



Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi

Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

**ADÖLESAN İDİOPATİK SKOLYOZ NEDENİ İLE OPERE
EDİLEN HASTALARIN KLİNİK VE RADYOLOJİK
SONUÇLARI**

Tıpta Uzmanlık Tezi

Dr. Yunus TETİK

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Ramazan ATİÇ

Diyarbakır - 2022



Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi

Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

**ADÖLESAN İDİOPATİK SKOLYOZ NEDENİ İLE OPERE
EDİLEN HASTALARIN KLİNİK VE RADYOLOJİK
SONUÇLARI**

Tıpta Uzmanlık Tezi

Dr. Yunus TETİK

Diyarbakır - 2022

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince ilgi, sevgi ve yardımlarını gördüğüm, yetişmemde büyük emekleri olan çok kıymetli hocalarım; Prof. Dr. Emin ÖZKUL, Doç. Dr. Ramazan ATİÇ, Doç. Dr. Şeyhmus YİĞİT, Dr. Öğr. Üyesi M. Sait AKAR, Dr. Öğr. Üyesi Fatih DURGUT'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tezimin oluşturulmasında değerli emeğini ve tecrübelerini esirgemeyen, tez danışmanım çok kıymetli hocam Doç. Dr. Ramazan ATİÇ'e ayrıca şükranlarımı sunarım.

Asistanlığım süresince kendileriyle çalışma fırsatı bulduğum doktor arkadaşlarım Dr. Rıdvan ARSLAN, Dr. Doğukan ADIYAMAN, Dr. Sait Anıl ULUS, Dr. Sait DÖNMEZ, Dr. Nesim ÇEVİK, Dr. Yüksel YÜKSEL, Dr. Turgay ALUÇ, Dr. Burak YALÇIN, Dr. Cihan YAZAR, Dr. Ekrem ADIYAMAN'a teşekkür ederim. Ayrıca Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği Anabilim Dalı sekreterimize, klinik ve ameliyathane hemşirelerine ve personellerine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana her konuda destek olan ve üstümde büyük emekleri olan aileme en içten sevgilerimle...

Dr. Yunus TETİK

Diyarbakır 2022

ÖZET

Giriş ve Amaç: Bu çalışmanın amacı; Çalışmamıza Dicle Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji kliniğimize başvuran ve tarafımızca opera edilen Adolesan İdiopatik Skolyoz (AIS) tanılı hastaların klinik ve radyolojik sonuçlarını gözlemlendi.

Gereç ve Yöntem: Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde, 2011 ile 2022 tarihleri arasında, adölesan idiyopatik skolyoz tanısı konulmuş ve posterior enstrümantasyon ile füzyon operasyonu uygulanmış, son kontrole gelen, yeterli takip ve dökümantasyona sahip 28 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastalara son kontrollerinde SRS (Scoliosis Research Society)-22 anketi doldurulmuştur. Bu hastaların ameliyat öncesi, ameliyattan hemen sonra ve son kontrollerinde elde edilen klinik ve radyografik muayene sonuçları retrospektif olarak değerlendirildi.

Bulgular: Adölesan İdiopatik Skolyoz tanısı konulmuş ve posterior enstrümantasyon ile füzyon operasyonu uygulanmış hastaların %78,6'sının kız, %21,4'ünün de erkek olduğu saptandı. Yaş ortalamasının $14,79 \pm 1,969$ (yıl) ve takip sürelerinin ise $28,79 \pm 16,098$ (ay) olduğu görüldü. Radyolojik değerlendirmelere göre Lanke sınıflamasına göre %57,1'inin Tip I, %3,6'sının Tip II, %3,6'sının Tip III, %25'inin Tip V, %10,7'sinin ise Tip VI olduğu görüldü. Risser bulgularına göre; %7,1'inin Evre 2, %14,3'ünün Evre 3, %57,1'inin Evre 4, %21,4'ünün de Evre 5 olduğu saptandı. Hastaların Fontal planda Preoperatif Cobb açısı ortalaması $52,11^\circ$, Postoperatif Cobb ortalama $7,11^\circ$, Korreksiyon oranı %87,2, Son Cobb ortalaması $11,07^\circ$, Korreksiyon kaybının %7,5 olduğu saptandı. Hastaların operasyon öncesi ve sonrası klinik değerleri incelendiğinde; Preoperatif Cobb açısı ortalaması $52,11^\circ$, Postoperatif Cobb açısı ortalaması $7,11^\circ$, Son Cobb açısı ortalamasının $11,07^\circ$ olduğu, Preoperatif Kifoz açısı ortalaması $29,21^\circ$, Postoperatif Kifoz açısı ortalaması $27,25^\circ$, Son Kifoz açısı ortalamasının $29,71^\circ$ olduğu, Preoperatif Lomber Lordoz açısı ortalaması $41,89^\circ$, Postoperatif Lomber Lordoz açısı ortalaması $40,07^\circ$, Son Lomber Lordoz açısı ortalaması $41,68^\circ$ olduğu görüldü. Çalışmamıza dahil edilen hastalara hem operasyon öncesi hem de operasyondan sonra kontrollerde anket SRS-22 ölçeği uygulandı. Hastaların preoperatif ağrı skoru ortalaması, dış görünüm skoru ortalaması, fonksiyon-aktivite skoru ortalaması, ruh sağlığı skoru ortalaması ve memnuniyet skoru ortalaması

sırasıyla; 2.9, 2.5, 3.3, 2.9 ve 3.53 olarak saptandı. Ameliyat sonrası skorlar ise sırasıyla 4.08, 4.27, 4.15, 3.95 ve 4.35 saptandı. Hastaların ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası tüm skor ortalamalarında ve toplam puanları arasında ileri derecede anlamlılık tespit edildi ($p<0,001$, bağımlı gruplarda T testi). Buna göre en yüksek değişim oranı %66 oranla dış görünüm alt grubu gösteriyordu. Hastalarımızın sağlıkla ilgili yaşam kalitelerini değerlendirmek amacıyla SRS-22 anketi uygulanmıştır. Buna göre ameliyat öncesi değerlendirmelere kıyasla son takiplerinde alınan sonuçlar başarılı olmuş ve istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuçlar: Adolesan İdiopatik Skolyoz tedavisinde komplikasyon oranlarının ve sonuçların değerlendirilmesi amacıyla hasta sayısının daha fazla olduğu kontrol grubu içeren çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelime: Adölesan İdiopatik Skolyoz, Klinik, Radyoloji

ABSTRACT

Introduction and Objective: The study aims to evaluate the clinical and radiological results of patients diagnosed with Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) who were admitted to Dicle University Orthopedics and Traumatology clinic for surgery.

Material and Method: Twenty-eight patients with adequate follow-up and documentation who were diagnosed with adolescent idiopathic scoliosis and underwent fusion surgery with posterior instrumentation at the Orthopedics and Traumatology Clinic between 2011 and 2022 were included in the research. The patients filled out the SRS-22 (Scoliosis Research Society) questionnaire at their last controls. The results of clinical and radiographic examinations obtained before, immediately after, and at the last controls of these patients were evaluated retrospectively.

Results: Of the patients diagnosed with Adolescent Idiopathic Scoliosis and underwent fusion surgery with posterior instrumentation, 78.6% were female and 21.4% were male. The mean age was 14.79 ± 1.969 (years) and the mean follow-up period was 28.79 ± 16.098 (months). Based on the radiological evaluations, 57.1% were Type I, 3.6% were Type II, 3.6% were Type III, 25% were Type V, and 10.7% were Type VI according to the Lanke classification. According to Risser signs, 7.1% were Stage 2, 14.3% were Stage 3, 57.1% were Stage 4, and 21.4% were Stage 5 patients. The mean Preoperative Cobb angle of the patients was 52.11° in the frontal plane, the mean Postoperative Cobb angle was 7.11° , the correction rate was 87.2%, and the mean Final Cobb angle was 11.07° , and the loss of correction was 7.5%. When the preoperative and postoperative clinical values of the patients were examined, it was seen that the mean Preoperative Cobb angle was 52.11° , the mean Postoperative Cobb angle was 7.11° , the mean Last Cobb angle was 11.07° , the mean Preoperative Kyphosis angle was 29.21° , the mean Postoperative Kyphosis angle was 27.25° , the mean Last Kyphosis angle was 29.71° , the mean Preoperative Lumbar Lordosis angle was 41.89° , mean Postoperative Lumbar Lordosis angle was 40.07° , and mean Last Lumbar Lordosis angle was 41.68° . The SRS-22 questionnaire was applied to the

patients included in our study before the operation, and after the operation in the controls. The mean preoperative pain score, external appearance score average, function-activity score average, mental health score average, and satisfaction score average of the patients were 2.9, 2.5, 3.3, 2.9, and 3.53, respectively. The postoperative scores were 4.08, 4.27, 4.15, 3.95, and 4.35, respectively. There was a high-level significant difference between the mean and total scores of patients before and after surgery in all score averages ($p < 0.001$, dependent samples t-test). Accordingly, the highest rate of change was the external appearance subgroup at a rate of 66%. The SRS-22 questionnaire was applied to evaluate the health-related quality of life of our patients. Accordingly, the results obtained in the last follow-up were successful compared to the preoperative values with a statistically significant difference.

Conclusions: Studies with a larger number of patients and a control group are needed to evaluate the complication rates and outcomes in the treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis.

Keywords: Adolescent Idiopathic Scoliosis, Clinic, Radiology

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	I
ÖZET	II
ABSTRACT	IV
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
KISALTMALAR.....	XI
1 GİRİŞ ve AMAÇ	1
2 GENEL BİLGİLER.....	2
2.1 Omurga Anatomisi	2
2.1.1 Servikal Omurga.....	4
2.1.2 Torakal Omurga.....	5
2.1.3 Lomber Omurga.....	6
2.1.4 Sakral Omurga	7
2.1.5 İntervertebral Disk	8
2.1.6 Faset Eklem	9
2.1.7 Spinal Ligamentler.....	9
2.2 Omurga Kaslarının Anatomisi.....	10
2.2.1 Omurganın Vasküler Anatomisi	12
2.2.2 Omurganın Nöroanatomisi	13
2.2.3 Omurga Biyomekaniği.....	14
2.3 Skolyoz Tanımı ve Sınıflama	15
2.4 Skolyozun Tarihçesi	20
2.5 Anatomi ve biyomekanik.....	22
2.5.1 Normal omurga.....	22
2.5.2 Skolyotik omurga.....	22
2.5.3 İdiyopatik Skolyoz.....	24
2.5.4 Adölesan İdiyopatik Skolyoz.....	24
2.5.5 Prevelans.....	25
2.5.6 Etyoloji	26
2.5.7 Epidemiyoloji	28
2.5.8 Progresyonu	28
2.5.8.1 Sanders Sınıflaması	29
2.5.9 Klinik Değerlendirme	43

2.5.9.1	Anamnez	43
2.5.9.2	Fizik Muayene.....	44
2.5.9.3	Radyolojik Değerlendirme	46
2.5.9.3.1	Radyasyon tehlikesi	46
2.5.9.3.2	Radyografi	47
2.5.9.3.3	3D İskelet sistemi görüntüleme (EOS).....	48
2.5.9.3.4	Bilgisayarlı tomografi.....	48
2.5.9.3.5	Manyetik rezonans görüntüleme.....	49
2.5.9.3.6	Ultrasonografi	49
2.5.9.4	Teşhis amaçlı ölçümler.....	49
2.5.9.4.1	Cobb açısı	49
2.5.9.4.2	Vertebral rotasyon	51
2.5.9.4.3	Pelvik insidans	54
2.5.10	Skolyoz tedavisi.....	55
2.5.11	Skolyoz cerrahisinde kanama kontrolü	72
2.5.12	Skolyoz ve skolyoz cerrahisinin komplikasyonları	75
3	GEREÇ ve YÖNTEM.....	85
3.1	İstatistiksel Analiz	93
4	BULGULAR.....	94
5	TARTIŞMA	102
6	SONUÇLAR	117
7	KAYNAKLAR.....	120

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1: Kemik Büyüme Fazlarında Sanders ve Risser Evrelemelerinin Korelasyonu	32
Tablo 2: Adolesan idiyopatik skolyoz için Lenke kriterleri.	67
Tablo 3: Genel Komplikasyonlar	78
Tablo 4: Hastaların cinsiyetlerine göre dağılımları	94
Tablo 5: Hastaların yaş ve takip sürelerine göre dağılımları	94
Tablo 6: Hastaların King Sınıflamasına göre dağılımı	94
Tablo 7: Hastaların Lanke sınıflamasına göre dağılımları	95
Tablo 8: Hastaların Risser bulgusuna göre dağılımı	95
Tablo 9: Frontal planda olguların incelenmesi	95
Tablo 10: Hastaların operasyon öncesi, sonrası ve son klinik takipleri	96
Tablo 11: Hastaların operasyon öncesi ve sonrası klinik değerleri	98
Tablo 12: Hastaların preoperatif, postoperatif ve son COB açılarının T-testine göre dağılımları.....	99
Tablo 13: Hastaların preoperatif, postoperatif ve son Kifoz açılarının T-testine göre dağılımları.....	99
Tablo 14: Hastaların SRS-22r Skolyoz Ölçeğine Göre Preoperatif dağılımı	100
Tablo 15: Hastaların SRS-22r Skolyoz Ölçeğine Göre Postoperatif dağılımı	100
Tablo 16: Hastaların SRS-22r Skolyoz Ölçeğinin Preoperatif ve Postoperatif Dağılımı	101

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Vertebral kolon ön ve yan görünümü.....	3
Şekil 2: Ortak anatomik yapıları ile "tipik vertebra"	4
Şekil 3: Servikal vertebraların önden ve üstten görünümü.....	5
Şekil 4: Torakal omurların üstten ve yandan görünümü	6
Şekil 5: Lomber omurların üstten ve arkadan görünümü.....	7
Şekil 6: Sakrumun önden ve arkadan görünümü.....	8
Şekil 7: İntervertebral diskler	9
Şekil 8: Spinal ligamenler	10
Şekil 9: Yüzeyel yerleşimli sırt kasları.....	11
Şekil 10: Derin yerleşimli sırt kasları.....	11
Şekil 11: Omurganın arteriyel dolaşımı	12
Şekil 12: Omurganın venöz dolaşımı	13
Şekil 13: Medulla spinalis anatomisi.....	14
Şekil 14: Kartezyen kordinat sistemi üzerinde omurganın hareketleri.....	15
Şekil 15: İdiyopatik skolyoz etiyolojisinde rol oynayan etkenler	28
Şekil 16: İskelet maturasyonunun Risser yöntemi ile değerlendirilmesi. İliyak kanat apofizinin belirginleşme oranı kemik gelişimine paralel olarak artar.	29
Şekil 17: 1-A ve 1-B. Evre 1'deki temel bulgu, parmak epifizlerinin tümünün kaplanmamış olmasıdır.	34
Şekil 18: 2-A ve 2-B. Evre 2'deki temel bulgu, parmak epifizlerinin tümünün kaplanmış olmasıdır. .	35
Şekil 19: 3-A ve 3-B. Evre 3'teki temel bulgu, epifizlerin kenarlarının metafizleri örtmesidir.....	37
Şekil 20: 4-A ve 4-B. Evre 4'ün temel özelliği distal falankslarda fiziyel kapanmanın başlamış olmasıdır.	38
Şekil 21: 5-A ve 5-B. Evre 5'in en önemli özelliği, tüm distal falanks fizlerin kapalı olmasıdır.	39
Şekil 22: 6-A ve 6-B. Evre 6'nın en belirgin özelliği, proksimal veya orta falanks fizlerinin bir kısmının kapanmış olmasıdır.	40
Şekil 23: 7-A ve 7-B. Evre 7'nin en belirgin özelliği, distal radyal ve ulnar kısımlar hariç tüm fizlerin kapalı olmasıdır.	42
Şekil 24: 8-A ve 8-B. Evre 8'in en belirgin özelliği tüm fizlerin kapalı olmasıdır. Kalan fiziyel çizgiler beyaz görünebilir, ancak siyah fiziyel çizgiler yoktur.	43
Şekil 25: A- Omuz asimetrisinin arkadan değerlendirilmesi. B- Omurgada şakül yardımı ile dengenin klinik tespiti.	45
Şekil 26: A- Adams öne eğilme testi. B- Skolyometre ile rotasyonun klinik ölçülmesi.	46
Şekil 27: Ön-arka ve yan radyografilerin doğru olarak çekilişi görülmektedir.	47
Şekil 28: Ayrıntılı iskelet değerlendirmesi için düşük doz BT görüntüleme.	48
Şekil 29: Sinir yapılarının değerlendirilmesi için omurga genelinde MR görüntüleme.	49

Şekil 30: Cobb açısı ölçümü. (a) Ön-arka planda, (b) sagittal planda. (c) En alt ve en üst omurgaların (end vertebra) tespiti. (d) Cobb açısının ölçme yöntemi.	51
Şekil 31: Pedriolle torsiometresi ile vertebra rotasyonu ölçümü.	52
Şekil 32: Nash-Moe metoduna göre vertebra rotasyonu ölçümü.	53
Şekil 33: Pelvik insidansın şematik bir görünümü. Sakral eğim (mavi açı) + pelvik eğim (kırmızı açı) = pelvik insidans (yeşil açı).	55
Şekil 34: Milwaukee breysinin önden ve arkadan görünümü.	58
Şekil 35: Boston breysin, önden (NEUT SATM,Fr) ve hasta üzerinde görünümü.	58
Şekil 36: Charleston breysi, önden1 ve hasta üzerinde görünümü	62
Şekil 37: AIS için King sınıflandırması.	64
Şekil 38: Nöromonitarizasyon cihazı	88
Şekil 39: Nöromonitarizasyon bağlantılarının hasta üzerindeki görünümü	89



KISALTMALAR

AHI	Apne-hipopne indeksi
AİS	Adolesan idiyopatik skolyoz
ASF	Anterior spinal füzyon
BOS	Beyin omurilik sıvısı
BT	Bilgisayarlı tomografi
C1	Atlas
C2	Aksis
C7	Vertebra prominens
CD	Cotrel-Dubousset / Derotasyonel sistemler
CP	Serebral palsy
CSL	Sakral çizgi
CTL SO	Serviko-torako-lumbosakral ortez
DJK	Distal junctional kifoz
EOS	3D İskelet sistemi görüntüleme
FVC	Zorlu vital kapasite
g/dL	Desilitre gram
KVAF	Kosto-vertebral açılar arası fark
MAP	60 mmHg'nin altındaki ortalama bir arter basıncı
MC	Metakarpal
MIS	Minimal invazif skolyoz
MRG	Manyetik rezonans görüntüleme
MT	Ana torasik
NMD	Nöromusküler hastalık
NMS	Nöromusküler skolyoz
Pİ	Pelvik insidans
PJK	Proksimal junctional kifoz
PSF	Posterior spinal füzyon
PT	Proksimal torasik
RKI	Robert koch enstitüsü
SEP	Somatosensoriyel uyandırılmış potansiyel

SKÖ	Skolyoza özgü egzersiz
SRS	Scoliosis Research Society / Skolyoz araştırma derneği
SSDÇ	Santral sakral dik çizgi
TL/L	Torakolomber/lomber
TLSO	Torako-lumbo-sakral ortez
TXA	Traneksamik asit
VEPTR	Göğüs kafesini genişletme operasyonu



1 GİRİŞ ve AMAÇ

Adolesan idiyopatik skolyoz (AIS), 10 yaşından sonra ortaya çıkan omurganın 10 dereceden fazla lateral eğriliğidir. Skolyozun en yaygın şeklidir ve diğer skolyoz tiplerinden altta yatan konjenital veya nöromusküler anormalliklerin olmaması ile ayrılır. AIS, %0.47- 5.2 prevelans ile yaygın görülür. AIS dağılımı ile cinsiyet arasında da sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Kadın erkek oranı kadınların lehine daha fazladır. AIS de en sık torakal eğrilikler görülmektedir. Erkeklerde daha sık olarak torakolomber ve lomber eğrilikler görülmektedir. Kadınlarda ise daha sık torasik ve çift eğrilikler görülmektedir. AIS etiolojisi halen tam olarak bilinmemektedir. Birden fazla faktörün patogeneizde etkili olduğu görüldüğünden multifaktöryel bir patogeneiz düşünülmektedir. En çok suçlanan faktörler arasında santral ve periferik sinir sisteminin maturasyon bozuklukları, elastik ve kollajen liflerdeki bağ dokusu bozuklukları, kas ve kemik hastalıkları, trombosit bozuklukları, melatonin, calmodulin, büyüme hormonu dengesizlikleri ve leptin eksikliği sayılabilir. Hastaların çoğunda yaşam boyu klinik şikayet olmamakla birlikte cobb açısı 40 derecenin üzerinde olanlarda hastalık ilerleyici olabilmekte ve ciddi kozmetik ve solunumsal problemlere sebebiyet verebilmektedir.

Skolyoz kifoz, kifoskolyoz ve revizyon torakolomber füzyon cerrahisi, omurganın kompleks düzeltme cerrahileri arasındadır. Konjenital, nöromusküler, mezenşimal hastalık ile ilişkili skolyoz tipleri olmakla beraber en sık görülen tipi idiyopatik adolesan skolyozdur [1, 2, 3].

Skolyozun nedeni hala birçok hastada bilinmemektedir. Skolyozda: toraks hacminin ve göğüs duvarı kompliansının azalması nedeni ile restriktif tipte akciğer patolojisi gelişir. Skolyoz cerrahisinde ilerleyen eğriliği ve eğriliğin oluşturduğu solunum disfonksiyonunu durdurmak amaçlanır [4, 5].

Bu çalışmanın amacı; kliniğimize başvuran ve tarafımızca opera edilen AIS tanılı hastaların klinik ve radyolojik sonuçlarını gözlemlemektir.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Omurga Anatomisi

Omurga; baş ve gövdenin ağırlığını pelvise aktaran, medulla spinalisi çepeçevre sararak hareket aksı boyunca zarar görmesini engelleyen esnek bir yapıdır. 33 adet omurun alt alta dizilmesiyle meydana gelir. Her segment bulunduğu bölgeye göre isim alır. Buna göre 7 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 4 koksigeal omur vardır [1]. İlk 24 vertebra birbirine hareketli eklemler aracılığıyla bağlandığından gerçek vertebra, hareketli vertebra veya presakral vertebra olarak isimlendirilirler. Sakrum ve koksiksi oluşturan 9 omur kendi aralarında kaynaştıklarından yalancı vertebra ismini alır [1] (Şekil 1).

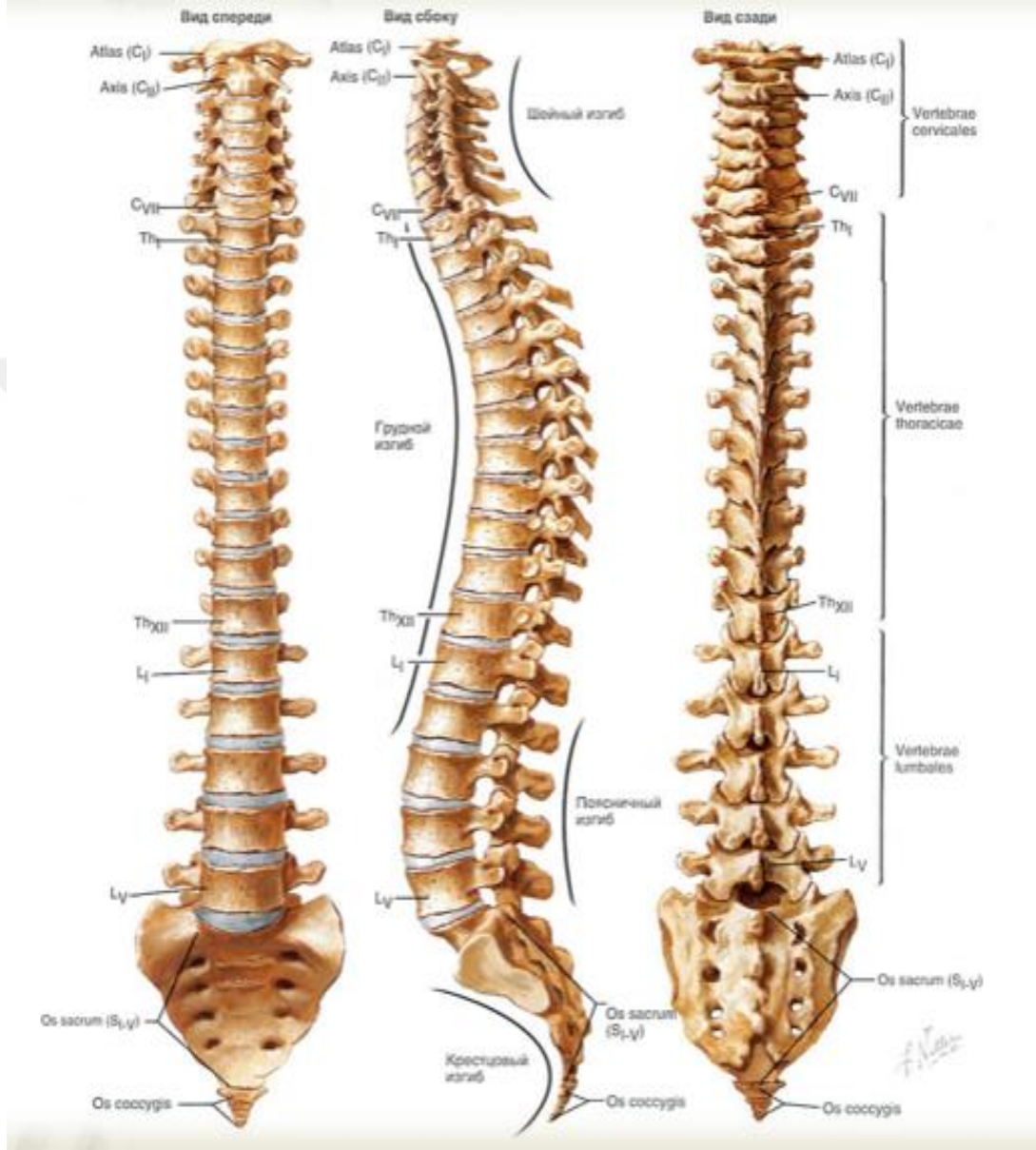
Omurga, sagittal planda 4 adet fizyolojik eğriliğe sahiptir. Bunlardan sakral ve torakal kifoz embriyojenez döneminde olduğu için primer eğriliklerdir. Bebek başını tutmaya başlayınca (3. Ay) servikal lordoz oluşur, oturmaya ve yürümeye başlayınca (13. Ay) lomber lordoz oluşur. Başlangıçta bu lordoz değerleri erişkinlere göre daha azdır, kas gücü artıp büyüdükçe erişkindeki değerlere ulaşılır. Bu nedenle bu eğrilikler, sekonder eğriliklerdir [2, 3, 4].

Normal erişkinde fizyolojik değerler; servikal bölgede 30°-50° lordoz, torakal bölgede 20°-50° kifoz, lomber bölgede 40°-80° lordoz ve sakral bölgede 40°-60° kifoz şeklindedir [1].

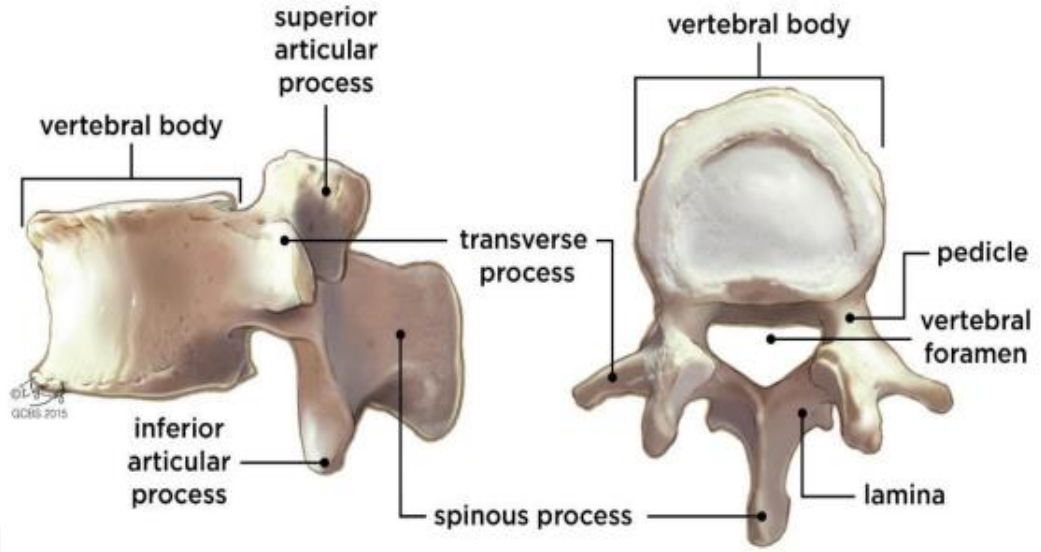
Genel olarak her hareketli vertebra cismi kranialden kaudale doğru gidildikçe büyümektedir. Atlas (C1) ve Aksis (C2) haricindeki her bir vertebra, yerleşim yerlerine göre değişiklikler göstermekle beraber, ortak anatomik yapılar bulundurmaktadır. Tipik bir vertebra 6 kısımdan oluşmaktadır [2] (Şekil 2).

1. Korpus Vertebrae
 - Arkus Vertebrae
 - Pedikulus Arkus Vertebrae
2. Lamina Arkus Vertebrae
3. Foramen Vertebrale

4. Spinöz Çıkıntı
5. Transvers Çıkıntı
6. Processus articularis superior ve inferior.



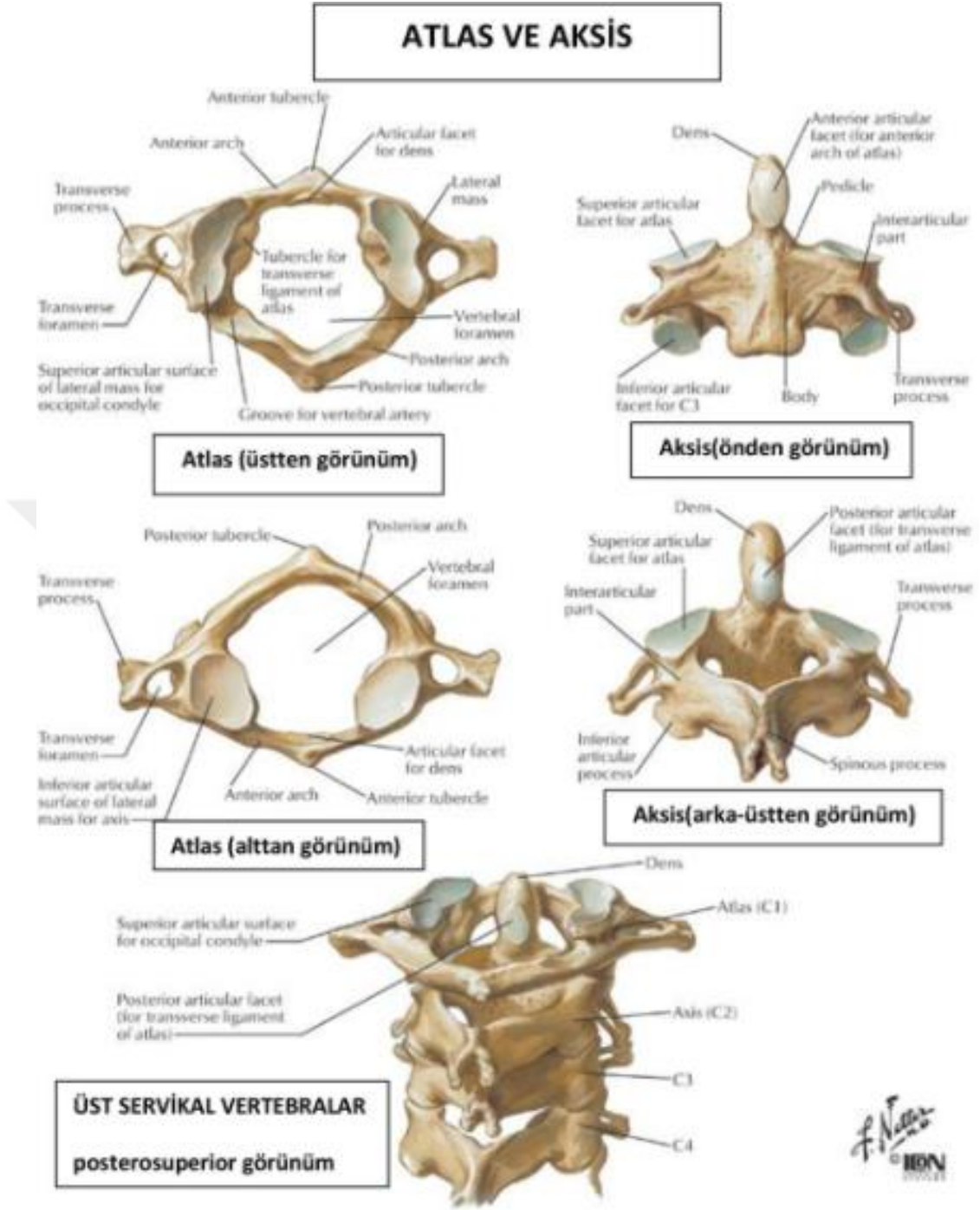
Şekil 1: Vertebral kolon ön ve yan görünümü



Şekil 2: Ortak anatomik yapıları ile "tipik vertebra"

2.1.1 Servikal Omurga

Servikal vertebralar omurganın en hareketli kısmını oluştururlar. 7 adet servikal vertebra bulunmaktadır. Tipik özellikleri: spinöz çıkıntıda çatallanma olması ve vertebral arterlerin geçtiği vertebral foramenleri içermesidir. Servikal vertebraların dördü (C3-6) tipik bir görünüme sahipken; birinci, ikinci ve yedinci vertebralar özelliklidir. C1 (Atlas) halka şeklinde bir omurdur, gövdesi ve spinöz çıkıntısı yoktur. C1, süperior eklem yüzü, oksipital kondil ile eklemleşir. C2 (Aksis) gövdesinin ortasında atlas ile eklem yapan dens bulunur. C7 (Vertebra prominens) vertebranın spinöz çıkıntısı en belirgin olan vertebradır [1, 2, 3] (Şekil 3).

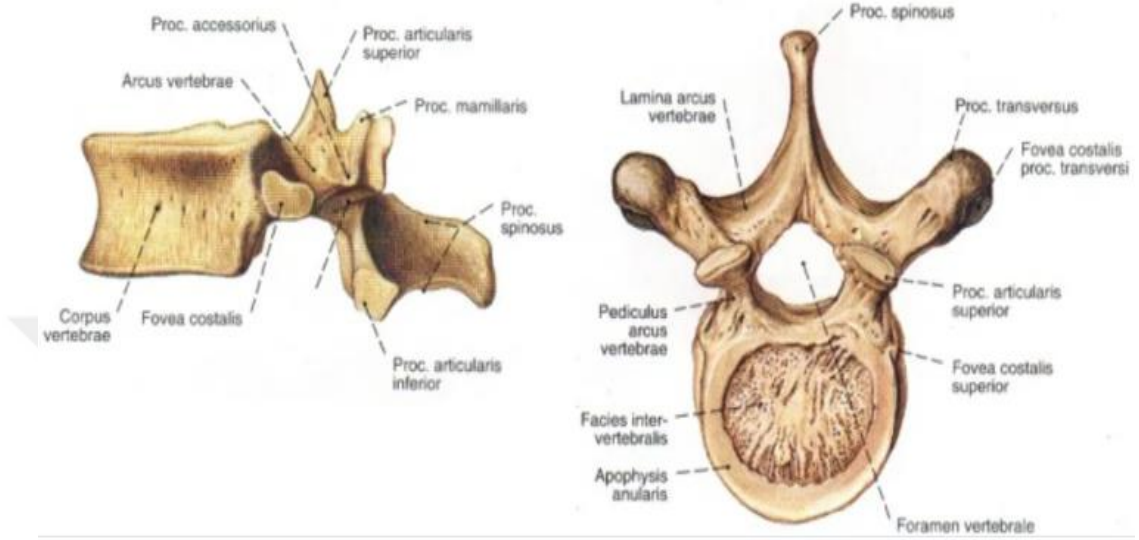


Şekil 3: Servikal vertebraların önden ve üstten görünümü

2.1.2 Torakal Omurga

12 adet torakal omur bulunmaktadır. Bunlar kostalar tarafından desteklenir. 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 [26]

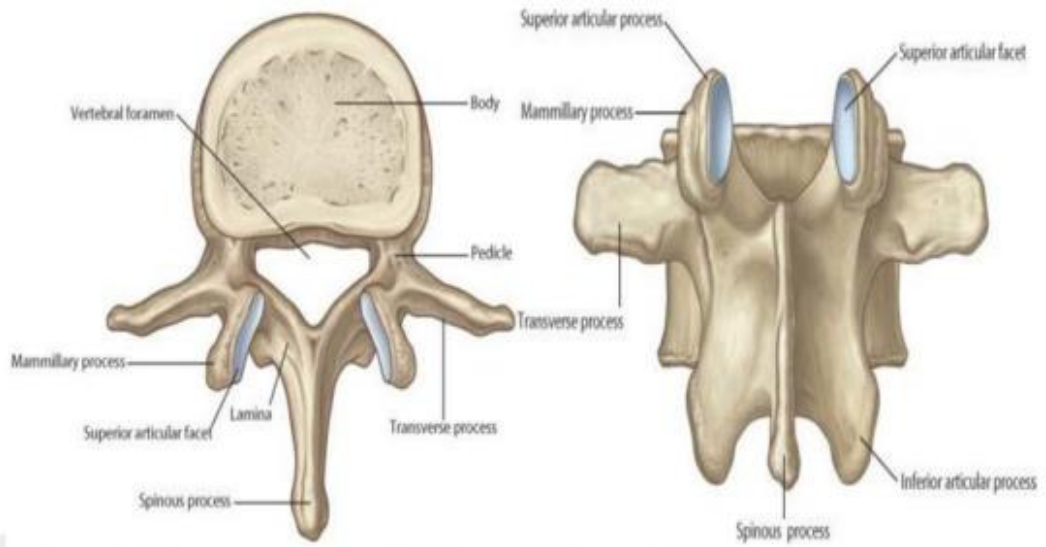
(Şekil 4). Torakal omur gövdeleri kaudale gittikçe büyür. T11, T12, L1 de torakal kifozdan lomber lordoza geçiş ve kostalar ile stabil torakal bölgeden hareketli bölgeye geçiş vardır. Bu bölgeye torakolomber geçiş bölgesi denir. Travmaya bağlı omurga ve omurilik hasarı sıklıkla bu bölgede görülür [2, 5, 6].



