterilmiştir.¹²⁴ Bu bulgular elastik fibröz sistemin, özellikle fibrilinin, bazı kişilerde idiopatik skolyozun patogeneğinde çok büyük bir rol oynadığını göstermektedir. Skolyozu hastalarının paravertebral kaslarında, içsi liflerde anomali, morfolojik değişiklikler, histokimyasal ve elektromyografik (EMG) anomaliler görülebilmektedir.^{125,126} Bu hastaların trombosit yapısı ve fonksiyonunda da anomali olduğu bildirilmiştir. Eğriliği ilerleme gösteren skolyozlu adölesanlarda trombosit kalmodulin miktarı, normal kişilerdekinden, stabil eğrilikleri olan hastalardan ve ilerleyici eğriliği breys veya spinal füzyonla stabilize edilmiş olanlardan önemli ölçüde yüksektir.¹²⁷

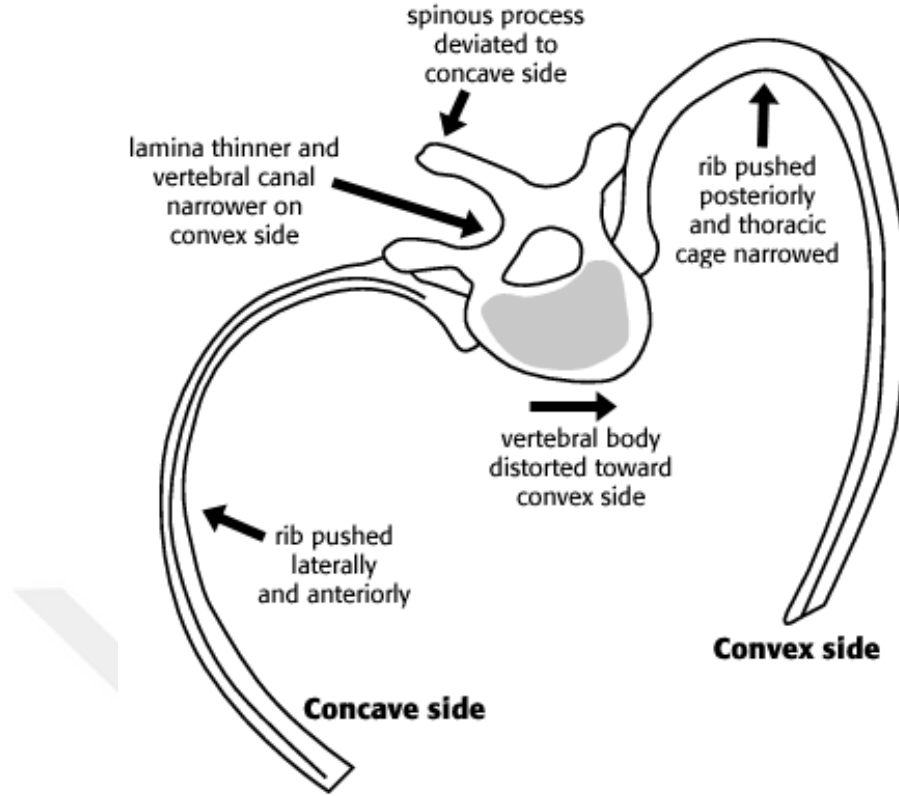
2.4.3.4.3. Genetik Faktörler:

1960'dan 1970'e kadar etkilenmiş aileler üzerinde yapılan birçok geniş klinik araştırma ailesel skolyozun yüksek prevalansını ortaya koymuştur (birinci derece akrabalarda %6.9 ile %11). Hem dominant geçiş paterni hem de multifaktöryel geçiş paterninin AIS'da genetik katkısı açıkladığı ileri sürülmüştür.¹²⁸ Skolyoz hastası olan ikizler üstünde yapılan bir meta-analiz çalışmasında monozigot ikizlerde dizigot ikizlere nazaran daha yüksek oranda uyuma rastlanmış ve monozigot ikizlerde eğriliklerin birlikte olduğu ve birlikte ilerleme gösterdiği saptanmıştır.¹²⁹ Günümüze dek kromozom 6, 8, 9, 10, 16, 17 ve 19 ile X kromozomunu ilgilendiren bulgular bildirilmiştir.^{130,131}

2.4.3.5. Patofizyoloji

AIS derecesine göre yapısal değişikliklerin boyutu da artmaktadır. Yapısal değişiklikler eğriliğin apeksinde en fazla olup, kraniale ve kaudale doğru azalır. Yapısal skolyozda, vertebra korpusunun rotasyonu eğriliğin konveks tarafına doğrudur, spinöz çıkıntılar rotasyonu eğriliğin konkav tarafına döner (Şekil-23).^{97,131} Büyüyen omurgada kompresyon ve distraksiyon kuvvetleri etkisi, konveks tarafta yükseklikte artış, konkav tarafta ise yükseklikte azalma şeklinde kama vertebra oluşumuna neden olabilir.^{97,131}

Frontal ve aksiyelde düzlemdeki değişikliklerin yanında, omurganın skolyotik olan kısmı sagittal düzlemde lordotiktir.¹³¹ Bu üç boyutlu deformite omurganın torsiyonu olarak ifade edilir. En büyük deformasyon apikal bölgede oluşmaktadır. Laminalar, konveks tarafta daha geniş ve birbirinden ayrı durmaktadır. Konkav tarafta ise daha dar ve birbirlerine yakınlaşmışlardır. Pediküller konkav tarafta daha kısa ve kalındır. Şekli bozulmuş pediküller ve faset eklemleri nedeni ile intraspinal kanal simetrisi bozulabilir ve konkav tarafta darlık görülür (Şekil-23).^{97,131}



Şekil-23: Skolyozlu omurgada vertebral rotasyonun ve hörgüç (rib-hump) deformitesinin şematik gösterimi.

Nucleus pulposus basınç ve aks dolayısıyla konkav taraftan uzaklaşarak konveks tarafa göç eder. Bu olay eğriliğin yapısal hale geçmesinin ilk sebeplerinden biridir ve artık geriye dönüş zordur.¹³¹ Torakal bölgedeki vertebralarda rotasyondan dolayı konveks taraftaki kaburgalar sırta doğru yükselir ve konveks tarafta hörgüç (rib hump) görüntüsü oluşur (Şekil-23). Konveksitedeki kaslar, vücut eğriliğinin üst konkavite tarafına kollabe olmasını önler. En aktif kaslar konveksitedeki tarafta lomberde olan kaslardır. Bu kaslar gövdenin konkaviteye yatmasını önler. Her iki taraftaki kaslar posterior arklar üzerine etki ederler. Rotasyon 20 dereceden az ise kaslar rotasyonu kontrol etmeye çalışırken, 30 dereceden fazla ise her iki taraftaki kaslar da rotasyonu artırır.¹³² Hastalarda göğüs bölgesinde memelerde çoğunlukla asimetri oluşur. Torakal kavitenin simetrisi de bozulmuştur. Torakal bölgede akciğer kapasitesi konveks tarafta azalır, konkav tarafta artar.^{97,131}

2.4.3.6. Klinik Özellikler

2.4.3.6.1. Anamnez:

Skolyozlu adölesanlar genellikle sırt ağrısından dolayı değil de, deformitelerinin görünümünden dolayı çözüm arayışına girerler. AIS'luların %32'sinde sırt rahatsızlıkları olur.¹³³ Sırt ağrısı, hasta yaşının 15'in üzerinde olmasıyla, iskelet olgunlaşmasının Risser

bulgusu 2 ya da daha fazla olmasıyla, menarş sonrası dönemle ve travma öyküsüyle yakından ilişkilidir. Ağrının kaynağı hastaların %10'unda bulunabilmektedir ve en sık sebepleri spondilolizis, spondilolistezis ya da Scheurmann kifozudur. AIS düşündüğümüz hastalarda iyi bir anamnez alınmalı, ayrıntılı fizik muayene yapılmalı ve düz radyografler istenmelidir. Hastanın yaşı ve cinsiyeti kaydedilmeli, sonrasında deformitenin ne zaman fark edildiği ve nasıl fark edildiği sorgulanmalıdır. Deformiteye eşlik eden ağrı, ek hastalık ve komorbiditelerin olup olmadığı araştırılmalıdır.¹³¹

AIS'da respiratuar semptomlar genellikle sık görülmez. Eğriliğin büyüklüğü 100 dereceye ulaşmadan, vital kapasite %45'in altında inmeden ve torakal lordoz nedeniyle göğüs ön-arka çapı ileri derecede daralmadan, kardiyopulmoner yetmezlik gelişmeyeceği çalışmalarda gösterilmiştir.¹³⁴ AIS'da nörolojik kusurlar nadiren görülür. Fizik muayene bulguları şüpheliyse (inatçı boyun ağrısı, sık gelen baş ağrısı, ataksi, güç kaybı) ayrıntılı nörolojik muayene de yapılmalıdır. Nörolojik kusur saptanırsa ya da sol torakal eğrilik varsa nöral yapılar radyolojik olarak değerlendirilmelidir. Normalde AIS'da torakal eğriliğin apeksi sağdadır. Anormal sol torakal eğriliklerin altında yatan neden çoğunlukla sirinkstir.^{131,133}

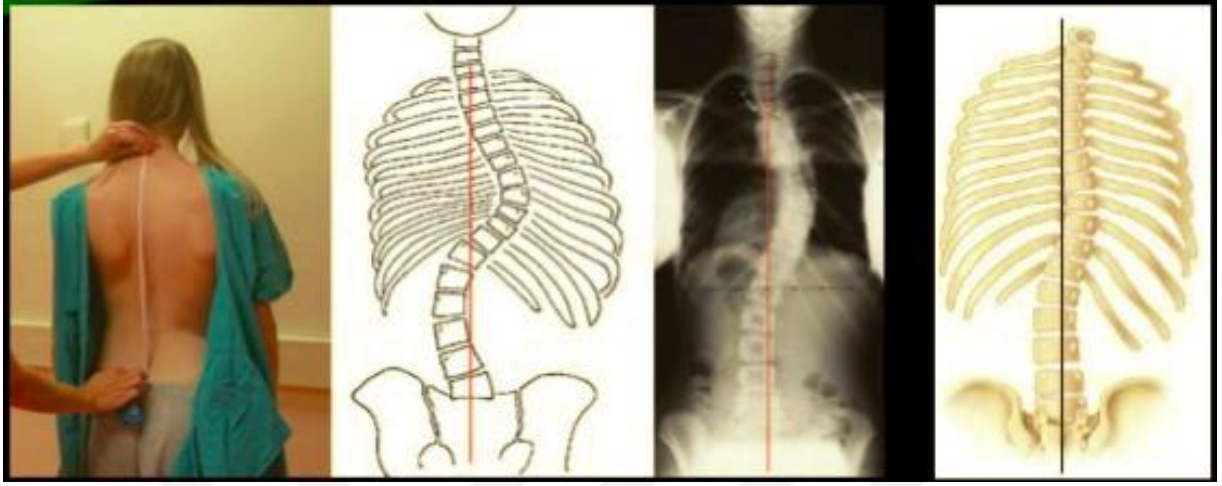
2.4.3.6.2. Fizik Muayene:

AIS muayenesi hastaların uygun olarak örtülmesinden sonra yapılmalıdır. Hastanın bütün sırtı, omuzları ve iliak kanatları görünmelidir. Cilt, orta hatta görülen hemanjiomlar kıl kümesi, lumbosakral gamze gibi patolojiler açısından dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Servikal bölgeden başlayarak sakruma kadar spinöz çıkıntılar tek tek palpe edilmeli ve hassasiyet ya da defekt aranmalıdır. Ayakta duran hastada iliak kanatların aynı seviyede olup olmadığına bakılmalı olası bir bacak uzunluk farkı ekarte edilmelidir. Sırt ve omuz asimetrisi, gövdenin yan kıvrımları, eşit olmayan skapula çıkıntıları, belirgin iliak krista ve karşı taraf ile kıyaslandığında artmış kol ve gövde mesafesi açısından incelenmelidir.¹³¹

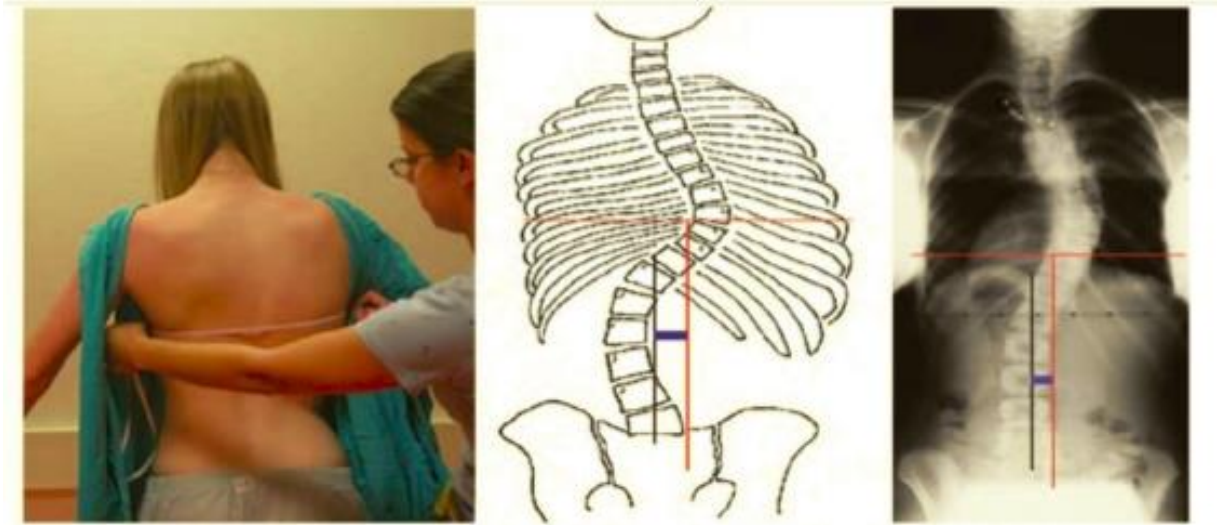
Adam's öne eğilme testi omurga eğriliğini gösteren en iyi fizik muayene testidir. Bu testle omurların rotasyon derecesi ve yönü açık olarak görülür. Adams öne eğilme testi; dizleri bükülmemiş, ayakları birleşik, kolları aşağıya sarkıtılmış ve avuçlar karşılıklı olmalıdır. Saptanan rotasyonel asimetri skolyometre ile ölçülebilir.^{119,120}

Omurga dengesi iki farklı yöntem ile değerlendirilir. Birinci yöntemde kafatası tabanından ya da C7 spinöz çıkıntısından aşağıya bir çekül sallandırılır (Şekil-24). Normalde bu dikey çizgi gluteal sulkustan 1 ile 2 cm'den daha uzak olmamalıdır. İdiopatik skolyozda baş hemen hemen daima gluteal sulkus hizasındadır. Aksi durumlarda eşlik edebilecek nörolojik patolojiler ekarte edilmelidir. İkinci metod ise gövdenin pelvis üzerindeki

pozisyonunu belirlemektir (Şekil-25). İdiopatik skolyozlu hastalarda başın pelvis üzerinde olmasının aksine, gövdenin pelvis üzerinde önemli derecede bir dengesizliği vardır. Bu özellikle tek torakal eğrilik şekli için geçerlidir.¹³¹



Şekil-24: Koronal denge. C7 spinöz çıkıntısından çizilen dikey çizgi gluteal oluk merkezinin en fazla 1-2 cm lateralinde olmalıdır (Çekül ile omurga dengesinin değerlendirilmesi).

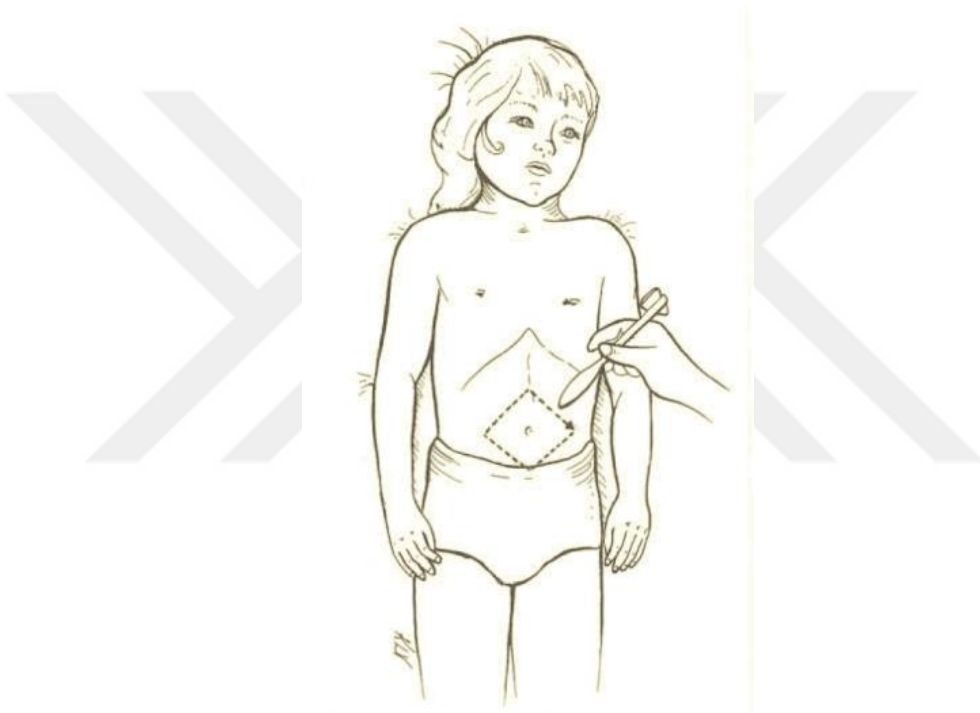


Şekil-25: Gövde dengesi. Gövde dengesini ölçmek için radyografide iki düşey hat çizilir. Birinci düşey hat santral sakral çizgidir. İkinci düşey hat, apikal vertebranın kostalarının periferik kenarından çizilen horizontal hattı ikiye böler. İki düşey hat arasındaki mesafe miktarı gövdenin dengesizliğidir.

Daha sonra hekim hastanın sagittal kontürünü değerlendirmek için yandan inceler. AİS'da normalde sagittal plan skolyotik segmentte hafif hipokifotiktir. Ciddi olgularda lordotik olabilir. Çok ciddi olgularda ise apikal vertebra 90 derece kadar rotasyondadır. Bu durumda hekim, yandan hastaya bakarken aslında omurgayı ön arka planda değerlendirmektedir. Ortaya çıkan klinik görünüm sagittal planda açıkça artmış kifozdur. Belirgin idiyopatik skolyozu olan bir hastadaki sagittal düzlem deformitesi siringomiyelinin bir işareti olabilir.^{131,135}

2.4.3.6.3. Nörolojik Muayene:

Nörolojik muayene hastanın reflekslerinin değerlendirilmesi ile başlar. Yüzeyel abdominal reflekslerin incelenmesi yararlıdır (Şekil-26).¹³⁶ Göbekten yaklaşık 10 cm yukarısı ve aşağısı ön koltukaltı çizgisine kadar ortaya konur ve reflkes çekicinin sapı ile her bir kadranda diagonal olarak göbeğe doğru nazikçe sıvazlanır. Patella ve aşıl tendon refleksleri de simetrik olmaları beklentisiyle, test edilmelidir. Kas gücü muayenesi ve dört ekstremitenin hareket açıklığı muayenesi de mutlaka yapılmalıdır. Eller ve ayaklar, anormal postür ve duyu açısından mutlaka muayene edilmelidir (tırnak yatağı deformiteleri, kallus oluşumları, vb).¹³¹



Şekil-26: Abdominal refleks muayenesi. Refleksler arasında asimerti anormaldır.

2.4.3.6.4. Hastanın Olgunluğu:

Tanner sistemine göre seksüel olgunluk fiziksel muayene sırasında değerlendirilebilir.¹³⁷ Bu sistem kızlarda pubik kıllanma ve meme gelişimini, erkeklerde genital ve pubik kıllanmayı değerlendirir. Menarş durumu, boy uzaması piki gibi klinik göstergeler ile Risser bulgusu ve asetabulum Y kırırdağının kapanması gibi radyolojik kriterler ile hasta olgunluğunun değerlendirilmesi daha yaygın olarak kullanılmaktadır.¹³¹

2.4.3.7. Radyolojik Bulgular

Omurga radyolojik incelemesi, 90x35cm (36x14 inç) büyüklüğündeki film kasetlerine, 2 metre mesafeden ayakta çekilen arka-ön ve yan radyografiler ile yapılır. Uzun film kasetlerinin kullanılması ile tek bir film üzerinde tüm eğrilik paternleri görülebilir. Arka-ön radyografide, eğrilik paterni, skolyozun tipi, eğriliğin lokalizasyonu, eğriliğin büyüklüğü, omurga ve gövdenin dengesi, iskelet maturitesi ve alt ekstremité uzunluk farkı değerlendirilebilir. Yan radyografi ile torakal ve lomber omurganın sagittal kontüründeki lordoz/kifoz tespiti, spondilolizis ve spondilolistezisin görüntülenmesi sağlanabilir.^{97,131}

Hastalara takiplerinde sık radyolojik tetkik yapılanlarda meme ve tiroit kanseri riskinin hafif artmış olduğu gösterilmiştir.^{64,138} Koronal plan değerlendirilmesinde arka-ön grafi, ön-arka grafinin yerini almıştır, kemik detayları gösterme kalitesi daha düşük olmasına rağmen radyasyon alımı ile karşılaştırıldığında göz ardı edilebilir çünkü burada tiroit ve meme dokusu belirgin olarak daha az radyasyona maruz kalmaktadır.^{64,138}

Alt ekstremitesinde eşitsizlik varsa, kısa ekstremité altına uygun uzunluk giderici destek konulmalıdır. Hasta ayakta duramıyorsa desteksiz oturma pozisyonunda radyografi çekilebilir. Ayakta yan grafi çekiminde kolların omurga ile superpozisyonunu önlemek için, omuzlar 90 derece fleksiyonda iken dirsekler tam fleksiyona alınır ve yumruk yapılan eller klavikula üzerinde tutulur (Şekil-27).

2.4.3.7.1.Eğrilik Derecesi Ölçümü:

Eğriliğin derecesinin belirlenmesinde Cobb metodu standart ölçüm yöntemi olarak kabul edilir. Ölçüm eğriliğin üst ve alt son (end) vertebraların tespit edilmesi ile başlanır. Sefalik end vertebranın üst, kaudal end vertebranın alt yüzeyleri, eğrilikte en fazla eğime sahiptirler. Eğriliğin konkav kısmında intervertebral aralık, kaudal end vertebranın altında geniş, üstünde dardır. Sefalik end vertebrada bunun tersi geçerlidir. End vertebra tespitinden sonra sefalik end vertebra üstünden kaudal end vertebra alt kısmında çizilen çizgilere dik çizgiler arasında oluşan açıya Cobb açısı denir (Şekil-28). Eğriliğin altında ve üstünde mevcut yapısal veya yapısal olmayan eğriliklere aynı yöntem ile ölçüm yapılır.¹³⁹

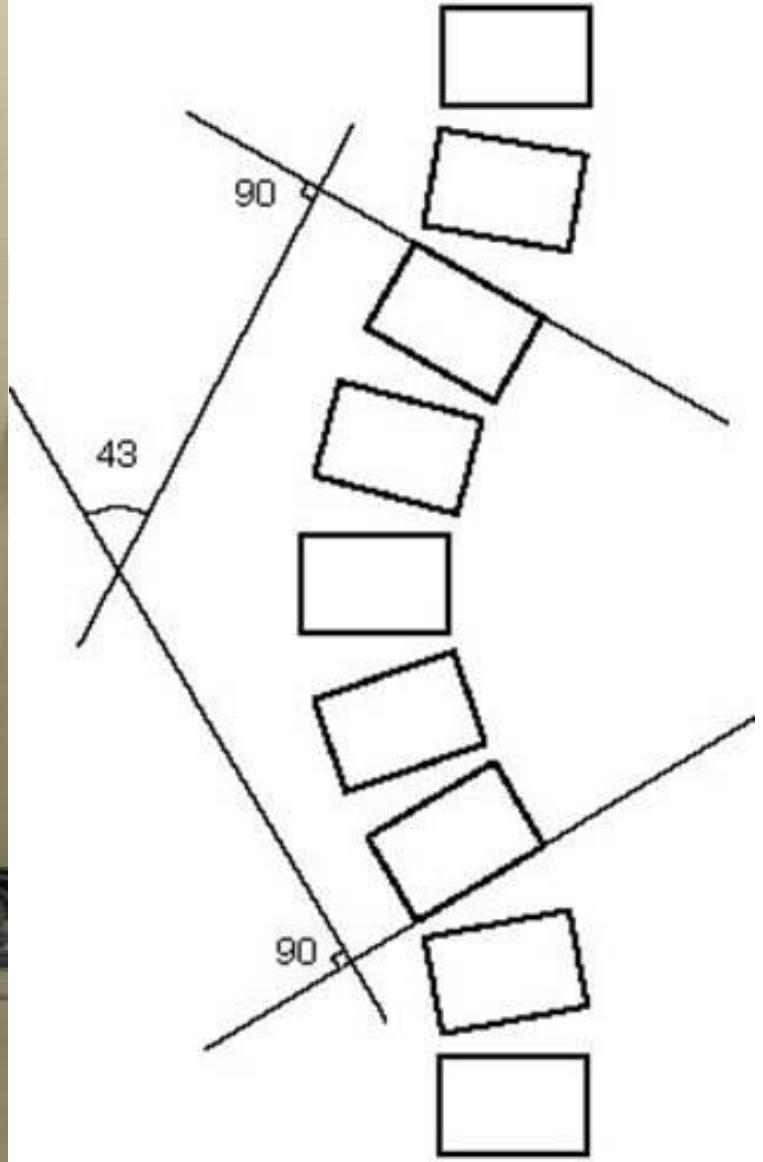
AİS eğrilik fleksibilitesi, konveksite yönüne doğru aktif yana eğilme radyografileri ile değerlendirilir. Bu radyografilerde ölçümler için ayakta ön-arka radyografilerinde Cobb ölçüm yöntemi kullanılır. Nötral radyografi ile eğilme radyografisi arasındaki açı farkı korreksiyon oranını vermektedir. Bu farka göre eğriliğin esnek mi yoksa yapısal mı olduğuna karar verilir (Şekil-29).^{12,97,131}

Cobb açısı ölçümü içindeki tanımlamalar (Şekil-30):

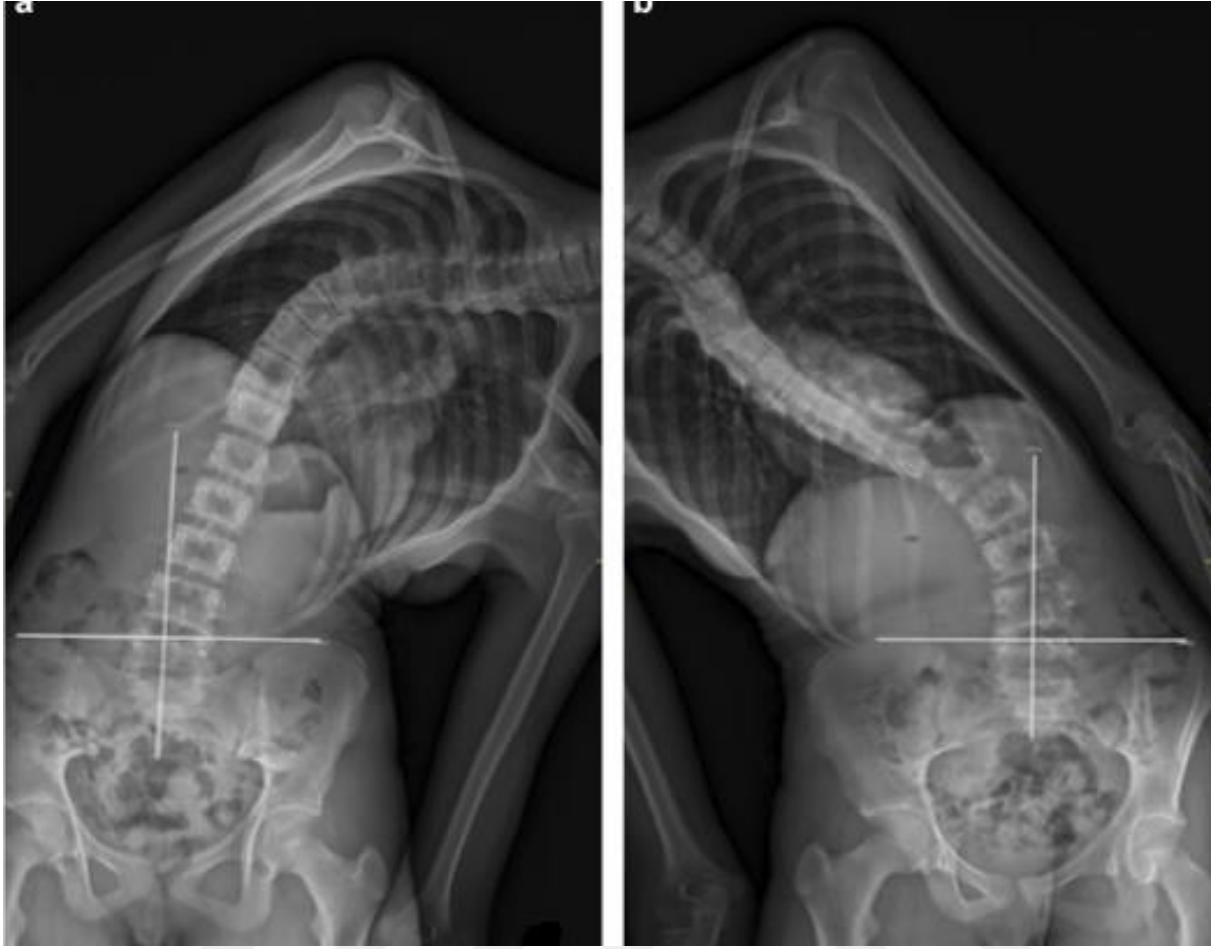
- Uç (end) Vertebra: Merkezi sakral dikey çizgiye (MSDÇ) göre en fazla açısal sapma gösteren proksimal ve distal vertebra
- Rotasyon: Vertebraanın aksiyel düzlemdeki dönüklüğü
- Apikal Vertebra: MSDÇ'ye en uzak ve rotasyonu en fazla olan vertebra



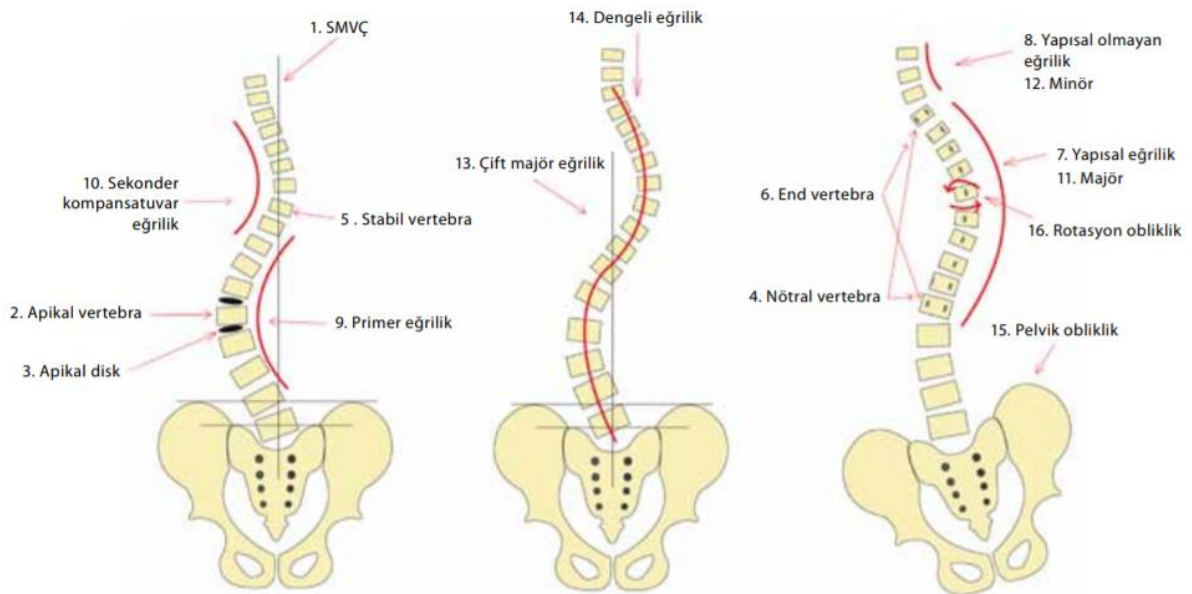
Şekil-27: Skolyoz lateral radyografisi hasta pozisyonu gösterilmektedir.



