

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

**LENKE TİP 1A ADOLESAN İDİOPATİK SKOLYOZDA AKSİYEL PLAN
ANALİZİ VE AKSİYEL ANALİZİN DİSTAL FÜZYON SEVİYESİNE KATKISI**

Dr. Cengiz ERDEMİR

Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı

Uzmanlık Tezi

2014

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

LENKE TİP 1A ADOLESAN İDİOPATİK SKOLYOZDA AKSİYEL PLAN
ANALİZİ VE AKSİYEL ANALİZİN DİSTAL FÜZYON SEVİYESİNE KATKISI

Dr. Cengiz ERDEMİR

Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı

Uzmanlık Tezi

Tez danışmanı: Prof. Dr. Ahmet Yılmaz ŞARLAK

Etik kurul onay no: 2014/293

2014

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	11
2. GENEL BİLGİLER.....	12
2.1. Tarihçe	12
2.1.1. Hipokrat ve cerrahi öncesi dönem	12
2.1.2. Cerrahi dönem	14
2.1.2.1. Giriş	14
2.1.2.2. Cerrahi dönemin tarihsel gelişimi.....	14
2.2. Omurga Anatomisi	17
2.2.1. Servikal omurga anatomisi	19
2.2.2. Torakal omurga anatomisi	19
2.2.3. Lomber omurga anatomisi.....	20
2.2.4. Sakrum anatomisi	20
2.2.5. İntervertebral disk anatomisi:	21
2.2.6. Spinal ligamentlerin anatomisi:	21
2.2.7. Omurga kasları	22
2.2.8. Omurganın kanlanması.....	24
2.2.9. Medulla spinalis.....	25
2.3. Omurga Biyomekaniği	26
2.3.1. Omurga stabilizasyonu:	28
2.3.1.1. Aktif sistem:	28
2.3.1.2. Pasif sistem:.....	28
2.3.1.3. Nöral kontrol sistemi:	28
2.4. Skolyoz	30
2.4.1. Tanımı ve sınıflaması	30
2.4.2. İdiyopatik skolyoz	32
2.4.3. Adolesan idiyopatik skolyoz	33
2.4.3.1. Epidemiyoloji	33

2.4.3.2. Etiyoloji	33
2.4.3.2.1. Nöral ve nörohormonal fonksiyon bozukluğu:	33
2.4.3.2.2. Bağ dokusu anomalileri:	34
2.4.3.2.3. İskelet kası ve trombosit anomalileri:	34
2.4.3.2.4. Genetik faktörler:	34
2.4.3.2.5. Biyomekanik faktörler:	35
2.4.3.3. Patofizyoloji	36
2.4.3.4. Klinik değerlendirme	37
2.4.3.4.1. Hikâye	37
2.4.3.4.2. Fizik muayene	37
2.4.3.5. Radyolojik değerlendirme	40
2.4.3.5.1. Eğrilik derecesinin ölçümü	41
2.4.3.5.2. Manyetik rezonans görüntüleme	43
2.4.3.5.3. Bilgisayarlı tomografi	44
2.4.3.5.4. Vertebral rotasyon ölçüm teknikleri	44
2.4.3.5.4.1. Radyografik ölçümler:	44
2.4.3.5.4.1.1. Drerup metodu ile vertebral rotasyon ölçüm tekniği	46
2.4.3.5.4.2. Bilgisayarlı tomografi ile vertebral rotasyonun belirlenmesi	48
2.4.3.5.5. Frontal dengenin değerlendirilmesi	49
2.4.3.5.6. Sagittal dengenin değerlendirilmesi	50
2.4.3.6. Doğal seyir	53
2.4.3.6.1. İskelet olgunlaşmasından önceki doğal seyir	53
2.4.3.6.1.1. Cinsiyet	54
2.4.3.6.1.2. Büyüme rezervi	54
2.4.3.6.1.3. Eğriliğin büyüklüğü	56
2.4.3.6.1.4. Eğriliğin paterni	56
2.4.3.6.2. İskelet olgunlaşmasından sonraki doğal seyir	56
2.4.3.7. Tedavi	57
2.4.3.7.1. Gözlem	57
2.4.3.7.2. Konservatif tedavi	58
2.4.3.7.2.1. Ortez (korse) tedavisi endikasyonları	58
2.4.3.7.2.2. Ortez (korse) tedavisi kontrendikasyonları	58

2.4.3.7.3.	Cerrahi tedavi.....	60
2.4.3.7.3.1.	Ameliyat öncesi planlama.....	60
2.4.3.7.3.2.	Eğrilik paternleri	60
2.4.3.7.3.2.1.	King-Moe sınıflama sistemi:	60
2.4.3.7.3.2.2.	Lenke sınıflama sistemi	62
2.4.3.7.3.3.	Füzyon sahasının seçimi:	65
2.4.3.7.3.3.1.	Lenke sınıflamasına göre füzyon seviyesi seçimi.....	66
	Tip 1: Ana torasik eğrilikler	66
	Tip 2: Çift torasik eğrilikler.....	73
	Tip 3: Çift majör eğrilikler	74
	Tip 4: Üçlü majör eğrilikler.....	75
	Tip 5: Torakolomber/Lomber eğrilikler	76
	Tip 6: Torakolomber/Lomber-Ana torasik eğrilikler	77
2.4.3.7.3.4.	Cerrahi girişimler.....	78
2.4.3.8.	Komplikasyonlar	79
2.4.3.8.1.	Genel komplikasyonlar	79
2.4.3.8.2.	Tekniğe bağlı komplikasyonlar.....	79
2.4.3.8.3.	Geç komplikasyonlar	80
2.4.3.8.3.1.	Junctional deformiteler	80
2.4.3.8.3.1.1.	Proksimal junctional kifoz (PJK).....	80
2.4.3.8.3.1.2.	Distal junctional kifoz.....	82
2.4.3.8.3.2.	Distal adding-on fenomeni.....	83
3.	GEREÇ ve YÖNTEM.....	84
3.1.	Radyolojik Değerlendirme	84
3.1.1.	Koronal plan ölçümleri.....	84
3.1.2.	Sagittal plan ölçümleri.....	85
3.1.3.	Aksiyel plan ölçümleri	85
3.2.	Cerrahi Teknik.....	89
3.3.	İstatiksel Analiz	90
4.	BULGULAR.....	91
4.1.	Koronal Plan Analizi	95
4.2.	Sagittal Plan Analizi	99

4.3. Aksiyel Plan Analizi.....	100
4.4. Komplikasyonlar	101
5. OLGU ÖRNEKLERİ	103
6. TARTIŞMA	106
7. SONUÇ ve ÖNERİLER:.....	113
8. ÖZET.....	114
9. ABSTRACT	115
10. KAYNAKLAR.....	116



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AEV: Alt End Vertebra

ANV: Alt Nötral Vertebra

AVR: Apikal Vertebral Rotasyon

C: Servikal

CD: Cotrel-Dubousset

CTLSO: Cervico-Thoraco-Lumbo-Sacral Orthosis

C7PL: C7 Plumb Line

DJK: Distal Junctional Kifoz

GKB: Global Koronal Balans

GSB: Global Sagittal Balans

L: Lomber

LTV: Last Touching Vertebra

MT: Main Torasik

NV: Nötral Vertebra

PI: Pelvik İnsidans

PT: Proksimal Torasik

PUMC: Peking Union Medical College

PJK: Proksimal Junctional Kifoz

PT: Pelvik Tilt

SRS: Scoliosis Research Society

SSDÇ: Santral Sakral Dikey Çizgi

SS: Sakral Slope

SV: Stabil Vertebra

SVA: Sagittal Vertebral Aks

T: Torasik

TL: Torakolomber

TLSO: Thoraco-Lumbo-Sacral Orthosis

TSRH: Texas Scottish Rite Hospital

UHZ: Uzama Hızı Zirvesi

ÜEV: Üst End Vertebra

ÜNV: Üst Nötral Vertebra

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Skolyozun etiyolojik sınıflaması.....	31
Çizelge 2. Eğriliğin büyüklüğü ve Risser evrelemesine dayanan progresyon riski.....	56
Çizelge 3. Adolesan idiopatik skolyoz tedavisine genel yaklaşım.....	57
Çizelge 4. Lenke sınıflamasına göre eğrilik tipleri.....	63
Çizelge 5. Selektif torasik füzyon kriterleri	67
Çizelge 6. Tüm gruplara ait demografik ve radyolojik ölçümler.....	94
Çizelge 7. PJK gelişen hastaların analizi.....	101



ÇİZİMLER DİZİNİ

Çizim 1. A-Hipokrat masası ve manipulasyon, B-Traksiyon cihazı.....	12
Çizim 2. A-Leonardo da Vinci'nin çizdiği omurga anatomisi, B- Nicholas Andry'nin L'Orthopedie kitabından alınan ortopedinin sembolü.....	13
Çizim 3. A- Harrington Rodu, B- Luque segmental enstrumantasyon.....	16
Çizim 4. A- Cotrel ve Dubousset posterior derotasyon tekniği, B- pedikül vidaları ile posterior enstrumantasyon.....	16
Çizim 5. Omurganın anterior, lateral ve posteriordan görünümü.....	18
Çizim 6. Atlas ve aksisin anatomisi.....	19
Çizim 7. Torakal omurga anatomisi.....	19
Çizim 8. Lomber omurga anatomisi.....	20
Çizim 9. Sakrum anatomisi.....	20
Çizim 10. Diskus intervertebralis ve komşu vertebra korpusları ile ilişkisi.....	21
Çizim 11. Yüzeysel sırt kasları.....	22
Çizim 12. Derin sırt kasları.....	23
Çizim 13. Omurganın arteriyel dolaşımı.....	24
Çizim 14. Omurganın venöz dolaşımı.....	24
Çizim 15. Medulla spinalis A-Süperiordan görünüm B--Duyu ve motor fonksiyonunun şematizasyonu.....	25
Çizim 16. Kartezyen koordinat sistemi üzerinde rotasyonun anlık eksenini.....	26
Çizim 17. "Coupling fenomeni".Servikal ve üst torasik vertebrada eğilme yönüne doğru aksiyel rotasyon olurken, lomber vertebralarda karşı tarafa doğru aksiyel rotasyon olur.....	27
Çizim 18. Yüklenme/Deplasman eğrisi.....	29
Çizim 19. İdiyopatik skolyoz etiyolojisinde rol oynayan etkenler.....	35
Çizim 20. Skolyozun patolojik anatomisi.....	36
Çizim 21. A- Omuz asimetrisinin arkadan değerlendirilmesi. B- Omurgada Şakül yardımı ile dengenin klinik tespiti.....	38
Çizim 22. A-Adams öne eğilme testi. B-Skolyometre ile rotasyonun klinik ölçülmesi.....	39
Çizim 23. Standart ve modifiye lateral radyografilerin çekiminde kolların pozisyonu.....	41
Çizim 24. A-B. Cobb açısının ölçümü.....	42
Çizim 25. Sağa ve sola yana eğilme grafileri.....	43

Çizim 26. Skolyozun üç boyutlu tomografik görünümü. A-Ön plan B-Arka plan.....	44
Çizim 27. Drerup metodu dışında vertebral rotasyon ölçümünde sık kullanılan radyografik yöntemler.....	45
Çizim 28. Drerup tarafından geliştirilen formül.....	46
Çizim 29. A. Drerup metoduyla vertebral rotasyon ölçümü.....	47
Çizim 30. T1-L5 arası vertebraların ölçülen s1, s2 ve d değerlerinin Microsoft Office Excel 2007 programına yüklenmesi ve rotasyon analiz grafisinin elde edilmesi.....	47
Çizim 31. Sık kullanılan bilgisayarlı tomografi ile vertebral rotasyon ölçüm teknikleri...	48
Çizim 32. Koronal denge(A-B arası mesafe). A: Santral sakral dikey çizgi B: C7-plumb line.....	48
Çizim 33. Gövde dengesi(A-B arası mesafe). A- Santral sakral dikey çizgi, B-Gövdenin orta hat çizgisi.....	50
Çizim 34. Sagittal vertikal aksın değerlendirilmesi.....	51
Çizim 35. Spinopelvik parametreler(Sakral slop(SS),Pelvik tilt(PT),Pelvik İnsidans(PI)). A- Horizontal referans çizgisi, B-Vertikal referans çizgisi, C- Sakral platonun orta noktası, D- Sakral platonun orta noktasına inen dik çizgi.....	52
Çizim 36. A-Plumb hattı ve gravite hattı, B-Sagittal imbalans.....	53
Çizim 37. Risser evrelemesi.....	54
Çizim 38. Pubertal diagram.....	55
Çizim 39. A- Milwaukee(CTLSSO) ortezi B- Boston Ortezi(TLSSO).....	59
Çizim 40. A- Charleston Bending Ortezi, B-SpineCor sistemi.....	59
Çizim 41. King Moe sınıflamasına göre eğrilik şekilleri.....	61
Çizim 42. Lenke sınıflaması. Altı ana eğrilik tipi 14 alt grupta değerlendirilmektedir.....	64
Çizim 43. A-üst ve alt nötral vertebralar, B- Santral sakral dikey çizgi C-Stabil vertebra, D- Last touching vertebra.....	65
Çizim 44. King'e göre füzyon seviyesi seçiminde stabil vertebranın belirlenmesi.....	66
Çizim 45. Lenke tip 1 skolyozda üst enstrumentasyon seviyesinin omuz dengesine göre belirlenmesi.....	68
Çizim 46. Lenke tip 1 skolyoz, AEV=NV=T12 olduğu için, füzyon T12 de sonlandırılmış.....	69
Çizim 47. Lenke tip 1 skolyoz. NV(L3), AEV(T12)'nin 2 seviye distalinde olduğu için füzyon NV-1(L2)'de sonlandırılmış.....	69

Çizim 48. L3 ve L4 tiltine göre Lenke tip 1A skolyozun 4 alt grubta incelenmesi.....	70
Çizim 49. Distal füzyon seviyesi belirlenmesinde kullanılan santral sakral dikey çizginin temas ettiği son vertebra(LTV). A-King tip 3 eğrilik, B-King tip 4 eğrilik.....	71
Çizim 50. A-Preoperatif AP grafi, B-Preoperatif Lateral grafi, C-Sağ side-bending grafi, D-Sol side bending grafi, E-Erken postoperatif AP film, F-Erken postoperatif Lateral film, G- Geç postoperatif AP film H- Geç postoperatif Lateral film.....	72
Çizim 51. Lenke tip 2A çift torasik eğrilik.....	73
Çizim 52. A-B.Lenke tip 3C çift major eğrilik.....	74
Çizim 53. Lenke tip 4C üçlü major eğrilik.....	75
Çizim 54.Lenke tip 5C eğrilik.L3 bending grafide santralize ve horizontalize olmasına rağmen, rotasyonu olduğu için füzyon L4 vertebrada sonlandırılmış.....	76
Çizim 55. Lenke tip 6C eğrilik.L3 bending grafide santralize ve horizontalize olmasına rağmen, rotasyonu olduğu için füzyon L4 vertebrada sonlandırılmış.....	77
Çizim 56. İki farklı hastada proksimal junctional kifoz açısı ölçümü.....	81
Çizim 57. Distal junctional kifoz açısı ölçümü.....	82
Çizim 58. Distal adding on fenomeni ölçüm kriterleri.....	83
Çizim 59. Grup I Olgü örnekleri. A-a) proksimal nötral, B-b) proksimal karşı rotasyon...86	
Çizim 60. Grup II olgü örnekleri. A-a) Proksimal torakal vertebralar nötral, B) Proksimal torakal vertebralarda karşı rotasyon mevcut.....	87
Çizim 61. Grup III olgü örnekleri. A-a)-Proksimal torakal eğrilik nötral, B-b)-Proksimal torakal eğrilikte karşı rotasyon.....	88
Çizim 62. Olguların Üst end vertebra(ÜEV) ve Üst nötral vertebra(ÜNV) dağılımı.....	91
Çizim 63.Olgularımızın Alt End Vertebra(AEV), Alt Nötral vertebra(ANV), Last Touching Vertebra(LTV) ve Stabil vertebra (SV) dağılımı.....	92
Çizim 64. Gruplar arasında üst enstrumentasyon seviyelerinin dağılımı.....	93
Çizim 65. Grupların distal enstrumentasyon seviyeleri.....	93
Çizim 66. Gruplar arası üst end vertebra dağılımı.....	95
Çizim 67. Gruplar arası üst nötral vertebra dağılımı.....	96
Çizim 68. Gruplar arası alt end vertebra dağılımı.....	96
Çizim 69. Gruplar arası alt nötral vertebra dağılımı.....	97
Çizim 70. Gruplar arası last touching vertebra dağılımı.....	97
Çizim 71. Gruplar arası stabil vertebra dağılımı.....	98

Çizim 72. Gruplar arasında Alt Nötral Vertebra (ANV)'nın Alt End Vertebra(AEV) ile ilişkisi.....	99
Çizim 73. Preoperatif dönem. A-Ön-arka plan, B-Lateral plan C-Aksiyel plan analizi...103	
Çizim 74. Geç postoperatif dönem(5.yıl) A-Ön-arka plan. B-Lateral plan.....103	
Çizim 75. Preoperatif dönem. A-Ön-arka plan, B-Lateral plan, C-Aksiyel plan analizi...104	
Çizim 76. Geç postoperatif dönem(4.yıl) A-Ön-arka plan. B-Lateral plan.....104	
Çizim 77. Preoperatif dönem. A-Ön-arka plan, B-Lateral plan. C-Aksiyel plan analizi...105	
Çizim 78. Geç postoperatif dönem(4.yıl) A-Ön-arka plan. B-Lateral plan.....105	



1. GİRİŞ ve AMAÇ

Skolyoz, omurganın frontal, sagittal ve aksiyel düzlemlerini içeren kompleks bir deformitesidir. Sebebi tam olarak bilinmeyen bu hastalık, birçok fonksiyonel, kozmetik ve sosyal soruna yol açmaktadır.

İdiopatik skolyozun tedavisi genel olarak, izlem, ortez (korse) ve cerrahi tedaviyi içerir. İzlem ve ortez tedavisi, genel olarak kabul görmüş belirli kurallara oturtulabilirse de, cerrahi tedavi, karar ve planlama aşamasından, postoperatif döneme kadar son derece zorlayıcı ve karmaşık bir süreçten oluşur. Cerrahinin amacı, eğriliği düzeltmek, ilerlemesini durduracak füzyonu sağlamak ve pelvis üzerinde santralize, dengeli bir omurga elde etmektir.

Lenke 1A grubu eğrilikler, en sık rastlanan adolesan idiyopatik skolyoz grubu olmasına karşın, bu olgularda distal füzyon seviyesini belirlemede tam bir fikir birliği yoktur.^{1,2} İdeal olarak füzyonun distal ucu lomber hareketli segmentlerin korunması için mümkün olduğunca proksimalde ve gövde imbalansına yol açmayacak kadar distalde olmalıdır.

Distal füzyon seviyesinin hatalı seçimi distal adding-on fenomeni, junctional kifoz, lomber mobil segment sayısının azalması ve dekompanseasyona neden olabilir.^{3,4,5,6,7}

Lenke 1A olarak sınıflandırılan eğrilikler farklı eğrilik paternlerinden oluştuğu için, distal füzyon seviyeleride değişmektedir.^{1,8,9} Distal seviye tespiti için nötral vertebra-end vertebra ilişkisi veya L3-L4 oryantasyonu önerilmiş, ancak aksiyel plan analizi göz önüne alınmamıştır.^{1,10,11}

Bu çalışmanın amacı, Lenke 1A eğrilikleri aksiyel plan analizine göre sınıflayarak optimum distal füzyon seviyesinin belirlenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

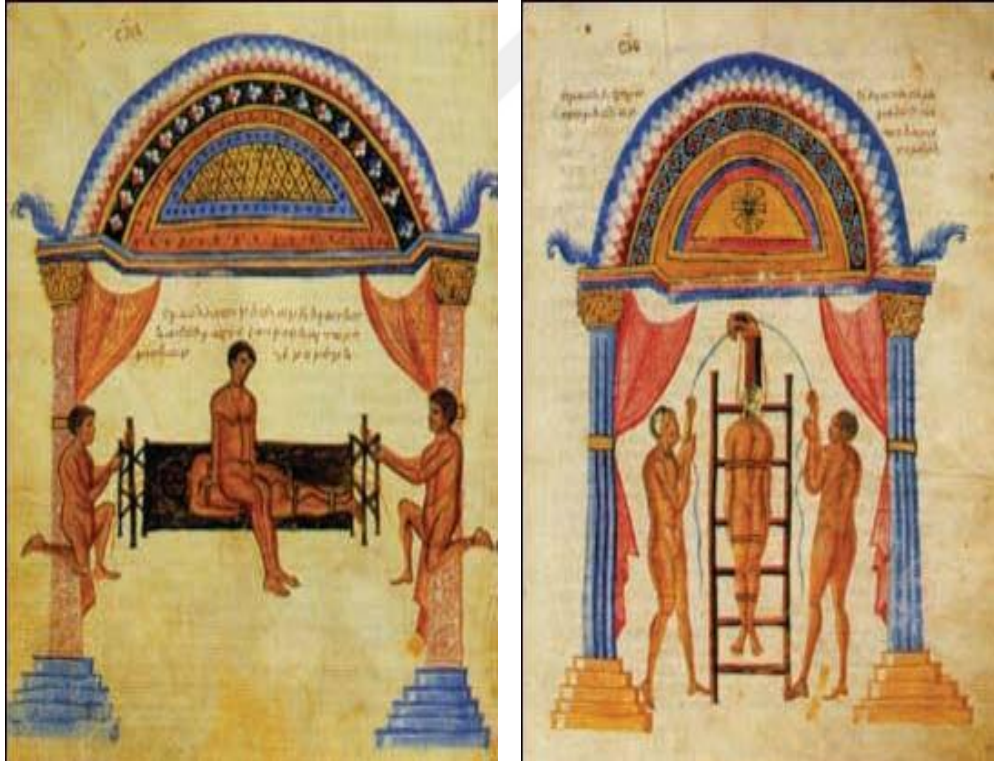
2.1. Tarihçe

Skolyoz omurganın en sık karşılaşılan deformitesidir. Skolyoz terimi Yunanca “eğri, çarpık” anlamına gelir. Literatürde ise koronal planda omurganın laterale doğru eğriliği şeklinde tanımlanmaktadır.¹²

Skolyoz deformitesine yaklaşımda tarihsel gelişim sürecini iki döneme ayırabiliriz;
-Hipokrat ve cerrahi öncesi dönem,
-Cerrahi dönem.

2.1.1. Hipokrat ve cerrahi öncesi dönem

Hipokrat (M.Ö 460-370) skolyoz için tedavi yöntemi olarak spinal manipulasyon ve traksiyona odaklanmıştır(çizim 1).¹³



A

B

Çizim 1. A-Hipokrat masası ve manipulasyon, B-Traksiyon cihazı.¹³

Skolyoz, lordoz ve kifoz terimleri tarihte ilk kez Galen tarafından 2. yüzyılda kullanılmıştır.¹²

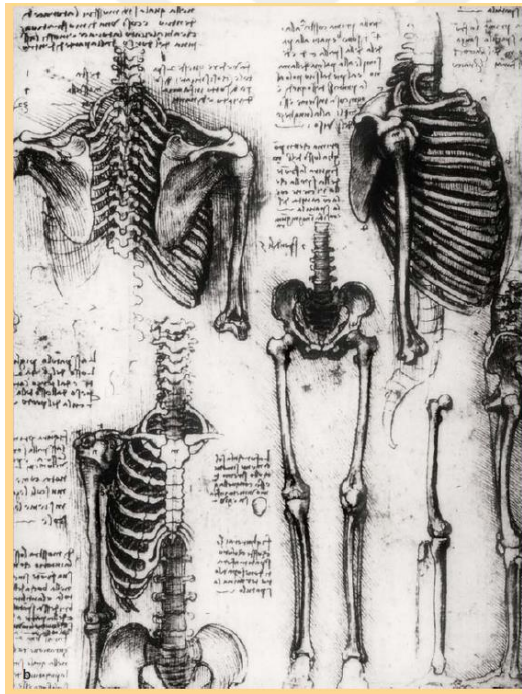
İbn-i Sina (MS 980-1037) El-Kanun fi't-Tıb kitabında spinal deformitelerin düzeltilmesinde, aksiyel traksiyon yöntemini göstermiştir.¹⁴

Şerafettin Sabuncuoğlu (1385-1470), Cerrahiyyetu'l Haniye adlı kitabında prone pozisyonda aksiyel traksiyon yöntemini göstermiştir.¹⁵

Leonardo da Vinci (1452-1519) ilk kez omurganın anatomisini ayrıntılarıyla tariflemiştir (Çizim 2A).^{16,17}

Ambroise Pare (1540-1590), skolyozlu hastalarda demir korse kullanarak skolyozu koronal olarak düzeltmeye çalışmıştır.¹⁶

Nicholas Andry (1658–1759), vertebral kaslar arası imbalans ve/veya kötü duruş ve oturma alışkanlıklarının skolyoza neden olabileceğini belirtmiştir (Çizim 2B).^{16,17}



A



B

Çizim 2. A-Leonardo da Vinci'nin çizdiği omurga anatomisi,¹⁷ B- Nicholas Andry'nin L'Orthopedie kitabından alınan ortopedinin sembolü.¹⁷

2.1.2. Cerrahi dönem

2.1.2.1. Giriş

1846 da William Morton cerrahi işlemlerde Eter anesteziyi uygulamasını göstermiştir.¹⁸

1847 de Dr. Semmelweis, el yıkamada kloridin kullanılmasıyla enfeksiyonun azaldığını bildirmiştir.¹⁸

1856 da Chassaignac, yara drenajının önemini belirtmiştir.¹⁸

1873 yılından itibaren enstrumanlar ve cerrahi elbiseler rutin olarak, sterilize edilerek kullanılmıştır.¹⁸

1895 yılında Röntgen'in X ışınlarını keşfi ile skolyotik eğriliğin radyolojik tanısını koymak mümkün olmuştur.¹⁷

Anestezi, el yıkama, enstruman ve elbiselerin sterilizasyonu, yara drenajı ve X-ray'in bulunmasından, 1923'e kadar olan dönemde skolyoz tedavisinde yenilik görülmemiştir.

2.1.2.2. Cerrahi dönemin tarihsel gelişimi

1839 yılında Guerin tarafından skolyotik deformitenin düzeltilmesine yönelik ilk cerrahi girişim olan paraspinal kaslara myotomi operasyonu uygulanmıştır.¹⁶

Spinal füzyon ilk kez Russel Hibbs tarafından 1911 yılında tüberkülozlu bir hastaya uygulanmış, ardından 1914 yılında ise skolyozda uygulanmıştır.¹⁶

1940 yılından sonra Cobb ve Risser tarafından yapılan çalışmalarla cerrahi tedavinin temelleri oluşturulmuştur. Cobb tarafından deformitenin radyolojik ölçüm metodu tarif edilmiştir. Risser ise cerrahi öncesinde, deformiteyi olabildiğince düzeltmek amacı ile düzeltici-gerici alçı (turn-buckle cast) kullanımını tarif etmiştir.¹⁶

Transpediküler vida uygulaması ilk kez 1959 yılında Boucher tarafından tanımlanmıştır.¹⁹

Roy-Camille ve ark. torakal, torakolomber ve lomber vertebra yaralanmalarının tedavisinde 1961 yılından itibaren plak-pediküler vida kombinasyonunu rutin olarak kullandıklarını bildirmişlerdir.¹⁹

Skolyoz tedavisinde en önemli ilerleme Harrington posterior spinal enstrüman sistemleri ile olmuştur. Harrington tarafından 1960 yılında distraksiyon kompresyon yöntemleri uygulanmış ve 1962 yılında sonuçları yayınlanmıştır (Çizim 3-A).²⁰ Harrington tekniğinde füzyon olmamasına karşın, John Moe tarafından bu sisteme füzyon da eklenerek kullanılmıştır.²⁰

1969 yılında Dwyer tarafından ilk kez anterior cerrahi ile deformitenin düzeltildiği bildirilmiş, vida ve tellerden oluşan enstrümantasyon sistemi tarif edilmiştir.¹⁸ Bu sistem ile düzeltmenin yetersiz kalması üzerine Zielke tarafından yeni bir sistem geliştirilmiştir. Teller yerine yivli çubuklar kullanarak daha rijit bir tespit elde edilmiş, 1976 yılında “Ventral Derotasyon spondilezisi” adı altında sonuçları yayınlanmıştır.^{18,21}

1970’li yıllarda Luque tarafından sublaminar teller kullanılmaya başlanmış, her seviyeden sublaminar teller geçirilerek segmental spinal enstrümantasyon yöntemi tarif edilmiştir (Çizim 3-B).^{18,21} Sublaminar telleme yönteminde nörolojik komplikasyon oranının yüksek bulunması üzerine Drummond tarafından tellerin spinöz çıkıntılardan geçirildiği Wisconsin İnterspinöz Enstrümantasyon sistemi geliştirilmiştir.²²

1980’li yıllarda skolyotik deformiteyi frontal, sagittal ve aksiyel planlarda düzeltmeyi amaçlayan üçüncü nesil enstrümantasyon sistemleri (Cotrel-Dubousset, TSRH, Isola) geliştirilmiştir.²²

Skolyozu sınıflandırmak amacıyla, King Moe tarafından 1983 yılında 5 tip eğrilik paterni tanımlanmıştır.¹²

Cotrel ve Dubousset tarafından 1986 yılında proksimalde hook distalde vida kullanılan ve üç boyutlu düzeltme sağladığı düşünülen CD implantasyon sistemi kullanılmıştır (Çizim 4A).^{21,23} Poliaksiyel pedikül vidalarının geliştirilmesi ile çubukların yerleştirilmesinde büyük kolaylık sağlanmıştır.^{22,26}

1990’lı yıllarda, birinci ve ikinci nesil anterior enstrümantasyon sonrası ortaya çıkan olumsuzlukların ortadan kaldırılması amacı ile tek çubuklu veya çift çubuklu üçüncü nesil anterior enstrümantasyon sistemleri (Kaneda) geliştirilmiştir.^{23,24,26}

1995 yılında Suk ve ark. torasik bölgede pedikül vidası kullanımının güvenli olduğunu bildirmişlerdir (Çizim 4-B).²⁵

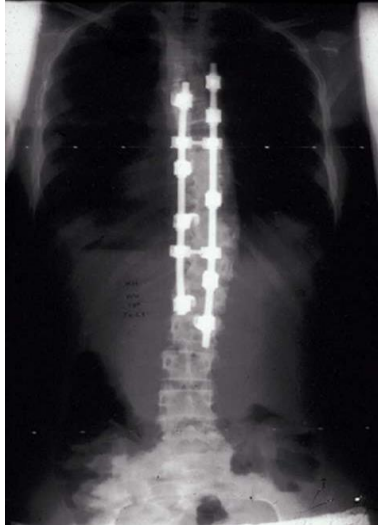


A



B

Çizim 3. A- Harrington Rodu,²⁶ B- Luque segmental enstrumantasyon.²²



A



B

Çizim 4. A- Cotrel ve Dubousset posterior derotasyon tekniği,²² B- pedikül vidaları ile posterior enstrumantasyon.

2.2. Omurga Anatomisi

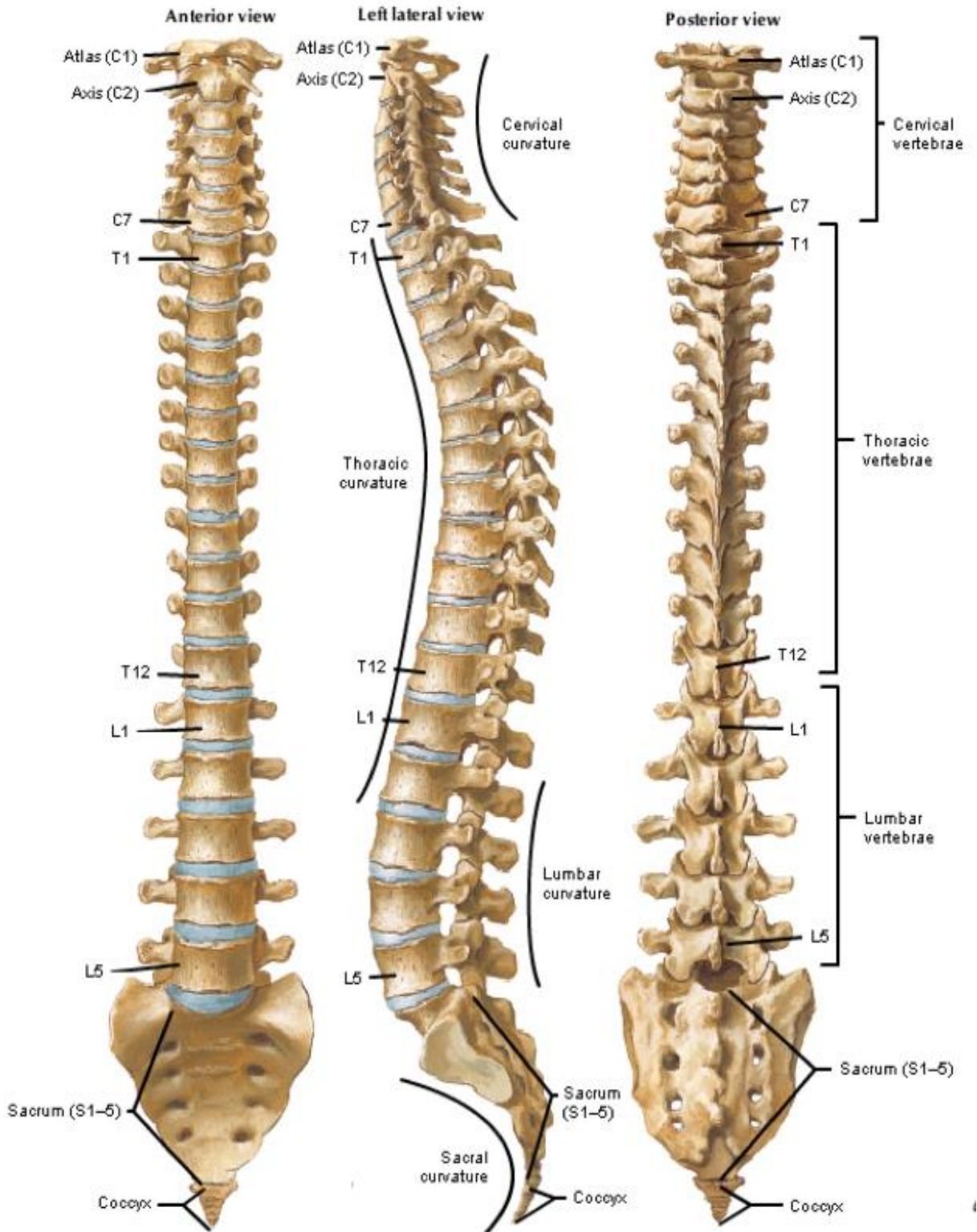
Erişkin bir insan omurgasında 7 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 4 koksigeal olmak üzere toplam 33 vertebra bulunmaktadır. İlk 24 vertebra birbirleri ile hareketli eklemler aracılığı ile bağlanmış olduklarından gerçek vertebra-hareketli vertebra veya presakral vertebra olarak isimlendirilirler. Sakrumu ve koksiksi oluşturan 9 vertebra ise aralarında füzyon olduğu için yalancı vertebra veya sabit vertebra adı verilir (Çizim 5).²⁷⁻³⁰

Vertebral kolonun, sagittal planda dört adet fizyolojik eğriliği mevcuttur. Fetal periyotta vertebral kolon kifotiktir. Neonatal dönemde, torasik, lomber ve sakral bölgede kifoz vardır. Bebek başını dik tutmaya başlayınca (3.ay) servikal lordoz oluşur. Oturmaya ve daha sonra yürümeye başlayınca (13.ay) lomber lordoz gelişir. Torakal ve sakral kifoz fetal dönemde geliştiğinden dolayı primer eğrilikler adını alır. Servikal ve lomber eğrilikler bebeklik çağına kadar tam oluşmadıklarından sekonder eğrilikler olarak adlandırılır. Başlangıçta çocuklarda bu eğrilik değerleri erişkinlerden azdır. Kas gücü gelişip denge sağlanınca normal açılara ulaşır.^{27,30,33,34}

Normal bir yetişkinde fizyolojik eğrilikler; servikal bölgede 30°-50° lordoz, torakal bölgede 20°-50° kifoz, lomber bölgede 31°-79° lordoz ve sakral bölgede 40°-60° kifoz şeklindedir (Çizim 5).^{27,28,30}

Atlas (C1) ve aksis (C2) haricindeki her bir vertebrada, yerleşim bölgelerine göre değişiklikler göstermekle beraber ortak yapılar bulunmaktadır. Tipik vertebra olarak adlandırılan bu omurlar temel olarak 6 kısımdan oluşmaktadır:^{27,28,32}

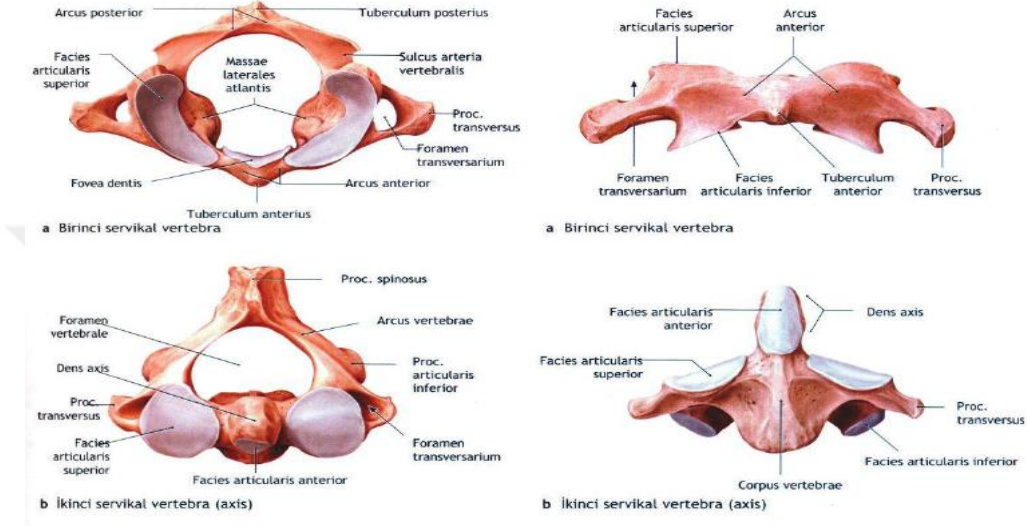
1. Corpus vertebra
2. Arcus vertebra
 - a. Pediculus vertebra
 - b. Lamina vertebrale
3. Foramen vertebrale
4. Processus spinosus
5. Processus transversus
6. Processus articularis inferior ve superior



Çizim 5. Omurganın anterior, lateral ve posteriordan görünümü.³⁴

2.2.1. Servikal omurga anatomisi

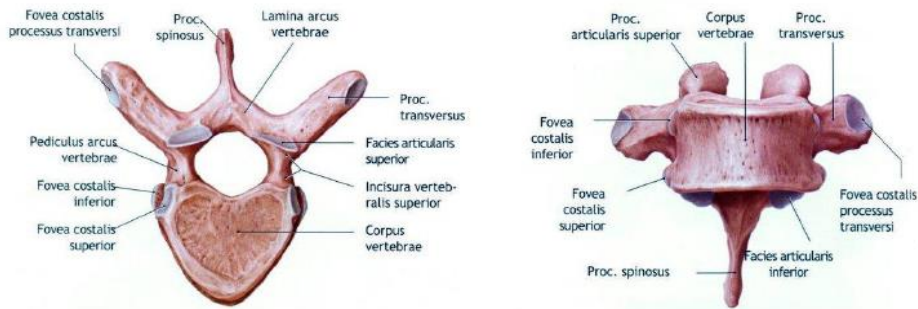
C1 (Atlas) halka şeklinde bir omurdur, gövdesi ve spinöz çıkıntısı yoktur. C1, süperior eklem yüzü, oksipital kondil ile eklenir. C2 (Aksis) gövdesinin ortasında atlas ile eklem yapan dens bulunur. C7 (Vertebra prominens) vertebra'nın spinöz çıkıntısı en uzundur ve sırtta gözle görülür bir çıkıntı yapar (Çizim 6).²⁷⁻³¹



Çizim 6. Atlas ve Aksisin anatomisi.²⁹

2.2.2. Torakal omurga anatomisi

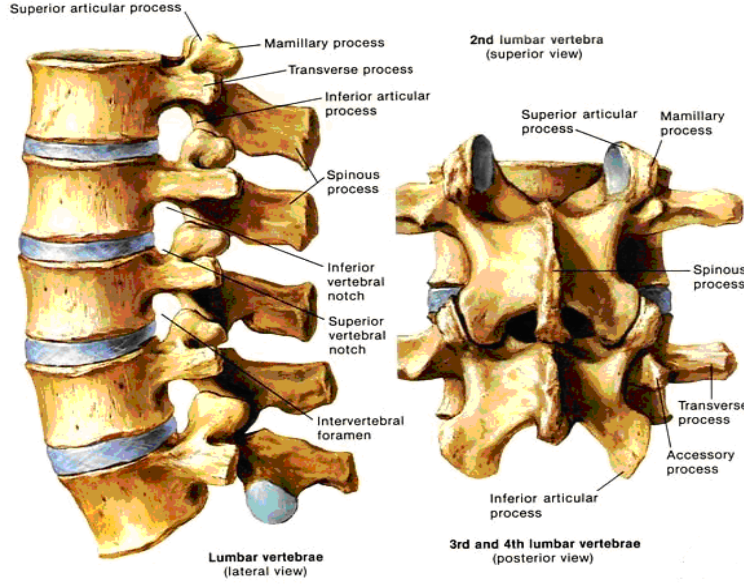
Korpusların yan taraflarında, üst ve alt kısımlarının arkalarına yakın olmak üzere kaput kostalis ile eklem yapan iki adet eklem yüzeyi (fovea kostalis sup. ve inf.) vardır. Tranvers çıkıntılarının ön yüzlerinde kaburga tüberkülleriyle eklem yapan eklem yüzeyleri (fovea kostalis transversalis) vardır (Çizim 7).^{27,28,31,32}