Şekil 4: Torakal omurların üstten ve yandan görünümü

2.1.3 Lomber Omurga

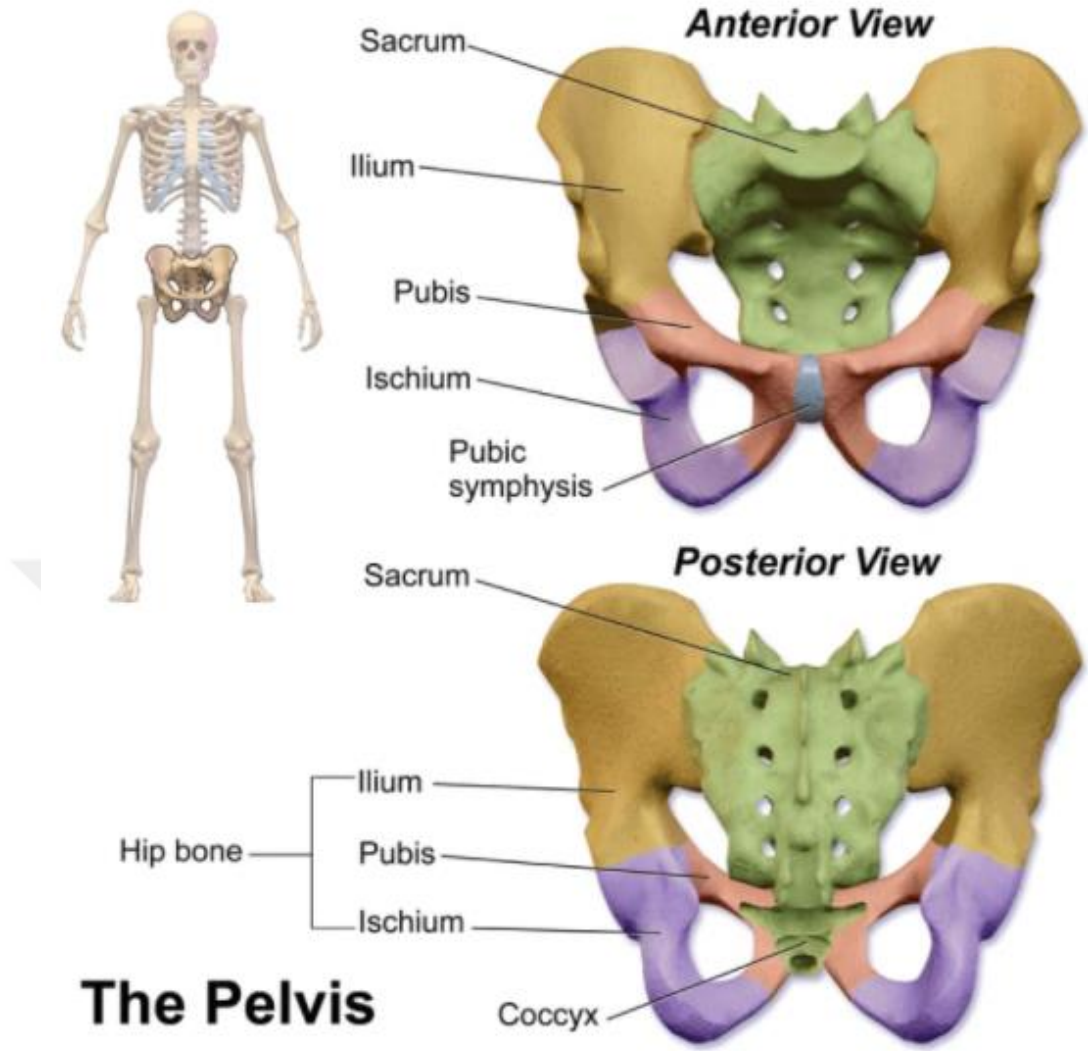
5 adet lomber omur vardır. Lomber omurlar vücudun ağırlığını taşıdığı için servikal ve torakal omurlara göre daha büyüktür. Süperior artiküler fasetlerinin yanlarında mamiller process isminde çıkıntıları bulunur (Şekil 5). Sakral bölgeye inildikçe hareket kabiliyeti artmaktadır. Lomber bölgedeki asıl hareket fleksiyon ve ekstansiyon hareketleridir [1, 3].



Şekil 5: Lomber omurların üstten ve arkadan görünimleri

2.1.4 Sakral Omurga

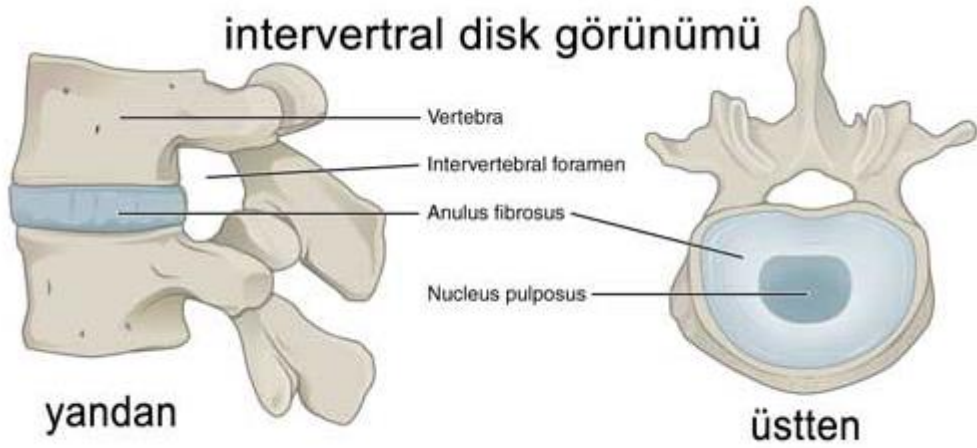
Sakrum; beş omurun füzyonu sonucu oluşmuş, pelvis ile omurga arasında yük aktarımı yapan üçgen şekilli kifotik bir yapıdadır. İlk 4 sakral omur sakroiliak eklemin yapısına katılır. S5 omuru sakroiliak eklemin yapısına katılmaz. Sakrum üst tarafta lomber vertebra ile alt tarafta ise koksiks ile eklem yapar (Şekil 6).



Şekil 6: Sakrumun önden ve arkadan görünümü.

2.1.5 İntervertebral Disk

İntervertebral diskler vertebral korpusları birbirlerine bağlar. Fibrokartilajinöz yapıdadırlar. Omurgada bir üst vertebraya göre isimlendirilirler. 23 adet disk mevcuttur. Disklerin orta kısımlarında nükleus pulposus adı verilen jelatinimsi bir madde bulunur. Nükleus pulposus'un etrafı, anulus fibrosus adı verilen fibrokartilajinöz bir yapıyla çevrilidir. Damarsal yapıları olmayan intervertebral diskler, komşuluk yaptığı omurun spongios tabakasından besin ve oksijeni difüzyon yoluyla alır. Asıl görevi fizyolojik veya travmatik nedenlerle oluşan kuvvetlere karşı direnç göstermektir [1, 3] (Şekil 7).



Şekil 7: İntervertebral diskler

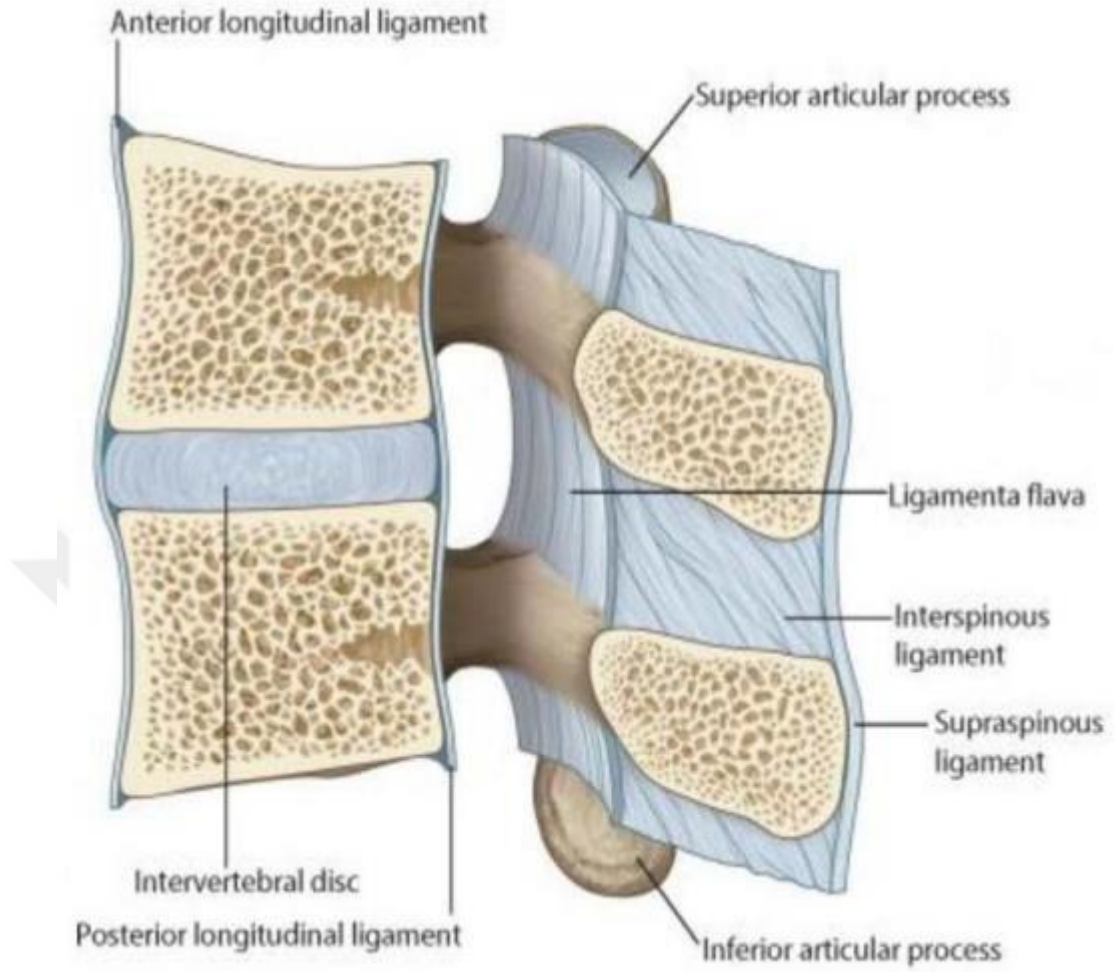
2.1.6 Faset Eklem

Faset eklem vertebranın inferior artiküler çıkıntısı ve diğer vertebranın superior artiküler çıkıntısı arasında oluşan sinoviyal bir eklemdir. Dorsal ramusun dalları tarafından inerve edilir [1].

2.1.7 Spinal Ligamentler

Anterior longitudinal ligament: Oksipittan başlayarak vertebral kolonun anterior yüzeyi boyunca kaudale doğru genişleyerek devam eder ve sakrumun ön yüzünde son bulur. Omurganın ekstansiyon ve distraksiyona gitmesini engeller. Posterior longitudinal ligament: foramen magnumun posterior kenarından başlar, vertebra korpusunun posterior kısmından koksikse kadar uzanır (Şekil 8).

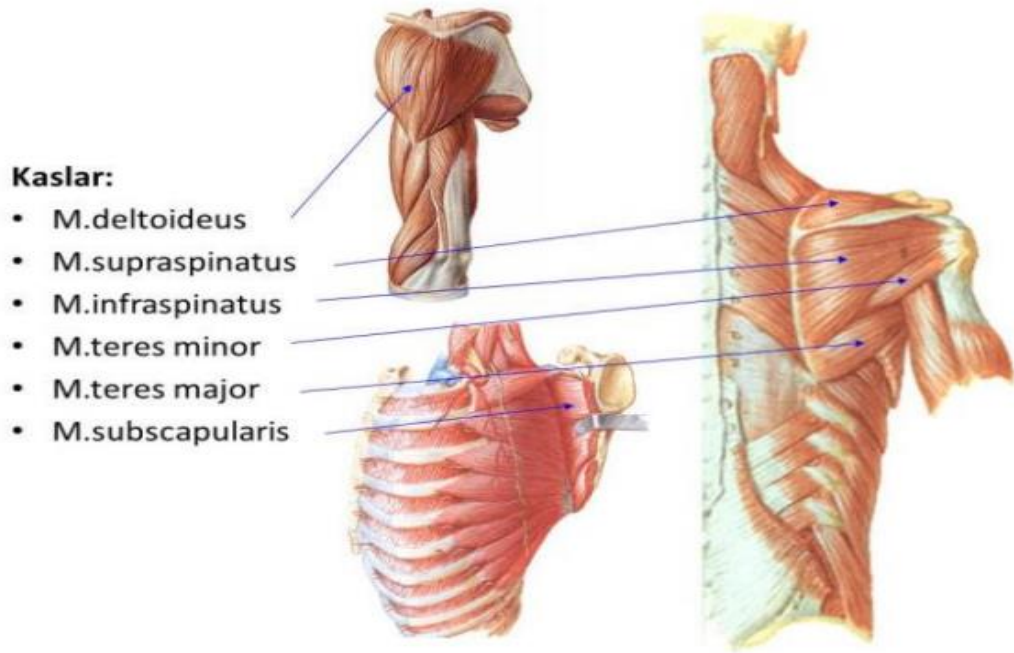
Ligamentum flavum sarımtırak renktedir ve laminanın anterior inferior sınırından, alttaki laminanın posterior sınırına uzanır. Spinöz processler arasında interspinöz ligaman yer alır. Spinöz çıkıntıların uçlarını, supraspinöz ligament birbirine bağlar. Supraspinöz ligament servikal bölgede ligamentum nuchae isimini alır [3, 5] (Şekil 8).



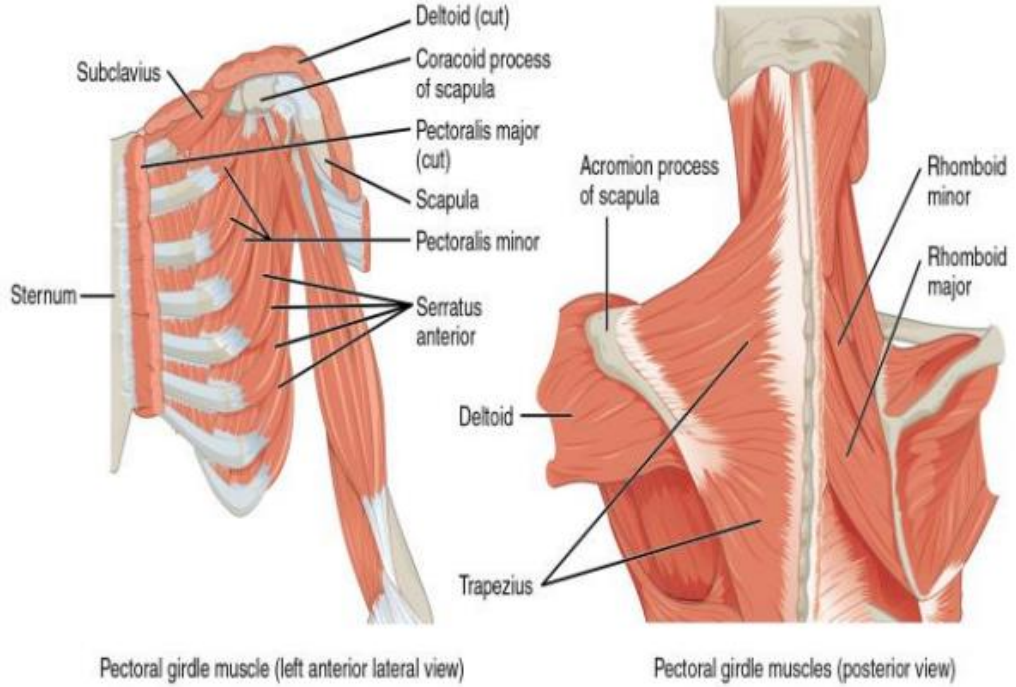
Şekil 8: Spinal ligamenler

2.2 Omurga Kaslarının Anatomisi

Omurga kasları derin ve yüzeysel olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Yüzeysel kas grubu öncelikli olarak ekstremiteler hareketlerini sağlayıp solunuma yardımcı olurken, derin yerleşimli sırt kasları pelvisten kafatasına kadar uzanarak duruşun devamlılığını ve omurganın hareketlerini sağlar. Yüzeysel kısımda trapezius, latissimus dorsi, romboid kaslar, levator skapula, splenik ve serratus kaslardan oluşur. Derin kısımda erektör spina, iliokostal kaslar, longissimus, interspinal, intertransversal ve transversospinal kaslardan oluşur [1, 2], (Şekil 9, 10).



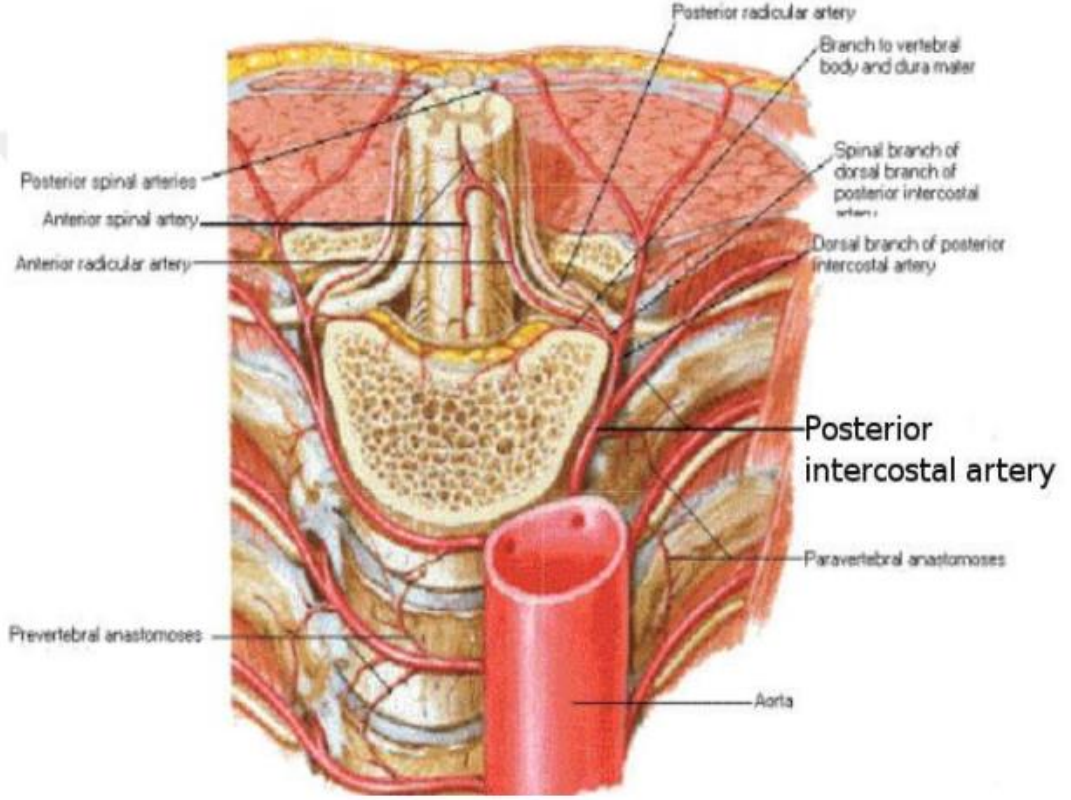
Şekil 9: Yüzeyel yerleşimli sırt kasları



Şekil 10: Derin yerleşimli sırt kasları

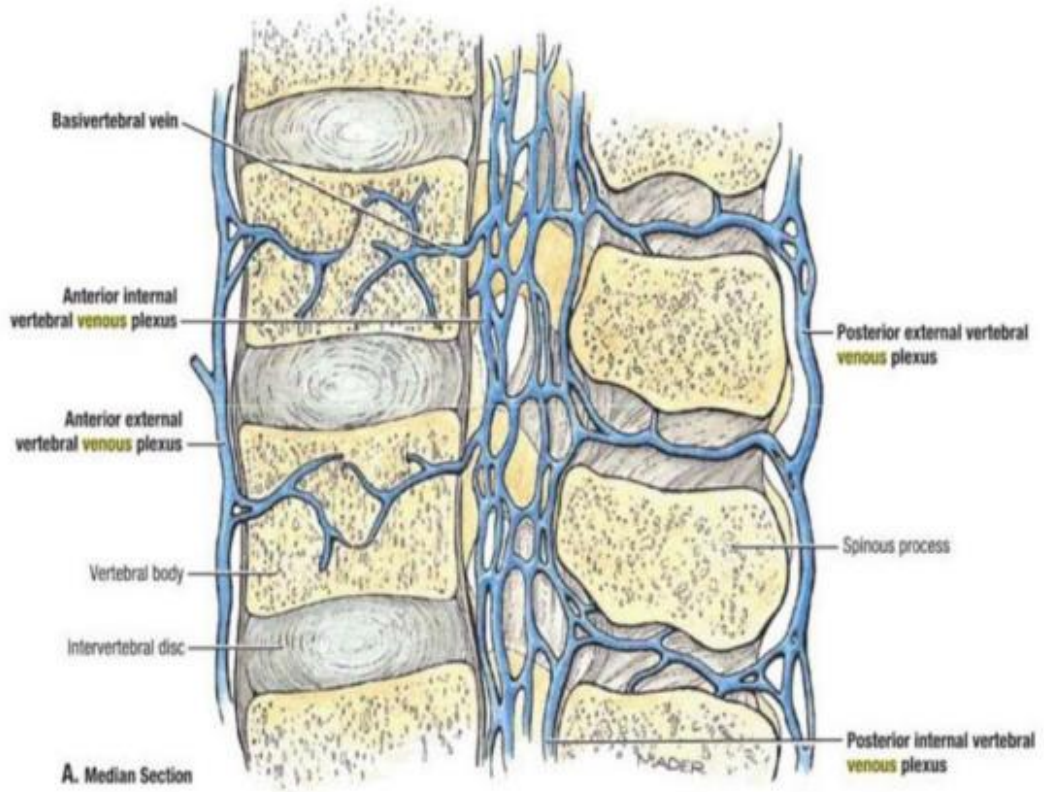
2.2.1 Omurganın Vasküler Anatomisi

Vertebral kolonun arteriyel beslenmesi; Vertebral, Posterior interkostal, Lomber ve Lateral Sakral arterler dahil olmak üzere birçok arterin anastomozu ile olur [7] (Şekil 11).



Şekil 11: Omurganın arteriyel dolaşımı

Venöz dolaşım, omurganın anterior ve posteriorunda bulunan venöz pleksuslar aracılığıyla sağlanır [2] (Şekil 12).



Şekil 12: Omurganın venöz dolaşımı

2.2.2 Omurganın Nöroanatomisi

Medulla spinalis slindirik, gri beyaz renkte olup yukarıda foramen occipitale magnumdan başlar, beynin medulla oblangata bölümüyle devam eder. Aşağıda, yetişkinde 1. lomber vertebranın alt kenarında sonlanır. Medulla spinalis, servikal bölgede brakial pleksusun çıktığı yerde ve torakolomber bölgede lumbosakral pleksusun çıktığı yerde fuziform genişlemeler gösterir. Aşağıda medulla spinalis conus medullaris'inin ucundan piamater oluşumu olan filum terminale uzanır. Medulla spinalise 31 çift spinal sinir tutunmuştur. Medulla spinalisten çıkan ön ve arka kökler foramina intervertebralis hizasında birleşerek spinal sinirleri oluştururlar. Ön kök motor sinir liflerinden, arka kök ise duyu sinir liflerinden oluşur. Alt sinir kökleri topluca cauda equinayı oluşturur [2] (Şekil 13).



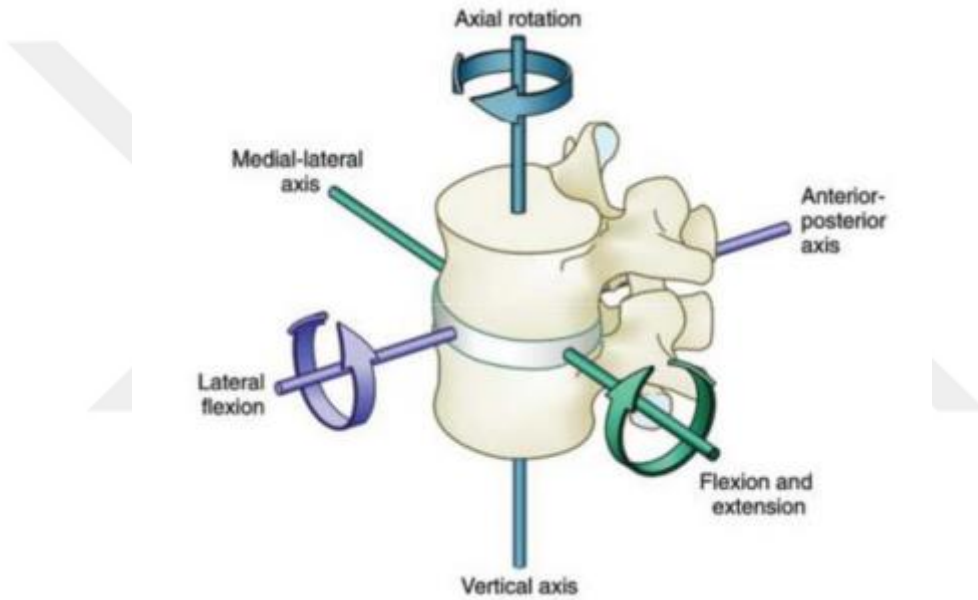
Şekil 13: Medulla spinalis anatomisi

2.2.3 Omurga Biyomekaniği

Normal bir omurganın koronal planda eğriliği bulunmamasına karşın, sagittal planda 4 adet fizyolojik eğriliği vardır. Servikal ve lomber bölgede lordoz, sakral ve torakal bölgede kifoz mevcuttur. Bu fizyolojik eğrilikler omurganın biyomekaniğinde önemli rol oynarlar [3, 8].

Omurga, insan yaşamı sürecinde torsiyon, makaslama, eğilme, gerilme ve kompresyon gibi birçok farklı yönde kuvvete maruz kalır. İntervertebral disk, omurga çevresindeki ligamentler ve kaslar bu kuvvetlere karşı koyarak omurganın stabil yapısının devamlılığını sağlarlar. Omurganın fonksiyonel birimi, iki omur ve

aralarında bulunan disk, yumuşak dokular ve faset eklemler tarafından oluşturulan hareketli segmentir. 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 yapabileceğinden, rotasyonun anlık eksenini çevresinde 6 potansiyel hareket meydana gelir [9]. Rotasyonun anlık eksenini, her hareket segmentinin bağlı olduğu koordinat sisteminin merkezidir. Vertebra cismi bu eksen etrafında hareket eder [10, 11] (Şekil 14). Omurga sagittal planda fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerini, koronal planda lateral fleksiyon hareketlerini, aksiyel planda rotasyon hareketlerini yapar.



Şekil 14: Kartezyen kordinat sistemi üzerinde omurganın hareketleri

2.3 Skolyoz Tanımı ve Sınıflama

Adölesan idiyopatik skolyoz (AİS), bireylerde ergenlik yıllarından büyüme döngüsünün tamamlanmasına kadar ortaya çıkan, omurganın laterale eğriliği ve vertebra gövdelerinin rotasyonu ile birlikte üç boyutlu deformasyonu ile karakterize yapısal bir lateral eğrilik ile ilerleyici bir büyüme durumudur [12, 13]. Nesiller boyunca AİS klinik olarak tanımlanmıştır. En iyi şekilde karmaşık bir genetik karakteristik bozukluk olarak sınıflandırılan uzun vadeli bir durumdur. Bu durum için başka bir isim AİS veya geç başlangıçlı idiyopatik skolyozdur. Düz büyüme yerine AİS, omurganın geç çocukluk veya ergenlik döneminde ortaya çıkan anormal bir

eğriliğidir. AİS, en yaygın skolyoz tipidir [14]. İdiyopatik skolyozu olan çoğu adölesan birey, eğriliğin bir sonucu olarak belirgin bir sırt sahatsızlığı yaşamazlar. Sporcular ve genel olarak sağlıklı gençler de özellikle aktif risk altında olanlar arasındadır. AİS, tüm idiyopatik skolyoz vakalarının %80 veya daha fazlasını oluşturur. Bir aile üyesinin skolyozlu olması, ailesinde de adölesan yaştaki bireylerin skolyoz geçirme insidansını %30'dan fazla etkiler [15].

AİS'de ergenlikte büyüme çağı sırasında eğri ilerlemesi riski daha yüksektir [13]. Sagittal, frontal ve horizontal düzlemler insan vücudunu oluşturan üç düzlemdir. Torakal bölgede çoğu idiyopatik eğrilik lordotik veya hipokifotiktir [16]. Normal eğrinin açılarında bir artma, azalma veya bir sapma, omurga rahatsızlığı olarak karakterize edilir. Bu deformitelerden biri de skolyozdur [17]. Eğriliklerin şekli "S" veya "C" olarak sınıflandırılır. Altta yatan başka bir neden olmadığında skolyozun idiyopatik olduğu gösterilmiştir [18]. Deformite çok daha karmaşık bir durumdur ve tam olarak karakterize edilmesi ve ölçülmesi zordur [19]. Sırt asimetrisini değerlendirmek için şüphe halinde tarama prosedürleri tipik olarak kullanılır. Omurganın ayakta dik bir radyografide, pozitif tanıyı doğrulamak için sadece vertebral rotasyonlu 10° lateral eğrilik kanıtı kullanılabilir. Genel popülasyondaki skolyoz prevalansı grafiğinin, eğrilikte en büyük kaymanın 10°'de olduğu düzgün bir üstel fonksiyon olduğu gerçeği, 10° lateral eğriliği tanımlamak için kullanılır. Sırt asimetrisi, çeşitli topografik yaklaşımlar kullanılarak incelenmiştir, ancak altta yatan kemik yapısıyla kesin bir bağlantı yoktur [20]. Eğri yalnızca, vakaların kabaca %25'inde tedavi gereken noktaya kadar ilerler. Tedavi edilmeyen AİS 100°'ye kadar büyüebilmesine ve nadir durumlarda erken ölüme neden olabilmesine rağmen, mortalite üzerinde çok az etkiye sahiptir [19].

Bu bozukluğun etyopatogenezi belirsizdir, ve doğal tarihiyle ilgili bir yanlış anlaşılma vardır. Eğri ilerlemesinin engellenmesinde cerrahi olmayan tedavi prosedürlerinin sayısı sınırlıdır. Dünyanın birçok yerinde korse ve fizyoterapi yaygın tedavilerdir [21].

Yapısal (strüktürel) skolyoz

1. İdiopatik skolyoz

- A. İnfantil (0-3 yaş)
 - 1. Progresif
 - 2. Kendiliğinden gerileyen
- B. Juvenil (3-10 yaş)
- C. Adölasan (>10 yaş)

2. Nöromusküler skolyoz

- A. Nöropatik
 - 1. Üst motor nöron
 - a. Serebral palsi
 - b. Spinoserebellar dejenerasyon
 - Roussy Levy hastalığı
 - Charcot Marie Tooth hastalığı
 - Freidreich hastalığı
 - c. Siringomiyeli
 - d. Spinal kord tümörü
 - e. Spinal kord travması
 - f. Diğer
 - 2. Alt motor nöron
 - a. Poliomyelit
 - b. Diğer viral miyelitler
 - c. Travmatik
 - d. Spinal musküler atrofi
 - Kugelberg Welande hastalığı
 - Werdnig Hoffman hastalığı
 - e. Miyelomeningosel (paralitik)
 - 3. Disotonomi (Riley Day sendromu)
 - 4. Diğer
- B. Miyopatik
 - 1. Artrogripozis

2. Musküler Distrofi
 - a. Duchenne (Psödohipertrofik)
 - b. Limb-girdle
 - c. Facioscapulohumeral
3. Fiber tip disproportion
4. Konjenital hipotoni
5. Miyotonia distrofika
6. Diğer

3. Konjenital

- A. Formasyon yetersizliği
 1. Kama (wedge) vertebra
 2. Hemivertebra
- B. Segmentasyon Yetersizliği
 1. Tek taraflı (unsegmented bar)
 2. Çift taraflı (sinostoz-blok vertebra)
- C. Karışık tip (segmentasyon + formasyon yetersizliği)

4. Nörofibromatozis

5. Mezenşimal hastalıklar

- A. Marfan sendromu
- B. Ehler Danlos sendromu
- C. Diğer

6. Romatoid hastalıklar

7. Travmatik

- A. Kırık
- B. Cerrahi
 1. Laminektomi sonrası
 2. Torakoplasti sonrası
- C. Radyasyon

8. Ekstraspinal kontraktürler

- A. Ampiyem sonrası
- B. Yanık sonrası

9. Osteokondrodistrofi

- A. Diastrofik cücelik
- B. Mukopolisakkaridozis (örnek: Morquio sendromu)
- C. Spondiloepifiziel displazi
- D. Multipl epifiziel displazi
- E. Diğer

10. Kemik enfeksiyonu (akut veya kronik)

11. Metabolik hastalıklar

- A. Raşitizm
- B. Osteogenezis imperfekta
- C. Homosistinüri
- D. Diğer

12. Lumbosakral eklemlerle ilgili patolojiler

- A. Spondilolizis ve spondilolistezis
- B. Lumbosakral bölgedeki konjenital anomaliler

13. Tümörler

- A. Vertebra kolon tümörleri
 - 1. Osteoid osteoma
 - 2. Histiositozis-X
 - 3. Diğer
- B. Spinal kord tümörleri

Yapısal olmayan (non-strüktürel) skolyoz

1. Postural skolyoz

- A. Histerik skolyoz
- B. Sinir kökleri irritasyonu

2. Disk hernisi

3. Tümörler

4. İnflamatuvar (örnek: apandisit)

5. Alt ekstremité eşitsizliğine bağlı

6. Kalça eklemi etrafındaki kontraktürlere bağlı

2.4 Skolyozun Tarihçesi

Spinal deformitelerin tedavisi, modern çağ öncesi atel, korse ve traksiyon gibi yöntemlerle sağlanmış olup, modern çağ ile birlikte yerini değişen cerrahi tekniklere bırakmıştır. İlk bilinen spinal deformite cerrahisi 1839 yılında Guerrin tarafından uygulanmış olan paraspinal kasların myotomisidir [22]. İlk füzyon amaçlı cerrahi 1911 yılında Albee ve Hibbs tarafından ayrı ayrı olarak uygulanmıştır [22, 23, 24].

1940 yılından sonra Risser ve Cobb'un çalışmaları sonrasında cerrahi tedavinin ilkeleri oluşmuştur. Cobb tarafından spinal deformitenin radyolojik ölçümü tariflenmiş. Risser, Hibbs ve Ferguson tarafından cerrahi öncesinde deformiteyi olabildiğince düzeltmek amacıyla düzeltici-gerici (turn-buckle cast) kullanımı tarif edilmiştir [25, 26]. 1945 senesinde Milwaukee ve Boston korseleri geliştirilmiştir [27, 28].

1959 yılında ilk kez Boucher tarafından transpediküler vida uygulaması tanımlanmıştır. Roy-Camille ve ark. 1961 yılından itibaren torakal, torakolomber, lomber vertebra yaralanmaların plak-pediküler vida kombinasyonunu rutin olarak kullandıklarını bildirmişler ve bundan sonra pedikül vidası kullanımına ilgi artmıştır [29].