Şekil-28: Cobb metodu ile eğrilğin açı ölçümü gösterilmektedir.



Şekil-29: Skolyoz fleksibilite radyografilerinden, yana eğilme radyografisi gösterilmektedir.



Şekil-30: Radyolojik değerlendirmede sıklıkla kullanılan terimler. SMVÇ: Sakrum merkezli vertikal çizgi.

- Nötral Vertebra: Eğriliğin proksimal ve distalinde rotasyonu olmayan ilk vertebraya verilen isim
- Stabil Vertebra: MSDÇ tarafından tam ortadan bölünen eğriliğin distal end vertebraasına yakın en sefalad vertebra

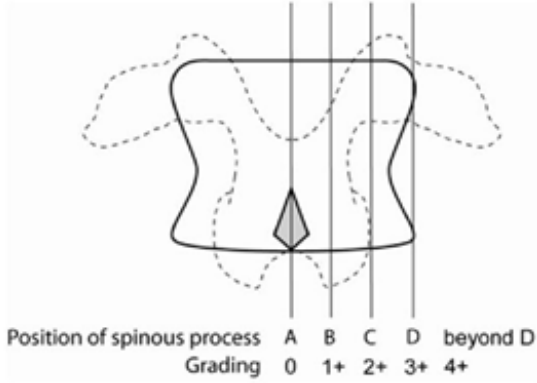
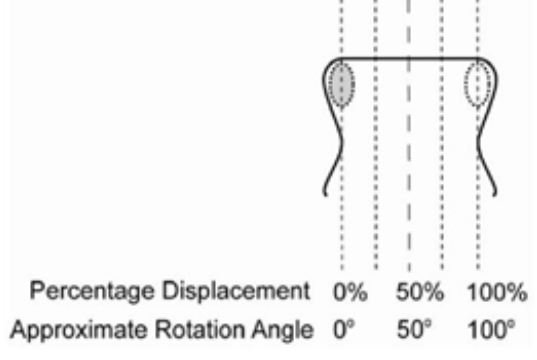
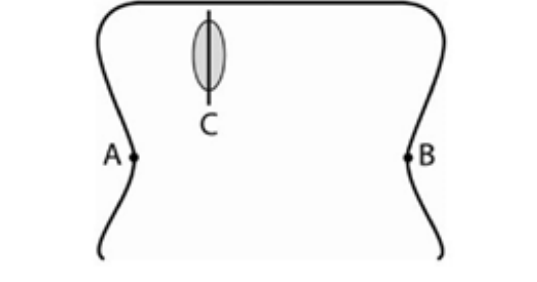
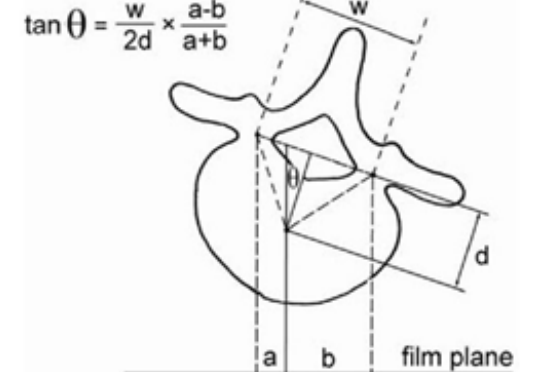
Sagittal planda yan grafide, proximal torakal bölge için torakal 2 (T2) torakal 5 (T5), torakal bölge için torakal 5 (T5) ve torakal 12 (T12) vertebra arası, lomber bölge için lomber 1 (L1) ile lomber 5 (L5) arası, torakolomber için torakal 10 (T10) ile lomber 2 (L2) arası cobb açısı ile ölçülür. Kifoz açıları (+), lordoz açıları (-) olarak tanımlanır.^{97,101}

2.4.3.7.2. Vertebra Rotasyon Ölçüm Teknikleri:

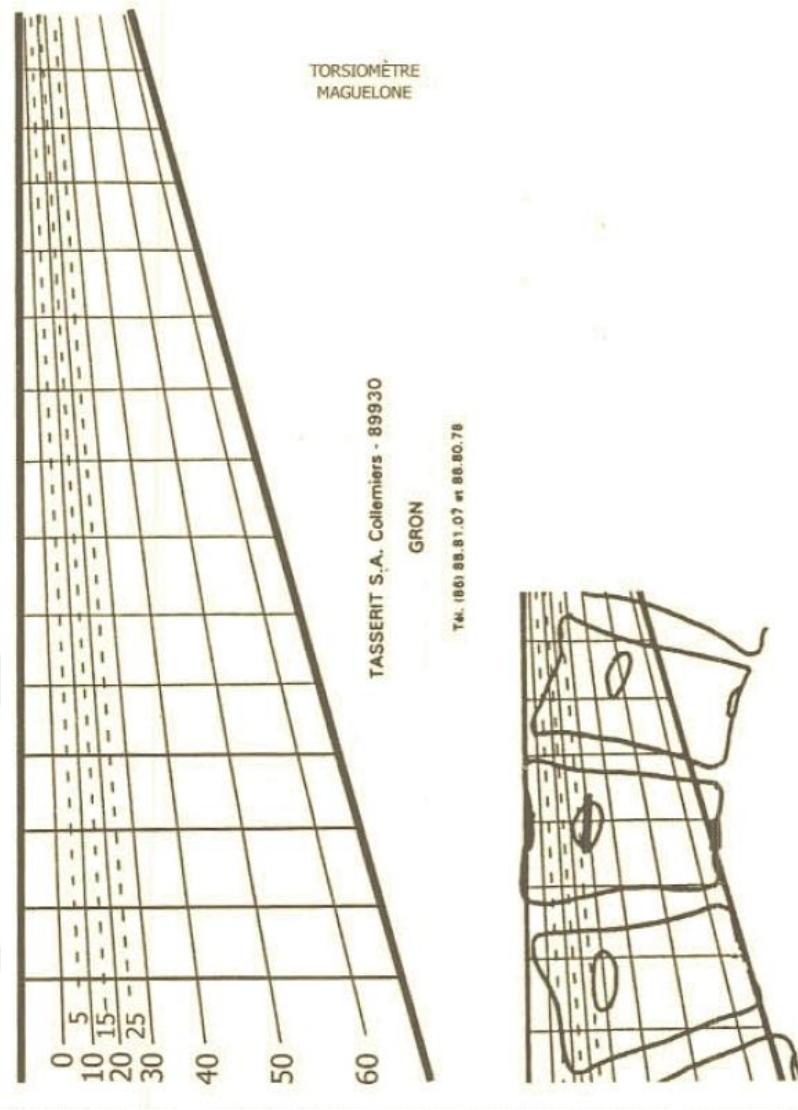
Vertebra rotasyonunu direkt ön-arka radyografide belirlemede Cobb, Perdriolle, Nash ve Moe, Stokes, Raimondi, Dre-rup metotları yaygın kullanılan yöntemlerdir. Cobb metodu, spinöz çıkıntının bulunduğu pozisyona göre aksiyel rotasyon tayini yapmaktadır. Perdriolle, Nash ve Moe, Stokes, Raimondi, Dre-rup metotlarında pedikül pozisyonuna göre rotasyon ölçümü yapar (Tablo-3).¹⁴⁰

En yaygın kullanılan yöntem Pedriolle (Şekil-29) ve Nash-Moe yöntemidir.¹³¹ Nash-Moe yönteminde özel bir cetvele gerek yoktur. Spinöz çıkıntıdan çizilen dik çizgiye pedikül bölgesi içine teğet bir noktadan paralel bir çizgi çekilir. Sonra bu iki çizgi orta noktasından yeni bir paralel çizgi çekilerek pedikül ile spinöz çıkıntı arası iki eşit bölgeye ayrılmış olur ve bu yöntemle rotasyon değerlendirilir. Evre 0 rotasyonun olmamasıdır, her iki pedikül simetriktir. Evre 1'de konveks pedikül vertebra kenarından ayrılmaya konkav pedikül kaybolmaya başlar. Evre 3'te konveks pedikül orta hatta gelmiştir, evre 2'de ise rotasyon evre 1 ile evre 3 arasındadır. Evre 4'te konveks pedikül orta hattı geçmiştir.

Rotasyon ölçümünde altın standart üç boyutlu bilgisayarlı tomografidir.¹⁴¹

<u>Cobb</u>	Vertebra gövdesi altı bölmeye ayrılır ve <u>spinöz çıkıntının</u> olduğu bölgeye göre rotasyon tayini yapılır.	 Position of spinous process A B C D beyond D Grading 0 1+ 2+ 3+ 4+
<u>Nash-Moe</u>	Konveks taraftaki <u>pedikülün</u> vertebra cismindeki yer değiştirmesine göre <u>vertebral rotasyon</u> tahmini yapılır.	 Percentage Displacement 0% 50% 100% Approximate Rotation Angle 0° 50° 100°
<u>Perdriolle</u>	<u>Perdriolle torsiyonometresinin</u> dış kenarı <u>vertebranın lateral sınırının</u> üzerine yerleştirilir. Konveks <u>pedikül gövdesini</u> ortadan kesen hat <u>vertebranın</u> rotasyon miktarını belirler.	
<u>Stokes</u>	<u>Pediküllerin</u> vertebra merkezine olan uzaklıkları film üzerinden ölçülüp <u>Stokes formülü</u> üzerinden rotasyon hesaplanır.	 $\tan \theta = \frac{w}{2d} \times \frac{a-b}{a+b}$ film plane

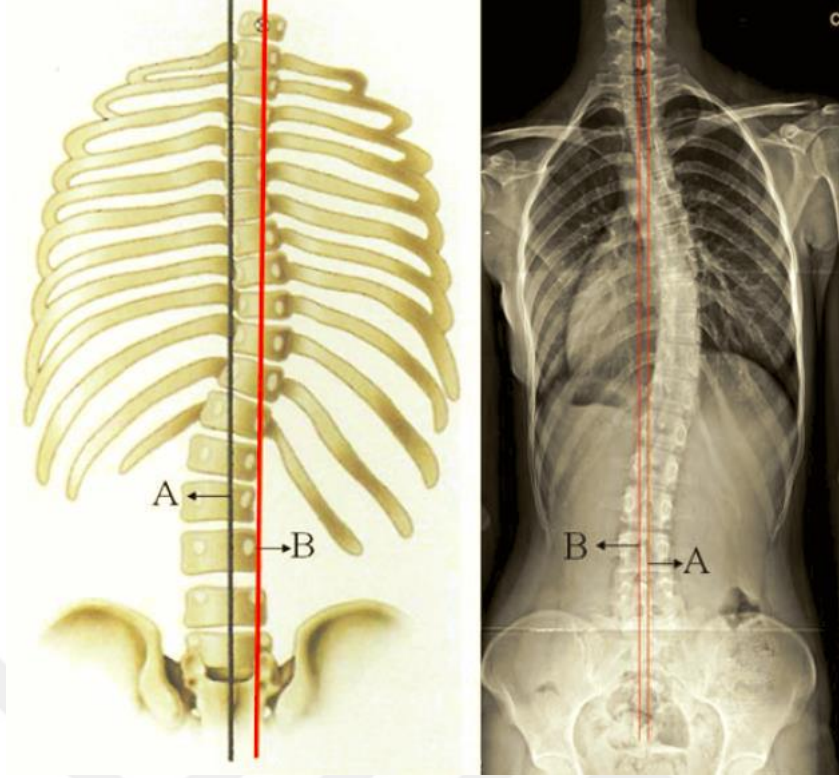
Tablo-3: Vertebra rotasyon ölçüm yöntemlerine örnekler.



Şekil-31: Perdriolle torsiometresi.

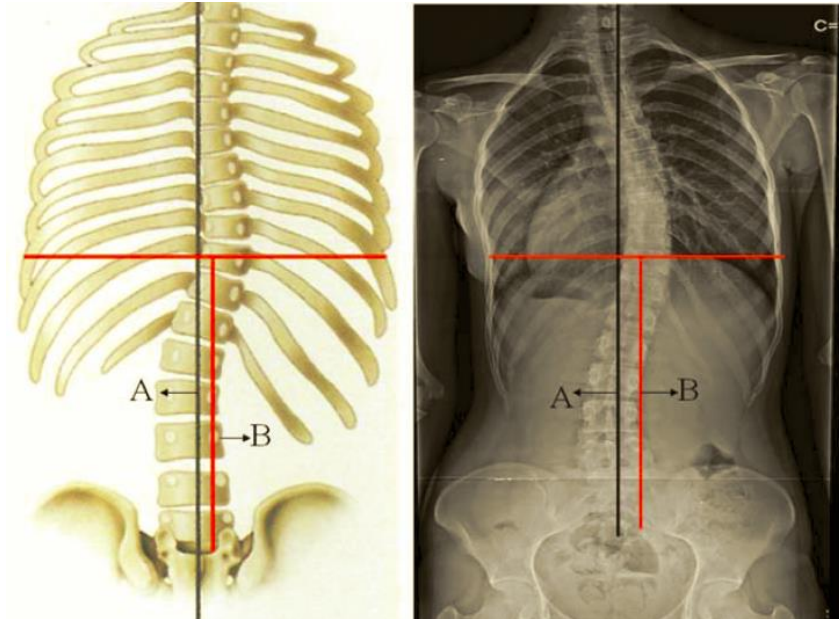
2.4.3.7.3. Koronal Dengenin Değerlendirilmesi:

Koronal omurga dengesi değerlendirilirken tek planda bakılmamalı ve sagittal denge ile beraber değerlendirilmelidir. Koronal dengenin değerlendirilebilmesi için önce ön-arka radyografide MSDÇ belirlenir. MSDÇ, pelvisin normal horizontal pozisyonda görüldüğü radyografide, kristaların üst sınırına paralel çizilen yatay çizgiye, dik olarak çizilen ve sakrum merkezinden geçen çizgidir. İkinci olarak servikal 7. Vertebra (C7) cisminin orta noktasından vertikal olarak çizilen C7 çekül (plumb) çizgisi ile MSDÇ arasındaki mesafe ölçülerek değerlendirilir. Bu çizgi sakrumun merkezinden 2 cm'den daha uzaktaysa koronal denge zayıf ya da dekompanse olarak değerlendirilir (Şekil-32).¹³¹



Şekil-32: Koronal Denge (A-B arası mesafe). A: MSDÇ. B: C7 Çekül çizgisi. A-B arası mesafe 1 ile 2 cm'den daha fazla olmamalıdır.

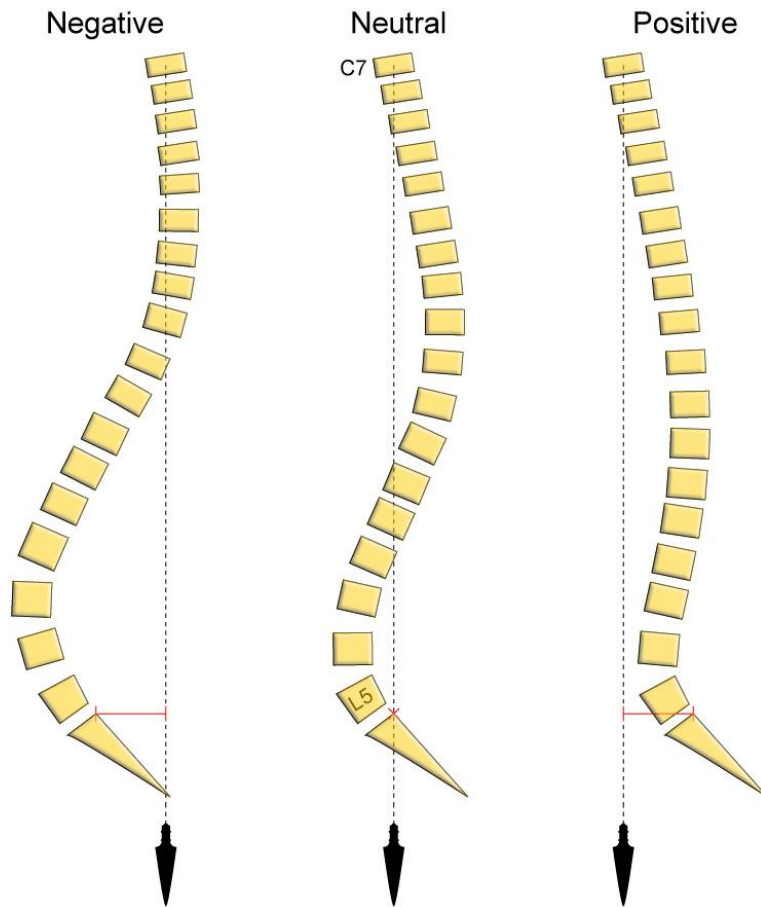
Gövde dengesinde toraksın pelvis üzerindeki pozisyonuna bakılır ve torakal apikal vertebraya ait kaburgaların periferini birleştiren horizontal çizgiyi tam ortadan dikey olarak bölen çizgi ile MSDÇ arasındaki fark gövdenin dengesizliğini gösterir (Şekil-33).¹³¹



Şekil-33: Gövde dengesini ölçmek için radyografide iki düşey hat çizilir. A: MSDÇ. B: Gövde Orta Hat çizgisi. İki düşey hat arasındaki mesafe miktarı gövdenin dengesizliğidir.

2.4.3.7.4. Sagital Dengenin Değerlendirilmesi:

Sagital denge segmental, bölgesel veya global olarak değerlendirilebilir. Segmental incelemede iki vertebra cismi ve aralarındaki disk ilişkisi değerlendirilir. Bölgesel sagital denge torakal, lomber veya torakolomber olarak değerlendirilir. Global sagital denge ise densten aşağıya indirilen düz bir çizgi çizilmesi ile değerlendirilir.⁹⁷ Global sagital dengede çizgi torakal bölgede anteriordan, lomberde posteriorundan ve S1'in uç plağının posterior köşesinden geçer. Eğer yan grafisinde dens görülemez ise servikal 7. Vertebra (C7) korpusundan aşağıya çizgi indirilir. Bu çizgi sagital vertebral aks (SVA) olarak adlandırılır. Düz çizgi sakral 1. cismin posterosuperior kenarına göre 2 cm'den fazla anteriorda ise pozitif (+) SVA, 2 cm'den fazla posteriorda ise negatif (-) SVA olarak değerlendirilir (Şekil-34).^{12,97,139}

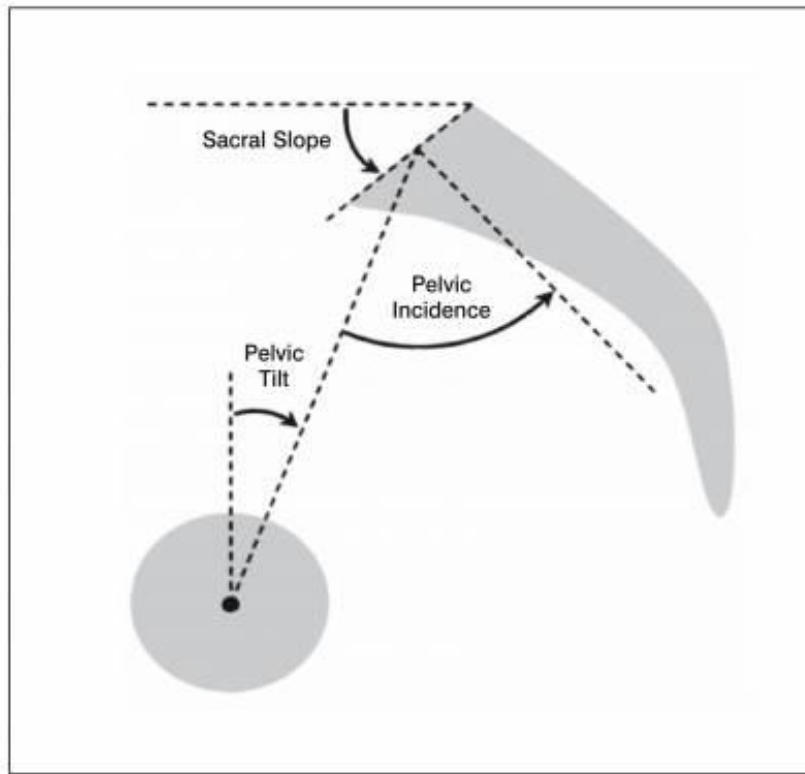


Şekil-34: SVA'nın çekül çizgisi ile değerlendirilmesi.

Duval-Beaupere tarafından tanımlanan spinopelvik parametreler ile lomber bölgenin pelvis ile olan ilişkisi hesaplanır (Şekil-35).¹⁴² Spinopelvik parametreler;

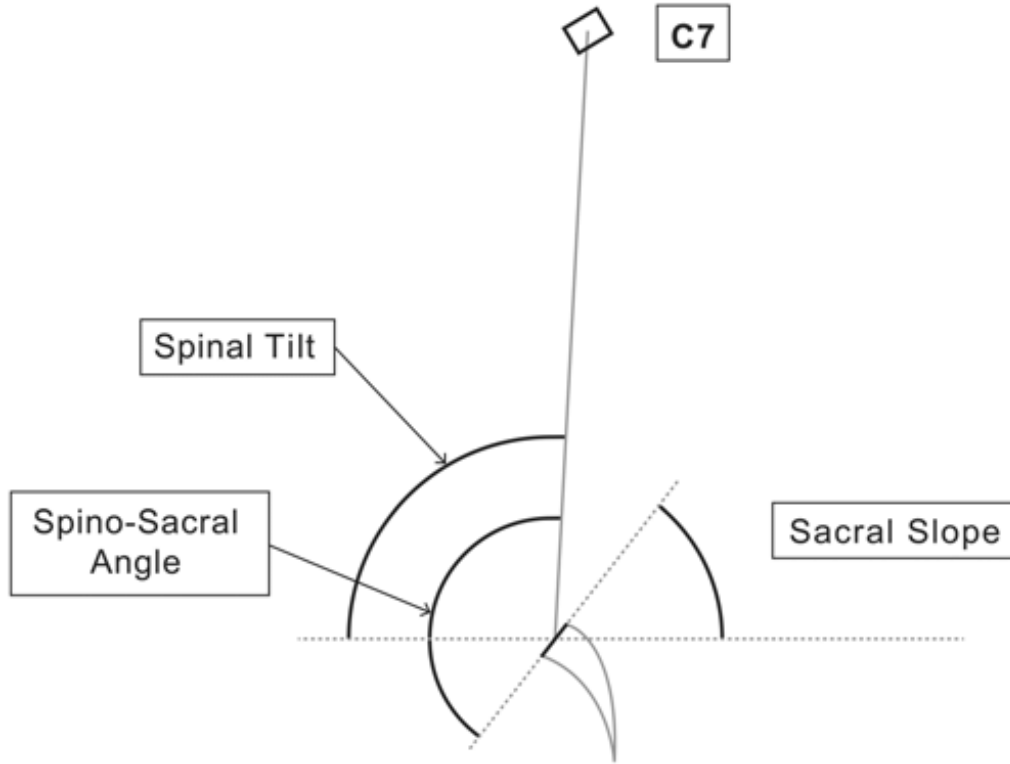
- Pelvik İnsidans (PI): Sakral platonun orta noktasına inilen dik çizgi ile femur başı merkezinden bu noktaya çizilen çizgi arasındaki açı,
- Pelvik Tilt(PT): Femur başından vertikal hat ile sakral plato ortasına çekilen çizgi arasındaki açı,
- Sakral Slop(SS): Sakral platodan teğet geçen hat ile sakral platonun orta noktasından geçen horizontal hat arasındaki açı,
- $PI=PT+SS$.

Pelvis insidans $52,6 \text{ derece} \pm 10,4 \text{ derece}$; pelvik tilt $13 \text{ derece} \pm 6,8 \text{ derece}$ ve sakral slop (eğim) ise $39,6 \text{ derece} \pm 7,9 \text{ derecedir}$. Sonuç olarak omurgada normal bir denge için pelvik tilt, pelvik insidansın yarısından küçük, sakral slope ise pelvik insidansın yarısından büyük olmalıdır.¹⁴²

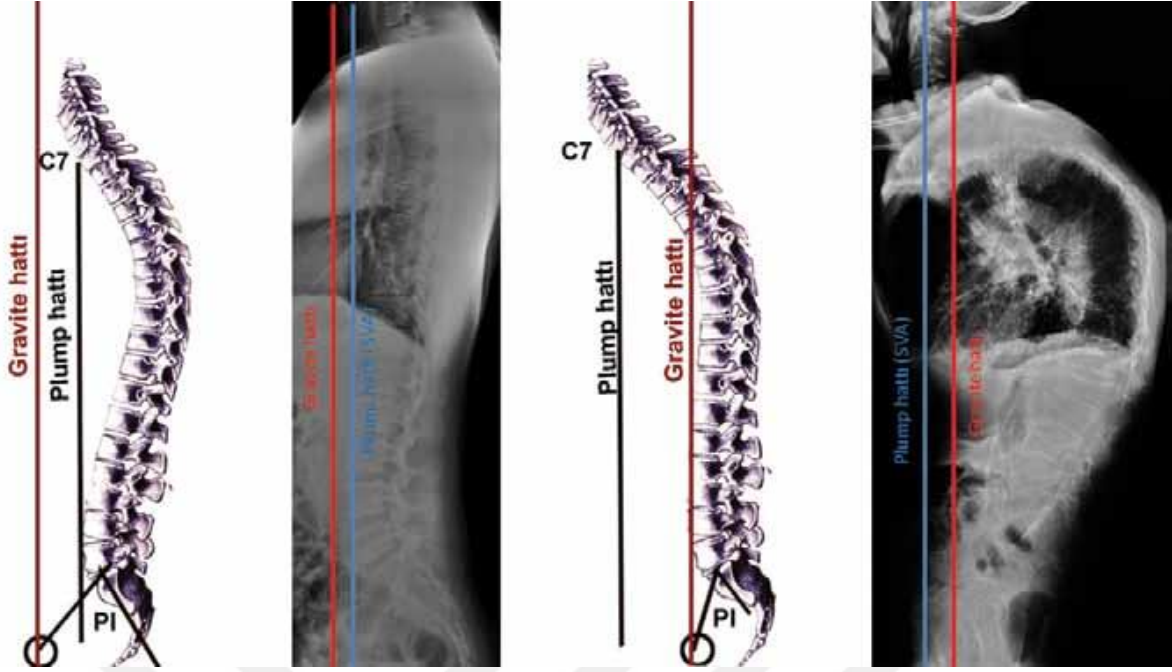


Şekil-35: Sakral slop (eğim), pelvik tilt ve pelvik insidansın gösterimi. Pelvik insidans, pelvik tilt ve sakral slopun toplamına eşittir.

Spinosakral açı ve spinal tilt ile pelvisin omurgayla ilişkisi değerlendirilebilir. “Spinosakral açı”, C7 vertebranın orta noktasından sakral uç plağın orta noktasına çizilen hat ile sakral uç plaktan teğet geçen hat ile arasındaki açıdır. Spinal tilt, C7 vertebra merkezinden sakral uç plağın orta noktasına çizilen çizgi ile bu orta noktadan geçen horizontal hat arasındaki açıdır. Normal bireylerde spinosakral açı 110-150 derece ve spinal tilt 85-100 derece arasında değişir (Şekil-36). Omurga öne eğildiğinde kompensasyonla pelvis geriye doğru döner ve spinosakral açı azalırken, sakral sloop (SS) da azalır ancak pelvik tilt artar. Pelvik parametreler normal sınırlarda kalmaya çalışır. Diz eklemleri fleksiyona gelerek, kompensasyon sağlamaya ve omurgayı dik tutmaya çalışır.¹⁴³ Normalde gravite hattı (vücut ağırlık merkezinden geçen vertikal hat), C7 plumb hattının daima önündedir. Sagital dengesizlik oluştuğunda C7 plumb hattı, gravite hattının önüne geçer (Şekil-37).¹⁴³



Şekil-36: Spinal tilt ve spino-sakral açı.



Şekil-37: Normal bir omurgada gravite hattı her zaman C7 çekül çizgisinin (plumb line) önündedir. Sagittal balanstaki bozulmalar sonucu çekül çizgisi, gravite hattının önüne geçebilir.