Çizim 7. Torakal omurga anatomisi.²⁹

2.2.3. Lomber omurga anatomisi

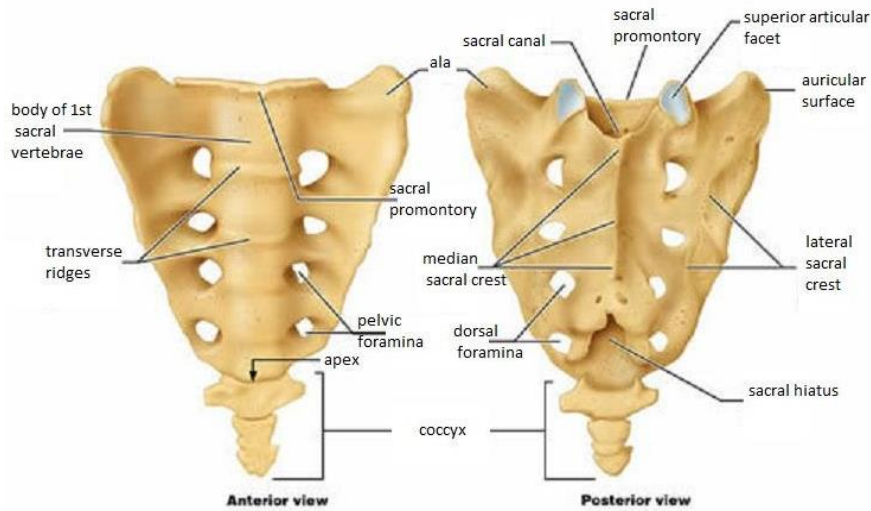
Spinöz çıkıntıları kısa, geniş ve dolgundur. Korpusların ön yüksekliği arkaya nazaran daha fazladır. Üst eklem çıkıntısının dış yan yüzlerinde prosessus mamillaris tüberkülleri vardır (Çizim 8).^{27,28,32}



Çizim 8. Lomber omurga anatomisi.²⁹

2.2.4. Sakrum anatomisi

Sakrum, kranialde beşinci lomber vertebra ile kaudalde koksiks ile eklem yapar. Lateralde her iki iliak kemikle eklem yaparak, sakroiliak eklemi oluşturur (Çizim 9).³⁴



Çizim 9. Sakrum anatomisi.²⁹

2.2.5. İntervertebral disk anatomisi:

Vertebra korpusları, intervertebral diskler aracılığıyla birbirlerine bağlanırlar. Bunlar amfiartrodial tipte eklemleşmeyi sağlayan, fibrokartilajinöz yapıdaki oluşumlardır. Omurgada 23 adet disk mevcuttur ve bir üst vertebraya göre isimlendirilirler. İlk iki servikal vertebra arasında, sakrum ve koksikte disk bulunmaz (Çizim 10).^{28,31}

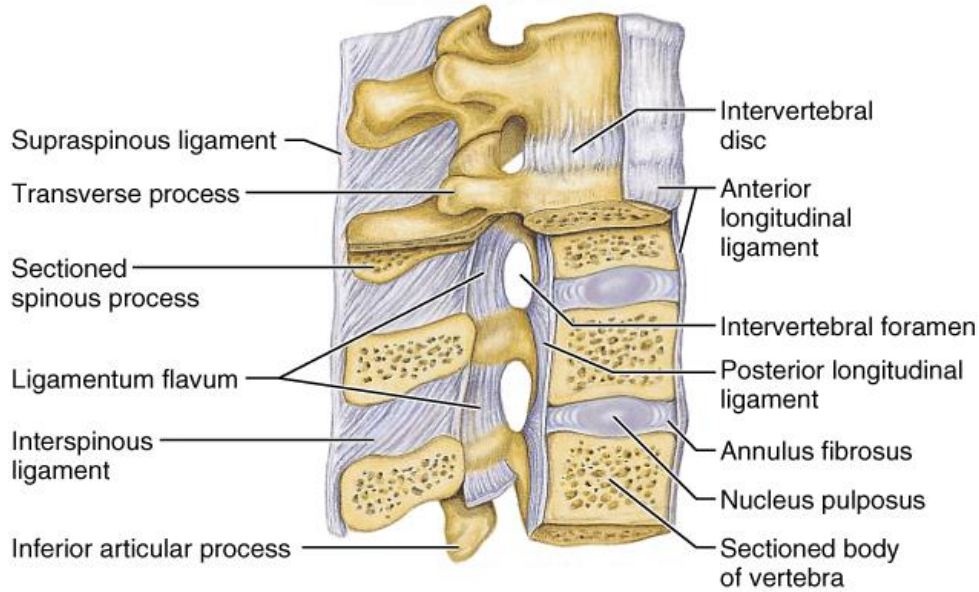
2.2.6. Spinal ligamentlerin anatomisi:

Anterior longitudinal ligament, oksipital kemikten başlayarak tüm vertebraların anterior yüzlerine yapışır (Çizim 10).^{27,28,32}

Posterior longitudinal ligament, oksipital kemiğin arka yüzünden başlayarak korpusların posteriorundan koksikse kadar uzanır (Çizim 10).^{27,28,32}

Ligamentum flavum, laminanın anterior inferior sınırından, kaudaldeki laminanın posterior sınırına uzanır (Çizim 10).^{27,28}

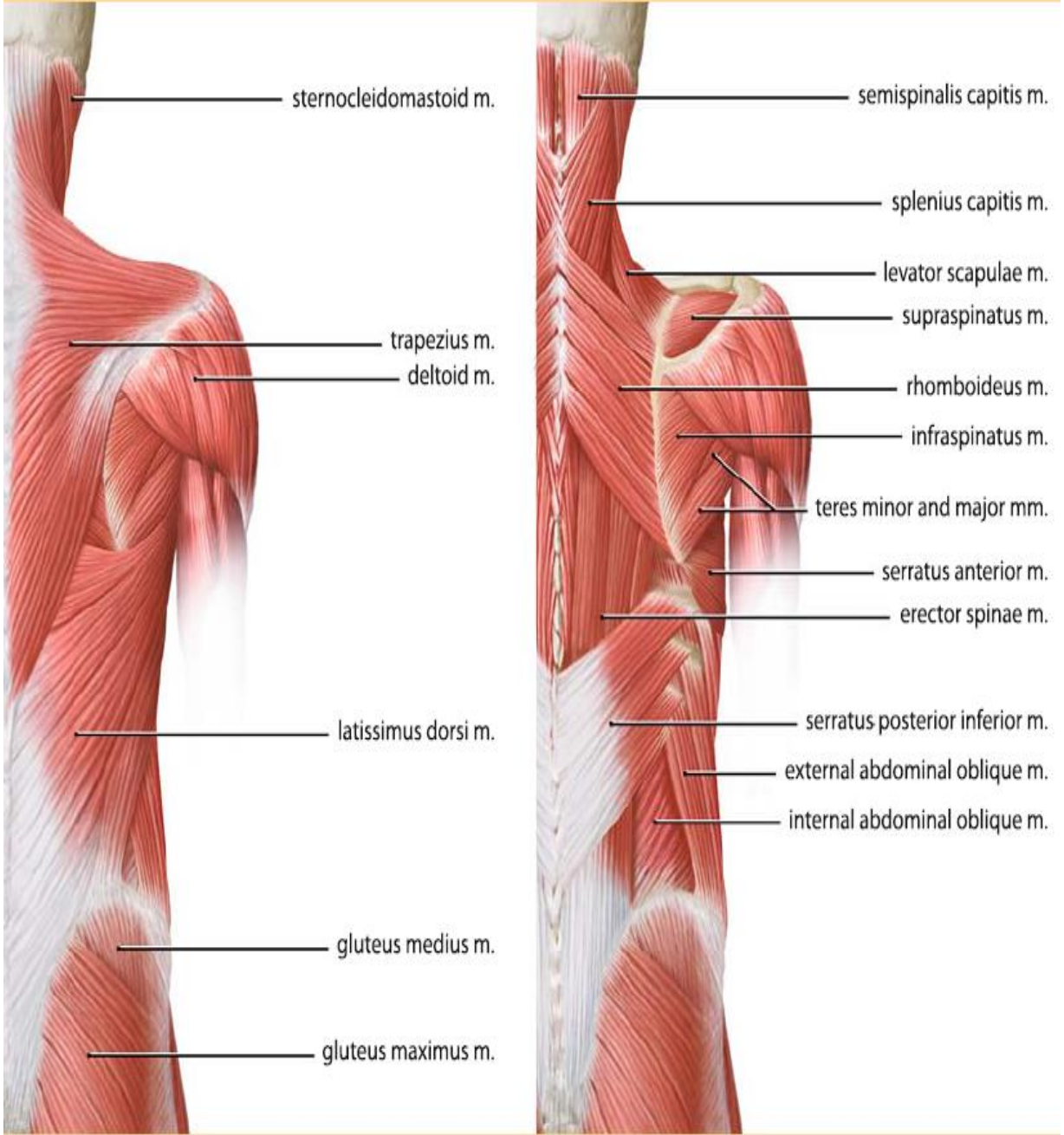
İnterspinöz ligament, komşu spinöz processler arasında uzanır. Supraspinöz ligament, spinöz çıkıntıların uçlarını birbirine bağlayan bağıdır ve servikal bölgede genişleyip, kalınlaşarak ligamentum nuchae adını alır (Çizim 10). İntertransversal ligament, transvers çıkıntılar arasında yer alır.^{27,28,32}



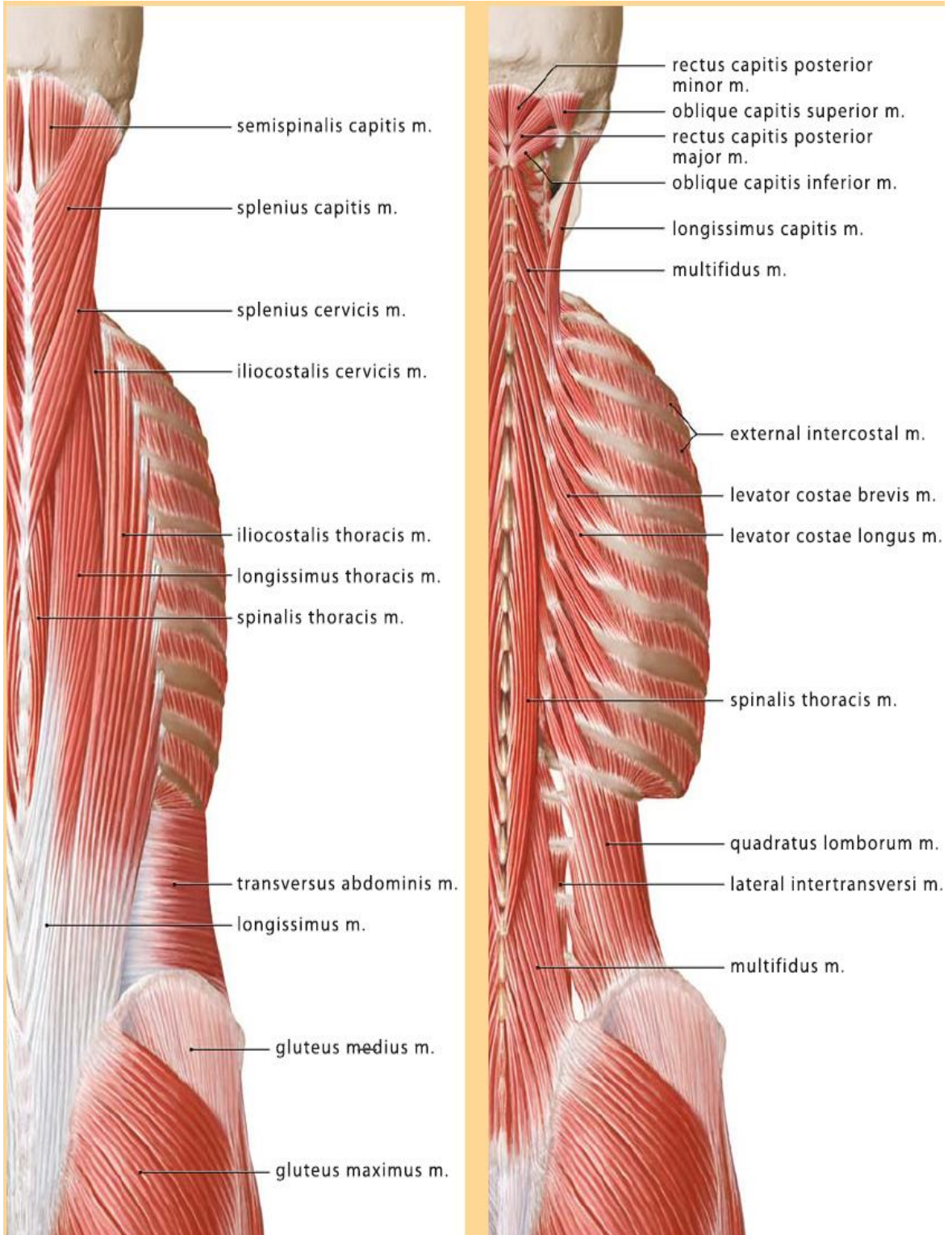
Çizim 10. Diskus intervertebralis ve komşu vertebra korpusları ile ilişkisi.²⁸

2.2.7. Omurga kasları

Yüzeyel ve derin kaslar olarak iki grupta incelenir (Çizim 11-12).³⁵



Çizim 11. Yüzeyel sırt kasları.³⁵

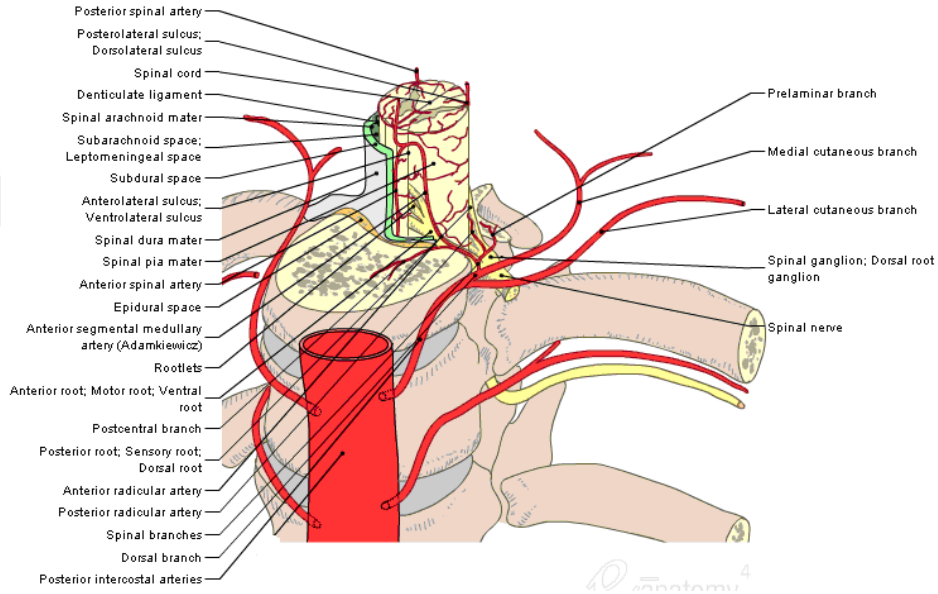


Çizim 12. Derin sırt kasları.³⁵

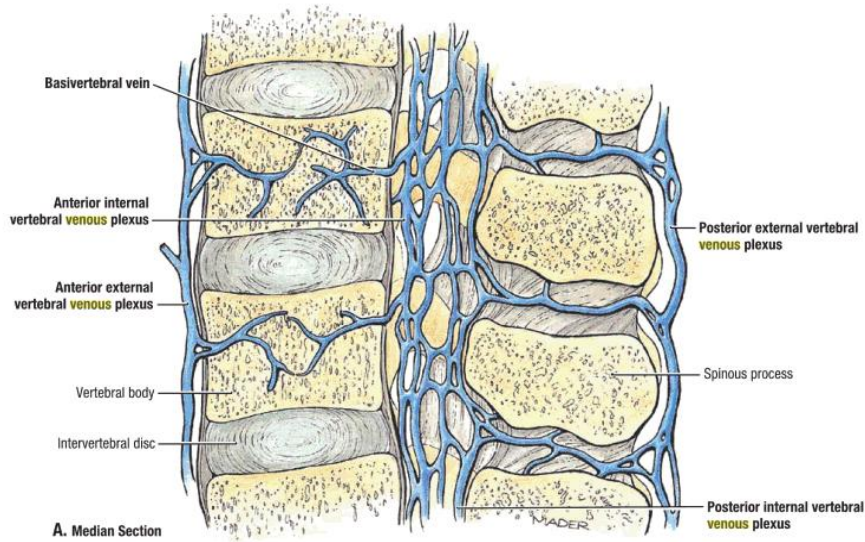
2.2.8. Omurganın kanlanması

Omurganın arteriyel beslenmesi aortadan çıkan segmenter arterler veya ilgili omura gelen rejjyonel arterlerden olur. Aortadan çıkan segmenter arterler, omur cisminin anteriorundan cisme yapışık olarak sağa ve sola doğru ilerler ve intervertebral foramenlerden içeri girer (Çizim 13).^{28,32,34}

Omurganın venöz dolaşımı internal ve eksternal venöz pleksus sağlar (Çizim 14).^{27,28,32}



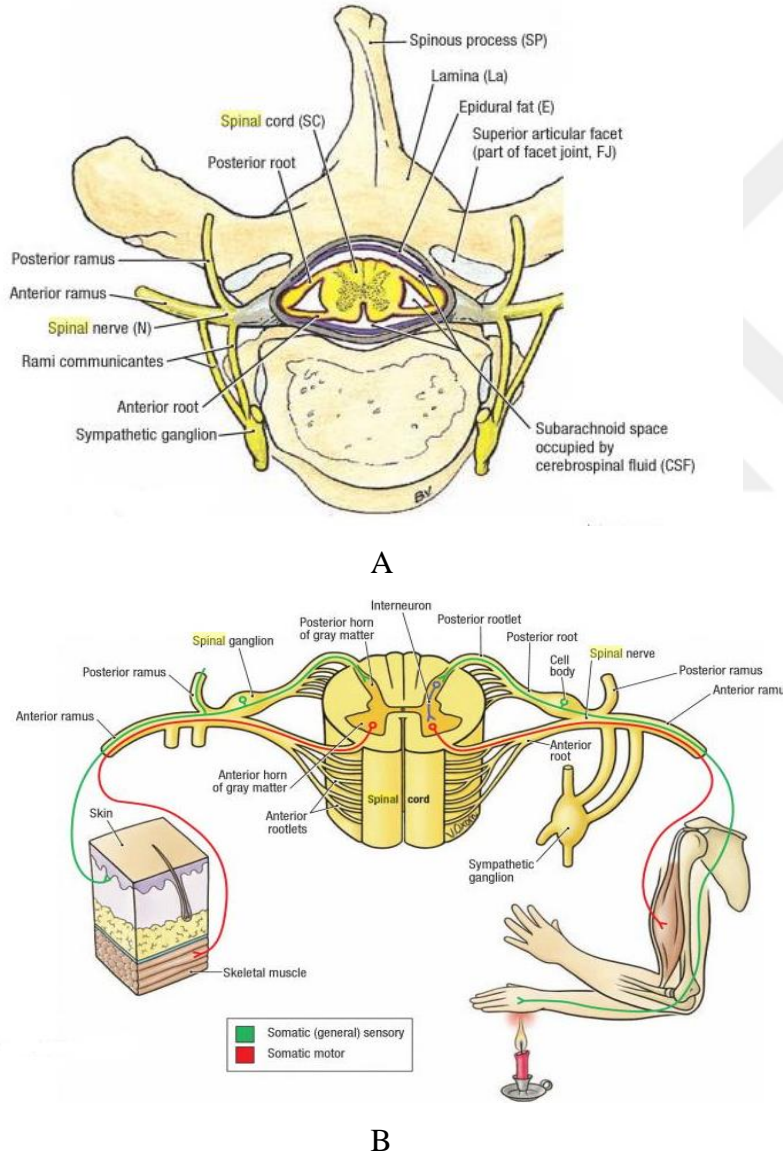
Çizim 13. Omurganın arteriyel dolaşımı.³⁴



Çizim 14. Omurganın venöz dolaşımı.²⁸

2.2.9. Medulla spinalis

Spinal kanal içerisinde medulla spinalis, nöral kökler ve cauda equina bulunur.^{27,28} Medulla spinalis kranioservikal birleşim yerinden başlar, L1-L2'ye kadar uzanır. Bundan sonra medulla spinalis, filum terminale adını alır. Filum terminale ince ve ipliksi yapıdadır, aşağıda dura materin uzantısı ile birleşip 2. koksigeal vertebraya yapışarak sonlanır. Medulla spinalisten çıkan ön ve arka kökler foramina intervertebralis hizasında birleşerek spinal sinirleri yapar. Ön kök motor sinir liflerinden, arka kök duyu sinir liflerinden oluşur (Çizim 15).^{27,28,32}



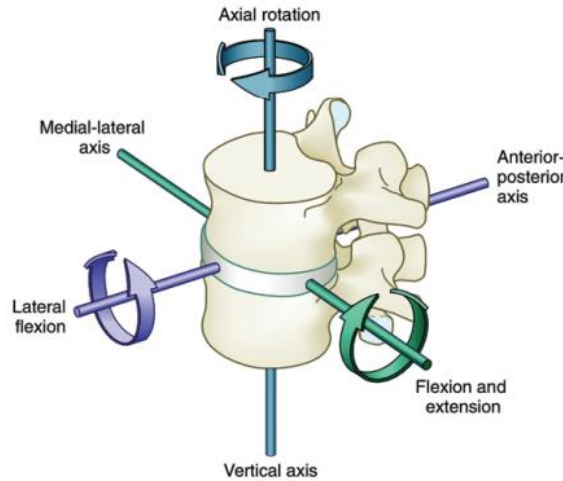
Çizim 15. Medulla spinalis A-Süperiordan görünüm B-Duyu ve motor fonksiyonunun şematizasyonu.³⁶

2.3. Omurga Biyomekaniği

Vertebral kolon, vücut hareketleri esnasında kompresyon, gerilme, eğilme, makaslama ve torsiyon gibi çeşitli kuvvetlere maruz kalır. İntervertebral disk, omurga çevresindeki ligamentler ve kaslar bu kuvvetlere karşı koyarak stabil yapının devamlılığını sağlarlar.³⁷ Erişkin bir insan omurgası sagittal planda incelendiğinde, servikal ve lomber bölgede lordoz, torakal ve sakral bölgede kifoz görülmektedir. Bu fizyolojik eğriliklerin amacı, omurganın aksiyel kompresyon güçlerine karşı direncini arttırmaktır.³⁷ Vertebral kolonunun fonksiyonel birimi, hareket segmentidir. Hareket segmentinin anterior kısmını iki omur cismi, intervertebral disk ve anterior ligamentler oluşturur. Posterior kısım ise intervertebral eklemler, posterior ligamentler, transvers ve spinöz çıkıntılar tarafından oluşturulur.³⁷

Herhangi bir noktaya uygulanan bir kuvvet belirli bir eksende rotasyona neden olabilir. Bu eksen kapı menteşesinde olduğu gibi sabit olabilirken, omurga gibi bir yapıda değişken de olabilir. Bu nedenle omurga biyomekaniği, “rotasyonun anlık eksenini” ile değerlendirilir.^{37,38}

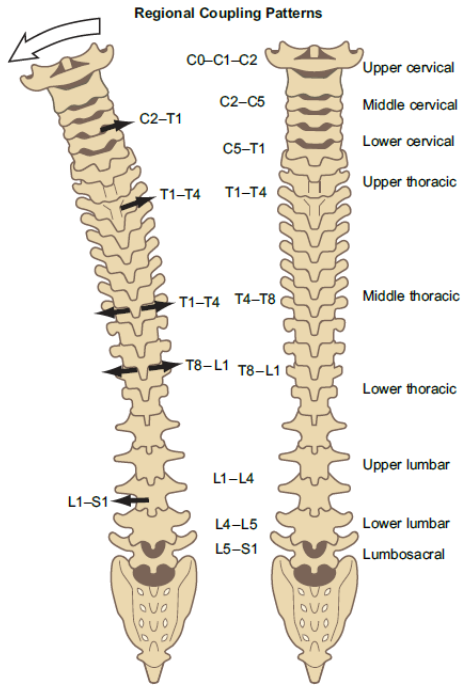
Her bir vertebranın hareketini tanımlayabilmek amacı ile kartezyen koordinat sistemi kullanılır. Bu sistemde X, Y ve Z olmak üzere üç eksen vardır. Bu eksenlerin her birinin çevresinde ikişer rotasyon ve ikişer kayma hareketi yapılabileceğinden, rotasyonun anlık eksenini çevresinde 12 potansiyel hareket meydana gelir. Rotasyonun anlık eksenini, her hareket segmentinin bağlı olduğu koordinat sisteminin merkezidir. Vertebra cismi bu eksen etrafında hareket eder (Çizim 16).³⁷⁻³⁹



Çizim 16. Kartezyen koordinat sistemi üzerinde rotasyonun anlık eksenini.⁴⁰

Omurganın fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sagittal düzlemde meydana gelir. Servikal bölgede 40° fleksiyon, 75° ekstansiyon; lomber bölgede 60° fleksiyon, 35° ekstansiyon; torakolomber bölge bütün olarak değerlendirildiğinde ise 105° fleksiyon, 60° ekstansiyon hareketi mevcuttur.³⁷ Lateral fleksiyon hareketi frontal düzlemde meydana gelmektedir. Lateral fleksiyon servikal bölgede 35-45°, torakal bölgede 20° ve lomber bölgede 20° olmak üzere kranyumdan sakruma kadar toplam 75-95 derecedir.³⁷

Omurganın rotasyonel hareketleri alt segmentlere inildikçe azalmaktadır. Servikal bölgede 5-50°, torakal bölgede 35°, lomber bölgede ise 5° rotasyon mevcuttur. Torakal omurlarda faset eklemler yatay yerleşimli olduğu için rotasyonel hareket daha fazladır. Lomber omurlarda ise faset eklemler dikey yerleşimli olduklarından dolayı rotasyonel hareketlere direnç gösterirler. Omurganın bütününde; fleksiyon, ekstansiyon, aksiyel rotasyon, translasyon ve lateral bending hareketleri izole olarak değil, kombinasyonlar halinde gerçekleşir. Örneğin aksiyel rotasyonla birlikte lateral fleksiyon ya da fleksiyonla birlikte yana kayma ortaya çıkar. Hangi kombinasyonun yapılacağını belirleyen faktör, bölgesel anatomik yapılardır (Ligamentler, intervertebral disk ve faset eklemleri). Hareketlerin bu şekilde çiftler halinde gerçekleşmesine coupling fenomeni adı verilir. “Coupling fenomeni “ özellikle servikal bölgede belirgindir (Çizim 17).^{37-39,41}



Çizim 17. “Coupling fenomeni”. Servikal ve üst torasik vertebrada eğilme yönüne doğru aksiyel rotasyon olurken, lomber vertebralarda karşı tarafa doğru aksiyel rotasyon olur.⁴¹

2.3.1. Omurga stabilizasyonu:

Panjabi tarafından aşırı yüklenmelere karşı omurgayı stabilize eden 3 alt sistem tanımlanmıştır.⁴²

2.3.1.1. Aktif sistem:

Vertebral kolonu çevreleyen kas ve tendon yapıları stabilizasyon için çok önemlidir, eksiklik veya zayıflığında düşük yüklenmelerde bile stabilite sağlanamaz. Aktif sistem, omurgaya yük bindiği zaman istemli veya refleks olarak kaslar yardımıyla stabilizasyonu sağlar.

2.3.1.2. Pasif sistem:

İntervertebral disk, korpus vertebra, faset eklemler ve ligament yapılarından oluşur. Yüklenme sırasında ortaya çıkabilecek olan aşırı hareketi engelleyerek instabilite gelişmesini engeller. Ekstansiyon hareketinin stabilizasyonu, öncelikle anterior longitudinal ligament olmak üzere anulus fibrosusun ön bölümü ve faset eklemler tarafından; aksiyel rotasyon hareketinin stabilizasyonu ise disk dokusu ve faset eklemler tarafından sağlanmaktadır. Lateral bending hareketi de, intertransvers ligamentler tarafından stabilize edilmektedir.

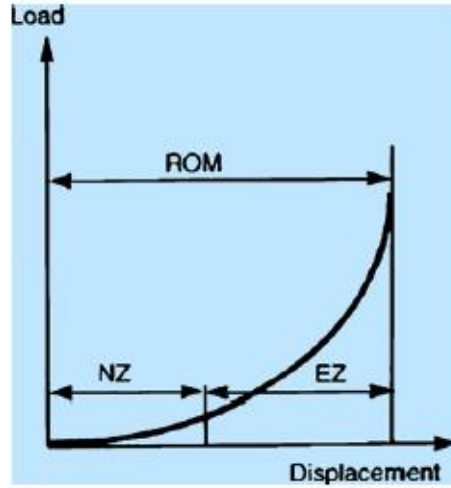
2.3.1.3. Nöral kontrol sistemi:

Nöral kontrol sistemi, aktif ve pasif sistemler olan kas, tendon ve ligamentlerden aldığı uyarılar ile mevcut durumun saptanması ve aktif sistem (spinal kaslar) yardımı ile spinal kolon stabilizasyonunu sağlayan alt sistemdir.⁴²

Adalelerin kasılması, gerekli fizyolojik hareketin yapılması, ligamentler ve kaslar ile aşırı hareketin engellenmesi ve tüm bunların nöral alt sistem kontrolü ile uyumlu ve yeterli olarak gerçekleşmesi stabil bir omurga için hayati önem taşır.⁴²

Panjabi'ye göre omurganın fizyolojik hareket aralığının nötral zon ve elastik zon adı verilen iki komponenti vardır. Nötral zon omurgada eklem hareket açıklığının ilk bölümünü oluşturur. Omurgada küçük yüklerle ortaya çıkan hareket bu bölgede minimal dirençle karşılaşır. Bu bölgedeki hareket ligamentlerin direnci ile karşılaşır ve en alt

düzydedir. Elastik zon ise nötral zonuun etrafındaki segmentin hareketi olup, harekete karşı maksimal direnç vardır, hareket açıklığının son bölümünü oluşturur. Omurgaya düşük bir yük bindiği zaman ilk hareket daha esnek olan nötral bölgede minimal direnç ile başlar. Yüklenme artınca nötral bölgedeki hareket sınırı aşılr ve elastik bölgede yüksek dirence karşı hareket devam eder (Çizim 18).^{39,43}



Çizim 18. Yüklenme/Deplasman eğrisi. NZ: nötral zon EZ: elastik zon.³⁹

Panjabi tanımladığı aktif, pasif ve nöral alt kontrol sistemlerinin, nötral zon ve elastik zon üzerinden ROM kontrolünü yaparak stabiliteyi sağladıklarını belirtmiştir. Kaslar ve tendonlardan oluşan aktif alt sistem, direncin minimal olduğu ve hareketin ilk başlangıç alanı olan nötral bölgedeki kontrolü sağlar. Kemik ve ligamentlerden oluşan pasif alt sistem ise direncin yüksek olduğu elastik bölge üzerinden kontrol görevini yapar.^{42,43}

2.4. Skolyoz

2.4.1. Tanımı ve sınıflaması

Skolyoz, omurganın en yaygın deformitesidir. Ayakta çekilen direkt grafilerde, frontal planda 10° ve üzerindeki lateral eğrilikler skolyoz olarak tanımlanmaktadır. 10 dereceden az olan eğrilikler spinal asimetri olarak adlandırılır. Skolyozda deformite sadece frontal planla sınırlı kalmamakta, sagittal ve aksiyel planları da içine alan üç boyutlu bir deformite ortaya çıkmaktadır. Frontal planda laterale kayma, aksiyel planda rotasyon ve sagittal planda lordoza neden olan intervertebral ekstansiyon görülmektedir.^{12,30,44,45}

Günümüzde geçerliliğini koruyan en geniş skolyoz sınıflaması 1973 yılında Amerikan Skolyoz Araştırma Cemiyeti (Scoliosis Research Society – SRS) tarafından yapılmıştır. Etiyolojik kökenli olan bu sınıflamada, skolyoz; yapısal olmayan ve yapısal olarak iki temel gruba ayrılmıştır (Çizelge 1).^{44,46}

Yapısal olmayan skolyozlarda, omurga normaldir, omurgada rotasyon ve gövde asimetrisi yoktur. Postüral skolyoz, genellikle 10 yaşından sonra ve daima solda görülür. Postüral skolyozda; kişi aktif kas gücü ile hafif derecedeki eğriliğini düzeltebilir. Histerik skolyoz nadir görülür ve psikiyatrik tedavi sonrasında sıklıkla düzelir. Bacak boyu eşitsizliği ve kalça eklemi etrafında görülen kontraktürlerin neden olduğu pelvik çarpıklığa bağlı skolyozu olan hastalarda, erken yaşta bu sorunlar giderildiğinde skolyoz da düzelir. Sinir kökleri irritasyonuna sekonder skolyozlar, disk hernisine bağlı sinir kökü sıkışması sonucunda meydana gelir.^{12,30}

Yapısal skolyozlarda, vertebranın lateral eğriliği ve rotasyon birlikte görülür. Zamanla vertebral kolon ve çevre dokularda patolojik değişiklikler gelişir. Yapısal skolyozlar idiopatik, nöromuskuler, konjenital, nörofibromatozis, mezenşimal hastalıklar, travmatik, metabolik, tümöral nedenler gibi alt gruplara ayrılırlar.^{12,30}

<p>1. YAPISAL SKOLYOZ</p> <p>I. İDİOPATİK SKOLYOZ</p> <p>A) İnfantil (0-3 yaş)</p> <p>-Kendiliğinden gerileyen</p> <p>-Progresif</p> <p>B) Jüvenil (3-10 yaş)</p> <p>C) Adolesan (> 10 yaş)</p> <p>II. NÖROMUSKÜLER SKOLYOZ</p> <p>A) Nöropatik</p> <p>1. Üst Motor Nöron</p> <p>a) Serebral palsi</p> <p>b) Spinoserebellar Dejenerasyon</p> <p>c) Siringomiyeli</p> <p>d) Spinal kord tümörü</p> <p>e) Spinal kord travması</p> <p>f) Diğer</p> <p>2. Alt Motor Nöron</p> <p>a) Poliomyelit</p> <p>b) Diğer viral myelitler</p> <p>c) Travmatik</p> <p>d) Spinal kaslar atrofi</p> <p>e) Myelomeningosel (Paralitik)</p> <p>3. Disotonomi (Riley-Day Sendromu)</p> <p>4. Diğer</p> <p>B) Myopatik</p> <p>1. MCC (Artrogripozis)</p> <p>2. Müsküler distrofi</p> <p>a) Duchenne (Psödohipertrofik)</p> <p>b) Limb-girdle</p> <p>c) Facioscapulohumeral</p> <p>3. Fiber tip disproportion</p> <p>4. Konjenital hipotoni</p> <p>5. Myotonia distrofi</p> <p>6. Diğer</p> <p>III. KONJENİTAL SKOLYOZ</p> <p>A) Formasyonda Yetersizlik</p> <p>1. Kama vertebra</p> <p>2. Hemivertebra</p> <p>B) Segmentasyon Yetersizliği</p> <p>1. Tek taraflı (Unsegmented Bar)</p> <p>2. İki taraflı (Sinostoz)</p> <p>C) Karışık (Segmentasyon + Formasyon Yetersizliği)</p> <p>IV. NÖROFİBROMATOZİS</p> <p>V. MEZENŞİMAL HASTALIKLAR</p> <p>A) Marfan Sendromu</p> <p>B) Ehler-Danlos Sendromu</p> <p>C) Diğer</p>	<p>VI. ROMATOİD HASTALIKLAR</p> <p>VII. TRAVMATİK</p> <p>A) Kırık</p> <p>B) Cerrahi</p> <p>1. Laminektomi sonrası</p> <p>2. Torakoplasti sonrası</p> <p>C) Radyasyona bağlı</p> <p>VIII. EKSTRA SPİNAL KONTRAKTÜRLER</p> <p>A) Ampiyem sonrası</p> <p>B) Yanık sonrası</p> <p>IX. OSTEOKONDRODİSTROFİ</p> <p>A) Diastrofik cücelik</p> <p>B) Mukopolisakkaridozis (örn. Morquio Send.)</p> <p>C) Spondiloepifiziel Displazi</p> <p>D) Multipl Epifiziel Displazi</p> <p>E) Diğer</p> <p>X. KEMİK ENFEKSİYONU (Akut veya Kronik)</p> <p>XI. METABOLİK HASTALIKLAR</p> <p>A) Raşitizm</p> <p>B) Osteogenezis İmperfekta</p> <p>C) Homosistinüri</p> <p>D) Diğer</p> <p>XII. LUMBOSAKRAL EKLEMLE İLGİLİ</p> <p>A) Spondilolizis ve Spondilolistezis</p> <p>B) Lumbosakral bölgede konjenital anomali</p> <p>XIII. TÜMÖRLER</p> <p>A) Vertebral kolon</p> <p>1. Osteoid Osteoma</p> <p>2. Histiositozis-X</p> <p>3. Diğer</p> <p>B) Spinal Kord Tümörleri</p> <p>2. YAPISAL OLMAYAN SKOLYOZ</p> <p>I. Postural Skolyoz</p> <p>II. Histerik Skolyoz</p> <p>III. Sinir Kökleri irritasyonu</p> <p>A) Disk hernisi</p> <p>B) Tümörler</p> <p>IV. İnflamatuvar (örn. apandisit)</p> <p>V. Alt ekstremitte eşitsizliğine bağlı</p> <p>VI. Kalça eklemi kontraktürlerine bağlı</p>
--	--

Çizelge 1. Skolyozun etiyolojik sınıflaması.^{44,46,47}

2.4.2. İdiyopatik skolyoz

İdiyopatik skolyoz yapısal nedenli skolyozların yaklaşık %80'ini oluşturmakta olup deformitenin nedeni bilinmemektedir.⁴⁵ İdiyopatik skolyozun tanısı, iyi bir fizik muayene ile nörolojik nedenler ve diğer belirtilerin (örneğin, nörofibromatoziste cilt lekeleri gibi) tespit edilmemesi; radyolojik muayene ile de doğumsal anomalilerin ekarte edilmesi ile konulabilir.^{12,30,48} İdiyopatik skolyoz büyüme çağında herhangi bir yaşta ortaya çıkabilir. Ortaya çıkışı bakımından üç zaman diliminde zirve yapar. Yaşamın ilk senesi, 5- 6 yaşları arası ve 11 yaşından iskelet gelişiminin tamamlanmasına kadar geçen süreç en sık karşılaşılan zaman dilimleridir.^{12,48}

Bu şekilde idiyopatik skolyoz, deformitenin başladığı yaşa göre üç gruba ayrılır:^{12,48}

1. İnfantil idiyopatik skolyoz: 3 yaşın altındaki deformitelerdir. Erkeklerde daha sık görülmekte beraber, genellikle sol torakal eğriliklerdir. Kompansatuvar eğrilikleri yoktur.
2. Jüvenil idiyopatik skolyoz: 3 ila 10 yaşları arasındaki deformitelerdir. Erkek ve kızlarda eşit oranda görülmektedir. Sıklıkla eğrilik sol torakal yönde olup ilerleyici özelliği ön plandadır.
3. Adolesan idiyopatik skolyoz: 10 yaş ile iskelet gelişiminin tamamlanmasına kadar ortaya çıkan deformitelerdir. Kızlarda daha sık görülür. Genellikle sağ torakal ve sol lomber eğrilik görülür.