Skolyoz tedavisinde en önemli gelişmelerden biri Harrington posterior enstrüman sistemleri ile olmuştur. 1960 yılında distraksiyon, kompresyon sistemleri Harrington tarafından uygulanmış ve 1962 yılında sonuçlarını yayınlamıştır. Harrington sisteminden füzyon olmamasına rağmen John Moe tarafından füzyonda eklenmiştir [30].

1969 yılında Allen Dwyer tarafından ilk kez deformitenin teller ve vidalar yardımıyla anterior cerrahi ile daha az konstrüksiyon daha iyi korreksiyon sağlanacağını bildirilmiştir. Bu sistemde düzeltmenin yetersiz bulunması üzerine Zielke tarafından teller yerine daha rijit tespit sağlayan yivli çubuklar kullanılmıştır. 1976 yılında "Ventral Derotasyon Spondilodezisi" adı altında yayınlanmıştır [31, 32].

Luque tarafından 1970 yılında iki rod sistemi tanımlanmış ve bu rodlarla sublaminar teller kullanılmaya başlanmış, sublaminar teller her seviyeden geçirilerek

“Segmental Spinal Enstrümantasyon” yöntemi tarif edilmiştir [31, 32]. Sublaminar telleme yönteminden nörolojik komplikasyon oranının yüksek bulunması üzerinde Drummond tarafından tellerin spinöz çıkıntılardan geçirildiği “Wisconsin İnterspinöz Enstrümantasyon” sistemi geliştirilmiştir [33].

King Moe tarafından 1983 yılında skolyozu sınıflandırmak için 5 tip eğrilik paterni tanımlanmıştır [34]

1986 yılında skolyotik deformiteyi frontal, sagittal ve aksiyel planlarda düzeltmeyi amaçlayan üçüncü nesil enstrümantasyon sistemleri (Cotrel-Dubousset, TSRH, Isola) geliştirilmiştir [33]. Cotrel ve Dubousset bu sistemde, proksimalde hook distalde vida kullanmıştır [31, 35]. Poliaksiyel pedikül vidaların geliştirilmesiyle çubukların yerleştirilmesinde büyük kolaylık sağlanmıştır [33, 36].

1990’lı yıllarda, birinci ve ikinci nesil anterior enstrümantasyon sonrasında ortaya çıkan olumsuzlukların ortadan kaldırılması amacı ile tek çubuklu ve çift çubuklu üçüncü nesil anterior enstrümantasyon sistemleri geliştirilmiştir [35, 36, 37].

1995 yılında Suk ve ark torasik bölgede pedikül vidası kullanımının güvenli olduğunu bildirmişlerdir [38].

Ülkemizde ilk protez-ortez atölyesi “Tersane-i Alat-ı Nazikiye” adı ile Hüseyin Rıfat Bey tarafından 1914 yılında Gülhane bünyesinde kurulmuştur [39]. İlk füzyon ameliyatı 1925 yılında önce M. Kemal Öke, sonra Burhanettin Toker tarafından gerçekleştirilmiştir [40].

1940 ve 1950’li yıllarda ise Baltalimanı ve Eğirdir kemik hastanelerinin kurulması ile daha çok füzyon ameliyatı yapılmıştır. Bu füzyon ameliyatları pott hastalığı için yapılsa da, zaman zaman skolyoz içinde yapılmıştır [40].

Ülkemizde spinal cerrahide ilk uygulamalar Prof. Dr. Fethiye Aral, Prof. Dr. Bahattin Oğuz Timuçin, Prof. Dr. Güngör Sami Çakırgil ve Prof. Dr. Yücel Tümer tarafından gerçekleştirilmiştir [40].

2.5 Anatomi ve biyomekanik

2.5.1 Normal omurga

Normal omurga 7 servikal, 12 torasik ve 5 lomber omurdan oluşur. Vücudun arka tarafına doğru, omurganın temeli, omurgayı sakro-iliak eklemler aracılığıyla pelvise bağlayan kaynaşmış sakral omurlardan oluşur. Frontal açıdan, omurga neredeyse düzdür, ancak torasik omurgada genellikle kalp seviyesinde küçük bir sağ dışbükeylik ve vertebral rotasyon görülür [41, 42].

Sagital görünümde üç eğrilik vardır: servikal ve lomber bölgelerde bir lordoz ve torasik omurgada bir kifoz. Homo sapiens'te bulunan sagital dizilim dik durmayı mümkün kılar. Ancak, bu durum özellikle torakolomber bölgede olmak üzere omurgada göreceli bir instabiliteye neden olur.

İntervertebral diskler omur gövdelerini birbirinden ayırarak sönümleme ve esneklik sağlar. Omurgadaki hareketli segmentte bir intervertebral disk ile ayrılmış iki omur yer alır. Posteriora, üst omurların alt fasetinden ve alt omurların üst fasetinden oluşan iki eklem, segmentleri bir zincir gibi birbirine bağlar. Segmentin hareketliliğini sınırlayan unsur faset eklemlerinin kendisidir. Servikal ve lomber omurgada yüksek mobilite görülürken, torasik omurgadaki hareketlilik sınırlıdır [43]. Bunun başlıca sebebi, göğüs kafesinin torasik omurgaya kosto-vertebral ve kosto-enine eklemler yoluyla bağlanıyor olmasıdır. Göğüs kafesi genellikle skolyozu olmayan insanlarda simetriktr.

Farklı bağlar omurları birbirine bağlayarak vertebral kolonun stabilitesine katkıda bulunur. Bir anterior uzun ligaman, omurganın ön kısmı boyunca uzanır ve posterior uzun ligaman, vertebral cisimleri spinal kanalın ventral yönüne posteriora bağlar. Spinal kanalın arkasında, ligamentum flavum ve interspinöz ve supraspinöz ligamanlar sırasıyla laminaları ve spinöz çıkıntıları birbirine bağlar.

2.5.2 Skolyotik omurga

İdiyopatik skolyozda, omurların sayısı ve segmentasyonu normal omurgadakiyle aynıdır. Bununla birlikte, ön düzlemde sütun artık düzgün değildir. Bunun yerine, torasik bölgede tipik olarak sağ dışbükey ve torakolomber ve lomber

bölgede sol dışbükey olmak üzere lateral eğriler görülür. Birincil eğri olarak da adlandırılan ana eğri deformitenin ana kökeni olup, Lenke sınıflandırmasına tanımına göre her zaman yapısal bir eğri olarak kabul edilir [44]. İkincil eğriler, birincil eğrinin neden olduğu dengesizliğin telafisi olarak meydana gelir. Birincil eğri her zaman telafi edici eğriden daha katıdır. Eğrinin, merkezi bir çizgiden en yanal noktasına eğrinin tepesi denir ve tek bir omur veya iki omur arasındaki diske denk geliyor olabilir.

Omurganın ön kısmının arka kısma kıyasla göreceli bir uzaması ile sagittal dizilim değişir [45, 46, 47]. Bu durum, torasik omurgada hipokifoz veya hatta lokal lordoz ve lomber omurgada hiper-lordoza yol açar. Çeşitli çalışmalarda, sagittal dizilimin rolü ve insan omurgasında neden olduğu göreceli instabilitenin, skolyozun ortaya çıkmasında belirleyici olduğu ileri sürülmüştür [48, 49].

Hem vertebra hem de intervertebral diskler skolyotik omurgada deforme olur. Schlösser ve ark. [50] ile Little ve ark. [51], intervertebral disklerde omurlara kıyasla daha fazla bir deformasyon bildirmiştir. Sagittal düzlemde, omurların ön kısımları normal omurgaya göre daha çıkıntılıdır. Aksiyel düzlemde, omurlar deforme olmuş ve asimetriktir. Omurlar bir bütün olarak dönmüş olmakla birlikte, vertebral cisimlerde de rotasyon söz konusudur. Kotwicki ve ark. hem spinöz çıkıntıların hem de omurların dışbükey şekilde dönmüş olduğunu tarif etmiştir [52].

Muayenede, skolyozlu hastaların genellikle omuz hizasında bir dengesizliğe sahip olduğu görülür. Öne doğru eğilirken, toraksın dışbükey tarafında torasik bir kambur belirir. Bu durum, göğüs kafesindeki deformasyonun ve vertebral rotasyon nedeniyle zamanla meydana gelmiş olan rotasyonun bir sonucudur. Adams öne eğilme testi, tronküler rotasyonu değerlendirmek için kullanılır. Bu rotasyonu ölçmek için skolyometre kullanılır ve yöntemle birçok ülkede okul çocuklarında skolyoz taraması yapılmaktadır.

Hasta büyüdükçe deformite artar ve en yüksek artış gelişim atağı sırasında görülür [53]. Deformitenin ilerleme riski, hasta ne kadar genç yaşta olursa o kadar yüksektir. Eğrideki artış olasılığı, 30°'nin üzerinde büyük bir eğriliğe sahip, iskeletsel olarak olgunlaşmamış genç kızlarda daha yüksektir [53].

Deformitenin etkisi en çok eğriliğin apikal bölgesinde belirgindir. Eğrinin yanal sapması ve rotasyonunun yanı sıra her omurun asimetrisi ve deformitesi de bu apikal seviyede daha belirgindir.

2.5.3 İdiyopatik Skolyoz

İdiyopatik skolyoz, nedeni tam olarak bilinmeyen ve omurga deformitelerinin yaş gruplarına göre sınıflandırıldığı bir skolyoz çeşididir. İnfantil İdiyopatik Skolyoz (3 yaş altı), Juvenil İdiyopatik Skolyoz (3 ile 9 yaş arası) ve Adölesan İdiyopatik Skolyoz (AIS) (10 ile 18 yaş arası) olarak gruplanmaktadır [54].

İnfantil İdiyopatik Skolyoz

İnfantil İdiyopatik Skolyoz, 0-3 yaşları arasında ortaya çıkmaktadır. İngiltere’de yapılan bir çalışmada 672 skolyoz hastasının %21’inde İnfantil İdiyopatik Skolyoz görülmüştür [55].

Juvenil İdiyopatik Skolyoz

Juvenil İdiyopatik Skolyoz, 4 ile 10 yaşları arasında gelişmektedir ve İdiyopatik Skolyoz popülasyonunun %10-15’ini oluşturur. Tedavi süreci devam ettirilmeyen 8 juvenil dönemdeki skolyoz eğrileri ciddi kardiyopulmoner komplikasyonlara neden olabilmektedir [56].

Adölesan İdiyopatik Skolyoz (AIS)

Omurgada yapısal olarak sagittal planda kifoz azaşma ve lordoz’da artış, transvers planda rotasyon ve frontal planda lateral eğriliklerle karakterize adölesan dönemde ortaya çıkan bir hastalıktır. AIS en sık görülen skolyoz çeşidi olup adölesan dönemin erken evrelerinde belirti göstermektedir. Adölesan dönemdeki sağlıklı bireylerin %1- 4’ünde ortaya çıkmaktadır ve kızlarda erkeklere oranla ortalama 1.5-3 kat daha fazla görülmektedir [57].

2.5.4 Adölesan İdiyopatik Skolyoz

AİS 10 yaş ile gelişim tamamlanıncaya kadar olan zaman içinde görülür. Hastaların yaklaşık %90’ı kadındır ve kadınlarda görülen skolyozun ilerleme riski

erkeklerden daha fazladır. Deformitenin derecesi arttıkça görülme oranı azalır. Otuz dereceden büyük eğriliklerin görülme oranı %0.2 iken 40°’den fazla eğrilikler %0.1 sıklıkla görülür [58, 59].

Tanı alan hastaların ancak %10’u cerrahi tedaviye ihtiyaç duyar. AIS olgularında deformite erken dönemde esnek iken zamanla rijit bir hal alır. Bu hastalarda erken dönemde vücut dengesini sağlamak amacıyla küçük kompensatuvar eğrilikler oluşur. Bu eğrilikler çok esnektir ve yana eğilme ile kolayca düzelir, ancak 37 ilerleyen dönemde bu eğrilikler de yapısal eğrilik halini alabilir. Yapısal eğrilikler ise zamanla rotasyon ve açılanmanın artmasına bağlı sırtta “rib hump” deformitesi oluşturur. Bu durum ciddi kozmetik ve kardiyopulmoner bozukluklara neden olabilir. Ayrıca 50° üzerindeki eğriliklerde ise ergenlik döneminde solunum problemleri riski arttığı gösterilmiştir [19]. Bu nedenle skolyozun erken tanı ve tedavisi önemlidir.

2.5.5 Prevalans

Skolyoz prevalansı ile ilgili kesin veri sağlayan pek fazla çalışma yoktur. Adölesan dönemdeki skolyoz prevalansı ile ilgili veri sağlayan çalışmalarda ise, skolyoz tanımları, yaş grupları, kontrol gruplarına göre karşılaştırma gibi dâhil etme kriterlerinde zayıflıklar vardır. Dolayısıyla prevalans çalışmalarının ortaya çıkardığı bilgiler kısıtlıdır.

Okullarda skolyoz tarama programları gerçekleştirerek AIS prevalansını ortaya çıkaran çalışmalar bulunmaktadır. 1977 – 2016 yılları arasında yapılan okul tarama programları Altaf ve ark. tarafından yapılan bir meta-analiz de incelenmiştir [60]. Çalışmalarda skolyoz tarama programına tabi tutulan toplam 2,437,080 öğrencinin %0.2–%1.1’inde skolyoz saptanmıştır. 2010 yılında yapılan başka bir meta-analizde ise 17 ülkeden 36 çalışma kullanarak skolyoz’un küresel prevalansı %1.3 olarak hesaplanmıştır [61]. Dünya üzerinde Almanya, Kore, Brezilya, Singapur, Yunanistan, gibi ülkelerde prevalans çalışması 6 yapılmıştır. Bu çalışmalarda adölesan dönemdeki çocuklarda skolyoz görülme oranının ise %0.47-%5.2 arasında olduğu bildirilmiştir.

Skolyoz prevalansı, ülkelerin coğrafik konumları ile ilişki gösterebilmektedir. Kuzey enlemlerde bulunan ülkelerde skolyoz görülme sıklığı, güney enlemlerdeki

bölgelere göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir [62]. AIS prevalansı hastaların cinsiyeti ile güçlü bağlantı göstermektedir. 2011 yılında Tokyo’da 250.000 kişi üzerinde yapılan çalışmada kızlarda erkeklere oranla, 1.5 – 11 kat daha fazla görüldüğü tespit edilmiştir [63]. Yapılan bir diğer kohort çalışmasında eğri derecesiyle ilişkilendirilerek 10° üzerindeki omurga eğrilikleri için kızlarda erkeklere göre 2.7 kat, 20° üzerindeki omurga eğrilikleri için ise 4.5 kat daha fazla görüldüğü bulunmuştur [64].

Ülkemizde de skolyoz prevalans çalışmaları yapılmıştır. 2016 yılında 7928 adölesan üzerinde yapılan skolyoz taramasında %5.6 oranında skolyoz görülmüştür ve kız erkek oranı 4.2:1 olarak gösterilmiştir [65]. 4259 adölesan üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise skolyoz prevalansı %2.5 ve hastaların kız erkek oranı 2.5:1 olarak bildirilmiştir [66]. 2020 yılında yapılmış son çalışmada ise 16,045 öğrenci dâhil edilmiştir. Dâhil edilen öğrencilerin %2.3’ünde skolyoz bulunmuştur ve kız erkek oranı 2.1:1 olarak belirlenmiştir [67].

2.5.6 Etiyoloji

İdiopatik skolyozun etiyoloji araştırmaları halen devam etmektedir. Multifaktöryel olarak değerlendirmekte ve birçok neden araştırılmaktadır. Genetik faktörlerin etkisi bu hastalıkta da göz önüne alınmaktadır. Yapılan çalışmalarda idiyopatik skolyoz tanısı almış hastaların ailelerinde benzer hastalık bulunma oranı %97’dir [68]. Skolyozlu hastaların akrabalık derecelerini inceleyen bir araştırmada birinci derece akrabalarda görülme oranı %11, ikinci derece akrabalarda %2,4 olduğu saptanmıştır [69]. Adölesan idiyopatik skolyozun kızlarda daha sık ortaya çıkması X kromozomu ile ilişkilendirilmiştir. Otozomal kromozomlardan 6,9,16 ve 17’nin AIS patogenezinde rol oynadığı düşünülmektedir [70].

Etiyolojide değerlendirilen başka bir neden de melatonin eksikliğidir. Glandula pineale’nin çıkarılmış olduğu tavuklarda skolyoz görülmüştür. Aynı tavuklara dışardan melatonin verildiğinde skolyoz oranı %20’ye düşmüştür. Yine bazı klinik çalışmalarda melatonin eksikliğinin prognozu kötü etkilediği gösterilmiştir [71, 72].

Kalmodulin kas kontraktilitesinde etkili olması nedeniyle araştırılmış ve skolyoz deformitesinin konveks tarafında paraspinal kaslarda yüksek bulunmuştur. Bu durum etyolojide etkisi olduğunu düşündürmektedir. Retinoik asit ile ilgili tavuk ve farelerde yapılan embriyolojik çalışmalarda bu maddenin üretiminin engellenmesi somitlerde düzensiz gelişime, bölümlenme bozukluğuna, asimetrik gelişime yol açmıştır. Bu durum retinoik asitin de etyolojiye katkısı olduğunu düşündürmektedir [73].

İdiopatik skolyozda biyomekanik faktörler etyolojide yer almaktadır. Ayrıca Hueter-Volkman kanunu iskelet gelişim anomalilerinin mekanik temelini açıklamaya çalışmaktadır. Buna göre büyüme plağına normalden fazla baskı olması kemik büyümesini bozar. Azalmış baskı kuvveti ise büyümeyi uyarır [74].

Etyolojide yer alan biyomekanik faktörler arasında anterior spinal aşırı büyüme yerçekimi ile beraberinde önceden var olan eğriliği arttırabilmektedir. Discus intervertebralis'lerdeki hasarlar veya mekanik rigidite eğrilikte artışa sebep olabilmektedir [75].

Skolyoz gelişimi başladığında çeşitli etyolojik ve patolojik mekanizmalar anormal ilerleyişe eşlik etmekte ve vertebral kemik dansitesi önemli hale gelmektedir. Kemik kütlelerini azaltan nedenler vitamin D eksikliği, kalsiyum eksikliği, osteoporoz, melatonin sinyal bozuklukları ve birçok bilinmeyen faktör deformitenin artışına neden olmaktadır.

değerin üzerine çıkan eğriliklerde ve özellikle 50° aşan eğriliklerde yaşam boyunca ortalama 19 derecelik bir artışın görülebileceği belirtilmiştir [83]. AIS vakalarının %10'u tedavi ihtiyacı duymakta %0,1'inde ise ($>45^\circ$ - 50°) cerrahi müdahale olasılığı görülmektedir. Geçmiş çalışmalarda 10 -25 derece arası eğriliklerde sadece 3, 6 veya 12 aylık periyotlarla gözlem ve röntgen kontrolü [84] yapıldığı gösterilse de günümüzde bazı çalışmalarda 10-25 derece aralığında özellikle omurgada rotasyon varlığında konservatif tedavi yönteminin (skolyoza özel egzersizler ve/veya korse) uygulanması ile progresyonun yavaşlatıldığı, hatta durdurulabildiği gösterilmiştir [85]. Genel olarak eğriliğin ilerleme riskinin belirlenmesinde, teşhis yaşı, cinsiyet, eğriliğin büyüklüğü (Cobb açısı) ve büyüme potansiyeli varlığı ve 9 buna bağlı olarak progresyon riski analizi ayrıca Risser sınıflandırılması (Şekil 16) veya Tanner Whitehouse ile yapılabilmektedir. Günümüzde ise iskelet gelişiminin tamamlanmasını daha detaylı ve kesin olarak belirleyebilen “Sanders İskelet Gelişim Sistemi” (distal radius, distal ulna ve elin küçük kemiklerine ait epifiz plaklarının değerlendirilmesi) bulunmaktadır. Risser ve Sanders karşılaştırılması yapıldığında Risser basamaklarına göre gelişimini tamamlamış kişilerde Sanders' e göre büyüme potansiyeli devam edebilmektedir. Ayrıca Sanders sınıflandırması kişinin yaşı ile Cobb açısı miktarının korelasyonu ile eğriliğin progresyonunu ve cerrahi riski hesaplamak için kullanılabilmektedir [86].



Şekil 16: İskelet maturasyonunun Risser yöntemi ile değerlendirilmesi. İliyak kanat apofizinin belirginleşme oranı kemik gelişimine paralel olarak artar.

2.5.8.1 Sanders Sınıflaması

Eğride artış fazı, ergenliğin başlarında eğri ilerleme hızındaki bir değişiklik ile ayırt edilir. Eğri ilerlemesi, eğride artış fazından önce ayda ortalama $0,2^\circ$ 'yken, eğri artış fazından hemen sonra ayda $1,0^\circ$ ila $2,0^\circ$ 'ye yaklaşabilir [87].

AİS'de eğri ilerlemesi tahmininde bulunurken ve korse gibi etkili tedavi seçenekleri hakkında hastalara uygun şekilde bilgi verirken iskelet olgunluğunu doğru bir şekilde değerlendirmek oldukça önemlidir. Bu konuda, çok sayıda sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir [87].

Risser evrelemesinin hızlı büyüme atağını tespit etmedeki başarısızlığı uzun zamandır biliniyor olmasına karşın, skolyoz filmlerine bakarak doğrudan okunabilmesi nedeniyle halen kullanılmaktadır. Sander ve ark., 2008 yılında yeni ve güvenilir bir yöntem olarak el röntgenlerini önermiştir. Metakarpal ve falankslardaki morfolojik değişiklikleri değerlendiren karmaşık Tanner-Whitehouse-III yöntemini baz alan bu sistem, Risser evrelemesine kıyasla idiyopatik skolyozdaki büyüme ile daha güçlü bir korelasyona sahiptir.

Bir sınıflandırma sistemindeki evrelerin kemik büyümesi ve pik boy hızı ile korelasyonu, hem cerrahi müdahaleler hem de cerrahi olmayan müdahaleler için farklı seçeneklere olanak tanımaktadır [87].

Öncelikle, kemik büyüme tahmini için Risser'in kullanılması, klinisyenlerin olgunlaşmamış iskeletleri hızlı büyüme öncesinde, sırasında ve sonrasında fark etmelerine engel olmaktadır. Bu evrelerin her biri farklı bir eğri ilerlemesi riskine sahiptir. Maksimum boy artış hızı ve pubertal büyümenin üçte ikisi iliak apofiz ossifikasyonunun ilk radyografik görünümünden önce gerçekleştiğinden dolayı, Risser evrelemesi bu fazdaki değişikliklere duyarsızdır [87].

Bu önemli sınırlamalar göz önüne alındığında, basitleştirilmiş iskelet olgunluk skorlama sistemi olarak da bilinen Sanders yöntemi kemik yaşını belirlemek için yaygın olarak kullanılır ve günümüzde ortopedi cerrahlarının yanı sıra endokrinologlar da dahil olmak üzere pek çok başka uzman tarafından da kullanılmaktadır. Bu yöntemin başlıca faydası, karmaşık Tanner-Whitehouse-III sınıflandırma yöntemine kıyasla, klinik ortamda basit ve pratik bir şekilde kullanılabilir olmasıdır. Sanders yönteminde, ergenlikte hızlı büyüme atağı baz alınarak hastalar 5 ayrı büyüme dönemine ayrılmakta olup, bu dönemlerin hepsi de Risser sınıflandırma sistemindeki sıfır evresine karşılık gelmektedir. Hem eğri tipi hem de Cobb açısı ile birlikte, Sanders

gelecekteki skolyoz eğri progresyonuyla güçlü bir şekilde prognostiktir. Sanders sınıflandırması sayesinde, AIS'li her 5 hastadan 1'inin eksik tedavi görmesi önlenabilir.

DSA skorunu belirlemek için kullanılan radyografik bulguları temel alarak, skolyoz progresyonu ile korele, hızlı ve güvenilir bir evreleme sistemi olmuştur.

Artan yaşla birlikte, çeşitli kemiklerin birbirleriyle karşılaştırıldığında düzenli bir sırayla değişikliğe uğradığı tespit edilmiştir. Özellikle, elin ulnar tarafındaki parmakların (dördüncü ve beşinci parmaklar) epifizleri en son kapanmakta. (Tanner-Whitehouse-III evre F), distal epifizlerden daha önce proksimal epifizlerin metafizlerini örtmekte (keplemekte) (aşama G), distal falanks fizleri, proksimal ve orta falanks fizlerinden önce kapanır (aşama H ve I), parmak fizleri metakarpal fizlerden önce kapanır ve en son da distal radyal fizler kapanır. El ve bileklerinin iskelet yaşı anteroposterior radyografisinde tüm parmaklar mevcut olduğundan, Tanner-Whitehouse-III yönteminde olduğu gibi değerlendirmeyi birinci, üçüncü ve beşinci parmaklarla sınırlamaya gerek yoktur. Modifiye edilmiş bu evreleme sistemi, evreleri birbirinden kesin çizgilerle ayırabilmek amacıyla birkaç kez gözden geçirilmiş, ardından spesifik Tanner-Whitehouse-III tanımları ve spesifik Greulich ve Pyle atlası radyografileri ile eşleştirilmiştir [87].

Tablo 1: Kemik Büyüme Fazlarında Sanders ve Risser Evrelemelerinin Korelasyonu [87].

Sanders evreler	Radyolojik özellikleri	Risserr	Radyolojik özellikleri
1. Juvenil yavaş evre	Parmak epifizleri kaplanmamıştır	0	Apofizde kemikleşme görülmez
2. Ergenlik öncesi yavaş evre	Parmak epifizlerinin tamamı kaplanmıştır	0	Apofizde kemikleşme görülmez
3. Ergenlikte hızlı evre (erken dönem)	Çoğu parmak keplenmiştir. 2 ila 5. MC epifizleri, metafizlerden daha geniştir	0	Triradiate kıkırdak açıktır (pik boy hızı)
4. Ergenlikte hızlı evre (geç dönem)	Distal falangeal fizler net bir şekilde kapanmaya başlar	0	Triradiate kıkırdak değirmeden kalır (uzun kemiklerde büyüme plakaları açıktır)
5. Ergenlikte sürekli gelişim evresi (erken dönem)	Tüm distal falanks fizleri kapalıdır, diğerleri ise açıktır	0	Triradiate kıkırdak kapalıdır (kadın hastalarda menarş)
6. Ergenlikte sürekli gelişim evresi (geç dönem)	Orta veya proksimal falanks fizleri kapanır	≥ 1	İliak apofizin ossifikasyonu %25 ila %75 arasında değişmektedir
7. Erken olgunluk evresi	Sadece distal radyal fizis açıktır. MC fiz izleri görülebilir	4	İlliak kreste füzyon olmaksızın iliak kanadın %100 ossifikasyonu
8. Olgunluk evresi	Distal radyal fizis tamamen kapalıdır	5	İlliak apofizin iliak kreste füzyonu (büyümenin durması)
MC=metakarpal			

Sanders ve ark. iskelet olgunluk evrelerini tipik olgunluk evrelerine denk gelecek şekilde hazırlanmıştır. İnfantil hızlı evre (evre 0) çalışılmamıştır. Juvenil yavaş evre (evre 1), ergen büyüme atağının başlangıcından önceki evredir. İkincil cinsel özelliklerse Tanner evre 1'de yer almaktadır. Ergenlik öncesi yavaş evre (evre 2), ergenlikte büyüme atağının başladığı, ancak pik boy hızının henüz görülmediği evredir. Sekonder cinsel özellikler Tanner evre 2'dedir. Hızlı ergenlik evresi (erken dönem) (evre 3), skolyoz eğrileri nedeniyle eğri artış fazının başladığı evre olup, pik

boy hızının görüldüğü zamana denk gelmektedir. Bu evrede, kızlar Tanner evre 2 veya 3'te olabilmektedir. Hızlı ergenlik evresi (geç dönem) (evre 4) döneminde skolyoz eğrilikleri hızla artmaya devam eder. Kızlar genellikle Tanner evre 3'tedir, ancak yine de genellikle asetabulumun açık bir triradiat kıkırdığı nedeniyle Risser evre 0'da yer alırlar. Ergenlikte Sürekli Gelişim Evresi - Erken Dönem'de (evre 5), kızlar hâlâ genellikle Risser evre 0'da yer almasında karşın, bu evrede triradiat kıkırdak artık kapalıdır. Bu aşamadan önce menarş nadiren görülür. Ergenlikte Sürekli Gelişim Evresi - Geç Dönem'de (evre 6), Risser işareti genellikle pozitifdir. Menarş genellikle artık ortaya çıkmıştır. Erken olgunluk evresi (evre 7), genellikle Risser evresi 4'e karşılık gelir ve skolyozda ilerleme hâlâ görülebilir. Olgunluk evresi (evre 8), Risser evre 5'e ve büyümenin tamamlanmasına karşılık gelen evredir [87].

Evrelerin Radyografik Özellikleri

Sadece birinci, üçüncü ve beşinci parmakları kullanan Tanner-Whitehouse-III yönteminin aksine, bu basitleştirilmiş yöntemde, olgunluğun doğru bir şekilde evrenmesi için mümkün olan her ipucunu değerlendirmek üzere tüm parmakların doğal gelişim sürecinden faydalanılır. Üçüncü ve beşinci parmaklar için Tanner-Whitehouse-III tanımlayıcıları ikinci ve dördüncü parmaklar için de kullanılmalıdır. İskelet olgunluğu ayrı evreler halinde değil, bir süreklilik halinde meydana geldiği için, sınıflandırmanın güvenilirliği için gerekli olan her evrenin başlangıcını ve sonunu tanımlamak için olabildiğince çaba gösterilir. Eğer bir hasta bir sonraki radyografik evreye henüz tam olarak ulaşmamışsa, daha az olgun bir evrede bulunduğu kabul edilir [87].

Evre 1: Juvenil Yavaş Evre

Bu evrenin temel özelliği, henüz parmak epifizlerin tümünün kaplanmamış olmasıdır (Şekil 17, 1-A ve 1-B). Bu evre tüm epifizler kaplanıncaya kadar devam eder. Burada, "kaplanmak" terimi, epifizin metafiz kadar genişlemiş olması anlamındadır (Tanner-Whitehouse-III, F evresi). Epifizler tamamen kaplandıktan sonra, hasta bir sonraki evreye geçmiş kabul edilir.

Bakılacak en iyi yer genellikle beşinci parmağın orta falanksıdır, çünkü buradaki epifiz genellikle kaplanan en son epifizdir.

Bu evre, beşinci parmağın orta ve proksimal falanks epifizlerinin ve tüm metakarpalların epifizlerinin kaplanmadığını gösteren Greulich ve Pyle atlası Kadın Standardı 17 (iskelet yaşı, sekiz yıl ve on ay) ile karşılaştırılabilir nitelikte olup, Erkek Standardı 22'yle de benzerdir (iskelet yaşı, on iki yıl ve altı ay) [87].



Fig. 1-A

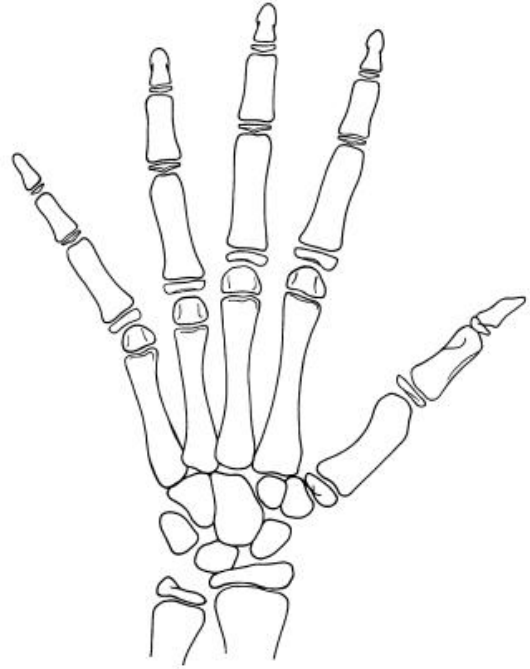


Fig. 1-B

Şekil 17: 1-A ve 1-B. Evre 1'deki temel bulgu, parmak epifizlerinin tümünün kaplanmamış olmasıdır.

Özellikle üçüncü orta falanksta göze çarpan epifiz, metafiz kadar geniş değildir. Genellikle, bu bulgu en çok beşinci orta falanks ve metakarpal baş kısmında belirgindir.

Evre 2: Ergenlik Öncesi Yavaş Evre

Bu evrenin temel özelliği, parmak epifizlerin tümünün kaplanmış olmasıdır (Şekil 18, 2-A ve 2-B). Bu evre, tüm epifizlerin metafizlerini örttüğünde(kepletiğinde) sona erer (Tanner-Whitehouse-III, G evresi).

Metakarpal dorsal ve volar yüzeyler net bir şekilde belirgin olup, bu bulgu "kaplanan " epifizlere karşılık gelir. Bu evre, tüm epifizlerin metafizlerini kapladığını gösteren Greulich ve Pyle atlası Kadın Standardı 18 (iskelet yaşı, on yıl) ile karşılaştırılabilir nitelikte olup, hepsinde olmasa bile parmakların bazılarında erken epifiz keplenmesinin görüldüğü 13 yaş erkek iskelet yaşına benzer niteliktedir [87].



Fig. 2-A

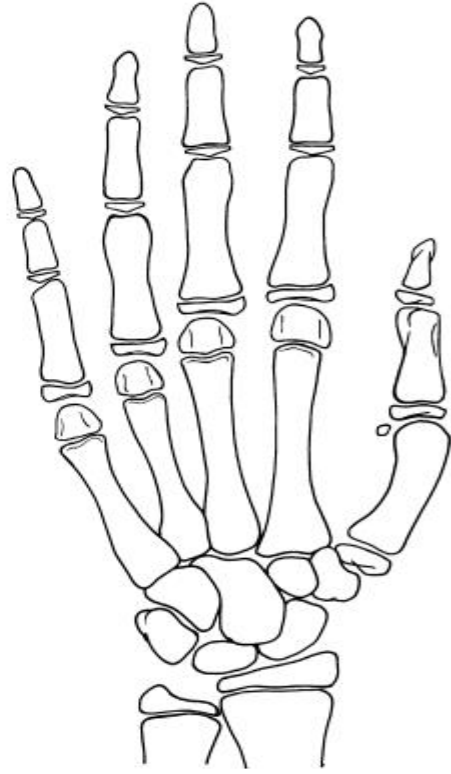


Fig. 2-B

Şekil 18: 2-A ve 2-B. Evre 2'deki temel bulgu, parmak epifizlerinin tümünün kaplanmış olmasıdır.

Epifizlerin hepsi metafizler kadar geniştir (kaplanmıştır). Metakarpal baş kısımların dorsal ve palmar yüzeyleri net bir şekilde bellidir. İkinci ila beşinci proksimal falanksların bir kısmında keplenme olmakla birlikte başka hiçbir yerde yoktur.

Evre 3: Hızlı Ergenlik Evresi (Erken Dönem)

Bu evrenin temel özelliği, epifizlerin kenarları metafizlerini örtmüş olmasıdır (Tanner-Whitehouse-III, G evresi) (Şekil 19, 3-A ve 3-B). Epifizler normalde birbirlerine denk gelir. Epifizlerin birkaçı hariç hepsi metafizlerini örtmüşse (keplemişse), radyografi bu evreyi işaret etmiş olacaktır.

Bu evrenin tespiti çok önemli bir aşama olduğundan, Tanner-Whitehouse-III, G evresinin kriterlerinin tümüne aşına olmak önemlidir. Bazı özellikler görünüyor olmalıdır. Özellikle, bu evrede, orta ve proksimal falangeal ve başparmak metakarpal epifizleri keplemiştir. Ayrıca, ikinci ila beşinci metakarpalların başları metafizlerinden hem daha geniştir hem de net bir dorsal ve volar yüzeye sahiptir.

Yine de, bazı önemli nüanslar görülür. Spesifik olarak, distal falanksalarda, özellikle de görüntüde genellikle dönmüş görünen başparmaktaki kepleşmeyi saptamak zor olabilir. Distal falankslar iyi görüntülenemiyorsa, değerlendirmeye alınmamalıdır. Fakat, distal falankslar net bir şekilde keplenmişse, muhtemelen diğer falankslar da keplenmiştir ve hasta bu evrede sınıflandırılır.

Greulich ve Pyle atlası Kadın Standartları 19 ile 20 (sırasıyla iskelet yaşı, on bir ve on iki) ve Erkek Standartları 24 ile 25 (sırasıyla iskelet yaşı, on üç yıl altı ay ve on dört yaş) bu evreye karşılık gelir [87].