2.4.3.7.5. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG):

MRG spinal kanal anomalilerinin net olarak anatomik görüntülenmesinde üstün bir yöntemdir. Adölesan dönemde sağ torakal eğrilik olan, nörolojik defisit olmayan asemptomatik hastaya MR görüntüleme rutin kullanılmaz.^{97,131}

Skolyoz hastalarında MR görüntüleme endikasyonları:

- Asimetrik abdominal reflekslerin varlığı
- Beklenmedik şekilde progresyon gösteren skolyoz
- Cerrahi gerektiren sol torakal eğrilikler
- Ataksi, güçsüzlük, ilerleyici ayak deformitesinin eşlik ettiği nörolojik problem varlığı.^{12,131}

2.4.3.7.6. Bilgisayarlı Tomografi (BT):

AİS görüntülenmesinde BT rutin kullanılan bir tetkik değildir. Spinal doğumsal anomaliler, BT yardımıyla net olarak görülür. Psödoartroz şüphesi varsa kemik füzyonunun belirlenmesinde yararlı bir yöntemdir. BT ile pedikül vidalarının konumu ve omurga rotasyonu belirlenebilir.¹⁴¹

2.4.3.8. Tedavi

AİS’da eğriliklerinin ilerleme olasılığı düşük olan birçok hastada tedaviye gerek yoktur.¹⁴⁴ Tedaviye karar verilirken, hastanın büyüme potansiyeli, matürasyon derecesi, skolyozun lokalizasyonu ve tipi göz önünde bulundurulacak faktörlerdir. Tedavi seçenekleri; gözlem, konservatif tedavi ve cerrahi tedavidir. Tablo-4’te genel tedavi yaklaşımları gösterilmiştir.^{131,145}

Curve Magnitude	Risser Sign Grade 0/Premenarchal	Risser Sign Grades 1 or 2	Risser Sign Grades 3, 4, or 5
<25 degrees	Observation	Observation	Observation
30–45 degrees	Brace therapy (begin when curve exceeds 25 degrees)	Brace therapy	Observation
>45 degrees	Surgery	Surgery	Surgery (when curve exceeds 50 degrees)

Tablo-4: İdiopatik skolyozlu hastalarda tedavi ilkeleri.

2.4.3.8.1. Gözlem:

Genel olarak 25 derecenin altındaki eğriliklerde matüriteye bakılmaksızın tedaviye gerek yoktur. Gözlem yapmak uygundur. Hastaların ne kadar sıklıkla görüleceği matürite ve eğrilik derecesine bağlıdır. Hastaların eğriliğinde ilerleme olursa korse veya cerrahi tedavi gerekebilir. İskelet matüritesi Risser 3 veya daha fazla olan hastalarda takip aralıkları uzatılabilir. Ayrıca ilk başvuruda ki eğrilik derecesi takip aralığını etkiler. Eğrilik 20 derece altında ise 6 ayda bir kontrol, 20-30 derece arasında ise 3-4 ayda bir kontrol uygun olur. Eğrilikte 5-7 derece arasında artış olursa tedavi edilmesi gerekebilir. Eğrilik takibinde artış olmayan hastalarda takip aralığı uzatılabilir.^{113,131}

2.4.3.8.2. Konservatif Tedavi:

Konservatif tedavinin etkili olduğunu söyleyebilmek için, büyüyen adölesanlarda, eğriliği 25-45 derece arası Risser 0 veya 1 olan risk altındaki hastaların, tüm eğrilik paternlerinde eğriliğin ilerlemesi önlenmeli, tedavinin sonunda kabul edilebilir kozmetik görünüm sağlanmalı ve cerrahiye olan ihtiyaç azaltılabilmelidir.¹³¹

Ortez tedavisini, tarihsel olarak tedavi amaçlı ilk defa zırh şeklinde metal breys ile kullananın Pare olduğu bildirilmektedir. Breys tedavisi, eğriliğin ilerlemesini önlemek için eğrilik artma potansiyeli olan hastalarda yani immatür hastalarda kullanılır. Breys tedavisine genel bakışta; Risser 0-1-2 olup, Cobb açısı 30 ile 45 derece arasında ise veya ilk yapılan ölçümde 20-30 derece arasında olup takiplerinde 5 dereceden fazla artış görülen hastalarda kullanılır. Risser 0 olanlar eğrilikleri 25 dereceye ulaştığında breys kullanacak adaylar olarak kabul edilir. Tüm eğrilikler için ana amaçlar cerrahiden kaçınma, estetik ve yaşam kalitesinin

düzeltilmesi, disabilite ve ağrının azaltılması olarak belirlenmiştir.¹⁴⁶ Scoliosis Research Society komitesi AIS'da breys kullanılması ile ilgili optimal kriterleri belirlemiştir; ortez yazıldığında 10 yaş ve üzeri olanlar, Risser 0-2 arasında olanlar, primer eğriliği 25-40 derece arasında olanlar, daha önce tedavi görmemiş olanlar, ve eğer bayansa, ya adet öncesi olanlar ya da adet sonrası 1 yıldan az süre geçmiş olanlar.¹⁴⁷

Breys kullanımının kontrendike olduğu durumlar mevcuttur. Bunlar; 45 derece üzerinde eğriliği olan büyüyen adolesanlar, aşırı torakal hipokifoz (20 dereceye eşit ya da altında olan olgular), matür adolesanlardır. Büyük eğrilikleri olan hastalarda breys tedavisinden kaçınılmasının bir ististası vardır; büyüme rezervi fazla, immatür, henüz zirve büyüme hızına ulaşmamış ve büyük (yaklaşık 50 derece) eğriliği olanlarda matürite tamamlanana kadar ilerlemeyi önleme anlamında breys tedavisinden yararlanılır. Bu hastalarda breys tedavisi, kranksaft fenomenini önlemek için ilave anterior füzyon ihtiyacından kaçınılmasını sağlar. Breyslemenin rölatif kontrendikasyonu ise ortez tedavisine yanıt vermeyen yüksek torakal ve servikotorakal eğrilikler ve erkek çocuklardır.¹³¹

Kullanılan birçok ortez çeşidi mevcuttur. Ortezler genellikle üretildikleri yere göre isimlendirilir. Milwaukee breysi (Şekil-38) , Boston breysi (Şekil-38), Wilmington breysi, Charleston breysi (Şekil-38), Miami breysi, Providence breysi örneklerden bazılarıdır.

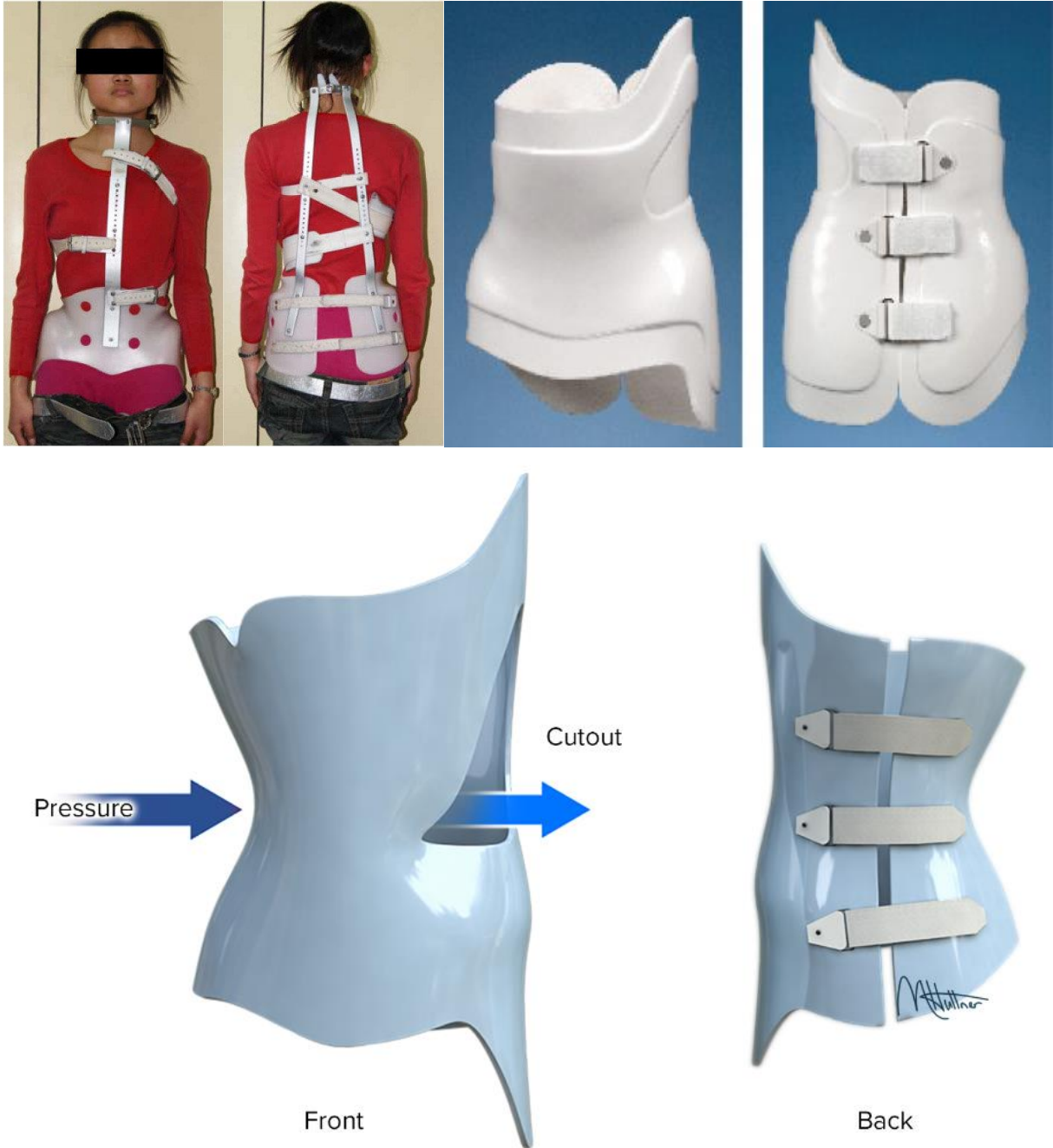
Milwaukee breysi, üç esas komponentten oluşur: Pelvik komponent, üst yapı ve lateral yastıklar. Zamanla modifiye edilmiştir. Servikotorakolumbosakral (CTLSO) bir ortezdir. Lonstein ve Winter'in geniş serili çalışmasında AIS'da etkili olduğu gösterilmiştir fakat başarı diğer breyslerde de olduğu gibi mutlak değildir.¹¹³ Günümüzde kişisel görünüm üzerinde olumsuz etkisinden dolayı, kullanımı büyük ölçüde azalmış ve yerini düşük profilli torakolumbosakral (TLSO) breysler almıştır.

Boston breysi, 1971 yılında Hall ve arkadaşları tarafından tanıtılmıştır.⁶³ Tasarımı prefabrik bir simetrik torakolomber-pelvik modül olup, basınç uygulanan bölgenin karşısı açılarak gevşeme sağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Günümüzde en sık kullanılan TLSO olup Milwaukee breysi gibi, 35-45 derece gibi büyük eğriliklerde de etkilidir.¹⁴⁸

Wilmington breysi 1980 yılında tanımlanmıştır. Ismarlama olarak, skolyoz Cotrel ya da Risser alçıları ile maksimum düzeltildikten sonra elde edilen kalıp üzerinden hazırlanır.¹⁴⁹ Boston breysinin popüleritesine ulaşamamıştır.

Charleston breysi yarı zamanlı kullanımın etkili olduğu düşüncesinden yola çıkarak sadece geceleri kullanılması planlanarak tasarlanmıştır.¹⁵⁰ Bu breys hastayı düzelterek maksimum yana eğilmiş pozisyonda tutar. Breys dikey pozisyonda durmaya izin vermediğinden 8-10 saat boyunca yalnızca geceleri kullanılır. Önceki çalışmalarda

Milwaukee ve Boston breysleri kadar etkili olduğu söylenmişse de,¹⁵⁰ güncel çalışmalarda Charleston breysi ile tedavi görenlerin %83'nde eğrilik ilermesinin 5 derecenin üzerinde olduğu bildirilmiştir.¹⁵¹ Kullanımı tek lomber ya da torakolomber eğriliği 35 derecenin altında olan hastalarla sınırlandırılmıştır.¹³¹



şekil-38: ste solda Milwaukee breysi, üste sağda Boston breysi ve altta Charleston gece breysi gösterilmektedir.

Providence breysi, Charleston breysi gibi sadece geceleri kullanılır. Bilgisayar desteğinde tasarlanıp üretilir.¹³¹

Scoliosis Research Society'nin Prevalans ve Doğal Seyir Komitesi breyslemenin tüm gün kullanımının (23 saat) yarı zamanlı kullanıma (8-16 saat) göre daha başarılı olduğu sonucuna varmıştır.¹⁵²

2.4.3.8.3. Cerrahi Tedavi:

AİS cerrahi tedavisinde temel amaç eğriliğin derecesini azaltmak, eğriliğin ilerlemesini durdurmaktır. Bunu yaparken omurganın sagittal ve koronal dengesinin de korunması ve dengeli bir omurga oluşmasının sağlanmasıdır. Bu iki amaç sağlanırken mümkün olduğunca az segment füzyon sahasına dahil edilmelidir. Cerrahi endikasyonlar; (1) cobb açısının 45-50 derece üzerinde olduğu eğrilikler, (2) sagittal planda imbalans gösteren, torakolomber kifoz ve lomber kifozun meydana geldiği durumlar, (3) iskelet matüritesinin tamamlanmadığı, korse kullanılmasına rağmen 40 derecenin üzerinde seyreden ve progresyon eğilimi gösteren eğrilikler, (4) denge unsurunun korunamadığı ve kompanse edilemediği durumlar ve (5) deformitenin hastayı kozmetik ve psikolojik olarak rahatsız ettiği durumlardır.^{97,131,153}

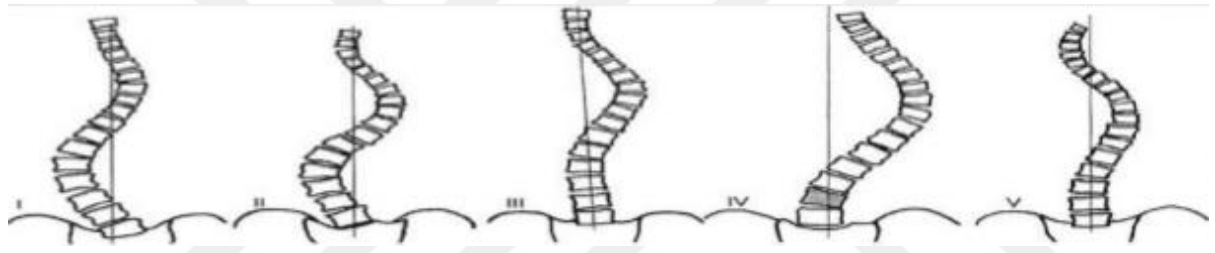
2.4.3.8.3.1. Ameliyat öncesi planlama:

Ameliyata alınacak tüm hastalar gibi sistemik sorgulama ve fizik muayene bu hastalara da uygulanır. En başta skolyozun lokalizasyonu, eğriliğin derecesi, etiyojisi, aile öyküsü bilinmelidir. Bununla birlikte skolyozun neden olduğu fizyopatolojik değişiklikleri saptamak amacıyla AİS' lu olgular solunum, kardiyovasküler ve nörolojik açıdan daha da ayrıntılı değerlendirilmelidir. Ameliyat öncesi planlama yapılırken, hastanın eğrilik paterni, omurga dengesi, ameliyat öncesi eğrilik fleksibilitesi, kosta deformiteleri, nörolojik durum, fiziksel matürite, büyüme potansiyeli ve cerrahi ile ilgili diğer ihtiyaçlar dikkate alınmalıdır.^{64,154,155} Ameliyat öncesi yapılan planlama sonucunda, enstrümantasyon seçimi, gerekli spinal füzyon seviyeleri, anterior veya posterior yaklaşım kararı belirlenir. Bu amaçla eğrilik paternlerinin bilinmesi gereklidir.

2.4.3.8.3.2. Eğrilik Paternleri:

King-Moe Sınıflama Sistemi: 1983 yılında King ve arkadaşları AİS için bir radyolojik sınıflama sistemi tanıtmışlardır; 5 ayrı eğrilik paterni tanımlamışlardır (Tablo-5).^{4,131} King tip

I eğrilik; ‘S’ şeklinde olan çift eğriliktir. Lomber eğrilik, torakal eğrilikten büyüktür ve torakal eğrilik daha esnektir. King tip II eğrilik; ‘S’ şeklinde olan çift eğriliktir. Torakal eğrilik, lomber eğrilikten büyüktür. Lomber eğrilik daha esnektir. King tip III eğrilik; Tek majör torasik eğrilik vardır, eğriliğin alt seviyesi orta hattı geçmez. King tip IV eğrilik; Tek majör uzun torasik eğrilik vardır. L5 vertebra sakrum üzerinde santralizedir. L4, eğriliğin konveks tarafına doğru eğimlidir. King tip V eğrilik; Torakal bölgede çift yapısal eğrilik mevcuttur. T1 üst torakal eğriliğin konveks tarafına doğru eğimlidir. King tip II ve III, en sık görülen ve cerrahinin en sık uygulandığı gruplardır. King sınıflamasının bazı dezavantajları mevcuttur: (1) Bazı tip eğrilikleri kapsamaması (izole torakolomber, izole lomber, çift veya üçlü majör eğrilikler), (2) Mevcut yeni enstrümantasyon sistemlerini uygulamak için uygun değildir. Daha çok harrington enstrümantasyon sistemi için uyumludur, (3) Sadece eğriliğin koronal planını değerlendirmeye almaktadır.¹³¹



Çift eğrilik, her iki eğrilik de orta hattı geçer, lomber eğrilik daha büyük ve daha az esnektir.	Çift eğrilik, her iki eğrilik de orta hattı geçer, torasik eğrilik daha büyük ve daha az esnektir.	Torasik eğrilik orta hattı geçer ve lomber eğrilik orta hattı geçmez.	Uzun torasik eğrilik. L5 sakrum üzerinde merkezdedir fakat L4 torakal eğrilik yönüne tilt olmuştur.	Torasik eğrilik ve T1 üst torakal eğrilik yönüne doğru tilt olmuştur.
---	--	---	---	---

Tablo-5: King-Moe Sınıflama Sistemi

Lenke Sınıflama Sistemi: Lenke ve arkadaşları tarafından mevcut sistemlerin eksiklikleri giderilmesi ve ihtiyaçlara karşılık vermesi için Lenke sınıflaması tariflenmiştir (Tablo-6).^{72,131} Bu sistemin avantajları arasında; AIS’da torakal eğrilik dışında lomber eğrilikleri de içine alması, koronal plan dışında sagittal planın da değerlendirmeye dahil edilmesi, eğrilik tiplerini ayırmak için spesifik ve objektif kriterlere sahip olması, sınıflamanın tedaviye yönelik olması, gözlemci içi ve gözlemciler arası uyumluluk derecesinin yüksek olması ve kolay ve anlaşılır bir sistem olması gösterilebilir.^{5,72,131,156} Lenke sınıflandırma

sisteminde eğrilik tipini belirlemek için ayakta çekilen ön-arka radyografi, yan radyografi ve yatarak çekilen yana eğilme radyografilerinde üç bileşen tespit edilmesi gerekir. Bunlar eğriliğin tipi, sagittal torakal belirleyici ve lomber omurga belirleyicisidir. Bu üç bileşene göre sınıflama oluşturulur. Ayakta çekilen ön arka skolyoz orthoröntgenograma göre omurga proksimal torasik (PrT), ana torasik (MT), ve torakolomber/lomber (TL/L) olarak üçe ayrılır. Cobb yöntemi ile bu sayılan bölgelerde açı ölçümleri yapılır, en yüksek eğriliğe sahip olan majör eğrilik olarak belirlenir. Diğer eğrilikler minör eğriliklerdir. Lenke sınıflamasının avantajlarından biri, cerrahi alan seçimine yardım etmesidir. Bu amaçla minör eğriliklerin yapısal olma kriterleri tarif edilmiştir. Yatarak çekilen yana eğilme grafilerinde, aktif eğilme sonrası kalan eğrilik 25 derece ve üzerinde ise, bu minör eğrilik yapısal olarak kabul edilir. Ayrıca sagittal planda, proksimal torakal eğrilikler için T2-T5 seviyesinde, majör torakal veya torakolomber/lomber eğrilikler için T10-L2 seviyesinde 20 derece ve üzerinde kifoz varlığında da bu eğrilik yapısal olarak kabul edilir. Lomber omurga belirleyicisi, ayakta çekilen ön arka grafide, lomber eğriliğin apeksinin merkezi sakral dikey çizgi(MSDÇ) ile arasındaki mesafeye göre tespit yapılır. MSDÇ, lomber eğriliğin apeksindeki vertebranın pedikülleri arasında kalıyorsa “A”, pedikülün medial kenarında fakat vertebra cismine temas ediyorsa “B”, vertebranın tamamıyla medialinden geçiyorsa lomber omurga belirleyicisi tip “C” olarak değerlendirilir. Son olarak sagittal torakal belirleyici, ayakta çekilen yan grafide, T5 ile T12 seviyeleri arasındaki Cobb açısı ölçülerek tespit edilir. Bu ölçülen $+10^{\circ}$ den küçük ise ‘-’, $+10^{\circ}$ ve $+40^{\circ}$ arasında ise ‘N’, 40° üzerinde ise ‘+’ olarak belirlenir. Bu üç bölgedeki yapısal eğrilikler ile yapısal olmayan eğriliklerin tanımlanmasıyla 6 ana olmak üzere toplamda 14 eğrilik tipi tanımlanmıştır (Tablo-7).^{72,131} Lenke sınıflanmasına göre cerrahi alan seçiminde, majör eğrilik ve yapısal olan minör eğrilikler füzyon alanına dahil edilmelidir.^{72,156,157}

2.4.3.8.3.3. Füzyon Sahasının Seçimi:

AİS’un tedavisinde, füzyon sahasının seçimi, cerrahinin başarısını, hastanın memnuniyetini etkileyen en önemli faktörlerdir. AİS’da füzyon sahasının belirlenmesinde genel olarak kabul gören görüşler;

- Torakal eğrilikler de füzyon seviyesinin ölçülen eğriliğin tüm seviyelerini içine alması
- Sadece yapısal eğriliklerin füzyona dahil edilmesi
- Mümkün olduğunca fazla hareketli lomber segment bırakılması
- Füzyon seviyesinin rotasyon olmayan vertebraya kadar uzatılması

- Fizyolojik eğriliklerin korunmasıdır.

Harrington enstrümantasyon sisteminde füzyon sahası seçiminde ‘stabil alan’ kavramı ortaya konmuştur. Stabil alan, her iki lumbosakral eklemlerden bunlara dik çizilen iki çizgi arasında kalan alandır. Harrington sisteminde eğriliğin alt sınırı stabil alan içerisinde ise, eğriliğin bir üst ve iki alt seviyesi füzyona dahil edilmelidir.^{5,156}

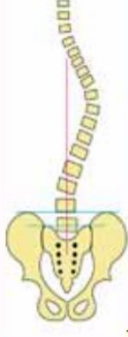
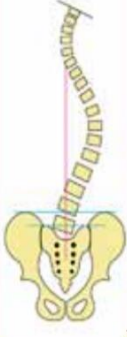
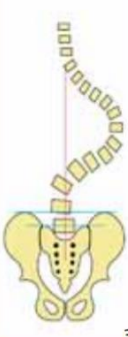
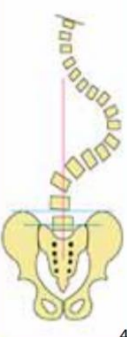
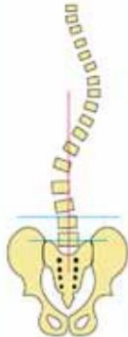
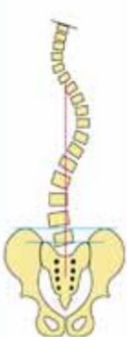
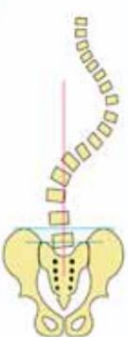
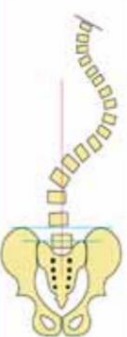
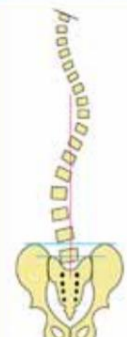
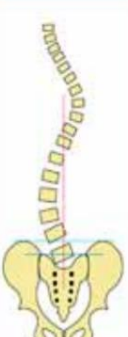
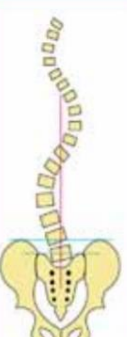
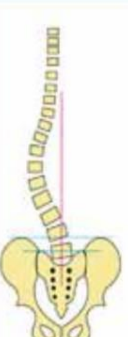
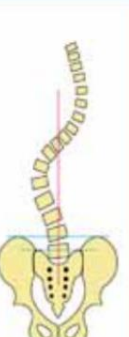
Tip	Proksimal Torasik	Temel Torasik	Torakolomber/Lomber	Eğim Tipi
1	Yapısal olmayan	Yapısal (majör)	Yapısal olmayan	Temel Torasik
2	Yapısal	Yapısal (majör)	Yapısal olmayan	Çift Torasik
3	Yapısal olmayan	Yapısal (majör)	Yapısal	Çift Majör
4	Yapısal	Yapısal (majör)	Yapısal	Üçlü Majör
5	Yapısal olmayan	Yapısal olmayan	Yapısal (majör)	Torakolomber/Lomber
6	Yapısal olmayan	Yapısal	Yapısal (majör)	Torakolomber/Lomber Temel Torasik

Yapısal Kriterler (Minör Eğimler)		Apeksin Konumu	
Proksimal Torasik: Yana eğim açısı $\geq 25^\circ$ -T2-T5 Kifoz $\geq +20^\circ$		Eğim	Apeks
Temel Torasik: Yana eğim açısı $\geq 25^\circ$ -T10-L2 Kifoz $\geq +20^\circ$		Torasik	T2-T11-T12 diski
Torakolomber/Lomber: Yana eğim açısı $\geq 25^\circ$ -T10-L2 Kifoz $\geq +20^\circ$		Torakolomber	T12-L1
		Lomber	L1-L2 diski-L4

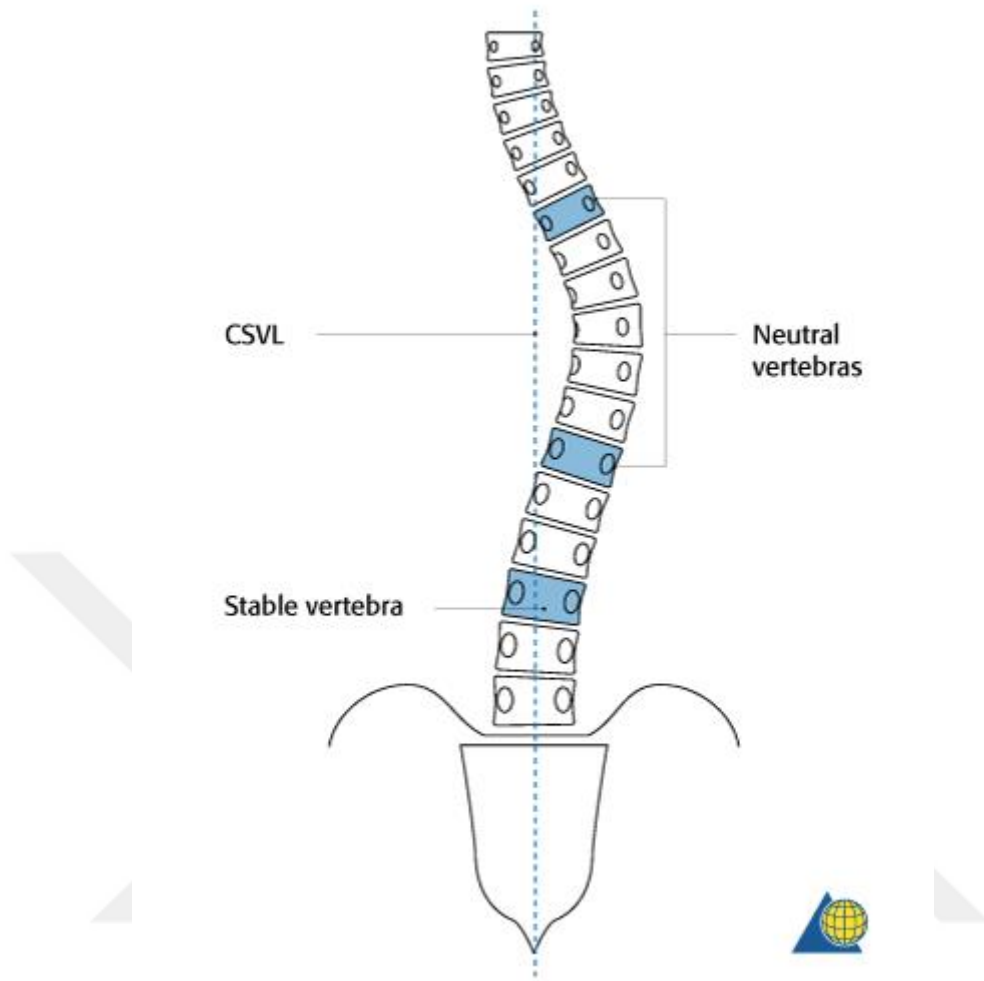
Lomber Omurga Modifier		Modifier		Torasik Sagittal Profil	
	CSVL Lomber apekte			T5-T12	
A	CSVL Pediküllerin arasında			- (Hypo)	$< 10^\circ$
B	CSVL Lomber omur cisminde dokunuyor			N (Normal)	$10^\circ - 40^\circ$
C	CSVL Tamamen medialde			+ (Hyper)	$> 40^\circ$

Tablo-6: Lenke Sınıflama Sistemi

Moe ve ark. füzyon sahası seçimi yaparken eğriliğin fleksibilitesinin, paterni ve rotasyonlarını incelemiş, füzyonun üst nötral vertebradan alt nötral vertebraya kadar yapılması gerektiğini ve yapısal olmayan eğriliklerin füzyona dahil edilmemesini belirtmiştir. Nötral vertebra olarak pediküllerin simetrik olduğu vertebralar seçilmiştir.¹⁵⁸ King ve arkadaşları, füzyon sahası seçimi için stabil vertebra kavramını ortaya koymuştur. MSDÇ'nin, eğrilik paterninin distalindeki tam ortadan kestiği en sefalad vertebradır (Şekil-39).⁴

Lomber spinal işaretleyici	Eğrilik tipi (1-6)					
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6
	Ana torakal	İkili torakal	İkili majör	Üçlü majör	TL/L	TL/L/AT
A Lomber eğrilik yok ya da minimal eğrilik	 1a	 2a	 3a	 4a		
	 1b	 2b	 3b	 4b		
	 1c	 2c	 3c	 4c	 5c	 6c
	Ana torakal eğrilik yapısal=majördür. Diğer eğrilikler kompensatuvardır.	Ana torakal ve proksimal torakal eğrilikler majör. Diğer eğrilikler kompensatuvardır.	Ana torakal ve lomber eğrilikler majör. Proksimal torakal eğrilik kompensatuvardır.	Her üç eğrilikte yapısal=majördür.	Torakolomber ve lomber eğrilikler yapısal=majördür. Diğer eğrilikler kompensatuvardır.	Ana torakal ve torakolomber eğrilikler majör. Proksimal torakal eğrilikler kompensatuvardır.
	Selektif torakal füzyon	Her iki torakal eğriliğe füzyon	Torakal ve lomber eğriliklerin füzyonu	Her üç eğriliğe füzyon	Selektif torakolomber füzyon.	Her iki torakal eğriliğe füzyon

Tablo-7: Lenke sınıflamasının 6 ana eğrilik tipi ve 14 alt grubu. Eğrilik tanımlamaları ve tedavi önerileri King sınıflamasına göre daha detaylıdır.