Bu üç grup arasında en sık görülen adolesan idiyopatik skolyozdur.^{12,30}

2.4.3. Adolesan idiyopatik skolyoz

2.4.3.1. Epidemiyoloji

Skolyoz prevalansını saptamak için, tüberküloz taramalarında kullanılan akciğer radyografileri değerlendirilmiştir. Bu yöntem kullanıldığında, lomber omurganın görüntülenmemiş olması, radyografilerin yetersiz kalitede ve film boyutlarının küçük olması gibi dezavantajlar görülmüş, diğer bir yöntem olan okul taramalarında daha güvenilir sonuçlar elde edilmiştir. Bu taramalar sonucunda, idiyopatik skolyoz prevalansı, 10 dereceye kadar olan eğriliklerde %1,5-3,0; 20 dereceye kadar olan eğriliklerde %0,3-0,5; 30 dereceye kadar olan eğriliklerde ise %0,2-0,3 olarak bulunmuştur.^{12,30}

İdiyopatik skolyoz ve cinsiyet arasında kesin bir ilişki vardır. Bu ilişki özellikle eğriliğin derecesi arttıkça daha belirgin hale gelir. Rogala ve ark. yaptıkları çalışmada, kız/erkek oranı; eğriliği 6° ila 10° arasında olan hastalarda 1:1, 11° ila 20° arasında olan hastalarda 1.4:1, 21° üzerinde tedavi gerektirmeyen hastalarda 5.4:1 ve ortopedik müdahale gerektirecek hastalarda ise 7.2:1 olarak tespit edilmiştir. Bu klinik gözlemler sonucunda, kızlarda ilerlemenin daha çok görüldüğü kanıtlanmıştır.^{12,48,49}

2.4.3.2. Etiyoloji

Birçok araştırma yapılmasına rağmen, günümüzde idiyopatik skolyozun nedeni tam olarak bilinmemektedir. Bu konuya yönelik birçok çalışma yapılmış ve deformiteye yol açtığı düşünülen bir dizi faktör ortaya konmuştur. Bunlar içinde genetik faktörler, melatonin hormon eksikliği, bağ dokusu hastalıkları, iskelet kas anomalileri, trombosit anomalileri, nörolojik mekanizmalar, büyüme ve gelişme ile ilgili faktörler, biyomekanik faktörler gibi birçok neden sorumlu tutulmuştur. Son yıllarda yapılan çalışmalarda genetik faktörler daha ön plana çıkmıştır.^{12,48,50}

2.4.3.2.1. Nöral ve nörohormonal fonksiyon bozukluğu:

Vestibüler, oküler ve propriyoseptif sistem bozuklukları dengenin bozulmasına neden olur. Skolyoz hastalarında kontrol grubuna kıyasla vibrasyon uyarısına karşı cevabın önemli ölçüde azaldığı, sağ ile sol taraf arasında asimetrinin bulunduğu gösterilmiştir.^{12,51} İdiyopatik skolyoz için diğer bir nörolojik teori de melatoninin normal omurga gelişimindeki düzenleyici rolüdür. Pineal bez tarafından salgılanan bu nörohormon günlük

ritmi kontrol eder. Yapılan deneylerde pineal bezi çıkartılmış tavuklarda skolyoz geliştiği gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak, melatonin yetmezliğinin proprioseptif sistemin normal simetrik büyümesini engelleyerek paraspinal kaslarla omurgayı etkilediği düşünülmüştür. Kontrol grubu ile kıyaslandığında, idiyopatik skolyoz hastalarında melatonin düzeyi düşük bulunmuştur.^{12,48,50,52,53}

2.4.3.2.2. Bağ dokusu anomalileri:

Skolyotik hastaların ligamentum flavum lifleri histolojik olarak incelendiğinde, fibroelastik sistemde, lif yoğunluğunun azaldığı ve düzensiz dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bulgular eşliğinde elastik fibröz sistemin (özellikle fibrillin) idiyopatik skolyoz patogenezinde rolü olduğu düşünülmektedir.^{12,48,50,52,53}

2.4.3.2.3. İskelet kası ve trombosit anomalileri:

Bir çok araştırmacı tarafından skolyoz etyolojisinde, iskelet kaslarında yapısal anormalliklerin rol oynadığı bildirilmiştir. Paravertebral kaslarda; konveks tarafta Tip I kas liflerinde artış olduğu, konkav tarafta Tip II kas liflerinde azalma olduğu gösterilmiştir. Eğriliğin konveks tarafında elektromiyografik aktivite artışı tespit edilmiştir.^{50,53}

İdiyopatik skolyozlu hastaların trombositlerinde, yapısal ve fonksiyonel bozukluğa yol açan, çok sayıda histolojik ve biyokimyasal patolojik değişiklik bildirilmiştir. Hücre membranındaki bozukluk, hücre içi kalsiyum ve fosfor düzeylerinin artmasına, kontraktıl yapıların ve trombosit agregasyonunun azalmasına neden olur. Ayrıca ilerleme gösteren skolyozlu adölesanlarda, trombosit kalmodulin miktarı önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Kalmodulin ve melatoninin hücresel düzeyde etkileşiminin, hücre fizyolojisinin regülasyonu ve senkronizasyonu için major mekanizma olduğu ileri sürülmüştür. Skolyozlu hastalarda melatonin azalması ve kalmodulin artışı olduğu klinik çalışmalarla gösterilmiştir.^{12,48,50,53}

2.4.3.2.4. Genetik faktörler:

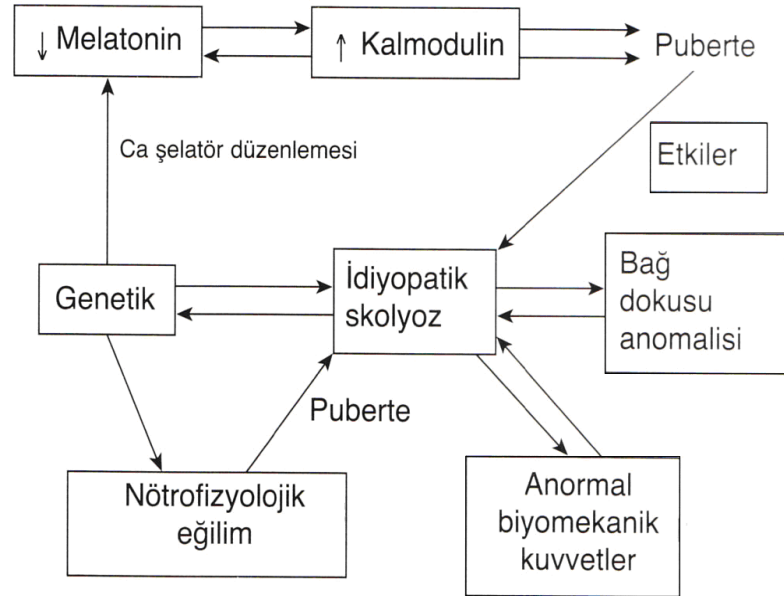
İdiyopatik skolyozlu hastaların, aile bireyleri ve akrabaları arasında skolyoz görülme sıklığı normal popülasyondan çok daha yüksek bulunmuştur. Skolyoz hastası olan ikizler üzerinde yapılan çalışmalarda kuvvetli genetik eğilim olduğu gösterilmiştir. Monozigot ikizlerde %73, dizigot ikizlerde %36 eş zamanlı skolyoz görülme oranları tespit

edilmiştir.^{12,50,53,54} İdiyopatik skolyoz oluşumu hakkında genetik faktörler ve kalıtımın rolü yaygın olarak kabul görmektedir. Fakat genetik geçiş şekli halen açıklığa kavuşmamıştır. Günümüzde, idiopatik skolyoz etiyojisinde, bir çok genin ve bu genler arasındaki karmaşık ilişkilerin rol oynadığı düşünülmektedir.^{12,48,50,53}

2.4.3.2.5. Biyomekanik faktörler:

Spinal kaslarda, asimetric kas güçsüzlüğü nedeniyle; omurgaya binen asimetric yük dağılımının, vertebral kollaps ve skolyozu neden olduğu ileri sürülmüştür.⁵⁰

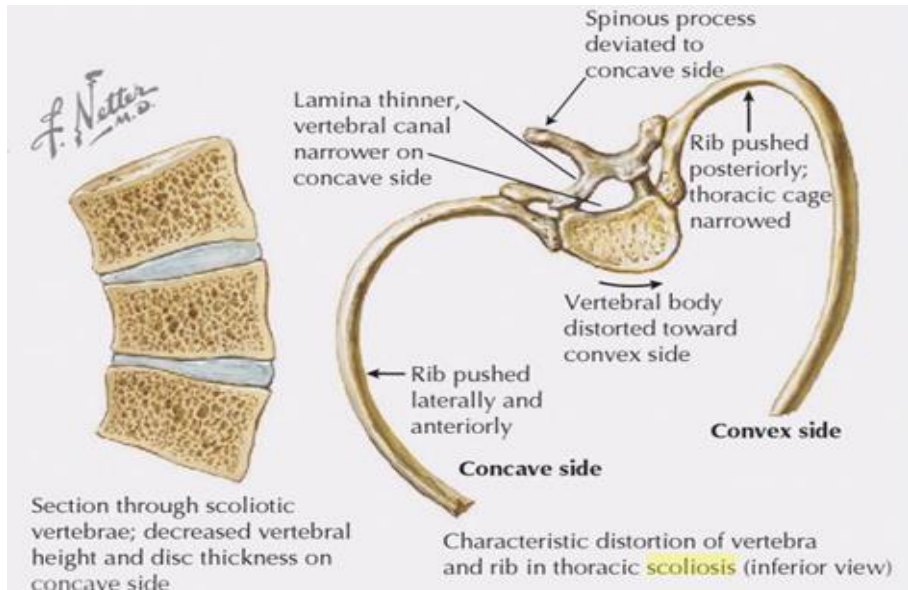
Sonuç olarak, uzun yıllardan beri süregelen araştırmalar neticesinde, idiopatik skolyozların tek bir nedene bağlı olmadığı, etiopatogenezinde birbirleri ile etkileşen bir çok faktörün rol oynadığı kabul edilmektedir (Çizim 19).^{48,50,53}



Çizim 19. İdiyopatik skolyoz etiyojisinde rol oynayan etkenler.^{48,53}

2.4.3.3. Patofizyoloji

İdiyopatik skolyozun derecesine göre yapısal değişikliklerin boyutu da artmaktadır. Bu değişiklikler eğriliğin apeksinde en fazla olup, kranial ve kaudale doğru azalır. Yapısal skolyozda, vertebra korpusununun rotasyonu, eğriliğin konveks tarafına doğrudur. Dolayısı ile vertebraların spinöz çıkıntıları da eğriliğin konkav tarafına doğru döner (Çizim 20).^{12,30} Büyüyen omurgada kompresyon ve distraksiyon kuvvetleri etkisi, konveks tarafta yükseklikte artış, konkav tarafta ise yükseklikte azalma şeklinde kama vertebra oluşumuna neden olabilir (Çizim 20).^{12,30} Frontal ve aksiyel düzlemdeki değişikliklerin yanında, omurganın skolyotik olan kısmı sagittal düzlemde lordotiktir. Bu üç boyutlu deformite omurganın torsiyonu olarak ifade edilir. En büyük deformasyon apikal bölgede oluşmaktadır.¹² Laminalar, konveks tarafta daha geniş ve birbirlerinden 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 (Çizim 20).^{12,30} Basınç etkisi ile konkav tarafta intervertebral diskler daralır. Nükleus pulposus konveks tarafa göç etmiştir.¹² Torakal vertebralardaki rotasyondan dolayı konveks taraftaki kostalar sırta doğru yükselir ve konveks tarafta hörgüç (thoracal hump) manzarası oluşur (Çizim 20). Memelerde çoğu zaman asimetri görülür. Torakal kavitenin simetrisi de bozulmuştur. Torakal akciğer kapasitesi konveks tarafta azalır, konkav tarafta artar.^{12,48}



Çizim 20. Skolyozun patolojik anatomisi.⁵⁴

2.4.3.4. Klinik değerlendirme

Skolyozlu adölesanlar, genellikle sırtta eğrilik, yüksek omuz, kaburga kamburluğu, gövde asimetrisi, bir kalçanın yüksekte durması gibi deformiteye bağlı şikâyetler nedeni ile hekime başvururlar. Bazen de tesadüfen çekilen akciğer grafileri veya intravenöz piyelografi sonrasında eğrilik tespit edilir.^{12,30,48,55} Bu şekilde hekime başvuran hastaların hikâyesi detaylı bir şekilde sorgulanmalı, ayrıntılı fizik muayene ve gerekli radyolojik incelemeler ile deformitenin nedeni ve uygulanacak tedavi planı belirlenmelidir.

2.4.3.4.1. Hikâye

Hastanın yaşı ve cinsiyeti kaydedilir, deformitenin fark edildiği yaş ve nasıl fark edildiği sorgulanır. Deformite, ağrı, nörolojik semptomlar, kardiyopulmoner problemler ve fonksiyonel komplikasyonların varlığı araştırılır.^{12,48,55}

Adölesan idiyopatik skolyozlu hastalarda ağrı çok sık görülmez. Ancak çok ileri lomber idiyopatik skolyozlu hastalarda kas güçsüzlüğü ve kas yorgunluğuna bağlı ağrı gelişebilir. Ağrının ön planda olması durumunda spondilolizis, spondilolistezis, Scheurmann hastalığı, kemik veya spinal kord tümörleri öncelikle akla gelmelidir.^{12,48}

Skolyozlu hastalarda respiratuar semptomlar sıklıkla görülmez. Yapılan çalışmalara göre kardiyopulmoner yetmezliğin görülebilmesi için; eğriliğin büyüklüğü 100° ve üzerine çıkmış, vital kapasite %45'in altına inmiş ve göğüs ön-arka çapı ileri derecede daralmış olmalıdır.^{12,30,48,55}

Nörolojik defisitler nadiren görülür. Herhangi bir nörolojik defisit saptanırsa ya da sol torakal eğrilik varsa ileri radyolojik tetkiklerle nöral yapılar değerlendirilmelidir.¹²

Matüritenin saptanabilmesi için ilk adet tarihi, pubik ve aksiller kıllanma sorgulanır. Kızlarda pubik kıllanma ve meme gelişimi, hızlı büyümenin başlangıcından hemen önce görülür. Aksiller kıllanma her iki cinste de büyüme hızının azaldığını, menarş ise hızlı büyüme döneminin yavaşladığını göstermektedir.^{12,55}

2.4.3.4.2. Fizik muayene

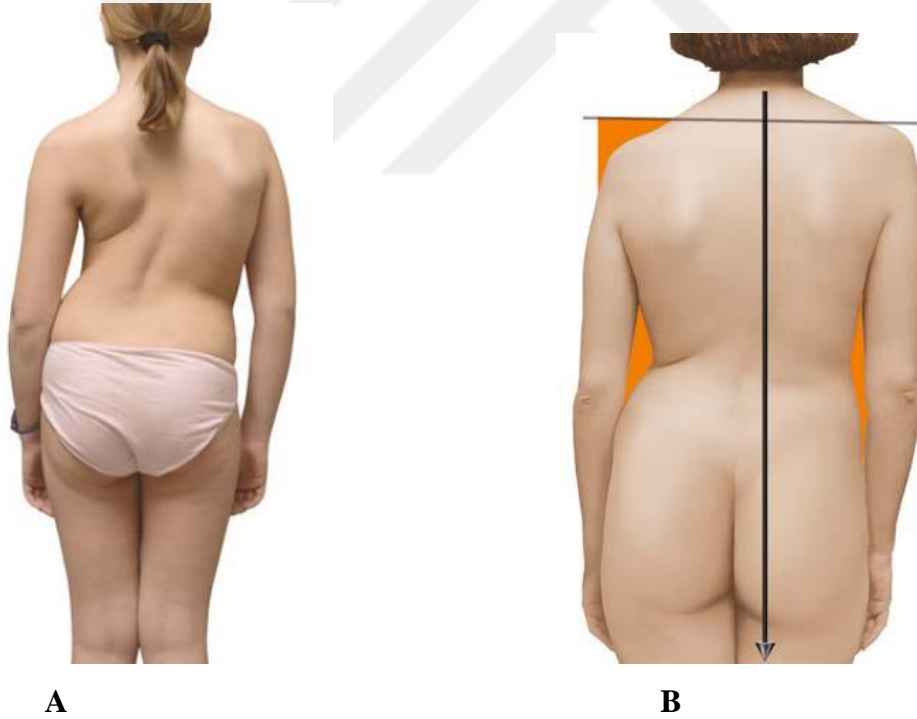
Adölesan idiyopatik skolyozlu hastanın muayenesi, hastanın bütün sırtı, omuzları ve her iki iliak kanatları görülecek şekilde, tercihen çıplak yapılmalıdır.¹² İncelemede hastanın genel durumu, postürü incelenir. Ciltte görülen "café au lait" lekeleri ve subkutan nodüller nörofibromatozisi akla getirmelidir. Ekstremitelerde eşitsizlik, ekstremitelerden

oranında dengesizlik ve cücelik, konnektif doku hastalıklarını akla getirmelidir. Kızlarda konveks taraftaki meme genelde daha küçük ve yukarıda, konkav tarafta ise daha büyük ve aşağıdadır.^{12,48,55}

İnspeksiyon sonrası hastanın oturarak ve ayakta boyu ölçülmelidir. Eğriliğin yönü ve lokalizasyonu belirlenir. Daha sonra hastanın sagittal konturünü değerlendirmek için yan plandan inceleme yapılır.⁴⁸

Omuzların seviyesi, skapulaların pozisyonu, baş boyun ve omuzların pelvise göre dengesi değerlendirilir. Omuzlara arkadan bakılarak akromioklaviküler eklemler arasındaki seviye farkı ölçülür. Eğriliğin konveks tarafında omuz daha yukarıdadır (Çizim 21 A).^{12,56}

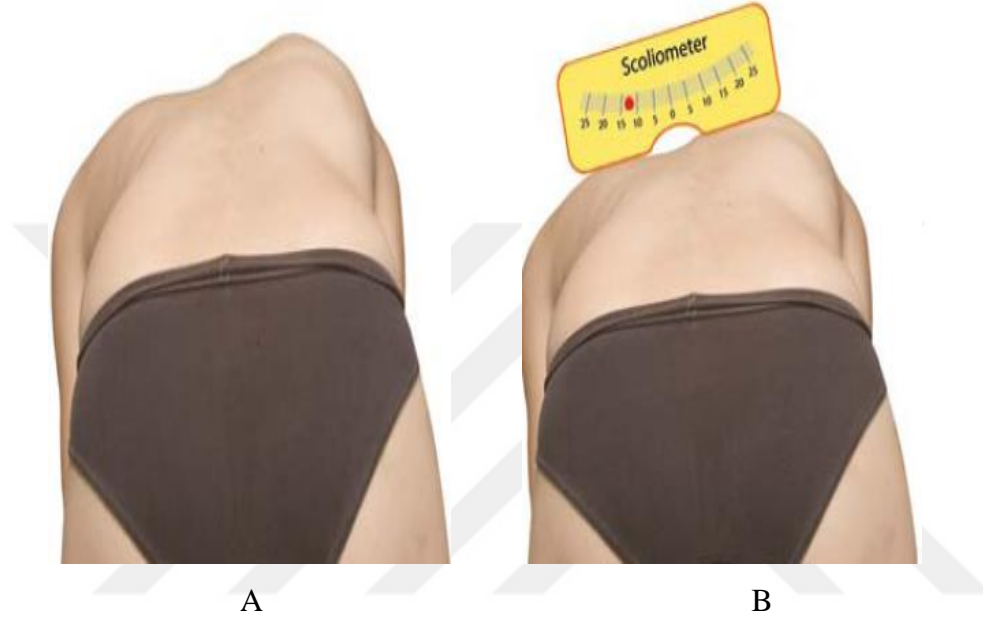
Omurgada dengenin değerlendirilebilmesi için başın pelvis üzerindeki konumu incelenir. Kafatası tabanından ya da C7 spinöz çıkıntısından aşağıya bir şakül sarkıtılır. Şakül gluteal sulkustan geçiyorsa bu dengeli bir skolyozdur. Eğer gluteal aralığın 1 ile 2 cm lateralinden geçiyor ise dekompanse bir eğriliktir ve şakülün gluteal aralığa olan uzaklığı santimetre cinsinden kaydedilir (Çizim 21 B).^{12,30,56}



Çizim 21. A- Omuz asimetrisinin arkadan değerlendirilmesi.⁵⁷ B- Omurgada Şakül yardımı ile dengenin klinik tespiti.⁵⁷

Vertebranın rotasyon derecesi ve eğriliğin yönünü değerlendiren en iyi test Adams öne eğilme testidir. Muayene eden hekim, hastayı arkadan omurga horizontal olana kadar

gözlemler. Hastanın dizleri bükülmemiş, ayakları birleşik, kollar aşağı doğru sarkıtılmış ve avuçlar karşılıklı olmalıdır. Omurganın rotasyonu torakal bölgede kostal gibozite, lomber bölgede ise paraspinal dolgunluk olarak gözlenir. Saptanan rotasyonel asimetri skolyometre ile ölçülebilir. Ayrıca kostal yükseklik (rib hump) de yere paralel konulan cetvel yardımı ile en çıkıntılı mesafenin ölçülmesi ile bulunabilir (Çizim 22 A/B).^{12,57}



Çizim 22. A-Adams öne eğilme testi.⁵⁷ B-Skolyometre ile rotasyonun klinik ölçülmesi.⁵⁷

Öne eğilme testi ile lordozun fleksibilitesi de değerlendirilir. Kifozun değerlendirilebilmesi için, prone pozisyonunda hiperekstansiyon testi yapılmalıdır.^{12,48}

Omurganın hareket aralığı ölçülür. Eğriliğin fleksibilitesinin belirlenmesi için hasta konkav ve konveks tarafa doğru lateral fleksiyona getirilir ve düzelme olup olmasına bakılır. Mastoid çıkıntılardan tutularak traksiyon uygulamasıyla da fleksibilite incelenebilir.¹²

İdiyopatik skolyoz tanısı koyabilmek için nörolojik nedenlerin ekarte edilmesi önemlidir. Bu amaçla detaylı nörolojik muayene yapılmalıdır. Abdominal refleks kaybı ya da asimetrisi varsa siringomyeli açısından ileri tetkikler düşünülmelidir.¹²

2.4.3.5. Radyolojik değerlendirme

Omurganın radyolojik incelemesi, 90×35 cm (36×14 inch) 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 grafide, eğrilik paterni, skolyozun tipi, eğriliğin lokalizasyonu, eğriliğin büyüklüğü, omurga ve gövdenin dengesi, iskelet matüritesi ve alt ekstremiteler uzunluk farkı değerlendirilebilir. Yan radyografi ile torakal ve lomber omurganın sagittal kontüründeki torakal hipokifozun tespiti, spondilolizis ve spondilolistezisin görüntülenmesi sağlanabilir.^{12,48} Sık radyolojik incelemeye maruz kalan skolyozlu hastalarda meme ve tiroid kanseri riskinin hafif artmış olduğu gösterilmiştir.^{12,58} Koronal plan değerlendirmesinde arka-ön grafi, ön-arka grafinin yerini almıştır, çünkü bunda tiroid ve meme dokusu belirgin olarak daha az radyasyona maruz kalmaktadır.^{12,58} Ön-arka projeksiyonuna göre, arka-ön projeksiyonunda kemik detayların görüntülenme kalitesi daha düşük olmasına rağmen, aradaki fark radyasyon alımı ile karşılaştırıldığında göz ardı edilebilir düzeydedir.^{12,58}

Radyolojik değerlendirme sırasında hastalar mümkün olabildiğince dik durmalı, dizleri düz ve ayakları bitişik olmalıdır. Alt ekstremitelerde uzunluk farkı varsa, kısa ekstremitelerde ayakaltına uygun yükseltme konulmalıdır. Hasta ayakta duramıyorsa, desteksiz oturma pozisyonunda grafi çekilebilir. Yeterli sefalik görüntü alınabilmesi için kasetin üst ucu, kulağın eksternal meatusunu geçmelidir.

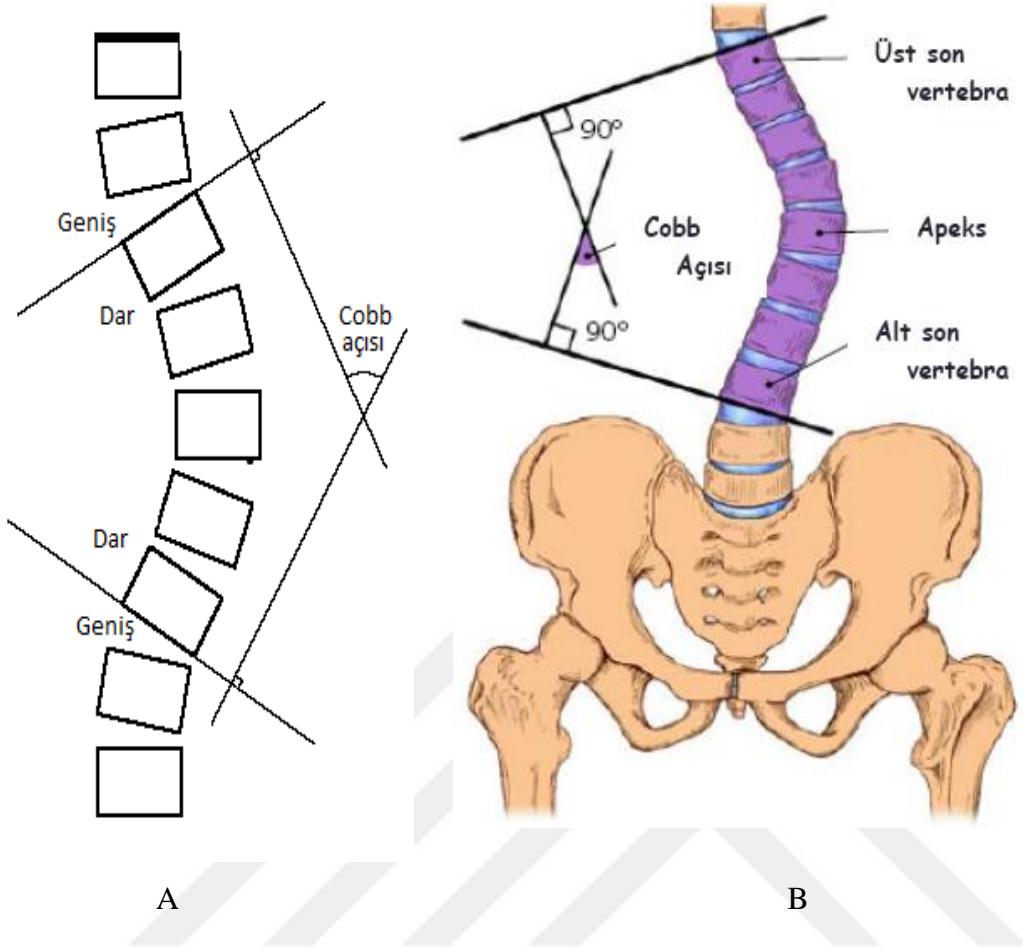
Ayakta yan grafi çekiminde, kolların omurga ile süperpozisyonunu önlemek için, hastanın omuzları 90° fleksiyonda iken dirsekler tam fleksiyona alınır ve yumruk yapılan eller klavikula üzerinde tutulur. Ancak bu pozisyonda sagittal vertebral aks posteriora yer değiştirmiş olduğundan, sagittal plan dengesi için yanıtıcı olabilir (Çizim 28).^{12,48,56,59} Standart lateral grafide sagittal vertebral aksın posteriora kaymasını azaltmak için lateral grafi pozisyonu modifiye edilmiştir (Resim 6).⁵⁹



Çizim 23. Standart ve modifiye lateral radyografilerin çekiminde kolların pozisyonu.

2.4.3.5.1. Eğrilik derecesinin ölçümü

Eğriliğin derecesinin belirlenmesinde Cobb metodu standart ölçüm yöntemi olarak kabul edilir. Ölçüm eğriliğin üst ve alt son (end) vertebraların tespiti ile başlar. Sefalik end vertebranın üst, kaudal end vertebranın alt yüzeyleri, eğrilikte en fazla eğime sahiptirler. Eğriliğin konkav kısmında intervertebral aralık, sefalik end vertebranın üstünde geniş, altında ise dardır. Kaudal end vertebrada ise bunun tersi geçerlidir. End vertebralar tespit edildikten sonra, sefalik end vertebranın üst end plağına ve kaudal end vertebranın alt end plağına dik hatlar çizilir. Bu çizgilerin arasında oluşan açı Cobb açısıdır. Bu açı çoğu zaman radyografi dışında kaldığından, pratikte yukarıdaki çizgilerden uzatılan dikmeler arasındaki açı kullanılır (Çizim 24 A -B). Eğriliğin altında ya da üstündeki ikincil ya da kompensatuvar eğriliklerde alt veya üst paralel çizgi aynen kullanılarak yeniden ölçüm yapılmalıdır.⁶⁰



Çizim 24. A-B. Cobb açısının ölçümü.⁶¹

Skolyotik bir eğriliğin fleksibilitesi, konveksite yönüne doğru aktif yana eğilme grafileleri ile değerlendirilir. Bu grafilelerde ölçümler için, ayakta ön-arka radyografide belirlenen end vertebra seviyeleri ve Cobb yöntemi kullanılır. Nötral grafide ölçülen açı ile eğilme grafisinde ölçülen açının farkı korreksiyon derecesini vermektedir. Bu fark nötraldeki değer yarısından fazla ise, bu eğrilik fleksibil olarak değerlendirilir. Eğilme grafisinde düzelme yoksa, yapısal bir eğriliktir (Çizim 25).^{12,30,48,55,62}



Çizim 25. Sağa ve sola yana eğilme grafileri.⁵⁶

2.4.3.5.2. Manyetik rezonans görüntüleme

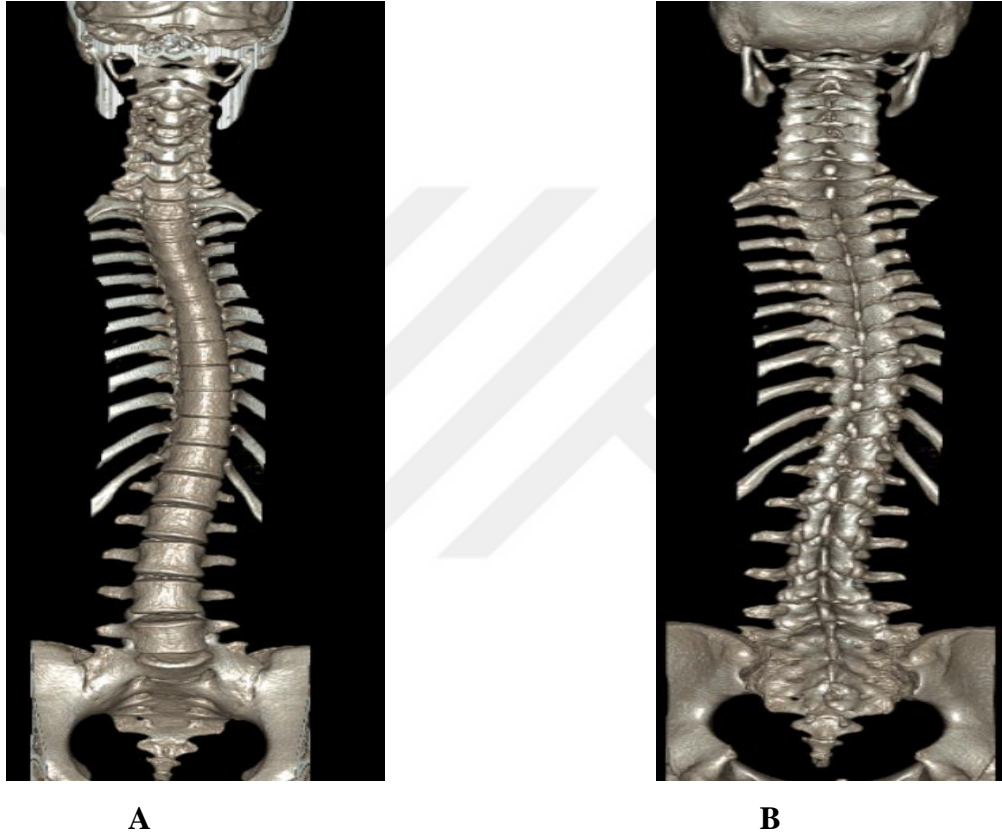
Spinal kanal anomalilerinin net olarak anatomik görüntülenmesinde üstün bir yöntemdir. Adölesan dönemde nörolojik defisit olmaksızın asemptomatik, sağ torakal eğrilik paternlerinden birine sahip kız çocuğu tipik bir hasta olarak kabul edilir. Bu hasta grubunda manyetik rezonans görüntüleme rutin kullanılmaz.^{12,48}

Skolyozlu hastada manyetik rezonans görüntüleme endikasyonları şunlardır:

- Boyun ve baş ağrısı ile birlikte olan (özellikle eforla) ataksi, güçsüzlük, ilerleyici ayak deformitesi gibi nörolojik problemlerin varlığı
- Beklenmedik bir şekilde hızlı ilerleme gösteren eğrilikler
- Cerrahi gerektiren sol torakal eğrilikler
- Asimetrik abdominal reflekslerin varlığı.^{12,55}

2.4.3.5.3. Bilgisayarlı tomografi

Spinal doğumsal anomaliler, bilgisayarlı tomografi yardımı ile net olarak görüldüğüde, idiyoatik skolyozun tanısında rutin bir tetkik değildir. Psödoartroz şüphesi varsa kemik füzyonunun belirlenmesinde (özellikle üç boyutlu rekonstrüksiyon) yararlı bir yöntemdir. BT ile pedikül vidalarının konumu ve omurganın rotasyonu belirlenebilir (Çizim 26).^{12,48,63,64}

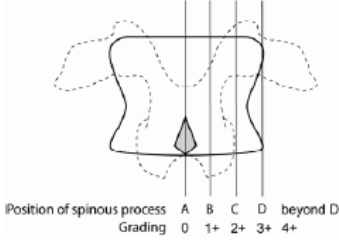
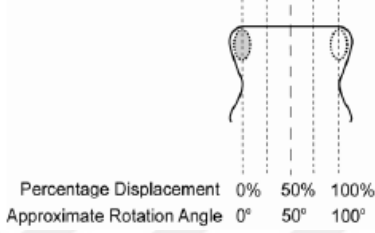
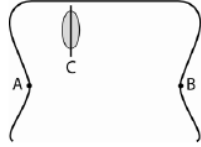
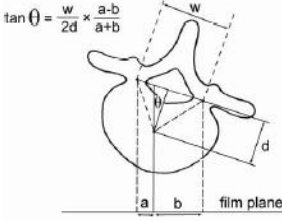
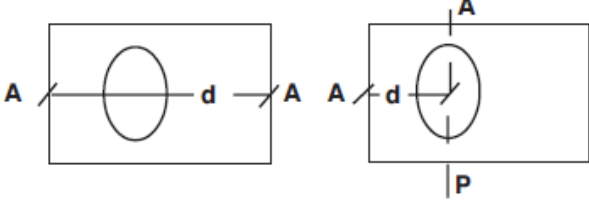


Çizim 26. Skolyozun üç boyutlu tomografik görünümü. A-Ön plan B-Arka plan.

2.4.3.5.4. Vertebral rotasyon ölçüm teknikleri

2.4.3.5.4.1. Radyografik ölçümler:

Direkt ön-arka radyografide vertebral rotasyonun belirlenmesinde Cobb, Perdriolle, Nash ve Moe, Stokes, Raimondi, Dre-rup metodları en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Cobb metodu, spinöz çıkıntı pozisyonuna göre aksiyel rotasyon analizi yaparken; Perdriolle, Nash ve Moe, Stokes, Raimondi, Dre-rup metodları pedikül gölgesinin pozisyonuna göre rotasyon ölçümü yapar (Çizim 27).^{65,66}

Cobb	 <p>Position of spinous process A B C D beyond D Grading 0 1+ 2+ 3+ 4+</p>
Nash-Moe	 <p>Percentage Displacement 0% 50% 100% Approximate Rotation Angle 0° 50° 100°</p>
Perdriolle	
Stokes	 <p>$\tan(\theta) = \frac{w}{2d} \times \frac{a-b}{a+b}$</p>
Raimondi	

Çizim 27. Drerup metodu dışında vertebral rotasyon ölçümünde sık kullanılan radyografik yöntemler.⁶⁷⁻⁶⁹

2.4.3.5.4.1.1. Drerup metodu ile vertebral rotasyon ölçüm tekniği

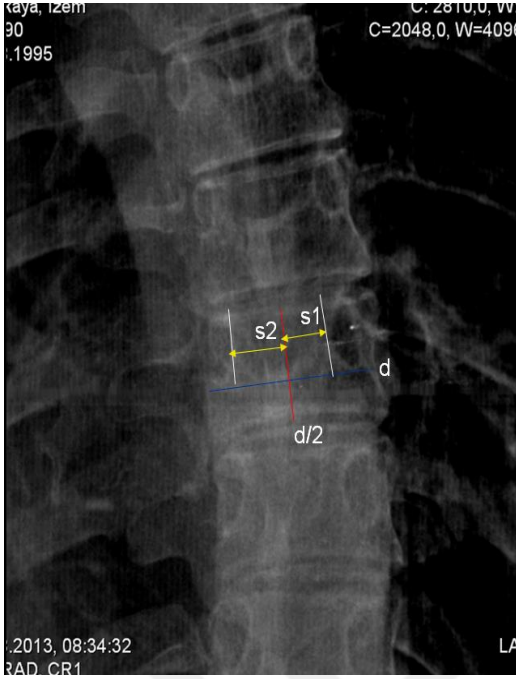
Drerup, Nash-Moe metodunu modifiye ederek vertebral rotasyon ölçümü yapan, trigonometrik formül yayınlamıştır (Çizim 28).^{70,71}



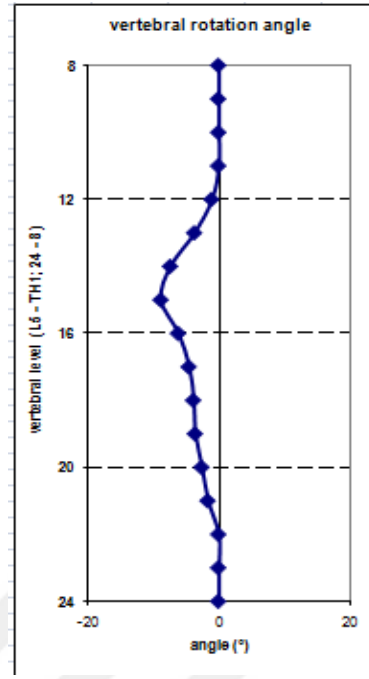
Çizim 28. Drerup tarafından geliştirilen formül.^{70,71} r: pedikülün iç kenarının vertebra gövdesi orta noktasına olan uzaklığı, d: Vertebra gövdesinin genişliği, w: vertebral foramenin genişliği, h: vertebra gövdesi orta noktasının, vertebral foramen orta noktasına uzaklığı.

Drerup metodunda; AP grafide, vertebranın genişliği (d) ve vertebranın orta noktası (d/2) ölçülerek işaretlenir. Daha sonra konkav taraftaki pedikülün iç kenarının d/2 noktasına olan mesafesi ölçülür ve S2 olarak kaydedilir. Konveks taraftaki pedikülün iç kenarının d/2 noktasına olan mesafesi ölçülür ve S1 olarak kaydedilir (Çizim 29-A).

Drerup tarafından geliştirilen trigonometrik formül Microsoft Office Excel 2007 programına yüklendikten sonra, T1-L5 arası tüm vertebraların d, S2 (negatif) ve S1 (pozitif) değerleri programa yüklenir. Posterosüperiordan bakıldığında vertebranın ön kısmının hastanın sağına doğru, saat yönünde rotasyonu negatif değer alır. Hastanın soluna doğru, saat yönünün tersine rotasyonu pozitif değer alır. Bu pozitif ve negatif değerler kullanılarak rotasyonel analiz grafisi elde edilir (Çizim 29-B ve 30).



A



B

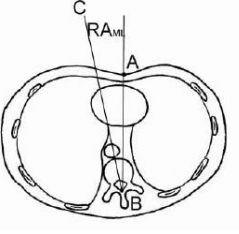
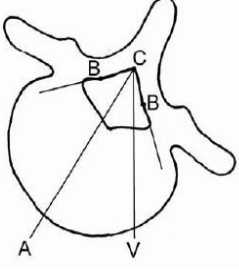
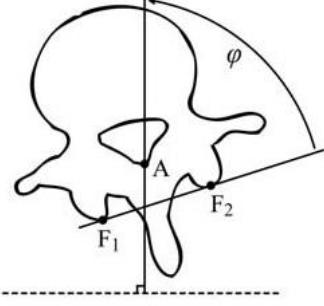
Çizim 29. A. Drerup metoduyla vertebral rotasyon ölçümü. d: Vertebranın genişliği, s1: Konveks taraftaki pedikülün iç kenarının d/2 noktasına olan mesafesi, s2: Konkav taraftaki pedikülün iç kenarının d/2 noktasına olan mesafesi, B-Aksiyel analiz grafisi.

s1	s2	d	kappa	r/d	rho-30-1 = arcsin (s1/d)/(r/d)- kappa	rho-30-2 = arcsin (s2/d)/(r/d)+ kappa	rho-m	kappa-m	Kappa-i	rho1-i	rho-2-i	rho-opti	
5	-5	12	30	0,6	13,9829631	-13,9829631	-3,5527E-15	43,9829631	43,5983501	0,38461303	-0,38461303	0,0	Th1
4	-4	12	30	0,6	3,7489886	-3,7489886	0	33,7489886	42,370863	-8,62187442	8,62187442	0,0	Th2
4	-4	11	30	0,6	7,30520097	-7,30520097	3,5527E-15	37,305201	41,1433759	-3,83817496	3,83817496	0,0	Th3
5	-5	10	30	0,6	26,4426902	-26,4426902	-7,1054E-15	56,4426902	39,9158888	16,5268014	-16,5268014	0,0	Th4
4	-4	10	30	0,6	11,8103149	-11,8103149	0	41,8103149	38,6884018	3,12191314	-3,12191314	0,0	Th5
4	-4	10	30	0,6	11,8103149	-11,8103149	0	41,8103149	37,4609147	4,34940023	-4,34940023	0,0	Th6
4,5	-4,5	11	30	0,6	12,9858861	-12,9858861	0	42,9858861	36,2334276	6,7524585	-6,7524585	0,0	Th7
7,8	-8,4	29	30	0,6	-3,36688125	1,13427258	-1,11630433	27,7494231	35,0059405	-8,37282175	6,14021308	-1,1	Th8
6,7	-12	33	30	0,6	-10,2215607	-5,86366835	-8,04261451	27,8210538	33,7784534	-14,0000141	-2,08521494	-8,0	Th9
3,6	-12	36	30	0,6	-20,4059318	-2,16825842	-11,2870951	20,8811633	32,5509663	-22,9568981	0,38270791	-11,3	Th10
3,2	-14	34,4	30	0,6	-21,0809558	-13,4707753	-17,2758655	26,1949097	31,3234792	-22,404435	-12,147296	-17,3	Th11
5,8	-16	36,6	30	0,6	-14,6855338	-17,1512236	-15,9183787	31,2328449	30,0959922	-14,781526	-17,0552314	-15,9	Th12
5,9	-16	38	30	0,6	-15,0027947	-14,5679286	-14,7853617	29,782567	28,8685051	-13,8712998	-15,6994236	-14,8	L1
8,7	-15	40	30	0,6	-8,74619081	-7,46908943	-8,10764012	29,3614493	27,641018	-6,3872088	-9,82807145	-8,1	L2
10,3	-15	39	30	0,6	-3,8852117	-8,60381438	-6,24451304	32,3593013	26,4135309	-0,2987426	-12,1902835	-6,2	L3
13,3	-15	42,2	30	0,6	1,68685636	-5,21310994	-1,76312679	33,4499831	25,1860438	6,50081255	-10,0270661	-1,8	L4
7,5	-7,5	42	30	0,6	-12,6853464	12,6853464	0	17,3146536	23,9585567	-6,64390314	6,64390314	0,0	L5

Çizim 30. T1-L5 arası vertebraların ölçülen s1, s2 ve d değerlerinin Microsoft Office Excel 2007 programına yüklenmesi ve rotasyon analiz grafisinin elde edilmesi.