Fig. 3-A

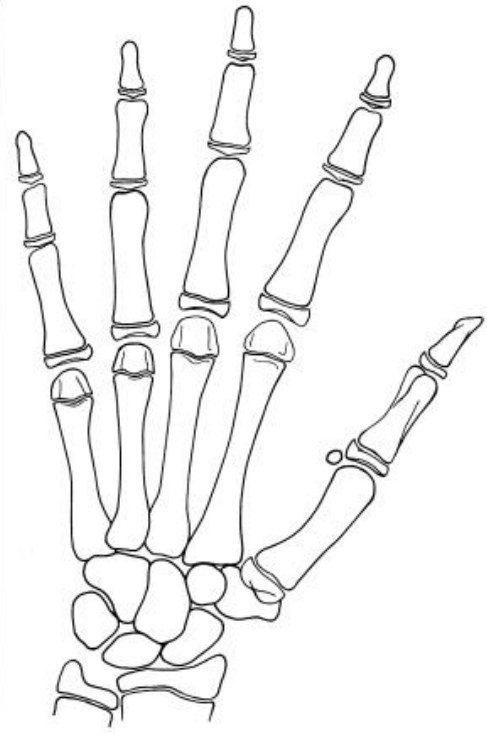


Fig. 3-B

Şekil 19: 3-A ve 3-B. Evre 3'teki temel bulgu, epifizlerin kenarlarının metafizleri örtmesidir.

Bu örtme işlemi, metafizyel kenar üzerinde küçük bir kıvrım şeklindedir. Metakarpallarda, ikinci ila beşinci uçlar metafizlerden daha geniştir. Epifizler, başparmak metakarpalını ve tüm parmaklar keplemişlerdir.

Evre 4: Hızlı Ergenlik Evresi (Geç Dönem)

Bu evrenin en belirgin özelliği, distal falanksların birinde veya birden çok falanksta fiziyel kapanma görülmeye başlanmasıdır (Şekil 20, 4-A and 4-B). Erken ergenlik hızlı evresinin tüm özellikleri mevcut olmakla birlikte, falankslardan biri veya birkaçında fiziyel kapanma net bir şekilde görülmeye başlamıştır (Tanner-Whitehouse-III, H evresi). H evresi, fizin tamamının değil, sadece bir bölümünün net bir şekilde kapalı olduğu evredir. Kısmi kapanma olmayan daralmış bir fiz bu evreden sayılmaz.

Başparmağın distal falanksı açıkça görülebiliyorsa, kullanılabilir. Genellikle, başparmak açıkça görülemeyecek kadar içe dönüktür ve bu evre için tek kriter olarak kullanılmamalıdır.

Dördüncü ve beşinci parmaklar için bu özellikleri en iyi Greulich ve Pyle atlası Erkek Standardı 15'te (iskelet yaşı, on beş yaş) görmek mümkündür. İkinci, üçüncü ve dördüncü parmak için bu özellikleri Kadın Standardı 21'de (iskelet yaşı, on üç yıl) görmek mümkün [87].



Fig. 4-A

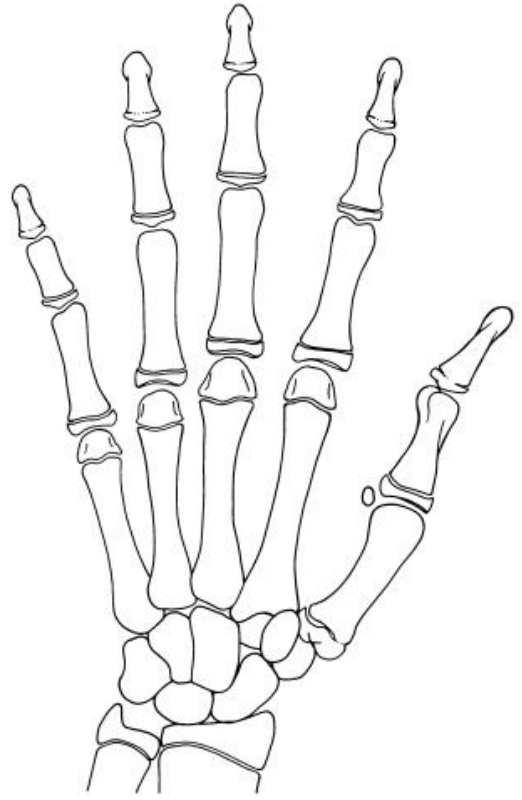


Fig. 4-B

Şekil 20: 4-A ve 4-B. Evre 4'ün temel özelliği distal falankslarda fiziyel kapanmanın başlamış olmasıdır.

Bu durumda, başparmağın distal falanks fizi radyografide kapalı görünür, ama dönmüş konumu yüzünden diğer parmaklara kıyasla daha net görüntülemek zordur. İkinci ila beşinci parmaklar distal falanks fizleri bu evrede kapanmaya başlar. Fiziyel kapanma, fizisin merkezinde başlar. Parmakların geri kalanı tamamen keplidir ve metakarp başları üçüncü evredeki metafizlerden daha geniştir.

Evre 5: Ergenlikte Sürekli Gelişim Evresi - Erken Dönem

Bu evrenin en belirgin özelliği, tüm distal falanks fizlerin kapalı (Tanner-Whitehouse-III, evre I), proksimal falanks fizlerin ise açık olmasıdır (Şekil 21, 5-A ve 5-B). Tanner-Whitehouse-III, evre I, beyaz (siyah değil) bir fiziyel skar olduğunu gösterir . İlk metakarpal fizis, distal falanks fizlerle yaklaşık aynı zamanda veya biraz daha geç kapanır. Bu evre, orta veya proksimal falanks fizleri net bir şekilde kapanana kadar devam eder (Tanner-Whitehouse-III, H evresi).

Greulich ve Pyle atlası Kadın Standardı 22 (iskelet yaşı, on üç yıl altı ay) ve Erkek Standardı 27 (iskelet yaşı, on beş yıl altı ay) bu evreye denk gelmektedir [87].



Fig. 5-A

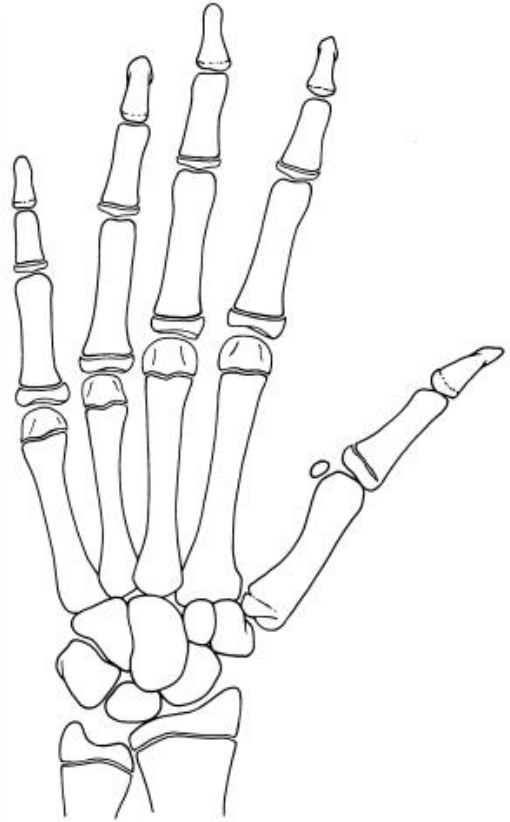


Fig. 5-B

Şekil 21: 5-A ve 5-B. Evre 5'in en önemli özelliği, tüm distal falanks fizlerin kapalı olmasıdır.

Fizde beyaz (fiziyel skar) yerine siyah (büyüme kıkırdağı) varsa radyografide evre 4 olarak kabul edilir. Epifizlerin geri kalanı keplidir ve metakarp başları metafizlerden daha geniştir (Evre 3'de olduğu gibi, bkz. Şekil 3-A ve 3-B).

Evre 6: Ergenlikte Sürekli Gelişim Evresi - Geç Dönem

Bu evrenin en belirgin özelliği, proksimal ve orta falanks fizlerinin net bir şekilde kapanmış olmasıdır (Tanner-Whitehouse-III, H evresi) (Şekil 22, 6-A ve 6-B). Bu evre, falanks ve metakarpal epifizler kapanana kadar sürer. Parmak metakarpallerinde uzamış bir fiziyel skar görülebilir. Tamamen beyaz bir fiziyel skarın kapalı olduğunu (Evre I), buna karşın geriye kalan siyah fizlerin ise tamamen kapalı olmadığını gösterir (Evre II veya daha erken bir evre).

Greulich ve Pyle atlası Kadın Standardı 23 (iskelet yaşı, on dört yıl) ve Erkek Standardı 28 (iskelet yaşı, on altı yıl) bu evreye karşılık gelmektedir [87].



Fig. 6-A

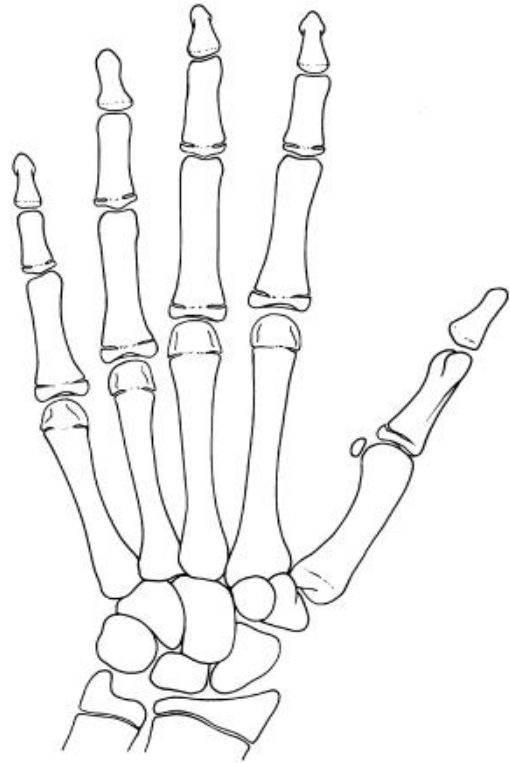


Fig. 6-B

Şekil 22: 6-A ve 6-B. Evre 6'nın en belirgin özelliği, proksimal veya orta falanks fizlerinin bir kısmının kapanmış olmasıdır.

Bu evrede distal falanks fizlerin tümü kapalıdır, ayrıca bazı proksimal ve orta falanks fizleri de bu evrede kapanmaya başlamıştır. İkinci ila beşinci metakarpal fizler tipik olarak diğer küçük kemiklerdekinden daha uzun süre açık kalır. Metakarpal fizler siyahtan (fizis) beyaza (fiziyel skar) dönüştüğünde, bu evreleme sistemi için fizis "kapalı" veya "kaynaşmış" olarak kabul edilir.

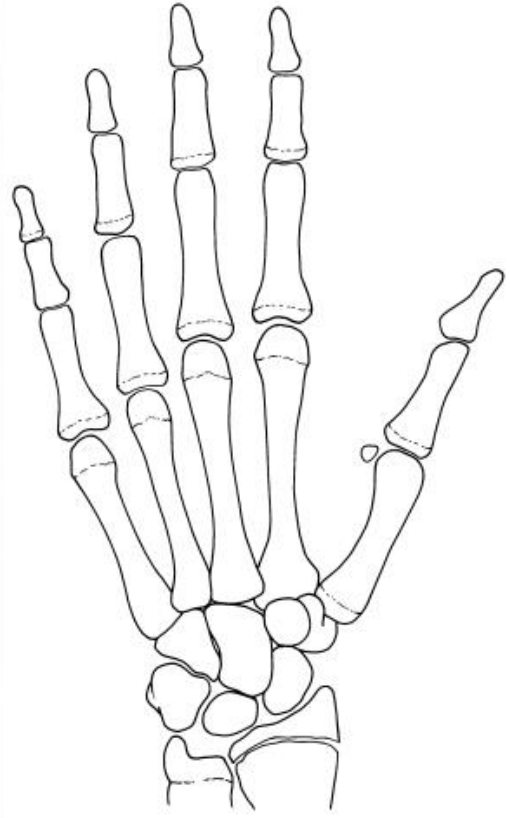
Evre 7: Erken Olgunluk Evresi

Bu evrenin en belirgin özelliği, sadece distal radyal fizisin açık olması, ulnanın ise göz ardı edilmesidir (Şekil 23, 7-A ve 7-B). Parmak fizlerinin tümü kapalıdır (Tanner-Whitehouse-III evre I'e karşılık gelen siyah kalıntı yoktur)

Distal radyal fiz açıktır (Tanner-Whitehouse-III, G veya H evresi, yani bazı siyah kalıntılar görülür).

Metakarpal beyaz fiziyel skarlar halen görülüyor olabilir. Eğer siyah bir fiziyel kalmışsa, hasta halen 6. evrededir.

Greulich ve Pyle atlası Kadın Standardı 24 (iskelet yaşı, on beş yıl) ve Erkek Standardı 29 (iskelet yaşı, on yedi yıl) bu evreye karşılık gelmektedir [87].



Şekil 23: 7-A ve 7-B. Evre 7'nin en belirgin özelliği, distal radyal ve ulnar kısımlar hariç tüm fizlerin kapalı olmasıdır.

Herhangi bir parmak veya metakarpalde siyah fiziyel çizgiler görülmez. Evre 7, distal radyal ve ulnar fizler siyah (persistan fizis) yerine beyaz (fiziyell skar) olduğunda sona erer.

Evre 8: Olgunluk Evresi

Bu evrenin en belirgin özelliği distal radyal fizisin tamamen kapalı olması, yani siyah kalıntı kalmamış olmasıdır (Tanner-Whitehouse-III, evre I) (Şekil 24, 8-A ve 8-B) Greulich ve Pyle atlası Kadın Standardı 26 (iskelet yaşı, on yedi yıl) ve Erkek Standardı 31 (iskelet yaşı, on dokuz yıl) bu evreye karşılık gelir [87].



Fig. 8-A

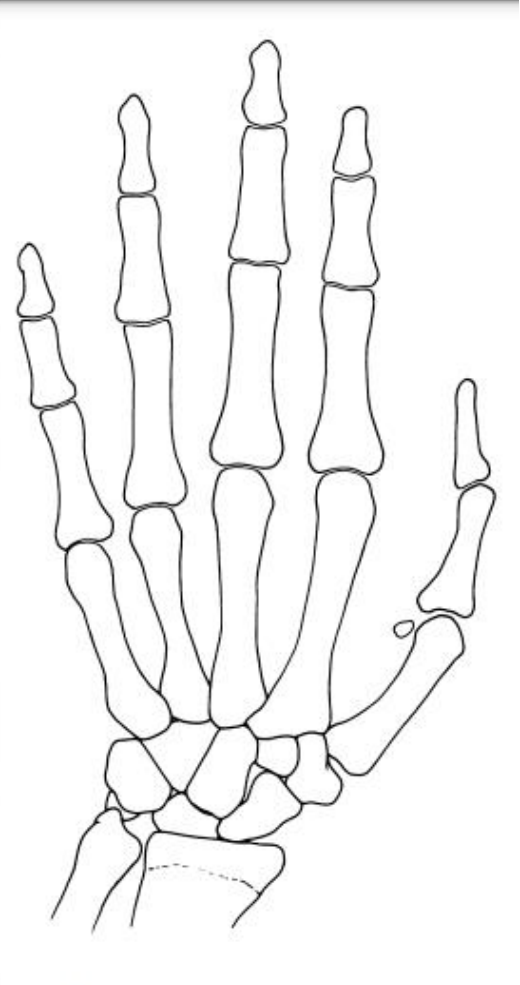


Fig. 8-B

Şekil 24: 8-A ve 8-B. Evre 8'in en belirgin özelliği tüm fizlerin kapalı olmasıdır. Kalan fiziyel çizgiler beyaz görünebilir, ancak siyah fiziyel çizgiler yoktur.

2.5.9 Klinik Değerlendirme

2.5.9.1 Anamnez

Skolyozlu adölesanlar genellikle sırt ağrısından dolayı değil de, deformitelerinin görünümünden dolayı çözüm arayışına girerler. AİS'luların %32'sinde sırt rahatsızlıkları olur [88]. Sırt ağrısı, hasta yaşının 15'in üzerinde olmasıyla, iskelet olgunlaşmasının Risser bulgusu 2 ya da daha fazla olmasıyla, menarş sonrası dönemle ve travma öyküsüyle yakından ilişkilidir. Ağrının kaynağı hastaların %10'unda bulunabilmektedir ve en sık sebepleri spondilolizis, spondilolistezis ya da Scheurmann kifozudur. AİS düşündüğümüz hastalarda iyi bir

anamnez alınmalı, ayrıntılı fizik muayene yapılmalı ve düz radyografiler istenmelidir. Hastanın yaşı ve cinsiyeti kaydedilmeli, sonrasında deformitenin ne zaman fark edildiği ve nasıl fark edildiği sorgulanmalıdır. Deformiteye eşlik eden ağrı, ek hastalık ve komorbiditelerin olup olmadığı araştırılmalıdır [89].

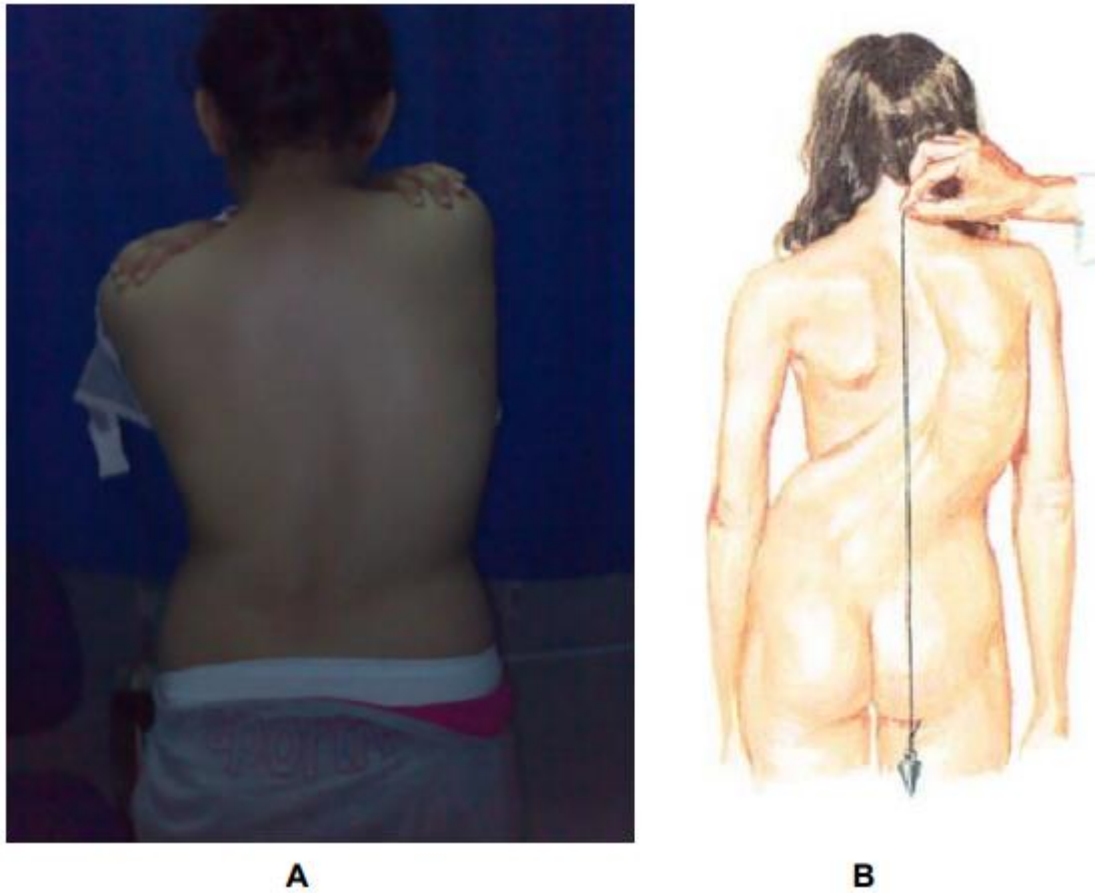
AİS’da respiratuar semptomlar genellikle sık görülmez. Eğriliğin büyüklüğü 100 dereceye ulaşmadan, vital kapasite %45’in altına inmeden ve torakal lordoz nedeniyle göğüs ön-arka çapı ileri derecede daralmadan, kardiyopulmoner yetmezlik gelişmeyeceği çalışmalarda gösterilmiştir (98seggitals). AİS’da nörolojik kusurlar nadiren görülür. Fizik muayene bulguları şüpheliyse (inatçı boyun ağrısı, sık gelen baş ağrısı, ataksi, güç kaybı) ayrıntılı nörolojik muayene de yapılmalıdır. Nörolojik kusur saptanırsa ya da sol torakal eğrilik varsa nöral yapılar radyolojik olarak değerlendirilmelidir. Normalde AİS’da torakal eğriliğin apeksi sağdadır. Anormal sol torakal eğriliklerin altında yatan neden çoğunlukla sirinkstir [89].

2.5.9.2 Fizik Muayene

AİS muayenesi hastaların uygun olarak örtülmesinden sonra yapılmalıdır. Hastanın bütün sırtı, omuzları ve iliak kanatları görünmelidir. Cilt, orta hatta görülen hemanjiomlar kıl kümesi, lumbosakral gamze gibi patolojiler açısından dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Servikal bölgeden başlayarak sakruma kadar spinöz çıkıntılar tek tek palpe edilmeli ve hassasiyet ya da defekt aranmalıdır. Ayakta duran hastada iliak kanatların aynı seviyede olup olmadığına bakılmalı olası bir bacak uzunluk farkı ekarte edilmelidir. Sırt ve omuz asimetrisi, gövdenin yan kıvrımları, eşit olmayan skapula çıkıntıları, belirgin iliak krista ve karşı taraf ile kıyaslandığında artmış kol ve gövde mesafesi açısından incelenmelidir [89].

Adam’s öne eğilme testi omurga eğriliğini gösteren en iyi fizik muayene testidir. Bu testle omurların rotasyon derecesi ve yönü açık olarak görülür. Adams öne eğilme testi; dizleri bükülmemiş, ayakları birleşik, kolları aşağıya sarkıtılmış ve avuçlar karşılıklı olmalıdır. Saptanan rotasyonel asimetri skolyometre ile ölçülebilir [90, 91].

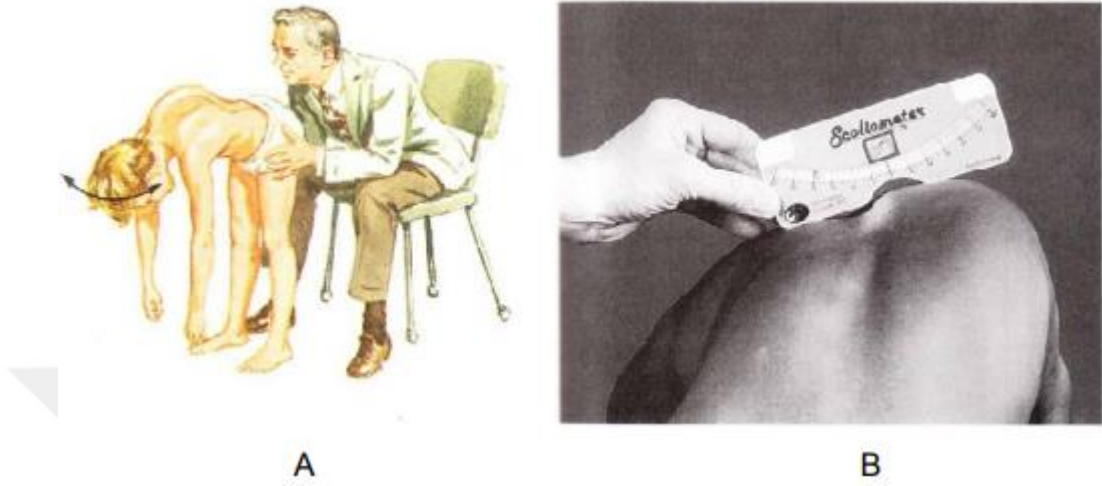
Omurga dengesi iki farklı yöntem ile değerlendirilir. Birinci yöntemde kafatası tabanından ya da C7 spinöz çıkıntısından aşağıya bir şakül sallandırılır. Normalde bu dikey çizgi gluteal sulkustan 1 ile 2 cm'den daha uzak olmamalıdır. İdiopatik skolyozda baş hemen hemen daima gluteal sulkus hizasındadır. Aksi durumlarda eşlik edebilecek nörolojik patolojiler ekarte edilmelidir. İkinci metod ise gövdenin pelvis üzerindeki pozisyonunu belirlemektir. İdiopatik skolyozlu hastalarda başın pelvis üzerinde olmasının aksine, gövdenin pelvis üzerinde önemli derecede bir dengesizliği vardır. Bu özellikle tek torakal eğrilik şekli için geçerlidir [89].



Şekil 25: A- Omuz asimetrisinin arkadan değerlendirilmesi. B- Omurgada şakül yardımı ile dengenin klinik tespiti [92].

AİS'da normalde sagittal plan skolyotik segmentte hafif hipokifotiktir. Ciddi olgularda lordotik olabilir. Çok ciddi olgularda ise apikal vertebra 90 derece kadar rotasyondadır. Bu durumda hekim, yandan hastaya bakarken aslında omurgayı ön arka

planda değerlendirmektedir. Ortaya çıkan klinik görünüm sagittal planda açıkça artmış kifozdur. Belirgin idiopatik skolyozu olan bir hastadaki sagittal düzlem deformitesi siringomiyelinin bir işareti olabilir [89].



Şekil 26: A- Adams öne eğilme testi [92]. B- Skolyometre ile rotasyonun klinik ölçülmesi [93].

2.5.9.3 Radyolojik Değerlendirme

Skolyoz değerlendirmesinde farklı yöntemlerden faydalanılır. Bunlar arasında farklı tipte konvansiyonel radyografi, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve ultrasonografi yer alır. Aşağıda, her bir yöntemin avantaj ve dezavantajları ayrı ayrı ele alınmıştır.

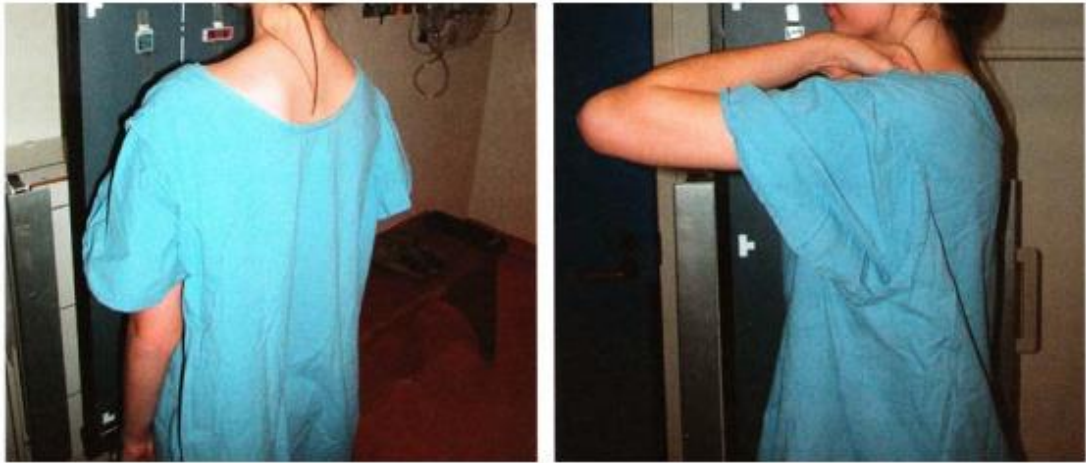
2.5.9.3.1 Radyasyon tehlikesi

Skolyozlu hastalar, farklı tipte radyolojik prosedürle birden çok kez muayene edilmektedir. Simony ve ark.. tedavinin başlangıcından kesin tedaviden 2 yıl sonrasına kadar kendi hasta gruplarında (834 hasta) ortalama 16 radyolojik muayene yapıldığını bildirmiştir [94]. İnfertilite ve meme kanserinin yanı sıra tiroid kanseri gibi malignitelerde risk artışı da dahil olmak üzere radyasyon birikiminin çeşitli yan etkileri bildirilmiştir [94, 95, 96, 97, 98, 99]. Radyasyonda 1 Sv'lik bir artışın ölümcül kanser geliştirme risk katsayısını %5 arttırdığı tahmin edilmektedir [100]. Artan radyasyon seviyesi nedeniyle, hastaların radyasyona maruz kalacağı muayene sayısını en aza indirmek oldukça önemlidir. Radyasyon seviyesini düşürmek izlenebilecek başlıca

yol, anterior-posterior görüntüleme yerine posterior-anterior radyografi tercih edilmesidir. Böylece, göğüs ve tiroidin daha az radyasyona maruz kalması sağlanarak malignite gelişme riski düşürülmüş olur [99, 101]. Geijer ve ark. skolyozlu hastalarda radyolojik muayeneden kaynaklı radyasyonu optimize ederek azaltmak için çeşitli yöntemler tarif etmiştir [102, 103]. İyonlaştırıcı radyasyonu kullanılan muayene sayısını genel olarak düşürmenin yanı sıra, bunları yalnızca gerektiğinde gerçekleştirmek ve iyonlaştırıcı olmayan alternatif tanı yöntemleri kullanmak, maligniteye yol açan riski düşürmenin diğer önemli yolları arasındadır. Hem donanım hem de yazılım daha da geliştikçe, skolyozlu hastaların radyasyona maruz kalması düşürülebilecektir.

2.5.9.3.2 Radyografi

Geleneksel olarak, skolyoz ayakta çekilen radyografilerle frontal ve sagittal görüntüleme yoluyla değerlendirilir (Şekil 27). Görüntüler iki boyutlu olup, deformitenin genel görünümünü iyi verip, zaman içinde eğrilikteki ilerlemeyi izleme fırsatı sunar. Rutin muayenede radyasyon dozu yaklaşık 0.1 mSv'dir. Deformitenin esnekliğini değerlendirmek için, ayakta durarak ve yanal olarak veya bir dayanak noktası üzerinde eğilerek muayene yapılır [104]. Eğrinin esnekliğinin değerlendirilmesi deformite sınıflandırması için önemlidir. Bu ayrıntı ayrıca 'İdiyopatik skolyozun sınıflandırılması' bölümünde de ele alınmıştır.



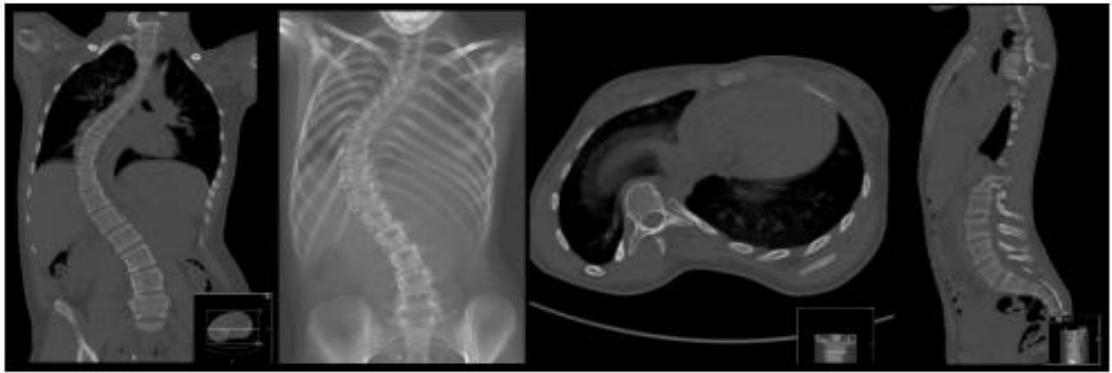
Şekil 27: Ön-arka ve yan radyografilerin doğru olarak çekilişi görülmektedir.

2.5.9.3.3 3D İskelet sistemi görüntüleme (EOS)

EOS, iki ayrı düzlemde çekilen radyografiden oluşan bir sistemdir (EOS Imaging, Paris). Görüntüleme işlemi ayakta yapılır [105]. İki görüntü birleştirilerek omurganın üç boyutlu görünümü elde edilir. Gerçekçi bir görünüm elde edilmez, çünkü rekonstrüksiyon yoluyla yaklaşık bir model elde edilmektedir. Eksenel görüntüleme (ayakta) ve çok düşük bir radyasyon dozuyla eğrilik değerlendirme ve pelvik insidans (PI) ölçümüne olanak tanıyor olması sistemin bir avantajıdır [106, 107, 108]. Başlıca dezavantajlarıysa, ekipmanın pahalı olması ve gerçekçi bir rekonstrüksiyonun elde edilemiyor olmasıdır. Bu durum ise, iskelet yapısının (örn. malformasyonların) ayrıntılı bir değerlendirmesini yapma olasılığını azaltmaktadır.

2.5.9.3.4 Bilgisayarlı tomografi

BT, iskelet yapısının ayrıntılı değerlendirmesi için idealdir (Şekil 28). Tipik bir BT muayenesi, kraniyokaudal yönde düşük/farklı yerçekimi yükü nedeniyle omurgayı etkileyen sırtüstü pozisyonda yapılır. BT muayenelerinin ayakta çekilen radyografilerle doğrudan karşılaştırılamamasının bir nedeni budur. Diğer bir dezavantajı ise, BT ile ilişkili iyonlaştırıcı radyasyondur. Sonuç olarak, iskelet yapısının değerlendirilmesi için özel düşük dozlu protokoller geliştirilmiştir [109, 110]. Böyle bir protokol kullanılarak, 0.3-0.4 mSv kadar düşük bir radyasyon dozuyla tüm omurga muayeneleri yapılabilir [110].

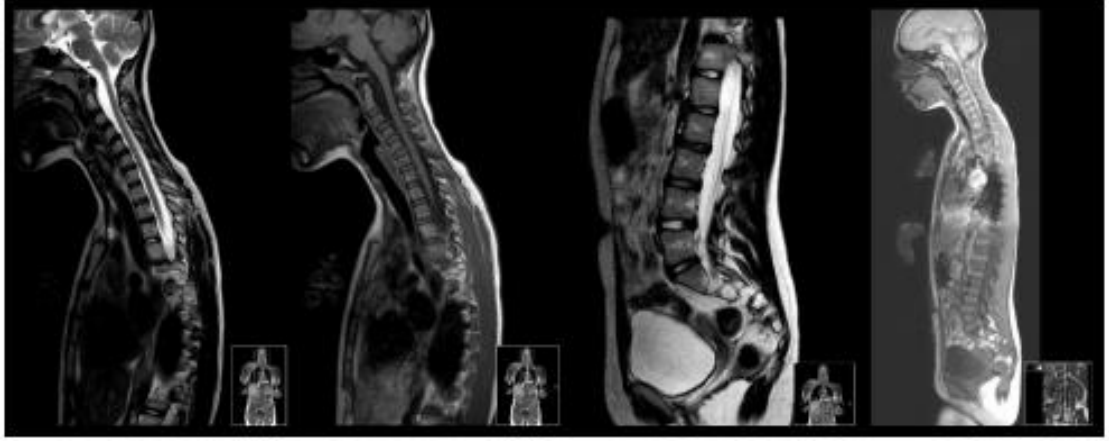


Şekil 28: Ayrıntılı iskelet değerlendirmesi için düşük doz BT görüntüleme.

Frontal düzlem (solda), 3B rekonstrüksiyon (sol ortada), eksenel düzlem (sağ ortada) ve sagittal düzlem (sağda).

2.5.9.3.5 Manyetik rezonans görüntüleme

MRG, sinir yapıları, diskler ve kaslar gibi yumuşak dokuların muayenesi için en uygun yöntemdir (Şekil 29). MRG de sırtüstü pozisyonda çekilmektedir. Yöntemin manyetik rezonansa dayanıyor olduğundan dolayı iyonlaştırıcı radyasyon yoktur. Amaç, sinir sistemi ve omurilik kanalındaki Chiari malformasyonu, sirinks, bağlı kordon veya deformiteyi açıklayabilecek omurilik içi süreçler gibi anomalileri dışlayabilmektir [111, 112, 113, 114]. Zaman alan muayenelerle bazen genel anestezi gerektiren hastaların muayene sırasında hareketsiz kalmasına duyulan ihtiyaç ise bu yöntemin dezavantajıdır.



Şekil 29: Sinir yapılarının değerlendirilmesi için omurga genelinde MR görüntüleme.