Şekil-39: Stabil ve nötral vertebraların gösterimi. CSVL: Central sacral vertical line, merkezi sakral dikey çizgi (AO Spine Surgery Reference, AO Foundation).

Lenke Sınıflaması Füzyon sahası seçim kriterleri: Lenke sınıflanmasına göre minör eğriliğin yapısal olmadığı durumlarda selektif füzyon yapılabilir. Ana eğriliğin alt veya üstünde yapısal eğrilik varsa füzyon sahasına eklenmesi gereklidir.^{140,157,159} Lenke ve arkadaşları hareketli segmentlerin korunabilmesi amacıyla da enstrümantasyonun bir seviye üstte sonlandırılması için dört kriter bildirmişlerdir.^{5,159}

- Stabil vertebranın bir üstündeki vertebrada rotasyon olmamalı veya en çok evre I rotasyon olmalıdır. 30 derece altında eğim olmalıdır.
- Stabil vertebra eğimi 20 derece altında olmalıdır.
- Apikal disk L1-L2 diskinin üzerinde olmamalıdır.
- L3-L4 diski eğriliğin konveksitesine açılım gösteriyor olmalıdır.

Lenke Tip 5 TL/L eğrilik tipinde majör eğrilik TL/L bölgededir ve üstteki minör PrT ve MT eğrilik yapısal değildir. Bu sebepten dolayı izole olarak anterior ve posterior tedavi

edilebilir. TL/L cobb açısı ile torakal cobb açısı oranı 1,25 den büyükse ve yana eğilme grafisinde torakal eğrilik 20 derece altına iniyorsa selektif TL/L füzyon yapılabilir.¹⁶⁰ Bunlara rağmen selektif torakolomber/lomber füzyon sonrası kompensatuar torakal eğriliğin cevabını önceden tahmin etmek her zaman mümkün olmayabilir.¹⁶¹ Alt entstrümantasyon seviyesi genelde L3 veya L4 vertebradır. L3 vertebra konkav yana eğilme radyografisinde MSDÇ tarafından kesiliyorsa, L3 vertebra konkav yana eğilme grafide sakruma paralel oluyorsa, L3 vertebra konveks yana eğilme grafide aksiyal rotasyonu nötral veya evre I oluyorsa füzyon L3 vertebrada sonlandırılabilir.¹⁶²

2.4.3.8.3.4. Cerrahi Girişimler:

AİS' un cerrahi tedavisinde yapılan işlemler üç ana başlığa ayrılır:

- Posterior yaklaşımla enstrümantasyon ve füzyon
- Anterior yaklaşımla enstrümantasyon ve füzyon
- Anterior ve posterior kombine yaklaşım

Posterior yaklaşımla enstrümantasyon ve füzyon: Skolyoz cerrahisinde ilk yaklaşım Hibbs' in tarif ettiği posterior füzyon ve alçı uygulamasıdır. Harrington tarafından 1950' li yıllarda kullanılmaya başlanan posterior enstrümantasyon sistemleri, zamanla biyomekanik ve teknik olarak yetersizlikleri geliştirilmiş ve günümüzdeki pedikül vida sistemi ve translasyonel sistemlere yerini bırakmıştır. Posterior enstrümantasyon sistemleri kronolojik olarak sınıflanırsa; (1) distraksiyon ve kompresyon sistemleri (Harrington), (2) segmental enstrümantasyon (Luque), (3) derotasyonel sistemler (Cotrel-Dubousset [CD], Isola, Texas Scottish Rite Hospital [TSRH]), (4) pedikül vidası ve translasyonel sistemler.

Anterior yaklaşım enstrümantasyon ve füzyon: Omurga cisminde direkt uygulanan enstrümantasyon sistemi ile büyük orandan düzeltici kuvvet elde edilir. İlk olarak Dwyer tarafından tarif edilmiştir.⁵⁵ 1973' de Zielke tarafından segmenter VDS sistemi geliştirilmiştir. Posterior yaklaşım olmadan tek başına anterior füzyon ve enstrümantasyon kullanılabilir.

Lenke sınıflama sistemi cerrahi girişimin seçiminde de yönlendirmeye yardımcı olur. Tüm eğrilikler posterior yaklaşımla tedavi edilebilir. Cerrahin seçimine bağlı olarak Lenke tip 1 ve 5 eğriliklerde anterior yaklaşımla da cerrahi uygulanabilir.^{97,131} Anterior yaklaşımın Lenke tip 1 ve 5 eğriliklerde bazı avantajları mevcuttur. Anterior yaklaşımla düzeltme daha fazla sağlanabilir ve bu düzeltme esnasında daha az segment füzyona dahil olarak daha fazla hareketli segment kalmasını sağlar. Füzyon seviyesi, lomber omurgada ne kadar ilerletilirse, uzun süreli takiplerinde bel ağrısı şikayeti görülmesinin orantılı olarak daha fazla görüldüğü bulunmuştur.¹⁶³ Anterior yaklaşımın dezavantajları; lomber kifoz, torasik hiperkifoz,

psödoartroz ve rod kırılması gibi komplikasyonların daha sık görülmesidir. Omurga stabilitesi ile solid artrodezin sağlanması omurga cerrahisinin başarısı için önemlidir.^{97,131,164} Posterior enstrümantasyon esnasında bazı kriterlere dikkat etmek gereklidir:

- Kifoz oluşturmak için distraksiyon, lordoz oluşturmak için kompresyon yapmak gerekir.
- Torakal hipokifoz varlığında, kifoz oluşturmak için konkav rod önce yerleştirilmelidir.
- Torakal hiperkifoz varlığında kifozu düzeltmek için konveks rod önce yerleştirilmelidir.
- Enstrümantasyon, kifotik bölgenin distalinde sonlandırılmalıdır.

2.4.3.8.4. Komplikasyonlar

Skolyoz cerrahisinde komplikasyon kavramı, çok ciddi ve korkutucu tablolardan, basit ama hasta için önemli olabilecek ihtimaller arasında geniş bir yelpazede karşımıza çıkar. Skolyoz cerrahisinde, cerrahi sırasında veya sonrasında görülen komplikasyonlar ortaya çıkış zaman ve nedenlerine göre üç gruba ayrılır; genel komplikasyonlar, tekniğe bağlı komplikasyonlar ve geç komplikasyonlar.^{165,166}

2.4.3.8.4.1. Genel Komplikasyonlar:

Respiratuar Komplikasyonlar	Kardiyovasküler Komplikasyonlar
• Atelektazi • Pnömotoraks • Hemotoraks • Plevral efüzyon • Akciğer ödemi • Pnömoni • Pulmoner emboli	• Aritmi • Hipotansiyon • Kalp yetmezliği

Gastrointestinal Komplikasyonlar	Diğer komplikasyonlar
• İleus • Psödomembranöz kolit • Süperior mezenter arter sendromu	• Yara yeri enfeksiyonu • Transfüzyon reaksiyonları • Vokal kord paralizi

2.4.3.8.4.2. Tekniğe bağlı komplikasyonlar:

Nörolojik Hasar: En sık nedeni fark edilmemiş spinal kord sıkışmasıdır. Bunun dışında trasnpediküler vidaların kanal içine olan malpozisyonu, çengel ve rodların spinal kanala deplasmanı, aşırı düzeltmeye bağlı olarak spinal kord dolaşımının bozulması da nörolojik hasara neden olabilmektedir.¹³¹ Nörolojik komplikasyon olduğu stagnera uyandırma testine göre veya nöromonitörizasyona göre pozitif ise derhal enstrümantasyon çıkarılmalıdır. Altı saatten sonra nörolojik semptomların geri dönme şansı çok azalmaktadır.⁹⁷ Lomber bölgede vida malpozisyonu sonucunda daha çok sinir kökü hasarı görülmektedir. AIS' un cerrahi tedavisi sonrası gelişen paralizi insidansı SRS tarafından %0,26 olarak bildirilmiştir. Spinal osteotomi yapıldığı durumlarda bu oram % 2' lere çıkmaktadır.¹⁶⁷

Kemik kırıkları: Enstrümantasyon esnasında aşırı güç uygulanması sonucu, lamina ve pediküllerde kırıklar oluşabilmektedir. Bunun için zorlayıcı kuvvetlerden uzak durulmalıdır.

Visseral organ yaralanması: Anterior girişim sırasında daha sık görülmektedir. Pedikül vidaları uygulama esnasında damar yaralanması olabileceği unutulmamalıdır.

Dural Yırtıkları: Duramater üzerine direkt travma sonucu oluşur ve beyin-omurilik sıvısı sızıntısına yol açabilir. Bu nedenle direkt sütur veya yumuşak doku greftleri ile tamir gerekebilir.

2.4.3.8.4.3. Geç Komplikasyonlar:

Operasyon sonrasında 4. haftadan sonra meydana gelen komplikasyonlar geç komplikasyonlar olarak bilinir.

- Psödoartroz
- Enstrümantasyon problemleri
- Lomber lordozun kaybolması (Flat Back Deformitesi)
- Gövde dekompanseasyonu
- Geç enfeksiyon

- Krankşaft fenomeni
- Junctional deformiteler
- Distal Adding-on Fenomeni

Postoperatif geç dönemde sık görülen komplikasyonlar bileşke deformiteleri ve distal adding-on deformitesidir.¹⁶⁸

Junctional (Bileşke) Deformiteler: AIS nedeniyle enstrümantasyon uygulanmış hastalarda enstrümantasyon sisteminin proksimal ve distalinde oluşabilecek deformitelerdir. Bileşke deformitelerinin nedeni stabil vertebranın yanlış seçimi veya torakolomber gibi geçiş noktalarında stabilizasyonun sonlandırılmasıdır. Bileşke deformitesi enstrümantasyonun proksimal veya distalinde meydana gelebilir. Alt ve üst enstrümantasyon vertebrasının doğru seçimi bu komplikasyonu önleyebilir.¹⁶⁸

Proksimal Junctional Kifoz (PJK): PJK açısı, posterior enstrümantasyon uygulanan en proksimaldeki enstrümente vertebranın kaudal end plağı ile iki veya bir seviye proksimalindeki komşu vertebranın üst end plağı arasındaki açısal farkın Cobb tekniği ile ölçümü esasına dayanır.¹⁶⁹ Anormal PJK açı değeri iki ölçütle tanımlanır:

- Pre-op üst kavşak kifoz açısı 10 derece ve üzerinde olmalıdır
- Post-op PJK açısı ile pre-op ölçülen PJK açısı arasında en az 10 derece fark olmalıdır.

PJK açısının anormal olarak değerlendirilebilmesi için bu iki ölçütte olması gereklidir.

PJK için risk faktörleri^{166,170}:

- Preop torakal kifoz
- Kifozun aşırı düzeltilmesi
- Torakoplasti
- Preoperatif üst kavşak kifoz açısı 5 dereceden fazla olması
- Lomber lordozun kaybı
- Preoperatif sagittal imbalans
- Enstrümantasyon üst seviyelerinde gereksiz kas ve posterior ligament hasarı
- Üst enstrümente vertebrada hook yerine daha rigid fiksasyon yapan pedikül vidası kullanımı
- Hatalı seviye seçimi

Distal Junctional Kifoz (DJK): DJK açısı, posterior enstrümantasyon uygulanan en alttaki enstrümente vertebranın üst end plate ile bir alt seviye vertebra alt end plate arasındaki açısal farkın Cobb açısı değeridir. Bu açı 10 derece ve üzerinde ise DJK olarak tanımlanır.¹⁷¹

DJK için risk faktörleri şunlardır¹⁷¹:

- Enstrümantasyonun ilk lordotik disk aralığının proksimalinde sonlanması
- Preoperatif torakolomber kifoz
- Hatalı distal seviye seçimi
- Posterior enstrümantasyon

Distal adding-on fenomeni: Postoperatif dönemde, enstrumante vertebranın distalinde ki disk aralığında kamalaşma ve/veya lomber omurgada rotasyon ve translasyon artışı olarak tanımlanır. Distal adding-on tanısı koymak için iki kriter önerilmiştir¹⁷²:

1. Enstrümantasyon distalindeki ilk vertebranın MSDÇ' den 5 mm' den fazla translasyonu (ilk postoperatif grafi ile karşılaştırılmalı)
2. Enstrümantasyon distalindeki ilk disk aralığında, 5 dereceden fazla açılma olması

Risk Faktörleri¹⁷²:

- Enstrümantasyonun nötral vertebranın proksimalinde sonlanması
- L4 vertebranın sağ tilt olduğu Lenke 1A tipi skolyoz
- Enstrümantasyonun Son temas eden vertebranın (LTV) proksimalinde sonlanması
- İskelet maturitesi
- Postoperatif omuz imbalansı

Psödoartroz: Cerrahi tedavinin amaca yönelik başarısızlığını göstermektedir. İmplant teknolojisindeki gelişmeler sonrasında oran %1'e düşmüştür. Tanısı oblik direkt grafiler, bilgisayarlı tomografi (BT) ve kemik sintigrafileri ile konulabilir. En sık torakolomber bileşke ve distal füzyon bölgelerinde görülebilmektedir. İmplant yetersizliğini gösteren bir bulgudur. Başarılı posterior cerrahide gelişen omur gövdesiyle anterior disk mesafesinde azalma meydana gelir. Anteriorda ki geniş disk mesafesi posteriordaki psödoartrozu gösterir.^{97,173} Psödoartroz ağrı ve korreksiyon kaybına yol açmadığı sürece cerrahi gerekmebilir. Distal füzyon seviyesinde olan psödoartrozlar genellikle asemptomatik olup, torakolomber bileşkede olan psödoartrozlar semptomatik olmaktadır.

Enstrümantasyon Problemleri: Çengellerin yerinden çıkması, rodların kırılması, transpediküler vidaların yerinden gevşemesi veya kırılması, transvers bağlayıcıların yerinden çıkması gibi enstrümantasyon sorunları görülebilmektedir. Genellikle psödoartroz belirtisidir. Füzyon gelişmiş ise tedavi gerekmemektedir. Hastada kozmetik problem gelişmesi de enstrümantasyon çıkarılması sebebidir.^{97,173}

Lomber lordozun kaybolması (Flat back deformitesi): Lomber omurgada distraktif kuvvetlerin kullanılması, fizyolojik lomber lordozun azalmasına ve hastanın ayakta öne doğru eğik durmasına yol açar. Lomber lordozun azalması sonucu, enstrumante edilen bölgenin distalinde lordoz artışı ve buna bağlı disk dejenerasyonu gelişerek bel ağrısı oluşur. Bunun için hastaya ameliyat masasında dikkat edilmeli, lordoz açısına dikkat edilmelidir.^{97,173}

Gövde dekompanseasyonu: Yeni nesil enstrümantasyon sistemleri ile özellikle çift eğriliklerin tedavisinde görülen bir durumdur. Ana eğriliğin aşırı düzeltilmesi sonrasında oluşur. Kompansatuar eğriliğin esnekliği hastanın düz durması için yetersiz kalmaktadır. Aşırı düzeltmeden kaçınılmalıdır. Hafif ve orta dekompanseasyon durumunda periyodik takip önerilir. İleri dekompanseasyon durumunda lomber eğrilik korse ile tedavi edilir. Korse başarısız olursa, füzyon ve enstrümantasyon kompansatuvar eğrilikteki stabil vertebraya kadar uzatılmalıdır.^{97,131,173}

Geç enfeksiyon: Cerrahiden aylar sonra genellikle fistül şeklinde karşılaşılmaktadır. Geç enfeksiyonlar cerrahi sırasında yerleştiği ve subklinik kaldığı düşünülmektedir. Eğer füzyon gelişmiş ise implantlar çıkarılmalıdır.⁹⁷

Krankshaft Fenomeni: Spinal füzyon uygulanmış hastalarda Dubousset ve arkadaşları maturasyonu tamamlanmamış olanlarda, anterior büyümenin devam etmesi nedeniyle angulasyon ve rotasyon artışı tespit etmişler ve bunu krankshaft fenomeni olarak tanımlanmışlardır. Buna göre; Risser belirtisi 0 veya 1 olan, triradiyat veya proksimal femur fizislerinin kapanmamış olması, Tanner evre 1 veya 2 olan, büyümenin en hızlı olduğu dönemde bulunan hastalarda, cerrahiye anterior füzyonun da eklenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.^{174,175}

3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. HASTA SEÇİMİ

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü'nde, 2015-2018 tarihleri arasında omurga deformitesi nedeniyle opere edilmiş olan 133 hasta Avicenna veri sistemi üzerinden retrospektif tespit edilip, incelendi. AIS tanısı dışında opere edilmiş olan 74 hasta dışlandı. Kalan 59 hastanın PACS (Picture Archiving and Communication Systems) üzerinden yapılan radyografik incelemelerinde uygun teknikle çekilmiş preoperatif radyografileri ile erken dönem post-operatif radyografileri değerlendirildi. Çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan 33 hasta bulundu. 23 hasta kadın, 10 hasta erkekti. Yaş ortalaması 16.87 (± 3.78 , minimum:11, maksimum:26) idi.

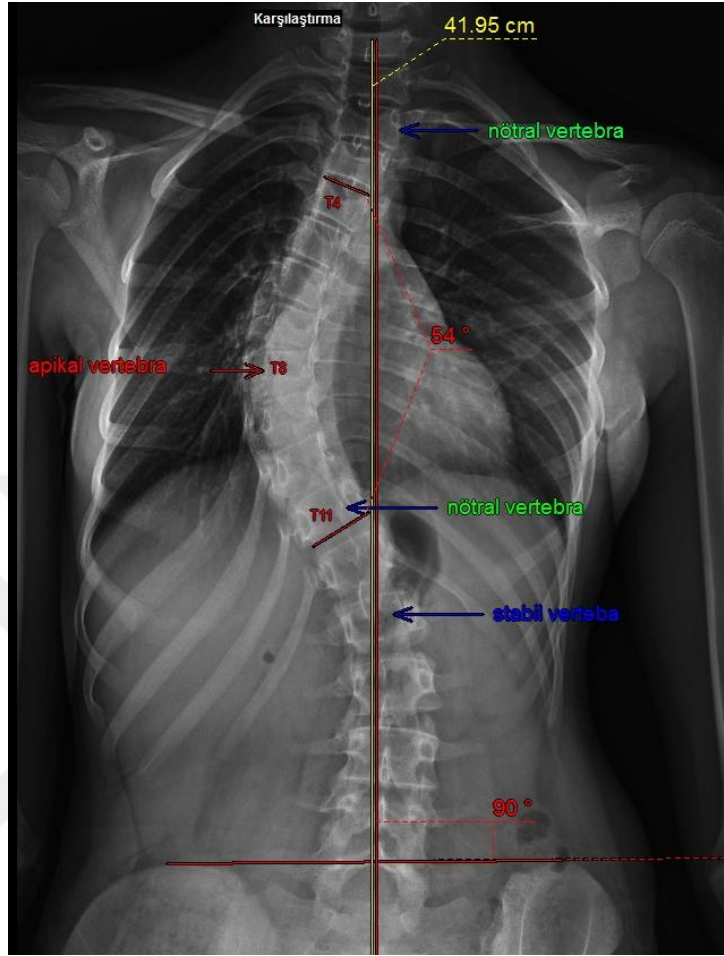
Çalışmaya dahil edilme kriterleri; hastaların AIS tanısıyla opere edilmiş olması, ameliyat öncesi hazırlıkta ayakta skolyoz ön-arka ve lateral, supin traksiyon, supin yana eğilme ve barfiks grafilерinin çekilmiş olması, ameliyat sonrası erken dönemde ayakta skolyoz ön-arka radyografisinin çekilmiş olması şeklinde belirlenmiştir. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri ise; AIS dışında, infantil, juvenil, konjenital, nöromuskuler ya da erişkin dejeneratif skolyoz, vb. nedeniyle opere edilen hastalar, cerrahi teknikte tanımlanmış olduğumuz standart posterior enstrümantasyon dışında başka bir teknikle opere edilmiş hastalar, vertebra kırığı, vertebra metastazı gibi omurgayı tutan ek komorbiditesi olan hastalar olarak belirlenmiştir.

3.2. RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Çalışmaya dahil edilen hastaların radyografileri PACS sistemi üzerinden değerlendirildi. Ayakta skolyoz ön-arka radyografisinde major eğriliklerin apikal vertebraşı, proximal ve distal end vertebralar belirlendi. Proximal torakal, torakal, torakolomber ya da lomber eğriliklerin Cobb açıları ölçüldü. Ana torakal eğriliğın kranialindeki eğrilik proksimal torakal eğrilik olarak kabul edildi. SRS tanımlaması kullanılarak torakal eğrilikler için apeks T2 ile T11-T12 arası intervertebral disk kabul edildi. Torakolomber eğriliklerin apeksi T12-L1 vertebraları arası kabul edildi. Lomber eğrilikler içinse apeks L1-L2 intervertebral diski ile L4 arası olarak tanımlandı. C7 şakül çizgisi ve MSDÇ kullanılarak koronal planda denge değerlendirildi (Şekil-40).

Ayakta çekilen skolyoz lateral radyografilerde, T5-T12 arası torasik sagittal profil Cobb açısı metoduyla ölçüldü. Proksimal torakal eğrilik için T2-T5 arası kifoz, Cobb açısıyla

değerlendirildi. Ana torakal ve torakolomber/lomber eğrilikler için T10-L2 arası kifoza Cobb metoduyla ölçüldü.



Şekil-40: Ayakta skolyoz ön-arka radyografisinin değerlendirilmesi.

Fleksibilitenin radyolojik değerlendirmesinde; supin eğilme radyografileri, supin traksiyon radyografileri (ayak bileği ve baş bölgesinden maksimal eforla uygulanan aksiyel traksiyon) ve kliniğimizce kullanılan barfiks (dead hang) radyografileri kullanılarak omurgadaki eğriliklerin açı ölçümleri Cobb metoduyla tekrarlandı. Fleksibilite oranı Klepps ve ark. tarif ettiği şekilde hesaplandı.¹⁷⁶ Preoperatif ayakta skolyoz ön-arka ve fleksibilite radyografisi arasındaki eğriliklerin açı farkı, preoperatif ayakta skolyoz ön-arka radyografisindeki eğrilğin açısına bölünerek fleksibilite oranı bulundu: [(Preoperatif ayakta skolyoz ön-arka)-(Preoperatif fleksibilite radyografisi)]/(Preoperatif ayakta skolyoz ön-arka).

Post-operatif korreksiyon oranı yine Klepps ve ark.¹⁷⁶ tarif ettiği şekilde preoperatif ayakta skolyoz ön-arka radyografisi ile postoperatif ayakta skolyoz ön-arka radyografisi arasındaki açı farkı, preoperatif filmdeki açıya bölünerek hesaplandı.

3.3. BARFİKS (DEAD HANG) RADYOGRAFİSİ

Kliniğimizde 2014 yılından beri kendi yaptırmış olduğumuz basamaklı demir profil bir çerçeve ve bu çevrenin sağ ve sol iki kenarını birbirine bağlayan barfiks demiri aparatımız mevcuttur (Şekil-41). Bu barfiks demirine tutunup asılan hastanın, ayakları boşlukta kalacak şekilde, ortalama 30 saniye boyunca asılı kalması istenmektedir. Daha sonra röntgen odasına alınan hastanın, standart ayakta skolyoz ön-arka radyografisinde kullanılan alete monte edilmiş barfiks aparatına tutunarak aynı şekilde askıda kalması sağlanıp röntgenogramı çekilmektedir. Çekim esnasında hastanın dizleri 90 derece fleksiyona getirilip yer ile teması kesilir ve hastanın kendi ağırlığıyla serbestçe askıda olduğundan emin olunduktan sonra çekim yapılır (Şekil-42 ve Şekil-43). Radyoloji teknisyeni dışında ek personele ihtiyaç duyulmaz ve radyografisi çekilen hasta dışında diğer personelin radyasyon maruziyeti yoktur. Fizik muayenede yeterli süre asılı kalamayan hastalara, rehabilitasyon programlarının bir parçası olarak, evde bir hafta boyunca barfiks egzersizleri verilip, barfiks filmi tekrar denenmektedir.

3.4. EĞRİLİKLERİN SINIFLANDIRILMASI

Çalışmamızda skolyoz eğrilikleri Lenke ve King-Moe sınıflama sistemine göre sınıflandırıldı. Lenke sınıflaması için Lenke ve ark.⁷² tariflediği gibi önce eğriliklerin apikal vertebraları tespit edilip Cobb metoduyla açı ölçümü yapıp, en büyük açıya sahip eğrilik major eğrilik olarak kabul edildi. Minör eğriliklerin yapısal olup olmadığı supin eğilme radyografilerinde ya da sagittal planda kifoz açısı ile değerlendirildi. Bu ölçümlere göre eğriliğin tipi (tip 1 - tip 6) tayin edildi. MSDÇ ile lomber eğriliğin konumu değerlendirip lomber işaretleyici “A”, “B” ya da “C” olarak tespit edildi. Son olarak ayakta skolyoz yan radyografisinde torasik sagittal işaretleyici “-“, “N” ya da “+” olacak şekilde belirlenip sınıflandırma tamamlandı.

King-Moe sınıflaması için ayakta skolyoz ön-arka radyografilerinde MSDÇ kullanılarak King ve ark.⁴ belirttiği şablonlar üzerinden eğriliklerin büyüklüğü ve orta hattı geçip geçmemesine göre tiplendirme (tip 1 - tip 5) yapılmıştır.

3.5. CERRAHİ TEKNİK

Tüm hastalarımıza, ameliyattan 30 dakika veya 1 saat önce profilaktik olarak alerjisi yoksa 2 gr (pediatrik hastalarda 30 mg/kg) sefazolin sodyum intravenöz olarak yapılmış ve 4 saati geçen ameliyatlarda her dört saate bir 1 gr sefazolin sodyum ek doz yapılmıştır.



Şekil-41: Barfiks radyografisinde kullanılan barfiks aparatı ve çerçevesi.



Şekil-42: Barfiks radyografisinde çekim öncesi hazırlık ve çekim anına ait temsili görüntüler.



Şekil-43: AIS hastasında barfiks radyografisi çekimi esnasındaki düzelme inspeksiyonla görülebilmektedir.

Antibiyotik profilaksisi drenler çekilene kadar devam etmiştir. Hastalar prone pozisyona çevrilmeden önce batın ve toraks boşluklarının basıya maruz kalmaması için, koltuk altından pelvise kadar orta kısım boşta olacak şekilde silikon destekler yerleştirilmiştir. Cerrahi insizyon, seviyeler belirlendikten sonra orta hattan yapılmış, transvers çıkıntılara kadar subperiosteal olarak ulaşılmıştır. Füzyon seviyesi tespiti için ilk olarak distalde nötral ve stabil vertebra belirlenmesi sonrasında torakolomber/lomber eğriliğin yapısal olup olmadığına Lenke kriterlerine göre karar verilmiştir. Sonrasında proksimal torakal eğriliğin yapısal ya da kompensatuvar olup olmadığı değerlendirilip omuz asimetrisi de göz önünde bulundurularak yine Lenke ve ark.¹⁵⁶ tariflediği şekilde füzyon seviyeleri distalde ve proximalde belirlenmiştir. Füzyon sahası içine alınan kranial uç ve kaudal uç vertebralar hariç spinöz prosesler otogreft olarak kullanılmıştır. Bu seviyeler arasında Schwab ve ark.¹⁷⁷ tariflediği anatomik spinal osteotomi sınıflamasına göre grade I parsiyel faset rezeksiyonu yapılarak, faset eklem kapsülü ve inferior artiküler çıkıntının eklem yüzü osteotomize edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen olgularımızın tamamına posterior spinal enstrümantasyon uygulanmıştır. Mevcut implantasyonda omurgaya tespit için transpediküler vidalar kullanılmış ve birbirine titanyum rodlar ile bağlanmıştır. Eğriliğin konveks tarafına kompresyon, konkav tarafındaysa distraksiyon uygulanmıştır. Apikal bölgede derotasyon

kuvvetleri uygulanarak skolyotik eğrilik düzeltme manevraları yapılmıştır. Vidalama esnasında “freehand” tekniği kullanılmıştır. Rodlar yerleştirilmeden önce sagittal plandaki fizyolojik kifoz ve lordoz için uygun eğim sağlanmıştır. Vakalarda nöromonitörizasyon sistemi kullanılmıştır. Hastalar ameliyattan sonra 1. gün mobilize edilmiştir. Postoperatif birinci ya da ikinci gün kontrol radyografileri çekilmiştir.

3.6. İSTATİKSEL ANALİZ

Verilerin analizinde IBM SPSS 21.0 programı kullanıldı. Değişkenlerin normal dağılımı Shapiro-Wilk testi ile gösterildi. Tanımlayıcı istatistikler, normal dağılan değişkenler için ortalamala, standart sapma (SS) ve standart hata (SE), nominal değişkenler için vaka sayısı ve yüzde (%) olarak gösterildi. Fleksibilite ve korreksiyon oranlarının ortalamalarının kıyaslamasında bonferroni düzeltmesi uygulanmış paired t test ve ANOVA varyans analizi kullanıldı. Eğrilik derecelerine ve eğrilik yerine göre sınıflandırdığımız gruplarda en fazla fleksibilite gösteren radyografilerin değerlendirilmesinde Pearson Chi-Square veya Fisher’s Exact testi uygulandı. Bulunan sonuçlar, $p < 0.05$ olması durumunda istatistiki olarak anlamlı kabul edildi.

3.7. ETİK KURUL

Çalışmamız, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından “09-697-19” karar numarası ile onaylanmıştır.