2.4.3.5.4.2. Bilgisayarlı tomografi ile vertebral rotasyonun belirlenmesi

BT, pahalı olmasına rağmen Nash-Moe metodu ile kıyaslandığında doğruluk oranı daha yüksektir (Çizim 31).^{48,55,63,64}

Aaro-Dahlborn	
Ho et al	
Göçen et al	

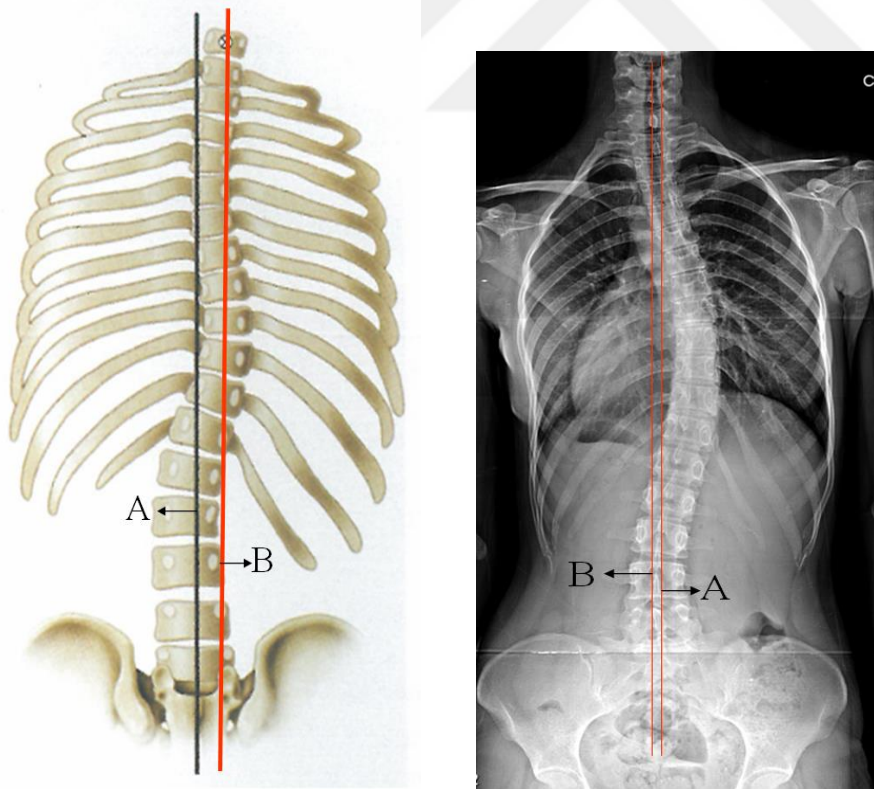
Çizim 31. Sık kullanılan Bilgisayarlı Tomografi ile vertebral rotasyon ölçüm teknikleri.⁶⁹

2.4.3.5.5. Frontal dengenin değerlendirilmesi

Frontal omurga dengesinin deęerlendirilirken koronal denge ve gövde dengesi birlikte değerlendirilmelidir.¹²

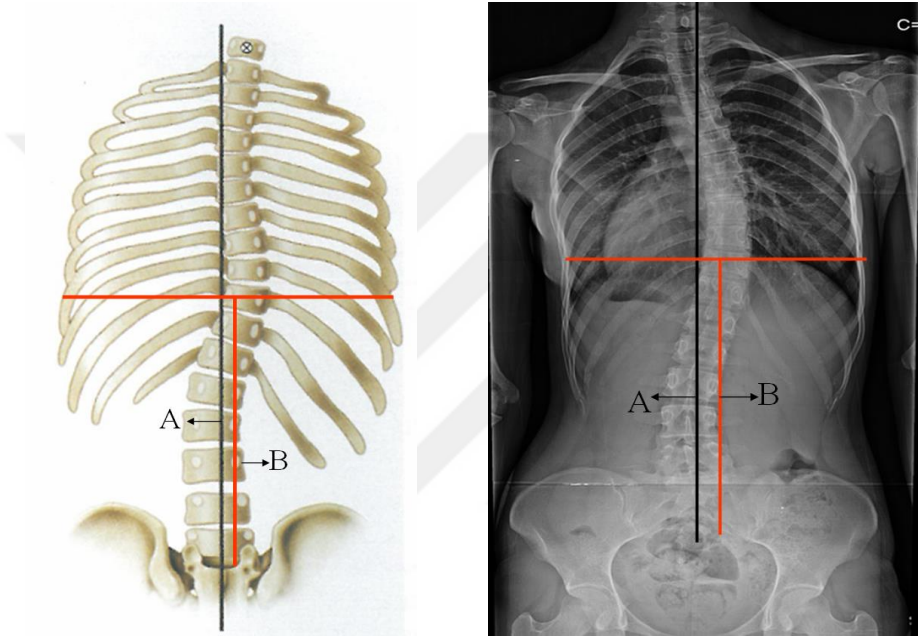
Koronal dengenin değerlendirilebilmesi için önce ön-arka radyografide Santral sakral dikey izgi (SSD) belirlenir. Santral sakral dikey çizgi, pelvisin normal horizontal pozisyonda görüldüğü radyografide, kristaların üst sınırına paralel çizilen yatay çizgiye, dik olarak çizilen ve sakrumun merkezinden geçen çizgidir (izim 32). Eğer pelvis yatay değil de oblik görülüyor ise, her iki kristanın üst hizasından radyografinin uzun eksenine dik çizilen çizgilerin ortasından ve bunlara paralel olarak geçen yatay çizgiye dik olarak çizilir (izim 32).^{12,48,56,62}

Koronal denge, 7. servikal vertebra cisminin orta noktasından vertikal olarak çizilen C7-plumb line ile Santral sakral dikey izgi (SSD) arasındaki mesafe ölçülerek değerlendirilir. Koronal planda, dengeli bir omurgada bu mesafe 10-20 milimetreyi geçmez (izim 32). Bu mesafe 2 cm'yi geçerse koronal dekompanzasyon olarak nitelendirilir.^{12,48,55,72}



Çizim 32. Koronal denge(A-B arası mesafe).¹² A: Santral sakral dikey izgi
B: C7-plumb line.

Gövde dengesi (trunkal balans), toraksın pelvis üzerindeki pozisyonuna bakılır. Gövde dengesini ölçmek için ön-arka grafide 1 yatay ve 2 dikey olmak üzere 3 çizgi çizilir. Yatay çizgi, apikal vertebra ile kostaların periferik kenarlarını birleştirir. Birinci vertikal çizgi, Santral sakral dikey çizgi (SSDÇ)'dir. İkinci vertikal çizgi, apikal vertebradan geçen yatay çizgiyi ikiye bölen çizgidir. Bu iki vertikal çizgi arasındaki mesafe, gövde dengesizliğini gösterir (Çizim 33).^{12,72}

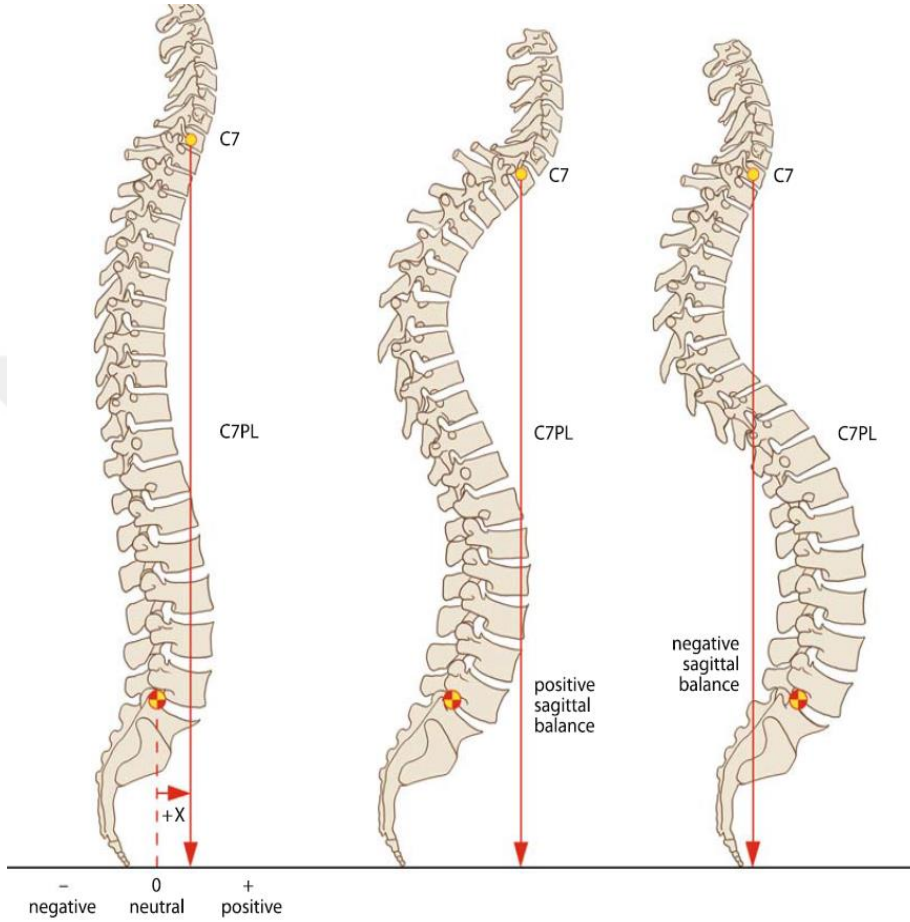


Çizim 33. Gövde dengesi(A-B arası mesafe).¹² A- Santral sakral dikey çizgi, B- Gövdenin orta hat çizgisi.

2.4.3.5.6. Sagittal dengenin değerlendirilmesi

Sagittal denge segmental, bölgesel ya da global olarak değerlendirilebilir. Segmental incelemede iki vertebra cismi ve aralarındaki disk ilişkisi değerlendirilir. Bölgesel sagittal denge torakal, lomber ve torakolomber bileşke bölgelerini içerir.^{48,62} Global sagittal denge, densten düşürülen düz bir çizgi (plumb line) tarafından belirlenir. Bu düz çizgi genellikle torakal omurganın anteriorundan, lomber omurganın posteriorundan ve S1'in posterior köşesinden geçer. Skolyozda kullanılan rutin yan radyografilerde dens görülmediği için düz çizgi C7 vertebra korpusunun orta noktasından kaudale çizilir. Bu düz çizgi sagittal

vertebral aks (SVA) olarak adlandırılır. Düz çizgi S1 cisminin anterior kenarına göre, 2 cm'den fazla anteriorda ise pozitif (+) SVA, 2 cm den fazla posteriorda ise negatif (-) SVA olarak değerlendirilir (Çizim 34).^{12,48,55,56,62,72}



Çizim 34. Sagittal vertikal aksın değerlendirilmesi.⁵⁷

Lomber bölgenin pelvis ile olan ilişkisi, Duval-Beaupere tarafından tanımlanan spinopelvik parametrelerle hesaplanır (Çizim 35).⁷³ Bu parametreler şunlardır;

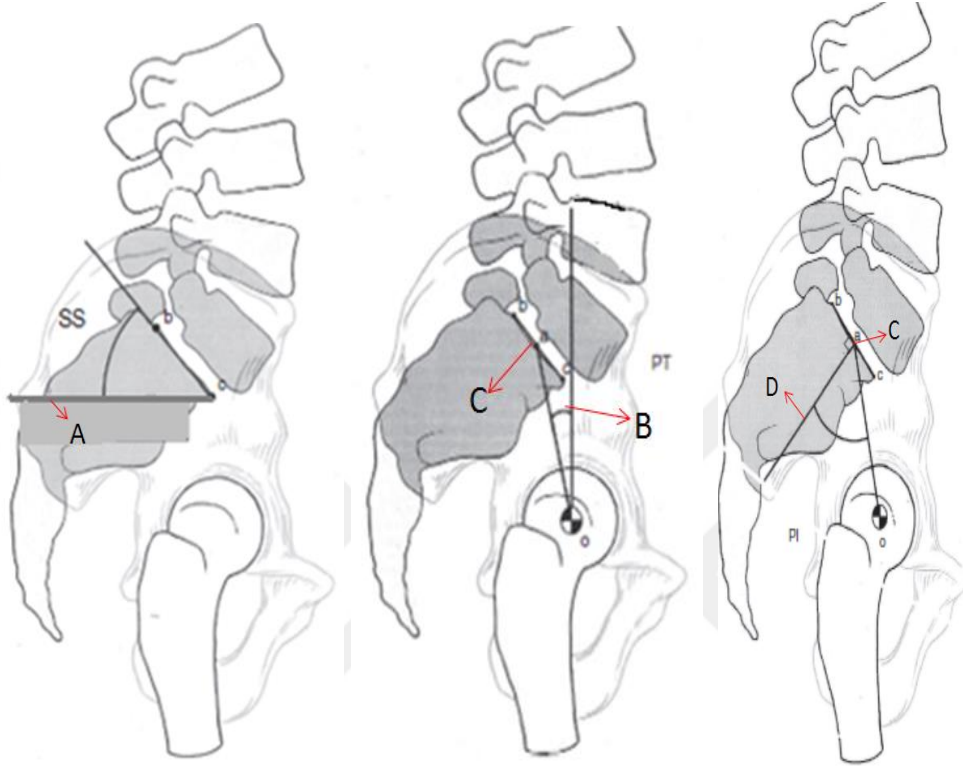
-Pelvik insidans: Sakral platonun orta noktasına inilen dik çizgi ile femur başı merkezinden bu noktaya çizilen çizgi arasındaki açıdır (Çizim 35).

-Pelvik tilt: Vertikal hat ile sakral plato orta noktası ve femur başı merkezini birleştiren çizgi arasındaki açıdır (Çizim 35).

-Sakral slope: Sakral platodan teğet geçen hat ile sakral platonun orta noktasından geçen horizontal hat arasındaki açıdır (Çizim 35).

Pelvik insidans=Pelvik tilt+Sakral slope.⁷³

Pelvis insidans 52,6 derece +/- 10,4 derece; pelvik tilt 13 derece +/- 6,8 derece ve sakral slope ise 39,6 derece +/- 7,9 derecedir. Sonuç olarak omurgada normal bir denge için pelvik tilt, pelvik insidansın yarısından küçük, sakral slope ise pelvik insidansın yarısından büyük olmalıdır.⁷³

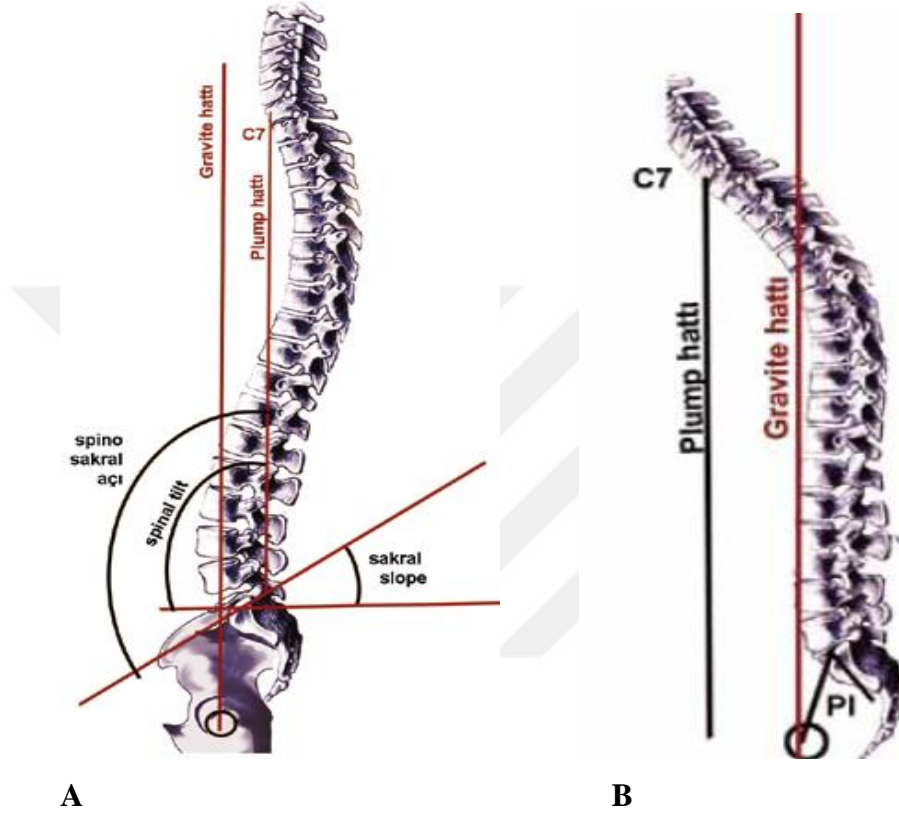


Çizim 35. Spinopelvik parametreler(Sakral slop(SS),Pelvik tilt(PT),Pelvik İnsidans(PI)). A- Horizontal referans çizgisi, B-Vertikal referans çizgisi, C- Sakral platonun orta noktası, D- Sakral platonun orta noktasına inen dik çizgi.⁷⁴

Pelvisin omurgayla ilişkisi ise spinosakral açı ve pelvik tilt ile belirlenmiştir. “Spinosakral açı”, C7 vertebranın orta noktasından sakral platoya çizilen hat ile sakral platodan teğet geçen hat arasında kalan açıdır.”Spinal tilt”, C7 plumb hattı ile sakral platonun orta noktasından geçen horizontal hat arasındaki açıdır. Normal bireylerde spinosakral açı 110-150 derece ve spinal tilt 85-100 derece arasında değişir (Çizim 36-A). Torasik ve lomber omurganın sagittal dengesinin global tayini spinosakral açı ile yapılır. Spinosakral açı tüm omurgayı ilgilendirir ve sakral slop ile yakın ilişkisi vardır. Omurga öne doğru eğildiğinde kompensasyonla pelvis geriye doğru döner ve spinosakral açı azalırken, sakral eğim açısı (SS) da azalır ancak pelvik tilt artar. Pelvik parametrelerin

normal sınırlar içinde kalmasına çalışılır. Diz eklemleri fleksiyona gelerek, kompensasyonu sağlamaya ve omurgayı dik tutmaya çalışır.^{73,75}

Normalde gravite hattı (vücut ağırlık merkezinden geçen vertikal hat), C7 plumb hattının daima önünde kalır. Sagittal imbalans olduğunda C7 plumb hattı, gravite hattının önüne geçer (Çizim 36-B).⁷³



Çizim 36 A-Plumb hattı ve gravite hattı.⁷³

B-Sagittal imbalans.⁷³

2.4.3.6. Doğal seyir

Tedavinin ne zaman gerekeceği ve yapılacak tedavinin etkili olup olmayacağını belirlemek için skolyozun doğal seyrini iyi kavramak gerekir. Eğriliğin derecesinde 5-6 derecelik artış günümüzde kesin progresyon kriteri olarak kabul edilmektedir.¹²

2.4.3.6.1. İskelet olgunlaşmasından önceki doğal seyir

Araştırmalara göre, 20 derece altında eğriliğe sahip tedavi görmemiş kişilerde ilerleme riski çok düşüktür; bu risk, iskelet gelişimiyle daha da azalır. Eğriliğin

ilerlemesiyle ilgili bir tahmin yürütmekte kullanılan kriterler; hastanın cinsiyeti, yaşı, eğriliğin büyüklüğü ve eğriliğin şeklidir.¹²

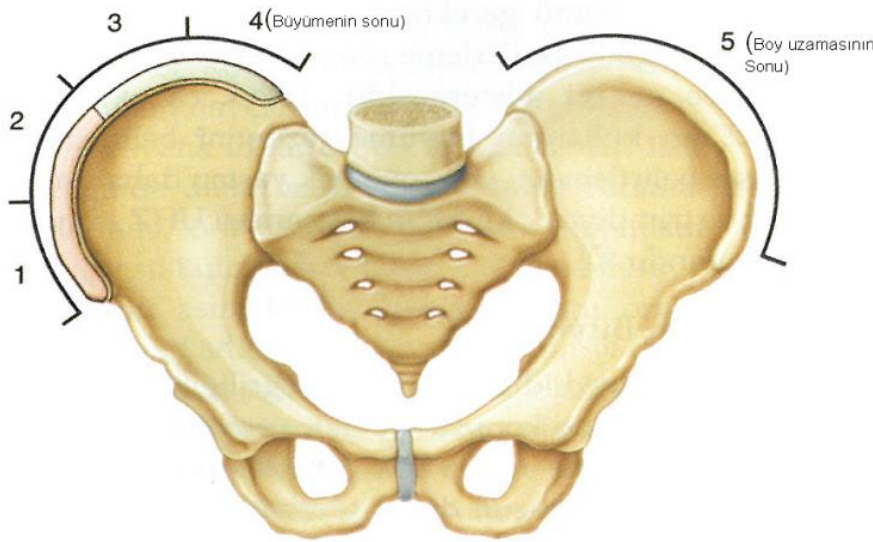
2.4.3.6.1.1. Cinsiyet

İlerleme gösteren ve sonunda tedavi gerektiren hastaların çoğunluğu bayandır. Bunun nedeni olarak hormonal faktörler suçlanmıştır.¹²

2.4.3.6.1.2. Büyüme rezervi

Genç bir hastada büyüme rezervi 3 göstergeye göre değerlendirilir; Risser belirtisi, kızlarda menarş durumu ve uzama hızı zirvesi.¹²

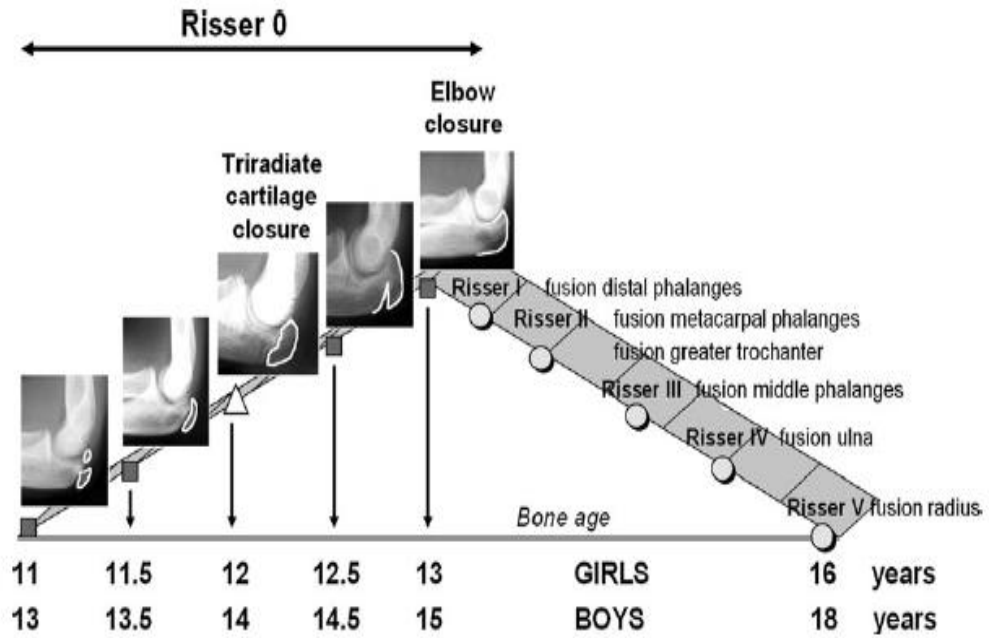
Risser belirtisi, dört bölüme ayrılan iliak apofizin kemikleşmesinin radyolojik ölçümüne dayanır. Kemikleşme iliak apofizin lateralinden başlayıp mediale doğru gelişir. Risser evre 0'da hiç kemikleşme görülmemektedir. Risser evre 4'de ise kadranların dördünde de apofiz kemikleşmesi görülür. Risser evre 5, apofizin iliak krista ile kaynaşmasıdır (Çizim 37).¹²



Çizim 37. Risser evrelemesi.¹²

Menarş durumu, sadece kızlarda uygulanabilen bir klinik ölçüdür. Menarş öncesi dönemdeki kız çocuğu, hala aktif bir büyüme dönemi içindedir. Kız çocukları, menarşdan sonra büyümenin yavaşladığı evreye girer ve eğrilikte ilerleme potansiyeli azalır.¹²

Uzama hızı zirvesi (UHZ), adolesan büyüme dönemindeki azami iskelet büyüme ölçüsüdür. UHZ değeri, hastanın boyundaki uzama miktarının zaman birimindeki ölçümüdür (Çizim 38). Bu değer kızlarda senelik 8 cm, erkeklerde ise 9.5 cm olarak kabul edilmiştir. İskelet gelişiminin radyolojik göstergesi olan triradiat kırıkdağın kapanması; Risser 1 ile menarş döneminden önce gerçekleşir. UHZ, belli bir zaman sürecinde seri boy ölçümünü gerektirmesine rağmen, gelişimin yavaşladığının ve ilerleme riskinin azaldığının en erken ve en güvenilir belirtisidir.¹²



Çizim 38. Pubertal diagram⁷⁶

Puberte kızlarda 11 yaşında, erkeklerde 13 yaşında başlar. Puberte sonrası iskelet gelişiminin akselerasyon fazı 2 yıl, deselerasyon fazı 3 yıl sürer. Triradiat kırıkdağ kızlarda 12 yaşında, erkeklerde 14 yaşında kapanır. Akselerasyon fazı bittiğinde olekranon ve baş parmak distal falanks fizisi tamamen ossifiye olur (kızlarda 13 yaş, erkeklerde 15 yaşında). Bu aşamadan sonra deselerasyon evresi başlar ve distal falanks fizisleri kemikleşir. Bu dönem risser 1 evresidir. Akselerasyon evresinin tamamlanmasından ortalama 7 ay sonra menarş olur. Menarşdan yaklaşık 2 yıl sonra büyüme dönemi sona erer.⁷⁶

2.4.3.6.1.3. Eğriliğin büyüklüğü

İmmatur hastalar (Risser 0 ve 1)'da 20 dereceyi aşan eğriliklerde, progresyon riski yüksektir.¹²

	5-19 derece	20-29 derece
Risser evre 0-1	%22	%68
Risser evre 2-3-4	%1,6	%23

Çizelge 2. Eğriliğin büyüklüğü ve Risser evrelemesine dayanan progresyon riski.¹²

2.4.3.6.1.4. Eğriliğin paterni

Çift eğrilikler ve torakal eğrilikler en fazla ilerleme riski taşıyan eğriliklerdir, bunlardan sonra torakolomber eğrilikler gelir. İlerleme olasılığı en düşük olan eğrilikler, lomber eğriliklerdir.¹²

2.4.3.6.2. İskelet olgunlaşmasından sonraki doğal seyir

Eğriliğin paterni ne olursa olsun, erişkin bir kişide 30 derecenin altındaki eğriliklerin ilerleme riski azdır. Buna karşın 50 dereceyi aşan eğriliklerin yaklaşık üçte ikisinde progresyon görülebilir. Torakal eğrilikler yılda bir derece artar. Lomber eğrilikler 50 derecenin altında olsalar bile, erişkin dönemde ilerleme riski vardır.¹²

2.4.3.7. Tedavi

Adölesan idiopatik skolyozlu hastaların birçoğu, eğriliklerinin ilerleme ihtimalinin düşük olması nedeniyle tedavi gerektirmez. Bu yüzden tedavi, eğriliklerinde zamanla artış riski bulunan ve ilk başvuru anında ciddi eğriliği olan hastalara uygulanmalıdır. Tedavi seçilirken; adolesanın büyüme potansiyeli, eğriliğin derecesi, skolyozun lokalizasyonu ve tipini göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, kozmetik ve sosyal sorunlar da önem taşır. Tedavi seçenekleri; izlem, cerrahi olmayan tedavi ve cerrahi tedaviyi içerir. Genel yaklaşım ve izlenecek yol Çizelge 3 'de özetlenmiştir.¹²

Eğriliğin derecesi	Risser 0/premenarş	Risser 1 veya 2	Risser 3,4 veya 5
<25	Gözlem	Gözlem	Gözlem
30-45	Korse tedavisi(Eğrilik 25 derecenin üzerine çıkarsa başlanır)	Korse tedavisi	Gözlem
>45	Cerrahi	Cerrahi	Cerrahi

Çizelge 3. Adolesan idiopatik skolyoz tedavisine genel yaklaşım.¹²

2.4.3.7.1. Gözlem

Genel olarak, 25 derecenin altındaki eğriliklerde -matüriteye bakılmaksızın- tedaviye gerek yoktur. Bu hastalar izlem gerektirir. Hastanın ne kadar aralıklarla görüleceği ise matürite ve eğrilik derecesine bağlıdır. Örneğin 24 derece eğriliği olan premenarş döneminde ve Risser evre 0 olan bir adölesan üç veya dört aylık aralıklarla takip edilmelidir. Bu hastaların eğriliğindeki ilerleme, korse tedavisi gerektirir. İskelet matüritesi Risser evre 3 veya daha fazla olan hastalarda takip aralıkları uzatılabilir (örneğin altı ay).¹²

Hastanın ilk başvuru anındaki eğrilik derecesi de takip aralıklarının belirlenmesinde etkilidir. Genel olarak, büyüyen ve eğriliği küçük olan (yirmi derecenin altında) çocuklarda bir sonraki kontrol altı ay sonra yapılabilir. Eğer eğrilik 20-30 derece arasında ise hasta, üç veya dört ay sonra yeni grafilerle tekrar değerlendirilmelidir. Çünkü eğrilikte 5 derece veya daha fazla artış progresyon olarak kabul edilir ve tedavi gerektirir. Eğriliklerinde herhangi bir ilerleme saptanmayan hastalarda, takip aralıkları tedrici olarak artırılabilir.¹²

2.4.3.7.2. Konservatif tedavi

Skolyozun konservatif tedavisinde en etkili yöntem ortez tedavisidir. Elektrik stimülasyonu ve fizik tedavinin etkisi sınırlıdır.

2.4.3.7.2.1. Ortez (korse) tedavisi endikasyonları

Korse kullanımı, eğriliğin ilerlemesini önlemek için immatur çocuklarla sınırlıdır. Genelde korse tedavisi; Risser 0, 1 veya 2 olup, başvuru anında 30 ile 45 derece eğriliği bulunan büyüyen adolesan veya ilk yapılan ölçümleri 20-30 derece arasında olup, takiplerde 5 derece ilerleme gösteren adolesanda kullanılmalıdır.¹²

Günümüzde kullanılan birçok ortez çeşidi bulunmaktadır. Çoğu orjinini aldıkları yere göre adlandırılırlar. Milwaukee (CTLSO) ortezi, Boston (TLSO) ortezi, Charleston bending ortezi, SpineCor sistemi (Dinamik Korreksiyon Ortezi) bunlardan bazılarıdır (Çizim 39-40). Bu breyslerin çoğu eğriliğin progresyonunu önlemede etkilidir.¹²

2.4.3.7.2.2. Ortez (korse) tedavisi kontrendikasyonları

45 derecenin üzerinde eğriliği olan büyüyen adolesan, aşırı torakal hipokifoz ve matur adolesanlarda (Risser 4 veya 5, eğer kız ise menarş sonrası 2 yıldan fazla zaman geçmişse), ortez tedavisine yanıt vermeyen yüksek torakal veya servikotorakal eğriliklerde korse tedavisi kullanılmaz.¹²



A

Çizim 39. A- Milwaukee (CTLSO) ortezi



B

B- Boston Ortezi (TLSO)



A

Çizim 40. A- Charleston Bending Ortezi, B-SpineCor sistemi (Dinamik Korreksiyon ortezi)



B

2.4.3.7.3. Cerrahi tedavi

Skolyozun cerrahi olarak tedavisinde ana amaçlar, eğriliğin derecesini azaltmak ve ilerlemeyi durdurmak için yeterli füzyonu güvenli bir şekilde sağlamaktır. Cerrahi sonrasında, hastanın, başının, omuzlarının ve gövdesinin pelvis üzerinde santralize olduğu, dengeli bir omurga elde edilmelidir. Hasta, en az morbidite ile tam fonksiyonunu kazanmalıdır.¹²

Cerrahi endikasyonlar;

- 1) Cobb açısının 45°-50°'nin üzerinde olduğu eğriliklerde,
- 2) İskelet matüresinin tamamlanmadığı, breys kullanılmasına rağmen 40°nin üzerinde seyreden ve progresyon eğilimi gösteren eğriliklerde,
- 3) Sagittal planda imbalans gösteren, torakolomber kifoz ve lomber kifozun meydana geldiği durumlarda,
- 4) Denge unsurunun korunamadığı ve kompanse edilemediği durumlarda,
- 5) Deformitenin hastayı kozmetik ve psikolojik olarak rahatsız ettiği durumlarda cerrahi tedavi endikasyonu vardır.^{12,48,77,78}

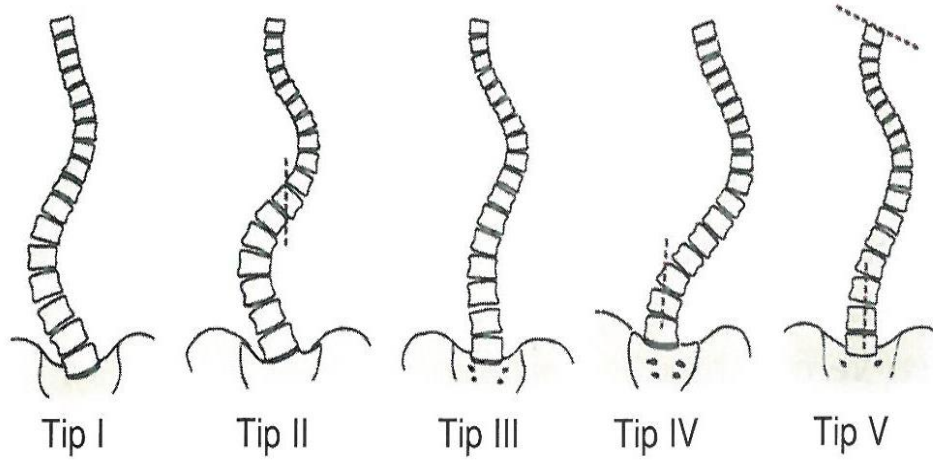
2.4.3.7.3.1. Ameliyat öncesi planlama

Ameliyat öncesi planlama yapılırken, hastanın eğrilik paterni, omurga dengesi, ameliyat öncesi eğrilik fleksibilitesi, nörolojik durum, kosta deformiteleri, fiziksel matürite, gelecekteki büyüme potansiyeli ve cerrahi ile ilişkili diğer ihtiyaçlar (örneğin; transfüzyon gereksinimi, kemik greftleme, omurilik monitorizasyonu, ameliyat sonrası ağrı tedavisi) dikkate alınmalıdır.^{12,48,77}

2.4.3.7.3.2. Eğrilik paternleri

2.4.3.7.3.2.1. King-Moe sınıflama sistemi:

1983 yılında King ve arkadaşları adolesan idiopatik skolyoz için bir radyolojik sınıflama sistemi tanıtmışlardır; buna göre 5 ayrı eğrilik paterni tanımlamıştır (Çizim 41).^{12,79}



Çizim 41. King Moe sınıflamasına göre eğrilik şekilleri.¹²

-**King tip I eğrilik:** "S" şeklinde çift eğrilik mevcuttur. Lomber eğrilik torakal eğrilikten büyüktür (en az 3°) ve veya lomber eğrilik torakal eğriliğe göre daha az esnektir.

- **King tip II eğrilik:** "S" şeklinde çift eğrilik mevcuttur. Torakal eğrilik lomber eğrilikten büyük ya da eşittir. Torakal eğrilik lomber eğriliğe göre daha az esnektir. Lomber eğrilik santral sakral çizgiyi geçer.

- **King tip III eğrilik:** Tek majör torasik eğrilik vardır ve eğriliğin alt seviyesi orta hattı geçmez.

- **King tip IV eğrilik:** Tek majör uzun torasik eğrilik vardır. L5 vertebra sacrum üzerinde santralizedir. Ancak L4, eğriliğin konveks tarafına doğru eğimlidir.

- **King tip V eğrilik (double majör):** Torakal bölgede çift yapısal (strüktürel) eğrilik mevcuttur. T1 üst torakal eğriliğin konveks tarafına doğru eğimlidir.

King tip II ve tip III, en sık görülen ve cerrahinin en sık uygulandığı gruptur. King sınıflamasının füzyon sahası seçiminde kullanılmasından sonra bu sınıflamaya ait dezavantajlar görülmüştür. Bu dezavantajlar şunlardır:

a-İzole torakolomber, izole lomber, çift ve üçlü majör eğrilikler gibi bazı eğrilikleri kapsamamaktadır.

b-King sınıflaması ortaya çıktığı zaman sadece Harrington enstrümantasyon sistemi kullanılmakta olduğundan, üç boyutlu korreksiyon sistemleri ve segmenter enstrümantasyon uygulamalarını karşılamaya yeterli değildir.

c-Sadece eğriliğin koronal planını değerlendirmeye almaktadır.¹²

2.4.3.7.3.2.2. Lenke sınıflama sistemi

King-Moe sınıflamasındaki eksikliklerin giderilmesi amacı ile Lenke ve arkadaşları tarafından yeni bir sınıflama sistemi tanımlanmıştır. Bu sistemin avantajları şunlardır:

- Adölesan idiopatik skolyozda, tüm eğrilikleri kapsayan bir sınıflamadır. (King sınıflamasında sadece torakal eğrilikler göz önünde bulundurulmaktadır.)
- Koronal plan ile beraber, sagittal plan da değerlendirilmektedir. Ancak aksiyel plan analizi yoktur.
- Sınıflama tedaviye yöneliktir.
- Eğrilik tiplerini ayırmak için spesifik ve objektif kriterlere sahiptir.
- Gözlemciler arası ve aynı gözlemci için güvenlik aralığı King sınıflamasına göre daha iyidir.
- Mantıksal, kolay anlaşılabilir ve yardımcı bir sistemdir.^{80,81}

Lenke sınıflandırma sisteminde, ayakta çekilen ön arka ve yan grafipler ile yatarak çekilen yana eğilme grafiplerinin değerlendirilmesine göre üç bileşeni tespit etmek gerekmektedir. Bunlar eğriliğin tipi, sagittal torakal belirleyici ve lomber omurga belirleyicisidir. Bu üç bileşen tespit edildikten sonra sınıflama oluşturulur (Çizelge 4, Çizim 42).^{82,83}

Ayakta çekilen ön arka grafiplerde omurga, proksimal torasik (PT), ana torasik (main torasik, MT) ve torakolomber lomber (TL, L) bölgeler olmak üzere 3 bölgeye ayrılır. Cobb yöntemi ile bu bölgelerdeki eğrilikler ölçülür ve en büyük değere sahip eğrilik majör eğrilik olarak belirlenir. Diğer eğrilikler minör eğriliklerdir.^{12,80,82-84}

Lenke sınıflamasının bir avantajı da cerrahi alan seçimine yardımcı olmasıdır. Bu amaçla minör eğriliklerin yapısal olma kriterleri tarif edilmiştir. Yatarak çekilen yana eğilme grafiplerinde, aktif eğilme sonrası kalan eğrilik 25° ve üzerinde ise, bu minör eğrilik yapısal olarak değerlendirilir. Ayrıca sagittal planda, proksimal torasik bölgede (T2-T5) veya torakolomber bileşkede (T10-L2) 20° ve üzerinde hiperkifoz varlığında da bu eğrilikler yapısal olarak kabul edilir.^{48,80,82-84}

Bu üç bölgedeki yapısal eğrilikler ile yapısal olmayan eğriliklerin belirlenmesi ile 6 eğrilik tipi tanımlanmıştır (Çizelge 4, Çizim 42). Lenke sınıflama sistemine göre cerrahi alan seçiminde, majör eğrilik ve yapısal olan minör eğrilikler füzyon alanına dâhil edilmelidir.^{12,48,84}

Eğrilik Tipi

Tip	Proksimal Torasik	Ana Torasik	Torakolomber – Lomber	Eğrilik Tipi
1	Yapısal değil	Yapısal Majör	Yapısal değil	Ana Torasik
2	Yapısal	Yapısal Majör	Yapısal değil	Çift Torasik
3	Yapısal değil	Yapısal Majör	Yapısal	Çift Majör
4	Yapısal	Yapısal Majör	Yapısal	Üçlü Majör
5	Yapısal değil	Yapısal değil	Yapısal Majör	Torakolomber-Lomber
6	Yapısal değil	Yapısal	Yapısal-Majör (TL-L eğrilik Ana Torasikten en az 10 derece büyük)	Torakolomber-Lomber-Ana Torasik

Cerrahi Yapısal Eğrilik Kriterleri

- Proksimal Torasik:*
- Eğilme grafilerinde Cobb $\geq 25^\circ$
 - T2-T5 Kifoz $\geq +20^\circ$
- Ana Torasik:*
- Eğilme grafilerinde Cobb $\geq 25^\circ$
 - T10-L2 Kifoz $\geq +20^\circ$
- Torakolomber/Lomber:*
- Eğilme grafilerinde Cobb $\geq 25^\circ$
 - T10-L2 Kifoz $\geq +20^\circ$

Apeks Yerleşimine Göre

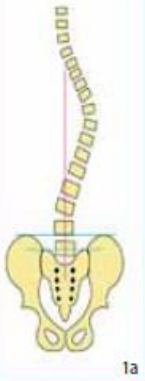
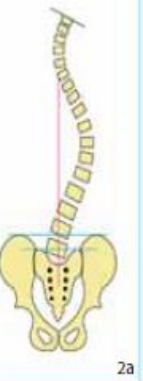
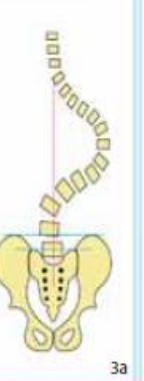
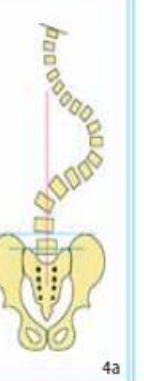
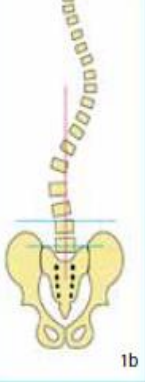
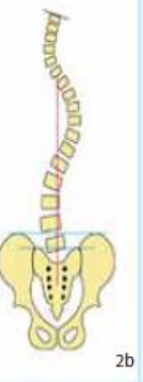
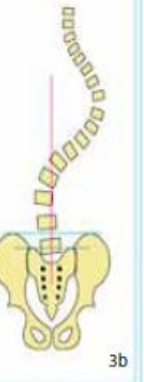
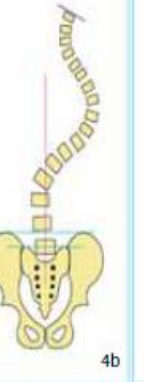
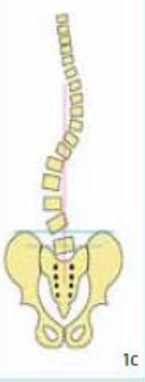
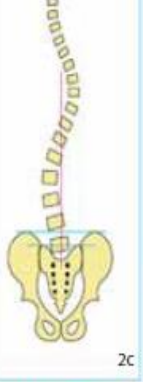

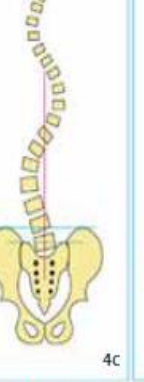
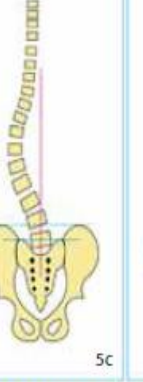
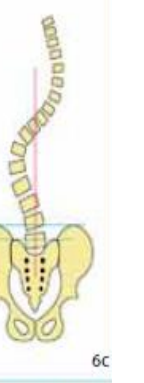
Eğrilik	Apeks
Torasik	T2-T11-12 diski
Torakolomber	T12-L1
Lomber	L1-2 diski-L4

Değişkenler

Lomber Spinal Değişken	Lomber apekse SSDÇ	Torasik Sagittal Profil	
A	SSDÇ pediküller arasında	- (Hipo)	$< 10^\circ$
B	SSDÇ apikal cisim(ler)e dokunuyor	N (Normal)	$10^\circ - 40^\circ$
C	SSDÇ medialde	+ (Hiper)	$> 40^\circ$

Sınıf: Eğrilik Tipi (1-6) + Lomber Spinal Değişken (A, B, veya C) + Torasik Sagittal Profil (-, N, veya +): (ör: 1B+)

Çizelge 4. Lenke sınıflamasına göre eğrilik tipleri.⁸⁴

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		
B Orta derecede lomber eğrilik	 1b	 2b	 3b	 4b		
C Büyük lomber eğrilik	 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 eğrilige füzyon	Torakal ve lomber eğriliklerin füzyonu	Her üç eğrilige füzyon	Selektif torakolomber füzyon.	Her iki torakal eğrilige füzyon

Çizim 42. Lenke sınıflaması. Altı ana eğrilik tipi 14 alt grupta değerlendirilmektedir.⁶⁰

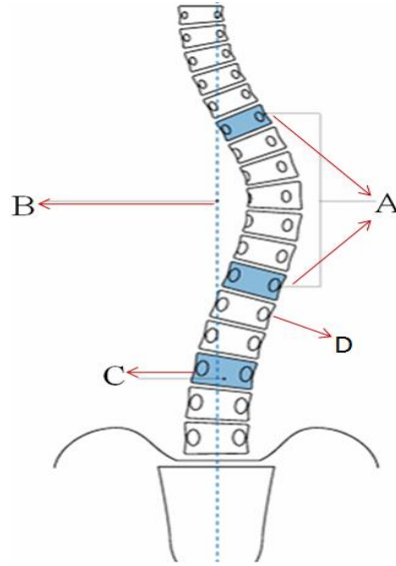
2.4.3.7.3.3. Füzyon sahasının seçimi:

Adölesan idiyopatik skolyozun tedavisinde, füzyon sahasının seçimi, cerrahinin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Yeni enstrümantasyon sistemlerinin gelişmesi ile tartışma ve konunun önemi artmıştır.