2.5.9.3.6 Ultrasonografi

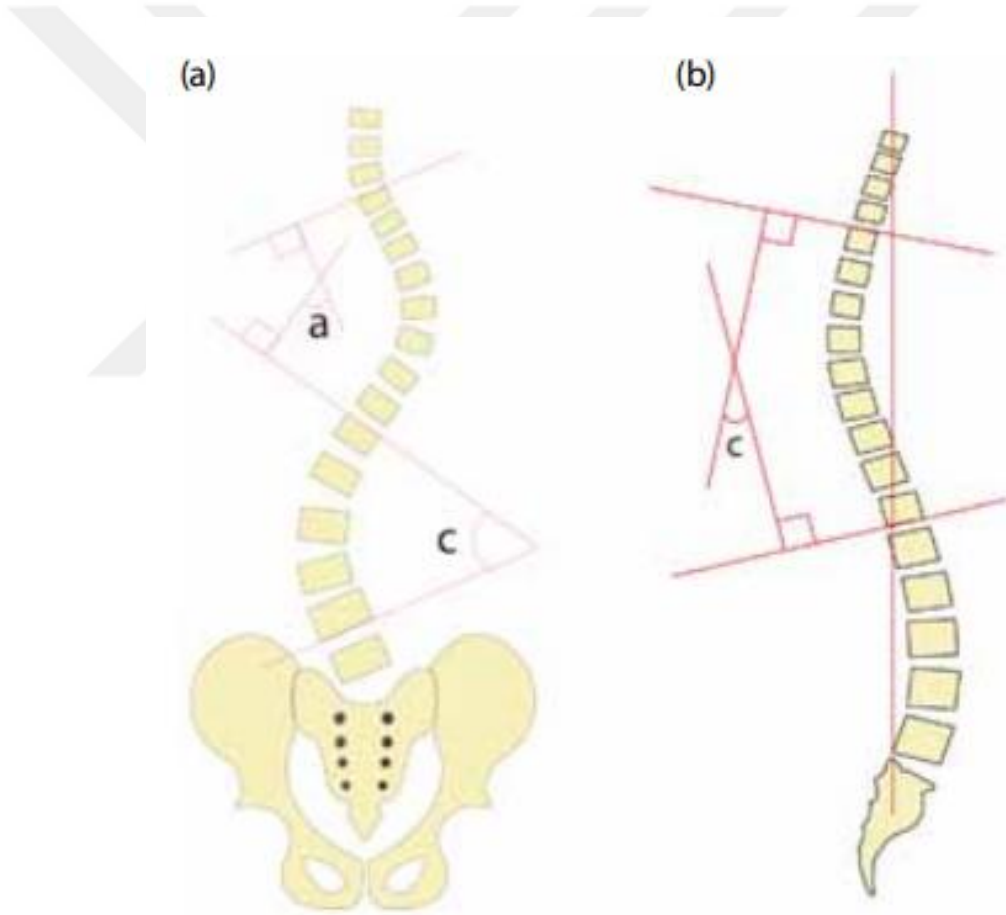
Ultrasonografi, omurgadaki deformiteleri değerlendirmeye kullanılan görece yeni bir yöntemdir [115]. Ayakta durarak yapılabilen ve hastalar herhangi bir iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmamaktadır. Açılar, spinal çıkıntıların veya enine çıkıntıların boyutlarına bakarak hesaplanır [115, 116, 117]. Brink ve ark. ultrasonla ölçülen eğri açılarının radyografilerdeki Cobb açısına kıyasla daha küçük olduğunu, ancak ölçümler arasında mükemmel bir korelasyon olduğunu göstermiştir [117].

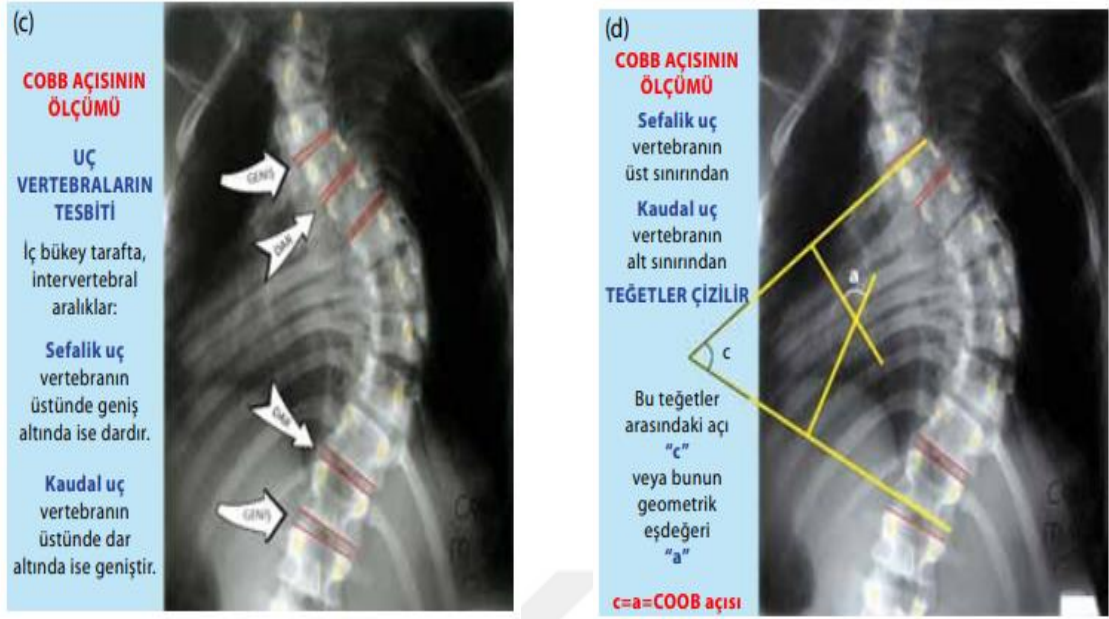
2.5.9.4 Teşhis amaçlı ölçümler

2.5.9.4.1 Cobb açısı

Cobb açısı ilk olarak 1948'de John Robert Cobb tarafından tanımlanmıştır (4). Bu ölçüm, frontal düzlemdeki eğriliğin en başındaki vertebra'nın üst uç plakası ile

kuyruk sokumuna doğru en uçtaki vertebranın alt uç plakası arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil 30). Standart ölçümler, omurga deformitesinin şiddetini değerlendirmek için altın standart olarak kabul edilen ayakta çekilen radyografiyle yapılır. Tekrarlanan ölçümlerde 5°'ye kadar bir ölçüm hatası görüldüğünden, fark 5°'den büyükse iki muayene arasında klinik olarak anlamlı bir fark olduğu dikkate alınır (61-63). Eğrilerin esnekliği, eğilerek yapılan muayenelerde Cobb açısı ölçümleri ile değerlendirilir (28). Cobb açısının değerlendirilmesi, deformitedeki ilerlemeyi takip etmenin kolay bir yoludur. Yine de, skolyoz değerlendirmesinde altın standart olarak kabul edilmesine rağmen, omurga eğriliklerinin üç boyutlu özellikleri hakkında Cobb açısı ile elde edilebilen bilgiler oldukça sınırlıdır.



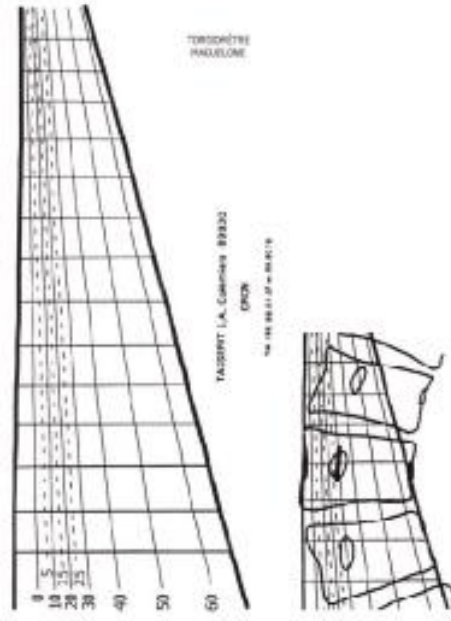


Şekil 30: Cobb açısı ölçümü. (a) Ön-arka planda, (b) sagittal planda. (c) En alt ve en üst omurgaların (end vertebra) tespiti. (d) Cobb açısının ölçme yöntemi.

Cobb açısı omurgaya etki eden eksenel yüklere bağlıdır. Ayakta durma pozisyonunda, yerçekimi deformiteyi maksimal olarak etkilediğinden, büyük bir Cobb açısı ölçülür. Sırtüstü pozisyondaya, yerçekimi deformitenin büyüklüğünü daha az ve farklı bir yönde etkilediğinden, daha küçük bir Cobb açısı ölçülür. Bu durum, hastanın duruşunun, BT ve MRG gibi sırtüstü pozisyonunda yapılan muayenelerde Cobb açısının değiştiği ve bu değerlendirmelerde bu farklılığın göz önünde bulundurulması gerektiği anlamına gelmektedir. Ayakta ve sırtüstü yapılan muayenelerde Cobb açısı ölçümleri arasındaki ilişki daha önceki çalışmalarda incelenmiştir (64-66).

2.5.9.4.2 Vertebral rotasyon

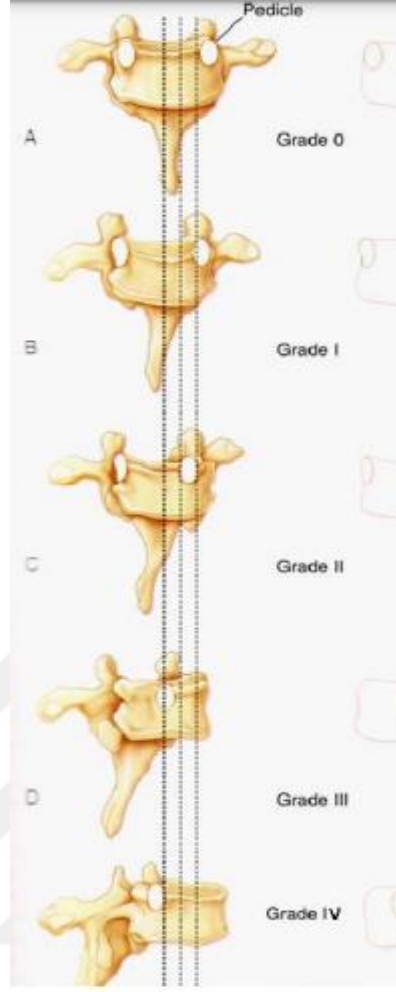
Anatomi ve biyomekanik bölümünde ele alınmış olduğu üzere, vertebral rotasyon skolyoz deformitesinin önemli bir parçasıdır. Vertebral rotasyonu değerlendirmek için farklı teknikler kullanılarak uygulanan çeşitli yöntemler tarif edilmiştir (67).



Şekil 31: Pedriolle torsiometresi ile vertebra rotasyonu ölçümü.

Tarihsel olarak, vertebral rotasyon, radyografilerden elde edilen 2B görüntülerde, spinöz çıkıntının (Cobb yöntemi (4)) veya pediküllerin (Nash-Moe yöntemi (68) veya Peridriolle yöntemi (69)) görünürlüğü incelenerek değerlendirilir. Bunlar büyük ölçüde muayenelerin kalitesine bağlı olduğundan dolayı bu yöntemlerin doğruluğu tartışmalıdır. Aaro ve Dahlborn ve sonrada Ho ve ark. vertebral rotasyon ölçümü için BT incelemelerine dayalı bir yöntem getirmiştir (70, 71). MRG bazlı değerlendirme yöntemlerinin yanı sıra çeşitli hesaplamaları otomatik gerçekleştirmek üzere bilgisayarlı yöntemler de geliştirilmiştir (72, 73).

Nash-Moe metodunda ise, ön-arka radyografide, pedikül ile vertebra korpusunun merkezi arasındaki ilişki incelenir. Buna göre rotasyon 5 evreye ayrılır: (1,28,36,38) (Şekil 32)



Şekil 32: Nash-Moe metoduna göre vertebra rotasyonu ölçümü.

Evre 0: Her iki pedikül simetriktr.

Evre I: Konveks pedikül vertebra korpusunun kenarına kadar gitmiştir.

Evre II: Evre I ile III arasındadır.

Evre III: Konveks pedikül vertebra korpusunun merkezindedir.

Evre IV: Konveks pedikül orta hattı geçmiştir.

Vertebra rotasyonuna ilişkin henüz çözüme kavuşturulmamış bir problemse, karşılaştırmanın hangi referans noktasına göre yapılacağıdır. Şimdiye kadar, vücudun içinde veya dışında ideal bir referans noktası bulunamamıştır. Eksenel düzlemdeki

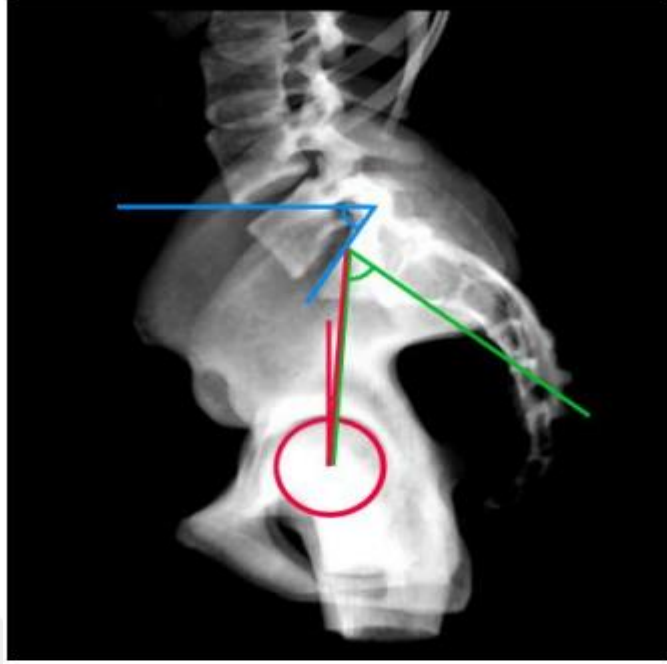
vertebral rotasyon ve asimetrinin ayrıntılı analizine ilişkin yeterli bilgi mevcut değildir.

2.5.9.4.3 Pelvik insidans

İdiyopatik skolyoz birden çok faktöre bağlı olarak gelişir ve ilerler. Birçok çalışmada, omurganın sagittal şeklinin ve dik duran insan omurga biyomekaniğinin rolünün önemine vurgu yapılmıştır.

Pelvik sakral açı, During ve ark. tarafından 1985'te tanımlanmıştır. Bu tanım daha sonra Duval-Beaupère ve ark. tarafından genişletilerek pelvik insidans terimi öne sürülmüştür. Bu parametre, pelvik anatomi ile omurga dizilimi arasındaki ilişki olarak tarif edilmiştir (75, 76). Pİ, sakrum ve her iki femur başı da dahil olmak üzere ayakta çekilen radyografilerden yararlanarak değerlendirilir. Pİ, sakral uç plakaya dik bir çizgi ile femur başının merkeziyle sakral platonun merkezini birbirine bağlayan çizgi arasındaki açıdır. Sakral eğim (yani, sakrumun üst uç plakası ile yatay bir çizgi arasındaki açı) artı pelvik eğim (sakral platonun orta noktasını femur başlarının merkezine bağlayan çizgi ile dikey referans çizgisi arasındaki açı) Pİ'ye eşittir (Şekil 33). Pİ, geç ergenliğe kadar sürekli olarak artar. Ardından, Pİ kişinin hayatının geri kalanı boyunca, yani vücudun doğal büyüme aşaması tamamlandıktan sonra sabit kalır. Bu gelişim eğrisi yaş ve duruş pozisyonundan etkilenmez (77-79).

Pİ, omurganın üç boyutlu değerlendirilebilmesi için bilgi edinmede esas kabul edilir. Bununla birlikte, ayakta çekilen iki boyutlu radyografilerle ölçümler almaya devam edilmiştir. Bu ölçümler, gerçek bir üç boyutlu rekonstrüksiyona yalnızca kısmen olanak tanımaktadır (80, 81). Pasha ve ark., üç boyutlu rekonstrüksiyon radyografileri kullanarak pelvik parametreleri üzerinde yenilikçi çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca, Vrtovec ve ark., skolyotik olmayan bireylerden oluşan bir popülasyonda üç boyutlu Pİ ölçümü için BT taramalarından yararlanmış ve bu yöntemin sıradan sagittal röntgenle yapılan geleneksel ölçümlerden daha yüksek bir doğruluğa sahip olduğunu göstermiştir (80, 82).



Şekil 33: Pelvik insidansın şematik bir görünümü. Sakral eğim (mavi açı) + pelvik eğim (kırmızı açı) = pelvik insidans (yeşil açı).

2.5.10 Skolyoz tedavisi

Konservatif ve cerrahi olmak üzere iki farklı tedavi seçeneği bulunur.

Konservatif Tedavi

Konservatif tedavi prensipleri ana maddelerle belli bir oranda belirlenmiştir. İdiopatik skolyozda konservatif tedavi, hastalığın görülme yaşına ve eğriliğin büyüklüğüne göre farklılıklar gösterebilir. İnfanitil idiyopatik skolyozlu hastaların tedavisindeki yöntemler şöyle sıralanabilir.

1. Seri alçılama, düzelme sağlandıktan sonra korse tedavisi, ileri dönemde füzyon.
2. Ameliyat öncesi traksiyon, düzelme sağlandıktan sonra füzyon.
3. Füzyon yapmadan subkütan enstrümantasyon.

Eğer kostovertebral açılar arası fark (KVAf) 20 dereceden fazla ve klinik muayenede eğrilik fleksibl değilse aksi ispatlanana kadar ilerleyici kabul edilir. Tecrübeli bir ortotist eğer eğrilik çok fazla değilse, yeterli bir torako-lumbo-sakral

ortez (TLSO) veya serviko-torako-lumbar ortez (CTLSSO) yapabilir. İskelet gelişiminin erken dönemlerinde iyi yapılmış bir ortez ile eğriliğin ilerlemesi önlenabilir veya düzelme sağlanabilir. Çok küçük çocuklarda genel anestezi altında yapılan seri alçılamlarla tedaviye başlanır ve çocuk yeterince büyüdüğü zaman da ortez ile tedaviye devam edilir. Alçı değiştirme süresi genellikle çocuğun büyüme hızı ile ilgilidir, ancak genellikle 2-3 ayda bir değişim yapılır. Ortez tam gün kullanılır ve eğrilik stabil edilinceye kadar da en az iki yıl kullanılır. Mc Master, eğriliği kontrol altına alınan 22 infantil skolyozlu hastada ortez kullanma süresinin 6 yıldan fazla olduğunu bildirmiştir. Eğer eğrilik fazlaysa ve ortez kullanımına rağmen artıyorsa cerrahi stabilizasyon gerekir. Cerrahi füzyon gerekli ise, sadece yapısal - birinci eğrilik- artrodez yapılmalı ve artrodez anterior ve posteriordan kombine edilmelidir. Bu kombinasyon, 'krankshaft' deformitesi gelişimini önlediği için gereklidir [118].

Jüvenil idiopatik skolyozda, ilerleme büyük ve cerrahi tedavi gerekliliği yüksek olsada adölesan idiopatik skolyozda izlenen tedavi planı kullanılır. 20 dereceden az eğriliklerde gözlem ve 4-6 ayda bir çekilen filmlerle takip etmek gerekir. Bu takip esnasında ilerleyen eğriliklerde ortez tedavisine geçmek gerekir. Aksi takdirde iskelet gelişimi tamamlanuncaya kadar hasta takibi devam eder. Birçok yayında ortez tedavisinde, Milwaukee breysin üstünlüğü vurgulansada, jüvenil idiopatik skolyozun tedavisinde, apeksi T8 ve altında olan torakal eğriliklerde sıklıkla TLSO kullanılır. Başlangıçta ortez günde 22 saat kullanılır. Eğer bir yıl içinde eğrilik azalırsa her gün birer saat olmak üzere ortez kullanım süresi azaltılabilir ve sadece gece giyilen "night-time" kullanma programına geçilebilir. Bu özellikle ergenliğe ulaşmış çocuklarda çok daha iyi tolere edilebilir. İlerleme olursa tekrar tam gün korse uygulamasına geçilir [118].

Konservatif tedavinin başarı şansı düşüktür. Figueriedo ve James' in serilerinde hastaların %44' ü konservatif tedaviye cevap verirken %56' sına spinal füzyon gerekmiştir. Tolo ve Gillespie' nin serilerinde, eğrilik ilerlediği için hastaların %27' sinde cerrahi füzyon gerekmiştir. Aynı araştırmacılar, hastanın yaşı, eğriliğin tipi ve derecesine bakarak, hangi eğriliğin ilerleyeceğini tahmin etmenin mümkün olmadığını tespit etmişlerdir. Tolo ve Gillespie jüvenil skolyozlu bir hastada ilk

muayenede eğriliğin 30 dereceden büyük olmaması halinde Milwaukee ortezi uygulanmasının gerekmediğini, çünkü 20-30 derece arasında bazı eğriliklerin aylarca ilerlemediğini belirtmişlerdir [118].

Başlangıçta ölçülen KVAF, ilerlemenin hesaplanmasında yararlı değildir, fakat zaman içinde 10 dereceden fazla ilerleme gösteren KVAF, eğriliğin ilerlemesi ile ilişkilidir. Torasik kifoza 20 dereceden küçük olan hastalarda eğriliğin ilerleme insidansı daha yüksektir. İki majör eğrilikli skolyozlar genellikle ilerleme eğilimindedir [118].

Kahanovitz, Levine ve Lardone eğriliği 35 dereceden ve KVAF' ı 20 dereceden az olan hastaların yarı zamanlı Milwaukee ortezi (CTLSO) (Şekil 34) tedavisi ile çok iyi prognoz gösterdiklerini belirtmişlerdir. İlk ortez kullanımında eğriliği 45 dereceden fazla ve KVAF'ı 20' yi aşan hastaların hepsinde en sonunda spinal füzyon tedavisine gerek duyulmuştur. Yarı zamanlı ortez tedavisinde ortez, bir yıl boyunca okuldan sonra ve tüm gece kullanılır. Daha sonra hasta 2,5 yıl boyunca yalnız geceleri ortez giyer. Sonrasında da hastalar gün aşırı, gece boyunca 1-2 yıl ortez kullanırlar. Tedavi genellikle 14 yaşında bırakılır. Yarı zamanlı ortez tedavisi, tüm gün Milwaukee ortezi kullanılarak yapılan tedaviye göre hastalara sosyal ve psikolojik yararlar sağlar. Milwaukee ortezi göğüs duvarı kompresyonu yapmadığı için bu genç hastalarda tercih edilebilir. Ancak genellikle tam temas eden TLSO (Şekil 35) önerilir. Fakat çocuk uzun zaman ortez kullanmak zorunda kalırsa, göğüs kafesi distorsiyonu gelişebilir. Yarı zamanlı Charleston bending breysi ile ilgili ilk yayınlar cesaretlendirici olsada, yararlığı kesinleşmemiştir [118].



Şekil 34: Milwaukee breysinin önden ve arkadan görünümü.



Şekil 35: Boston breysin, önden (NEUT SATM,Fr) ve hasta üzerinde görünümü.

Eğrilik ilerlesede, ortez ilerlemeyi yavaşlatır ve çocuk büyüyünceye kadar cerrahiyi geciktirir, bu da gövdenin kısa kalması ve krankşaft fenomeni ihtimalini azaltır. Ortotik tedavi başarısız olursa, subkütan rod veya çok çengelli segmental sistem ve spinal füzyon düşünülmelidir. Çocuk 8 yaşından küçükse en ideal tedavi, anterior apikal büyümeyi durdurma ameliyatı yapılarak ya da yapılmayarak subkütan rod enstrümantasyonudur. Eğer çocuk 9 veya 10 yaşında ise krankşaft fenomenini önlemek için kombine anterior ve posterior spinal füzyon düşünülmelidir [118].

Dimeglio omurganın hayatın ilk beş yılında T 1' den S 1' e kadar yılda 2 cm' den fazla uzadığını göstermiştir. 5 – 10 yaşları arası yılda 0,9 cm, ergenlik çağında ise yılda 1,8 cm uzar. Hefti ve McMaster, infantil veya juvenil idiopatik skolyozu olan 24 çocukta, spinal füzyonun posterior elemanlarda uzunluğuna büyümeyi durdurduğunu ancak vertebra korpuslarının anteriora büyümesinin devam ettiğini bildirmişlerdir. Anteriora büyüme, vertebra korpuslarının ve disklerin, laterale yani konveksiteye doğru çıkıntı yapmasına ve posterior füzyon eksenini etrafında dönmesine yol açarak korreksiyonun bozulmasına, vertebral rotasyonun artmasına ve “rib hump” ın tekrar belirginleşmesine neden olur. Dubousset, Herring ve Shuffelburger de krankşaft fenomenini doğrulamışlardır. Füzyon düşünüldüğünde, çocuk 9 veya 10 yaşında ise, iliak krista apofizi henüz belirginleşmemişse, çocuk menarş öncesindeyse ve büyüme potansiyeli fazla ise krankşaft deformitesini engellemek için kombine anterior ve posterior füzyon düşünülmelidir [118].

Adölesan idiopatik skolyozun tedavisinde yıllar boyunca fizik tedavi, manipülasyon, elektrik stimülasyonu gibi farklı metotlar kullanılmış, fakat etkinliklerini gösteren bilimsel kanıt elde edilememiştir. Bazıları breys (ortez -korse) tedavisine kuşkuyla yaklaşırsa da, idiopatik skolyoz için en geniş kabul görmüş iki konservatif tedavi yöntemi gözlem ve breys tedavisidir [118].

Genel popülasyonda hafif derecelerde skolyoz sık olsa da bunların çok azı tedavi gerektirir. Ne yazık ki, başlangıçtaki değerlendirmede hangi eğriliklerin ilerleyeceğini doğru olarak tahmin etmek için güvenilir bir metod yoktur; bu yüzden gözlem tüm eğriliklerin birincil tedavisidir. Omurganın röntgen filmi şu an için eğriliğin büyüklüğü ve ilerlemesinin takibi için tek kesin belgedir. “Rib hump“

ölçümü,“ skolyometre“ kullanarak gövde rotasyon açısını ölçme ve moire topografisi, ISIS taraması gibi araç ve yöntemlerin kullanımı ile deformite gelişimini izleme çalışmaları yapılmıştır. Bu metodlar belli küçük eğrilikler ve düşük riskli hastalar için yararlı olabilir. Fakat röntgen filmleri omurganın periyodik değerlendirilmesi için gereklidir [118].

Genel olarak 20 dereceden küçük eğriliği olan genç hastalar her 6 - 12 ayda bir muayene edilmeli, daha büyük eğriliği olan adölesan hastalar ise her 3 - 4 ayda bir muayene edilmelidir. İskelet büyümesi tamamlanmış 20 dereceden küçük eğrilikler daha fazla takip gerektirmez. İskelet büyümesi henüz tamamlanmamış 20 dereceden büyük eğriliği olan hastalar ise daha sık muayene edilmelidir. Genellikle ayakta posteroanterior filmlerle her 3-4 ayda bir muayene edilirler. Eğer eğrilik 25 derecenin üzerine çıkmışsa (6 ayda 5 dereceden fazla artış) ortotik tedavi düşünülmelidir. İskelet büyümesi tamamlanmamış ve 30-40 derece eğriliği olan hastalarda ilk değerlendirmede ortotik tedavi önerilir. 30-40 derece eğriliği olan ve iskelet büyümesi tamamlanmış hastalar genellikle tedaviye gereksinim duymazlar, ancak bu hastalar, bu tür eğrilikler ilerleme potansiyeli taşıdıkları için iskelet gelişimi tamamlandıktan sonra da 2-3 yıl boyunca yıllık ve daha sonra 5 yıllık filmlerle hayat boyu takip edilir [118].

Özellikle adölesan idiopatik skolyozun tedavisinde uzun yıllar boyunca kabul gören ortotik tedavi, tam zamanlı (günde 23 saat) Milwaukee breys (serviko-torako-lomber-ortez- CTLSO-) kullanmaktır. Yeni koltuk altı ortezlerden alınan başarılı sonuçlardan dolayı Milwaukee breys artık nadiren kullanılmaktadır. Boston breys ve Wilmington plastik ceket gibi birçok koltuk altı ortezi (TLSO – torako-lumbo-sakral-ortez-) tipi mevcuttur. Skolyozda kullanılan ortezlerin temel prensibi öne pelvik tilt oluşturarak lomber lordozu kontrol etmektir. Lomber lordozun yassılaşmasıyla birlikte paravertebral kaslara veya kostalarla eklemleşen vertebra cisimlerine etkiyen ped basıncı, yüklerin omurgaya aktarılmasını sağlar. Bu yüklerin gerçek biyolojik etkileri ve bunların eğriliklerin doğal hikayesini nasıl değiştirdiği henüz tespit edilmemiştir [118].

Milwaukee breys tedavisi ile 6 ay sonunda eğriliklerde hemen hemen %50 iyileşme ve sonrasında da iyileşmede tedrici azalma olduğu çalışmalarda

gösterilmiştir. Breys tedavisi sona erdiğinde ortalama eğrilik breysleme öncesine göre biraz daha iyidir, fakat 5 yıllık takip sonucunda ortalama eğrilik, tedavi başlangıcındaki ile aşağı yukarı aynıdır. Emans ve arkadaşları, Boston breysin apeksi T7 ve daha aşağıda olan eğriliklerde, hastaların %80' inde idiopatik skolyozun ilerlemesini kontrol altına aldığını buldular. Wiley ve arkadaşları eğriliği 35-45 derece olan ve Boston breys ile tedavi gören 50 adölesan idiopatik skolyoz hastasının ortalama 9.8 yıllık takipleri sonunda, günde 18 saat veya daha fazla Boston breys kullanımının bu tip eğriliklerin ilerlemesini önlemede etkili olduğunu yayınlamışlar. Yine benzer sonuçlara ulaşan başka araştırmacılar yanında, Piazza ve Bassett, bir takip çalışmasında, breys tedavisini bıraktıktan sonra hastaların %21' inin 5 derece ilerleme gösterdiğini tespit etmiştir. Breys tedavisi esnasında ilerleyen çift majör yapısal eğrilikler, breys tedavisi bırakıldıktan sonra da ilerleme ihtimali en yüksek olanlardır [118].

Charleston bending breysi düşük profili (Şekil 36), önden açılan, hafif, temoplastik bir ortezdır. Yalnız gece uyurken giyilir ve genellikle tek eğrilikler için kullanılır. Ortez omurgayı konveks tarafa doğru eğerek skolyotik eğriliği düzeltmeye çalışır. Katz ve arkadaşları Boston breys veya Charleston bending breysi ile tedavi edilmiş 319 hastada, Boston breysin Charleston breyse göre eğriliğin ilerlemesini ve cerrahi gereksinimi önlemede daha etkili olduğunu buldular. Fark, özellikle eğriliği 36 - 45 derece olan hastalarda dikkat çekicidir. Eğriliği 36 - 45 derece olan ve Charleston bending breysi ile tedavi edilen hastaların %83' ünde eğrilik 5 dereceden fazla ilerlemiştir. Boston breys ile tedavi edilenlerde bu oran %43' tür. Yazarlar Charleston breysin yalnız küçük, tek torakolomber veya tek lomber eğriliklerde kullanılması gerektiği sonucuna vardılar [118].



Şekil 36: Charleston breysi, önden1 ve hasta üzerinde görünümü

Leatherman ve Dickson idiopatik skolyozda etkileyen kuvvetlerin birincil lordoz ve sonucunda lateral eğrilik oluşturduğunu tespit ettiler. Uygun düzlemde etkimeyen bir ortezi, süreci tersine döndüremez [118].

Hasta ve aile uyumu, breys tedavisinin başarısını değerlendirmede önemlidir. Ortez giymede uyumluluk %20 gibi düşük değerde olarak yayımlanmıştır. Uyumluluk daha kullanışsız olan CTLSO' lara nazaran TLSO ile genellikle daha iyidir. Uyum problemi için aile durumu, etkisiz ebeveynler, psikiyatrik problemi olan aileler, alkol ve ilaç kullanımı gibi faktörler etkilidir [118].

Esasında ortezi günde 23 saat giyilmesi ön görülmüşken, uyum sorunları yarı zamanlı breysleme rejimlerine yönlendirmiştir. Birçok yarı zamanlı breysleme protokolleri, her gün 16 saat veya daha az breys giymeyi önermektedir. Kahanovitz ve arkadaşları, Price ve arkadaşları ve Gren, uzun dönem sonuçları belirsiz olmasına rağmen, eğrilik ilerlemesini yarı zamanlı breys tedavisinin tam zamanlı breys tedavisi kadar iyi kontrol ettiğini bildirdiler. Rowe ve arkadaşları da daha yeni bir çalışmada 23 saat breys tedavisinin diğer breys rejimlerine göre daha etkili olduğunu bildirdiler. Yarı zamanlı tedavi bir adolesanin okulda breys giymesini gerektirmediği için hastanın breys tedavisine uyumunu artırır. Eğer eğrilik 35 dereceden küçükse ve vertebral ciddi kamalaşma göstermiyorsa, ilk önce yarı zamanlı breysleme tedavisi denenmelidir.

Eğer bu esnada eğriliğin ciddi ilerlemesi saptanırsa, tam zamanlı breyslemeye geçilebilir [118].

Adölesan idiopatik skolyozda ortotik tedavi endikasyonu, büyüyen çocukta 20-30 derece eğrilik ile ortaya konan 5 derece ve daha fazla ilerlemedir. 30-40 derece eğriliği olan büyüyen çocuklarda ilk değerlendirmede tedaviye başlanmalıdır. Cerrahi tedavi 40-50 derece eğriliği olan büyüyen çocuklarda endike olmasına karşın, kozmetik olarak kabul gören ve 40-50 derece eğriliği olan çift majör eğriliklerde ortotik tedavi düşünülebilir. 50 dereceden fazla eğriliği olan hastalarda ortotik tedavi kullanılmaz [118].

Konservatif tedavide tedavinin önemli prensibi statik, küçük eğriliklere gereksiz tedavi uygulamamak, onları iyice izleyip, ilerleyen eğriliklere, ciddi hale gelmeden uygun olan tedaviyi yapmaktır. Bu tedavi şeklinde asıl basamaklar egzersiz ve korse kullanımıdır [118].

Cerrahi Tedavi

AIS cerrahi tedavisinde temel amaç eğriliğin derecesini azaltmak, eğriliğin ilerlemesini durdurmaktır. Bunu yaparken omurganın sagittal ve koronal dengesinin de korunması ve dengeli bir omurga oluşmasının sağlanmasıdır. Bu iki amaç sağlanırken mümkün olduğunca az segment füzyon sahasına dahil edilmelidir.

Cerrahi endikasyonları;

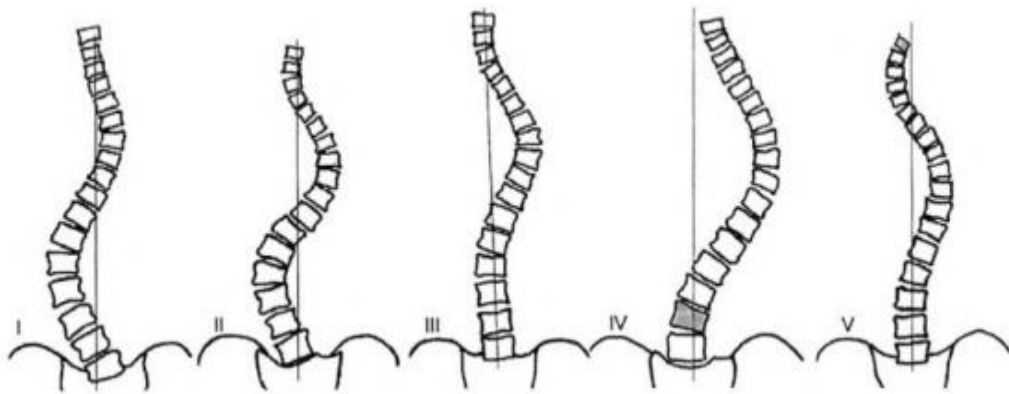
1. Cobb açısının 45-50 derece üzerinde olduğu eğriliklerde
2. Sagittal planda imbalans gösteren, torakolomber kifoz ve lomber kifozun meydana geldiği durumlarda
3. İskelet matüritesinin tamamlanmadığı, korse kullanılmasına rağmen 40 derecenin üzerinde seyreden ve progresyon eğilimi gösteren eğriliklerde
4. Denge unsurunun korunamadığı ve kompanse edilemediği durumlarda
5. Deformitenin hastayı kozmetik ve psikolojik olarak rahatsız ettiği durumlarda cerrahi tedavi endikasyonu vardır [119, 120, 121].

Ameliyat öncesi planlama

Ameliyata alınacak tüm hastalar gibi sistemik sorgulama ve fizik bakı bu çocuklara da uygulanır. En başta skolyozun lokalizasyonu, eğriliğin derecesi, etiyojisi, aile öyküsü bilinmelidir. Bununla birlikte skolyozun neden olduğu fizyopatolojik değışiklikleri saptamak amacıyla AIS' lu olgular solunum, kardiyovasküler ve nörolojik açıdan daha da ayrıntılı değlendirilmelidir. Ameliyat öncesi planlama yapılırken, hastanın eğrilik paterni, omurga dengesi, ameliyat öncesi eğrilik fleksibilitesi, kosta deformiteleri, nörolojik durum, fiziksel matürite, büyüme potansiyeli ve cerrahi ile ilgili diğeri ihtiyaçlar dikkate alınmalıdır [32, 122, 123]. Ameliyat öncesi yapılan planlama sonucunda, enstrümantasyon seçimi, gerekli spinal füzyon seviyeleri, anterior ve posterior yaklaşımla seçimi belirlenir. Bu amaçla eğrilik paterninin bilinmesi gereklidir.