4.BULGULAR

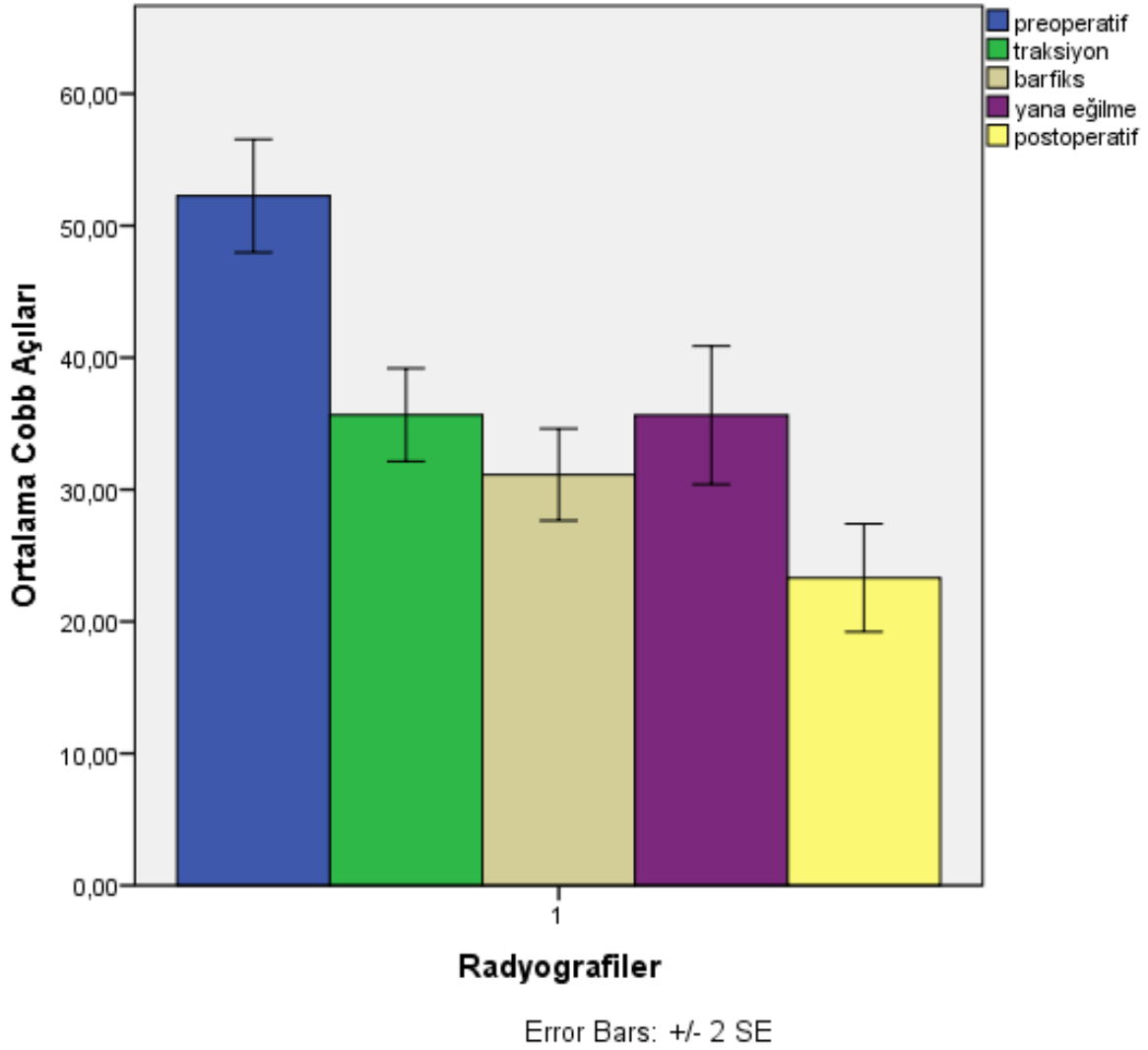
Çalışmamıza katılan 33 hastaya ait 45 yapısal eğriliğin verileri ve bu hastaların sınıflaması tablo-8’de gösterilmiştir. 23 (%69) hasta kadın 10 (%31) hasta erkek idi. Hastaların yaş ortalaması $16.87 [\pm 3.78]$, minimum(min):11, maksimum(max):26] bulundu. 15 (%45) hasta Lenke tip 1, 7 (%21) hasta tip 2, 3 (%9) hasta tip 3, 6 (%18) hasta tip 5 ve 2 (%6) hasta tip 2 olarak sınıflandırıldı. Çalışmamızda Lenke tip 4 eğriliği olan hasta yoktu. King sınıflamasına göre 2 (%6) hasta tip 1, 6 (%18) hasta tip 2, 11 (%33) hasta tip 3, 1 (%3) hasta tip 4, 7 (%21) hasta tip 5 olarak sınıflandırıldı. Torakolomber ya da lomber eğrilğe sahip 6 hasta sınıflandırılmadı, “TL/L” olarak ifade edildi.

Preoperatif çekilen ayakta skolyoz ön-arka filmlerde ortalama yapısal eğrilik değeri 52.26 ± 14.22 derece (min: 27, max: 89) idi. Traksiyon filmlerinde eğriliklerin ortalama Cobb açısı ölçümü 35.66 ± 11.72 derece (min: 17, max: 73), barfiks filmlerinde 31.13 ± 11.57 derece (min: 12, max: 72), yana eğilme filmlerinde 35.64 ± 17.39 derece (min: 5, max: 88) olarak bulundu. Postoperatif ayakta skolyoz ön-arka filmlerde yapısal eğriliklerin ortalama değeri 23.31 ± 13.5 derece (min: 5, max: 68) idi (Şekil-44). Proksimal torakal yapısal eğriliklerde preoperatif ayakta ön-arka, traksiyon, barfiks, yana eğilme ve postoperatif skolyoz ön-arka filmlerinin Cobb açısı ortalamaları sırasıyla; 44 ± 14.01 , 34 ± 13.40 , 31.14 ± 12.13 , 35.42 ± 14.11 , 27.42 ± 10.22 idi. Torakal yapısal eğriliklerdeki ortalama Cobb açıları aynı sırayla; 52.96 ± 14.28 , 36.25 ± 11.24 , 31.66 ± 11.36 , 36.29 ± 18.26 , 22.85 ± 14.1 bulundu. Torakolomber/lomber yapısal eğriliklerde yine aynı sırayla ortalama Cobb açıları; 55.81 ± 14.09 , 35.27 ± 13.35 , 29.81 ± 13.25 , 34.18 ± 19.25 ve 21.81 ± 15.34 bulundu (Şekil-45).

Traksiyon, barfiks ve yana eğilme filmlerinin fleksibilite oranlarının ortalaması sırası ile 0.311 ± 0.15 , 0.398 ± 0.15 ve 0.336 ± 0.20 olarak bulundu. Traksiyon ve barfiks radyografileri arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulundu ($p < 0.001$). Traksiyon ve yana eğilme filmleri arasında, yana eğilme filmlerinin eğrilik üzerine korreksiyon miktarı daha fazla olmasına karşın arada istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p > 0.999$). Barfiks filmleri ile yana eğilme filmleri arasında anlamlı bir fark yoktu ($p = 0.076$). Ortalama değerler ve ANOVA varyans analizi şekil-46 ve tablo-9’da gösterilmiştir.

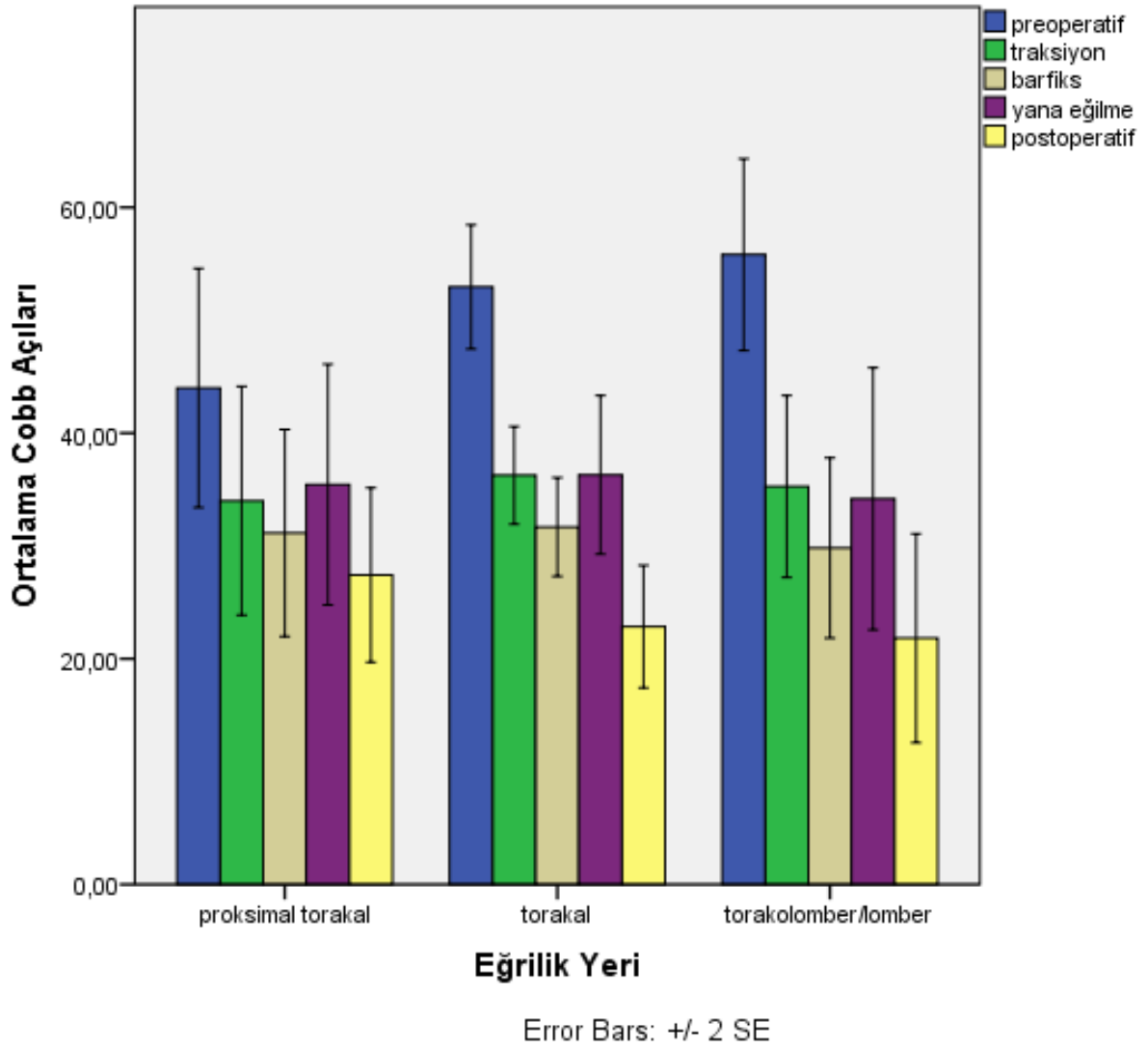
Vaka No:	Cins.	Yaş	Eğrilik Seviyesi	Pre-op	TX.	TX-değ.	BAR.	Bar-değ.	Eğil-me	Eğ-değ.	Post-op	Post-değ.	Lenke	King
1	K	26	T7-L1	57	50	0,12	40	0,30	47	0,18	30	0,47	1AN	3
2	E	24	T9-L1	47	38	0,19	33	0,30	36	0,23	30	0,36	1AN	3
3	E	12	T4-T10 T10-L4	77 82	41 41	0,47 0,50	39 36	0,49 0,56	71 63	0,08 0,23	38 36	0,51 0,56	6C-	1
4	K	13	T5-T11	42	28	0,33	21	0,50	29	0,31	8	0,81	1BN	3
5	K	16	T10-L2	65	51	0,22	45	0,31	60	0,08	29	0,55	5C+	TL
6	K	17	T1-T7 T7-L1	65 45	60 41	0,08 0,09	55 43	0,15 0,04	62 26	0,05 0,42	45 30	0,31 0,33	2C+	5
7	E	16	T4-T11	39	32	0,18	28	0,28	28	0,28	21	0,46	1B-	3
8	E	15	T11-L4	41	17	0,59	15	0,63	8	0,80	13	0,68	5CN	TL
9	K	19	T4-T11 T11-L4	89 72	73 60	0,18 0,17	72 59	0,19 0,18	88 61	0,01 0,15	68 59	0,24 0,18	3CN	2
10	K	17	T4-T11	54	30	0,44	30	0,44	32	0,41	9	0,83	1AN	3
11	K	17	T3-T8	31	29	0,06	27	0,13	26	0,16	27	0,13	1AN	3
12	K	13	T11-L4	44	36	0,18	26	0,41	34	0,23	8	0,82	5CN	TL
13	K	26	T5-T10	43	31	0,28	26	0,40	20	0,53	13	0,70	1CN	2
14	K	18	T2-T7 T7-T12	27 40	18 26	0,33 0,35	20 25	0,26 0,38	25 26	0,07 0,35	17 16	0,37 0,60	2AN	5
15	K	17	T11-L4	65	42	0,35	30	0,54	28	0,57	23	0,65	5CN	TL
16	K	13	T5-T11	42	30	0,29	26	0,38	26	0,38	5	0,88	1BN	2
17	E	16	T6-T10	38	35	0,08	29	0,24	26	0,32	7	0,82	1CN	2
18	E	15	T1-T5 T5-T11	43 57	34 43	0,21 0,25	34 33	0,21 0,42	34 43	0,21 0,25	31 19	0,28 0,67	2BN	5
19	K	19	T4-T10 T10-L2	46 54	30 32	0,35 0,41	29 25	0,37 0,54	27 29	0,41 0,46	25 16	0,46 0,70	6CN	1
20	E	15	T2-T7 T7-T11	61 76	40 52	0,34 0,32	35 45	0,43 0,41	46 65	0,25 0,14	33 38	0,46 0,50	2BN	5
21	K	16	T11-L3	43	29	0,33	20	0,53	14	0,67	12	0,72	5CN	TL
22	E	15	T3-T9 T9-L3	59 46	49 39	0,17 0,15	45 35	0,24 0,24	50 34	0,15 0,26	49 16	0,17 0,65	3C+	2
23	E	16	T6-L2	42	18	0,57	12	0,71	12	0,71	12	0,71	1C-	4
24	K	23	T3-T9	64	40	0,38	35	0,45	47	0,27	33	0,48	1AN	3
25	E	15	T3-T7 T7-L1	41 50	32 34	0,22 0,32	25 25	0,39 0,50	21 20	0,49 0,60	17 9	0,59 0,82	2AN	5
26	K	13	T2-T5 T5-T11	34 59	25 35	0,26 0,41	20 25	0,41 0,58	30 43	0,12 0,27	29 20	0,15 0,66	2B-	5
27	K	19	T2-T6 T6-T12	37 78	29 44	0,22 0,44	29 35	0,22 0,55	30 54	0,19 0,31	20 23	0,46 0,71	2AN	5
28	K	17	T5-T10	46	40	0,13	35	0,24	34	0,26	24	0,48	1BN	3
29	K	21	T5-T10	50	31	0,38	28	0,44	26	0,48	17	0,66	1BN	3
30	K	11	T6-T12	44	18	0,59	15	0,66	5	0,89	10	0,77	1AN	3
31	K	16	T10-L3	41	18	0,56	18	0,56	17	0,59	5	0,88	5CN	TL
32	K	11	T5-T10 T10-L4	67 61	30 23	0,55 0,62	26 19	0,61 0,69	46 28	0,31 0,54	18 23	0,73 0,62	3CN	2
33	K	20	T7-L1	48	31	0,35	28	0,42	27	0,44	18	0,63	1AN	3

Tablo-8: Hasta verileri. Cins. = Cinsiyet, TX = Traksiyon, Tx-değ = Traksiyon fleksibilite oranı, BAR = Barfiks, Bar-değ = Barfiks fleksibilite oranı, Eğ-değ. = Eğilme fleksibilite oranı, Post-değ = Postoperatif korreksiyon oranı.



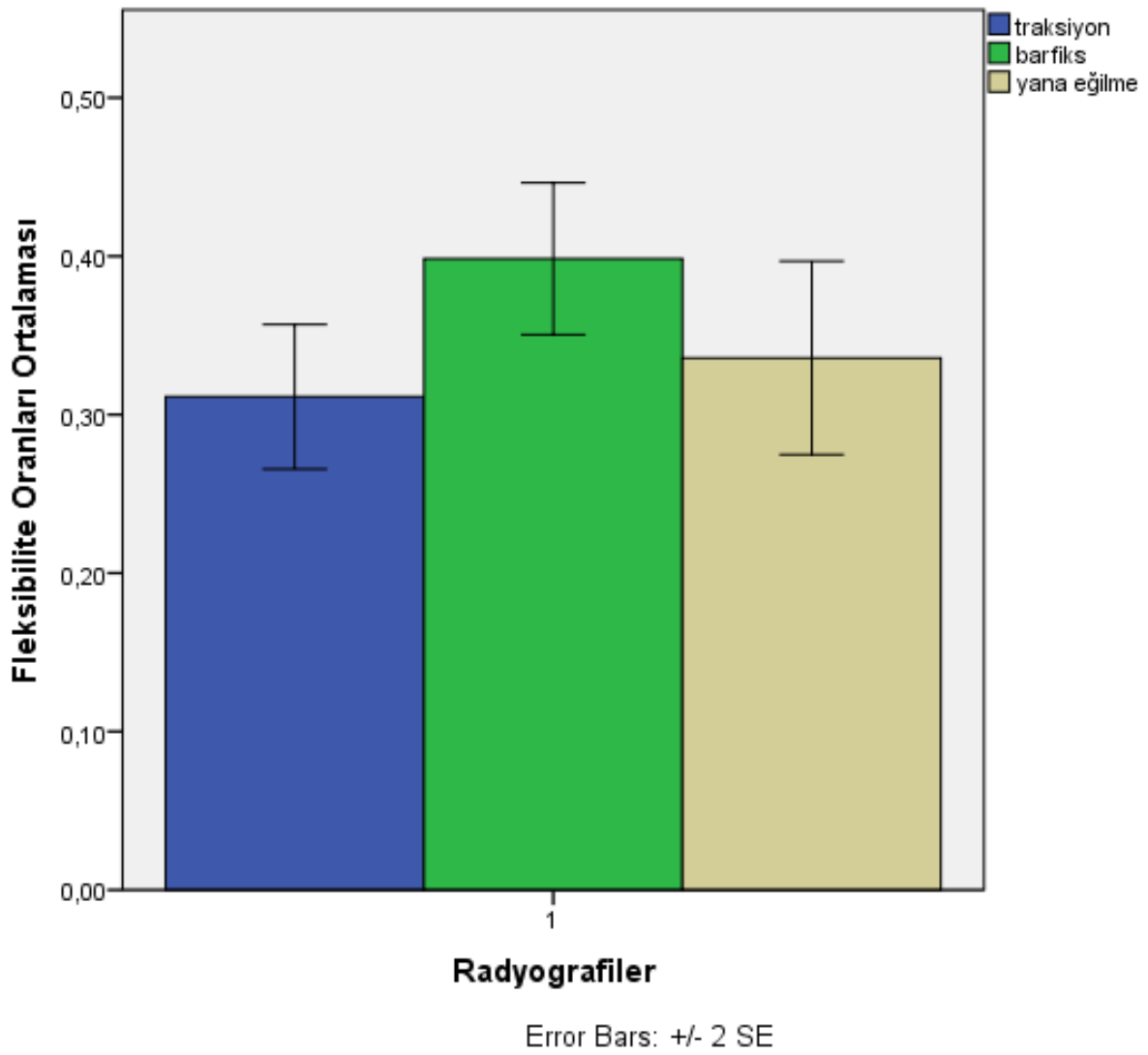
Şekil-44: Yapısal eğriliklerdeki preoperatif, traksiyon, barfiks, yana eğilme ve postoperatif radyograflerin ortalama cobb açıları gösterilmektedir.

Eğrilikleri proksimal torakal, torakal ve lomber/torakolomber olarak gruplandığımızda; proksimal torakal eğriliklerde (n= 7), fleksibilite radyografleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Proksimal torakal eğriliklerde; traksiyon, barfiks ve yana eğilme filmlerinin fleksibilite ortalamaları sırası ile 0.237, 0.296, 0.197'dir. Torakal eğriliklerde (n = 27), barfiks filmlerindeki ortalama korreksiyon oranı traksiyon ve yana eğilme grafilerinden fazla olmakla birlikte sadece traksiyon grafisinden anlamlı oranda daha iyi korreksiyona sahiptir ($p < 0.001$). Barfiks filmlerindeki ortalama %39.5'luk düzelme ve yana eğilme filmlerindeki ortalama %33.9'luk düzelme oranı arasında anlamlı fark yoktur ($p = 0.49$). Yana eğilme grafileri traksiyon grafilerinin torakal bölgedeki ortalama %30.6'luk fleksibilite oranından daha fazla korreksiyon sağlamakla birlikte istatistiksel olarak önemli bir fark



Şekil-45: Yapısal eğriliklerdeki preoperatif, traksiyon, barfiks, yana eğilme ve postoperatif radyografilerin ortalama cobb açıları eğrilik bölgelerine göre gösterilmektedir.

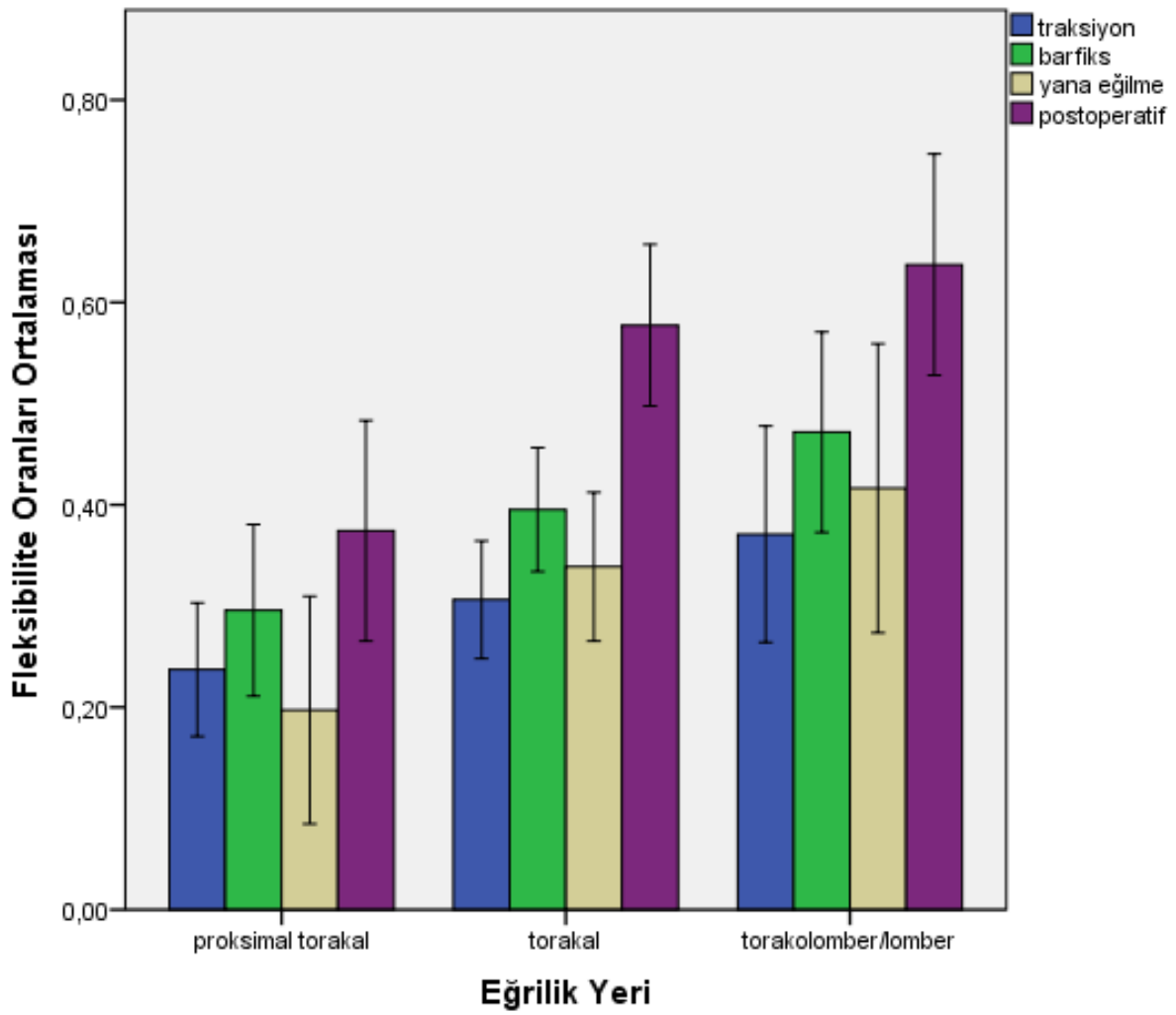
saptanmamıştır ($p > 0.999$). Torakolomber ve lomber eğrilikleri ($n = 11$) değerlendirdiğimizde; traksiyon, barfiks ve yana eğilme filmlerindeki fleksibilite oranlarının ortalaması sırasıyla 0.371, 0.472 ve 0.416'dır. Barfiks ve yana eğilme filmleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır ($p > 0.999$). Barfiks ve traksiyon grafisi arasında torakolomber/lomber bölge eğriliklerinde de istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p < 0.001$). Şekil-47 ve tablo-10'da eğrilğin seviyesine göre fleksibilite oranları ve ilgili varyans analizi gösterilmiştir.



Şekil-46: Traksiyon, barfiks ve yana eğilme radyograflerinin fleksibilite oranlarının ortalamaları gösterilmektedir.

ANOVA	Barfiks		Yana Eğilme	Postoperatif
Traksiyon	5×10^{-10}		>0.999	7×10^{-11}
Barfiks			0.076	1×10^{-7}
Yana Eğilme				8×10^{-10}
	Traksiyon	Barfiks	Yana Eğilme	Postoperatif
Ortalama	0.311	0.398	0.336	0.560
SS	0.15	0.15	0.20	0.20

Tablo-9: Yapısal eğriliklerin fleksibilite ve postoperatif korreksiyon oranı ortalamalarına ait varyans analizi gösterilmektedir. Her bir karşılaştırmanın p değerleri verilmiştir, $p < 0.05$ olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. SS: Standart Sapma.



Error Bars: +/- 2 SE

Şekil-47: Traksiyon, barfiks, yana eğilme radyografilerinin fleksibilite oranlarının ve postoperatif radyografilerin korreksiyon oranlarının ortalamaları, eğriliğin apeksinin bulunduğu bölgeye göre gösterilmektedir.

	ANOVA	Barfiks	Yana Eğilme	Postoperatif
Proksimal Torakal n = 7	Traksiyon	0.185	> 0.999	0.314
	Barfiks		0.726	> 0.999
	Yana Eğilme			0.087
Torakal n = 27	Traksiyon	2×10^{-7}	> 0.999	7×10^{-9}
	Barfiks		0.49	2×10^{-6}
	Yana Eğilme			2×10^{-7}
Torakolomber / Lomber n = 11	Traksiyon	1×10^{-4}	> 0.999	1×10^{-4}
	Barfiks		> 0.999	0.007
	Yana Eğilme			0.001

Tablo-10: Yapısal eğriliklerin fleksibilite oranları ve postoperatif korreksiyon oranları ortalamalarına ait varyans analizi eğriliğin apeksinin bulunduğu bölgeye göre gösterilmektedir. Her bir karşılaştırmanın p değerleri verilmiştir, $p < 0.05$ olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. “n” : Eğrilik sayısı.

Yapısal eğrilikler, Cobb açısı ölçümündeki olası ± 5 derecelik hata payı da dahil edilip 60 derece üstü, 50 – 60 derece arası ve 50 dereceden küçük eğrilikler olacak şekilde üç gruba ayrıldı. Torakal (proksimal torakal dahil) ve lomber (torakolomber dahil) eğrilikler ayrı şekilde sınıflandırıldı. 50 derecenin altında (< 50) 24, 50 – 60 derece arası 8 ve 60 derecenin üstünde (> 60) 13 eğrilik mevcuttu. < 50 eğriliklerde 19 torakal ve 5 lomber eğrilik vardı. 50 – 60 derece arasındaki eğriliklerin 7'si torakal, 1 tanesi lomber idi. > 60 derece eğriliklerde 8 eğrilik torakal ve 5 eğrilik lomber bölgedeydi (Tablo-11).

	Torakal Eğrilikler				Lomber Eğrilikler			
	TX.	BAR.	EĞİL.	Eşitlik	TX.	BAR.	EĞİL.	Eşitlik
$> 60^\circ$	0	8*	0	0	0	4	1	0
50 – 60°	0	4	2	1 TX = BAR	0	1	0	0
$< 50^\circ$	1	4	9*	1 TX = BAR = EĞİL 3 BAR = EĞİL 1 TX = BAR	0	1	4*	0

Tablo-11: Torakal ve lomber bölgedeki yapısal eğriliklerin farklı açı gruplarında fleksibilite radyografilerinden en fazla düzelme oranı gösterenler sayıca belirtilmiştir. TX. = Traksiyon, BAR. = Barfiks, EĞİL. = Yana eğilme. * $p < 0.05$

Torakal bölgedeki < 50 derece olan eğrilikleri değerlendirdiğimizde, traksiyonun 1 eğrilikte, barfiksın 4 ve yana eğilmenin 9 eğrilikte daha fazla fleksibilite oranı göstermiştir. 1 eğrilikte 3 fleksibilite filmi de eşit düzelme göstermiş, 3 eğrilikte barfiks ve yana eğilme eşit bulunurken, 1 eğrilikte barfiks ve traksiyon eşit bulunmuştur. Eşitlik olan eğrilikleri dışlayıp verileri analiz ettiğimizde yana eğilme radyografisi ile diğer filmler arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0.026$).

Torakal bölgedeki > 60 derece olan eğriliklerde; 8 eğriliğin tamamında barfiks filmi en fazla düzelme oranını göstermiştir ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0.026$).

Torakal bölgedeki 50 – 60 derece arası eğriliklerde; 4 eğrilikte barfiks, 2 eğrilikte yana eğilme ve 1 eğrilikte traksiyon ve barfiks eşit olarak gözlenmiş olup filmler arasında istatistiki anlamlı fark saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Lomber bölgede ise < 50 derece altındaki eğriliklerde; 4 eğrilikte yana eğilme ve 1 eğrilikte barfiks filmi üstünlük göstermiştir. Traksiyon filmi hiçbir eğrilikte diğerlerinden daha yüksek düzelme oranı gösterememiştir. Yana eğilme filminin 4 eğrilikte daha fazla miktarda düzelme göstermesi istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0.042$).