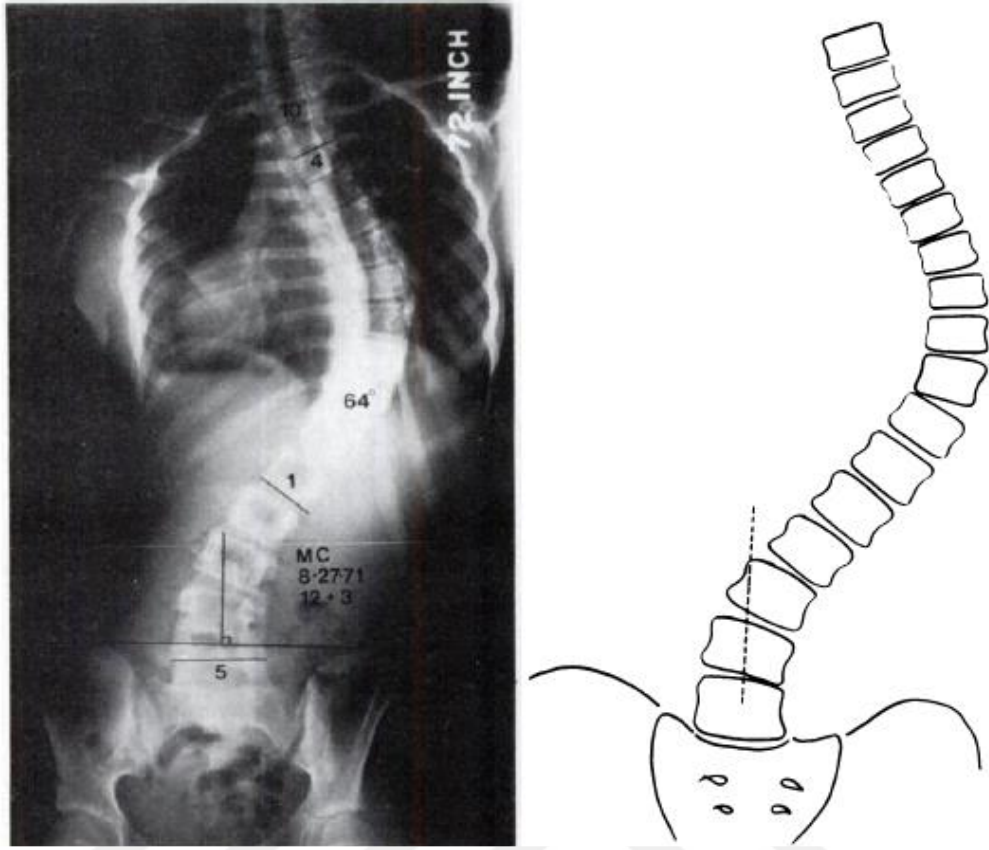
Harrington füzyon sahası seçiminde ‘stabil alan’ kavramını ortaya koymuştur. Stabil alan, lumbosakral eklemlerden, bunlara dik olarak çizilen iki çizgi arasında kalan alandır. Buna göre Harrington enstrümantasyonu için, eğriliğin alt sınırı stabil alan içerisindeyse, eğriliğin bir üst ve iki alt seviyesi füzyona dahil edilmelidir.^{85,86}

Moe, füzyon sahasının seçiminde eğriliklerin paterni ve fleksibilitesini, ayrıca vertebra rotasyonlarını incelemiş, füzyonun üst nötral vertebradan alt nötral vertebraya kadar yapılması gerektiğini ve yapısal olmayan segmentlerin füzyon sahasına katılmaması gerektiğini öne sürmüştür. Nötral vertebra olarak her iki pedikül gölgesinin simetrik olduğu vertebrayı seçmiştir.⁸⁷

King ve arkadaşları, tüm eğrilik paternlerinde uygun füzyon seviyelerinin belirlenmesi için stabil vertebra kavramını ortaya koymuştur. Stabil vertebra, torakal veya torakolomber eğrilikte, santral sakral dikey çizginin tam ortadan kestiği inferior vertebradır (Çizim 43-44).⁷⁹



Çizim 43. A-üst ve alt nötral vertebralar, B-Santral sakral dikey çizgi
C-Stabil vertebra, D-Last touching vertebra.⁸⁸



Çizim 44. King'e göre füzyon seviyesi seçiminde stabil vertebranın belirlenmesi⁷⁹

2.4.3.7.3.3.1. Lenke sınıflamasına göre füzyon seviyesi seçimi

Majör ve yapısal minör eğriliklerin füzyonunda izlenmesi gereken genel kurallar şu şekildedir:

Tip 1: Ana torasik eğrilikler

Tip 1 eğriliklerde genel kural, sadece ana torasik bölgenin, selektif olarak, anterior veya posterior yaklaşımla füzyona katılmasıdır. Lomber değişkenler, A, B veya C, sagittal değişken ise -, + veya N olabilir.⁸⁹ Bununla birlikte, ana torasik eğriliklerde selektif torasik füzyon halen birçok tartışma ve çalışmaya konu olmaktadır. Genel olarak tip 1 eğriliklerde, selektif torasik füzyonunun güvenli ve yeterli olduğu kabul edilmekle birlikte, bazı hastalarda postoperatif dengesizliklerin ve lomber eğrilikte artışın ortaya çıkması nedeniyle, selektif füzyon seçilirken bazı önemli kriterlere dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Çizelge 5).⁹⁰

	Kriterler	Cerrahi teknik	Koreksiyon
King ve ark.	T eğrilik \geq L eğrilik	distraksiyon	T 40,6%
	Pozitif fleksibilite indeksi	Harrington distraksiyon enst.	L 34,8%
Lenke ve ark.	T eğrilik > L eğrilik	Derotasyon ve Aşırı koreksiyon yapmadan.	T 36%
	Pozitif fleksibilite indeksi		L 33%
	L eğrilik < 25°	Modern segmental spinal enst.	
	TL kifoz < 20°		
	T/L Cobb, AVR, AVT oranı > 1,2		
PUMC	L eğrilik-T eğrilik \leq 10°	Derotasyon	T 60%
	Pozitif fleksibilite indeksi	Distraksiyon	L 64%
	TL kifoz yok	Translasyon	
	L eğrilik < 45°	Modern spinal segmental enst.	
	L AVR < Grade 2		
	L fleksibilite \geq 70%		

Çizelge 5. Selektif torasik füzyon kriterleri T: Torakal, L: Lomber, TL: Torakolumbar, AVR: Apikal vertebral rotasyon, AVT: Apikal vertebral translasyon, PUMC: Peking Union Medical College.⁹⁰

a) Proksimal enstrumentasyon seviyesi

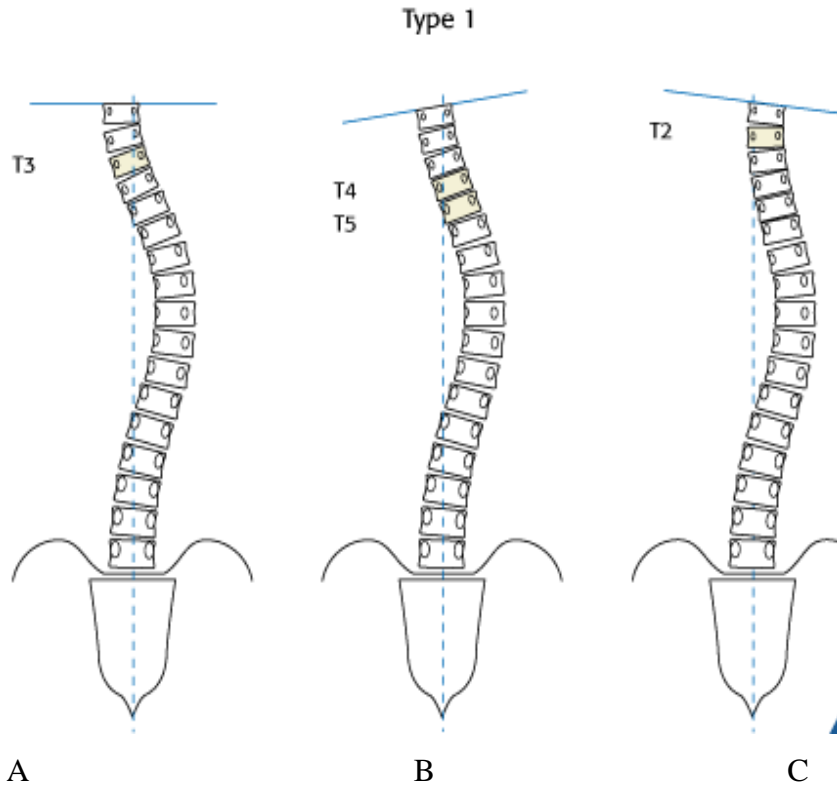
Füzyon proksimalde genelde T3-T4-T5'den bazen T2 den başlar. Üst enstrumentasyon seviyesi seçiminde omuz dengesi ve proksimal torasik kifoz ana belirleyicidir.⁸⁸

1-Proksimal torasik kifozu olan hastalarda üst enstrumentasyon seviyesi T2 olmalıdır.

2-Omuz seviyesi eşit olan hastalarda üst enstrumentasyon seviyesi T3 seçilmelidir (Çizim 35-A).

3-Eğriliğin konveks tarafındaki omuz eleve ise üst enstrumentasyon seviyesi T4veya T5 seçilmelidir (Çizim 35-B).

4-Nadiren tip 1 eğriliklerde konveks tarafın karşısındaki omuz eleve olabilir ve bu hastalarda T2 seçilmelidir (Çizim 35-C).⁸⁸

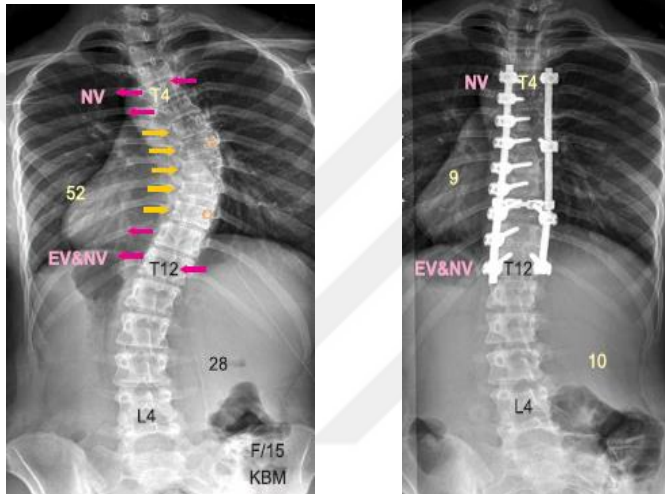


Çizim 45. Lenke tip 1 skolyozda üst enstrumentasyon seviyesinin omuz dengesine göre belirlenmesi.⁸⁸

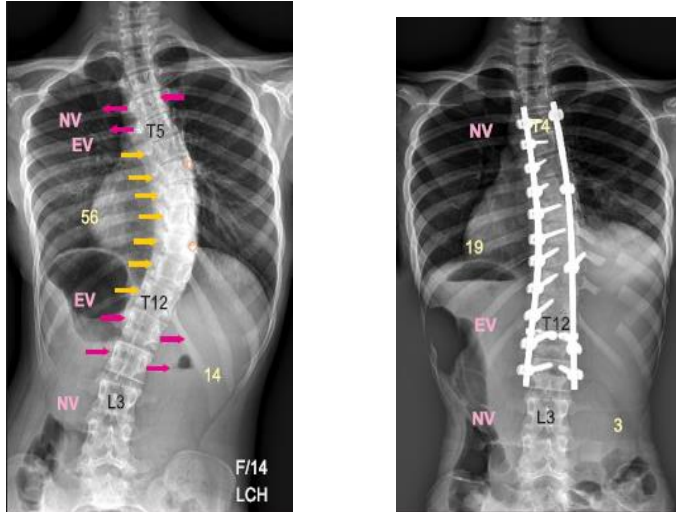
b) Distal enstrumantasyon seviyesi

b1) Suk ve ark.

Füzyonun distal seviyesi, nötral vertebra (NV)'nin iki veya daha fazla seviye proksimalinde sonlandırılırsa, postoperatif dengesizlik ve eğrilikte artış problemlerinin ortaya çıkma riski yüksektir. Nötral vertebra, alt end vertebra (Alt End Vertebra, AEV) ile aynı seviyede ise veya bir seviye distalinde ise, nötral vertebraya kadar füzyon güvenlidir. Eğer preoperatif nötral vertebra ile alt end vertebra arasında iki veya daha fazla seviye farkı mevcutsa, nötral vertebranın bir üst seviyesine kadar uzanan füzyon da aynı şekilde yeterli olur (Çizim 46-47).^{10,11,91-93}



Çizim 46. Lenke tip 1 skolyoz, AEV=NV=T12 olduğu için, füzyon T12 de sonlandırılmış.¹¹



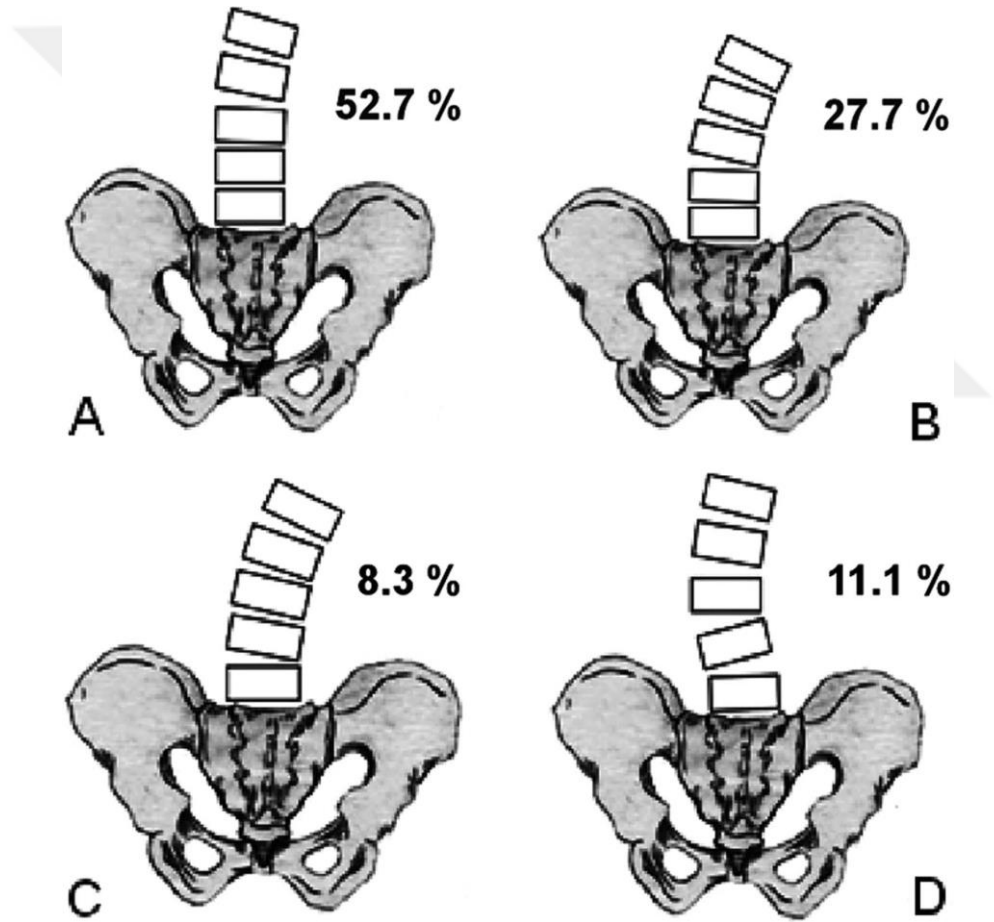
Çizim 47. Lenke tip 1 skolyoz. NV (L3), AEV (T12)'nin 2 seviye distalinde olduğu için füzyon NV-1 (L2)'de sonlandırılmış.¹¹

b2) L3 ve L4 vertebra tiltine göre distal seviye belirlenmesi

Lenke tip 1A eğrilikler, L3 ve L4 tiltine göre 4 alt grupta sınıflandırılır;

- 1-A grubunda L3 ve L4 nötral (Çizim 48-A),
- 2-B grubunda L3 sağa tilt, L4 nötral (Çizim 48-B),
- 3-C grubunda L3 ve L4 sağa tilt (Çizim 48-C)
- 4-D grubunda L3 nötral, L4 sola tilt'tir (Çizim 48-D).

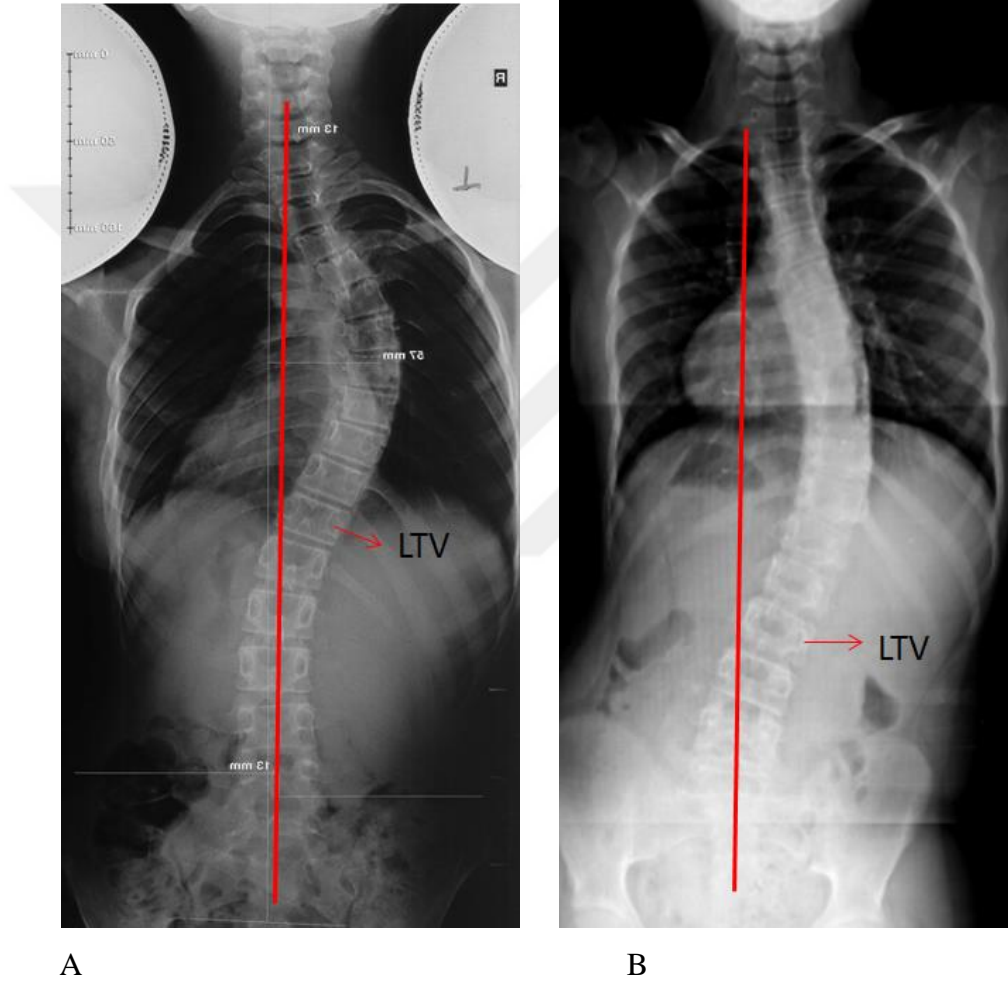
A ve D grubunda distal seviye Alt End Vertebra-1 seçilirken; B ve C grubunda Alt End vertebra seçilir.¹



Çizim 48. L3 ve L4 tiltine göre Lenke tip 1A skolyozun 4 alt grubta incelenmesi.¹

b3) Last touching vertebra

Lenke tip 1A eğriliklerde distal füzyon seviyesini belirlemede, eğriliğin distalinde santral sakral dikey çizginin (SSDÇ) dokunduğu son vertebra (Last Touching Vertebra, LTV) da kullanılmaktadır (Çizim 49 A-B).¹²⁷ LTV, nötral rotasyonda ise alt enstrumentasyon seviyesi olarak seçilebilir.⁸⁸

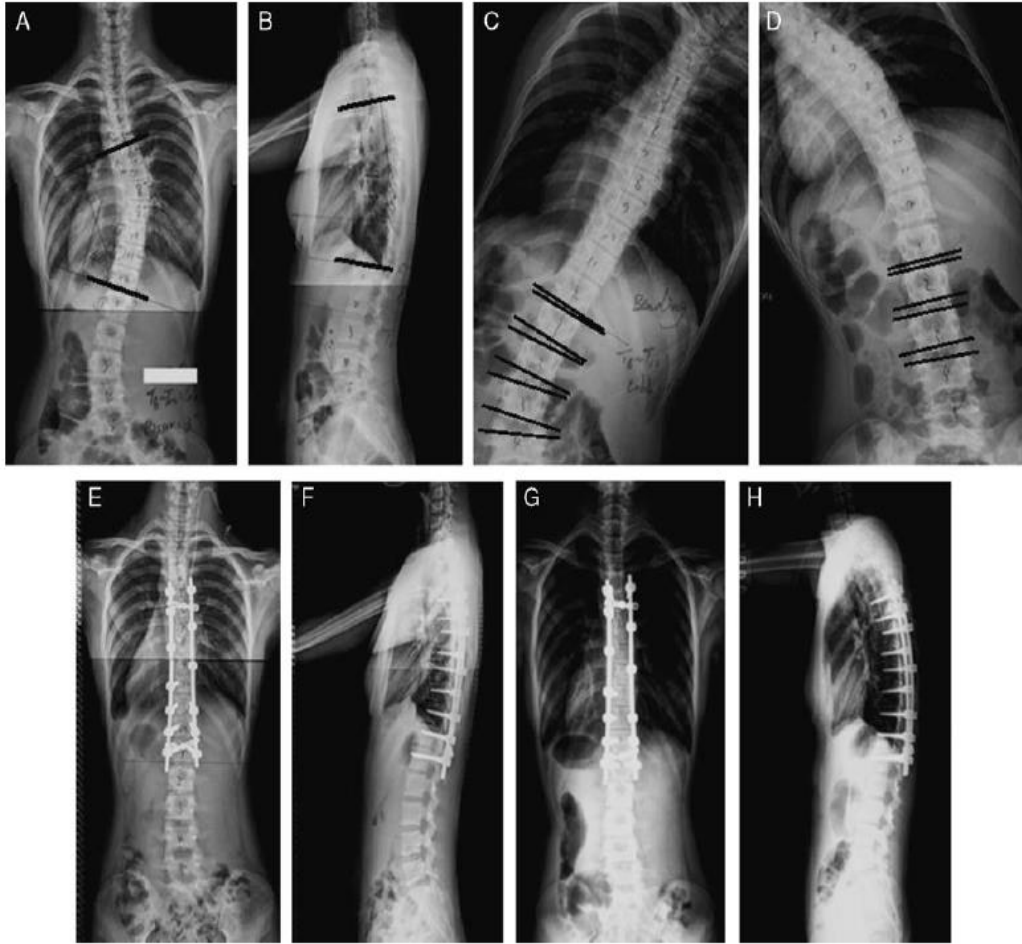


Çizim 49. Distal füzyon seviyesi belirlenmesinde kullanılan santral sakral dikey çizginin temas ettiği son vertebra (LTV). A-King tip 3 eğrilik, B-King tip 4 eğrilik.

b4) Side bending grafi ile distal seviye belirlenmesi

Enstrumantasyonun distal seviyesi seçiminde dikkat edilmesi gereken kurallar şunlardır:

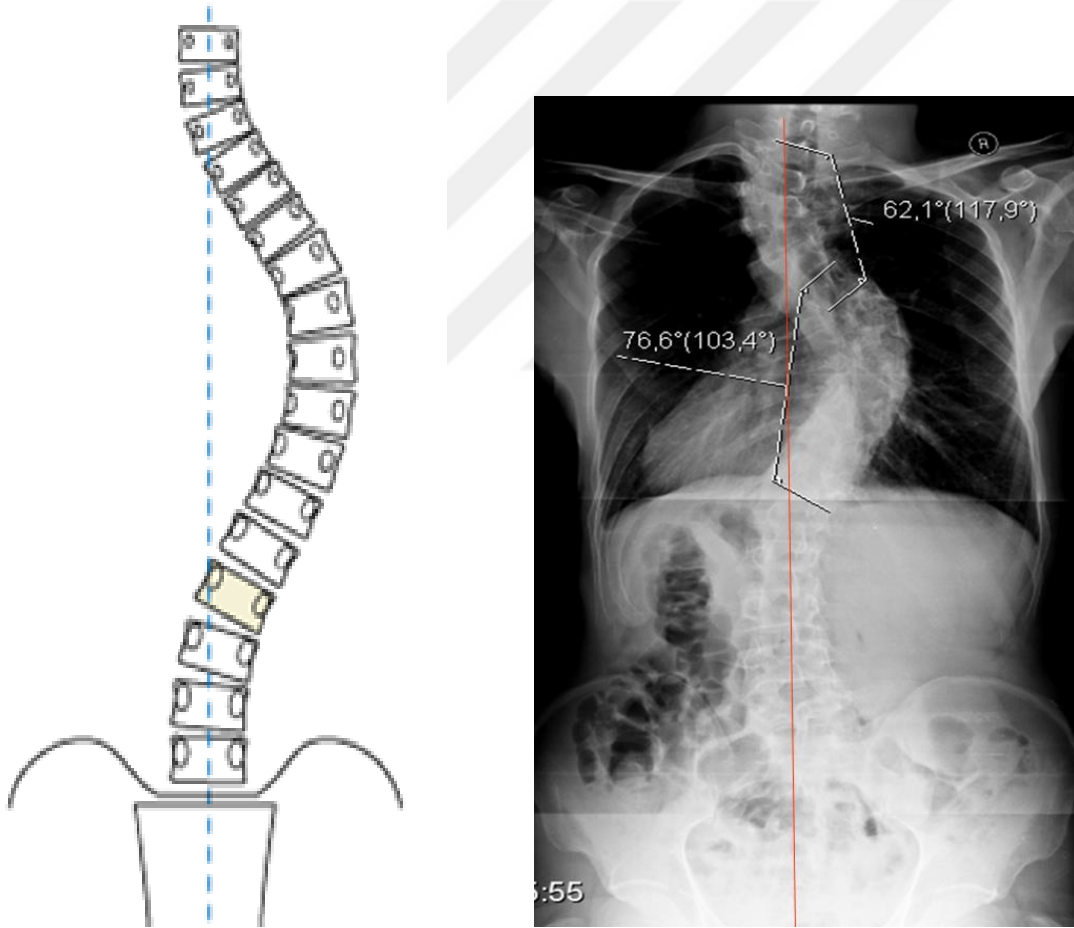
- Alt end vertebranın proksimalinde sonlandırılmamalı,
- Sağ side-bending grafide enstrumante edilecek end vertebra nötral veya en fazla grade 1 rotasyona sahip olmalı,
- Sağ side bending grafide enstrumante edilecek vertebranın altındaki disk aralığı en az 5 derece açılmalı,
- Sol side bending grafide enstrumante edilecek vertebranın altındaki disk aralığı paralel veya karşı tarafa doğru açılmalıdır (Çizim 50).⁹⁴



Çizim 50. A-Preoperatif AP grafi, B-Preoperatif Lateral grafi, C-Sağ side-bending grafi, D-Sol side bending grafi, E-Erken postoperatif AP film, F-Erken postoperatif Lateral film, G- Geç postoperatif AP film H-Geç postoperatif Lateral film.⁹⁴

Tip 2: Çift torasik eğrilikler

Tip 2, çift torasik eğrilikler, proksimal torasik ve ana torasik bölgelerin posteriordan enstrümantasyon ve füzyonunu gerektirir. Enstrümantasyon ve füzyon; sıklıkla T2'den, daha nadiren T3'ten başlar ve distalde, santral sakral dikey çizgi tarafından kesilen en proksimal vertebraya kadar uzanır (Çizim 51).⁸⁸ Lomber değişkenin A, B veya C olması fark etmez. Sağ ana torasik eğriliğin maksimum düzeltilmesi sonrası, sol omuzun eleve olması az rastlanılan bir durum olmadığından, tip 2 eğrilikler tedavi edilirken klinik ve radyolojik olarak omuz dengesinin sağlanması çok önemlidir.^{88,95}

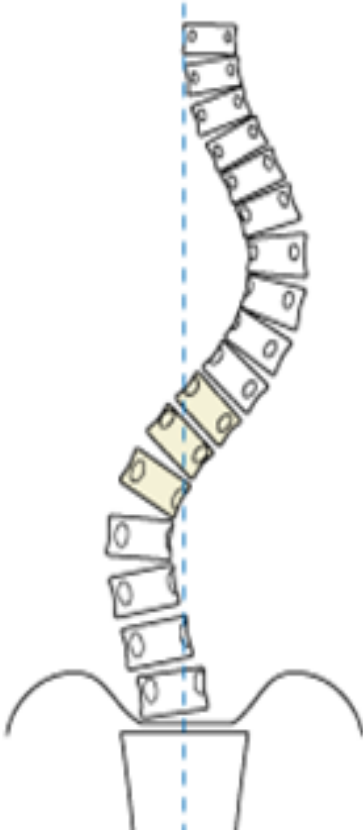


Çizim 51. Lenke tip 2A çift torasik eğrilik.⁸⁸

Tip 3: Çift majör eğrilikler

Tip 3 eğriliklerde, ana torasik ve torakolomber/lomber bölgenin posterior enstrümantasyon ve füzyonu gereklidir (Çizim 52). Torasik ve lomber eğrilikler arası bileşkede, değişen derecelerde torakolomber kifoz görülebilir. T10-L2 arasında 20 derece veya üzerindeki bir kifoz, otomatik olarak her iki eğriliği de yapısal yapar. Böyle bir çift majör eğrilik, L3 veya L4'e kadar posterior füzyon gerektirir.^{88,96} Alt enstrumantasyon seviyesi olarak L3'ün seçilebilmesi için gereken kriterler şunlardır:

- L3 vertebra konkav side bending grafide SSDÇ tarafından kesiliyorsa,
- L3 vertebra konkav side bending grafide sakruma paralel oluyorsa,
- L3 vertebranın konveks bending grafide axial rotasyonu nötral veya en fazla grade 1 oluyorsa, füzyon L3 vertebrada sonlandırılabilir.^{11,88,97}



A

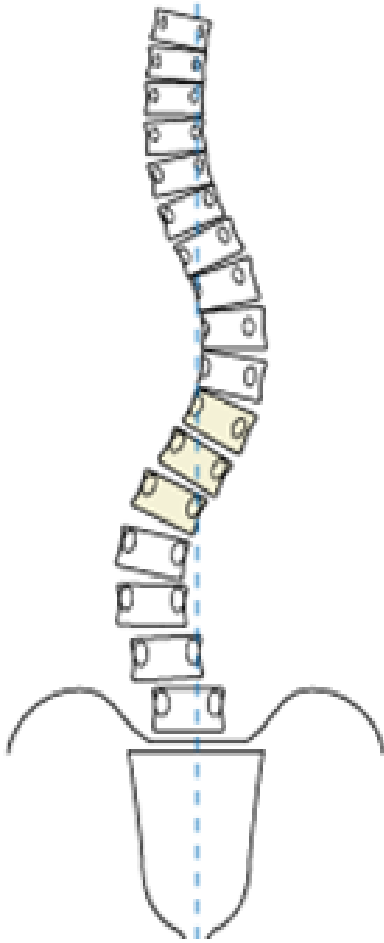


B

Çizim 52. A-B. Lenke tip 3C çift major eğrilik.⁸⁸

Tip 4: Üçlü majör eğrilikler

Tip 4 eğrilikler, her üç yapısal eğriligin de posterior enstrümantasyonu ve füzyonunun gerektiği nadir görülen eğriliklerdir (Çizim 53). Sıklıkla, lomber eğriligin apeksinin orta hattın uzaklaştığı 4C tipi eğrilik olarak karşımıza çıkar. Normal olarak füzyon, proksimalde T2 veya T3'ten, distalde L3 veya L4'e kadar uzanmalıdır.⁸⁸



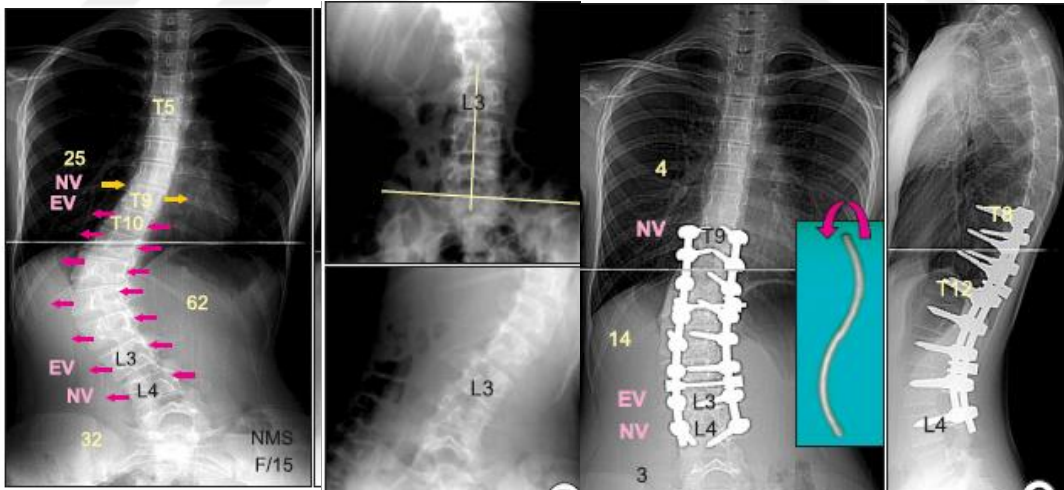
Çizim 53. Lenke tip 4C üçlü major eğrilik.⁸⁸

Tip 5: Torakolomber/Lomber eğrilikler

Bu eğrilik tipinde, majör eğrilik torakolomber/lomber bölgededir ve üstteki minör proksimal torasik ve ana torasik eğrilikler yapısal değildir. Sonuçta torakolomber/lomber eğrilik izole olarak anterior veya posteriordan tedavi edilebilir. Bu tip eğrilikler, geleneksel olarak, tek veya çift rodlu anterior enstrümantasyon sistemleri ile anteriordan tedavi edilmiştir. Bu durumda üst uç vertebradan, alt uç vertebraya kadar füzyon uygulanır. Genellikle bu, distalde, posterior enstrümantasyonun gerektirdiğinden bir seviye daha kısadır. Yapısal greft ve kafesler kullanılarak ve rotlara uygun eğim verilerek sagittal dizilimin sağlanması gereklidir. Ayrıca iyileşme sağlanana kadar bu dizilimin korunması için çift rod sistemlerinin kullanılması önerilir.⁹⁸

TL/L Cobb açısı ile torakal Cobb açısı oranı 1.25 den büyükse ve side-bending grafide torakal eğrilik 20 derece veya altına iniyorsa selektif TL/L füzyon yapılabilir⁹⁹

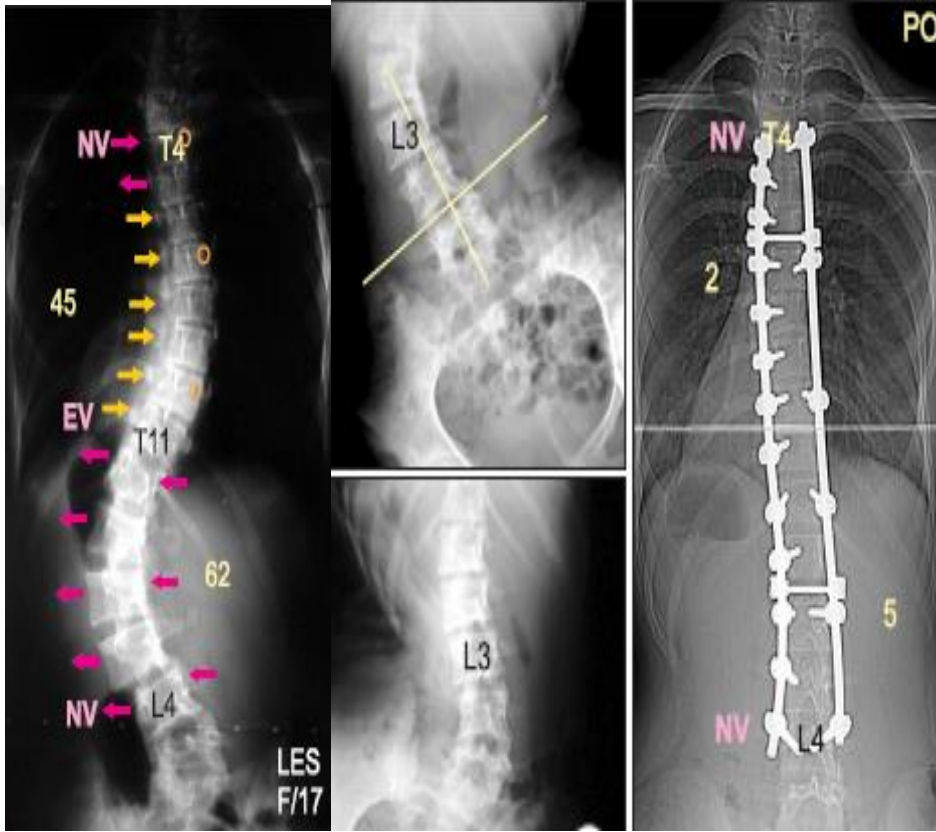
Alt enstrümantasyon seviyesi genelde L3 veya L4 vertebradır. L3 vertebra konkav side bending grafide SSDÇ tarafından kesiliyorsa, L3 vertebra konkav side bending grafide sakruma paralel oluyorsa, L3 vertebra konveks bending grafide axial rotasyonu nötral veya en fazla grade 1 oluyorsa füzyon L3 vertebrada sonlandırılabilir (Çizim 54).¹¹



Çizim 54. Lenke tip 5C eğrilik. L3 bending grafide santralize ve horizontalize olmasına rağmen, rotasyonu olduğu için füzyon L4 vertebrada sonlandırılmış.¹¹

Tip 6: Torakolomber/Lomber-Ana torasik eğrilikler

Tip 6 eğrilik, majör eğriliğin torakolomber/lomber bölgede, üstteki ana torasik eğriliğin ise yapısal olduğu eğrilik tipidir. Her iki bölgenin de posterior enstrümantasyon ve füzyonu gerekir. Sıklıkla enstrümantasyon distalde L3 veya L4 vertebrada sonlandırılır (Çizim 55).^{88,97}



Çizim 55. Lenke tip 6C eğrilik. L3 bending grafide santralize ve horizontalize olmasına rağmen, rotasyonu olduğu için füzyon L4 vertebrada sonlandırılmış.¹¹

2.4.3.7.3.4. Cerrahi girişimler

Adölesan idiyopatik skolyoza yönelik uygulanan cerrahi girişimler iki ana guruba ayrılır:

1. Posterior füzyon ve enstrümantasyon
2. Anterior füzyon ve enstrümantasyon
3. Anterior ve posterior kombine prosedürler

Lenke sınıflandırma sistemi, seçilecek cerrahi girişimin seçiminde de yönlendirici bir sınıflama sistemidir. Bütün eğrilik tipleri posterior cerrahi girişimler ile tedavi edilebilir. Fakat Lenke tip I ve tip V eğriliklerde, cerrahın seçimine bağlı olarak, anterior cerrahi girişim seçeneği de uygulanabilir.^{12,48,62}

Yapılan çalışmalarda Lenke tip I ve tip V eğriliklerde, anterior girişimin posterior girişime tercih edilmesinin nedenleri; bu eğriliklerde anterior girişimle daha iyi düzelme sağlanabilmesi ve daha az segmentin füzyona katılması ile distalde daha fazla hareketli segment kalmasıdır.¹⁰⁰

Skolyozda cerrahi girişimin başarısı, omurganın stabilitesi ile birlikte solid artrodezin sağlanmasına bağlıdır. Enstrümantasyon stabilite ve füzyon için bir araçtır.^{12,48,78,101}

Posterior enstrumentasyonda teknik olarak belirli prensipler akıldan çıkarılmamalıdır:

-Kifoz oluşturmak için distraksiyon, lordoz oluşturmak için kompresyon manevrasına ihtiyaç vardır.

-Torakal hipokifoz varlığında, kifoz oluşturmak için konkav rod önce yerleştirilmelidir.

-Torakal hiperkifoz varlığında, kifozu düzeltmek için konveks rod önce yerleştirilmelidir.

-Enstrumentasyon, kifotik bölgenin distalinde sonlandırılmalıdır.