AİS sınıflandırma şemaları

Literatürde, AİS eğrilerindeki eğri modellerini tanımlamak üzere çeşitli sınıflandırma şemaları geliştirilmiştir [44, 34, 124]. Bu şemalarda eğriliğin büyüklüğü, yeri ve eğri sertliği veya sagittal profil gibi diğeri faktörler de hesaba katılır. Farklı eğri modellerinin bu şekilde sınıflandırılmasıyla, tedavi uygulayan hekimler arasında daha etkili bir iletişim sağlanarak, tedavi önerileri yapılabilmekte ve farklı tedavi yöntemlerinin değlendirilmesi veya karşılaştırılması mümkün olabilmektedir.



Şekil 37: AİS için King sınıflandırması.

King Moe Sınıflandırması

Torasik AIS'lerin tanımlanması için King ve ark. 1983 yılında bir sınıflandırma şeması geliştirilmiştir [34]. Torasik adolesan idiyopatik skolyoz sınıflandırması ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesi için yirmi yıldan uzun bir süredir King sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır. Bu şemada, cerrahların füzyon için en uygun vertebra seviyelerini belirlemesine olanak tanıyan ve ilgili tedavi algoritmasıyla ilişkilendirilmiş toplam beş eğri tipi tanımlanmıştır (Şekil 37) [125].

King tip I eğrileri, hem torasik hem de lomber eğrilerin orta düzlemi geçtiği S-şekilli eğrilerdir. Hem torasik hem de lomber eğriler yapısaldır ve lomber eğri genellikle torasik eğriye kıyasla ya daha şiddetli ya da daha az esnektir.

King tip II eğrileri de S-şekilli eğrilerdendir, fakat torasik eğri lomber eğriye kıyasla daha büyük veya daha az esnektir.

King tip III eğrileri, yapısal bir lomber eğrisi olmayan sadece torasik eğrilerdir.

King tip IV eğrileri, L5'in sakrumun üzerinde bulunduğu, ancak L4'ün torasik eğriye doğru büküldüğü uzun torasik eğrilerdir.

King tip V, T1'in üst eğrinin dışbükey kısmına doğru büküldüğü çift torasik eğrilerdir.

Bununla birlikte, King sistemi bazı sınırlılıklara sahiptir. İlk olarak, sistem sadece torasik eğrileri sınıflandırdığından ve dolayısıyla torakolomber, lomber, ikili ve üçlü majör eğriler dahil edilmediğinden kapsamlı bir sınıflandırma değildir. Ayrıca, King ve ark.'ın vaka serisindeki hastalar sadece koronal deformiteyi düzeltmeye odaklanan Harrington rod enstrümantasyonu ile tedavi edilmiştir. Dolayısıyla, bu sınıflandırma şeması, sagittal ve eksenel düzlemdeki ölçümleri hesaba katmadığından skolyozun üç boyutlu doğasını saptamada yetersiz kalmaktadır [126]. Son olarak, King sınıflandırma sistemini değerlendiren çalışmalarda, gözlemciler arası ve gözlemciler

içi geçerlilik, güvenilirlik ve tekrarlanabilirliğin zayıf ıla orta seviye arasında olduğu bildirilmiştir [127, 128].

Lenke Sınıflandırması

King sınıflandırma sisteminin sınırlamalarının bir sonucu olarak, Lenke ve ark. adolesan idiyopatik skolyozun operatif tedavisi için yeni bir sınıflandırma sistemi geliştirmiştir [44, 124]. Lenke sınıflandırma sistemi tüm eğri tiplerini içerecek şekilde tasarlanmış olup, sagital düzlem hizasını da kriterleri arasına dahil eder, tedaviye yöneliktir ve uygun yerlerde seçici füzyona olanak tanır, her bir eğri tipini ayırt edecek şekilde objektif kriterler sunar, gözlemciler arası ve gözlemciler içi güvenilirlik seviyesi iyi ıla mükemmel arasındadır ve klinik olarak pratiktir [126].

Tablo 2: Adolesan idiyopatik skolyoz için Lenke kriterleri [44].

AİS için Lenke Sınıflandırma Sistemi				
Eğri tipi	Proksimal Torasik	Ana Torasik	Torakolomber/Lomber	Açıklama
1	Yapısal değil	Yapısal*	Yapısal değil	Ana Torasik
2	Yapısal*	Yapısal*	Yapısal değil	İkili Torasik
3	Yapısal değil	Yapısal*	Yapısal ^x	İkili Majör
4	Yapısal*	Yapısal**	Yapısal**	Üçlü Majör
5	Yapısal değil	Yapısal değil	Yapısal*	Torakolomber/Lomber (TL/L)
6	Yapısal değil	Yapısal ^x	Yapısal*	Torakolomber/Lomber-Ana Torasik (TL/L-MT)

Majör Eğri:** En büyük Cobb ölçümü, her zaman yapısal; ***Minör Eğri:** Diğer yapısal eğriler; *Tip IV-MT veya TL/L:** majör eğri olabilmektedir

Yapısal Ölçüt		Tepe Noktasının Yeri (SRS tanımına göre)	
Proksimal Torasik	Yana eğik Cobb $\geq$ 25° T2-T5 Kifoz $\geq$ +20°	Eğri	Tepe Noktası
Ana Torasik	Yana eğik Cobb $\geq$ 25° T10-L2 Kifoz $\geq$ +20°	Torasik	T2 ila T11-12 diski
Torakolomber/Lomber	Yana eğik Cobb $\geq$ 25° T10-L2 Kifoz $\geq$ +20°	Torakolomber	T12-L1
		Lomber	L1-2 diski ila L4
Niteleyiciler			
Lomber Omurga Niteleyici	Merkez sakral dikey çizgi ile Lomber Tepe Noktası	Torasik Sagital Profil T5-T12	
A	Pediküller arası	Niteleyici	Cobb Açısı
B	Apikal kenarlara dokunuyor	- (Hipo-)	<10°
C	Tamamen medial	N (Normal-)	10°-40°
		+ (Hiper-)	>40°

Eğri Tipi (1-6) + Lomber Omurga Niteleyici (A,B,C) + Torasik Sagital Niteleyici (-, N, +) = Eğri Sınıfı (örn. 1B+)

Lenke sınıflandırma sisteminde, değerlendirme ölçütü olarak eğri tipi, lomber omurga niteliği ve sagital torasik niteliği ele alınır. Her bir ölçüt bağımsız olarak belirlenerek bir sınıflandırma üçlüsü oluşturacak şekilde kombine edilir. Bu sistemde, ayakta anterior-posterior ve lateral radyografilerin yanı sıra sırtüstü sol ve sağ taraflı eğilme radyografileri olmak üzere dört ayrı radyografiye ihtiyaç duyulur.

Omurga üç bölgeye ayrılarak ele alınır: Tepe noktası T3, T4 veya T5'te yer alan proksimal torasik (PT) eğri; Tepe noktası T6 ila T11/T12 diski arasında yer alan bir

ana torasik (MT) eğri; ve tepe noktası torakolomber eğriler için T12 ile L1 arasında yer alan veya lomber eğriler için tepe noktası L1/L2 diski ile L4 arasında yer alan bir torakolomber/lomber (TL/L) eğrisi. Cobb açısı her bir bölge için ayrı ayrı ölçülür ve en büyük eğri majör eğri olmak üzere eğriler majör veya minör olarak sınıflandırılır. Daha küçük minör eğriler, eğrilerin katılığı ve sagittal dizilime bağlı olarak yapısal veya yapısal değil şeklinde sınıflandırılır. Yapısal eğrilerde, yana eğilerek çekilen radyografilerde 25°'lik bir koronal düzlem sertliği ve/veya sagittal radyografilerde 20°'lik bir kifoz görülür. Bölgesel kifoz, PT eğrileri için T2 ile T5 arasından; MT için T10 ile L2 arasından ve TL/L eğrileri için de T10 ile L2 arasından ölçülür.

Lomber koronal düzlemdeki deformiteyi ölçmek için bir lomber omurga niteleyicisi eklenir. Bu niteleyici, S1'in orta noktasından lomber apikal vertebra boyunca dikey geçen merkez sakral çizgi (CSL) ile ölçülür. Eğer CSL, apikal lomber vertebranın pedikülleri arasından geçerse, lomber niteleyicisi olarak A seçilir. Eğer CSL, içbükey pedikülün medial kenarı ile lateral vertebra gövdesi arasındaysa, lomber niteleyici olarak B seçilir. Eğer CSL, apikal lomber vertebranın lateral kenarına dokunmuyorsa, lomber niteleyici olarak C seçilir [44, 124].

Benzer şekilde, sagittal deformiteyi ölçmek için sınıflandırmaya bir torasik sagittal niteleyici de eklenir. Sagittal niteleyici, T5 ile T12 torasik kifozunu temel alır. 10°'den küçük torasik eğriler için hipokifoza işaret etmek için '-' niteleyicisi seçilir; 40°'den büyük torasik kifozda ise, hiperkifoza işaret etmek için '+' niteleyicisi seçilir; ve 10° ile 40° arasında bir torasik kifoz için, normokifoza işaret eden 'N' niteleyicisi seçilir [44, 124].

Füzyon Sahasının Seçimi

AIS'ın tedavisinde, füzyon sahasının seçimi, cerrahinin başarısının, hastanın memnuniyetini etkileyen en önemli faktörlerdir. AIS füzyon sahasının belirlenmesinde genel olarak kabul gören görüşler;

Yapısal eğrilik kriterleri:

- Torakal eğrilikler de füzyon seviyesi ölçülen eğriliğin tüm seviyelerini içine almalıdır
- Sadece yapısal eğrilikler füzyona dahil edilmelidir
- Mümkün olduğunca fazla hareketli lomber segment bırakılmalıdır
- Füzyon seviyesi rotasyon olmayan vertebraya kadar uzatılmalıdır
- Fizyolojik eğrilikler korunmalıdır.

Harrington enstrümantasyon sisteminde füzyon sahası seçiminde ‘stabil alan’ kavramı ortaya konmuştur. Stabil alan, her iki lumbosakral eklemlerden bunlara dik çizilen iki çizgi arasında kalan alandır. Harrington sisteminde eğriliğin alt sınırı stabil alan içerisinde ise, eğriliğin bir üst ve iki alt seviyesi füzyona dahil edilmelidir [129, 130].

Moe ve ark. füzyon sahası seçimi yaparken eğriliğin fleksibilitesinin, paterni ve rotasyonlarını incelemiş, füzyonun üst nötral vertebradan alt nötral vertebraya kadar yapılması gerektiğini ve yapısal olmayan eğriliklerin füzyona dahil edilmemesini belirtmiştir. Nötral vertebra olarak pediküllerin simetrik olduğu vertebra seçilmiştir [131].

King ve arkadaşları, füzyon sahası seçimi için stabil vertebra kavramını ortaya koymuştur. SMVÇ, eğrilik paterninde tam ortadan kestiği inferior vertebradır [34].

Lenke Sınıflaması Füzyon sahası seçim kriterleri

Lenke sınıflanmasına göre minör eğriliğin yapısal olmadığı durumlarda selektif füzyon yapılabilir. Ana eğriliğin alt veya üstünde yapısal eğrilik varsa füzyon sahasına eklenmesi gereklidir [132, 128, 133, 134].

- Yana eğilme grafilinde Cobb açısının 25° üzerinde olması
- Proksimal torasik (T2-T5) veya torakolomber bölgede (T10-L2) hiperkifoz (kifoz > 20°) görülmesi.

Lenke ve arkadaşları hareketli segmentlerin korunabilmesi amacıyla da enstrümantasyonun bir seviye üstte sonlandırılması için dört kriter bildirmişlerdir [128].

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

Lenke Tip 5 (Torakolomber/lomber) eğrilik tipinde majör eğrilik TL/L bölgededir ve üstteki minör proksimal torasik ve ana torasik eğrilik yapısal değildir. Bu sebepten dolayı izole olarak anterior ve posterior tedavi edilebilir.

TL/L cobb açısı ile torakal cobb açısı oranı 1,25 den büyükse ve yana eğilme grafisinde torakal eğrilik 20 derece altına iniyorsa selektif TL/L füzyon yapılabilir [135]. Bunlara rağmen selektif torakolomber/lomber füzyon sonrası kompensatuar torakal eğriliğin cevabı önceden tahmin etmek her zaman mümkün olmayabilir [136]. Alt entstrümantasyon seviyesi genelde L3 veya L4 vertebradır. L3 vertebra konkav yana eğilme radyografisinde santral sakral dik çizgi (SSDÇ) tarafından kesiliyorsa, L3 vertebra konkav yana eğilme grafide sakruma paralel oluyorsa, L3 vertebranın konveks yana eğilme grafide aksiyal rotasyon nötral veya evre I oluyorsa füzyon L3 vertebrada sonlandırılabilir [137].

Cerrahi Girişimler

AIS' un cerrahi tedavisinde yapılan işlemler 2 ana başlığa ayrılır

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

Posterior yaklaşım enstrümantasyon ve füzyon

Skolyoz cerrahisinde ilk yaklaşım Hibbs' in tarif ettiği posterior füzyon ve alçı uygulamasıdır. Harrington tarafından 1950' li yıllarda kullanılmaya başlanan posterior enstrümantasyon sistemleri, zamanla biyomekanik ve teknik olarak yetersizlikleri geliştirilmiş ve günümüzdeki pedikül vida sistemi ve translasyonel sistemlere yerini bırakmıştır. Posterior enstrümantasyon sistemleri kronolojik olarak sınıflanırsa;

1. Distraksiyon ve Kompresyon sistemleri (Harrington)
2. Segmental enstrümantasyon (Luque)
3. Derotasyonel sistemler (Cotrel-Dubousset (CD), Isola, TSRH)
4. Pedikül vidası ve translasyonel sistemler

Anterior yaklaşım enstrümantasyon ve füzyon

Omurga cismine direkt uygulanan enstrümantasyon sistemi ile büyük orandan düzeltici kuvvet elde edilir. İlk olarak Dwyer tarafından tarif edilmiştir [138]. 1973' de Zielke tarafından segmenter ventral derotasyon sistemi geliştirilmiştir. Posterior yaklaşım olmadan tek başına anterior füzyon ve enstrümantasyon kullanılabilir.

Lenke sınıflama sistemi seçilecek cerrahi girişimin seçiminde de yönlendirmeye yardımcı olur. Tüm eğrilikler posterior yaklaşımla tedavi edilebilir. Cerrahin seçimine bağlı olarak Lenke tip 1 ve 5 eğriliklerde anterior yaklaşımla da cerrahi uygulanabilir [119, 120, 139].

Anterior yaklaşımın Lenke tip 1 ve 5 eğriliklerde bazı avantajları mevcuttur. Anterior yaklaşımla düzeltme daha fazla sağlanabilir ve bu düzeltme esnasında daha segment füzyona dahil olarak daha fazla hareketli segment kalmasını sağlar [140]. Füzyon seviyesi, lomber omurgada ne kadar ilerletilirse, uzun süreli takiplerinde bel ağrısı şikayetinin daha fazla olduğu bulunmuştur [140].

Anterior yaklaşımın dezavantajları, lomber kifoz, torasik hiperkifoz, psödoartroz ve rod kırılması gibi komplikasyonların sıklığı artmıştır [119, 139].

Omurga stabilitesi ile solid artrodezi sağlanması omurga cerrahisinin başarısı için önemlidir [119, 120, 141, 142]. Posterior enstrümantasyon esnasında bazı kriterlere dikkat etmek gerekir:

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

2.5.11 Skolyoz cerrahisinde kanama kontrolü

Skolyoz cerrahisi majör kan kaybı ve koagülopati ile ilişkili olabilmektedir. [143, 144, 145, 146]. Kan kaybının üçte biri postoperatif dönemde ortaya çıkar [147]. Kan kaybı, prosedür süresi, kaynaşmış segment sayısı, posterior füzyonun anterior füzyondan daha fazla olması veya hem anterior hem de posterior füzyon, zayıf kemik iliği yoğunluğu ve nöromüsküler bozukluk tanısı ile ilişkilidir [143, 144, 145, 148, 149]. Ergenlerdeki omurga füzyon cerrahisinde kan transfüzyonu oranı %31'dir [150]. Daha büyük bir majör eğri, daha düşük preoperatif hemoglobin, kan kaybı tahmininin yüksekliği ve hacim resüsitasyonunda artan kristalloid sıvı kullanımı transfüzyon için risk faktörleri arasındadır [150]. Kan transfüzyonunun mortalite ve pnömoni, sepsis/şok riskinin yanı sıra ayrıca cerrahi bölge enfeksiyonu gibi enfeksiyon riskini arttırdığı bilinmektedir [151]. Transfüzyona bağlı akut akciğer hasarı, hemolitik ve hemolitik olmayan transfüzyon reaksiyonları, alerjik reaksiyonlar, transfüzyona bağlı dolaşımda aşırı yüklenme, alloimmünizasyon ve immünomodülasyon gibi potansiyel olarak ölümcül reaksiyonlar nadirdir olmakla birlikte kan ürünleri transfüzyonu ile ilişkilidir [152].

Skolyoz cerrahisi sırasında cerrahi kanamayı ve allojenik transfüzyon ihtiyacını azaltan kan kaybını önleme stratejileri arasında şunlar yer alır: kanamayı azaltmak için traneksamik asit bolusu ve infüzyonu [153, 154], aktif kanama sırasında intraoperatif olarak sağlanan hipotansiyon [155], dilüsyon ve koagülopatiyi azaltmak

amacıyla kısıtlayıcı sıvı tedavisi [156], kısıtlayıcı kırmızı kan hücresi trigeri ($<7,0$ g/dL) [150, 157] ve perioperatif hücre kurtarma [158, 159, 160]. Yumuşak doku hasarının en aza indirilmesi, osteotomi tekniklerinin geliştirilmesi, cerrahi müdahale kapsamının düşürülmesi ve ligasyonla iyi hemostaz, bipolar elektrokoagülasyon ve gerekirse topikal hemostatiklerin kullanılması ise tercih edilen cerrahi stratejiler arasında sayılabilir [150].

Traneksamik asit (TXA), plazminojenin aktivasyonunu inhibe ederek antifibrinolitik olarak görev yapan ve böylece fibrin matris yapısının çerçevesini koruyan sentetik bir lisin analogudur. TXA'nın skolyoz cerrahisi sırasında intraoperatif ve toplam kan kaybını azalttığı gösterilmiş olmasına karşın transfüzyon ihtiyacı üzerindeki etkinliği tartışmalıdır [153, 154]. TXA, bu hasta popülasyonunda artmış pulmoner emboli, derin ven trombozu veya miyokard enfarktüsü insidansı ile ilişkili değildir [153].

Skolyoz ameliyatı sırasında kanamayı kontrol etmek için indüklenen hipotansiyon yaygın olarak kullanılıyor olsa da, omurilik kan akışını azaltarak nörolojik defekt riskinin artmasıyla ilişkili olabilir ve normal bir omurgaya zarar vermeyecek derecede bir hipotansiyon anormal veya gerilmiş kordona sahip hastalarda felce neden olabilir [161]. İlgili literatüre göre, 60 mmHg'nin altındaki ortalama bir arter basıncı (MAP), kortikal somatosensoriyel uyandırılmış potansiyel (SEP) izlemesinde değişikliklere neden olarak omurilik iskemisi olasılığına endike olabildiğinden, yaklaşık 70 mmHg'lik bir ortalama arter basıncının güvenli olduğu düşünülmektedir [162, 163].

Kısıtlayıcı sıvı tedavisi ile sentetik kolloidlerden kaçınıp kristalloidlerin kısıtlı kullanımı yoluyla kanama azaltılabilir, böylece seyreltme ve pıhtılaşma etkileri en aza indirilebilir [156]. Hücre kurtarma sisteminin, posterior spinal füzyonu içeren pediatrik idiyopatik skolyozda intraoperatif olarak allojenik transfüzyonu azalttığı gösterilmiştir [154, 158, 160]. Bazı çalışmalarda perioperatif dönemde hücre kurtarma işleminin toplam transfüzyonu azalttığı da gösterilmiştir [158, 160]. Bununla birlikte, maliyet etkinliği halen tartışmalıdır [154, 160].

Omurga cerrahisi sırasında kanamayı kontrol etmek için çeşitli ticari isimlere sahip topikal hemostatikler de kullanılır. Fibrin yapıştırıcılar serebrospinal sıvı sızıntısı kontrolü için kullanılıyor olmakla beraber, kanama kontrolü ve kan transfüzyonu azaltmak için kullanıldığına dair kaynaklar da mevcuttur [164, 165].

Ortopedik veya spinal cerrahide trombinle birlikte jelatin matris kullanılan sadece birkaç randomize klinik çalışma yapılmıştır. Renkens ve ark., kanamayı kontrol altına almak için geleneksel cerrahi yöntemlere yanıt vermeyen ve spinal cerrahi uygulanan 127 erişkin hastayı rastgele iki gruba ayırarak, bir grupta sığır trombini ile jelatin matrisi diğerinde ise sığır trombinine batırılmış Gelfoam (Pfizer, New York) kullanmıştır [166]. Jelatin matriks dolgu macunu ile kanamanın daha hızlı kontrol edildiğini tespit etmişler, ve Gelfoam grubundaki %90'a kıyasla bu ürünün kullanıldığı hastaların %98'inde kanama on dakika içinde durdurulabilmiştir. Artan maliyete ek olarak, jelatin matrisinin kullanımı nadir fakat ciddi perioperatif komplikasyonlarla ilişkili bulunmuştur [167, 168, 169, 170]. Omurga deformitesi için posterior [167] ve anterior [168] cerrahi sırasında anafilaksi meydana gelmiştir. Ayrıca nörolojik defisitli epidural omurilik kompresyonu ile ilgili de iki rapor yayınlanmıştır [169]. Bu her iki rapor da pedikül vidası yerleşimi sırasında intrapediküler jelatin matris uygulaması ile ilişkilidir. Her iki vakada da epidural hematomun acil cerrahiyle tahliyesine ihtiyaç duyulmuştur [169]. Jelatin matrisle birlikte hücre koruyucusu kullanmanın da riskleri söz konusudur [171]. İnsan trombinli jelatin matrisi doğrudan hücre koruyucusuna boşaltılmamalıdır. İrigasyona rağmen, jelatin matriks parçaları kan temizleme sisteminin transfüzyon filtresinden geçerek otolog kanla karışabilir. Anafilaksi riskini azaltmak için hücre koruyucusundan gelen kan da yavaşça transfüze edilmelidir.

Her ne kadar pediatrik ortopedi cerrahisinde insan trombini ile jelatin matriksinin kullanıldığı klinik çalışmalar mevcut değilse de, omurga deformitesi nedeniyle ameliyat edilen çocuklarda yaygın olarak kullanılmaktadır [167, 169, 172, 173, 174]. Geleneksel cerrahi teknikler başarısız olduğunda veya uygulanması zor olduğunda hemostazı arttırmak için topikal olarak uygulanmaktadır.

2.5.12 Skolyoz ve skolyoz cerrahisinin komplikasyonları

Omurganın normal büyümesi yaşa bağlı olarak değişir [175]. Torasik omurga, yaşamın ilk beş yılında en hızlı büyümesini göstererek yılda 1,4cm kadar uzar [175, 176]. Büyüme, beş ila on yaş arasında yılda yaklaşık 0,6cm ve pubertal yaşlarda yılda 1,2cm devam eder [175, 176]. Büyüme, skolyoz deformitesinin ilerlemesini hızlandırabildiğinden dolayı, yaşamın ilk beş yılında ve ergenlik döneminde erken başlangıçlı skolyoz hastaları deformite ilerlemesi açısından yüksek risk altındadır [177]. Deformitenin ilerlemesi, erken çocukluk döneminde kritik olan akciğer gelişimi ile aynı anda meydana gelebilir. Sekiz yaşından önceki dönemin torasik omurga ve torasik kafes büyümesi ve ayrıca akciğer gelişimi için kritik olduğu düşünülmektedir [176]. Akciğer parankimi hacmi de yaşa bağlı olarak artar [178]. Alveol sayısı doğumdan yetişkinliğe kadar on kattan fazla artar. Bu artış, esas olarak yaşamın ilk sekiz yılında gerçekleşmektedir [176, 179, 180, 181]. Solunum yolunun distal kısımları da doğumdan yetişkinliğe kadar, çoğunlukla yaşamın ilk sekiz yılında artmaktadır [176, 179]. Yaşamın ilk sekiz yılından sonra, akciğer hacmi büyümeye devam ederek, mevcut alveollerin doğrusal boyutunun artışıyla sekiz ila 25 yaş arasında hacim ikiye katlanır [179].

Skolyozda, kaburga malformasyon olsun olmasın torasik omurga deformitesi akciğer hacmini azaltır ve bu erken yaşta meydana gelirse akciğerlerin boyutunu azaltabilir [182]. Skolyozun rotasyonu toraks deformitesine neden olur - dışbükey hemitoraks hacminde kısıtlama ve ilgili kaburgaların hareketlerinde azalma görülür [183]. Bu nedenle, toraksta bu kısıtlayıcı üç boyutlu deformite (torasik omurgada eğrilik, rotasyon ve küçülme) dışsal ve kısıtlayıcı akciğer hastalığına neden olabilir [183]. Konjenital skolyozdaki kaburga füzyonları, torasik büyüklüğü ve sertliği etkileyerek toraksın işlevini daha da azaltabilir [183]. Daha kısa torasik omurga ve kısıtlı akciğer hacmi torasik yetmezlik sendromuna neden olabilir (TIS), bu da toraksın normal solunum ve akciğer büyümesini destekleyememesi anlamına gelmektedir [183]. Kardiyopulmoner hastalık nedeniyle EOS hastalarında mortalite artmaktadır [184].

Davies ve Reid, erken başlangıçlı skolyozlu hastaların akciğerlerinin daha küçük olduğunu, anormal şekle sahip olduğunu ve hastaların yaşından beklenenden daha az sayıda alveole sahip olduğunu tespit etmiştir [182]. Ayrıca, akciğerlerin küçük lobları nedeniyle pulmoner arterlerinin daha küçük olduğu da bulunmuştur [182]. Hastaların bazılarında sağ ventrikül hipertrofisi görülür [182]. İdiyopatik skolyoz ile karşılaştırıldığında, belki de ilişkili kaburga veya akciğer anomalisi nedeniyle, herhangi bir Cobb açısı için konjenital skolyozda vital kapasitenin daha düşük olduğu bulunmuştur [185]. EOS'lu çocuklarda akciğer fonksiyon değeri apne-hipopne indeksinin (AHI, uyku sırasında saatte apne veya hipopne sayısı) yüksek olduğu bulunmuştur [186].

EOS tedavisinde pulmoner hipoplaziyi önlemek için cerrahi prosedürler için en uygun zamanlama kesin olarak bilinmemektedir [187]. Erken omurga füzyonu, özellikle dört segment üzerinde proksimal torasik füzyon, omurga büyümesini sınırlar ve kısıtlayıcı pulmoner hastalık gelişme riskini artırır [188]. Goldberg ve ark., ortalama 12,9 yaşından sonra skolyoz ameliyatı geçiren idiyopatik EOS'lu hastaların normal ila orta derece arasında kısıtlanmış bir solunum fonksiyonuna sahip olduğunu saptamıştır [189]. Erken yaşta ameliyat edilen ve ortalama 4,1 yaşında olan hastaların, iskelet olgunluğunda normal miktarın %41'i kadar zorlu vital kapasiteye (FVC) sahip olduğu görülmüştür. Ameliyat olmadan skolyozu giderilmiş veya stabilize olanların ileriki yaşlarda normal pulmoner fonksiyona sahip olduğu tespit edilmiştir [189]. Dolayısıyla, omurga büyümesine izin vermek, deformiteyi düzeltmek ve böylece akciğer gelişimini sağlamak amacıyla büyüme dostu enstrümanlar geliştirilmiştir. Akciğerlerin vücut büyüdükçe genişlemesine izin veren, zamanla pulmoner fonksiyonun iyileşmesine olanak tanıyan, çoklu genişleme torakoplastisine sahip VEPTR enstrümantasyonunun, şiddetli torasik yetmezlik sendromu olan çocuklara fayda sağladığı gösterilmiştir [190]. Başka bir çalışmada, daha büyük çocuklardaki iyileşmeye kıyasla, başlangıçta altı yaşından küçük olan hastalarda seri VEPTR genişleme torakoplastilerinin ardından pulmoner fonksiyonun daha çok geliştiği görülmüştür [190]. Öte yandan, Mayer ve Redding, preoperatif kısıtlayıcı akciğer hastalığına sahip hastaların zorlu vital kapasitesinde herhangi bir değişiklik olmadığını, oysa Cobb açılarının önemli ölçüde azalmasına rağmen, VEPTR

yerleştirildikten sonra öngörülen FVC ve FEV1 yüzdesinde azalma olduğunu bulmuşlardır [191]. Postoperatif ilk ziyarette toplam akciğer kapasitesinde bir değişiklik görmemişler, ancak rezidüel hacimde bir artış olduğunu tespit etmişlerdir; bu durumsa, VEPTR uygulamasının göğüs duvarı uyumluluğunu azaltmasından kaynaklanıyor olabilir. Büyüme dostu omurga cerrahisi sonrasında EOS hastalarının pulmoner fonksiyonları üzerine yapılan çalışmaların çoğu VEPTR enstrümantasyonuna dayanmaktadır [177]. Uzayan çubuk enstrümantasyonunun pulmoner fonksiyon üzerindeki etkisi hakkında küçük hasta gruplarıyla yapılan bazı çalışmalarda akciğer fonksiyonunda iyileşme olduğunu öne sürülmüştür [192, 193]. EOS hastalarının pulmoner fonksiyon testlerindeki sorun, hastaların genç yaşları ve tedavi olmadan pulmoner fonksiyon kaybının nasıl olacağının değerlendirilebileceği tedavi edilmemiş bir kontrol grubunun bulunmuyor olmasıdır (Yang ve ark. 2016).

Nöromusküler hastalık (NMD) genellikle 40 derecenin üzerinde bir eğriyle büyüme döneminden sonra bile ilerleyen skolyoz gelişimine yol açar [194]. Örneğin, spinal müsküler atrofi II ve IIIa hastalarında erken dönemde hızla ilerleyen skolyoz gelişir ve vital kapasiteleri çocukluk döneminden itibaren azalmaya başlar [195]. Genel olarak, skolyoz varlığından bağımsız olarak, NMD'li hastalarda hem inspiratuar hem de ekspiratuar kaslarda olmak üzere solunum kas gücü düşüktür [196]. NMD ve skolyozlu hastalarda, FVC, FEV1 ve FEV değerleri skolyozsuz NMD hastalarına göre çok daha düşüktür [196]. Pulmoner fonksiyon testindeki bir azalma, skolyoz varlığının hem büyük hem de küçük hava yollarının işlevini etkilediğini gösterir. Bu nedenle, nöromusküler skolyoz (NMS)'a ek olarak skolyoz varlığı göğüs duvarını daha da kısıtlamaktadır [196].

NMS'de bozulmuş pulmoner fonksiyonun sonuçlarından biri de, genellikle hastaneye yatış nedeni olan pnömonidir [197]. Saito ve ark., nöromusküler skolyozlu 37 tedavi edilmemiş CP hastasının doğal öyküsü araştırmıştır [194]. Takiplerinin son 3 yılında, 37 hastanın yedisinde (%19) yılda en az bir kez pnömoni görülürken, bazılarında yılda birkaç kez pnömoni atağı görülmüştür. Skolyozun büyüklüğüse pnömoni riski ile ilişkili değildir.

NMS'li çocuklarda skolyoz cerrahisinin pulmoner fonksiyon üzerine etkisi üzerine bazı çalışmalar mevcuttur. Çalışmaların çoğu kas distrofisi, yani Duchenne kas distrofisi ve spinal kas atrofisi olan hastalarda yapılmıştır. Bulgularsa hâlâ tartışmalıdır: bazı araştırmacılar, skolyoz ameliyatından sonra pulmoner fonksiyonun düşmeye devam ettiğini, ancak bu düşüş oranının azaldığını öne sürerken, diğerleri ameliyat sonrası pulmoner fonksiyonda ameliyat öncesi veya ameliyatsız zorlu vital kapasite (FCV) düşüş oranına kıyasla bir iyileşme bildirmemiştir [198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205]. Pulmoner disfonksiyon düzeyleri ile skolyozun şiddeti arasındaki korelasyonun sonuçları da belirsizdir [200, 201]. Skolyozdaki düzeltmenin pulmoner fonksiyon üzerinde artan bir etkisi olmadığı göz önüne alındığında, NMD'de solunum fonksiyonundaki düşüşü belirleyen faktör içsel solunum kasındaki zayıflıktır [201]. Kas distrofisi olan hastalarda başlıca ölüm nedeni solunum yetmezliği olmasına karşın, bu hastalarda spinal stabilizasyonun sağkalım üzerindeki etkisi de tartışmalıdır [200, 201, 202, 203, 206].

Tablo 3: Genel Komplikasyonlar

Respiratuar Komplikasyonlar	Kardiyovasküler Komplikasyonlar
➤ Atelektazi ➤ Pnömotoraks ➤ Hemotoraks ➤ Plevral efüzyon ➤ Akciğer ödemi ➤ Pnömoni ➤ Pulmoner emboli	➤ Aritmi ➤ Hipotansiyon ➤ Kalp yetmezliği
Gastrointestinal Komplikasyonlar	Diğer komplikasyonlar
➤ İleus ➤ Psödomembranöz kolit ➤ Süperior mezenter arter sendromu	➤ Yara yeri enfeksiyonu ➤ Transfüzyon reaksiyonları ➤ Vokal kord paralizi

Tekniğe bağlı komplikasyonlar

- Nörolojik Hasar
- Kırıklar
- Visseral organ yaralanmaları

- Dural yırtıklar ve Psödomeningosel

Nörolojik Hasar

En sık nedeni fark edilmemiş spinal kord sıkışmasıdır. Bunun dışında trasnpediküler vidaların kanal içine olan malpozisyonu, çengel ve rotların spinal kanala deplasmanı, aşırı düzeltmeye bağlı olarak spinal kord dolaşımının bozulması da nörolojik hasara neden olabilmektedir [119, 141]. Nörolojik komplikasyon olduğu stagnara uyandırma testine göre veya nöromonitörizasyon göre pozitif ise derhal enstrümantasyon çıkarılmalıdır [120, 141]. Altı saatten sonra nörolojik semptomların geri dönme şansı çok azalmaktadır. Lomber bölgede vida malpozisyonu sonucunda daha çok sinir kökü hasarı görülmektedir [120, 207]. AIS' un cerrahi tedavisi 62 sonrası gelişen paralizi insidansı skolyoz araştırma derneği (SRS) tarafından %0,26 olarak bildirilmiştir. Spinal osteotomi yapıldığı durumlarda bu oram %2' lere çıkmaktadır [120, 207, 208].

Kemik kırıkları

Enstrümantasyon esnasında aşırı güç uygulanması sonucu, lamina ve pediküllerde kırıklar oluşabilmektedir. Bunun için zorlayıcı kuvvetlerden uzak durulmalıdır [119, 120, 207].

Visseral organ yaralanması

Anterior girişim sırasında daha sık görülmektedir. Pedikül vidaları uygulama esnasında damar yaralanması olabileceği unutulmamalıdır [120].

Dural Yırtıkları

Duramater üzerine direkt travma sonucu oluşur ve beyin omurilik sıvısı (BOS) sızıntısına yol açabilir. Bu nedenle direkt sütür veya yumuşak doku greftleri ile tamir gerekebilir [120, 207].

Geç Komplikasyonlar

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

- Psödoartroz

- Enstrümantasyon problemleri
- Lomber lordozun kaybolması (Flat Back Deformitesi)
- Gövde dekompanseasyonu
- Geç enfeksiyon
- Krankşaft fenomeni
- Junctional deformiteler
- Distal Adding-on Fenomeni

Postoperatif geç dönemde sık görülen komplikasyonlar bileşke deformiteleri ve distal adding-on deformitesidir [120, 208].

Junctional (Bileşke) Deformiteler

AIS nedeniyle enstrümantasyon uygulanmış hastalarda enstrümantasyon sisteminin proksimal ve distalinde oluşabilecek deformitelerdir. Bileşke deformitelerinin nedeni stabil vertebranın yanlış seçimi veya torakolomber gibi geçiş noktalarında stabilizasyonun sonlandırılmasıdır. Bileşke deformitesi enstrümantasyon proksimal veya distalinde meydana gelebilir. Alt ve üst enstrümantasyon vertebrasının doğru seçimi bu komplikasyonu önleyebilir [209, 210].

Proksimal Junctional Kifoz (PJK)

PJK açısı, posterior enstrümantasyon uygulanan en proksimaldeki enstrümente vertebranın kaudal end plağı ile iki veya bir seviye proksimalindeki komşu vertebranın üst end plağı arasındaki açısal farkın Cobb tekniği ile ölçümü esasına dayanır [211, 212]. Anormal PJK açı değeri iki ölçütle tanımlanır:

- Pre-op üst kavşak kifoz açısı 10 derece ve üzerinde olmalıdır

- Post-op PJK açısı ile pre-op ölçülen PJK açısı arasında en az 10 derece fark olmalıdır.