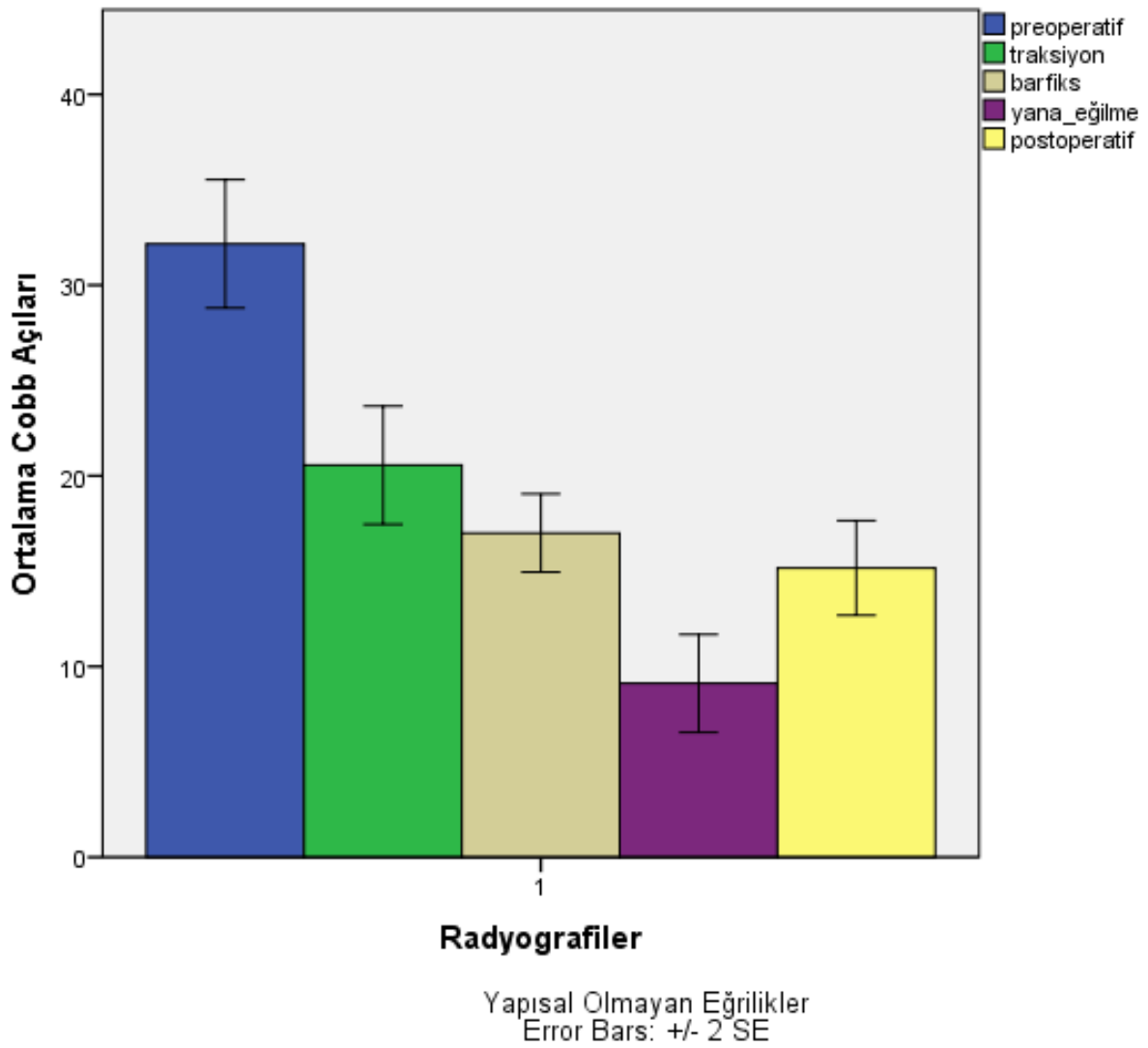
Lomber bölgenin > 60 derece eğriliklerinde; 4 eğrilikte barfiks, 1 eğrilikte yana eğilme üstünlük göstermiş olup, traksiyonun daha fazla düzelme gösterdiği eğrilik yoktu. Barfiks filminin 4 eğrilikte daha fazla korreksiyon göstermesi yana eğilme filmine göre istatistiki bir anlamlılık göstermemiştir ($p = 0.69$).

Lomber bölgede $50 - 60$ derece arası sadece 1 eğrilik vardı ve barfiks filmi ile daha fazla fleksibilite oranı gösterdi.

Yapısal olmayan 18 eğrilik incelendiğinde preoperatif ayakta skolyoz ön-arka radyografilerindeki Cobb açı ölçüm ortalaması 32.16 ± 6.93 derece (min: 20, max: 49), traksiyon filmlerinde 20.55 ± 6.39 derece (min: 10, max: 35), barfiks filmlerinde 17 ± 4.22 derece (min: 10, max: 25) ve yana eğilme filmlerinde 9.11 ± 5.3 derece (min: 0, max: 18) bulundu (Şekil-48). Postoperatif radyografilerde ise yapısal olmayan eğriliklerin Cobb açı ölçümü ortalaması 15.16 ± 5.11 dereceydi (min: 8, max: 23).

Yapısal olmayan eğriliklerin, traksiyon, barfiks, yana eğilme radyografilerindeki fleksibilite oranları ortalaması sırası ile 0.358 ± 0.16 , 0.458 ± 0.14 , 0.702 ± 0.19 idi (Şekil-49). Barfiks ve yana eğilme filmlerinin fleksibilite oranı ortalaması traksiyon filmlerinden anlamlı düzeyde yüksek bulundu (sırasıyla, $p = 0.043$ ve $p < 0.001$). Yana eğilme filmleri, barfiks filmleriyle kıyaslandığında, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek fleksibilite oranı gösterdi ($p < 0.001$). Varyans analizleri, tablo-12’de gösterilmiştir.

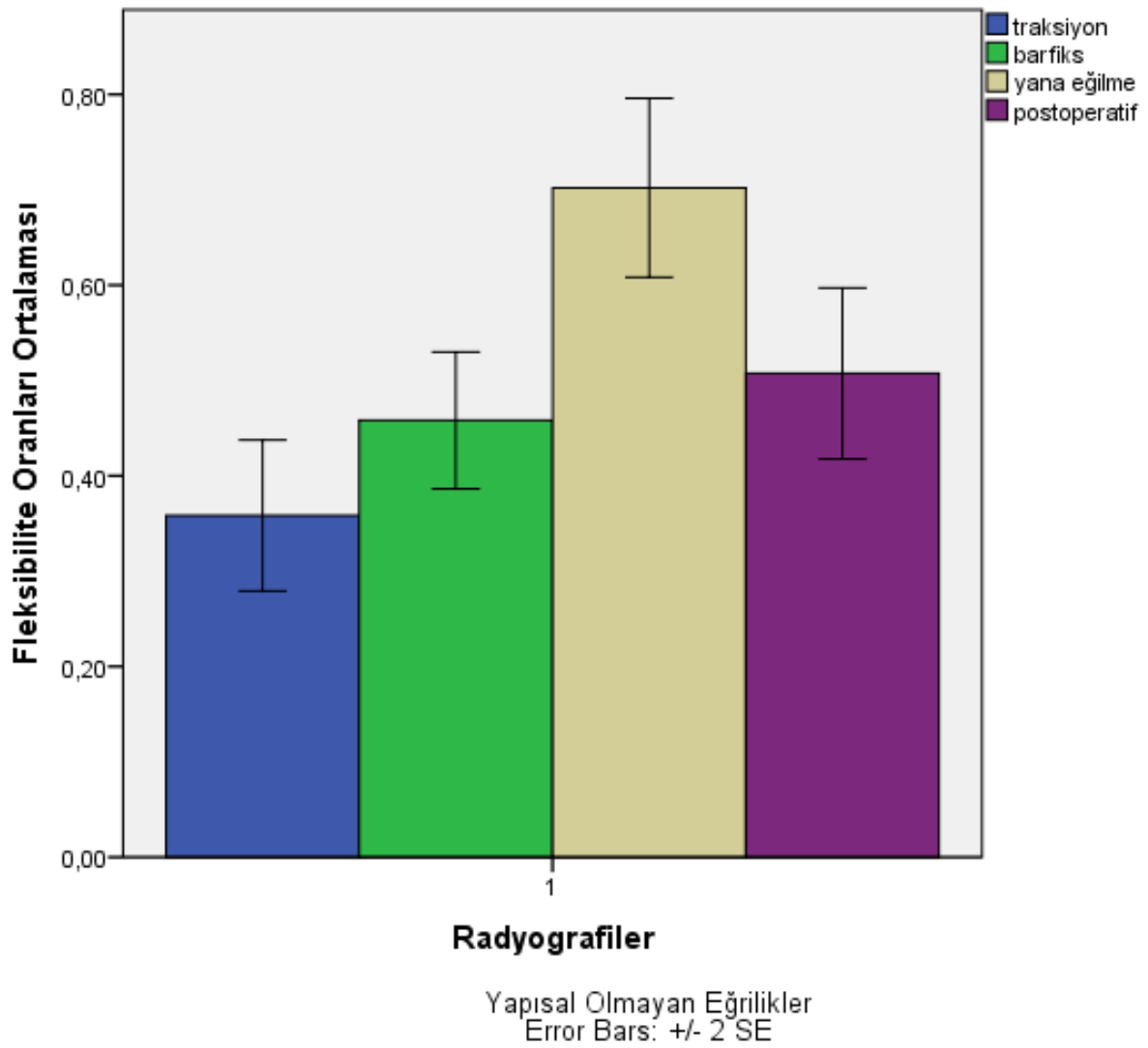
Yapısal olmayan eğrilikleri torakal ve lomber olarak sınıflandırdığımızda; torakal eğriliklerde ($n = 7$), traksiyon, barfiks ve yana eğilme filmlerinin fleksibilite oranları ortalamaları sırası ile 0.262, 0.385, 0.587’dir. Torakal bölgede traksiyon ve barfiks arasında anlamlı bir fleksibilite farkı görülmedi ($p = 0.54$). Yana eğilme filmleri, traksiyon filmlerinden istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha fazla fleksibilite gösterdi ($p = 0.046$). Barfiks ile yana eğilme filmlerine göre daha az fleksibilite elde edilmesine rağmen arada istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı. ($p = 0.116$). Yapısal olmayan lomber eğriliklerde ($n = 11$); traksiyon, barfiks ve yana eğilme filmlerinin fleksibilite oranı ortalamaları sırası ile 0.419, 0.505, 0.775 bulundu. Traksiyon ve barfiks filmleri arasında anlamlı bir fark görülmedi. ($p = 0.315$). Yana eğilme filmleri, barfiks ve traksiyon filmlerine göre daha yüksek fleksibilite gösterdi. (sırasıyla, $p < 0.001$ ve $p = 0.002$). Yapısal olmayan eğriliklerin, torakal ve lomber bölgeye göre fleksibilite ve korreksiyon oranları ortalamaları, ilgili varyans analizleri şekil-50 ve tablo-13’de gösterilmiştir.



Şekil-48: Yapısal olmayan eğriliklerde, preoperatif, traksiyon, barfiks, yana eğilme ve postoperatif radyografların Cobb açı ölçümü ortalamaları gösterilmektedir.

ANOVA	Barfiks	Yana Eğilme	Postoperatif	
Traksiyon	0.043	1x10⁻⁶	0.042	
Barfiks		6x10⁻⁵	> 0.999	
Yana Eğilme			0.007	
	Traksiyon	Barfiks	Yana Eğilme	Postoperatif
Ortalama	0.358	0.458	0.702	0.507
SS	0.16	0.14	0.19	0.18

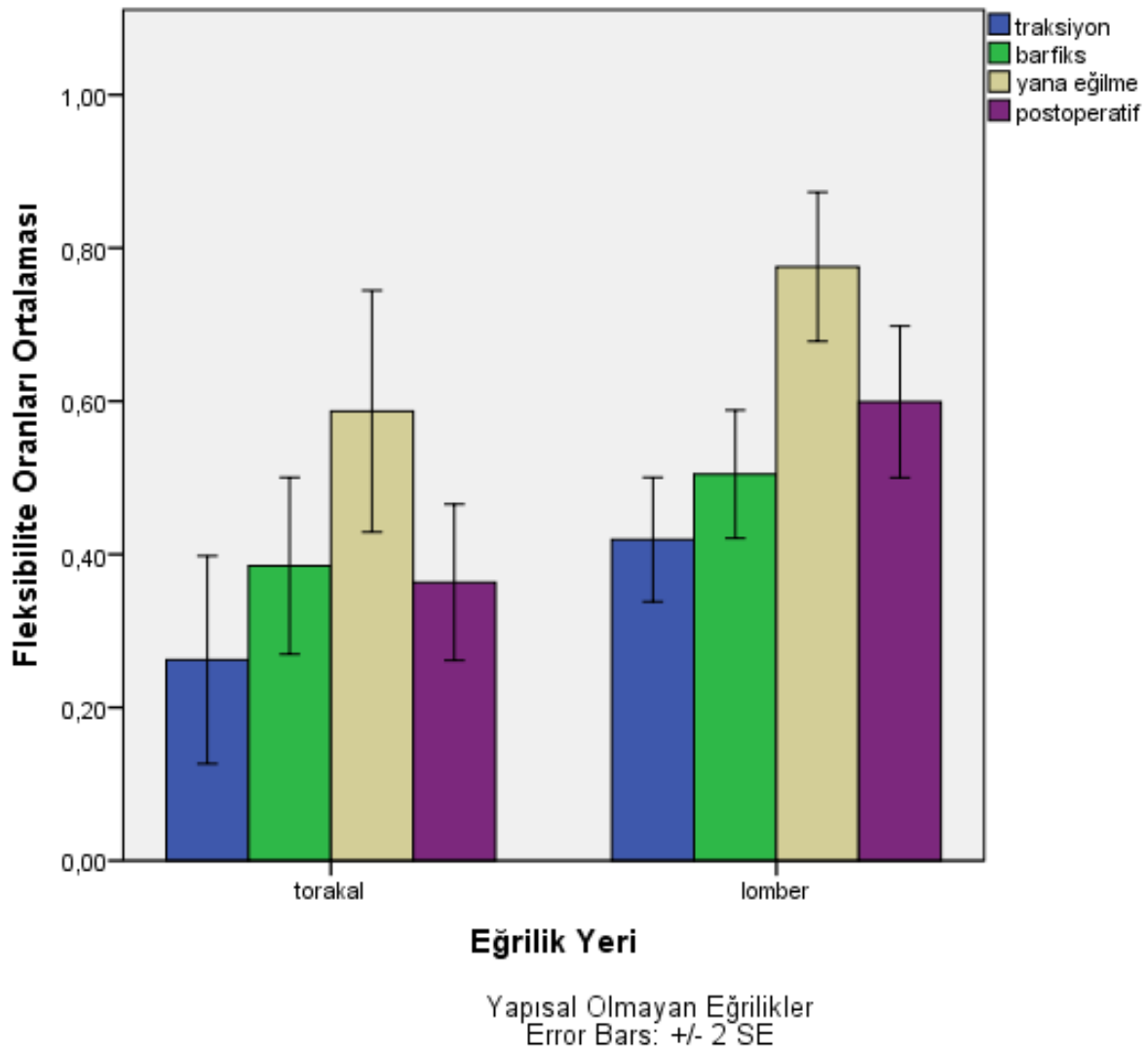
Tablo-12: Yapısal olmayan eğriliklerde, fleksibilite ve postoperatif korreksiyon oranı ortalamalarına ait varyans analizi gösterilmektedir. Her bir karşılaştırmanın p değerleri verilmiştir, p < 0.05 olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. SS: Standart sapma.



Şekil-49: Yapısal olmayan eğriliklerde traksiyon, barfiks ve yana eğilme radyograflerinin fleksibilite oranlarının ortalamaları gösterilmektedir.

	ANOVA	Barfiks	Yana Eğilme	Postoperatif
Torakal n = 7	Traksiyon	0.540	0.046	> 0.999
	Barfiks		0.116	> 0.999
	Yana Eğilme			0.299
Lomber n = 11	Traksiyon	0.315	1x10⁻⁴	0.032
	Barfiks		0.002	0.593
	Yana Eğilme			0.091

Tablo-13: Yapısal olmayan eğriliklerin fleksibilite ve postoperatif korreksiyon oranı ortalamalarına ait varyans analizi eğriliğin bölgesine göre gösterilmektedir. Her bir karşılaştırmanın p değerleri verilmiştir, $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. “n” : Eğrilik sayısı.



Şekil-50: Yapısal olmayan eğriliklerde fleksibilite ve korreksiyon oranı ortalamaları, eğriliklerin bölgesine göre gösterilmektedir.

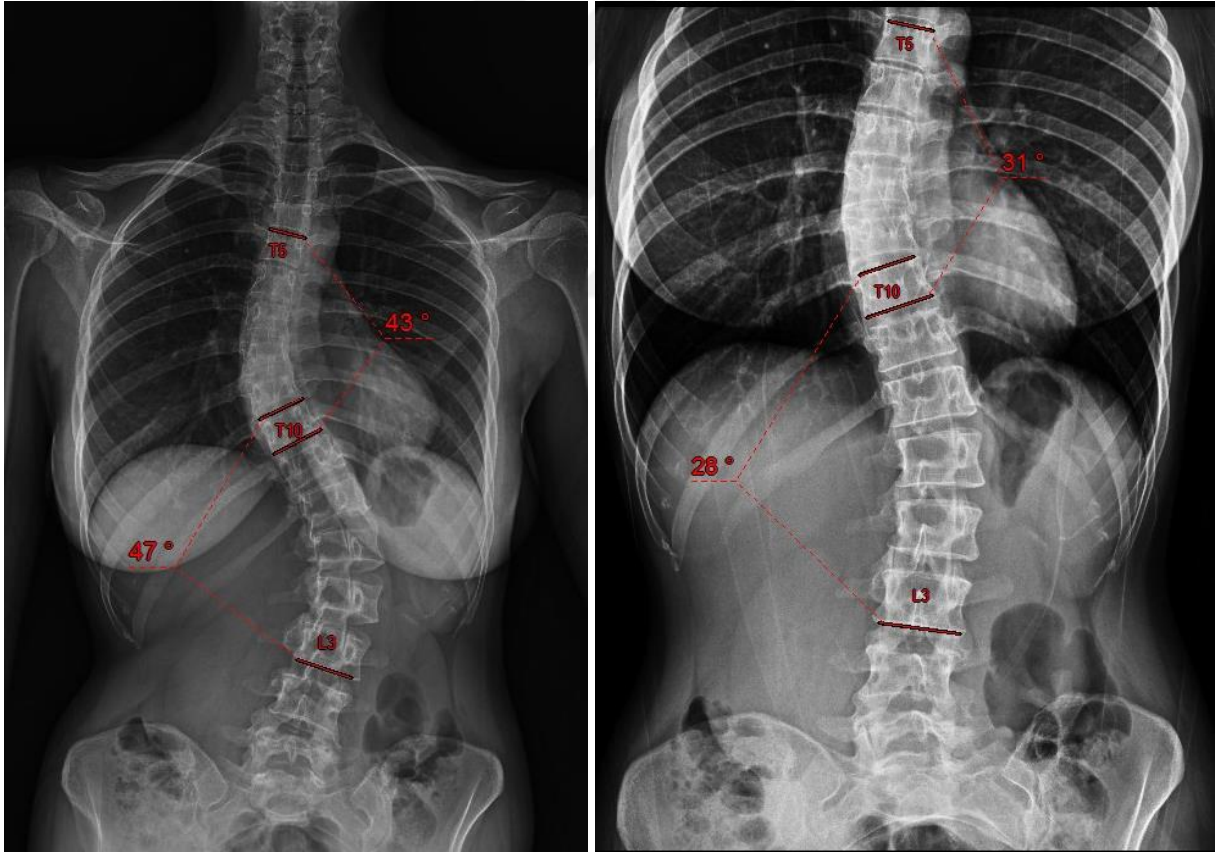
Postoperatif korreksiyon oranları yapısal eğriliklerde 0.560 ± 0.20 ortalama ile traksiyon, barfiks ve yana eğilme filmlerinden anlamlı düzeyde yüksekti (Tablo-9, $p < 0.001$). Proksimal torakal, torakal ve torakolomber/lomber olarak incelediğimizde (Şekil-47); proksimal torakal eğrilikler hariç tüm eğriliklerde fleksibilite oranlarından anlamlı ölçüde daha yüksek korreksiyon oranı göstermektedir (tablo-10, $p < 0.05$).

Yapısal olmayan eğriliklerde postoperatif korreksiyon oranı ortalaması (Şekil-49) 0.507 ± 0.18 ile traksiyondan anlamlı derecede yüksek ve yana eğilme filmlerinden anlamlı derecede düşük olarak değerlendirildi (Tablo-12, $p < 0.05$). Barfiks radyografilerinin fleksibilite oranı ile postoperatif korreksiyon oranı yapısal olmayan eğrilikler için yakın düzeyde bulundu ($p > 0.999$). Yapısal olmayan eğriliklere torakal ve lomber olmak üzere iki bölgede baktığımızda (Şekil-50); torakal bölgede 0.363 postoperatif korreksiyon oranı

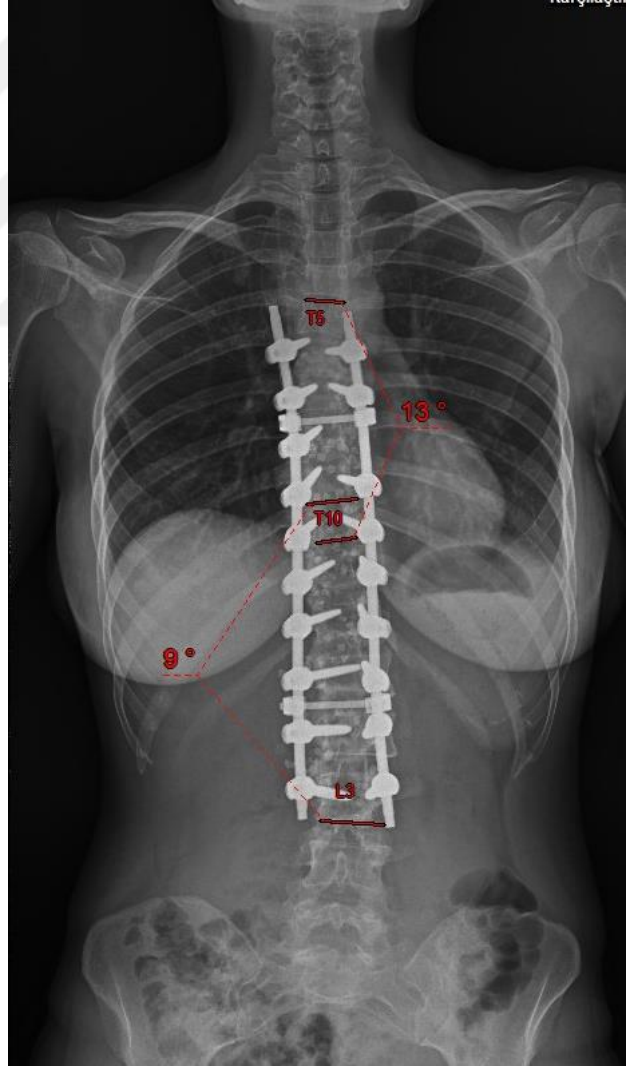
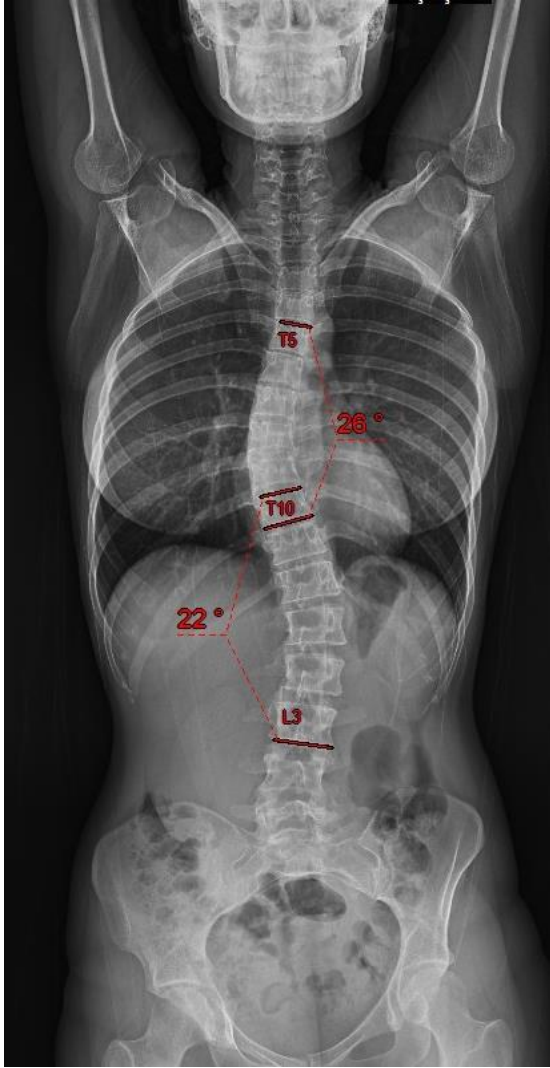
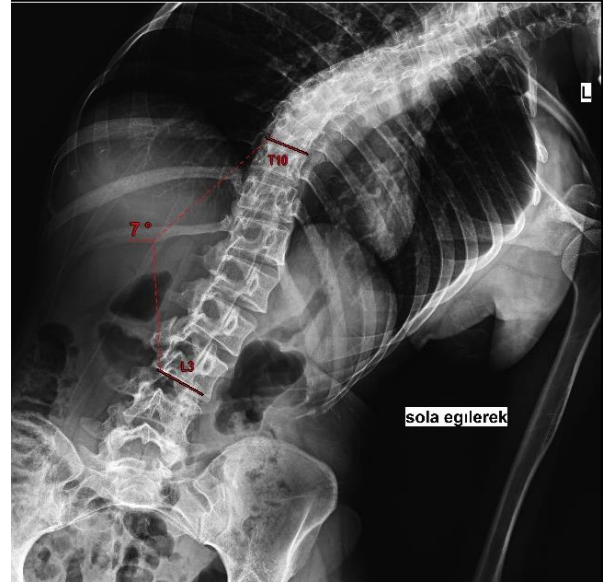
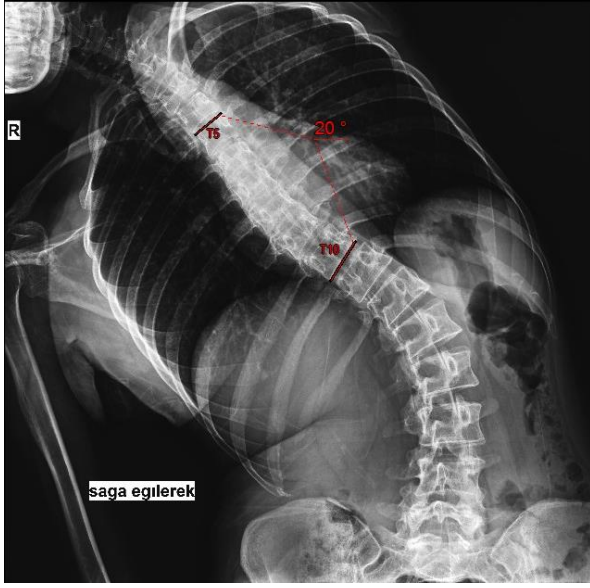
ortalamasıyla traksiyon, barfiks ve yana eğilme filmleri arasında anlamlı bir fark yoktu (Tablo-13, sırasıyla, $p > 0.999$, $p > 0.999$, $p = 0.299$). Lomber bölgede, ortalama 0.599 postoperatif korreksiyon oranı yana eğilmeden daha düşük, barfiks ve traksiyondan ise daha yüksekti. Sadece traksiyon filmlerinin fleksibilite oranı ile kıyaslandığında anlamlı bir fark vardı ($p = 0.032$). Barfiks ve yana eğilme radyografileri ile aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (sırasıyla, $p = 0.593$, $p = 0.091$).

5. VAKA ÖRNEKLERİ

Vaka No: 1

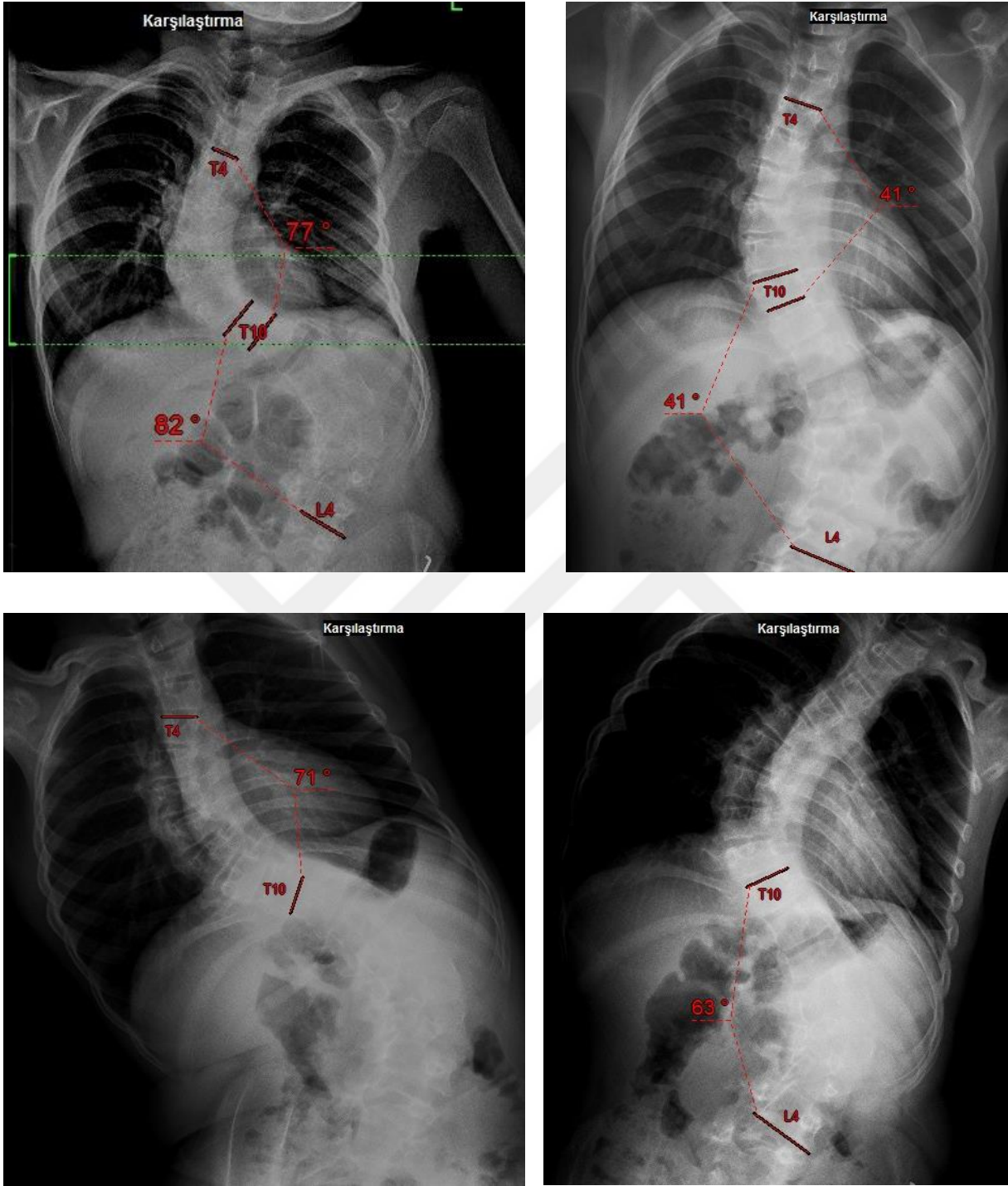


Şekil-51: Solda, ayakta skolyoz ön-arka filminde 43 derecelik sağ torakal eğrilik görülmektedir. Sağda supin traksiyon filminde eğriliğin 31 dereceye düştüğü görülmektedir.