2.4.3.8. Komplikasyonlar

Skolyoz cerrahisinde posterior enstrümantasyon sonrası görülen komplikasyonlar, ortaya çıkış zamanı ve nedenlerine göre üç grupta incelenebilir.¹⁰²

2.4.3.8.1. Genel komplikasyonlar

A-Respiratuar Komplikasyonlar

- Atelektazi
- Pnomotoraks
- Hemotoraks
- Plevral efüzyon
- Akciğer ödemi
- Pnomoni
- Pulmoner tromboemboli

B-Kardiyovasküler komplikasyonlar

- Aritmi
- Hipotansiyon
- Kalp yetmezliği

C-Gastrointestinal Komplikasyonlar

- İleus
- Psodomembranöz kolit
- Süperior Mezenter Arter Sendromu

D-Diğer Komplikasyonlar

- Yara yeri enfeksiyonu
- Transfüzyon reaksiyonları
- Vokal kord paralizisi

2.4.3.8.2. Tekniğe bağlı komplikasyonlar

- a)Nörolojik Hasar
- b) Kırıklar
- c) Visseral Organ Yaralanmaları
- d) Dural Yarıklar ve Psödomeningosel

2.4.3.8.3. Geç komplikasyonlar

- a) Psödoartroz
- b) Enstrümantasyon Problemleri
- c) Lomber Lordozun Kaybolması (Flat Back Deformitesi)
- d) Gövde Dekompansasyonu
- e) Geç Enfeksiyon
- f) Crankshaft fenomeni
- g) Junctional deformiteler
- h) Distal Adding-on Fenomeni

Postoperatif geç dönemde sık görülen komplikasyonlar bileşke deformiteleri ve distal adding-on deformitesidir.^{48,103}

2.4.3.8.3.1. Junctional deformiteler

Deformite nedeni ile opere edilmiş tüm olgularda enstrümantasyon sisteminin proksimal veya distalinde oluşabilecek deformitelerdir. Çoğunlukla deformite cerrahisi sonrasında stabil kabul edilen vertebranın yanlış seçimi veya stabilizasyon sisteminin torakolomber bileşke gibi geçiş noktalarında sonlandırılması ile ortaya çıkan komplikasyonlardır. Bu deformite görüldüğü bölgeye göre proksimal veya distal junctional kifoz olarak isimlendirilir. Bu komplikasyondan korunmak için stabilizasyon yapılacak alt ve üst vertebra sınırlarını belirlerken deformitenin 3 boyutlu yapısını gözönünde bulundurmak gerekir. Enstrümantasyon kifotik segmentte sonlandırılmamalıdır. Ayrıca skolyoz cerrahisinde alt ve üst enstrümente vertebranın doğru seçimi bileşke deformite gelişimini engeller.^{104,105}

2.4.3.8.3.1.1. Proksimal junctional kifoz (PJK)

Proksimal junctional kifoz açısı, posterior enstrümantasyon uygulanan en proksimaldeki enstrümente vertebranın kaudal end plağı ile iki seviye proksimalindeki komşu vertebranın sefalik end plağı arasındaki açısal farkın Cobb tekniğı ile ölçümü esasına dayanır.^{1,106}

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.

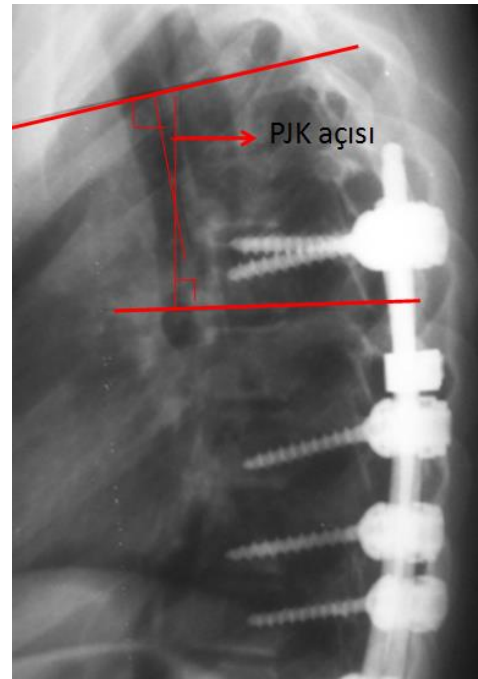
Proksimal junctional kifoz açısının anormal olarak değerlendirilebilmesi için bu iki ölçütünde olması gereklidir (Çizim 56).^{1,106}

Proksimal junctional kifoz için risk faktörleri:

- Preop torakal kifoz
- Kifozun aşırı düzeltilmesi
- Torakoplasti
- Preoperatif üst kavşak kifoz açısının 5 dereceden fazla olması
- Lomber lordozun kaybı
- Preoperatif sagittal imbalans
- Enstrumantasyonun üst seviyelerinde gereksiz kas ve posterior ligament hasarı
- Üst enstrumante vertebrada hook'u yerine daha rigid fiksasyon yapan pedikül vidası kullanımı
- Hatalı seviye seçimi.^{1,107,108}



A

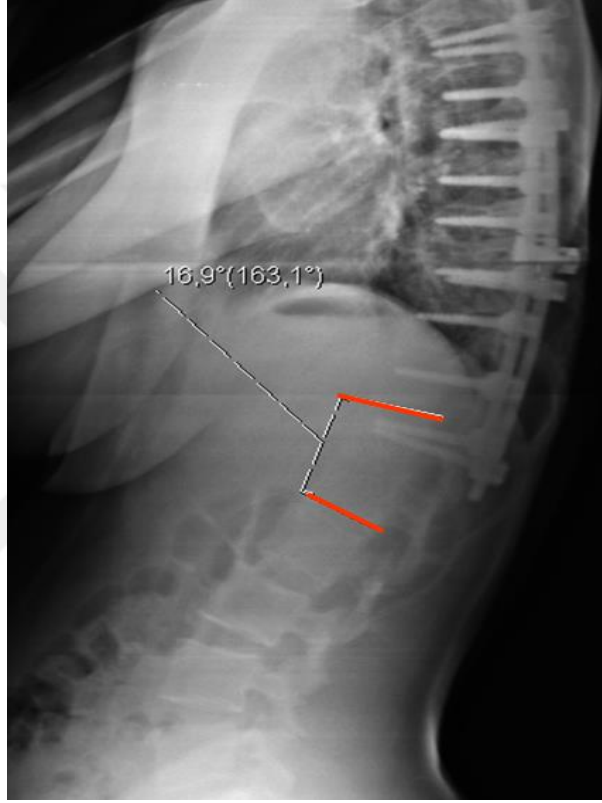


B

Çizim 56. İki farklı hastada proksimal junctional kifoz açısı ölçümü

2.4.3.8.3.1.2. Distal junctional kifoz

Distal junctional kifoz açısı, posterior enstrümantasyon uygulanan en alttaki entstrumante vertebraın sefalik ucu ile bir seviye distaldeki vertebraın kaudal ucu arasındaki açısal farkın Cobb tekniği ile ölçümü esasına dayanır. Bu açı 10 derece ve üzerinde ise distal junctional kifoz olarak tanımlanır (Çizim 57).⁴



Çizim 57. Distal junctional kifoz açısı ölçümü.

Distal junctional kifozu için risk faktörleri şunlardır:

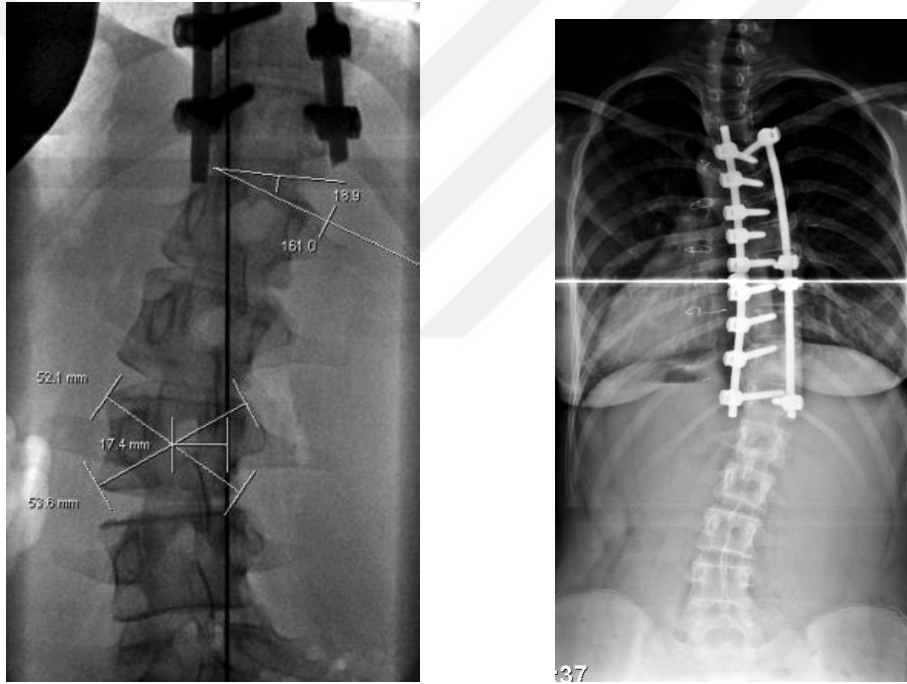
- Enstrumantasyonun ilk lordotik disk aralığının proksimalinde sonlanması.
- Preoperatif torakolomber kifoz
- Hatalı distal seviye seçimi
- Posterior enstrumantasyon.^{1,4,109}

2.4.3.8.3.2. Distal adding-on fenomeni

Postoperatif dönemde, enstrumante vertebranın distalindeki disk aralığında kamalaşma ve/veya lomber omurgada progresif rotasyon ve translasyon artışı olarak tanımlanır.¹¹⁰ Wang ve ark. distal adding-on fenomeni tanısı koymak için 2 kriter önermiştir:

1-Enstrumantasyon distalindeki ilk vertebranın santral sakral dikey çizgiden 5 mm'den fazla deviasyonu (ilk postoperatif radyografiyle kıyaslanarak),

2-Enstrumantasyon distalindeki ilk disk aralığında, 5 dereceden fazla açılma olması (Çizim 58).¹¹⁰



Çizim 58. Distal adding on fenomeni ölçüm kriterleri.⁶

Risk faktörleri:

- 1-Enstrumantasyonun Nötral vertebranın proksimalinde sonlanması
- 2-L4 vertebranın sağa tilt olduğu Lenke 1AR tipi skolyoz
- 3- Enstrumantasyonun Last touch vertebra (LTV)'nin proksimalinde sonlanması
- 4-İskelet immatüritesi
- 5-Postoperatif omuz imbalansı.^{5,8,10,110,111}

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmaya, 2002-2012 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğinde, adolesan idiopatik skolyoz tanısı ile posterior enstrümantasyon ve füzyon uygulanmış 273 hastadan uygun radyolojik arşive sahip, son kontrolleri yapılmış, Lenke tip 1A skolyozu olan 69 hasta dâhil edildi. Bu hastaların ameliyat öncesi, ameliyattan hemen sonra ve en az 24 ay takip sonrası elde edilen klinik ve radyografik muayene sonuçları retrospektif olarak değerlendirildi.

Ameliyat öncesinde alınan anamnezde, hasta ve yakınlarından aile öyküsü, başlangıç yaşı ve eğrilik şekli, ameliyat öncesinde gördüğü tedavi, matürite açısından büyümenin en hızlı dönemi ve kız çocuklarda menarş ayrıntılı olarak sorgulanmış olup dosyasına kaydedildi.

Klinik muayenede eğriliğin lokalizasyonu ve yönü belirlenerek, kostal gibozite büyüklüğü, omuz asimetrisi, pelvik çarpıklık ve koronal denge için C7 ile gluteal sulkus arasındaki mesafe ölçüldü. Sekonder seks karakterlerinden meme gelişimi, aksiller ve pubik kıllanma değerlendirildi. Hastaların ortopedik ve nörolojik muayeneleri yapılarak kaydedildi.

3.1. Radyolojik Değerlendirme

Radyolojik muayenede, ameliyat öncesi ayakta ön arka ve yan grafiler 90x35 cm'lik uzun kasete çektirildi. Ameliyat sonrası kontrolü ve diğer kontrolleri ayakta ön arka ve yan grafiler ile değerlendirildi.

3.1.1. Koronal plan ölçümleri

Ayakta ön arka grafilerde; proksimal torasik, torakal, lomber bölgelerdeki eğriliklerin üst ve alt end vertebraları, apikal vertebra, nötral vertebra ve stabil vertebralar belirlendikten sonra Cobb yöntemi ile eğriliklerin büyüklüğü ölçüldü. Ayrıca santral midsakral çizgi ile C7 vertebra orta noktası arasında kalan mesafe ölçülerek koronal denge değerlendirildi.

3.1.2. Sagittal plan ölçümleri

Ayakta yan grafide proksimal torasik bölge için T2-T5 arasında, torakal bölge için T5-T12 arasında, lomber bölge için L1-L5 arasında ve torakolomber kavşak için T10-L2 arasında Cobb yöntemi ile ölçüm yapıldı. Ayrıca C7 korpusunun orta noktasından yere dik çizilen çizgi ile S1 sakral vertebranın posterior köşesi arasındaki mesafe ölçülerek sagittal denge değerlendirildi.

Ameliyat sonrası, erken dönemde çekilen ön arka grafilerde, aynı seviyelerden Cobb açıları ölçüldü. Frontal planda korreksiyon oranı şu formüle göre hesaplandı:

$$\text{Korreksiyon Oranı(\%)} = 100 * \frac{(\text{Preoperatif Cobb açısı} - \text{Postoperatif Cobb açısı})}{\text{Preoperatif Cobb açısı}}$$

Erken postoperatif dönem ve son kontrollerde çekilen ön arka grafilerde ise korreksiyon oranları değerlendirilerek, aradaki fark korreksiyon kaybı olarak hesaplandı. Frontal planda korreksiyon kaybı şu formüle göre hesaplandı:

$$\text{Korreksiyon Kaybı (\%)} = 100 * \frac{(\text{Son kontroldeki Cobb açısı} - \text{Postoperatif Cobb açısı})}{\text{Preoperatif Cobb açısı}}$$

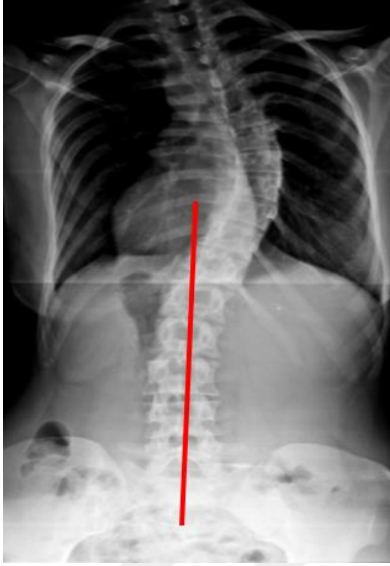
3.1.3. Aksiyel plan ölçümleri

T1-L5 arası vertebraların aksiyel plan analizi Drerup metoduyla yapıldı. Tüm açısal ve sayısal ölçümler Canvas 9.0 digital yazılım programı ile yapıldı.

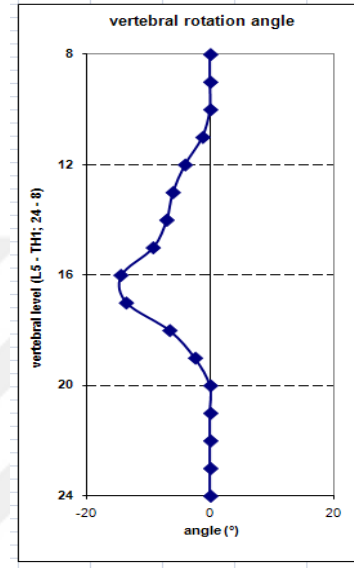
Aksiyel plan analizi sonucunda alt end vertebranın distalinde kalan lomber vertebraların rotasyon yönüne göre lenke 1A eğrilikler 3 gruba ayrıldı:

Grup I:

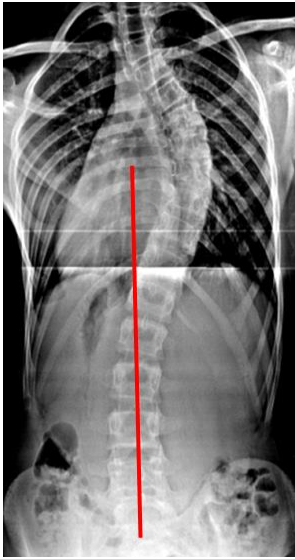
Alt end vertebranın distalindeki lomber vertebralarda nötral rotasyon bulunur. Bu grupta, proksimal torasik bölgede nötral veya ana eğrilikle karşı yönde rotasyon olabilir (Çizim 59). Genellikle santral sakral dikey çizgi (SSDÇ) L1, L2, L3, L4 ve L5 vertebraların pedikülleri arasından geçer.



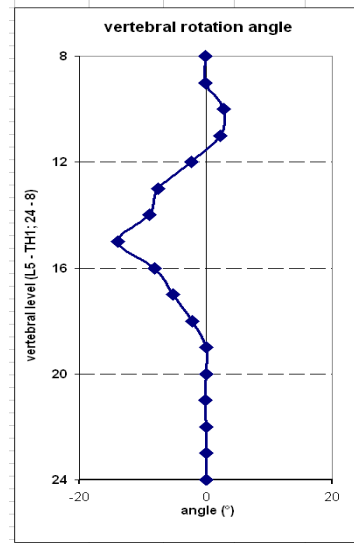
A



a



B



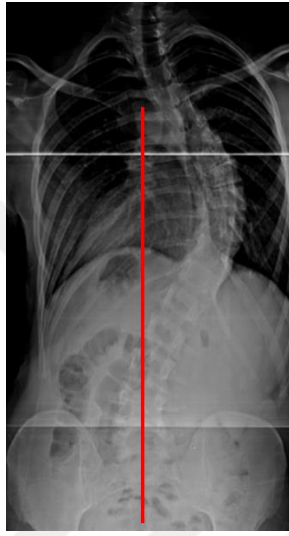
b

Çizim 59. Grup I olgu örnekleri. A-a) Proksimal torakal vertebralarda nötral, B-b) Proksimal torakal vertebralarda karşı rotasyon mevcut.

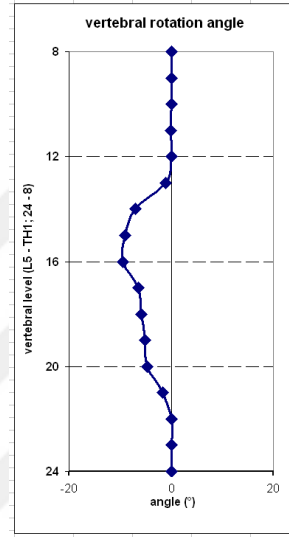
Grup II:

Alt end vertebranın distalindeki lomber vertebralarda ana torakal eğrilikle aynı yönde rotasyon bulunur. Bu grupta proksimal torasik vertebralarda, nötral veya ana eğrilikle karşı yönde rotasyon olabilir (Çizim 60).

Grup II hastalarda, santral sakral dikey çizgi genellikle tüm lomber vertebra pedikülleri arasından geçmez. Grup II hastalarda, lomber vertebraların sağa tilt derecesi, Grup I ve Grup III den fazladır.



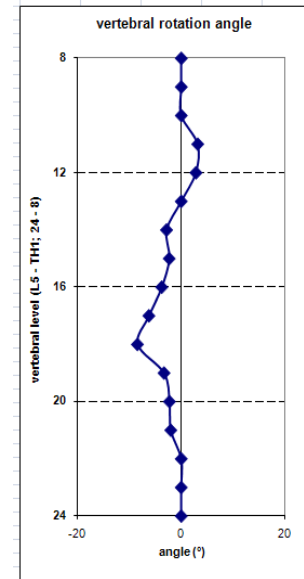
A



a



B

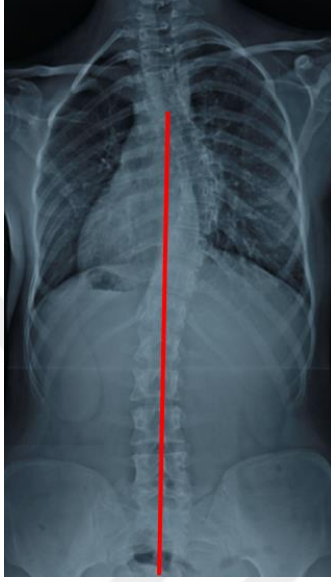


b

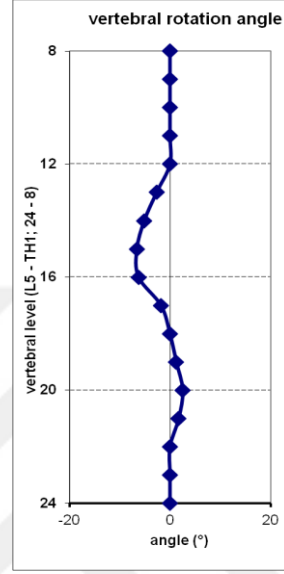
Çizim 60. Grup II olgu örnekleri. A-a) Proksimal torakal vertebralar nötral, B-b) Proksimal torakal vertebralarda karşı rotasyon mevcut.

Grup III:

Alt end vertebranın distalindeki vertebralarda ana torakal eğrilikle karşı yönde rotasyon bulunur. Bu grupta proksimal torasik eğrilikte nötral veya ana eğrilikle karşı yönde rotasyon olabilir. SSDÇ lomber vertebra pedikülleri arasından geçer (Çizim 61).



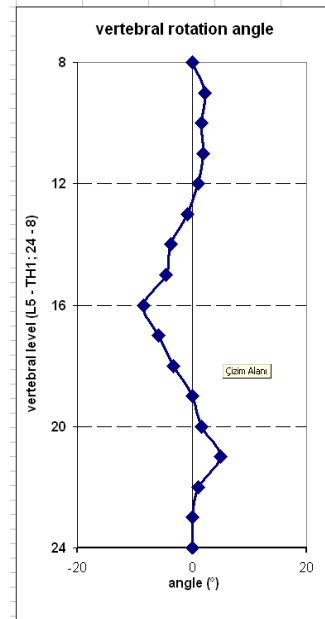
A



a



B



b

Çizim 61. Grup III olgu örnekleri. A-a)-Proksimal torakal eğrilik nötral, B-b)-Proksimal torakal eğrilikte karşı rotasyon

3.2. Cerrahi Teknik

Tüm hastalara, ameliyattan yarım saat önce, profilaktik olarak 1 gr sefazolin sodyum intravenöz yapıldı. Antibiyotik profilaksisine ameliyat sonrası 5. güne kadar devam edildi. 2009 yılından sonra yapılan vakalarda, nöromonitorizasyon kullanıldı.

Füzyon seviyesi tespitinde, distalde alt end vertebra, last touching vertebra, nötral vertebra ve stabil vertebra dikkate alınarak son enstrüman edilecek vertebra tespit edildi. Proksimalde ise üst end vertebra (ÜEV) veya ÜEV+1 füzyon seviyesi olarak belirlendi.

Hastalar prone pozisyona çevrilmeden, batın ve toraksın basıya maruz kalmaması ve abdominal basınç artışından kaynaklanabilecek venöz kanamayı azaltmak için, orta kısım boşta kalacak şekilde koltuk altından pelvise kadar silikon destekler yerleştirildi.

Orta hat insizyonu yapılarak, transvers çıkıntılara kadar subperiosteal olarak ulaşıldı. Faset eklemlerin kapsülü, interspinöz ve supraspinöz ligamentler ile birlikte tüm yumuşak dokular temizlendi.

Olgularımızın tamamına free-hand teknik ile aynı cerrah tarafından posterior spinal enstrümantasyon uygulandı. Enstrümantasyona eğriliğin konkav tarafından başlanarak, apikal vertebralar ve uygun seviyelerde pedikül vidaları kullanıldı.

Rodları yerleştirmeden önce, gereken eğim verilerek sagittal planda olması gereken fizyolojik kifo ve lordoz korunmaya çalışıldı. Eğriliğin konveks tarafında kompresyon, konkav tarafta distraksiyon ve apikal bölgede derotasyon kuvvetleri uygulanarak skolyotik eğriliği düzeltme manevraları yapıldı. Sistemin daha stabil ve rijit olması amacı ile iki rod birbirine transvers bağlayıcılar yardımı ile bağlandı.

Ameliyat sonrasında füzyonu korumak, ağrıyı azaltmak ve sekonder lomber eğriliklerin kompensasyonuna yardımcı olmak amacı ile tüm hastalar ameliyat sonrası ikinci günde torakolumbosakral ortez (TLSO) ile mobilize edilmiştir. Ameliyat sonrası 14. günde sutürler alındı. Ortez 2-3 ay süre ile kullanıldı.

3.3. İstatiksel Analiz

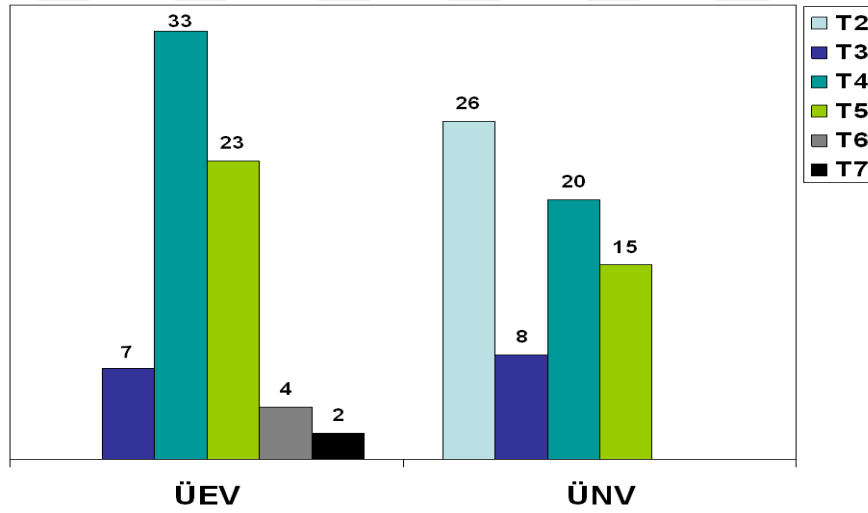
İstatistiksel değerlendirme, IBM SPSS 20.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) paket programı ile yapıldı. Normal dağılıma uygunluk testi Kolmogorov-Smirnov Testi ile değerlendirildi. Nümerik değişkenler ortalama +/- standart sapma ve medyan (25. persantil - 75. persantil) ve frekans (yüzdeler) olarak verildi. Gruplar arasındaki farklılık normal dağılıma sahip nümerik değişkenler için ANOVA Tek yönlü varyans analizi ile normal dağılıma sahip olmayan nümerik değişkenler için Kruskal Wallis Tek Yönlü Varyans Analizi ve Monte Carlo ki-kare ile gerçekleştirildi. $p < 0.05$ istatistiksel olarak önemlilik için yeterli kabul edildi.



4. BULGULAR

Çalışmaya dâhil edilen 69 Lenke tip 1 adolesan idiopatik skolyoz hastasının, 56'sı kız (%81), 13'ü erkektir(%19). Ameliyat sırasında hastaların yaşları 11 ile 18 arasında olup, ortalama yaş 14,1 bulundu. Olgular 24 ay ile 123 ay arasında takip edilmiş olup, ortalama takip süresi 64 ay'dır.

Radyolojik değerlendirmede; üst end vertebra (ÜEV), 7 (%10) hastada T3, 33 (%48) hastada T4, 23 (%33) hastada T5, 4 (%6) hastada T6, 2 (%3) hastada T7 olarak belirlendi. Üst nötral vertebra (ÜNV); 26(%38) hastada T2, 8 (%12) hastada T3, 20 (%29) hastada T4, 15 (%21) hastada T5 olarak bulundu. Median değer; ÜEV için T4, ÜNV için T2 vertebradır (Çizim 62).



Çizim 62. Olguların üst end vertebra (ÜEV) ve üst nötral vertebra (ÜNV) dağılımı

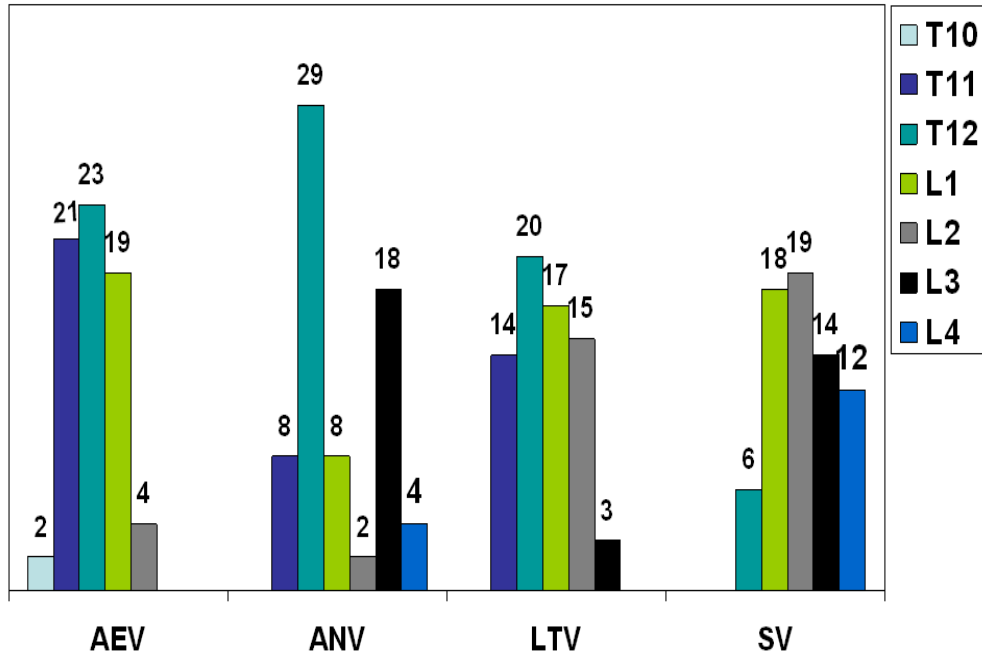
Torakal apikal vertebra; 1 hastada T6, 2 hastada T7, 21 hastada T8, 28 hastada T9 (%41), 15 hastada T10 ve 2 hastada T11 olarak tespit edildi. Median değer, T9 vertebradır.

Alt end vertebra (AEV), 2 (%3) hastada T10, 21 (%30) hastada T11, 23 (%33) hastada T12, 19 (%28) hastada L1, 4 (%6) hastada L2 olarak tespit edildi. Median değer, T12 vertebradır (Çizim 63).

Alt nötral vertebra; 8 (%12) hastada T11, 29 (%42) hastada T12, 8 (%12) hastada L1, 2 (%3) hastada L2, 18 (%25) hastada L3, 4 (%6) hastada L4 olarak ölçüldü. Median değer, T12 vertebradır (Çizim 63).

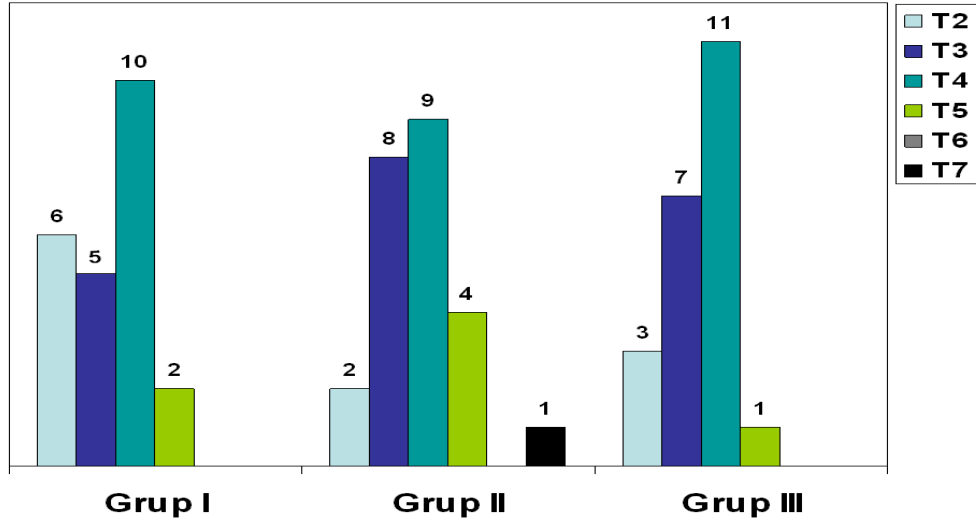
Last touching vertebra (LTV); 14 (%20) hastada T11, 20 (%29) hastada T12, 17 (%24) hastada L1, 15 (%22) hastada L2, 3 (%5) hastada L3 olarak tespit edildi. Median değer, T12 vertebradır (Çizim 63).

Stabil vertebra (SV); 6 (%9) hastada T12, 18 (%26) hastada L1, 19 (%28) hastada L2, 14 (%20) hastada L3, 12 (%17) hastada L4 olarak belirlendi. Median değer, L2 vertebradır (Çizim 63).



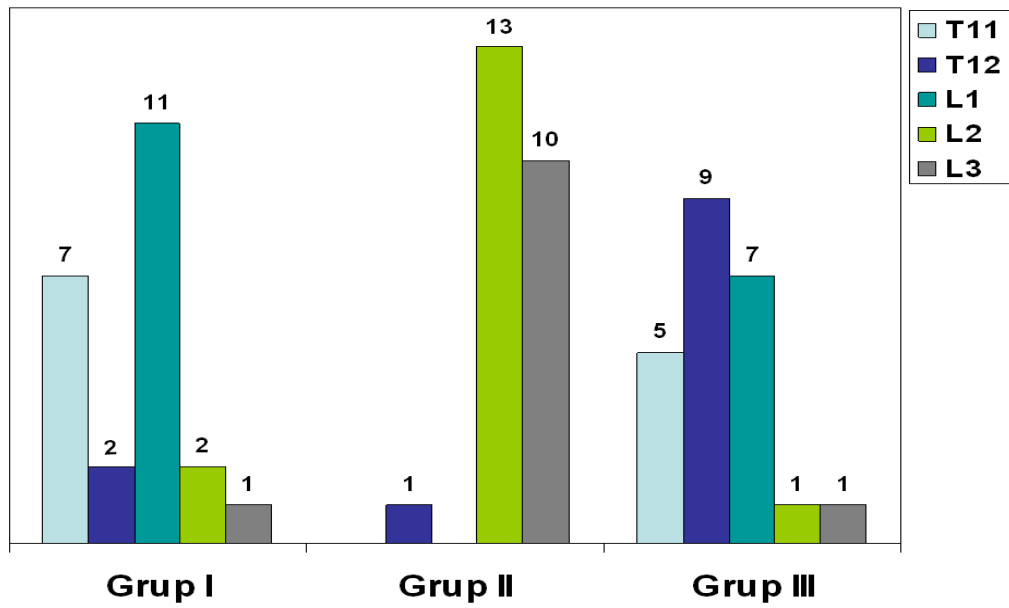
Çizim 63. Olgularımızın Alt End Vertebra (AEV), Alt Nötral vertebra (ANV), Last Touching Vertebra (LTV) ve Stabil vertebra (SV) dağılımı.

Üst enstrumentasyon seviyesi, 11 (%16) olguda T2, 20 (%29) olguda T3, 30 (%43) olguda T4, 7 (%10) olguda T5 ve 1 (%2) olguda T7 vertebradır (Çizim 64). Üst enstrumentasyon seviyesi açısından gruplar arasında istatistiksel fark saptanmadı ($p>0,05$).



Çizim 64. Gruplar arasında üst enstrumentasyon seviyelerinin dağılımı.

Distal enstrumentasyon seviyesi, 12 (%17) olguda T11, 12 (%17) olguda T12, 18 (%26) olguda L1, 15 (%23) olguda L2 ve 12 (%17) olguda L3 vertebra seçilmiştir (Çizim 65). Median değer Grup I (n=23) için L1, Grup II (n=24)'de L2 ve Grup III (n=22)'de T12 vertebra'dır (Çizim 65). Distal enstrumentasyon seviyesi açısından Grup II olgular, Grup I ve III olgulara kıyasla anlamlı olarak daha distal seviyede sonlanmaktadır ($p<0,001$).



Çizim 65. Gruplar arasında distal enstrumentasyon seviyelerinin dağılımı.

Tüm hastalar alt end vertebranın distalindeki lomber vertebraların rotasyon yönüne göre 3 gruba ayrıldı. Bu 3 grup arasındaki demografik ve radyolojik farklar Çizelge 6 'da gösterilmektedir.

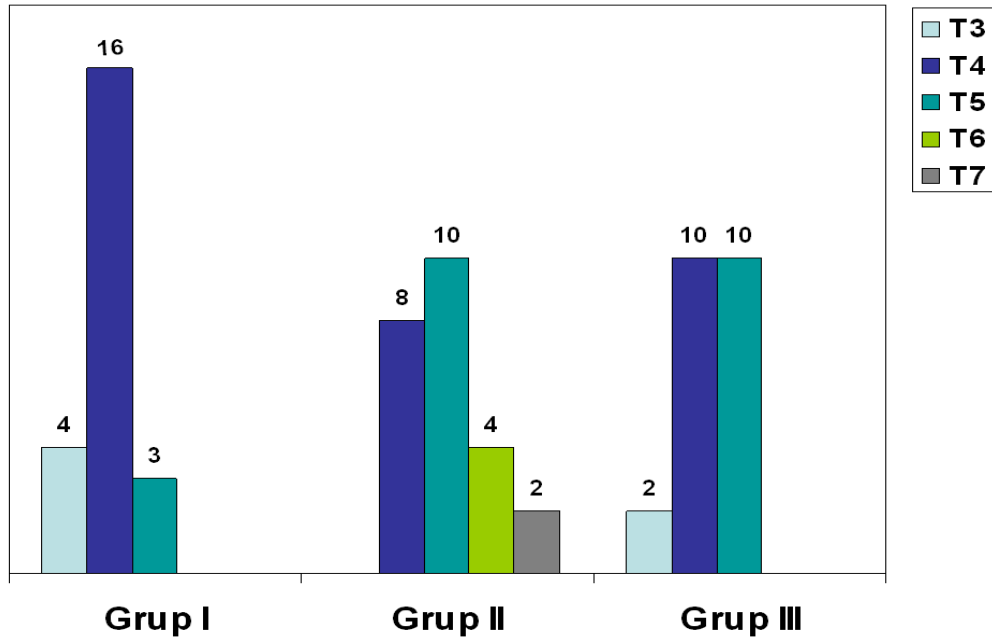
Ortalama	Grup I (n=23)	Grup II (n=24)	Grup III (n=22)	TÜM GRUP ORT.	p
Yaş(y)	12,6±3,1	13,7±2,7	12,9±2,6	14,1±2,8	0,55
Cinsiyet(K/E)	17/6	22/2	17/5	56/13	0,27
Takip süresi(ay)	65±23,9	63 ±23,7	66±22,2	64±23,1	0,22
Apikal vertebra, median değer	T9	T10	T8	T9	0,063
ÜEV, median değer	T4	T5	T4	T4	-
ÜNV, median değer	T2	T2	T5	T2	-
AEV, median değer	T11	L1	T12	T12	-
ANV, median değer	T12	L3	T12	T12	-
LTV, median değer	T12	L2	T12	T12	-
SV, median değer	L2	L4	L1	L2	-
Preop torakal cobb	49,6±5,7	44,6±4,3	46,5±5,6	46,9±5,4	0,01
Erken postop torakal cobb	10,5±6,3	8,5±6,2	9,4±7,8	9,4±6,7	0,53
Geç postop torakal cobb	11,6±7,7	8,9±6,5	9,9±8,1	10,2±7,4	0,49
Koreksiyon oranı	77,3±13,5	81±12,7	81,5±17,2	80±14,5	0,41
Koreksiyon kaybı	2,6±4,7	0,8±2	1,5±2,9	1,6±3,4	0,20
Preop kifoz	28,9±11,9	24,8±10,7	25,7±11,5	26,5±11,4	0,48
Postop Kifoz	24,9±7,5	24,4±5,9	24,4±5,4	24,6±6,3	0,95
Preop AVR	-26,3±3,4	-20,8±3,2	-23,1±3,4	-23,4±4,1	0,0001
Preop GKB(mm)	-1,1±9,5	-4,6±7,9	-5,7±8,2	-3,8±8,7	0,178
Geç postop GKB(mm)	0,9±6,6	-0,1±2,7	1,4±8,7	0,7±6,4	0,728
Preop GSB(mm)	-19,6±14,4	-16,5±13,1	-13,6±13,4	-16,5±13,2	0,514
Geç postop GSB(mm)	-16,8±12,9	-17,4±12	-9,3±14	-14,6±13,2	0,127

Çizelge 6. Tüm gruplara ait demografik ve radyolojik ölçümler (ÜEV: Üst end vertebra, ÜNV: Üst nötral vertebra, AEV: Alt end vertebra, ANV: Alt nötral vertebra, LTV: Last touching vertebra, SV: Stabil vertebra, AVR: Apikal vertebral rotasyon, GKB: Global koronal balans, GSB: Global sagittal balans).

4.1. Koronal Plan Analizi

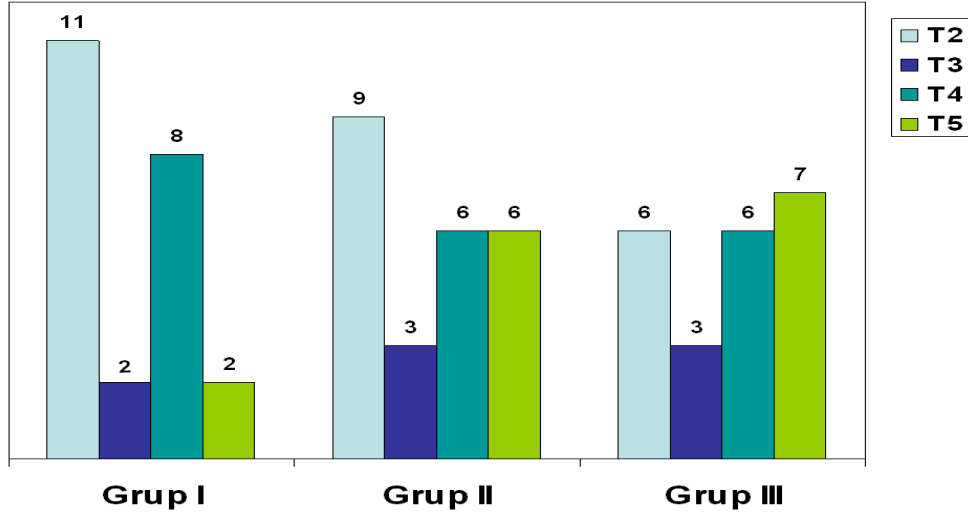
Ameliyat öncesi major torasik eğriliğin ortalama cobb değeri $46,9^\circ$ ($40,7-65$) iken, erken postoperatif dönemde $9,4\pm 6,7$ ve takiplerde $10,2\pm 7,4$ olarak tespit edildi. Grup I ($n=23$) hastalarda ortalama cobb açısı $49,6^\circ$ ($41,3^\circ-65^\circ$), Grup II ($n=24$)'de $44,6^\circ$ ($40,8^\circ-51^\circ$) ve Grup III ($n=22$)'de $46,5^\circ$ ($40,7^\circ-63^\circ$) 'dir. Gruplar arası karşılaştırmada Grup I hastalarda preoperatif cobb açısının, Grup II ve Grup III'ye kıyasla daha fazla olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edildi ($p=0,01$). Ameliyat sonrası erken dönem ve takip röntgenleri arasında koreksiyon oranı ve koreksiyon kaybı istatistiksel olarak ($p>0,05$) anlamlı değerlendirilmedi.

Grup I hastalarda üst end vertebra T3 (4), T4 (16) veya T5 (3) vertebra, Grup II hastalarda T4 (8), T5 (10), T6 (4) veya T7 (2) vertebra, Grup III hastalarda T3 (2), T4 (10) veya T5 (10) vertebra olabilir. Median değer, Grup I'de T4 (%70) vertebra, Grup II'de T5 (%42) vertebra ve Grup III'de T4(%45) ve T5(%45) vertebradır. Grup II hastalarda üst end vertebra, Grup I ve III 'e kıyasla daha distalde olabilir (Çizim 66).