PJK açısının anormal olarak değerlendirilebilmesi için bu iki ölçütte olması gereklidir [211, 212]. PJK için risk faktörleri:

- Preop torakal kifoz
- Kifozun aşırı düzeltilmesi
- Torakoplasti
- Preoperatif üst kavşak kifoz açısı 5 dereceden fazla olması
- Lomber lordozun kaybı
- Preoperatif sagittal imbalans
- Enstrümantasyon üst seviyelerinde gereksiz kas ve posterior ligament hasarı
- Üst enstrümanlı vertebrada hook yerine daha rigid fiksasyon yapan pedikül vidası kullanımı
- Hatalı seviye seçimi [138].

Distal Junctional Kifoz (DJK)

DJK açısı, posterior enstrümantasyon uygulanan en alttaki enstrümanlı vertebranın üst end plate ile bir alt seviye vertebra alt end plate arasındaki açısal farkın Cobb açısı değeridir. Bu açı 10 derece ve üzerinde ise DJK olarak tanımlanır [121]. DJK için risk faktörleri şunlardır:

- Enstrümantasyonun ilk lordotik disk aralığının proksimalinde sonlanması
- Preoperatif torakolomber kifoz
- Hatalı distal seviye seçimi
- Posterior enstrümantasyon [211, 213, 214].

Distal adding-on fenomeni

Postoperatif dönemde, enstrümanlı vertebranın distalinde ki disk aralığında kamalaşma ve/veya lomber omurgada rotasyon ve translasyon artışı olarak tanımlanır [215]. Distal adding-on tanısı koymak için 2 kriter önerilmiştir:

1. Enstrümantasyon distalinde ki ilk vertebranın SSDÇ' den 5 mm' den fazla translasyonu (ilk postoperatif grafi ile karşılaştırılmalı)
2. Enstrümantasyon distalinde ki ilk disk aralığında, 5 dereceden fazla açılma olması [215].

Risk Faktörleri

1. Enstrümantasyonun nötral vertebranın proksimalinde sonlanması
2. L4 vertebranın sağ tilt olduğu Lenke 1A tipi skolyoz
3. Enstrümantasyonun Son temas eden vertebra (LTV)'nın proksimalinde sonlanması
4. İskelet maturitesi
5. Postoperatif omuz imbalansı [215, 216].

Psödoartroz

Cerrahi tedavinin amaca yönelik başarısızlığını göstermektedir. İmplant teknolojisindeki gelişmeler sonrasında oran %1' düşmüştür. Tanısı oblik direkt grafiler, BT ve kemik sintigrafileri ile konulabilir. En sık torakolomber bileşke ve distal füzyon bölgelerinde görülebilmektedir. İmplant yetersizliğini gösteren bir bulgudur. Başarılı posterior cerrahide gelişen omur gövdesiyle anterior disk mesafesinde azalma meydana gelir. Anteriorda ki geniş disk mesafesi posteriorda ki psödoartrozu gösterir [120, 207]. Psödoartroz ağrı ve korreksiyon kaybına yol açmadığı sürece cerrahi gerekemeyebilir. Distal füzyon seviyesinde olan psödoartrozlar genellikle asemptomatik olup, torakolomber bileşkede olan psödoartrozlar semptomatik olmaktadır [120].

Enstrümantasyon Problemleri

Çengellerin yerinden çıkması, rodların kırılması, transpediküler vidaların yerinden gevşemesi veya kırılması, transvers bağlayıcıların yerinden çıkması gibi enstrümantasyon sorunları görülebilmektedir. Genellikle psödoartroz belirtisidir. Füzyon gelişmiş ise tedavi gerekmemektedir. Hastada kozmetik problem gelişmeside enstrümantasyon çıkarılması sebebidir [120, 207].

Lomber lordozun kaybolması (Flat back deformitesi)

Lomber omurgada distraktif kuvvetlerin kullanılması, fizyolojik lomber lordozun azalmasına ve hastanın ayakta öne doğru eğik durmasına yol açar. Lomber lordozun azalması sonucu, enstrumante edilen bölgenin distalinde lordoz artışı ve buna bağlı disk dejenerasyonu gelişerek bel ağrısı oluşur. Bunun için hastaya ameliyat masasında dikkat edilmeli, lordoz açısına dikkat edilmelidir [120, 207].

Gövde dekompanasyonu

Yeni nesil enstrümantasyon sistemleri ile özellikle çift eğriliklerin tedavisinde görülen bir durumdur. Ana eğriliğin aşırı düzeltilmesi sonrasında oluşur. Kompansatuar eğriliğin esnekliği hastanın düz durması için yetersiz kalmaktadır. Aşırı düzeltilmeden kaçınılmalıdır. Hafif ve orta dekompanasyon durumunda periyodik takip önerilir. İleri dekompanasyon durumunda lomber eğrilik korse ile tedavi edilir. Korse başarısız olursa, füzyon ve enstrümantasyon kompansatuvar eğrilikteki stabil vertebraya kadar uzatılmalıdır [119, 120, 207].

Geç enfeksiyon

Cerrahiden aylar sonra genellikle fistül şeklinde karşılaşılmaktadır. Geç enfeksiyonlar cerrahi sırasında yerleştiği ve subklinik kaldığı düşünülmektedir. Eğer füzyon gelişmiş ise implantlar çıkarılmalıdır [120, 207].

Krankshaft Fenomeni

Spinal füzyon uygulanmış hastalarda Dubousset ve arkadaşları maturasyonu tamamlanmamış olanlarda, anterior büyümenin devam etmesi nedeniyle angulasyon ve rotasyon artışı tespit etmişler ve buna krankshaft fenomeni olarak tanımlanmıştır. Buna göre;

- Risser belirtisi 0 veya 1 olan
- Triradiat veya proksimal femur fizisleri kapanmamış olması
- Tanner evre 1 veya 2 olan

- Büyümenin en hızlı olduğu dönemde bulunan hastalarda, cerrahiye anterior füzyonunda eklenmesi gerektiğini belirtmişlerdir [217, 218].



3 GEREÇ ve YÖNTEM

Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde, 2011 ile 2022 tarihleri arasında, adölesan idiyopatik skolyoz tanısı konulmuş ve posterior enstrümantasyon ile füzyon operasyonu uygulanmış, son kontrole gelen, yeterli takip ve dökümantasyona sahip 28 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Hastalara son kontrollerinde SRS (Scoliosis Research Society)-22 anketi doldurulmuştur. Bu hastaların ameliyat öncesi, ameliyattan hemen sonra ve son kontrollerinde elde edilen klinik ve radyografik muayene sonuçları retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmamız için Dicle Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 15/02/2022 tarihinde etik kurulu onayı alınmıştır.

Hastalarımızdan ameliyat öncesinde alınan anamnezde, hasta ve yakınlarından aile öyküsü, hastalığın başlangıç yaşı ve şekli, operasyon öncesinde gördüğü tedavi, matürite açısından büyümenin en hızlı dönemi ve kız çocuklarda menarş ayrıntılı olarak sorgulanmış ve dosyasına kaydedilmiştir

Klinik muayenemizde eğriliğin lokalizasyonu ve yönü, sekonder seks karakterlerinden meme gelişimi, aksiler ve pubik kıllanma değerlendirilmiştir. Hastaların ortopedik ve nörolojik muayeneleri yapılarak not edilmiştir. Son kontrole çağırıldığında ise hastalar tarafından, Skolyoz Araştırma Cemiyeti (SRS) tarafından hazırlanmış SRS-22 formu doldurulmuş, sonuçları değerlendirilmiştir

Radyolojik muayenede, ameliyat öncesinde ayakta ön arka ve yan grafileri çektilmiştir. Gerek görülen hastalar spinal MR ve BT ile de değerlendirilmiştir. Ameliyat sonrası kontrolü ve diğer kontrollerinde ise ayakta ön arka ve yan grafilere değerlendirilmiştir

Ayakta ön arka grafilere; proksimal torasik, torakal, lomber bölgelerdeki eğriliklerin üst ve alt end vertebraları, apikal, nötral ve stabil vertebralar belirlenmiş ve Cobb yöntemi ile eğriliklerin büyüklüğü ölçülmüştür. Hastalar ön arka grafi yardımı ile iliak apofizler Risser sınıflamasına göre evrelendirilmiştir

Ayakta yan grafide proksimal torasik bölge için T2-T5 arasında, torakal bölge için T5- T12 arasında, lomber bölge için L1-L5 arasında Cobb yöntemi ile ölçüm yapılmıştır.

Ameliyat öncesinde eğrilikler, Lenke sınıflama sistemine göre tiplendirilmiştir.

Ameliyat sonrası, erken dönemde çekilen ön arka ve yan grafilerde, aynı seviyelerden Cobb açıları ölçülmüştür. Coronal planda korreksiyon oranı şu formüle göre hesaplanmıştır:

Korreksiyon Oranı

$$(\%) = [(Preoperatif Cobb açısı - Postoperatif Cobb açısı) / Preoperatif Cobb açısı] * 100$$

Son kontrollerde çekilen ön arka ve yan grafilerde ise korreksiyon kaybı değerlendirilmiş, yüzdelik oranı hesaplanmıştır:

Korreksiyon Kaybı

$$(\%) = [(Son kontroldeki Cobb açısı - Postoperatif Cobb açısı) / Preoperatif Cobb açısı] * 100$$

Çalışmamızda da sonuçlarını değerlendirdiğimiz SRS-22 soru formu aşağıda sunulmuştur.

Cerrahi Teknik

Tüm hastalara, ameliyattan yarım saat önce, profilaktik olarak intravenöz 1 gr sefazolin sodyum yapılmış ve 4 saati geçen ameliyatlarda intravenöz ek doz 1 gr sefazolin sodyum yapılmıştır.

Hastalar prone pozisyona çevrilmeden, batin ve toraksın basıya maruz kalmaması için, orta kısım boşta kalacak şekilde koltuk altından pelvise kadar silikon yan destekler yerleştirilmiş

Steril cerrahi alan örtümü ve boyama işlemleri sonrasında hastanın deformitesine uygun vertikal cerrahi kesi yapıldı. Ardından cilt ve ciltaltı geçilerek torakolomber fasyaya ulaşıldı. Fasyanın açıldıktan sonra sonrası spinöz prosesler belirlenip paraspinal kaslar subperiosteal olarak sıyrıldı. Her bir vertebra'nın transvers proses ve faset eklem bileşkeleri görünür hale getirildi. . Faset eklemlerin kapsülü, interspinöz ve supraspinöz ligamentler dahil tüm yumuşak dokular temizlenmiştir.

Hastaların tamamına posterior spinal enstrümantasyon uygulanmış, Sistem elemanları olarak, poliaksiyel vidalar, uygun eğim verdiğimiz bir çift rot ve gerek görülen hastalarda rotları birbirine bağlayan transvers bağlayıcılar kullanılmıştır

Füzyon seviyesi tespitinde, distalde stabil vertebra son enstrümanante edilecek vertebra olarak belirlenmiştir. Proksimalde ise nötral vertebradan sonraki vertebrada füzyon sonlandırılmıştır.

Enstrümantasyona eğriliğin konveks tarafından başlanarak, apikal vertebralar ve uygun seviyelerde pedikül vidaları kullanılmıştır.

Eğriliğin konveks tarafında kompresyon, konkav tarafta distraksiyon ve apikal bölgede derotasyon kuvvetleri uygulanarak skolyotik eğriliği düzeltme manevraları yapılmıştır

Rotları yerleştirmeden önce, gereken eğim verilerek sagittal planda olması gereken fizyolojik kifoz ve lordoz korunmuştur.

Tüm hastalarda operasyon esnasında oluşabilecek herhangi bir nörolojik hasarın erken tespiti amaçlı nöromonitarizasyon cihazı (Şekil 30-31) kullanıldı.



Şekil 38: Nöromonitarizasyon cihazı



Şekil 39: Nöromonitarizasyon bağlantılarının hasta üzerindeki görünümü

Ameliyat sonrasında füzyonu korumak, ağrıyı azaltmak ve sekonder lomber eğriliklerin kompensasyonuna yardımcı olmak amacı ile tüm hastalara torakolumbosakral ortez (TLSO) hazırlanmış, ameliyat sonrası ikinci gün ortez ile beraber hastalar mobilize edilmiştir. Hastalar ortalama 7 gün sonra taburcu edilmiştir. Ameliyat sonrası 14. günde sütürler alınmıştır. Ortez 3 ay süre ile kullanılmıştır.

Vaka Örneklerimiz

Vaka 1: 13 yaş erkek hasta. Torakolomber bölgede 61 derecelik eğri ile başvurdu. T2-L4 posterior segmental enstrümantasyon yapıldı. Hastanın son cobb açısı 9 derece olarak ölçüldü.

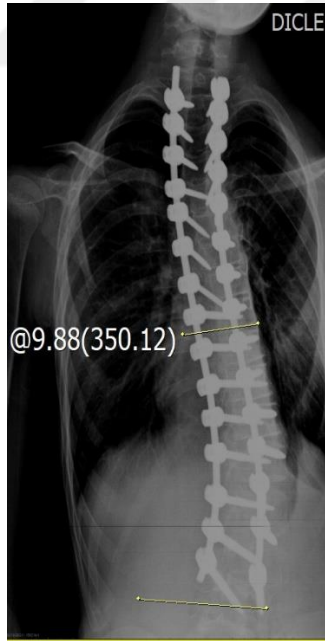
Hastanın Preop Klinik görüntüleri



Hastaların Preop Radyolojik görünümü



Hastaların Son Radyolojik görüntüleri



Vaka 2: 17 yaş kadın hasta. Lomber bölgede 41 derecelik eğri ile baş vurdu. T10-L5 posterior segmental enstrümantasyon yapıldı. Hastanın son Cobb açısı 6 derece olarak ölçüldü.

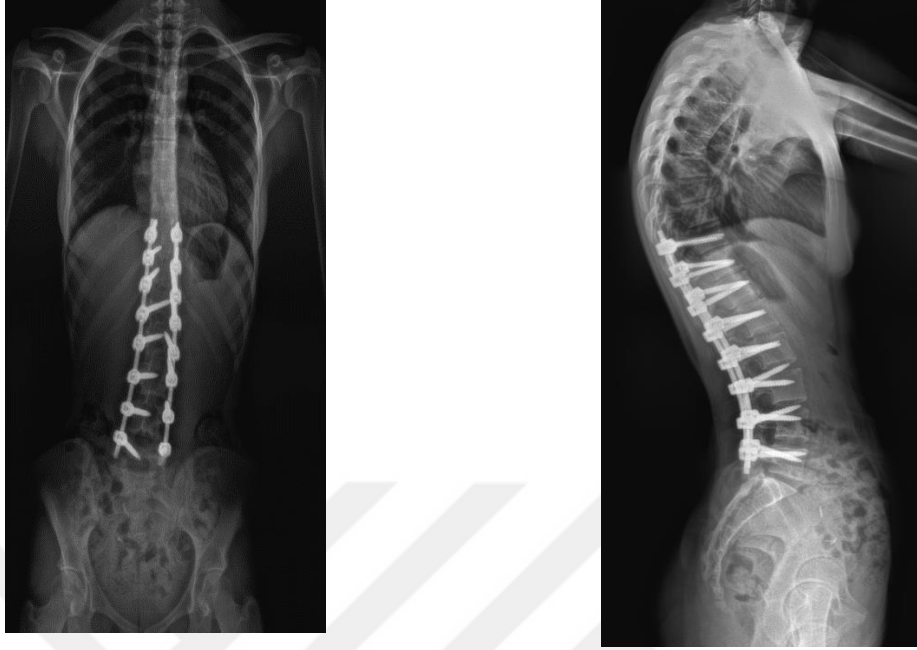
Hastanın Preop Radyolojik görüntüleri



Hastanın Preop Radyolojik görüntüleri



Hastanın Son Radyolojik görüntüleri



3.1 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS versiyon 26 yazılımı kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler kullanılarak incelendi. Tanımlayıcı analizler normal dağılan değişkenler için ortalama ve standart-sapma kullanılarak verildi. Nominal değişkenler için ise sayı ve yüzde (%) olarak verildi. Değişkenlerden normal dağılım kriterlerini sağlayan SRS-22 verilerinde zamanla meydana gelen değişimi karşılaştırmak için Paired Sample T testi kullanılırken; normal dağılım kriterini sağlamayan, skolyometre ölçümü skorlarına ait verilerde Wilcoxon testi kullanıldı. Kategorik bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında en küçük beklenen değer ve tüm gözlerde beklenen değer sonuçlarına göre Ki-kare ya da Fisher testi kullanıldı. İstatistiksel olarak anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

4 BULGULAR

Hastalar cinsiyetlerine göre incelendiğinde; %78,6'sının kız, %21,4'ünün de erkek olduğu saptandı. Yaş ortalamasının $14,79 \pm 1,969$ (yıl) olduğu, takip sürelerinin ise $28,79 \pm 16,098$ (ay) olduğu görüldü.

Tablo 4: Hastaların cinsiyetlerine göre dağılımları

	n	%
Kadın	22	78,6%
Erkek	6	21,4%

Tablo 5: Hastaların yaş ve takip sürelerine göre dağılımları

	n	Min.	Max.	Ort $\pm$ SD
Yaş	28	11	18	$14,79 \pm 1,969$
Takip Süresi (Ay)	28	12	75	$28,79 \pm 16,098$

Hasların King sınıflamaları tablo 6'de verilmiştir.

Tablo 6: Hastaların King Sınıflamasına göre dağılımı

King Sınıflaması	n	%
Tip I	8	28,6
Tip II	8	28,6
Tip III	7	25,0
Tip IV	5	17,9
Tip V	0	0
Toplam	28	100,0

Tablo 7'da Radyolojik değerlendirmelere göre Lanke sınıflaması dağılımları verilmiştir; %57,1'inin Tip I, %3,6'sının Tip II, %3,6'sının Tip III, %25'inin Tip V, %10,7'sinin ise Tip VI olduğu görüldü.

Tablo 7: Hastaların Lanke sınıflamasına göre dağılımları

Eğrilik Tipi	Olgu Sayısı		Lomber Omurga			Torasik Sagittal Niteleyici		
LENKE	n	%	A	B	C	-	+	N
Tip I	16	57,1	11	2	3	0	2	14
Tip II	1	3,6	1	0	0	1	0	0
Tip III	1	3,6	0	1	0	0	1	0
Tip IV	0	0	0	0	0	0	0	0
Tip V	7	25,0	0	0	7	1	0	6
Tip VI	3	10,7	0	0	3	0	1	2

Hastaların Risser bulgularına göre incelenmesinde; %7,1'inin Evre 2, %14,3'ünün Evre 3, %57,1'inin Evre 4, %21,4'ünün de Evre 5 olduğu görüldü.

Tablo 8: Hastaların Risser bulgusuna göre dağılımı

Risser	n	%
Evre 0	-	-
Evre 1	-	-
Evre 2	2	7,1
Evre 3	4	14,3
Evre 4	16	57,1
Evre 5	6	21,4

Hastaların Fontal planda incelenmesinde; Preoperatif Cobb açısı ortalaması 52,11°, Postoperatif Cobb ortalama 7,11°, Korreksiyon oranı %87,2, Son Cobb ortalaması 11,07°, Korreksiyon kaybının %7,5 olduğu saptandı.

Tablo 9: Frontal planda olguların incelenmesi

Preop Cobb ortalama°	Postop Cobb ortalama°	Korreksiyon oranı (%)	Son Cobb ortalama°	Korreksiyon kaybı (%)
52,11	7,11	%87,2	11,07	%7,5

Hastaların oprasyon öncesi, sonrası ve son klinik takipleri aşağıda verildiği gibidir (Tablo 10).

Tablo 10: Hastaların oprasyon öncesi, sonrası ve son klinik takipleri

Hasta	Yaş	Cinsiyet	Füzyon Seviye	Cobb Açısı°			Korreksiyon Oranı	Korreksiyon Kaybı	Kifoz Açısı° (T5-T12)			Takip Süresi (Ay)
				Preop	Postop	Son			Preop	Postop	Son	
Vaka 1	17	K	T9-L3	53°	7°	11°	%86,7	%7,5	21°	35°	37°	75
Vaka 2	18	K	T4-L4	58°	12°	13°	%79,3	%1,7	55°	33°	35°	62
Vaka 3	15	K	T4-L3	43°	4°	5°	%90,6	%2,3	24°	16°	16°	61
Vaka 4	16	E	T4-L4	58°	21°	23°	%87,9	%3,4	30°	27°	36°	54
Vaka 5	17	K	T6-L5	45°	9°	12°	%80	%6,6	35°	27°	48°	29
Vaka 6	15	K	T10-L4	46°	13°	22°	%71,7	%19,5	33°	32°	34°	29
Vaka 7	13	K	T10-L4	49°	7°	19°	%85,7	%24,4	15°	22°	23°	30
Vaka 8	16	E	T5-T11	42°	4°	6°	%90,4	%4,7	32°	37°	38°	30
Vaka 9	14	E	T2-T11	47°	5°	14°	%89,3	%19,1	30°	30°	34°	32
Vaka 10	18	K	T10-L5	42°	6°	10°	%85,7	%9,5	29°	38°	41°	32
Vaka 11	14	K	T2-L2	51°	4°	6°	%92,1	%3,9	22°	24°	24°	33
Vaka 12	13	K	T4-L2	50°	5°	12°	%90	%14	22°	24°	25°	33
Vaka 13	14	K	T1-T12	61°	12°	16°	%80,3	%6,5	9°	21°	23°	33
Vaka 14	18	K	T6-L4	47°	6°	7°	%87,2	%2,1	24°	28°	31°	27

Tablo 10'nun devamı;

Hasta	Yaş	Cinsiyet	Füzyon Seviye	Cobb Açısı°			Korreksiyon Oranı	Korreksiyon Kaybı	Kifoz Açısı° (T5-T12)			Takip Süresi (Ay)
				Preop	Postop	Son			Preop	Postop	Son	
Vaka 15	15	K	T4-L4	58°	4°	6°	%93,1	%3,4	54°	32°	30°	26
Vaka 16	12	K	T2-L4	63°	3°	8°	%95,2	%7,9	27°	30°	28°	24
Vaka 17	17	K	T2-L3	66°	7°	14°	%89,3	%10,6	16°	29°	30°	21
Vaka 18	14	K	T2-L3	52°	9°	16°	%83,1	%13,4	28°	26°	33°	20
Vaka 19	13	K	T2-L4	67°	5°	8°	%92,5	%4,4	36°	27°	31°	20
Vaka 20	14	E	T2-L5	54°	14°	18°	%74	%7,4	57°	29°	32°	20
Vaka 21	13	K	T2-L3	55°	5°	9°	%90,9	%7,2	16°	24°	26°	17
Vaka 22	11	K	T2-L3	54°	6°	8°	%88,8	%3,7	39°	24°	23°	16
Vaka 23	14	K	T10-L5	51°	8°	14°	%84,3	%11,7	8°	25°	32°	15
Vaka 24	15	K	T2-L3	47°	2°	3°	%95,7	%2,1	33°	28°	30°	15
Vaka 25	17	E	T2-L3	49°	7°	8°	%85,7	%2	23°	26°	21°	14
Vaka 26	16	K	T4-L3	44°	3°	4°	%93,1	%2,2	27°	23°	27°	13
Vaka 27	12	K	T2-L2	46°	2°	2°	%95,6	%0	19°	22°	23°	13
Vaka 28	13	E	T2-L4	61°	9°	16°	%85,2	%11,4	54°	24°	21°	12

Hastaların operasyon öncesi ve sonrası klinik değerleri incelendiğinde; Preoperatif Cobb açısı ortalaması 52,11°, Postoperatif Cobb açısı ortalaması 7,11°, Son Cobb açısı ortalamasının 11,07° olduğu, Preoperatif Kifoz açısı ortalaması 29,21°, Postoperatif Kifoz açısı ortalaması 27,25°, Son Kifoz açısı ortalamasının 29,71° olduğu, Preoperatif Lomber Lordoz açısı ortalaması 41,89°, Postoperatif Lomber Lordoz açısı ortalaması 40,07°, Son Lomber Lordoz açısı ortalaması 41,68° olduğu görüldü.

Tablo 11: Hastaların operasyon öncesi ve sonrası klinik değerleri

	N	Min.	Max.	Ort±SD
Preoperatif Cobb	28	42	67	52,11±7,187
Postoperatif Cobb	28	2	21	7,11±4,219
Son Cobb	28	2	23	11,07±5,604
Preoperatif Kifoz	28	8	57	29,21±13,150
Postoperatif Kifoz	28	16	38	27,25±4,986
Son Kifoz	28	16	48	29,71±6,970
Preoperatif Lordoz	28	10	63	41,89±12,527
Postoperatif Lordoz	28	16	53	40,07±7,774
Son Lordoz	28	27	54	41,68±6,521
Seviye Sayısı	28	7	16	12,04±2,795

Hastaların Preoperatif Cobb açısı ortalaması 52,11±7,187°, Postoperatif Cobb açısı ortalamasının 7,11±4,219° olduğu, Bağımlı T Testine göre Preoperatif Cobb açısı ile Postoperatif Cobb açısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptandı (P < 0,001).

Preoperatif Cobb açısı ortalaması 52,11±7,187°, Son Cobb açısı ortalaması 11,07±5,604° olduğu, Bağımlı T Testine göre Preoperatif Cobb açısı ile Son Cobb açısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptandı (P < 0,001).

Postoperatif Cobb açısı ortalaması 7,11±4,219°, Son Cobb açısı ortalaması 11,07±5,604° olduğu, Bağımlı T Testine göre postoperatif Cobb açısı ile Son Cobb açısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptandı (P < 0,001).

Tablo 12: Hastaların preoperatif, postoperatif ve son COB açılarının T-testine göre dağılımları

	n	Ort±SD	p
Preoperatif Cobb	28	52,11±7,187	P < 0,0001
Postoperatif Cobb	28	7,11±4,219	
Preoperatif Cobb	28	52,11±7,187	P < 0,0001
Son Cobb	28	11,07±5,604	
Postoperatif Cobb	28	7,11±4,219	P < 0,0001
Son Cobb	28	11,07±5,604	

Hastaların Preoperatif Kifoz açısı ortalaması 29,21±13,150°, Postoperatif Kifoz açısı ortalamasının 27,25±4,986° olduğu, Bağımlı T Testine göre Preoperatif Kifoz açısı ile Postoperatif Kifoz açısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptandı (P > 0,406).

Preoperatif Kifoz açısı ortalaması 29,21±13,150°, Son Kifoz açısı ortalaması 29,71±6,970° olduğu, Bağımlı T Testine göre Preoperatif Kifoz açısı ile Son Kifoz açısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptandı (P > 0,846).

Postoperatif Kifoz açısı ortalaması 27,25±4,986°, Son Kifoz açısı ortalaması 29,71±6,970° olduğu, Bağımlı T Testine göre postoperatif Kifoz açısı ile Son Kifoz açısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptandı (P < 0,010).

Tablo 13: Hastaların preoperatif, postoperatif ve son Kifoz açılarının T-testine göre dağılımları

	n	Ort±SD	p
Preoperatif Kifoz	28	29,21±13,150	P > 0,406
Postoperatif Kifoz	28	27,25±4,986	
Preoperatif Kifoz	28	29,21±13,150	P > 0,846
Son Kifoz	28	29,71±6,970	
Postoperatif Kifoz	28	27,25±4,986	P > 0,010
Son Kifoz	28	29,71±6,970	

Hastaların SRS-22r Skolyoz Ölçeğinin preoperatif puan ortalamaları değerlendirildiğinde; Ağrı skoru 2,99, Fonksiyon ve aktivite skoru 3,35, Dış görünüm

skoru 2,57, Ruh sağlığı skoru 2,90 ve Uygulanan işlemde memnuniyet skorunun 3,53 olduğu görüldü (Tablo 14).

Tablo 14: Hastaların SRS-22r Skolyoz Ölçeğine Göre Preoperatif dağılımı

	n	Min.	Max.	Ort±S.S
Preoperatif Ağrı	28	2,2	3,6	2,993±0,3906
Preoperatif Dış görünüm	28	1,6	3,8	2,571±0,4921
Preoperatif Uygulanan işlemde memnuniyet	28	3,0	4,5	3,536±0,5258
Preoperatif Fonksiyon ve aktivite	28	2,6	4,0	3,357±0,3706
Preoperatif Ruh sağlığı	28	2,2	3,4	2,907±0,3790

Hastaların SRS-22r Skolyoz Ölçeğinin postoperatif puan ortalamaları değerlendirildiğinde; Ağrı skoru 4,08, Fonksiyon ve aktivite skoru 4,15, Dış görünüm skoru 4,27, Ruh sağlığı skoru 3,95 ve Uygulanan işlemde memnuniyet skorunun 4,30 olduğu görüldü (Tablo 15).

Tablo 15: Hastaların SRS-22r Skolyoz Ölçeğine Göre Postoperatif dağılımı

	n	Min.	Max.	Ort±S.S
Postoperatif Ağrı	28	3,6	4,6	4,086±0,2399
Postoperatif Dış görünüm	28	3,4	4,8	4,271±0,2992
Postoperatif Uygulanan işlemde memnuniyet	28	3,5	5,0	4,304±0,4780
Postoperatif Fonksiyon ve aktivite	28	3,6	4,6	4,150±0,2861
Postoperatif Ruh sağlığı	28	3,4	4,6	3,950±0,3156

Çalışmamıza dahil edilen hastalara hem operasyon öncesi hem de operasyondan sonra kontrollerde anket SRS-22r ölçeği uygulandı. Hastaların preoperatif ağrı skoru ortalaması, dış görünüm skor ortalaması, fonksiyon-aktivite skor ortalaması, ruh sağlığı skor ortalaması ve memnuniyet skoru ortalaması sırasıyla; 2.9, 2.5, 3.3, 2.9 ve 3.53 olarak saptandı. Ameliyat sonrası skorlar ise sırasıyla 4.08, 4.27, 4.15, 3.95 ve 4.35 saptandı. Hastaların ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası tüm skor ortalamalarında ve toplam puanları arasında ileri derecede anlamlılık tespit edildi ($p<0,001$, bağımlı gruplarda T testi). Buna göre en yüksek değişim oranı %66 oranla dış görünüm alt grubu gösteriyordu (Tablo 16).

Tablo 16: Hastaların SRS-22r Skolyoz Ölçeğinin Preoperatif ve Postoperatif Dağılımı

	n	Ort±S.S	p
Preoperatif Ağrı	28	2,993±0,3906	0,001
Postoperatif Ağrı	28	4,086±0,2399	
Preoperatif Dış görünüm	28	2,571±0,4921	0,001
Postoperatif Dış görünüm	28	4,271±0,2992	
Preoperatif Fonksiyon	28	3,357±0,3706	0,001
Postoperatif Fonksiyon	28	4,150±0,2861	
Preoperatif Ruh sağlığı	28	2,907±0,3790	0,001
Postoperatif Ruh sağlığı	28	3,950±0,3156	
Preoperatif Uygulanan işlemde memnuniyet	28	3,536±0,5258	0,001
Postoperatif Uygulanan işlemde memnuniyet	28	4,304±0,4780	

Spearman korelasyon analizine göre yaş, hastaların Cobb açıları, SRS-22r ölçek sonuçları ve toplam ölçek puanları arasındaki korelasyon değerlendirildiğinde. Yaş ile preop ruh sağlığı arasında anlamlı bir negatif korelasyon saptandı ($p<0,05$, $r=-0,436$). Yaş ve preop toplam skor arasında orta derecede negatif korelasyon saptanırken ($p<0,05$, $r=-0,462$), postop toplam skor arasında herhangi bir korelasyon gözlenmedi ($p>0,05$, $r=-0,298$). Hastaların preop, postop ve son Cobb açısı ile skorlar arasında korelasyon yoktu ($p>0,05$). Hastaların preop, postop ve son Cobb açısı ile yaş ve menarş yaşı arasında korelasyon yoktu ($p>0,05$).

5 TARTIŞMA

Skolyoz, çocuklarda ve ergenlerde en sık görülen spinal bozukluktur [219]. Kozmetik deformite, sırt ağrısı ve fonksiyonel bozukluklar, psikolojik problemler ve sosyal etkileşimlerde bozulma ile sonuçlanabilen ilerleyici bir kas-iskelet sistemi hastalığıdır. Adolesan skolyozu, kendiliğinden ortaya çıktığı ve nedeni henüz bilinmediği için “idiyopatik” olarak tanımlanır. Adolesan İdiyopatik Skolyoz (AIS), frontal, sagittal ve aksiyel düzlemlerin farklı derecelerde tutulumu ile birlikte, omurganın karmaşık üç boyutlu bir deformitesidir [219].

Adolesan idiyopatik skolyoz genellikle ağrı veya nörolojik semptomlarla sonuçlanmaz. Omurganın eğriliği, akciğer veya kalp dahil olmak üzere organlara baskı yapmaz ve AIS ile nefes darlığı gibi semptomlar görülmez [220]. Skolyoz ergenlik döneminde başladığında, hastalarda tipik olarak bel bölgesinde bir miktar sırt ağrısı olabilir [81, 220, 221]. Genellikle skolyoz ile ilişkilendirilse de genellikle eğriliğin ağrı ile sonuçlanmadığı hissedilir. Genel olarak ergenlerde bel ağrısı nadir değildir. Pek çok genç, iyi bir karın ve sırt kuvvetine sahip olmadan çok sayıda aktiviteye katılmaktan dolayı sırt ağrısı yaşar [221]. Skolyozlu bir çocuğun değerlendirilmesi, ailede skolyoz öyküsü, ağrı şikayetleri, bağırsak ve mesane disfonksiyonu dahil nörolojik belirti veya semptomlar, fiziksel gelişim ve spor aktiviteleri hakkında bilgilere odaklanan kapsamlı ve eksiksiz bir tıbbi öykü ile başlamalıdır [221, 222]. Çalışmamıza dahil edilen hastaların %80’inden fazlası uzun zamandır orta şiddette ağrıdan muzdarip idi. Ancak eğrilik ve ağrı arasında herhangi bir ilişkiye rastlamadık. Nörolojik defisit ile başvuran hastamız yoktu. Her ne kadar Addai ve arkadaşları [220] solunum ve dolaşım sistemi semptomlarıyla başvuran hastaların olmadığını ifade etmiş olsa da hastalarımızın %3,6’sı (n=1) solunum sıkıntısıyla başvurduğunu görmekteyiz. 6 hastamızda ise ailede skolyoz öyküsü vardı. Çalışmamızın bu aşaması literatürle benzerlik sağlamakla beraber Addai ve arkadaşlarının [220] çalışmasına ters düştüğünü görmekteyiz. Seçilen vakaların çeşitliliği, sosyokültürel, ırk ve genetik farklılıkların böyle bir sonucu doğurmuş olabileceği düşünüldü.

Adolesan İdiyopatik Skolyoz (AIS) global prevalansı %0,47-5,2’dir ve erkeklerden çok kızları etkileyen önemli bir ortopedik sorundur [223]. Kamtsiuris’in

çalışması Almanya'da Robert Koch Enstitüsü (RKI) tarafından yürütülmüştür. 0-17 yaş arası toplam 17.641 çocuk (8.656 kız, 8.995 erkek) ile görüşülerek kronik hastalık muayenesi yapıldı. Bu çalışmada her yaş grubu için ayrı ayrı prevalans bildirilmiştir. Toplam prevalansın %5,2 olarak kaydedildiği çalışmada K:E oranı 3:2 olarak bildirilmiştir [224]. Kore'de Suh ve arkadaşları tarafından 2011 yılında yapılan çalışmada yaşları 10-14 arasında 1.134.890 çocuk (584.554 erkek ve 550.336 kız) değerlendirilmiştir. Bu makalede ise prevalans %3,36, K:E oranını ise 2,3 olarak açıklanmıştır [225]. Singapur'da yaşları 6-17 arasında farklı zamanlarda yapılan iki çalışmada ise sırasıyla 110 bin ve 72 bin çocuk değerlendirilmiş ve prevalanslar sırasıyla %1 ve %0,59 olarak açıklanmıştır. Singapur çalışmalarında K:E oranı 1.5-2.5 arasında kaydedilmiştir. Ülkemizde de prevalans çalışmaları yapılmıştır. Çilli ve arkadaşları tarafından 2009 yılında Sivasta yapılan çalışmada 10-15 yaş arası 3175 çocuk değerlendirilmiştir. Az sayıda hasta ile yapılan bu çalışmada ise kızlarda iki kat daha fazla AIS saptanmıştır [226]. Çalışmamızda da K:E oranı 3,67:1 olarak tespit edildi. Çalışmamızdaki kız erkek oranı daha önceki çalışmalardan farklı olduğunu görmekteyiz. Ancak çalışmamıza dahil edilen hastaların sadece cerrahi koreksiyon gerektiren hastalar olduğunun altına çizmekte fayda vardır. Nitekim non-operatif takip edip henüz cerrahi ihtiyacı doğmayan ve cerrahi gerektirmeyecek hastalarımızın olduğu gerçektir. Kamtsiuris ve arkadaşları Alman çocuklarında (%5.5) göçmen çocuklara (%3.5) göre daha yüksek bir skolyoz prevalansı bulmuşlardır [224]. Prevalanstaki bu farklılık, yetersiz beslenmeye veya daha düşük sosyal statü gibi diğer faktörlere değil, genetik faktörlere bağlayabiliriz çünkü yüksek veya orta sosyal statüye sahip ailelerin çocuklarının prevalansı diğerlerine göre daha yüksek tespit eden çalışmalar mevcuttur. Kamtsiuris [224] çok iyi epidemiyolojik veriler sağladığı gerçektir. Ancak skolyoz tanısı için kesin kriterleri ortaya koymamışlardır. Ayrıca skolyoz tanısını kimin koyduğu da (ortopedi cerrahı mı pratisyen hekim mi) belirsizliğini koruyor. Çalışmanın bu aşamasının net ifade edilmemiş olması Almanya'da prevalansın bu derece yüksek çıkmasına neden olmuş olabileceği unutulmamalıdır. Nitekim %5 oranı, günümüzde salgın hastalıklar için bile yüksek bir prevalans olarak ifade edilmekteyken, skolyozun %5 oranında görülmesi tanı koyma aşamasında soru işaretleri olduğunu akla getirmektedir. Bir diğer soru işareti ise bu hastaların kaçında cerrahi koreksiyon ihtiyacı doğduğudur. Çalışmamıza dahil edilen

cerrahi uygulanan hastalar ile cerrahi yapılmadan takip edilen ve başka merkezlerde ortopedik cerrahi dışındaki sağlık uzmanının koyduğu tanı kliniğimizde skolyoz alanında tecrübeli ortopedik cerrahlar tarafından tanılar doğrulandı.