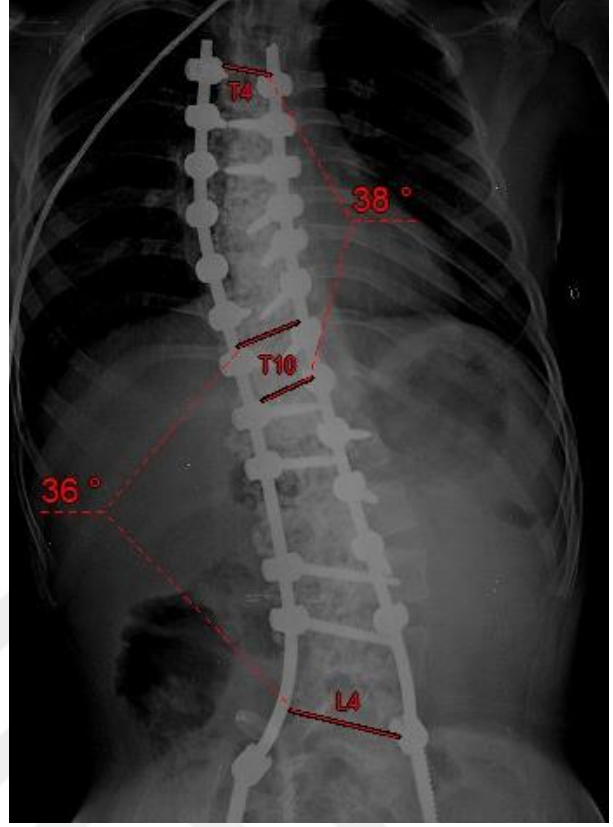
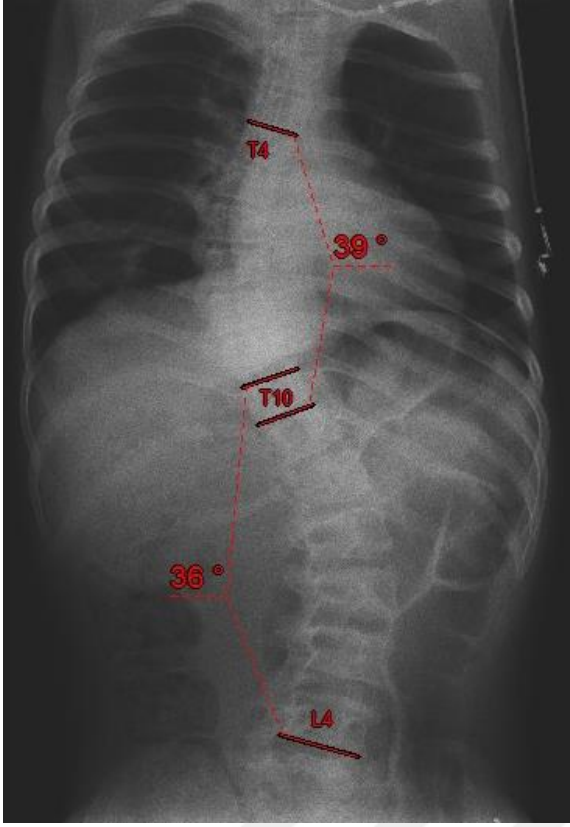


Şekil-52: Sol üstte, supine yana eğilmede eğrilik 20 dereceye düşerken, sol alttaki barfiks radyografisinde 26 derece olarak izlenmiştir. Postoperatif eğrilik 13 derece olarak ölçülmüştür.

Vaka No: 2



Şekil-53: Sol üstte, preoperatif skolyoz ön-arka filmde torakal 77 derece ve lomber 82 derecelik eğrilik mevcuttur. Sağ üstte, traksiyon grafisinde torakal ve lomber eğrilikler 41 dereceye düşmüştür. Sağ yana eğilmede torakal eğrilik 71 derece, sol yana eğilmede lomber eğrilik 63 derece olarak ölçülmüştür.



Şekil-54: Solda, barfiks filminde torakal eğrilik 39 derece ve lomber eğrilik 36 derecedir. Postoperatif torakal ve lomber eğriliklere ait Cobb açıları sırasıyla 38 ve 36 derecedir.

6. TARTIŞMA

Fleksibilite radyografileri, skolyoz cerrahisinde cerrahi yaklaşımı belirlemede ve füzyon seviyesine karar verilmesinde önemli rol oynamaktadır.⁴ Yana eğilme filmleri günümüzde altın standart gibi görülmektedir ve geçmişte postoperatif korreksiyon sonuçlarıyla iyi bir korelasyon göstermiştir.^{1,4} Modern cerrahi tekniklerle özellikle koronal plan korreksiyonunun ilerlemesi, yana eğilme filmlerini postoperatif korreksiyon tahmininde yetersiz bırakmıştır. Aronsson ve ark 1996'da supin yana eğilme radyografilerinin Harrington enstrümentasyonu kullanılan vakalarda postoperatif korreksiyon için prediktif olduğunu göstermiş fakat Drummond/Wisconsin ya da TSRH enstrümentasyonu kullanılan vakalarda postoperatif korreksiyon tahmininde yetersiz olduğunu belirtmiştir.¹⁷⁸ Sonraki çalışmalarda da yana eğilme filmlerinin postoperatif korreksiyon üzerine prediktif bir değer taşımadığı gösterilmiştir.^{6,7,10,179}

Traksiyon radyografileri, yana eğilme filmleri için koopere olamayan hastalarda ve büyük eğrilikleri olan hastalarda önerilmektedir. White ve Panjabi'nin yaptığı biyomekanik çalışmalarda 53 derecenin üzerindeki eğriliklerde aksiyel yüklenme daha etkiliyken, 53 derecenin altındaki eğriliklerde transvers yüklenmenin daha etkili olduğu görülmüştür.¹⁸⁰ Bu durum, Vaughan ve ark, Polly ve Sturm'ın çalışmalarında 60 derecenin üstündeki eğriliklerde, traksiyonun yana eğilmeye göre daha fazla fleksibilite oranı göstermesiyle desteklenmiştir.^{2,8}

Yana eğilme ve traksiyon radyografileri uygulayıcıya ve çekim tekniğine bağlıdır ve özellikle yana eğilmede hasta kooperasyonu da önemlidir. Traksiyon filminde aksilladan ya da servikal bölgeden traksiyon yapılması ve traksiyon miktarı fleksibilitayı etkileyebilirken, yana eğilme radyografisinde kostaların iliuma değecek kadar istemli bir lateral fleksiyon yapılması hastadan beklenmektedir.² Bu muhtemel etkenlere bağlı olarak literatürde fleksibilite radyografileri ile ilgili farklı sonuçlar bildirilmiştir.¹⁸¹ McCall ve Bronson yana eğilme filmlerindeki sonuç değişkenliği nedeniyle füzyon seviyesi seçiminde fleksibilite filmlerine karşı bir görüş bildirmiştir.¹⁰ Moe yana eğilme filmlerinin kullanımının önemini belirtirken, büyük eğriliklerde fleksibilitayı değerlendirmek için traksiyon radyografilerini önermiştir.¹⁵⁸ Lonstein nöromusküler skolyozlu hastalarda aktif lateral fleksiyon genelde mümkün olmadığından traksiyon filmlerini önermiştir.¹² Glassman ise zor vakalarda hem traksiyon hem yana eğilme filmlerinin kullanımının füzyon seviyesi tayininde önemli olduğunu belirtmiştir.¹⁸² Tüm eğrilikler değerlendirildiğinde, Takahashi ve ark. nın yaptığı 74 hastalık çalışmada, traksiyon ve yana eğilme filmleri eşit bulunmuş, traksiyon filmlerinin torakal bölgede daha prediktif olduğunu belirtmiştir.¹⁸³ Watanabe ve ark. 229 hastalık bir

seride traksiyon filmlerinin 60 derece üzerindeki eğriliklerde, 15 yaş altı hastalarda, < 7 vertebra eğriliğe dahil olduğunda ve apeksi T4 ve T8/T9 arasında olan hastalarda daha üstün olduğunu göstermiştir.¹⁸⁴ Aksi olarak, Hamzaoğlu ve ark. larının yaptığı 37 hastalık bir çalışmada ise traksiyon radyografileri, supin yana eğilme, fulkrum eğilme ve anestezi altındaki traksiyon grafisinden daha az fleksibilite göstermiştir.¹⁸⁵

Çalışmamızda eğrilikleri bölgesel ya da açı büyüklüklerine göre sınıflandırmadan değerlendirdiğimizde, barfiks filmi yapısal eğriliklerde yana eğilme ve traksiyon filmlerinden daha yüksek fleksibilite gösterse sadece traksiyon filmleri ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Traksiyon filmleri yana eğilme radyografilerinden daha düşük fleksibilite göstermekle birlikte istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Literatürde fleksibilite radyografileri çoğunlukla eğriliğin apeksinin bulunduğu bölge ve eğriliğin Cobb açısının büyüklüğüne göre sınıflandırılıp karşılaştırılmıştır.^{2,8,183,184,186} Barfiks radyografisinin diğer fleksibilite filmleriyle karşılaştırılması literatür açısından bir ilk olsa da, aksiyel traksiyon prensibi açısından değerlendirildiğinde, Davis ve ark. larının 24 hastalık seride ortaya koyduğu genel anestezi altında traksiyon grafisinin (AAT) tüm eğrilikler değerlendirildiğinde yana eğilme grafisinden anlamlı düzeyde üstün olmasıyla paralellik göstermektedir.¹

Proksimal torakal yapısal eğriliklerde barfiks radyografileri, yana eğilme ve traksiyondan daha fazla fleksibilite göstermekle birlikte istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Watanabe ve ark. nın çalışmasında traksiyon grafileri proksimal torakal eğriliklerde genel olarak yana eğilmeye göre fleksibilite açısından daha zayıf bulunmuştur. 40 derece ve üstündeki eğriliklerde ise anlamlı ölçüde traksiyon grafilerinin daha yüksek fleksibilite oranı gösterdiği bildirilmiştir.¹⁸⁴ Çalışmamızda proksimal torakal eğriliklerin Cobb açı ortalamasının 44 derece olması, barfiks ve traksiyonun yana eğilmeden daha fazla korreksiyon göstermesini açıklar nitelikte olup, eğrilik sayısının az olması nedeniyle istatistiksel olarak anlamlı bir farka ulaşamamıştır.

Ana torakal yapısal eğriliklerde benzer şekilde barfiks grafisi, yana eğilme ve traksiyondan daha yüksek fleksibilite göstermiş, traksiyon grafisiyle arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. Yana eğilme grafisi traksiyondan daha yüksek düzelme gösterse de istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Liu ve ark. yaptığı 51 ana torakal eğrilikte supin eğilme, “push prone” ve traksiyon filmlerinin karşılaştırıldığı çalışmada, supin eğilme ve traksiyon filmleri “push prone” grafisinden anlamlı şekilde üstün olduğu bildirilirken, traksiyon ve yana eğilme arasından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.¹⁸⁶ Bu veri çalışmamızın sonucuyla uyumludur ve barfiks filminin traksiyon karşısında korreksiyon oranının anlamlı derecede yüksek olması başarılı bir fleksibilite radyografi tekniği olduğunu göstermektedir.

Torakolomber/Lomber yapısal eğriliklerde barfiks grafisi, traksiyon ve yana eğilmeden daha yüksek korreksiyon göstermiş olup traksiyon grafisi ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmüştür. Yana eğilme filmi, traksiyondan daha yüksek bir düzelme göstermiş ama bu fark istatistiksel bir anlam kazanmamıştır. Bu sonuç Liu ver ark. çalışmasıyla¹⁸⁶ uyumlu olsa da literatürdeki genel görüş birliği yana eğilme filmlerinin lomber bölgede traksiyona karşı daha üstün olduğu yönündedir.^{2,8,184} Lomber bölgede özellikle 50 derece altında yana eğilme filmleri belirgin düzelme gösterirken, açı arttıkça traksiyon ve yana eğilme filmleri arasındaki fleksibilite oranı farkı azalmaktadır. Çalışmamızdaki lomber bölgedeki Cobb açı ortalamasının 55 derece olması nedeniyle yana eğilme ve traksiyon arasında istatistiksel bir fark göremediğimizi düşünmekteyiz.

Fleksibilite radyografilerinde, sonuçlardaki değişkenlik çekim tekniği, uygulayıcı personel, hastanın aksiyel ve transvers yüklere karşı rijiditesi ve ölçüm esnasındaki hatalardan kaynaklanabilmektedir.^{2,181} Traksiyonu esas alan grafilerin 60 derecenin üzerinde daha iyi korreksiyon sağladığı bilinirken, 60 derecenin altında yana eğilme daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Biyomekanik olarak aksiyel ve transvers yüklenmelerin birbirinden farklılaştığı açı 53 derece olduğundan Cobb açı ölçümündeki ± 5 derece hata payı da dahil edilip $> 60^\circ$, $50-60^\circ$ ve $< 50^\circ$ şeklinde eğrilikleri 3 gruba ayırdık. 60 derece üstü eğriliklerde traksiyon tekniği ile daha dramatik açı düzelmeleri görülebilmekte ve bu fleksibilite oranını önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Karşılaştırmalarda fleksibilite oranı ortalaması kullanıldığında, yana eğilme daha fazla hastada başarılı sonuç gösterse de traksiyon filmlerinin yüksek derece eğriliklerdeki dramatik düzelme oranlarının ortalamayı etkileyebileceğini düşünmekteyiz. Bu hata payını da ortadan kaldırmak için Polly ve Sturm'un çalışmasında olduğu gibi fleksibilite radyografilerinin başarılı olduğu eğrilik sayısı da istatistiksel analize dahil edildi.² Torakal eğriliklerde; 60 derece üstü grupta barfiks radyografisi anlamlı ölçüde üstün bulunurken, 50 derece altı grupta yana eğilme filminin anlamlı derecede daha başarılı olduğu görülmüştür. 50-60 derece arası grupta istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Lomber bölgede; 60 derece üstü ve 50-60 derece arası grupta eğrilik sayısı az olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilememiş, 50 derece altı grupta ise yana eğilme filmleri, barfiks ve traksiyona göre anlamlı ölçüde üstünlük göstermiştir. Literatürde traksiyon radyografisi ile yana eğilme radyografileri arasında benzer bir ilişki gösterilmiştir^{2,8,184,186} ve çalışmamızda traksiyon ile aynı prensibi daha başarılı bir şekilde uygulayan barfiks grafisinin traksiyon filminin yerini aldığı görülmektedir.

Postoperatif korreksiyon tahmininde proksimal torakal eğrilikler hariç tüm yapısal eğriliklerde açı büyüklüğünden bağımsız olarak traksiyon, barfiks ve yana eğilme

radlyografilerinin ücü de yetersiz kalmıştır. Fleksibilite radyografilerinin prediktif değer gösterememesi güncel spinal segmental entstrmentasyon sistemlerinin bir sonucu olarak literatür ile uyumludur.^{7,10,178,179} Davis ve ark. alışmasında AAT radyografisinin eğrilik bölgesi ve aı büyüklüğünden bağımsız olarak postoperatif korreksiyonla yüksek korelasyon gösterdiği, prediktif değer taşıdığı bildirilmiştir.¹ Bu sonucun, genel anestezi altında aksilla ve ayak bileklerinden uygulanan aksiyel traksiyona ek olarak eğriliğin apeksine translasyonel bir kuvvet uygulamalarından kaynaklandığı düşünülmüştür. Nitekim, Liu ve Teng'in çalışmasında AAT'nin ana torakal eğriliklerde postoperatif korreksiyon açısından prediktif olmadığı bildirilmiş, lomber eğriliklerde ise data eksikliği nedeniyle net bir yorum yapılamamıştır.¹⁸⁶ Bahsedilen bu çalışmada AAT radyografisi hastanın başı ve ayak bileklerinden yapılan manuel traksiyon ile elde edilmiştir. Hamzaoglu ve ark. alışmasında da AAT radyografisi postoperatif korreksiyon oranının gerisinde kalmıştır.¹⁸⁵

Postoperatif korreksiyon tahmininde bahsedilmesi gereken diğer bir nokta ise yapısal olmayan eğriliklerin korreksiyon tahmininde fleksibilite radyografilerinin etkisi olup olmadığıdır. Eğriliğin bölgesinden bağımsız olarak incelediğimizde yapısal olmayan eğriliklerde traksiyon ve yana eğilme filmleri ile postoperatif filmler arasında istatikselsel olarak anlamlı bir fleksibilite oranı farkı bulunmuştur. Traksiyon filmleri postoperatif korreksiyonun altında kalırken, yana eğilme filmleri fazla korreksiyon göstermiş ve her iki radyografi de prediktif bulunmamıştır. Barfiks filmlerinin fleksibilite oranı ortalaması postoperatif korreksiyon oranı ortlamasına oldukça yakın sonuç göstermiş olup prediktif değeri yüksek olarak değerlendirilmiştir. Yapısal olmayan eğrilikleri torakal ve lomber olarak sınıfladığımızda barfiks radyografileri postoperatif sonuca oldukça yakın değerler göstermiş ve prediktif değeri yüksek olarak değerlendirilmiştir. Traksiyon radyografileri özellikle lomber bölgede istatikselsel olarak anlamlı düzeyde postoperatif korreksiyonun altında kalmıştır. Yana eğilme filmleri hem lomber hem torakal bölgede fazla korreksiyon göstermiş, eğrilik sayısının yetersiz olması nedeniyle istatikselsel olarak postoperatif sonuçtan anlamlı ölçüde farklı olduğu gösterilememiştir. Literatürde bu konudaki tek alışma Liu ve ark. aittir; yapısal olmayan torakolomber/lomber eğriliklerde yana eğilme grafisinin overkorreksiyon gösterdiği ve "push-prone" ile AAT radyografisinin ana torakal eğriliğin enstrümentasyonu sonrası yapısal olmayan eğriliklerde prediktif olabileceğini bildirmişlerdir.¹⁸⁶ Takahashi ve ark. alışmasında postoperatif korreksiyonun 5 yıllık takiplerde azaldığı raporlanmıştır. Bu nedenle barfiks radyografilerinin uzun dönemdeki prediktif değerini belirleyebilmek için bu hastaların uzun dönem takip sonuçlarına ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda bazı kısıtlılıklar mevcuttur. 33 hastanın 45 yapısal eğriliği genel değerlendirme için yeterli olsada, açı ve eğrilik bölgesine göre yapılan gruplandırmalarda yetersiz kalabilmektedir. Yeterli hasta popülasyonu Watanabe ve ark.¹⁸⁴ çalışmasında gösterdiği üzere eğriliğin apeksinin bulunduğu vertebra seviyesine, eğriliğin içerdiği vertebra sayısına göre ve yaş gruplarına göre analizler yapıp barfiks radyografisini diğer fleksibilite filmleriyle daha farklı yönlerden karşılaştırıp daha aydınlatıcı sonuçlar elde etmek mümkün olacaktır. Diğer bir kısıtlılık ise fleksibilite radyografilerinin karşılaştırıldığı hemen hemen tüm çalışmaların ortak bir sorunu olan standardizasyon problemidir. Yana eğilme radyografileri daha önce bahsedildiği üzere hastanın katılımı ve tekniği kabul etmesine bağlıdır. Yana eğilme ve traksiyon radyografilerinin tekrarlanabilirliği bilinmemektedir. Traksiyon radyografilerinde aksilladan ya da kafadan traksiyon uygulanabilmekte, standart ders kitaplarında bahsedilen maksimal traksiyonda ne kadar güç uygulanması gerektiği bilinmemektedir.^{11,12} Traksiyon radyografileri Takahashi ve ark. tariflediği gibi, hastanın kilosunun yarısı kadar bir kuvvet (30 kg'ı geçmemek kaydıyla) servikal bir traksiyon aparatıyla uygulanarak standardize edilebilir.¹⁸³ Barfiks radyografisinin çekim tekniğinde her hastanın vücut proporsiyonuyla ilişkili olarak, vücut ağırlığıyla orantılı bir şekilde aksiyel yüklenme olmaktadır. Yine hastanın vücut ağırlığına göre değişmekle birlikte serbest bir şekilde kendini askıya aldığı anda 30 kg'dan daha fazla bir kuvvete maruz kalabilmektedir. Standart supin traksiyon grafisine göre daha başarılı olmasının nedeninin, standardizasyonunun daha kolay olması ve vertikal pozisyonda daha yüksek distraksiyon kuvveti uygulayabiliyor olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bu hipotezin biyomekanik çalışmalarla doğrulanması gerekmektedir. Barfiks radyografisinin standart supin traksiyon grafisine göre dezavantajı ise hasta uyum problemidir. Uyumsuz hastalarda, kendini askı pozisyonunda çekim süresince tutamayacak güçte hastalarda ve nöromusküler skolyozu olan hastalarda uygulamak mümkün değildir. AIS hastaları açısından değerlendirdiğimizde klinik tecrübemizde yana eğilme radyografisi çekilebilen hastaların hemen hemen hepsinde barfiks radyografisini kullanabilmekteyiz. Diğer yandan, barfiks radyografisinde çekim esnasında yardımcı personel ihtiyacı yoktur ve traksiyon radyografisi sırasında gerekli iki personelin radyasyon maruziyetinin barfiks filminde olmaması göz önünde bulundurulması gereken bir avantajdır.

Bu bulgular ışığında, her AIS skolyoz hastasının preoperatif değerlendirilmesinde ayakta skolyoz ön-arka ve supin yana eğilme filmlerine ek olarak barfiks radyografisinin çekilmesini önermekteyiz. >60° üstü ana torakal eğriliklerdeki üstünlüğü, traksiyon radyografisine göre çekim tekniği standardizasyonu, uygulayıcılar arası ve hasta uyumu

noktasında daha bağımsız olması, daha az radyasyon maruziyeti, yapısal olmayan eğriliklerde prediktif değer taşıması açısından önemli bir alternatif olduğunu düşünmekteyiz. Geniş hasta popülasyonları ve uzun postoperatif klinik takip sonuçları ile birlikte biyomekanik çalışmalarla da barfiks radyografisinin etkinliği desteklenip, daha ileri düzeyde aydınlatılmalıdır.

7. SONUÇLAR

- Barfiks radyografisi eğrilik yeri ve açı büyüklüğünden bağımsız olarak standart supin traksiyon radyografisinden üstündür.
- Ana torakal ve torakolomber/lomber eğrilikler bölgesel olarak değerlendirildiğinde barfiks radyografisi traksiyon filmlerine göre daha fazla fleksibilite gösterirken, proksimal torakal eğriliklerde traksiyon filmlerine karşı bir üstünlüğü yoktur.
- 60 derece üstünde torakal eğriliklerde barfiks radyografisi, traksiyon ve yana eğilme filmlerinden daha fazla korreksiyon göstermektedir.
- Yapısal eğriliklerde postoperatif korreksiyon tahmininde barfiks, traksiyon ve yana eğilme radyografilerinin bir değeri yoktur.
- Yapısal olmayan eğriliklerde hem torakal hem de lomber bölgede barfiks radyografileri postoperatif korreksiyon oranıyla yakın korelasyon göstermiştir. Barfiks radyografileri yapısal olmayan eğriliklerin postoperatif korreksiyon tahmininde prediktif olabilir.

8. ÖZET

Skolyoz Hastalarında Preoperatif Değerlendirme ve Postoperatif Korreksiyon Tahmininde Traksiyon, Yana Eğilme Ve Barfiks Radyografilerinin Karşılaştırılması

Çalışma Dizaynı: Adölesan idiopatik skolyozda traksiyon, barfiks ve yana eğilme radyografilerinin karşılaştırıldığı retrospektif bir çalışma.

Amaç: 3 farklı fleksibilite radyografisinin yapısal proksimal torakal (PT), ana torakal (MT) ve torakolomber/lomber (TL/L) eğriliklerdeki ve yapısal olmayan eğriliklerdeki etkinliğinin kıyaslanması ve postoperatif korreksiyon tahmini açısından değerlendirilmesi.

Çalışmanın arkaplanı: Adölesan idiopatik skolyozun cerrahi korreksiyonunda fleksibilite radyografilerinin füzyon seviyelerini belirlemede ve cerrahi karar vermede önemli bir rolü vardır. Supin yana eğilme radyografileri günümüzde altın standart olarak görülmektedir fakat traksiyon filmleri ile beraber güvenilirlikleri, tekrarlanabilirlikleri ve standardizasyonu bir tartışma konusudur. Kliniğimizde ise alternatif bir fleksibilite filmi olarak barfiks radyografileri de kullanılmaktadır. Barfiks radyografilerinin diğer fleksibilite radyografileri karşısındaki rolü bilinmemektedir.

Yöntem: Adölesan idiopatik skolyozu olan 33 hastanın preoperatif ayakta skolyoz ön-arka ve yan, supin traksiyon, barfiks ve supin yana eğilme radyografileri ile postoperatif ayakta skolyoz ön-arka filmleri incelenmiştir. Hem yapısal hem de yapısal olmayan eğriliklerde, fleksibilite ve korreksiyon oranları, eğriliklerin Cobb açısı büyüklüğüne ve eğrilik bölgesine göre değerlendirildi.

Bulgular: Yapısal MT ve TL/L eğriliklerde barfiks radyografisi traksiyona göre anlamlı derecede yüksek fleksibilite göstermiştir ($p < 0.001$). $> 60^\circ$ MT eğriliklerde barfiks grafisi yana eğilme ve traksiyondan daha üstün bulunurken, $< 50^\circ$ MT eğriliklerde ise yana eğilme daha fazla düzelme göstermiştir ($p=0.026$). $< 50^\circ$ TL/L eğriliklerde yana eğilme grafisi daha yüksek fleksibilite göstermiştir ($p=0.042$). Üç fleksibilite radyografisinin de yapısal eğriliklerde prediktif değeri bulunamamıştır. Yapısal olmayan eğriliklerde ise yana eğilme filmleri fazla korreksiyon gösterirken traksiyon grafileri postoperatif korreksiyonun altında kalmıştır. Barfiks radyografileri hem MT hem de TL/L bölgede postoperatif korreksiyon sonucuna oldukça yakın fleksibilite göstermiştir.

Sonuç: Barfiks radyografisi traksiyon radyografisinden daha üstün sonuçlar ortaya koymaktadır. $> 60^\circ$ üstündeki MT eğriliklerde yana eğilme radyografisinden daha fazla fleksibilite göstermektedir. $< 50^\circ$ TL/L dışında yana eğilme filmleri ile eşit sonuçlar gösteren barfiks tekniği başarılı bir fleksibilite radyografisidir ve yapısal olmayan eğriliklerin postoperatif korreksiyonu açısından prediktif olabilir.

Anahtar Kelimeler: adölesan idiopatik skolyoz, fleksibilite radyografisi, barfiks radyografisi, traksiyon radyografisi, yana eğilme radyografisi, fleksibilite oranı, korreksiyon oranı.



9.SUMMARY

Comparison of Traction, Side-bending and Dead Hang Radiographs in Preoperative Evaluation and Postoperative Correction Prediction in Patients with Scoliosis

Study Design: A retrospective study comparing traction, dead hang and side-bending radiographs in adolescent idiopathic scoliosis

Objective: To compare the effectiveness of three different flexibility radiographs in structural proximal thoracic (PT), main thoracic (MT) and thoracolumbar / lumbar (TL / L) curves and nonstructural curves and evaluation in terms of postoperative correction prediction.

Summary of Background Data: In the surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis, flexibility radiographs have an important role in determining fusion levels and in surgical decision making. Supine bending radiographs are presently considered the gold standard, but their reliability, reproducibility and standardization along with traction films is a subject of debate. In our clinic, dead hang radiographs are also used as an alternative flexibility film. The role of dead hang radiographies against other flexibility radiographs is unknown.

Methods: 33 patients with adolescent idiopathic scoliosis were evaluated with preoperative standing anteroposterior, lateral, supine traction, dead hang and supine side-bending radiographs and postoperative standing anteroposterior films. Flexibility and correction rates were assessed according to the Cobb angle and curvature region in both structural and non-structural curves.

Results: In structural MT and TL/L curves, dead hang radiography showed significantly higher flexibility compared to traction ($p < 0.001$). In case of $>60^\circ$ MT curves, dead hang radiograph was superior to side-bending and traction, whereas in curves of $<50^\circ$ MT, side-bending showed more improvement ($p = 0.026$). Side-bending graph showed higher flexibility at curves of $<50^\circ$ TL/L ($p = 0.042$). No predictive value was found in structural curves for all three radiographs. In non-structural curves, side-bending films showed over-correction while traction radiographs remained below postoperative correction. Dead hang radiographs showed very similar flexibility to postoperative correction in both MT and TL/L regions.

Conclusion: Dead hang radiograph is superior to traction radiograph. In MT curves $>60^\circ$, dead hang show greater flexibility than side-bending radiograph. Dead hang technique, which shows equal results with side-bending films other than $<50^\circ$ TL / L curves, is a successful flexibility radiograph and provides predictive value for non-structural curves in terms of postoperative correction.

Key words: adolescent idiopathic scoliosis, flexibility radiograph, barfix radiograph, traction radiograph, lateral flexion radiograph, flexibility rate, correction rate.