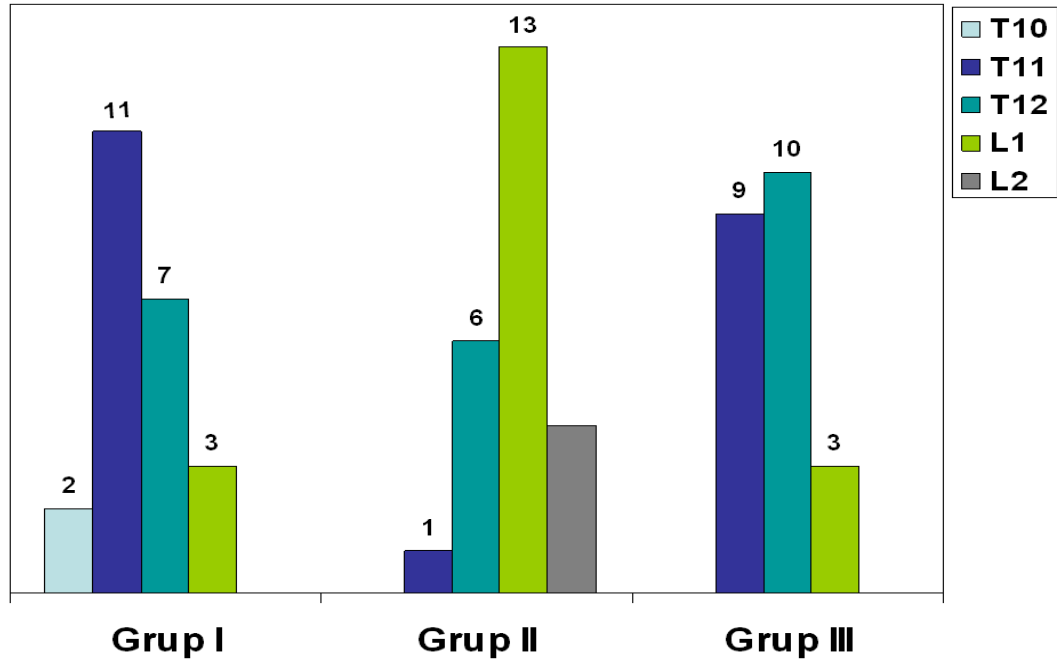
Çizim 66. Gruplar arasında üst end vertebra dağılımı.

Her üç grupta üst nötral vertebra T2, T3, T4 veya T5 vertebra olabilir. Median değer Grup I hastalarda T2 (%48), Grup II hastalarda T2 (%37) vertebra, Grup III hastalarda T5 (%32) vertebradır (Çizim 67).



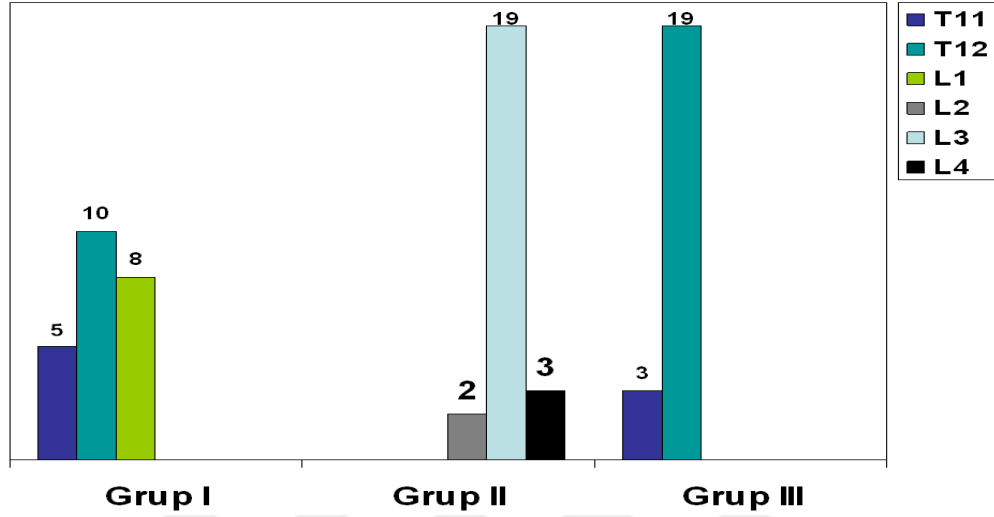
Çizim 67. Gruplar arasında üst nötral vertebra dağılımı.

Grup I'de alt end vertebra T10 (2), T11 (11), T12 (7) ve L1 (3); Grup II'de T11 (1), T12 (6), L1 (13) ve L2 (4); Grup III'de T11 (9), T12 (10) ve L1 (3) vertebradır (Çizim 68). Grup I'de median değer T11 (%48) vertebra, Grup II de L1 (%54) vertebra ve Grup III'de T12 (%45) vertebradır. Grup I ve Grup III' de alt end vertebra, Grup II' ye göre daha proksimaldedir.



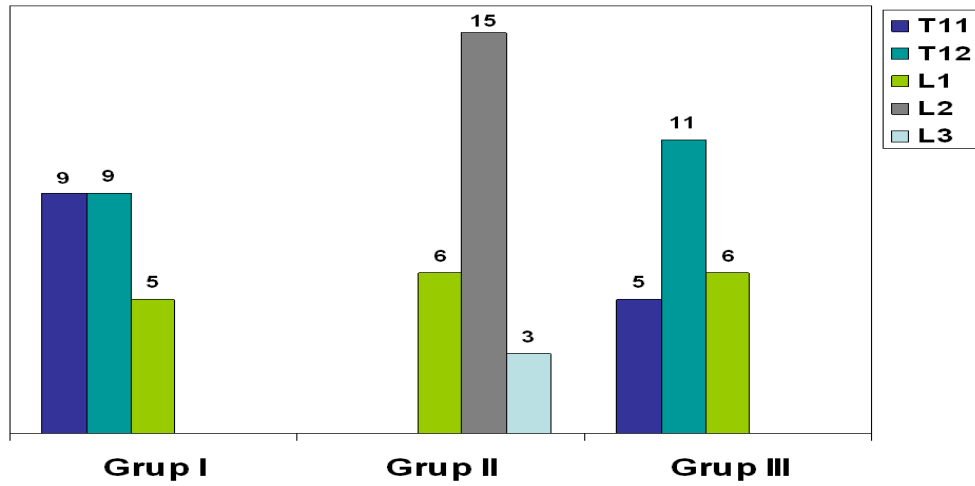
Çizim 68. Gruplar arasında alt end vertebra dağılımı.

Grup I hastalarda alt nötral vertebra T11 (5), T12 (10) veya L1 (8) iken, Grup II hastalarda L2 (2), L3 (19) veya L4 (3), Grup III hastalarda T11 (3) veya T12 (19) vertebradır (Çizim 69). Median değer, Grup I T12 (%43), Grup II'de L3 (%79) vertebra Grup III'de T12 (%86) vertebra'dır. Grup II hastalarda alt nötral vertebra daha distaldedir.



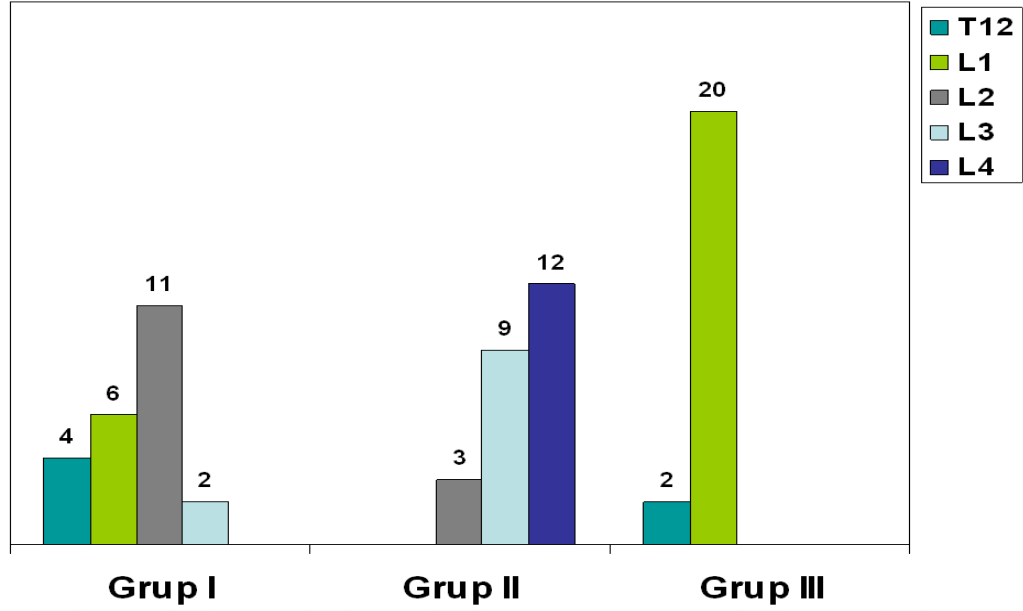
Çizim 69. Gruplar arasında alt nötral vertebra dağılımı.

Grup I hastalarda Last touching vertebra (LTV) T11 (9), T12 (9) veya L1 (5) Grup II hastalarda L1 (6), L2 (15) veya L3 (3), Grup III hastalarda T11 (5), T12 (11) veya L1 (6) vertebradır (Çizim 70). Median değerler, Grup I için T11 (%39) ve T12 (%39), Grup II için L2 (%65) ve Grup III için T12 (%50) vertebradır.



Çizim 70. Gruplar arasında last touching vertebra dağılımı.

Grup I’de stabil vertebra T12 (4), L1 (6), L2 (11) ve L3 (2), Grup II’de L2 (3), L3 (9) ve L4 (12), Grup III’de T12 (2), L1 (20) vertebradır (Çizim 71). Median değer Grup I’de L2 (%48), Grup II’de L4 (%50) ve Grup III’de L1(%91) vertebradır. Grup II de stabil vertebra daha distal yerleşim gösterir.

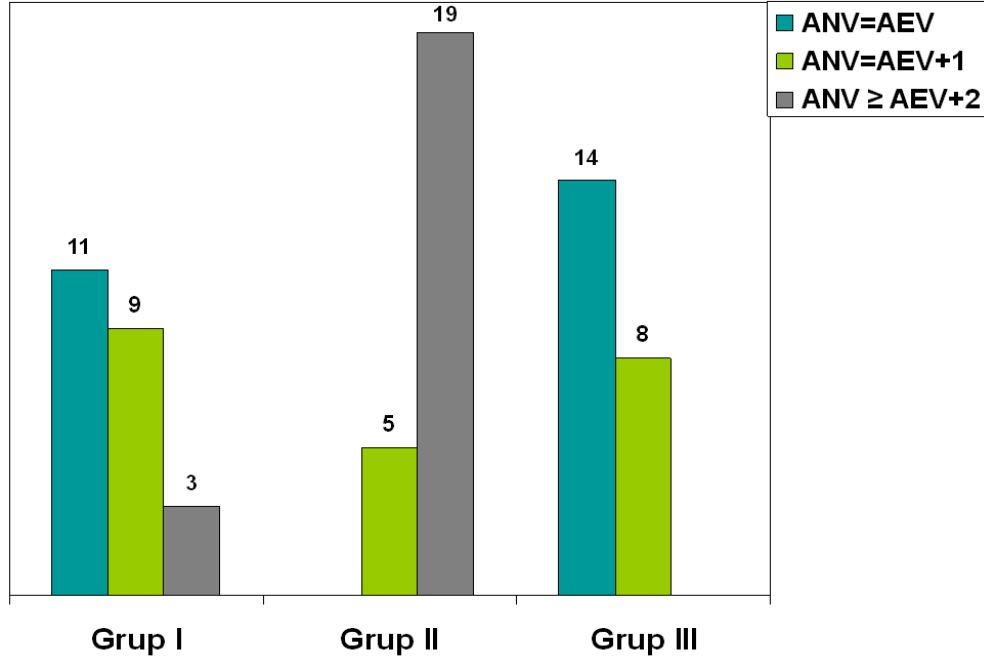


Çizim 71. Gruplar arasında stabil vertebra dağılımı.

Çalışmamızda Grup I olarak sınıflanan 23 hastanın 11 (%48)’inde Alt Nötral Vertebra (ANV)=Alt End Vertebra (AEV), 9 (%39)’unda ANV=AEV+1, 3 (%3)’ünde ANV=AEV+2 olarak bulundu (Çizim 72). Distal füzyon seviyesi 22 (%96) hastada ANV veya ANV+1 vertebra seçilmiştir. 1(%4) olguda ANV-1 olarak seçilmiştir.

Grup II olarak sınıflanan 24 hastanın 5 (%21)’inde ANV=AEV+1, 19 (%79)’unda ANV \geq AEV+2 olduğu tespit edildi (Çizim 72). Distal füzyon seviyesinin 22 (%92) hastada ANV veya ANV-1, 2 (%8) hastada ANV-2 olduğu bulundu.

Grup III’te yer alan 22 hastanın 14 (%64)’ünde ANV=AEV, 8 (%36) hastada SV=ANV=AEV+1 vertebra olduğu tespit edildi (Çizim 72). Distal füzyon seviyesinin 10 (%45) hastada ANV, 9 (%41) hastada ANV+1=SV ve 3 (%14) hastada ANV-1 vertebra olduğu bulundu.



Çizim 72. Gruplar arasında Alt Nötral Vertebra (ANV)'nın Alt End Vertebra (AEV) ile ilişkisi.

Çalışmamızda 69 hastanın 31 (%43)'inde L4 vertebra horizontal, 18 (%26)'inde L4 vertebra sağa tilt, 20 (%31)'inde L4 vertebra sola tilt olarak bulundu. L4 vertebra tiltinin gruplar arası dağılımında, Grup I (n=23) hastaların % 96 (22 hasta)'i nötral, Grup II (n=24) hastaların %75(18 hasta)'i sağa tilt, Grup III (n=22) hastaların %86 (19 hasta)'sı sola tilt olarak bulundu.

Olgular global koronal balans yönünden incelendiğinde, ameliyat öncesinde Grup I 'de -16,7 mm ile +16 mm arasında (ort. -1,1 mm) , Grup II 'de -31 mm ile +9 mm (ort.-4,6 mm), grup III'te -34,4 ile +5,6 arasında (ort.-5,7 mm) ölçüldü. Takip röntgeninde Grup I'de -9,7 ile +24 mm arasında (ort.0,9 mm), Grup II'de -9,5 ile +5 mm(ort.-0,1), Grup III'te -8,7 ile + 32,2 mm arasında(ort.1,4 mm) ölçüldü. Gruplararası istatistiksel karşılaştırmalarda anlamlı fark tespit edilmedi (p>0,05).

4.2. Sagittal Plan Analizi

Lenke tip 1A idiopatik skolyozu olan olgularımızda, 2 (%3) hastada hipokifoz (<10°), 59 hastada normokifoz (10°-40°) ve 8 hastada hiperkifoz (>40°) vardı. Hipokifozu olan 2 olgu Grup II'de yer alıyordu. Hiperkifozu olan 8 olgunun 5 'i Grup I, 1'i Grup II ve 2'si Grup III 'de yer alıyordu.

Ameliyat öncesi T5-T12 kifoz açısı ortalama $26,5^{\circ}$ ($4,6^{\circ}$ - 65°) olarak ölçüldü. Ameliyat öncesi ortalama torakal kifoz açısı; Grup I'de $28,9^{\circ}$ (9° - 53°), Grup II'de $24,8$ ($4,6^{\circ}$ - 56°) ve Grup III'te $25,7^{\circ}$ ($11,2^{\circ}$ - 65°) olarak ölçüldü.

Ameliyat sonrası geç dönemde ortalama torakal kifoz açısı; Grup I'de $24,9^{\circ}$ (13° - 42°), Grup II'de $24,4^{\circ}$ ($11,2^{\circ}$ - 34°), Grup III'te $24,4\pm 5,4^{\circ}$ (14° - 33°) olarak ölçüldü.

Gruplar arasında ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası torakal kifoz açılarının istatistiksel karşılaştırılmasında anlamlı fark elde edilmedi ($p>0,05$). Grup içi preop torakal kifoz, apikal vertebral rotasyon ve cobb açısı karşılaştırıldığında, aralarında pozitif ilgilileşim olduğu tespit edildi ($p=0,024$, $r=0,31$).

Ameliyat öncesinde olgular sagittal denge açısından değerlendirildiğinde; Grup I'de $-19,6$ mm (-62 mm ile $+2,4$ mm arası), Grup II'de $-16,5$ mm (-41 mm ile $+14,2$ mm arası), Grup III'de $-13,6$ mm (-35 mm ile $+15,2$ mm arası) olarak ölçüldü.

Ameliyat sonrası geç takip röntgenlerinde sagittal denge; Grup I'de $-16,8$ mm (-49 mm ile 0 arası), Grup II'de $-17,4$ mm (-35 mm ile $+4,5$), Grup III'de $-9,3$ mm ($-30,4$ mm ile 31 mm arası) ölçüldü.

Grupların sagittal denge açısından ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmedi ($p>0,05$).

4.3. Aksiyel Plan Analizi

Olguların aksiyel plan değerlendirilmesinde; ameliyat öncesinde apikal vertebra rotasyonu ortalama $-23,4^{\circ}$ (-11° ile $-29,4^{\circ}$ arası) olarak ölçüldü. Ortalama apikal vertebra rotasyonu Grup I'de $-26,3^{\circ}$ (-15° ile $-29,4^{\circ}$ arası), Grup II'de $-20,8^{\circ}$ (-14° ile $-29,1^{\circ}$ arası), Grup III'de $-27,1^{\circ}$ (-11° ile $-26,4^{\circ}$ arası) olarak ölçüldü. Gruplararası istatistiksel karşılaştırmada anlamlı fark tespit edildi ($p=0,0001$). Bu farklılık, Grup II de vertebral rotasyonun, Grup I ve Grup III'e kıyasla daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Grup I ve Grup III arasında anlamlı fark tespit edilmedi ($p>0,05$). Ameliyat öncesi apikal vertebral rotasyonun, preop kifoz ve cobb açısıyla pozitif korele olduğu tespit edildi ($p=0,024$, $r=0,31$).

4.4. Komplikasyonlar

Çalışmaya dahil edilen olgularda, ameliyat sonrasında enfeksiyon, nörolojik defisit, kaynamama veya implant yetmezliği görülmedi.

69 hastanın 6 (%9)'sında proksimal junctional kifoz gelişti. 6 hastanın 3'ü grup I, diğer 3'ü grup III'te yer alıyordu. PJK gelişen 6 hastanın cinsiyet dağılımı 4'ü kız, 2'si erkekti. PJK'sı olan grupta 3(%50) hastada hiperkifoz (>40) tespit edildi. Postoperatif PJK açısı, PJK'lı grupta ortalama 21derece iken, Non-PJK'lı grupta 7 derece olarak bulundu (p=0,001).

Ortalama preop kifoz açısı PJK'lı grupta 39,9 derece, Non-PJK'lı grupta 25,2 derece olarak bulundu (p=0,027) (Çizelge 7). Postoperatif kifoz açısı PJK'lı grupta 25,5 derece, Non-PJK'lı grupta 24,5 derece olup, ortalama kifoz düzelleme oranları sırasıyla 14 ve 1 derece olarak ölçüldü (p=0,65). Ortalama preop AVR, PJK'lı grupta 24,1, Non-PJK'lı grupta 23,3 olarak ölçüldü (p=0,559). PJK grubunda yer alan 6 hastanın 3'ünde üst enstrumentasyon seviyesi T5 vertebra veya distalinde yer almaktaydı p=0,018) (Çizelge 7). PJK 'lı 6 hastanın 5 (%83)'inde üst enstrumante vertebrada rotasyon olduğu tespit edildi.

	PJK	Non-PJK	p değeri
Sayı	6	63	0,114
Preop kifoz	39,9 ± 18,4	25,2 ± 9,8	0,027
Postop kifoz	25,5 ± 4,9	24,5 ± 6,4	0,65
Preop AVR	24,1 ± 3,9	23,3 ± 4,1	0,559
ÜES T5 ve distali	3	5	0,018
ÜES T4 ve proksimali	3	58	0,751
Geç postop PJK açısı	21± 6,9	7± 3,1	0,001

Çizelge 7. PJK gelişen hastaların analizi.

Çalışmadaki 69 hastanın 33 (%48)'ünde torakal eğriliğin proksimalinde, ana eğriliğe ters yönde rotasyon tespit edildi. Bu 33 hastanın 11'i Grup I, 14'ü Grup II, 8'i Grup III'te bulunuyordu. Ters yönde rotasyonu olan bu hastaların 14'ünde, üst enstrumante

vertebra, proksimal eğriliğin nötral vertebrasının iki veya daha fazla seviye distalinde yer almaktadır. Bu hastaların geç dönem filmlerinde proksimal eğrilikte progresyon olduğu tespit edildi.

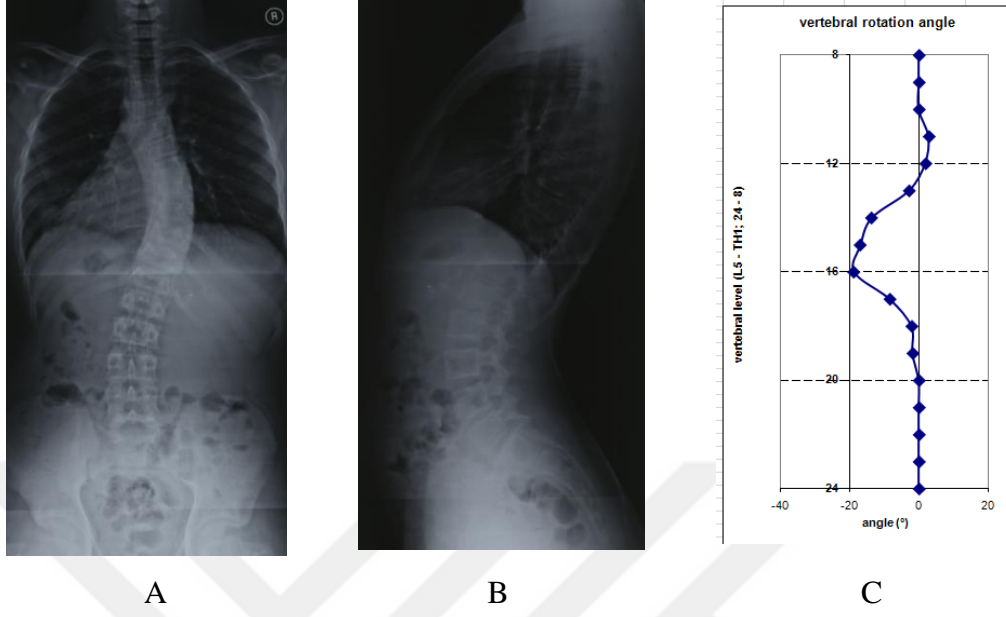
İki hastanın geç takiplerinde distal junctional kifoz gelişti, Grup I'de yer alan ve distal füzyon seviyesi NV-1 olan bir hastaya revizyon cerrahisi yapıldı. Distal füzyon seviyesi stabil vertebranın bir seviye proksimalinde olan ve Grup III'de yer alan bir hastaya cerrahi önerildi.

Grup II'de yer alan distal füzyon seviyesi AEV seçilen, 2 hastada geç takiplerde adding-on deformitesi gelişti.

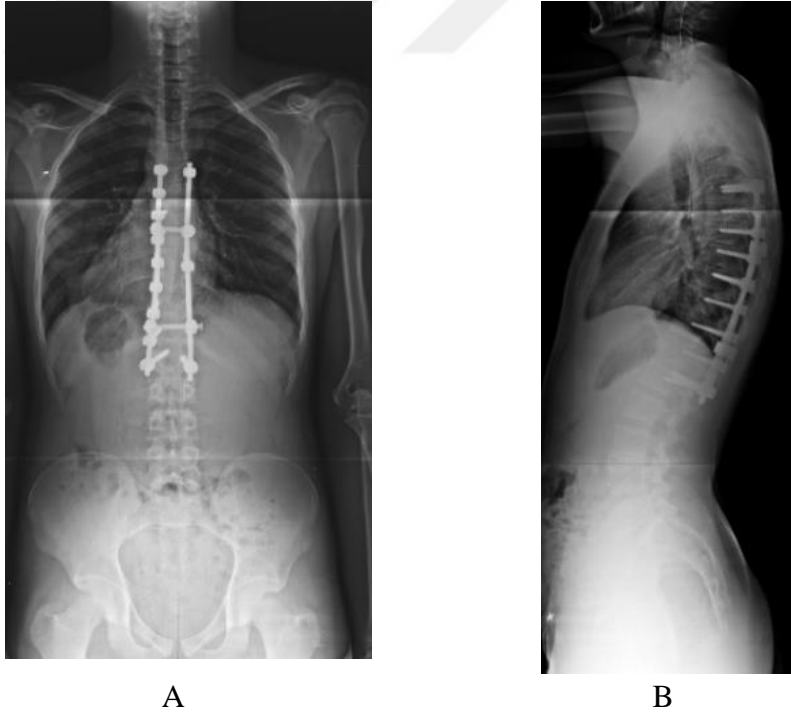


5. OLGU ÖRNEKLERİ

Olgu 1: ÖA, 15E, Lenke 1A, Grup I, T5-L1 posterior enstrumentasyon.

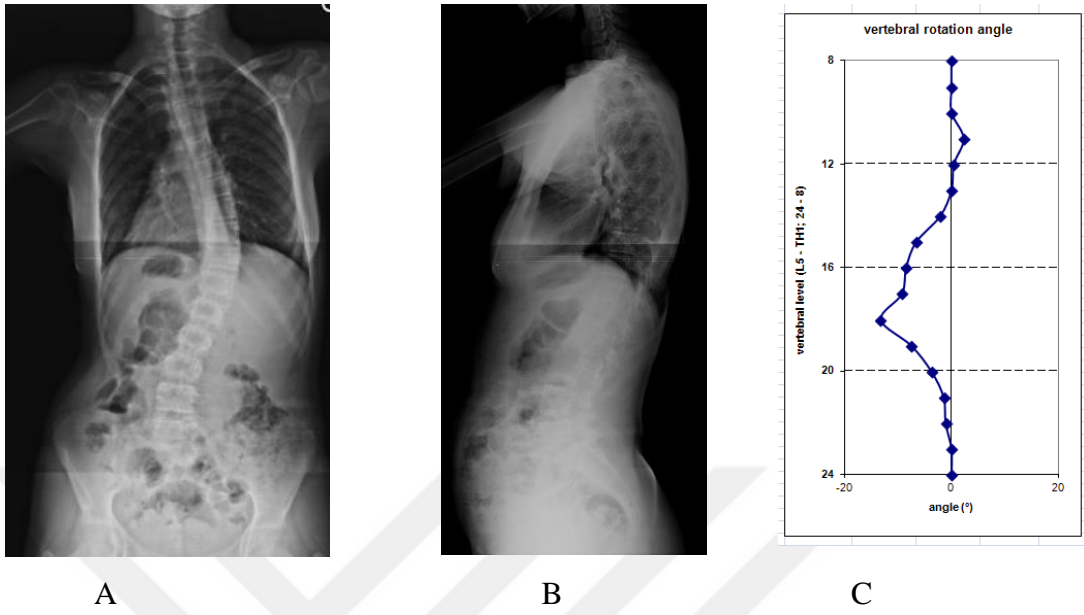


Çizim 73. Preoperatif dönem. A-Ön-arka plan, B-Lateral plan, C-Aksiyel plan analizi

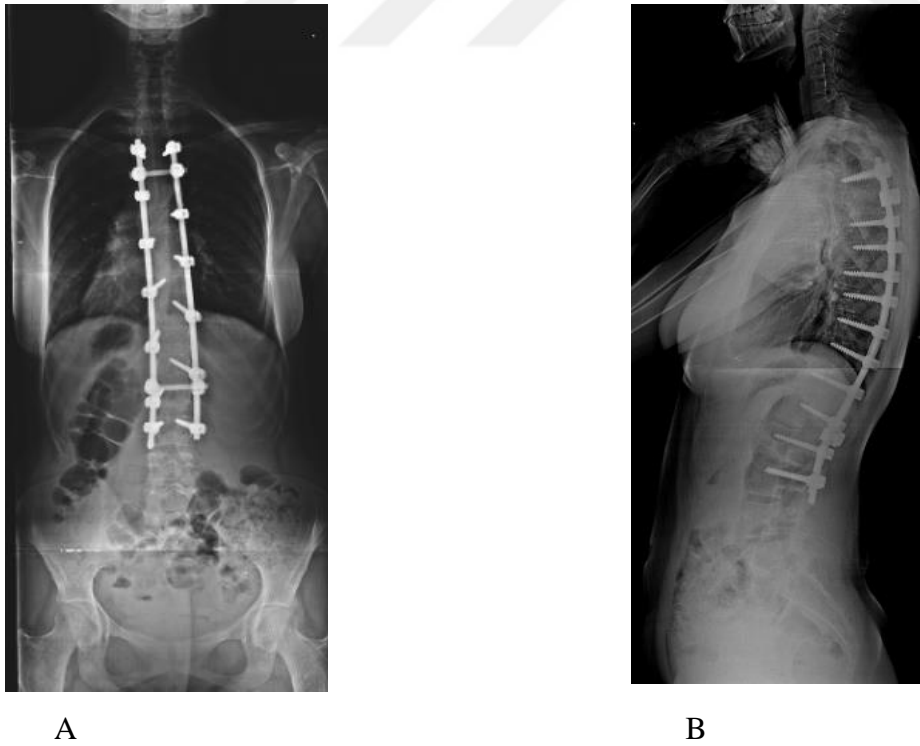


Çizim 74. Geç postoperatif dönem (5.yıl), A-Ön-arka plan. B-Lateral plan.

Olgu 2: ZG, 15K, Lenke 1A, Grup II, T4-L3 posterior enstrümantasyon

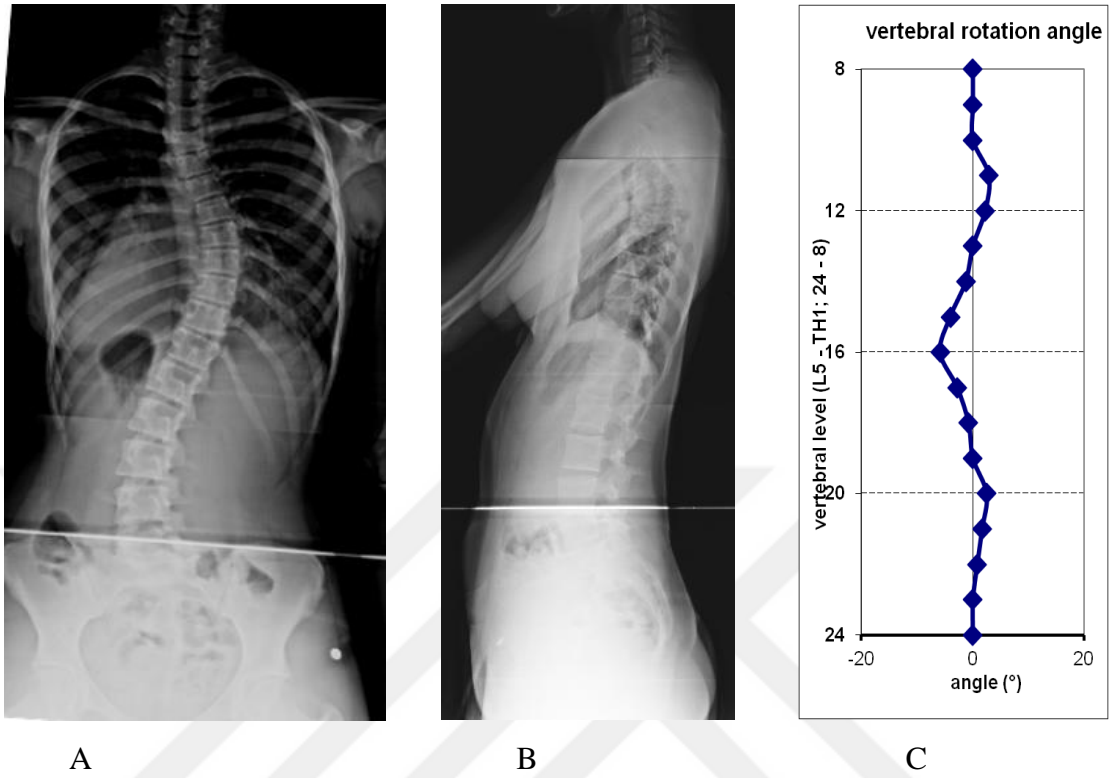


Çizim 75. Preoperatif dönem. A-Ön-arka plan, B-Lateral plan, C-Aksiyel plan analizi

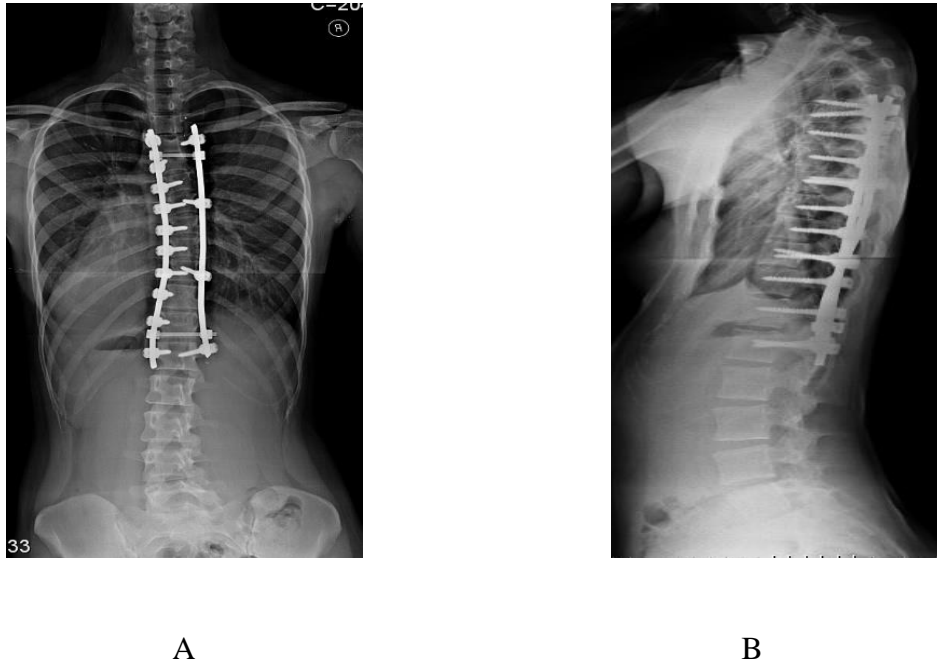


Çizim 76. Geç postoperatif dönem (4.yıl), A-Ön-arka plan. B-Lateral plan.

Olgu 3: BY, 14K, Lenke 1A, Grup III, T4-L1 posterior enstrümantasyon



Çizim 77. Preoperatif dönem. A-Ön-arka plan, B-Lateral plan. C-Aksiyel plan analizi



Çizim 78. Geç postoperatif dönem (4.yıl), A-Ön-arka plan. B-Lateral plan.

6. TARTIŞMA

Skolyoz, omurganın frontal planda 10° ve üzerinde laterale doğru eğriliği olarak tanımlanmış olsa da, deformite tek planda sınırlı kalmamaktadır. Bu üç boyutlu deformitede, frontal planda laterale kayma, aksiyel planda rotasyon ve sagittal planda kifoz ve lordozda değişimler görülmektedir.^{12,48,57,112} Skolyozun cerrahi tedavisinde amaç, solid füzyon sağlayarak progresyonu engellemek, efektif koronal düzelme, sagittal dizilim ve aksiyel derotasyon ile spinal dengeyi sağlamaktır.⁹⁴ Cerrahi tedavi sonrası görülen dekompanasyon, imbalans ve/veya adding-on deformitesinin en önemli nedeni eğriliklerin yanlış sınıflandırılması ve bununla ilişkili olarak hatalı füzyon seviyesi (özellikle distal) seçimidir.¹¹³

Skolyoz için birçok sınıflama yapılmıştır. En yaygın kabul gören sınıflama, Skolyoz Araştırma Cemiyeti tarafından yapılan etyolojiye yönelik sınıflamadır. Tüm skolyoz türleri içerisinde en sık görülen ve tüm yapısal nedenli skolyozların %80'ini oluşturan idiyopatik skolyozdur.^{12,48,114} İdiyopatik skolyoz tanısı, klinik ve radyolojik olarak diğer tüm skolyoz türlerinin ekarte edilmesi ile konulabilir

Skolyozun radyolojik değerlendirilmesinde sınıflama yapılmasının amacı, hekimler arasında ortak bir dil oluşturulması, farklı eğrilik paternlerinin tedavilerinin planlanması ve prognozunun tahmin edilebilmesidir.¹¹⁵

1983 yılında King ve ark. 405 skolyotik hastayı inceleyerek, 5 tip torasik eğrilik saptamışlardır. 1980' li yılların başlarından 2000'li yıllara kadar King Moe sınıflama sistemi adölesan idiyopatik skolyozun değerlendirilmesinde temel sınıflandırma yöntemi olarak kullanılmıştır. King sınıflama sisteminin, King tip II ile King tip III' ü ayırt etmesindeki güçlük; torakolomber, lomber, çift majör ve üçlü majör eğriliği içermemesi, koronal planın değerlendirilip, sagittal ve aksiyel planın göz önünde bulundurulmaması, gözlemciler arası güvenilirliğinin düşük olması en önemli dezavantajlarıdır.^{79,89,115,116}

Üç boyutlu düzeltme sağlayan spinal enstrumanların geliştirilmesi ve deformitenin 3 boyutlu olduğunun anlaşılması üzerine, 2001 yılında Lenke ve ark. tarafından eğrilik tiplerini yapısal kriterlere göre ayıran, koronal ve sagittal planı dikkate alan yeni bir sınıflama yöntemi geliştirilmiştir. Yapısal majör eğriliğin apeksinin lokalizasyonuna göre altı eğrilik tipi tanımlanmış, sagittal plan için sagittal torasik niteleyici, lomber etkilenim derecesini değerlendirmek için lomber omurga niteleyicisi tanımlanmıştır. Bu sınıflama

sistemi tedavi temelli bir sınıflamadır. Yapısal olmayan bölgelere enstrümantasyon gerekmezken, yapısal eğrilik olan bölgelere enstrümantasyon ve füzyon gerekliliği vurgulanmıştır.^{77,80,89,117} Lenke sınıflama sisteminin karmaşık ve kullanımının zor olması, aksiyel planı içermemesi, proksimal ve distal füzyon seviyesi seçiminde yardımcı olmaması önemli dezavantajlarıdır.^{115,116}

Lenke ve King-Moe sınıflamaları kullanılarak aynı radyografilerin farklı cerrahlar tarafından değerlendirilmesi sonucu yapılan kappa istatistiğinde gözlemciler arası uyumun King-Moe sınıflamasında 0,4-0,64 (%40-64) ve Lenke sınıflamasında 0,74-0,92 (%74-92) arasında olduğu bildirilmiştir.¹¹⁷⁻¹¹⁹

Guixing ve ark. Lenke sınıflama sisteminin yetersizliği nedeniyle 2005 yılında 427 idiopatik skolyoz vakasını inceleyerek Peking Union Medical College (PUMC) sınıflamasını yayınlamışlardır. Eğrilikleri tek, çift ve üçlü olmak üzere üç ana grup ve 13 alt tipe ayırmışlardır. Guixing, sınıflandırmasında gözlemciler arası uyum oranını %85 olarak bildirmiştir. Bu sınıflamanın koronal, sagittal ve aksiyel planı içeren 3 boyutlu bir sınıflama olduğunu belirtmelerine rağmen, sadece tip II çift eğriliklerin IIb alt grubunun ayırımında torakolomber kifoz ve Nash-Moe'ya göre vertebral rotasyon derecesi dikkate alınmış olup, diğer eğrilik tiplerinde vertebral rotasyondan bahsedilmemiştir.^{115,116}

Suk, 2011 yılında basit ve öğrenmesi kolay, koronal planda 4 yapısal eğrilikten oluşan sınıflama yayınlamıştır. Bu sınıflamada eğrilikler, tek torasik, çift torasik, çift major ve torakolomber/lomber eğrilikler olarak sınıflandırılmıştır.^{10,11}

King, Lenke, Guixing ve Suk sınıflamaları füzyon seviyelerinin tespitinde aksiyel plan analizinden faydalanmamaktadır.

Distal füzyon seviyesinin tespiti için Miyanji ve ark. Lenke 1A eğrilikleri L4 vertebranın sağa ve sola tiltine göre iki gruba ayırmışlardır. L4 vertebra sağa tilt (1A-R) olan eğriliklerin stabil vertebralarının ve distal füzyon seviyesinin, L4 vertebra sola tilt (1A-L) olan eğriliklere göre daha distalde bulunduğunu ve adding-on riskinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir.⁸ Miyanji çalışmasında distal füzyon seviyesinin nasıl belirleneceğini belirtmemiştir. Şarлак ve ark. Miyanji'den farklı olarak L4 nötral olguların yüzdesinin fazla olduğunu, bu nedenle ideal distal füzyon seviyesinin tespiti için L3 ve L4 vertebra tilti arasındaki ilişkinin önemini belirtmişlerdir.¹ Buna karşın her iki çalışmanın yetersizliği 1A eğriliklerde eğrilik fleksibilitesi ve aksiyel rotasyonun göz önüne alınmamasıdır.

Skolyoz ile ilgili yapılan sınıflamalarda aksiyel plana yer verilmemiştir. Aksiyel plan analizi; cerrahi planlamada, cerrahi düzeltme manevralarında, ameliyat sonrası dekompanasyonu önlemede ve kozmetik görünümde özellikle önemlidir. Üç boyutlu bir deformite olan skolyozun koronal ve sagittal plan değerlendirmesini X-ray ile kolaylıkla yapabilirken, aksiyel komponentini değerlendirmek zordur. Vertebral rotasyon ölçümü sadece cerrahi planlama için değil, eğriliğin prognozu ve progresyonunu tahmin etmede de çok önemlidir. Vertebral rotasyon ölçümünde radiografi, BT, MRI ve USG kullanılmaktadır.^{120,121}

Vertebral rotasyon ölçümünde radiografik olarak Cobb, Nash-Moe, Drerup, Perdriolle ve Raimondi metodları kullanılmaktadır.¹²⁰ Cobb, spinöz süreçleri referans alırken; Nash-Moe, Drerup, Perdriolle ve Raimondi pedikül pozisyonlarını referans alır.^{120,121} Klinik pratikte en sık kullanılan yöntemler Nash-Moe ve Perdriolle metodudur. Normal omurgada vertebral rotasyonun en doğru ölçümünü Bilgisayarlı Tomografinin aksiyel kesitleri verir. BT ile rotasyon analizinde, hastanın supin veya prone yatmasıyla rotasyonun değişmesi, frontal ve sagittal tilt nedeniyle aynı vertebranın farklı kesitlerde görülmesi ve yüksek doz radyasyon maruziyeti önemli dezavantajlardır.^{120,121}

Nash ve Moe, vertebral rotasyon arttıkça spinöz süreç gölgesinin, pedikül gölgesiyle superpoze olduğunu ve Cobb yöntemi ile ölçümün yetersiz olduğunu bildirerek, kendi sınıflamalarını yayınlamışlar. Bu sınıflamada konveks pedikülün, konkav tarafa hareket yüzdesi dikkate alınarak vertebral rotasyon kalitatif olarak ölçülmüştür.¹²² Nash – Moe, vertebral rotasyonu 5 evreye ayırır. Vertebral rotasyonu Perdriolle ve Raimondi metoduna kıyasla daha iyi ölçer. Perdriolle metodu 5 derece, Raimondi metodu 2 derece aralıklarla ölçüm yapar. Lomber ve torakal vertebra cisimleri farklı olduğu için, perdriolle torsiyonmetresi lomber vertebra rotasyonunu, torakal vertebra rotasyonuna göre daha doğru ölçer.^{120,121}

Çalışmamızda kullandığımız vertebral rotasyon ölçüm tekniği, Drerup tarafından geliştirilen, Nash-Moe metodunun modifiye edilerek, pedikül projeksiyonlarının trigonometrik hesaplanması prensibine dayanır. Konkav ve konveks pedikül iç kenarlarının vertebra orta noktasına olan uzaklıkları hesaplanır ve elde edilen sayısal değerler trigonometrik formüle uyarlanır. Drerup, kendi yöntemi ile vertebra rotasyonunun ± 5 derece hata ile ölçülebildiğini bildirmiştir.^{70,71} Literatürde Drerup yöntemiyle

karşılaştırılmış bir ölçüm metodu bulunmamaktadır. Drerup metodunun dezavantajı, 30 derecenin üzerindeki vertebral rotasyonlarda, konkav pedikül projeksiyonu görülemeyeceğinden, doğru ölçüm yapılamamasıdır.¹²¹ Çalışmamızda aksiyel plan analizi için Drerup metodunu seçmemizin nedeni, BT'ye kıyasla radyasyon maruziyetini azaltması ve kabul edilebilir doğruluk derecesiyle rotasyon ölçümü yapılabilmesidir.

Lenke ve arkadaşları tarafından yayınlanan bir çalışmada, adolesan idiopatik skolyozun dağılımları incelenmiş, en sık tip 1A eğriliklerin (%19) görüldüğü bildirilmiştir.² Bizim çalışmamızda Lenke sınıflandırma sistemine göre en sık görülen tip 1A (%25) eğrilikler incelenmiş olup, görülme sıklığı literatürle uyumlu olarak değerlendirilmiştir.¹

Grup I eğrilikler, frontal planda King tip III eğriliklere benzerdir. King tip III eğriliklerde median alt end vertebra T12, alt nötral vertebra T12, stabil vertebra (SV) L2 vertebradır. Nötral vertebra (NV) ile alt end vertebra (AEV) arasındaki seviye farkı 2 seviyeden az, AEV ile SV arası fark 2 seviyeden azdır.⁹

Grup II eğrilikler, frontal planda King tip IV eğriliklere benzerdir, L3 veya L4 vertebra sağa tilttir. King tip IV eğriliklerde median alt end vertebra T12-L1, alt nötral vertebra L3, stabil vertebra (SV) L4 vertebradır. Nötral vertebra (NV) ile alt end vertebra (AEV) arasındaki fark 2 seviyeden fazla, AEV ile SV arası fark 2 seviyeden fazladır.⁹

Grup III eğrilikler, lomber vertebralarda Lenke 1B eğriliklere benzer şekilde karşı yöne rotasyon vardır.

Xiong ve ark. Cobb açısı 30 derecenin altında olan 132 olgunun ön-arka skolyoz grafisini incelemiş, vertebral rotasyon açısı ile Cobb açısı ve lateral translasyon arasında pozitif korelasyon olduğunu yayınlamışlardır.¹²³ Weiss ve El Obeidi 100 standart skolyoz grafisinde torakal Cobb açısı ve vertebral rotasyon ilişkisini incelemiş ve pozitif korelasyon olduğunu yayınlamışlardır. Özellikle düşük Cobb açılarında bu korelasyonun daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır ($r=0,532, p=0,001$).¹²⁴ Easwar ve ark. 75 idiopatik skolyozlu hastanın bilgisayarlı tomografi analizinin sonucunda vertebral translasyon ve vertebral rotasyonun, Cobb açısıyla pozitif korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir.¹⁶² Bizim çalışmamızda ameliyat öncesi apikal vertebral rotasyonun, Cobb açısıyla pozitif korele olduğu tespit edildi ($p<0,05, r=0,421$). Apikal vertebra rotasyon ve Cobb açısı en yüksek olan Grup I ($49,6\pm 5,7$) ile en düşük olan Grup II ($44,6\pm 4,3$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,01, p=0,0001$).

Ni ve ark. torakolomber/lomber adolesan idiopatik skolyozlu hastalarda yaptıkları çalışmada, torakolomber kifoz artışı ile torakolomber aksiyel vertebral rotasyon arasında pozitif korelasyon olduğunu yayınlamışlardır.¹²⁵ Çalışmamızda da apikal vertebra rotasyonu ile torakal kifoz arasında pozitif korelasyon olduğu tespit edildi (p=0,024, r=0,31).

Spinal dekompanasyon, adding-on ve junctional kifoz gelişimini önlemek için, eğriliklerin füzyon seviyesinin seçimi önemlidir. Füzyon sahasının seçimi üzerinde yoğun tartışmalar halen devam etmektedir. King distal füzyon seviyesini belirlemede stabil vertebrayı, Moe nötral vertebra kullanımını önermiştir. King, özellikle tip II torakal eğriliklerde stabil vertebraya kadar selektif füzyon önermiştir.^{79,87,119} Çalışmamızda distal füzyon seviyesini belirlerken King'e göre stabil vertebrayı seçersek, Grup I eğriliklerde median değer L2 vertebra, Grup II'de L4 ve Grup III'de L1 vertebradır. Distal füzyon seviyesi olarak stabil vertebra seçilecek olursa, füzyon daha distale uzanacak ve lomber hareketli segment sayısı daha az olacaktır. Distal füzyon seviyesini Moe'ya göre nötral vertebra olarak belirlersek Grup I ve III eğriliklerde median değer T12 vertebra, Grup II'de median değer L3 vertebradır. Çalışmamıza kıyasla, Grup II eğriliklerde füzyon bir seviye daha distalde sonlanmaktadır.

Suk, tek torasik eğriliklerde selektif torasik füzyon yapılmasını ve üst enstrumentasyon seviyesi olarak nötral vertebrayı önermiştir. Alt enstrumentasyon seviyesi için, tek torasik eğrilikleri A ve B olarak ikiye ayırmıştır. Tip A'da alt end vertebra (AEV) ile alt nötral vertebra (ANV) arası fark 1 seviyeden azdır. Yani alt nötral vertebra, AEV'ya eşit veya 1 seviye distalindedir. Tip A'da distal füzyon seviyesi alt nötral vertebradır. Tip B'de alt end vertebra ile alt nötral vertebra arası fark 2 seviyeden fazladır ($ANV \geq AEV+2$). Tip B'de distal füzyon seviyesi ANV-1 vertebra olarak önermiştir. Minimum 2 yıl takip ettiği, tek torasik eğriliği olan 42 hastayı yayınlamış ve bu kurallara uyulmayan 14 hastada adding-on deformitesi geliştiğini tespit etmiştir.^{10,11} Potter ve ark. pedikül simetrisine göre nötral vertebra seçiminin gözlemci içi uyumunun iyi olmasına rağmen, gözlemciler arası uyumunun düşük olduğunu bildirmişlerdir.¹¹³ Çalışmamızda nötral vertebra, Drerup formülü ile belirlendiğinden gözlemci içi ve gözlemciler arası uyumu daha yüksektir.¹²⁶ Suk'un yayınlamış olduğu distal füzyon seviyesine göre çalışmamızdaki Grup I olgularda Alt Nötral Vertebra (ANV), Grup II olgularda ANV-1 vertebra seçilmelidir. Geç takiplerde, Grup III olarak sınıflanan ve $ANV=AEV+1$ vertebra olan 1 olguda füzyon,

stabil vertebranın bir seviye proksimalindeki ANV'da sonlanmasına rağmen distal junctional kifoz tespit edildi. Grup III olgular Lenke 1B eğriliklere benzerdir. Bu nedenle distal füzyon seviyesi nötral vertebra yerine stabil vertebra seçilmelidir.

Bjerkreim ve ark cerrahi tedavi edilen adölesan idiyopatik skolyoz olgularının %76'sının kız, %24'ünün erkek olduğunu ve ameliyat esnasında ortalama yaşı 16,8 olarak bildirmiştir.¹²⁷ Benli ve arkadaşları %58,7 kız ve %41,3 erkek oranı ile beraber ortalama yaşı 14,4 olarak bildirmiştir.¹⁶⁸ Bu çalışmada, olguların cinsiyet dağılımlarına bakıldığında %81 kız, %19 erkek olarak bulunmuştur. Ameliyat sırasında hastaların yaşları 11 ile 18 arasında olup, ortalama yaş 14,1 olarak bulunmuştur. Literatür ile karşılaştırıldığında uyumlu olduğu saptanmıştır.^{127,128}

Çalışmamızda frontal planda denge takibinde C7 vertebra spinöz çıkıntısı ile midsakral çizgi arasındaki mesafe ölçümü; ameliyat öncesinde $-3,8 \pm 8,7$ mm tesbit edilmiş, son kontrollerde ise $0,7 \pm 6,4$ mm ölçülmüştür. Literatür ile karşılaştırıldığında uyumlu olduğu saptanmıştır.^{7,129,130}

Distal adding-on fenomeni sıklığı çeşitli araştırmacılar tarafından % 2-13 arasında bildirilmiştir.^{5,6,92} Wang ve ark. distal adding-on fenomeni gelişiminde en önemli nedenlerin iskelet immaturitesi ve alt enstrumete vertebra seviyesinin hatalı seçimi olduğunu bildirmiştir.^{5,6} Suk ve ark. distal füzyon seviyesinin, nötral vertebranın 2 veya daha fazla seviye proksimalinde sonlanmasının adding-on gelişimi için yüksek risk oluşturduğunu bildirmiştir.^{10,92} Çalışmamızda distal füzyon seviyesi AEV seçilen Grup II olarak sınıflanan 2 (%3) olguda distal adding-on deformitesi gelişti. Literatür ile uyumlu olarak adding-on gelişiminde en önemli faktörün hatalı seviye seçimi olduğu düşünüldü.

Adolesan idiyopatik skolyozlu hastaların sagittal plan analizlerinde, ameliyat öncesi normal sınırlarda olan kifoz değerlerinin korunduğu, preoperatif hipokifotik olguların ise büyük kısmının postoperatif normokifotik olduğu bildirilmiştir.^{110,131-134} Çalışmamızda, ameliyat öncesi ortalama $26,5^\circ$ ölçülen torakal kifoz değerleri, ameliyat sonrası son kontrollerde ise $24,6^\circ$ olarak ölçülmüştür. Ameliyat öncesinde ortalama $-16,5$ mm olan sagittal balans mesafesi, son kontrollerde $-14,6$ mm olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre hastalarımızda ameliyat öncesi ve sonrasında sagittal plan dengesi sağlanmıştır.

Lee ve ark. yapmış oldukları çalışmada 69 adolesan idiyopatik skolyoz hastasının 32 (%46)'sinde posterior spinal füzyon sonrası proksimal junctional kifoz (PJK) gözlemlenmiştir. Lee ve ark. PJK'nın torakolomber sagittal dizilim veya lomber lordozdaki

değişikliklere sekonder olarak ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Bu çalışmaya göre, en üstteki enstrümente vertebranın bir seviye proksimalindeki preop kifozun 5 derecenin üzerinde olmasının, postoperatif PJK riskini arttırdığını belirtmişlerdir. Bu nedenle T3-T5 arasında sonlanan implantlarda, 5 derecenin üzerinde segmental kifozu olan proksimal segmentlerin, junctional kifozu önlemek açısından enstrümente alana dâhil edilmesini önermişlerdir.¹³⁵ Kim ve ark. yapmış oldukları çalışmada minimum 5 yıl takibi olan ve posterior enstrumentasyon yapılan 193 adolesan idiyopatik skolyoz hastasının %26'sında PJK geliştiğini belirtmişlerdir. Kim ve ark. PJK gelişiminde risk faktörü olarak torakoplasti, hibrid enstrumentasyon (proksimal hook ve distal pedikül vidası) ve preop torakal kifoz varlığını bildirmişlerdir.¹³⁶ Hollenbeck ve ark. yaptıkları çalışmada PJK sıklığı % 9,2 olup, herhangi bir risk faktörü bildirmemişlerdir.¹³⁷ Çalışmamızda PJK sıklığı %9 olarak bulundu. Çalışmamızın sonucunda PJK gelişiminde tespit ettiğimiz risk faktörleri; preop torakal kifoz, üst enstrümente vertebranın preoperatif rotasyonunun olması (%83), üst enstrumentasyon seviyesinin T5 veya daha distalde olmasıdır ($p<0,05$). Risk faktörü olarak sadece preop torakal kifozun, Kim ve ark. çalışmalarıyla korele olduğu tespit edildi. Üst enstrümente vertebra, üst nötral vertebranın iki veya daha fazla seviye distalinde yer alan %20 olgumuzda geç dönemde füzyon seviyesinin proksimalindeki vertebralarda eğriliğin progrese olduğu tespit edildi. Proksimal eğriliği progresyona uğrayan bu olgularda PJK tespit edilmedi. Hatalı üst enstrumentasyon seviyesi seçiminin, ya PJK gelişmesine ya da proksimal eğrilik artışına neden olduğu tespit edildi.

Lowe ve ark. posterior enstrumentasyon ve füzyon sonrası distal junctional kifoz (DJK) sıklığını %14,6 olarak bildirmiştir. Lowe ve ark. DJK gelişiminde preop torakolomber kifoz ve distal füzyonun end vertebrada sonlanmasını risk faktörü olarak bildirmişlerdir.⁴ Bizim çalışmamızda DJK sıklığı %3 olarak tespit edildi. Distal füzyon seviyesi Grup I'de NV-1 ve Grup III'de SV-1 olan 2 olguda geç takiplerde DJK gelişti. Bu hastalarda Lowe ve ark. bildirmiş olduğu risk faktörlerinden herhangi biri saptanmadı.

Çalışmamızın kısıtlılıkları, retrospektif ve tek merkezli olması, çalışmaya dahil edilen hasta sayısının az olmasıdır. Daha çok hasta sayısı ile prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER:

-Spinal füzyon seviyesinin tayini, idiopatik skolyozda cerrahi korreksiyonun postoperatif sonuçlarını etkileyen en önemli faktördür.

- Füzyon sahasının yanlış seçilmesi, major veya kompensatuar eğriliğin az veya fazla korreksiyonu, eğriliğin stabilizasyonunda başarısızlık, füzyon yapılmayan sahada eğriliğin progresyonu, gövde dengesizliği ve dekompansasyonla sonuçlanabilir.

-Tüm Lenke 1A eğrilikleri, sınıflama ve füzyon seviyesi seçimi yönünden tek grupta değerlendirmek uygun görülmemektedir.

-Çalışmamızda aksiyel plan analizine göre saptanan 3 farklı Lenke 1A eğrilik paterninin her biri farklı distal füzyon seviyesi gerektirmektedir.

-Distal füzyon seviyesi seçiminde Grup I hastalarda nötral vertebra, Grup II hastalarda nötral vertebra-1 ve Grup III hastalarda stabil vertebrayı önermekteyiz.

-Grup I ve Grup III hastalara selektif torasik füzyon uygulanabilirken, Grup II hastalarda füzyon seviyesi daha distale uzanmaktadır.

-Grup II hastalarda vertebral rotasyon miktarı az olduğundan, düzeltme manevraları sırasında dekompansasyona dikkat edilmelidir.

-Grup III hastalarda lomber kompensatuar eğrilikte, ana eğriliğe ters yönde rotasyon olduğundan, ana eğriliğe aşırı derotasyon ve korreksiyondan kaçınılmalıdır.

8. ÖZET

Lenke tip 1A Adolesan İdiopatik Skolyozda Aksiyel Plan Analizi ve Aksiyel Analizin Distal Füzyon Seviyesine Katkısı

Giriş ve Amaç: Lenke 1A grubu eğrilikler, en sık rastlanan adolesan idiopatik skolyoz grubu olmasına karşın, optimal distal füzyon seviyesi tartışmalıdır. Çalışmamızın amacı Lenke 1A tipi adolesan idiopatik skolyozu olan olgularımızı aksiyel plan analizine göre sınıflayarak optimal distal füzyon seviyesinin belirlenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Cobb açısı 41-65° arasında değişen ve Lenke tip 1A skolyozu olan 69 (56 kız,13 erkek) hasta çalışmaya alındı. Standart ayakta ön-arka ve lateral omurga radyografilerinden koronal, sagittal ve aksiyel parametreler ölçüldü. Aksiyel plan analizi Drerup metodu ile yapıldı. Aksiyel plan analizi sonucunda Lenke 1A olgular, lomber vertebra rotasyonuna göre 3 farklı gruba ayrıldı.

Bulgular: Grup I olgularda, alt end vertebranın distalindeki lomber vertebralarda nötral rotasyon bulunur. Grup II olgularda, lomber vertebralarda ana torakal eğrilikle aynı yönde rotasyon bulunur. Grup III olgularda lomber vertebralarda ana torakal eğrilikle karşı yönde rotasyon bulunur. Major torasik eğriliğin ortalama cobb değeri 46,9° (41-65)'du. Apikal vertebra rotasyonu ortalama -23,4±4,1° olarak ölçüldü.

Sonuç: Aksiyel plan analizi, Lenke 1A eğriliklerde distal füzyon seviyesinin belirlenmesinde güvenilir bir yöntemdir. Uygun distal füzyon seviyesi Grup I hastalarda nötral vertebra, Grup II hastalarda nötral vertebra -1 ve Grup III hastalarda stabil vertebra olabilir.

Anahtar sözcükler: Lenke 1A; Aksiyel plan analizi; Vertebra rotasyonu; nötral vertebra; Drerup metodu.

9. ABSTRACT

Axial Plane Analysis of Lenke 1A Adolescent Idiopathic Scoliosis and Contribution to the Distal Fusion Level of Axial Analysis

Introduction and purpose: Lenke 1A scoliosis is the most common type of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) however the optimum selection of distal fusion level has been area of controversy. The purpose of this study is to classify Lenke 1A curves according to lumbar axial plane analyses to determine optimal distal fusion level selection.

Materials and methods: Sixty nine patients (56 women, 13 men) who had Lenke Type 1A curves with Cobb angles between 41° and 65° were included in the present study. Coronal, sagittal, and axial parameters were measured from standard standing anteroposterior and lateral whole-spine radiographs. Axial plane analysis was performed with the method described by Drerup. In critically analyzing Lenke 1A curves in the axial plane, patients were divided into three groups depending on lumbar vertebral rotation.

Results: In Group I, the rotation of lumbar vertebral rotation was accepted as neutral. In Group II, the direction of lumbar vertebral rotation was same with other vertebrae in the main curve. In Group III, the rotation of lumbar vertebral rotation had opposite direction with vertebrae in the main curve. The mean thoracic Cobb angle of patients with Lenke 1A idiopathic scoliosis was $46,9^{\circ}$ (range 41° – 65°). The mean apical vertebral rotation (AVR) angle of Lenke 1A idiopathic curves was $-23,4 \pm 4,1^{\circ}$

Conclusions: It seems that axial plane analyses might be a reliable method to select ideal distal fusion level in Lenke type 1A curves. In group 1 Neutral Vertebra (NV), in group 2 NV-1, in group 3 stable vertebra might be the appropriate distal fusion level.

Keywords: Lenke 1A; Axial plane analysis; Vertebra rotation, Neutral vertebra, Drerup's method.

10. KAYNAKLAR

1. Sarlak AY, Atmaca H, Kim WJ, Musaoğlu R, Tosun B. Radiographic Features of the Lenke 1A Curves to Help to Determine the Optimum Distal Fusion Level Selection. *Spine* 2011;36(19):1592-1599.
2. Lenke LG, Betz RR, Clements D, et. al. Curve prevalence of a new classification of operative adolescent idiopathic scoliosis: does classification correlate with treatment? *Spine* 2002;27(6):604-11.
3. Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C. Ability of Cotrel-Doubousset instrumentation to preserve distal lumbar motion segments in adolescent idiopathic scoliosis patients. *J Spinal Disord* 1993;6(4):339-350.
4. 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* 2006;31(3):299-302.
5. Wang Y, Bünger CE, Zhang Y et al. Distal Adding-on in Lenke 1A Scoliosis How to More Effectively Determine the Onset of Distal Adding-on. *Spine* 2013;38(6):490-495.
6. Wang Y, Hansen ES, Hoy K, Wu C, Bünger CE. Distal Adding-On Phenomenon in Lenke 1A Scoliosis Risk Factor Identification and Treatment Strategy Comparison. *Spine* 2011;36(14):1113-1122.
7. Bridwell KH, Mc Allister JW, Betz RR et al. Coronal Decompensation Produced by CD Derotation Manuever. *Spine* 1991;16(7):769-777.
8. Miyanji F, Pawelek JB, Van Valin SE et al. Is the lumbar modifier useful in surgical decision making? Defining two distinct Lenke 1A curve patterns. *Spine* 2008;33:2545–51.
9. Parisini P, Di Silvestre M, Lolli F, Bakaloudis G. Selective thoracic surgery in the Lenke type 1A: King III and King IV type curves. *Eur Spine J* 2009(Suppl 1):S82–S8.
10. Suk SI, Lee SM, Chung ER, Kim JH, Kim WJ, Sohn HM. Determination of distal fusion level with segmental pedicle screw fixation in single thoracic idiopathic

- scoliosis. Spine. 2003;28(5):484-91.
11. Suk SI. Pedicle Screw Instrumentation for Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Insertion Technique, the Fusion Levels and Direct Vertebral Rotation Clinics in Orthopedic Surgery 2011;3:89-100.
 12. Herring JA. Tachdjian'ın Pediatrik Ortopedisi. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri, 2012.
 13. Elias SV, Theodoros BG, Angelos K. Historical overview of spinal deformities in Ancient Greece. Scoliosis J. 2009;4:6.
 14. Sarı H, Mısırlıoğlu TÖ, Akarırmak Ü, Hussain S, Keçebaş HD. The Historical Development and Proof of Lumbar Traction Used in Physical Therapy. Journal of Pharmacy and Pharmacology 2014;2:87-94.
 15. Yalnız E, Çiftdemir M, Eşkin D, Dülger H. Torakal omurgada pedikül vidası ile tespitin güvenilirliği. Acta Orthop Traumatol Turc 2009;43(6):522-527.
 16. Heary RF, Madhavan K. The History of Spinal Deformity. Neurosurgery 2008;63(3):5-15.
 17. Gruber P, Boeni T. History of Spinal Disorders. In: Boos N, Aebi M, eds. Spinal Disorders. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg; 2008;1-33.
 18. Knoeller SM, Seifried C. History of Spinal Surgery. Spine 2000;25(21):2838–2843.
 19. Kabins MB, Weinstein JN. The History of Vertebral Screw and Pedicle Screw Fixation. Iowa Orthop J. 1991;(11):127–136.
 20. Hall JE. Spinal surgery before and after Paul Harrington. Spine 1998;23(12):1356-61.
 21. Mohan AL, Das K. History of surgery for the correction of spinal deformity. Neurosurg Focus 2003;14(1):1-5.
 22. Drummond DS. Four Decades of Advancement for the Surgical Treatment of Spinal Deformity. University of Pennsylvania Orthopaedic Journal 2009;19.
 23. Kaneda K, Shono Y, Satoh S, Abumi K. Anterior Correction of Thoracic Scoliosis with Kaneda. Spine 1997;22(12):1358-68.
 24. Gögüş A, Akman Ş, Talu U, Şar C, Hamzaoğlu A. Adölesan idiyopatik skolyozun anterior enstrumentasyon ile tedavisi ve erken sonuçlar. Acta Orthop Traumatol Turc 2001;35:196-207.

25. Suk SI, Kim WJ, Lee SM, Kim JH, Chung ER. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? *Spine* 2001 15;26(18):2049-57.
26. Hasler CC. A brief overview of 100 years of history of surgical treatment for adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop* 2013;7:57–62.
27. Dere F. *Klinik Anatomi* [5.baskı]. Adana: Nobel Tıp Kitabevleri, 1999.
28. Moore KL, Dalley AF. *Kliniğe Yönelik Anatomi*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2007.
29. Thompson JC. *Netter's Concise Orthopaedic Anatomy*[2nd ed]. Philadelphia:Saunders-Elsevier, 2010.
30. William C, Warner J. Kyphosis. In: Raymond TM, Stuart LW, eds. *Lovell and Winters Pediatric Orthopaedics [Six Edition]*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins,2006:797-83.
31. Arıncı K, Elhan A. *Anatomi* [4.baskı]. Ankara: Güneş Kitabevi, 2006.
32. Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM. *Gray's Anatomi*. Ankara: Güneş Tıp Kitabevi, 2007.
33. Carola R, Harley JP, Noback CR. *Human Anatomy*. USA: Mc Graw Hill, 1992.
34. Snell RS. *Klinik Anatomi* [6.baskı]. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2004.
35. Ferguson S. Biomechanics of the Spine. In: Boos N, Aebi M, eds. *Spinal Disorders*. Germany: Springer,2008:41-63.
36. Agur AMR, Dalley AF. *Grant's Atlas of Anatomy* [13th edition]. China: Lippincott Williams and Wilkins, 2013.
37. Benzel EC. *Biomechanics of Spine Stabilization*. USA: AANS, 2001.
38. Kowalski RJ, Ferrara LA, Benzel EC. Biomechanics of the spine. *Neurosurgery Q*. 2005;15:42-59.
39. Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, Muto M. Biomechanics of the spine. Part I: Spinal stability. *European Journal of Radiology* 2013;82: 118– 126.
40. Donatelli RA, Thurner MS. The Young Athlete's Spinal Mechanics. In: Micheli L,Stein C,O'Brien M,d'Hemecourt P, eds. *Spinal Injuries and Conditions in Young Athletes*. London:Springer 2014:17-25.
41. Banton RA. Biomechanics of The Spine. *Journal of the spinal research foundation* 2012;7(2):12-20.

42. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation and enhancement. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* 1992;5(4):383–389.
43. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral Zone and Instability Hypothesis. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* 1992;5(4):390-396.
44. Newton PO, Wenger DR. Idiopathic scoliosis. In: Morrissy RT, Weinstein SL, eds. *Lovell and Winter's Pediatric Orthopaedics*. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2006;693-762.
45. Sud A, Tsirikos AI. Current concepts and controversies on adolescent idiopathic scoliosis: Part I. *Indian J Orthop*. 2013;47(2):117–128.
46. Cassar-Pullicino VN, Eisenstein SM. Imaging in scoliosis: what, why and how? *Clin.Radiol* 2002;57:543.
47. Goldstein LA, Waugh TR. Classification and terminology of scoliosis. *Clin Orthop* 1973;93:10.
48. Freeman BL. Scoliosis and Kyphosis. Canale S.T. *Campbell's Operative Orthopaedics*, 10th Edition. Mosby, Philadelphia, 2003. Volume 2, 1751-1837.
49. Rogala EJ, Drummond DS, Gurr J. Scoliosis: incidence and natural history a prospective epidemiological study. *J Bone and Joint Surg Am*. 1978;60(2):173-176.
50. Lowe TG, Edgar M, Margulies JY, Miller NH. Etiology of idiopathic scoliosis: Current trends in research. *J Bone and Joint Surg* 2000;82-A(8):1157-1168.
51. Yekutieli M, Robin GC, Yarom R. Proprioceptive function in children with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 1981;6:560-566.
52. Echenne B, Barneon G, Pages M, Caillens JP ve ark. Skin elastic fiber pathology and idiopathic scoliosis. *J. Pediatr. Orthop*. 1988;8:522-528.
53. Machida M. Cause of Idiopathic Scoliosis. *Spine* 1999;24(24):2576-2583.
54. Hansen JT. *Netter's Clinical Anatomy*. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2014.
55. Lonstein JE. Patient Evaluation. *MOE'S Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*. Winter RB, Bredford DS, Lonstein JE, Ogilvie JW. 3rd Ed, Philadelphia: W.B Saunders Company, 1995;45-85.
56. Dormans JP. *Pediatric Orthopaedics: Core Knowledge in Orthopaedics*. 1st Edition. Elsevier Mosby, Philadelphia, 2005;265-278.

57. Boss N, Aebi M, editors. Spinal Disorders. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg; 2008;623-654.
58. Knott P, Pappo E, Cameron M, deMauroy JC et al. SOSORT 2012 consensus paper: reducing x-ray exposure in pediatric patients with scoliosis. *Scoliosis J* 2014;9(1):4:1-9.
59. Faro FD, Marks MC, Pawelek J, Newton PO. Evaluation of a Functional Position for Lateral Radiograph Acquisition in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *SPINE* 2004;29(20):2284–2289.
60. Oğuz E, Ekinci Ş, Erşen Ö. Ergen idiopatik skolyozda radyolojik değerlendirme ve sınıflama sistemlerinin incelenmesi. *TOTBİD Dergisi*. 2013;12(1):73-82.
61. Greiner KA. Adolescent idiopathic scoliosis radiologic decision-making. *Am Fam Physician* 2002;65:1817-22.
62. Bono CM, Garfin SR. *Spine: Orthopaedic Surgery Essentials*, Lippincott Williams&Wilkins, Philadelphia, 2004;163-174.
63. Echer ML, Btez RR, Trent PS et al. Computer tomography evaluation of Cotrel-Dubousset instrumentation in idiopathic scoliosis. *Spine* 1988;13:1141.
64. Ho EK, Upadhyay SS, Chan FL, Hsu LC, Leong JC. New methods of measuring vertebral rotation from computed tomographic scans. An intraobserver and interobserver study on girls with scoliosis. *Spine* 1993;18(9):1173-7.
65. Kuklo TR, Potter BK, Lenke LG. Vertebral Rotation and Thoracic Torsion in
66. Adolescent Idiopathic Scoliosis: What Is the Best Radiographic Correlate? *J Spinal Disord.Tech.*2005;18(2):139-147.
67. Pinheiro AP, Tanure MC, Oliveira AS. Validity and reliability of a computer method to estimate vertebral axial rotation from digital radiographs. *Eur Spine J* 2010;19:415–420.
68. Lam GC, Hill DL, Le LH, Raso JV, Lou EH. Vertebral rotation measurement: a summary and comparison of common radiographic and CT methods. *Scoliosis* 2008;3:16.
69. Prosperini V, Raimondi P, Martinelli E, Bizzarri F. Misurazione della rotazione vertebrale patologica su radiografie di piccolo e grande formato con il Metodo Raimondi. *Chinesiologia* 2010;1(3):23-27.

70. Vrtovec T, Pernus F, Likar B. A review of methods for quantitative evaluation of axial vertebral rotation. *Eur Spine J* 2009;18:1079–1090.
71. Drerup B. Improvements in measuring vertebral rotation from the projections of the pedicles. *J Biomech* 1985;18:369-378.
72. Malfair D, Flemming AK, Dvorak MF et al. Radiographic Evaluation of Scoliosis: Review. *AJR* 2010;194:8-22.
73. Özer AF, Kaner T. Omurgada Sagittal Denge. *Türk Nöroşirurji Dergisi* 2013;23(2): 13-18.
74. Tebet MA. Current concepts on the sagittal balance and classification of spondylolysis and spondylolisthesis. *Rev. BrasOrtop* 2014;49(1):3–12.
75. Mac-Thiong JM, Labelle H, Roussouly P. Pediatric sagittal alignment. *European Spine Journal* 2011;20:586-590.
76. Dimeglio A, Canavese F. Progression or not progression? How to deal with adolescent idiopathic scoliosis during puberty. *J Child Orthop* 2013;7:43–49.
77. Bridwell KH. Surgical treatment of idiopathic adolescent scoliosis. *Spine* 1999;24(24):2607-2616.
78. Kostuik JP. Current concepts review operative treatment of idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1990;72(7):1108-1113.
79. 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):1302-13.
80. Lenke LG, Betz RR, Harms J et al. New and comprehensive classification system of adolescent idiopathic scoliosis. AAOS 66th Annual Meeting, Anaheim, CA, February 1999.
81. Ovadia D. Classification of adolescent idiopathic scoliosis (AIS). *J Child Orthop* 2013;7:25–28.
82. Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, Clements DH ve ark. Intraobserver and interobserver reliability of the classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80(8):1097-106.
83. Lenke LG. Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations. *AAOS Instructional Course Lectures.* 2005;54:537-42.
84. Breakwell LM, Lenke LG, Gilden JJ. The Lenke Classification of adolescent idiopathic scoliosis. *COLUNA/COLUMNA* 2006;5(1):13-18.

85. Harrington PR. The history and development of Harrington instrumentation. *Clin Orthop Relat Res.* 1973;(93):110-2.
86. Harrington PR. Technical Details in Relation to Successful Use of Instrumentation in Scoliosis. *Orthop. Clin. North Am.* 1972;3:49–67.
87. Moe JH. Methods of correction and surgical techniques in scoliosis. *Orthop ClinNorthAm* 1972;3:17.
88. Aebi M, Arlet V, Webb JK. *Ao Spine Manual.* New York: Thieme; 2007.
89. Lenke LG, Edwards CC, Bridwell KB, The Lenke Classification of Adolescent Idiopathic Scoliosis: How it organizes curve patterns as a template to perform selective fusions of the spine, *Spine* 2003;28:199-207.
90. Chang KW, Leng X, Zhao W et al. Broader Curve Criteria for Selective Thoracic Fusion. *Spine* 2011;36(20):1658-1664.
91. Puno RM, An KC, Puno RL, Jacob A, Chung SS. Treatment recommendations for idiopathic scoliosis: an assessment of the Lenke classification. *Spine* 2003;28(18):2102-14.
92. Suk SI, Lee SM, Chung ER, Kim JH, Kim SS. Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis: more than 5-year follow-up. *Spine* 2005;30(14):1602-9.
93. Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ, Kamath G, Peelle MW, Bridwell KH. Selective posterior thoracic fusions for adolescent idiopathic scoliosis: comparison of hooks versus pedicle screws. *Spine* 2006;31(20):2400-4.
94. Ni HJ, Su JC, Lu YH et al. Using Side-bending Radiographs to Determine the Distal Fusion Level in Patients With Single Thoracic Idiopathic Scoliosis Undergoing Posterior Correction With Pedicle Screws. *J Spinal Disord Tech* 2011;24(7):437-443.
95. İbrahim K, Benson L. Cotrel-Doubousset instrumentation for double major rigid thoracic left lumber scoliosis, the relation between frontal balance, hook configuration and fusion level. *Orthop Trans* 1991;15:114-169.
96. Hamill CL, Lenke LG, Bridwell KH, Chapman MP, Blanke K, Baldus C. The use of pedicle screw fixation to improve correction in the lumbar spine of patients with idiopathic scoliosis. Is it warranted? *Spine* 1996;21(10):1241-9.

97. Hamzaoglu A, Öztürk Ç, Enercan M, Alanay A. Traction X-ray under general anesthesia helps to save motion segment in treatment of Lenke type 3C and 6C curves. *The Spine Journal* 2013;13(8):845–852.
98. Sweet FA, Lenke LG, Bridwell KH, Blanke KM. Maintaining lumbar lordosis with anterior single solid-rod instrumentation in thoracolumbar and lumbar adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24(16):1655-62.
99. Ilgenfritz RM, Yaszay B, Bastrom TP, Newton PO. Lenke 1C and 5C Spinal Deformities Fused Selectively. *Spine* 2013;38(8):650-658.
100. Parsch D, Geartner V, Brocai DRC, Carstens C. The effect of spinal fusion on the long-term outcome of idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surgery* 2003;1133-1136.
101. Lonstein JE. Idiopathic Scoliosis. *MOE'S Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*. 3rd Edition, Philadelphia: W.B Saunders Company, 1995;219-256.
102. Seo HJ, Kim HJ, Ro YJ, Yang HS. Non-neurologic complications following surgery for scoliosis. *Korean J Anesthesiol* 2013;64(1):40-46.
103. Wilber RG, Thompson GH, Shaffer JW et al. Postoperative Neurological Deficits in segmental spinal instrumentation: A study using spinal kord monitoring. *J Bone Joint Surg Am*. 1984;66(8):1178-87.
104. Arlet V, Aebi M. Junctional spinal disorders in operated adult spinal deformities: Present understanding and future perspectives. *Eur Spine J* 2013;22:276-295.
105. Burch S. Surgical complications of spinal deformity surgery. *Neurosurg Clin N Am* 2007(18):385-392.
106. Glattes RC, Bridwell KH, Lenke LG, Kim YJ, Rinella A, Edwards C. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion. *Spine* 2005;30:1643-9.
107. Wang J, Zhao Y, Shen B, Wang C, Li M. Risk factor analysis of proximal junctional kyphosis after posterior fusion in patients with idiopathic scoliosis. *Injury, Int. J. Care Injured* 2010;41:415–420.
108. Yagi M, Akilah KB, Boachie-Adjei O. Incidence, Risk Factors and Classification of Proximal Junctional Kyphosis: Surgical Outcomes Review of Adult Idiopathic Scoliosis. *Spine* 2010;36(1):E60-E68.

109. Denis F, Edward CS, Robert BW. Incidence and Risk Factors for Proximal and Distal Junctional Kyphosis Following Surgical Treatment for Scheuermann Kyphosis. *Spine* 2009;34(20):E729-E734.
110. Matsumoto M, Watanabe K, Hosogane N et al. Postoperative Distal Adding-on and Related Factors in Lenke Type 1A Curve. *Spine* 2013;38(9):737-744.
111. Cao K, Watanabe K, Hosogane N et al. Association of Postoperative Shoulder Balance With Adding-on in Lenke Type II Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 2014;39(12):705-712.
112. Winter RB. Classification and terminology. Winter RB, Bredford DS, Lonstein JH, Ogilvie JW. *MOE'S Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*. 3rd Edition, Philadelphia: W.B Saunders Company, 1995:39-43.
113. Potter BK, Rosner MK, Lehman RA Jr et al. Reliability of end, neutral, and stable vertebrae identification in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30:1658–63.
114. Terminology Committee, Scoliosis Research Society. A Glossary of Scoliosis Terms. *Spine* 1976;1:57.
115. Cheung WY, Luk KDK. Focus on Classification of adolescent idiopathic scoliosis. *Bone & Joint* 2013.
116. Qiu G, Zhang J, Wang Y et al. A New Operative Classification of Idiopathic scoliosis: A Peking Union medical College Method. *Spine* 2005;30(12):1419-1426.
117. Lenke LG, Betz RR, Haher TR, Lapp MA. Multisurgeon assessment of surgical decision-making in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2001;26(21):2347-2353.
118. Ogon M, Giesinger K, Behensky H, Wimmer C, Nogler M, Bach CM, Krismer M. Interobserver and Intraobserver Reliability of Lenke's New Scoliosis Classification System. *Spine* 2002;27(8):858-863.
119. Ward WT, Rihn JA, Solic J, Lee JY. A Comparison of the Lenke and King Classification Systems in the Surgical Treatment of Idiopathic Thoracic scoliosis. *Spine* 2008;33(1):52-60.
120. Cerny P, Marik I, Pallova I. The radiographic method for evaluation of axial vertebral rotation – presentation of the new method. *Scoliosis* 2014 ;9(11):1-9.

121. Yazici M, Acaroglu ER, Alanay A et al. Measurement of vertebral rotation in standing versus supine position in adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2001;21:252–256.
122. Nash CL, Moe JH. A Study of Vertebral Rotation. *J Bone and Joint Surg*, 1969;51A:223-29.
123. Xiong B, Sevastik J, Hedlund R et al. Segmental vertebral rotation in early scoliosis. *Eur Spine J* 1993;2:37–41.
124. Weiss HR, El Obeidi N. Relationship Between Vertebral Rotation and Cobb-Angle as Measured on Standard X-Rays. D’Amico M, Merolli A, Santambrogio GC. *Three Dimensional Analysis of Spinal Deformities*. IOS press.1995:155-163.
125. Ni H, Zhu X, He S et al. An increased kyphosis of the thoracolumbar junction is correlated to more axial vertebral rotation in thoracolumbar/lumbar adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2010;35(23):1334-8.
126. Chan ACY, Morrison DG, Nguyen DV, Hill DL, Parent E, Lou EHM. Intra and Interobserver Reliability of the Cobb Angle, Vertebral Rotation Angle, Spinous Process Angle for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine Deformity* 2014;2:168-175.
127. Bjerkreim I, Steen H, Brox J.I. Idiopathic Scoliosis Treated With Cotrel-Dubousset Instrumentation: Evaluation 10 Years After Surgery. *Spine*, 2007;32(19):2103-2110.
128. Benli T, Ateş B, Akalın S et al. 10 Years Follow-Up Surgical Results of Adolescent Idiopathic Scoliosis located with TSRH Instrumentation. *Eur. Spine J*. 2005;14:298-326.
129. Richard BS, Birch JG, Herring JA et al. Frontal plane and sagittal plane balance following Cotrel-Dubousset instrumentation. *Spine* 1989;14:733.
130. Benli T, Tüzüner M, Akalın S et al. Spinal Imbalance and Decompensation Problems in Patients Treated with Cotrel – Dubousset Instrumentation *Euro Spine J*. 1996;5(6):380 –386.
131. Liljenqvist U, Lepsien U, Hackenberg L, Niemeyer T, Halm H. Comparative analysis of pedicle screw and hook instrumentation in posterior correction and fusion of idiopathic thoracic scoliosis. *Euro Spine J* 2002;11:336-343.

132. Storer SK, Vitale MG, Hyman JE et al. Correction of Adolescent idiopathic Scoliosis Using Thoracic Pedicle Screw Fixation Versus Hook Constructs. *J Pediatr. Orthop.* 2005;25:415-419.
133. De Jonge T, Dubousset J, Illes T. Sagittal Plane Correction in Idiopathic Scoliosis. *Spine* 2002;27(7):754-760.
134. Kukla TR, Potter BK, Lenke LG. Monoaxial Versus Multiaxial Thoracic Pedicle Screws in the Correction of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 2005;30(18):2113-2120.
135. Lee GA, Betz RR, Clements DH, Huss GK. Proximal kyphosis after posterior spinal fusion in patients with idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:795-9.
136. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Kim J, Cho SK. Proximal Junctional Kyphosis in AIS Following Segmental Posterior Spinal Instrumentation and Fusion. *Spine* 2005;30(18):2045-50.
137. Hollenbeck SM, Glattes RS, Asher MA. The prevalence of increased proximal junctional flexion following posterior instrumentation and arthrodesis for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2008;33(15):1675-81.