10.KAYNAKLAR

1. Davis BJ, Gadgil A, Trivedi J, Ahmed ENB. Traction radiography performed under general anesthetic: A new technique for assessing idiopathic scoliosis curves. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(21):2466-2470. doi:10.1097/01.brs.0000143109.45744.12
2. Polly DW, Sturm PF. Traction versus supine side bending: Which technique best determines curve flexibility? *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(7):804-808. doi:10.1097/00007632-199804010-00013
3. Lee CS, Hwang CJ, Lee DH, Cho JH. Five major controversial issues about fusion level selection in corrective surgery for adolescent idiopathic scoliosis: a narrative review. *Spine J*. 2017;17(7):1033-1044. doi:10.1016/j.spinee.2017.03.020
4. King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1983;65(9):1302-1313. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6654943>. Accessed April 3, 2019.
5. Lenke LG, Betz RR, Haher TR, et al. Multisurgeon assessment of surgical decision-making in adolescent idiopathic scoliosis: curve classification, operative approach, and fusion levels. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(21):2347-2353. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11679820>. Accessed April 3, 2019.
6. Cheung KM, Luk KD. Prediction of correction of scoliosis with use of the fulcrum bending radiograph. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(8):1144-1150. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9278073>. Accessed April 27, 2019.
7. Luk KD, Cheung KM, Lu DS, Leong JC. Assessment of scoliosis correction in relation to flexibility using the fulcrum bending correction index. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(21):2303-2307. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9820911>. Accessed April 27, 2019.
8. Vaughan JJ, Winter RB, Lonstein JE. Comparison of the use of supine bending and traction radiographs in the selection of the fusion area in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(21):2469-2473. doi:10.1097/00007632-199611010-00012
9. Cheh G, Lenke LG, Lehman RA, Kim YJ, Nunley R, Bridwell KH. The Reliability of

- Preoperative Supine Radiographs to Predict the Amount of Curve Flexibility in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(24):2668-2672. doi:10.1097/BRS.0b013e31815a5269
10. McCall RE, Bronson W. Criteria for selective fusion in idiopathic scoliosis using Cotrel-Dubousset instrumentation. *J Pediatr Orthop*. 12(4):475-479. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1613090>. Accessed April 3, 2019.
 11. RE M. Evaluation of the patient with deformity. In: SL W, ed. *The Pediatric Spine: Principles and Practice*. New York: Raven Press Ltd; 1994:207-213.
 12. Lonstein JE. Patient Evaluation. In: Lonstein JE, JW O, Winter RB, eds. *Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities. 2nd Ed*. Philadelphia: W.B. Saunders Co.; 1987:63-66.
 13. Kumar K. Spinal deformity and axial traction. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(5):653-655. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8852326>. Accessed April 28, 2019.
 14. Byrd JA. Current theories on the etiology of idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;(229):114-119. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3280195>. Accessed May 1, 2019.
 15. Marketos SG, Skiadas P. Hippocrates. The father of spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24(13):1381-1387. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10404583>. Accessed May 1, 2019.
 16. A S. The compensation-derotation treatment of scoliosis. *J Bone Jt Surg*. 1939;(21):51-58.
 17. Marketos SG, Skiadas PK. Galen: a pioneer of spine research. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24(22):2358-2362. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10586461>. Accessed May 1, 2019.
 18. Moen KY, Nachemson AL. Treatment of scoliosis. An historical perspective. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24(24):2570-2575. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10635519>. Accessed May 1, 2019.
 19. Naderi S, Acar F, Arda MN. History of spinal disorders and Cerrahiyetül Haniye (Imperial Surgery): a review of a Turkish treatise written by Serefeddin Sabuncuoğlu in

- the 15th century. Historical vignette. *J Neurosurg*. 2002;96(3 Suppl):352-356.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11990849>. Accessed May 1, 2019.
20. Sanan A, Rengachary SS. The history of spinal biomechanics. *Neurosurgery*. 1996;39(4):657-668; discussion 668-9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8880756>. Accessed May 1, 2019.
 21. Heary RF. Evaluation and treatment of adult spinal deformity. *J Neurosurg Spine*. 2004;1(1):9-18. doi:10.3171/spi.2004.1.1.0009
 22. AR J. Francis Glisson. *J Bone Jt Surg Br*. 1950;32-B:425-428.
 23. R K, Fischer LP. Nicolas Andry(1658-1742) inventor of the term"orthopedics [in French]. *Ann Chir*. 1999;(53):335-339.
 24. A Rauschmann M, D Thomann K. [200 years orthopedics. Images from the past]. *Orthopade*. 2001;29:1008-1017.
 25. Fischer LP, Fischer-Athiel C, Fischer BS. [One hundred years of bone surgery in the Lyons Teaching Hospitals (1897-1997)]. *Ann Chir*. 1998;52(3):264-278.
 26. B R, A S. Before the word was coined and ahead of his time - the orthopedics of Ambroise Pare (1510-1590) [in German]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1985;123:981-986.
 27. DL V. Letter to the editor. *Hernia*. 1999;(4):1.
 28. T B, B R, J D, A S. Jean-André Venel. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994;(19):2007-2011.
 29. Peltier LF. Guerin versus malgaigne: A precedent for the free criticism of scientific papers. *J Orthop Res*. 1983;1(1):115-118. doi:10.1002/jor.1100010114
 30. Fardon D. One Hundred Seventy-Five Years Ago in Spine *Spine J*. 2003;3(1):32. doi:10.1016/S1529-9430(02)00578-8
 31. Hall JE. Spinal surgery before and after Paul Harrington. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(12):1356-1361. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9654626>. Accessed May 1, 2019.
 32. RISSER JC. SCOLIOSIS: PAST AND PRESENT. *J Bone Joint Surg Am*. 1964;46:167-199. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14104308>. Accessed May 1,

2019.

33. Rutkow IM. Lewis Albert Sayre and the Suspension Treatment of Spinal Disease. *Arch Surg*. 2001;136(1):119. doi:10.1001/archsurg.136.1.119
34. Smith-Petersen MN, Larson CB, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis. *Clin Orthop Relat Res*. 66:6-9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5357786>. Accessed May 1, 2019.
35. HADRA BE. WIRING THE SPINOUS PROCESSES IN POTT'S DISEASE. *JBJS*. 1891;s1-4(1). https://journals.lww.com/jbjsjournal/Fulltext/1891/04010/WIRING_THE_SPINOUS_PROCESSES_IN_POTT_S_DISEASE.30.aspx.
36. Hadra BE. THE CLASSIC: Wiring of the Vertebrae as a Means of Immobilization in Fracture and Potts?? Disease. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;460:11-13. doi:10.1097/BLO.0b013e318068692a
37. Howorth MB. EVOLUTION OF SPINAL FUSION. *Ann Surg*. 1943;117(2):278-289. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17858182>. Accessed May 1, 2019.
38. Hibbs RA. A report of fifty-nine cases of scoliosis treated by the fusion operation. By Russell A. Hibbs, 1924. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;(229):4-19. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3280202>. Accessed May 1, 2019.
39. Hibbs RA, Risser JC, Ferguson AB. *Scoliosis Treated by the Fusion Operation: An End-Result Study of Three Hundred and Sixty Cases*. Vol 13.; 2019.
40. F D, H H. Operative immobilization of the spine. *Surg Gynecol Obs*. 1917;24:428-436.
41. F A. The classic. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease. A preliminary report. *Jama*, 57: 885, 1911. *Clin Orthop Relat Res*. 1972;87:5-8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4562197>. Accessed May 1, 2019.
42. Leatherman KD, Dickson RA. Two-stage corrective surgery for congenital deformities of the spine. *J Bone Joint Surg Br*. 1979;61-B(3):324-328. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/479255>. Accessed May 1, 2019.
43. H VL, A D-S. Removal of vertebral bodies in the treatment of scoliosis. *Surg Gynecol*

- Obs. 1933;57:250-256.
44. Resina J, Alves AF. A technique of correction and internal fixation for scoliosis. *J Bone Joint Surg Br.* 1977;59(2):159-165.
 45. RISSER JC. The application of body casts for the correction of scoliosis. *Instr Course Lect.* 1955;12:255-259.
 46. SHANDS ARJR, BARR JS, COLONNA PC, NOALL L. END-RESULT STUDY OF THE TREATMENT OF IDIOPATHIC SCOLIOSIS: Report of the Research Committee of The American Orthopaedic Association. *JBJS.* 1941;23(4).
https://journals.lww.com/jbjsjournal/Fulltext/1941/23040/END_RESULT_STUDY_OF_THE_TREATMENT_OF_IDIOPATHIC.30.aspx.
 47. Moe JH, Kettleson DN. Idiopathic scoliosis. Analysis of curve patterns and the preliminary results of Milwaukee-brace treatment in one hundred sixty-nine patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52(8):1509-1533.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5483076>. Accessed May 1, 2019.
 48. JR C. Outline for the study of scoliosis. In: *Instructional Course Lectures.* vol 5. Ann Arbor: American Academy of Orthopedic Surgeons; 1948:261-275.
 49. JR C. Technique, after-treatment, and results of spine fusion for scoliosis. In: *Instructional Course Lectures.* vol 9. Ann Arbor: American Academy of Orthopedic Surgeons; 1952:65-70.
 50. PONSETI I V, FRIEDMAN B. Prognosis in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1950;32A(2):381-395. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15412180>. Accessed May 2, 2019.
 51. GRUCA A. The pathogenesis and treatment of idiopathic scoliosis; a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1958;40-A(3):570-584.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13539084>. Accessed May 2, 2019.
 52. JAMES JL. Idiopathic scoliosis; the prognosis, diagnosis, and operative indications related to curve patterns and the age at onset. *J Bone Joint Surg Br.* 1954;36-B(1):36-49. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13130619>. Accessed May 2, 2019.
 53. HARRINGTON PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine

- instrumentation. *J Bone Joint Surg Am.* 1962;44-A:591-610.
54. Harrington PR. The history and development of Harrington instrumentation. by Paul R. Harrington, 1973. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;227:3-5.
 55. Dwyer AF, Schafer MF. Anterior approach to scoliosis. Results of treatment in fifty-one cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1974;56(2):218-224.
 56. HODGSON AR. CORRECTION OF FIXED SPINAL CURVES: A PRELIMINARY COMMUNICATION. *J Bone Joint Surg Am.* 1965;47:1221-1227.
 57. MOE JH. The management of idiopathic scoliosis. *Clin Orthop.* 1957;9:169-184.
 58. MOE JH. The management of paralytic scoliosis. *South Med J.* 1957;50(1):67-81.
 59. MOE JH. A critical analysis of methods of fusion for scoliosis; an evaluation in two hundred and sixty-six patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1958;40-A(3):529-54 passim.
 60. Moe JH. The classic. A critical analysis of methods of fusion for scoliosis: an evaluation in two hundred and sixty-six patients. John H. Moe, M.D. *Clin Orthop Relat Res.* 1977;(126):4-16.
 61. MOE JH. Fundamentals of the scoliosis problem for the general practitioner. *Postgrad Med.* 1958;23(5):518-532.
 62. Moe JH, Purcell GA, Bradford DS. Zielke instrumentation (VDS) for the correction of spinal curvature. Analysis of results in 66 patients. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;(180):133-153.
 63. Hall JE, Miller W, Shuman W. A refined concept in the orthotic management of scoliosis. *Prosthet Orthot Int.* 1975;29:7.
 64. Mohan AL, Das K. History of surgery for the correction of spinal deformity. *Neurosurg Focus.* 2003;14(1):e1. doi:10.3171/foc.2003.14.1.2
 65. Zielke K, Stunkat R, Beaujean F. [Ventrals derotations-spondylodesis (author's transl)]. *Arch Orthop Unfallchir.* 1976;85(3):257-277.
 66. Halm HF, Liljenqvist U, Niemeyer T, Chan DP, Zielke K, Winkelmann W. Halm-Zielke instrumentation for primary stable anterior scoliosis surgery: operative

- technique and 2-year results in ten consecutive adolescent idiopathic scoliosis patients within a prospective clinical trial. *Eur spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 1998;7(5):429-434.
67. Kaneda K, Shono Y, Satoh S, Abumi K. New anterior instrumentation for the management of thoracolumbar and lumbar scoliosis. Application of the Kaneda two-rod system. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(10):1250-1252.
 68. Luque ER. Segmental spinal instrumentation for correction of scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*. 1982;(163):192-198.
 69. Cotrel Y, Dubousset J, Guillaumat M. New universal instrumentation in spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;227:10-23.
 70. Hopf CG, Eysel P, Dubousset J. Operative treatment of scoliosis with Cotrel-Dubousset-Hopf instrumentation. New anterior spinal device. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(6):618.
 71. Turi M, Johnston CE 2nd, Richards BS. Anterior correction of idiopathic scoliosis using TSRH instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18(4):417-422.
 72. Lenke LG, Betz RR, Harms J. *A New and Reliable 3-Dimensional Classification System of Adolescent Idiopathic Scoliosis*. St Louis: Scoliosis Research Society; 1997.
 73. Di Silvestre M, Parisini P, Lolli F, Bakaloudis G. Complications of thoracic pedicle screws in scoliosis treatment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(15):1655-1661. doi:10.1097/BRS.0b013e318074d604
 74. Heary RF, Bono CM, Black M. Thoracic pedicle screws: postoperative computerized tomography scanning assessment. *J Neurosurg*. 2004;100(4 Suppl Spine):325-331.
 75. Diaz R, Phillips F, Pimenta L, Guerrero L. *XLIF for Lumbar Degenerative Scoliosis: Outcomes of Minimally Invasive Surgical Treatment Out to 3 Years Postoperatively*. Vol 6.; 2006. doi:10.1016/j.spinee.2006.06.188
 76. Naderi S, Dinc G. History of spine deformity in Turkey. *Turk Neurosurg*. 2017;27(5):842-851. doi:10.5137/1019-5149.JTN.19250-16.0
 77. Alsancak S. *Ankara Üniversitesi Dikimevi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu*

- Yıllığı*. vol 1. Ankara; 2000.
78. C A. New views on scoliosis treatment. In: Ankara; :248-272.
 79. C A. The Milwaukee corset and our clinical application. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 1963;1:27-32.
 80. Burhaneddin T. Spondylite opere par la methode D'Albee. *Gaz Medicale D'orient.* 1926;71:1118.
 81. Öke MK. Mal de pott, traité par l'operation D'Albee. *Gaz Medicale D'orient.* 1925;70:996.
 82. Ege R. Vertebral fusion (arthrodesis) procedure and technical properties [In Turkish]. *Gülhane As Tıp Ak Bült.* 1962;7:19-38.
 83. Ege R. Tıp tarihinde vertebranın yeri [The place of the vertebra in medical history] (In Turkish). In: Ege R, ed. *Omurga*. Ankara: Trafik Hastanesi Yayınları; 1990:1-13.
 84. S N, M Z. Türkiye'de spinal füzyonun tarihi [History of spinal fusion in Turkey] (In Turkish). *J Turk Spinal Surg.* 2001;12:54-59.
 85. Oskay B. Mal de pott tedavisinde kemik aşları [Bone grafts in the treatment of mal de pott] (In Turkish). *Hastane.* 1948;82:169-178.
 86. Çakırgil G. İdiopatik skolyozun ciddi eğriliklerinde Halofemoral traksiyon ve Harrington enstrumantasyonu, spinal füzyonun etkinliği [The effectiveness of Halo-femoral traction and the Harrington instrumentation, spinal fusion in severe curvatures of idiopathic scoli. In: *11. Milli Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi*. Alanya; :272.
 87. D D. Internal fixator in thoracolumbar vertebral fractures (In Turkish). In: *XI. Milli Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi*. Ankara; 1989:74-76.
 88. Çeliker Ö, Tüzüner MM, Benli T ÇM. Skolyoz cerrahisinde Cotrel-Dubousset tekniği [The Cotrel-Dubousset technique in scoliosis surgery] (In Turkish). In: *11. Milli Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi*. Ankara; :288-290.
 89. Çeliker Ö, Tüzüner M BT. The results of Cotrel Dubosset instrumentation in idiopathic scoliosis. *J Turk Spinal Surg.* 1990;1:14-18.

90. Domaniç Ü, Esenkaya İ BO. The Cotrel-Dubousset method in the treatment of idiopathic scoliosis and our preliminary results (In Turkish). In: *XI. Milli Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi*. Ankara; :291-295.
91. Domaniç Ü, Esenkaya İ, Kaygusuz MA ŞC. The role of Cotrel Dubousset instrumentation in the surgical treatment of idiopathic scoliosis. *J Turkish Spinal Surg*. 1990;1:11-13.
92. Çetin İ, Dinçer D, Yazar T, Mergen E ÖH. Cotrel Dubousset instrumentation applications. Early results. *J Turk Spinal Surg*. 1989;1:22-24.
93. Wood II GW. Spinal Anatomy and Surgical Approaches. In: Canale S, Beaty JH, eds. *Campbell's Operative Orthopaedics*. Thirteenth. Philadelphia: Elsevier; 2017:1524-1558.
94. Moore KL, Dalley II AF, Agur AMR. Vertebrae and Vertebral Column. In: *MOORE Clinically Oriented ANATOMY*. 7th editio. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, Wolters Kluwer; 2014:440-482.
95. Yoganandan N, Arun MWJ, Dickman CA, Benzel EC. Practical Anatomy and Fundamental Biomechanics. In: *Benzel's Spine Surgery*. 4th editio. Philadelphia: Elsevier; 2017:58-83.
96. Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, Muto M. Biomechanics of the spine. Part I: spinal stability. *Eur J Radiol*. 2013;82(1):118-126. doi:10.1016/j.ejrad.2012.07.024
97. William C, Warner S, Jeffery S. Scoliosis and Kyphosis. In: Canale S, ed. *Campbell's Operative Orthopaedics*. Thirteenth. Philadelphia: Elsevier; 2017:1897-2120.
98. White III AA, Panjabi MM. Physical Properties and Functional Biomechanics of the Spine. In: *Clinical Biomechanics of the Spine*. 2nd editio. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1990:1-85.
99. Perdriolle R, Vidal J. Thoracic idiopathic scoliosis curve evolution and prognosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1985;10:785.
100. The Terminology Committee of The Scoliosis Research Society: A Glossary of Scoliosis Terms. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1976;1(1):57.
https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/1976/03000/A_Glossary_of_Scoliosis_

Terms.8.aspx.

101. Goldstein LA, Waugh TR. Classification and terminology of scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1973;(93):10-22.
102. Herring JA, ed. Idiopathic Scoliosis. In: *Tachdjian's Pediatric Orthopedics: From the Texas Scottish Rite Hospital for Children.* 4th editio. Saunders Elsevier; 2008:1:265.
103. SHANDS ARJR, Eisberg H. The incidence of scoliosis in the state of Delaware: A study of 50,000 minifilms of the chest made during a survey for tuberculosis. *J Bone Jt Surg Am.* 1955;13:1243.
104. Montgomery F, Willner S. The natural history of idiopathic scoliosis: Incidence of treatment in 15 cohorts of children born between 1963 an 1977. *Spine (Phila Pa 1976).* 1977;22:772.
105. Asher M, Green P, Orrick J. A six-year report: Spinal deformity screening in Kansas school children. *J Kans Med Soc.* 19580;81:568.
106. Daruwalla J, Balasubramaniam P. Idiopathic scoliosis: Prevalance and ethnic distribtion in Singapore school children. *J Bone Jt Surg Br.* 1985;67:182.
107. Lonstein JE, Carlson J. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *J Bone Jt Surg Am.* 1984;66:1061.
108. RISSER JC. The iliac apophysis; an invaluable sign in the management of scoliosis. *Clin Orthop.* 1958;11:111.
109. Tanner J, Whitehouse R, Takaishi M. Standarts from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. Parts I and II. *Arch Dis Child.* 1966;41:454.613.
110. Buckner J. *A Longitudinal Study of Adolescent Growth.* London: Springer-Verlag; 1990.
111. Song K, Little D. Peak height velocity as a maturity indicator for males wtih idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 2000;20:286.
112. Bunnel W. The natural history of idiopathic scoliosis before skeletal maturity. *Spine (Phila Pa 1976).* 1986;11:773.

113. Lonstein JE. The Milwaukee brace for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: A review of one thousand and twenty patients. *J Bone Jt Surg Am.* 1994;76:1207.
114. Weinstein S, PONSETI I V. Curve progression in idiopathic scoliosis. *J Bone Jt Surg Am.* 1983;65:447.
115. *American Academy of Orthopaedic Surgeons: School Screening Programs for the Early Detection of Scoliosis.* III. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1992.
116. Yawn B, Yawn R. Efficacy of school scoliosis screening. *Orthopedics.* 2001;24:317.
117. British Orthopaedic Association and British Scoliosis Society: School screening for scoliosis. *BMJ.* 1983;287:963.
118. *US Preventive Services Task Force: Screening for Idiopathic Scoliosis in Adolescents: Recommendation Statement.* Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, MD
119. Adams W. *Lectures on the Pathology and Treatment of Lateral and Other Forms of Curvature of the Spine.* London, Churchill; 1865.
120. Bunnell W. An objective criterion for scoliosis screening. *J Bone Jt Surg Am.* 1984;66:1381.
121. Bunnell W. Outcome of spinal screening. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18:1572.
122. Barrack R, Wyatt M, Whitecloud 3rd T. Vibratory hypersensitivity in idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 1988;8:389.
123. Machida M, Dubousset J, Imamura Y. Melatonin: A possible role in pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21:1147.
124. Hadley-Miller M, Mims B, Milewicz D. The potential role of the elastic fiber system in adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Jt Surg Am.* 1994;76:1193.
125. Hsu J, Slager U, Swank S. Idiopathic scoliosis: A clinical, morphometric, and histopathological correlation. *J Pediatr Orthop.* 1988;8:147.
126. Alexander M, Season E. Idiopathic scoliosis: An electromyographic study. *Arch Phys*

Med Rehabil. 1978;59:314.

127. Kindsfater K, Lowe TG, Lawellin D. Levels of platelet calmodulin for the prediction of progression and severity of adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Jt Surg Am.* 1994;76:1886.
128. De George F, Fisher R. Idiopathic scoliosis: Genetic and environmental aspects. *J Med Genet.* 1967;4:251.
129. Kesling K, Reinker K. Scoliosis in twins: A meta-analysis of the literature and report of six cases. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22:2009.
130. Miller N, Justice C, Marosy B. Identification of candidate regions for familial idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:1181.
131. Herring JA. Scoliosis. In: *Tachdjian's Pediatric Orthopedics: From the Texas Scottish Rite Hospital for Children [In Turkish]*. 4th editio. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri/Saunders Elsevier; 2012:265-389.
132. Zetterberg C, Aniansson A, Grimby G. Morphology of the paravertebral muscles in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1983;8(5):457-462.
133. Ramirez N, Johnston C, RH B. The prevalence of back pain in children who have idiopathic scoliosis. *J Bone Jt Surg Am.* 1997;79:364.
134. Pehrsson K, Bake B, Larsson S. Lung function in adult idiopathic scoliosis: A 20 year follow up. *Thorax.* 1991;46:474.
135. Ouellet J, LaPlaza J, Erickson M. Sagittal plane deformity in the thoracic spine: A clue to the presence of syringomyelia as a cause of scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28:2147.
136. Yngve D. Abdominal reflexes. *Orthopedics.* 2001;24:317.
137. Tanner J. Growth and endocrinology of the adolescent. In: Gardner L, ed. *Endocrine and Genetic Diseases of Childhood*. Philadelphia: W.B. Saunders Co.; 1975:14.
138. Knott P, Pappo E, Cameron M, et al. *SOSORT 2012 Consensus Paper: Reducing x-Ray Exposure in Pediatric Patients with Scoliosis*. Vol 9.; 2014. doi:10.1186/1748-7161-9-4

139. Malfair D, Flemming AK, Dvorak MF, et al. Radiographic Evaluation of Scoliosis: Review. *Am J Roentgenol*. 2010;194(3_supplement):S8-S22. doi:10.2214/AJR.07.7145
140. R Kuklo T, Potter B, Lenke L. *Vertebral Rotation and Thoracic Torsion in Adolescent Idiopathic Scoliosis: What Is the Best Radiographic Correlate?* Vol 18.; 2005. doi:10.1097/01.bsd.0000159033.89623.bc
141. Ecker ML, Betz RR, Trent PS, et al. Computer tomography evaluation of Cotrel-Dubousset instrumentation in idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1988;13(10):1141-1144.
142. 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 Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 1998;7(2):99-103. doi:10.1007/s005860050038
143. Mac-Thiong J-M, Berthonnaud E, Dimar JR 2nd, Betz RR, Labelle H. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(15):1642-1647.
144. Albanese S. Idiopathic scoliosis: Etiology and evaluation; natural history and nonsurgical management. In: Richards BS, ed. *Orthopedic Knowledge Update*. III. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1996:97.
145. Herring JA. Scoliosis. In: Herring JA, ed. *Tachdjian's Pediatric Orthopedics: From the Texas Scottish Rite Hospital for Children*. 3th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Co.; 2002:213-323.
146. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord*. 2018;13(1):3. doi:10.1186/s13013-017-0145-8
147. Richards BS, Bernstein R, D'Amato C, Al E. Standardization of criteria for adolescent idiopathic scoliosis brace studies: SRS Committee on Bracing and Nonoperative Management. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:2068.
148. Emans JB, Kaelin A, Bancel P, Hall JE, Miller ME. The Boston bracing system for idiopathic scoliosis. Follow-up results in 295 patients. *Spine (Phila Pa 1976)*.

- 1986;11(8):792-801.
149. Bunnell W, MacEwen G, Jayakumar S. The use of plastic jackets in the non-operative treatment of idiopathic scoliosis: Preliminary report. *J Bone Jt Surg Am.* 1980;62:31.
 150. Federico D, Renshaw T. Results of treatment of idiopathic scoliosis with the Charleston bending orthosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1990;15:886.
 151. Katz DE, Richards BS, Browne RH, Herring JA. A comparison between the Boston brace and the Charleston bending brace in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(12):1302-1312.
 152. Rowe DE, Bernstein SM, Riddick MF, Adler F, Emans JB, Gardner-Bonneau D. A meta-analysis of the efficacy of non-operative treatments for idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(5):664-674.
 153. Konieczny M, Senyurt H, Krauspe R. *Epidemiology of Adolescent Idiopathic Scoliosis.* Vol 7.; 2013. doi:10.1007/s11832-012-0457-4
 154. Cassar-Pullicino VN, Eisenstein SM. Imaging in Scoliosis: What, Why and How? *Clin Radiol.* 2002;57(7):543-562. doi:https://doi.org/10.1053/crad.2001.0909
 155. Bridwell KH. Surgical treatment of idiopathic adolescent scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24(24):2607-2616.
 156. Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83-A(8):1169-1181.
 157. Bekki H, Harimaya K, Matsumoto Y, et al. Which Side-Bending X-ray Position is Better to Evaluate the Preoperative Curve Flexibility in Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients, Supine or Prone? *Asian Spine J.* 2018;12(4):632-638. doi:10.31616/asj.2018.12.4.632
 158. Moe JH. Methods of correction and surgical techniques in scoliosis. *Orthop Clin North Am.* 1972;3(1):17-48.
 159. G Lenke L, R Betz R, H Bridwell K, et al. *Intraobserver and Interobserver Reliability of the Classification of Thoracic Adolescent Idiopathic Scoliosis**†. Vol 80.; 1998.

doi:10.2106/00004623-199808000-00002

160. Ilgenfritz RM, Yaszay B, Bastrom TP, Newton PO. Lenke 1C and 5C spinal deformities fused selectively: 5-year outcomes of the uninstrumented compensatory curves. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(8):650-658.
doi:10.1097/BRS.0b013e3182793092
161. Kim HJ, Blanco JS, Widmann RF. Update on the management of idiopathic scoliosis. *Curr Opin Pediatr*. 2009;21(1):55-64. doi:10.1097/MOP.0b013e328320a929
162. Suk S-I. Pedicle screw instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis: the insertion technique, the fusion levels and direct vertebral rotation. *Clin Orthop Surg*. 2011;3(2):89-100. doi:10.4055/cios.2011.3.2.89
163. Parsch D, Gaertner V, Brocai DR, Carstens C. The effect of spinal fusion on the long-term outcome of idiopathic scoliosis. A case-control study. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(8):1133-1136.
164. Kostuik JP. Operative treatment of idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1990;72(7):1108-1113.
165. Carreon LY, Puno RM, Lenke LG, et al. Non-neurologic complications following surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(11):2427-2432. doi:10.2106/JBJS.F.00995
166. Seo HJ, Kim HJ, Ro Y-J, Yang H-S. Non-neurologic complications following surgery for scoliosis. *Korean J Anesthesiol*. 2013;64(1):40-46. doi:10.4097/kjae.2013.64.1.40
167. Wilber RG, Thompson GH, Shaffer JW, Brown RH, Nash CLJ. Postoperative neurological deficits in segmental spinal instrumentation. A study using spinal cord monitoring. *J Bone Joint Surg Am*. 1984;66(8):1178-1187.
168. Arlet V, Aebi M. Junctional spinal disorders in operated adult spinal deformities: present understanding and future perspectives. *Eur Spine J*. 2013;22 Suppl 2(Suppl 2):S276-S295. doi:10.1007/s00586-013-2676-x
169. Sarlak AY, Atmaca H, Kim WJ, Musaoglu R, Tosun B. Radiographic features of the Lenke 1A curves to help to determine the optimum distal fusion level selection. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(19):1592-1599. doi:10.1097/BRS.0b013e3181f54f7f

170. 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 (Phila Pa 1976)*. 2005;30(14):1643-1649.
171. Lowe TG, Lenke L, Betz R, et al. Distal junctional kyphosis of adolescent idiopathic thoracic curves following anterior or posterior instrumented fusion: incidence, risk factors, and prevention. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(3):299-302.
doi:10.1097/01.brs.0000197221.23109.fc
172. Matsumoto M, Watanabe K, Hosogane N, et al. Postoperative distal adding-on and related factors in Lenke type 1A curve. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(9):737-744.
doi:10.1097/BRS.0b013e318279b666
173. Winter RB, Denis F, Lonstein JE, Garemella J. Techniques of Surgery. In: *Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*. 3rd editio. Philadelphia: W.B. Saunders Co.; 1995:133-217.
174. Lee CS, Nachemson AL. The crankshaft phenomenon after posterior Harrington fusion in skeletally immature patients with thoracic or thoracolumbar idiopathic scoliosis followed to maturity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(1):58-67.
175. Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H. The crankshaft phenomenon. *J Pediatr Orthop*. 1989;9(5):541-550.
176. Klepps SJ, Lenke LG, Bridwell KH, Bassett GS, Whorton J. Prospective comparison of flexibility radiographs in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(5):E74-9.
177. Diebo B, Liu S, Lafage V, Schwab F. Osteotomies in the treatment of spinal deformities : indications , classification , and surgical planning. 2014;24.
doi:10.1007/s00590-014-1471-7
178. Aronsson DD, Stokes IA, Ronchetti PJ, Richards BS. Surgical correction of vertebral axial rotation in adolescent idiopathic scoliosis: prediction by lateral bending films. *J Spinal Disord*. 1996;9(3):214-219.
179. Byrd JA 3rd, Scoles P V, Winter RB, Bradford DS, Lonstein JE, Moe JH. Adult

- idiopathic scoliosis treated by anterior and posterior spinal fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(6):843-850.
180. White AA 3rd, Panjabi MM. The clinical biomechanics of scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1976;(118):100-112.
 181. Knapp DRJ, Price CT, Jones ET, Coonrad RW, Flynn JC. Choosing fusion levels in progressive thoracic idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1992;17(10):1159-1165.
 182. Glassman S. Hook pattern selection in the treatment of spinal deformity. *Spine State Arts Rev.* 1992;6:331-346.
 183. Takahashi S, Passuti N, Delecrin J. Interpretation and utility of traction radiography in scoliosis surgery. Analysis of patients treated with Cotrel-Dubousset instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(21):2542-2546.
 184. Watanabe K, Kawakami N, Nishiwaki Y. Traction Versus Supine Side-bending Radiographs in Determining Flexibility What Factors Influence These Techniques ? 2007;32(23):2604-2609.
 185. Hamzaoglu A, Talu U, Tezer M, Mirzanli C, Domanic U, Goksan SB. Assessment of curve flexibility in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(14):1637-1642.
 186. Liu RW, Teng AL, Armstrong DG, Poe-Kochert C, Son-Hing JP, Thompson GH. Comparison of supine bending, push-prone, and traction under general anesthesia radiographs in predicting curve flexibility and postoperative correction in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(4):416-422.
doi:10.1097/BRS.0b013e3181b3564a