Öte yandan, Soucacos, Yunanistan'da skolyoz tanısı için kesin parametrelerini açıklayan çok iyi bir çalışma yürütmüştür [227]. Tüm epidemiyolojik çalışmada, birincil tarama için Adams'ın öne eğilme testini [228] kullandı ve yalnızca bu test pozitif olduğunda radyolojik tanı koydu. Ve tüm okul tarama testlerini ortopedik cerrahlar tarafından açıkça yaptıran tek kişi Soucacos idi [227]. Soucacos, bias riskini azaltmak için çalışmayı sadece cerrahlara yaptırmıştır. Sağlık personeli ve hemşire tarafından yapılan incelemeleri çalışma dışı bırakmıştır. Büyük ergen çocuklar hariç tutulup, incelenen hastaların 9-14 yaş arasıyla sınırlı tutulması bu çalışmanın da sınırlı olduğunu göstermektedir [227]. Bu perspektiften bakıldığında gerçek prevalans ve cerrahi korreksiyon oranlarını irdeleyen multisentrik, birden fazla ırkı inceleyen, her yaş grubunu içine alan ve çalışmayı yürütenlerin sadece ortopedik cerrahların olduğu daha geniş çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.

Benzer şekilde Ratahi ve arkadaşları AIS'nin Avrupalılarda Polinezyalılara göre daha sık olduğunu ve siringomiyeliye sekonder skolyozun ise Polinezyalılarda Avrupalılara göre daha sık olduğunu bildirdiler [229].

AIS birçok nedene bağlı olabilir. Ergenlik döneminde açık ara en sık görülen AIS'in nedeni net olarak bilinmemektedir [230]. AIS'nin genetik temeli de dahil olmak üzere bu alanda önemli araştırmalar devam etse de bugün bu durumun tanımlanabilir bir nedeni yoktur. Buna rağmen, şu anda skolyoz eğriliğinin ilerlemesi riskini belirlemek için doğru yöntemlere ve iyi tedavi yöntemlerine sahibiz [223]. Hastaların büyük çoğunluğu sağlıklıdır ve daha önce tıbbi geçmişi yoktur. Hormonal dengesizlik, asimetrik büyüme ve kas dengesizliği dahil olmak üzere AIS'nin nedeni hakkında birçok teori vardır [223]. AIS hastalarının yaklaşık %30'unun ailesinde skolyoz öyküsü vardır ve bu nedenle genetik bir bağlantı var gibi görünmektedir. Birçok Skolyoz Araştırma Derneği üyesi, AIS'ye neden olan genleri belirlemek için çalışıyor ve bu bilgi hızla genişlemeye devam ediyor. AIS genellikle bir ailenin birden fazla üyesinde görülür ve güçlü bir şekilde genetik bir bileşen olduğunu düşündürür [231]. İkizlerle

ilgili çalışmaların bir meta-analizi, monozigotik ikizlerin %73'ünde ve dizigotik ikizlerin %36'sında AIS uyumu göstermiştir [232]. 15 yıl önce bir çalışma, AIS'deki genetik etiyolojiyi doğruladı [233]. Mevcut araştırmalar, AIS'ye neden olan ve muhtemelen eğriliğin ilerlemesi riskini belirlemede önemli bir rol oynayan birden fazla sorumlu genin belirlenmesine odaklanmaktadır. 2010'da AIS'de spinal eğri ilerlemesini tahmin etmek için DNA tabanlı bir test (ScoliScore, Axial Biotech, Salt Lake City, ABD) sunuldu [234]. Bu umut verici araç muhtemelen AIS tedavisinin gelecekteki kavramlarını kökten değiştirecektir. Şimdiye kadar sadece hafif skolyoz ($10-25^{\circ}$ Cobb açısı) teşhisi konmuş 9-13 yaş arasındaki beyaz kadın ve erkeklerle uygulanabildiği gibi [230], halen daha geniş ve deskriptif çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Hastalarımızın genetik yönüyle araştırılmamış olması çalışmamızın eksik kalan yanlarından. Ancak ayrıntılı özgeçmiş ve soy geçmiş sorgulamasında 6 hastamızın ailelerinde de (1 anne 1 baba 4 kardeş) skolyoz olduğunu gördük. Hastaların özgeçmişlerinde ise anlamlı özellik yoktu. Tüm hastalarımızda asimetrik büyüme ve kas dengesizliği saptandı.

Standart radyolojik görüntüler, ayakta dik pozisyonda çekilen posteroanterior (PA) ve lateral görüntüleri içerir [235]. Manyetik rezonans görüntüleme gibi ek görüntüleme, altta yatan diğer etiyolojileri düşündüren atipik AIS ve nörolojik defisit gelişen hastalar için ayrılmıştır. Değerlendirme aşamasında, apeks omurlarının yeri belirlenmeli ve eğriye karşılık gelen servikal, torasik, torakolomber veya lomber eğriler işaretlenmelidir [235, 236]. Cobb açısı, frontal düzlemdeki eğriliğin en başındaki vertebra'nın üst uç plakası ile kuyruk sokumuna doğru en uçtaki vertebra'nın alt uç plakası arasındaki açı olarak tanımlanır. Omurga eğriliğini ölçmek için altın standart ölçüm, radyograflardan alınan Cobb açısıdır. 20° 'nin altındaki skolyoz, 4 ila 6 aylık aralıklarla periyodik olarak poliklinik düzeyinde izlenmeli ve ilerlemeden şüpheleniliyorsa yeni röntgenler çekilmelidir [230]. Cobb açısı olarak bildirilen bu açı, genellikle torasik omurgada 50° 'ye ve lomber omurgada 40° 'ye ulaştığında ameliyat önerilir. Birçok faktör etkilemekle beraber genel olarak eğriliğin 45° 'nin üzerinde olması, minör eğriliklerde takipler arası ilerleme, belirgin bel ve sırt ağrıları ve deformitenin beraberinde getirdiği majör pulmoner, kardiyak ve psikolojik semptomlar cerrahi tedavi nedeni olarak kabul edilmektedir [237]. Cerrahi prosedür

seçiminde eğriliğin büyüklüğü, rotasyonu ve sagital ve frontal düzlemlerdeki dengesi dikkate alınmalıdır [93, 237].

Miyanji ve arkadaşları tarafından 2015 yılında yapılan retrospektif bir çalışmada 46 hasta incelenmiştir. Hastaların yaş ortalamasını 16, preoperatif cobb açısı ortalamasını 58 derece olarak bildirmişlerdir. Büyük çoğunluğunu kızların oluşturduğu (%85) alışmaya dahil edilen hastaların %70'i Lenke-1 grubundaydı. Miyanji ve arkadaşları hastaları postoperatif dönemde 2 yıl boyunca izlemişlerdir [238].

Sarwahi ve arkadaşları tarafından 2016 yılında yapılan başka bir retrospektif çalışmada 22 hasta incelenmiştir. Hastaların yaş ortalamasını 15, preoperatif cobb açısı ortalaması ise 46 derece olarak bildirmişlerdir. Yine bu çalışmada da büyük çoğunluğunu kızlar oluşturmaktaydı (%86). Çalışmaya dahil edilen hastaların %45'i Lenke-1 grubundaydı. Sarwahi ve arkadaşları opere ettikleri hastalarını 33 ay boyunca takip etmişlerdir [239].

Yang ve arkadaşları 2021 yılında, opere ettikleri hastalarının verilerini retrospektif olarak incelemişlerdir. Kayıtlarına ulaşabildikleri ve tamamı kızlardan oluşan 49 hastalık serilerinde yaş ortalamasını 12 olarak not etmişlerdir. Bu hastalara ait preoperatif cobb açısı ise 62 derece olarak saptamışlardır. Oldukça uzun bir takip dönemine sahip olan bu çalışma (7 yıl) diğer çalışmalardan hem uzun süre takip hem tamamının kızlardan meydana gelmesi hem de cobb açısının yüksek olması açısından diğer çalışmalardan farklıdır. Yang ve arkadaşları hastalarının %61'inin Lenke-1 grubunda olduğunu ifade etmişlerdir [240].

Si ve arkadaşları 2021 yılında retrospektif bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaya dahil edilen 112 hastanın 78'i (%70) kız idi. Yaş ortalaması ile 14 olarak kaydedilmiştir. Bu hastalara ait ortalama preoperatif cobb açısı 48 derece olarak not edildi. Hastaların sadece %35'i Lenke-1 grubunda idi. Si ve arkadaşları hastaları postoperatif dönemde 32 ay boyunca takip etmişlerdir [241].

Sarwahi ve arkadaşları 2016'da yaptıkları çalışmadan yaklaşık olarak 5 yıl sonra 2021 yılında benzer ancak katılım sayısının çok daha fazla olduğu başka bir

Çalışma daha literatüre kazandırmışlardır. 485 hastadan oluşan çalışmanın %81'i kıızlardan meydana gelmekteydi. Bu çalışmaya dahil edilen hastaların yaş ortalaması 15 idi. Preoperatif cobb açısı 53 derece olarak not edilmiştir. Yine bu çalışmanın da uzun dönem sonuçları açısından 2 yıldan daha uzun süre izlenmişlerdir [242].

Cerrahi koreksiyon yaptığımız hastaların preoperatif Cobb aı ortalaması 52,11° idi. Hastalarımızın yaş ortalaması 14 olarak kaydedildi. Çalışmamızın %78'ini kıızlardan oluşuyor ve hastaların %57'si Lenke 1 grubundaydı. Hastalarımızı ortalama 28 ay boyunca izledik. Opere ettiğimiz hasta grubunda en düşük cobb açısını 42° olarak saptadık. Opere ettiğimiz bu iki hastamızın cobb açısı 42 dereceydi. Hastalardan birinin füzyon seviyesi T5-T11 iken diğer hastanın seviyesi T10-L5 idi. Opere ettiğimiz en yüksek cobb açılı hastanın cobb açısı 67 idi ve bu hastanın füzyon seviyesi T2-L4 idi.

Preoperatif cobb açısı 40 derece altında olan 5 hastayı (ortalama 6 ay) ve büyüme ve gelişme evresindeki (risser 0-1)  hastayı (ortalama 9 ay) TLSO korsesi ile yakından takip ettik. Cobb açıları düşük olan ve takiplerinde 40 derecenin üstüne çıkan ile risser evreleri düşük olan ve takipleride evre 2'nin üzerine çıkan hastalarımızı cerrahiye aldık. Bu sekiz hastada pulmoner veya kardiyak patolojiye rastlamadık. Çalışmamızın bu aşaması da literatüre benzerlik göstermektedir. Benzer şekilde 40°'nin altındaki skolyoz her 4 ila 6 ayda bir takip edilmeli ve ilerlemeden şüpheleniliyorsa X-Ray ile tekrar kontrol edilmesi gerektiği savunulmaktadır [243]. Literatür verileri eşliğinde takip ettiğimiz ve opere ettiğimiz hastaların profili Si ve arkadaşlarının raporlarıyla benzerlik göstermesiyle beraber Lenke-1 grubu olan hastaların sayısı farklılıklar arz etmekteydi. Yine bunun sebebi ırksal ve coğrafik farklılıklar olabileceği düşünüldü.

Tanı konulduktan sonra tedavi ile ilgili kararların verilmesi gerekir. Skolyozlu ergen genellikle yasal rıza verecek yaşta olmadığı için bu yük öncelikle ebeveynlere düşmektedir. Donnelly ve arkadaşları 2004 yılında AIS'li hastalarla yaptıkları bir çalışmada, tedavi seçeneklerinin sunulması öncelikle ebeveynlerin hangi tedavinin en iyi olacağına dair kararını vermede yardımcı olduğunu ifade ettiler. Hastalar ve ebeveynler, en az riske sahip en az invaziv yöntem olduğu için korseyi kabul etmekten

başka seçeneklerinin olmadığını hissettiler. Bir korse seçmiş, korse tedavisi almış ancak daha sonra korse tedavisinden fayda görmeyip ameliyat olanlar, güçlü bir hayal kırıklığına uğradıkları saptandı [244].

Korse, genellikle hafif skolyozun konservatif tedavisi için kullanılır. Amaç, eğriliğin iç kısmına baskı ve gerginlik uygulamak, böylece iskelet henüz olgunlaşmamışken kas gerginliğini gevşetip ve omurga eğriliğini düzeltmek. Ancak tüm bunlar skolyozun başarılı bir şekilde çözülmesini garantisinin vermez. Korse günde 23 saate kadar takılmalıdır. Oldukça rahatsız edici bir durum olması nedeniyle ebeveynlerin, çocuklarının korseyi takmaya uymasını teşvik etmesi genellikle zordur [245].

Skolyoza özgü egzersiz (SÖE), hafif ila orta dereceli skolyozu olan hastaları tedavi etmek için yaygın olarak kullanılır ve hastanın skolyoz bölgesine, Cobb'un açısına ve klinik özelliklerine göre ayarlanan bir dizi skolyoza özgü egzersiz rejiminden oluşur [18]. SÖE amacı, skolyoz açısını azaltmak ve ilerlemesini önlemek ve terapötik etkiyi stabilize etmektir [246].

Donelly ve arkadaşları tarafından 2004 yılında yapılan bir çalışmaya yaşları 13-18 arası 12 hasta dahil edilmiştir. 7 hastaya korse tedavisi verilmiştir. 2 hastaya ise korse verilmiş ve korse sonrası cerrahi yapılmıştır. 3 hastaya ise korse tedavisi verilmeden cerrahi yapılmıştır. Korseler 1-6 yıl arasında uygulanırken, tamamı öğrenci olan hastaların genellikle korseden memnun kalmadıkları, günlük hayatta birçok sosyal zorluklarla karşılaştıklarını ifade etmişlerdir [244].

Schreiber ve arkadaşları 2016 yılında Kanadada, korse ve korse+egzersiz tedavilerini karşılaştıran randomize kontrollü bir çalışmaya imza atmışlardır. Bu çalışmaya her bir grup için 25 olmak üzere yaşları 10-18 (ortalama 13) arası toplam 50 hasta dahil edildi. Hastaların %92'sini kızlar oluşturmuyordu. Cobb açısı 10-45 arasında idi [247].

Zheng ve arkadaşları 2018 [248] yılında randomize kontrollü bir çalışma yapmış ve bu çalışmaya 53 hasta dahil edilmiştir. Bu çalışma da ise sadece korse uygulananlar ve sadece egzersiz uygulanan iki grup oluşturuldu. Yine çoğunluğu

kızlardan oluşan bu çalışmada yaşlar 10-17 arasında olup cobb açısı 10-40 arasında idi. Bu çalışmada korse olarak TLSO kullanılmıştır.

Sayyad ve arkadaşları ile Gao ve arkadaşları da Schreiber'in çalışmasına benzer olacak şekilde gruplar oluşturmuş ve randomize kontrollü bir çalışma yapmışlardır [249, 250].

Yukarıda açıkladığımız çalışmalardan oluşan bir metaanalizi sonucuna göre, karşılaştırmalı orman grafiği, Korse+SÖE birleşik gruplarının düzeltme etkisinin, tek başına korse veya SÖE gruplarından daha iyi olduğunu gösterdi. Korse ve SÖE grupları arasında ise istatistiksel fark yoktu [251].

Kliniğimize başvuran ciddi semptomları olmayan, cobb açısı <40 olup non-operatif takip ettiğimiz hastaların tamamına korse +egzersiz önermekteyiz. Her ne kadar henüz sonuçlarımızı yayınlamamış olsak da korse+egzersiz önerdiğimiz hastaların sonuçlarının iyi olduğunu görmekteyiz. Çalışmamızın bu kısmı hem bahsettiğimiz çalışmalar hem de 2021 yılında Li ve arkadaşları [251] tarafından yapılan metaanalizinin sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Benzer şekilde hastalarımızda TLSO korsesi kullanılmaktadır.

Hızlı büyüme sırasında skolyoz eğriliği büyüdüğü için hastanın yaşı, kadınların ilk adet görme durumu ve radyografik parametreler dikkate alınarak büyüme potansiyeli değerlendirilir [220]. Genelde kızlar 14 yaşına kadar, erkekler ise 16 yaşına kadar büyür. Kızlar ilk adet dönemine kadar çok hızlı büyürler ve daha sonra büyümeleri genellikle yavaşlar, ancak ilk adet dönemlerinden 18 ay ila 2 yıl sonraya kadar büyümeye devam ederler [219].

Ylikoski AİS tanısı almış kız bireylerin prognozu ile ilgili yaptığı bir çalışmada ortalama menarş yaşının 13,1 yıl olduğunu bildirmiştir [252]. Yapılan bir başka çalışmada ise sağlıklı kız çocuklarının ortalama menarş yaşı 12,1 yıl, AİS tanısı almış kız çocuklarının ortalama menarş yaşı 12,3 yıl olarak bildirilmiştir [253]. Bizim çalışmamızda da ortalama menarş yaşı 13 çıkmıştır. Kız hastalarının ortalama operasyon yaşı ise 14,7 çıkmıştır. Faldini ve arkadaşları hastalar ilk adet dönemlerinden 18 ay sonrasına kadar büyüme devam ettiklerini ifade etmişlerdir

[219]. Bu yüzden hastaların ilk adet döneminden ortalama 18 ay – 2 yıl sonra hastaların opere edilmesi önerilmektedir. Bizim çalışmamızda da hastalar ortalama 20 ay sonra opere ettik.

Omurga ve pelvisin radyografileri de büyümeyi belirlemek için kullanılır [235]. Risser derecelendirme sistemi genellikle bir çocuğun pelvisteki iskelet olgunluğunu (ne kadar büyüme kaldığını) belirlemek için kullanılır ve bu, ne kadar omurga büyümesinin kaldığıyla ilişkilidir. Risser derecelendirme sistemi, bir çocuğun iskelet olgunluğunu 0 ile 5 arasında derecelendirir [254]. Risser 0 ve 1 olan hastalar hızla büyürken, 4 ve 5 olan hastalar büyümesi durmuştur [123]. Genellikle bir skolyoz kliniğinde tedavi gören hastaların boyları, büyüme potansiyelini belirlemeye yardımcı olmak için her kontrolde ölçülür [123]. Hastanın elinden de röntgen çekilebilir. Bu röntgen, bir çocuğun iskelet olgunluğunu ve daha fazla büyüme potansiyelini değerlendirmek için parmakların ve el kemiklerinin büyüme plakalarını (epifiz) incelemek için kullanılabilir [123].

Özellikle Risser 0 ve Risser 1 olan hastalar hızlı büyüdükleri için bu dönemde yapılacak cerrahi hastanın büyümesini engelleyeceği ve hastanın boyu kısa kalabileceği yorumları yapılmaktadır [123]. Literatür sonuçları bunu net bir şekilde ortaya koymaktadır. Risser 0-1 evresinde olan hastalarımıza cerrahi yapmaktan kaçındık. Cerrahi yaptığımız hastalarımızın %57'si Risser 4 idi. Risser 0 ve risser 1 grubunda opere ettiğimiz hiç hastamız yoktu. Çalışmamızın bu aşaması literatürle paralellik göstermektedir.

Minkara ve arkadaşları 2020 [255] yılında cerrahi kararında Risser ve Sanders evrelemelerinin eksikliklerini karşılaştırmak amacıyla toplam 165 ardışık hasta üzerinden bir araştırma yaptılar. Buna göre hastaların yaş ortalamaları 13.9 ± 1.7 yıl ve hastaların %76'sı kadındı. Sanders sınıflandırmasının 3 ile 5'ine karşılık gelen Risser evre 2 ile 5 kriterlerine dayalı iskelet olgunluğu uyumsuzluğu riski %21.8'di ve bu, 5 hastadan 1'inden fazlasının şu anda yetersiz tedavi edildiğini gösteriyor. Sanders 6 ile 7'ye karşılık gelen Risser evre 0 ile 1 için uyumsuzluk riski %3,6 ile çok daha az yaygındı. Yaş ve Sanders evresi arasındaki Spearman korelasyon katsayısı (ρ) 0.61'di ($n = 165$, $P < 0.0001$), bu da güçlü bir pozitif korelasyon gösteriyor. Tersine, yaş ve

Risser evresi arasındaki korelasyon katsayısı 0,54'tür ve orta derecede korelasyon gösterir (n= 165, P < 0,0001). Aynı çalışmada Minkara ve arkadaşları “Risser evrelemesi genellikle iskelet olgunluğunu olduğundan fazla tahmin eder ve kalan büyümeyi belirlemede veya tedavi seçeneklerini yönlendirmede kullanılmamalıdır. Bu, Risser'de düşük eğri progresyonu riski olan, ancak neredeyse iskelet olarak olgun görünen, ancak Sanders sınıflamasına göre gerçekten çok önemli kalan büyümeye sahip olan hastalarda %21.8'lik bir uyumsuzluk riski ile kanıtlanmıştır. Ayrıca, Risser evrelerine göre neredeyse olgun olduğu varsayılan %11,5'i hala en hızlı büyüme evresindeydi” şeklinde yorum getirmişlerdir [255].

Cerrahi tedavi endikasyonları incelendiğinde, genel olarak eğriliğin 45° üzerinde olması, daha küçük eğrilikleri olan hastaların takipleri arasında progresyon gözlenmesi, ciddi bel ve sırt ağrısı, deformitenin neden olduğu pulmoner, kardiyak ve psikolojik ciddi şikayetlerin varlığı olarak kabul görmektedir [93]. Cerrahi tedavi seçiminde, eğriliğin büyüklüğü ve rotasyonu, sagittal ve frontal planlarda dengenin sağlanması dikkate alınması gerektiği ifade edilmektedir [123].

Adolesan idiyopatik skolyozun cerrahi tedavisi, yapılan düzeltmeyi sürdürmek ve pelvis üzerinde baş ve gövdeyi dengeli tutmak için mümkün olduğu kadar üç boyutlu deformiteyi düzeltmeyi amaçlar. Bunun için çeşitli enstrümantasyon sistemleri kullanılmaktadır. Güçlü üçüncü nesil enstrümantasyon sistemleri mevcuttur. Bu enstrümantasyon sistemlerinin yardımıyla kabul edilebilir bir düzeltme elde edilebilir ve korunabilir [256].

Marks ve arkadaşları [257] tarafından yapılan 449 kadın ve 98 erkekten oluşan geniş çaplı çalışmada, posterior ve anterior yaklaşım karşılaştırılmıştır. Kadınların yaş ortalaması 16 iken erkeklerin yaş ortalaması 14 olarak kaydedilmiş ve bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı saptanmıştır. Bu çalışmada kadınlarda daha az rijidite olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada koreksiyon oranları cinsiyete göre farklılıklar arz etmemekteydi. Ancak ilginç bir şekilde erkeklerde daha fazla kanama olmuştur. Postoperatif birinci günde erkeklerin daha fazla ağrı kesici ihtiyacı olduğunu da rapor etmişlerdir. Mark ve arkadaşları vakalarını daha çok posterior yaklaşımla yapmış olsalar da anterior yaklaşımla yaptıkları vakaları da rapor etmişlerdir [257].

Enstrümantasyon, derotasyon manevraları ve füzyon tekniklerinin gelişmesinden bu yana, açık enstrümanlı posterior spinal füzyon (PSF), AIS'nin cerrahi tedavisi için standart prosedür olarak kabul edilmiştir [258]. Bununla birlikte, büyük bir cerrahi olan PSF, yoğun kan kaybı, uzun hastanede kalış süresi, ameliyat sonrası ağrı ve enfeksiyon riski ile ilişkilidir [259]. Kesiden kaynaklanan uzun skar da ergen hastalar için kozmetik bir problemdir ve psikososyal sıkıntıya eşlik edebilir [260]. Ek olarak, denervasyonun neden olduğu paraspinal kas morbiditesi ile ilgili endişeler vardır [261]. Sonuç olarak, açık cerrahinin birçok dezavantajı olması alternatif yöntemlere başvurulmasına ve minimal invazif cerrahi seçeneklerin doğmasına neden olmuştur.

Alhammoud ve arkadaşları 2022 yılında, yaş ortalamaları 16 olan orta dereceli AIS yönetiminde Minimal invazif ve standart PSF sonuçlarını karşılaştıran bir meta-analiz yayınladı. İki prosedür arasında eğri düzeltme, postoperatif ağrı veya hastanede kalış süresi açısından hiçbir fark olmadığı sonucuna varmışlardır. Ancak denek sayısının azlığı nedeniyle sonuçları sınırlı olabilir. Minimal invazif grubunda 42 hasta ve PSF grubunda 65 hasta içeren sadece dört çalışma dahil edilmiş olması bu metaanalizinin önemli sınırlamalarından biridir [262].

Miyanji ve arkadaşları 2 yıllık takip verileri olan toplam 23 MIS hastası, 23 standart açık PSF hastasının sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Preoperatif değişkenlerde anlamlı bir fark yoktu. MIS grubunda kaynaştırılan seviye sayısı, açık gruba göre ortalama 2 seviye daha kısıydı. Açık PSF ile MIS ile karşılaştırıldığında, Posterior yaklaşım grubunda daha yüksek koronal Cobb düzeltmesi vardı; ancak sagittal düzlem ölçümlerinde herhangi bir farklılık kaydedilmedi [238].

23 çalışmanın dahil edildiği ve 843 hastadan oluşan başka bir metaanalizinde 2 yıllık takip süresince korreksiyon oranının 49 dereceden 23 dereceye kadar düşürüldüğü rapor edilmiştir [263].

Rodrigues ve arkadaşları, yaş ortalamaları 15,2 olan 16'sı kadın (%76,2) ve 5'i erkek (%23,8) toplam 21 hasta ve ortalama preoperatif Cobb açısı 62.38° ile ortalama postoperatif Cobb açısı 38,8° olan çalışmalarında başlangıç eğrisi üzerinde %61,36'lık

bir korreksiyon elde etmiştir. Ancak bu çalışmada takip süreleri net bir şekilde belirtilmemiştir [264].

Gotfryd ve arkadaşları yaş ortalamaları 14 olan 23'ü kadın (%92) ve 2'si erkek (%8) toplam 25 hasta üzerinde ortalama 23,7 aylık takip süresine sahip çalışmada, ortalama 54,9°'lik preoperatif Cobb açısını ortalama 16,7°'lik postoperatif açıya indirerek %69,9'luk bir korreksiyon elde etmiştir [265].

Guanyu Cui ve arkadaşları, yaş ortalaması 13 olan 10-17 yaş aralığındaki opere ettikleri hastalarını incelediler. Pedikül vidaları ile cerrahi olarak tedavi edilen adolesan idiyopatik skolyozu olan 27 hastadan oluşan bir vaka serisi yayınladı. 2 yıllık takipten sonra, Cobb açısının son düzeltilmesinde %19.23'e tekabül eden ortalama 2.5°'lik bir kayıp vardı [266].

İskeletsel olarak olgunlaşmamış hastalarda ve erişkinlerde (kapalı triradiat kırık) idiyopatik skolyozun cerrahi tedavisinin etkinliğini ve güvenliğini karşılaştıran Yuan ve arkadaşları her iki grupta da sonuçların iyi bir şekilde düzeltildiğini ve korunduğunu gösteren 40 hastanın (yaş ortalaması 11,8 olan iskelet olarak olgunlaşmamış 16 hasta ve yaş ortalaması 13,7 olan 24 yetişkin) sonuçlarını gözden geçirdi. Bununla birlikte, iskeletsel olarak olgunlaşmamış grupta daha büyük düzeltmeler ve daha fazla düzeltme kaybı vardı [267].

Bizim çalışmamızda kızlarda preoperatif Cobb açısı 52,18°, postoperatif Cobb açısı 6,32°, son Cobb açısı 10,23°, erkek hastalarda preoperatif Cobb açısı 51,83°, postoperatif Cobb açısı 10,00°, son Cobb açısı 14,17° olduğu ve Preoperatif Cobb açısı ortalaması 52,11°, Postoperatif Cobb ortalama 7,11° Korreksiyon oranı %87,2, Son Cobb ortalaması 11,07°, Korreksiyon kaybının %7,5 olduğu saptandı. Çalışmamız, yukarıda bahsettiğimiz birçok çalışmaya göre daha yüksek bir korreksiyon oranına sahiptir. Ancak Guanyo ve arkadaşları yüzde 2,5 kayıp rapor etmişken bizim çalışmamızda bu korreksiyon kaybı %7,5 olarak not edildi.

Gu ve arkadaşları tarafından yaş ortalaması 14,8 olan, 31 Lenke-1 grubu 31 kız 14 erkek hasta üzerinde yapılan bir çalışmaya göre, AIS tedavisi olarak torakoskopi destekli ASF ve PSF'nin uzun süreli takibini karşılaştırdı. Torakoskopi yardımcı ASF

(22 hasta) grubu ve PSF grubu (23 hasta) benzer düzeltici etkilere, uzun süreli solunum fonksiyon sonuçlarına sahiptir ve her iki gruptaki hastalar normal bir yaşam sürdürebilir. Bununla birlikte, ASF daha uzun operasyon süresine sahiptir, daha karmaşık cerrahi prosedüre sahiptir ve PSF'ye kıyasla daha düşük uzun vadeli düzeltme oranı ile sonuçlanır. ASF, şu anda AIS'yi düzeltmek için nadiren kullanılmaktadır. Cerrahi görünümünün ve ameliyat alanının sınırlamaları, ASF'nin tam segment düzeltmesine sahip olmasını zorlaştırır, bu da komşu segmentte skolyozun tekrarlamasına ve “adding-on” fenomenine neden olabilir. Şu anda, posterior cerrahi aletlerin sürekli güncellenmesi ve ASF ile karşılaştırıldığında teknolojik yenilik ile PSF, olumlu uzun vadeli sonuçlara, daha az komplikasyona ve tatmin edici sagittal dengeye sahiptir. PSF, AIS için standart operasyon haline gelmiştir [268]. Biz de çalışmamızda belirttiğimiz tüm hastaları posterior yaklaşımla yaptık. Çalışmamızın bu aşaması literatürdeki en güncel çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Adolesan idiyoPATİK skolyozda eğriliklerin frontal düzlemde düzeltilmesi çok sayıda araştırmanın konusu olmuştur. Tüm seviyelerde pedikül vidası kullanan grup, %72 korreksiyon oranı ve %1 korreksiyon kaybı gösterdi. Bu bulguların incelenmesi, daha etkili düzeltme ve daha az düzeltici kayıp için pedikül vidalarının her düzeyde tercih edilebileceğini ortaya koymaktadır [269]. Çalışmamızda da korreksiyon kaybını minime indirmek için hastalarımızın tamamını posterior yaklaşımla opere ettik. Ve hastalarımızın tamamında tüm seviyelere pedikül vidası kondu. Çalışmamızın bu aşaması literatürle benzerlikler göstermektedir.

Yang ve arkadaşları [240] tarafından yapılan metaanalizinde posterior yaklaşım ve minimal invazif cerrahi karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre her iki grupta en sık görülen komplikasyon %2 oranında olup yara yeri enfeksiyonudur. Ve her iki grupta da %2 olarak not edilmiştir. Ve gruplar arasında herhangi bir fark tespit edilmedi. Benzer şekilde Di Silvestre ve arkadaşları da %2,8 oranında yara yeri enfeksiyonu olduğunu not etmiştir [270]. Bodman ve arkadaşları ise %7 oranında yara yeri enfeksiyonu, derin yara enfeksiyonu ve yara yeri açılması olduğunu bildirmişlerdir [271]. Rihn ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 236 vakalık skolyoz cerrahisi sonrası enfeksiyon oranını %3 olarak bildirmişlerdir [272].

Çalışmamıza dahil edilen hiçbir hastada yara yeri enfeksiyonu gelişmemiş olması bu bağlamda önem arz etmektedir.

Nörolojik yaralanma veya nörolojik defisit, en çok kaygıya neden olan skolyoz cerrahisinin en ciddi komplikasyonudur. Farkedilmeyen omurilik sıkışması en sık nedendir. Ek olarak, pediküler vidaların kanala yanlış yerleştirilmesi ve aşırı düzeltme sonucunda omurilik kan akışının azalması potansiyel olarak nörolojik hasara neden olabilir [207].

Diab ve arkadaşlarının 1301 vakalı serilerinde nörolojik komplikasyon oranı %0,69 (9 vaka) olarak bulunmuş, bunlardan üçü tekal penetrasyon, üçü kök yaralanması ve diğerleri ise nöropraksi olup sadece bir vakada enstrümantasyonun çıkarıldığı bildirilmiştir [273].

28 hastadan oluşan çalışmamızda bir hastamızda postoperatif 3.saatte bilateral alt ekstremitelerde motor ve duyu defisit gelişti. Nörolojik defisit gelişen hasta acil olarak tekrar opere edildi ve bütün cerrahi enstrümanlar geri çıkarıldı. Intraperatif gözlemlerimize göre vidaların hiçbirisi medulla spinalises bası yapmıyordu. Post-operatif dönemde yakın takip edilen hastanın nörolojik defisitleri düzeldi. Hastanın dosya kayıtları incelendiğinde ilk ameliyatında intraperatif hipotansiyon geliştiği saptandı. Kan basıncı değerleri düzeldikten sonra nörolojik defisitinin düzelmesi hipotansiyona sekonder defisitinin meydana gelmiş olabileceği düşünüldü. Hasta 1 hafta boyunca hastanede yatılı kaldı ve birinci haftanın sonunda genel durumu iyileşen hasta tekrar operasyona alındı. Reoperasyonda posterior segmental enstrümantasyon yapıldı. Skolyoz cerrahisi sonrası hasta nörolojik defisiti olmadan taburcu edildi. 2 yıllık takip sonrası hastanın sonuçları mükemmel idi.

Ameliyat olmayan hastalarda SRS-22 skorları ile klinik değişkenler arasında ilişki olduğu öne sürülmüştür. SRS-22 skorları ile Cobb açısıyla ölçülen eğri şiddeti arasında güçlü bir ilişki olduğunu gösterdi [274]. Tersine, Glatte ve ark. ortalama Cobb açısı 27° ila 32° olan hastaların, ortalama Cobb'u 11°'den az olan hastalarla aynı puanı aldığını ortaya koydu [275].

Gem ve arkadaşlarının 11-21 yaş aralığındaki AIS hastalarında, 2017 yılında yaptıkları çalışmaya göre hastaların genel görünüm alt grup ameliyat öncesi skor ortalaması 2,6 olarak bulundu. En düşük değer 1,2 ve en yüksek değer 4,2 olarak saptanmıştır. Ameliyat sonrası genel görünüm alt grup skor ortalaması 3,85 olup; en düşük değer 2,8 ve en yüksek değer 4,8'dir. Bu değer de skolyoz ameliyatı sonrası hastaların görsel olarak kendilerinin daha iyi bulduğunu ve yaşam kalitesini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır [276]. Aynı çalışmada ameliyat öncesi ağrı skor ortalaması 3,17 ameliyat sonrası ağrı skor ortalaması 3,9; ameliyat öncesi omurga fonksiyonu alt grup skor ortalaması 3,85, ameliyat sonrası omurga fonksiyonu alt grubu skor ortalaması 4,35; ameliyat öncesi ruh sağlığı alt grup skoru 3,2, ameliyat sonrası ruh sağlığı alt grup skoru 3,7; tedaviden tatmin alt grup skorunun ameliyat öncesinde 4,15, ameliyat sonrası tedaviden tatmin alt grup skoru incelendiğinde ortalama değer 4,56 olduğu gösterilmiştir [276]. Bizim çalışmamıza dahil edilen hastalara hem operasyon öncesi hem de operasyondan sonra kontrollerde SRS-22 ölçeği uygulandı. Hastaların preoperatif ağrı skoru ortalaması, dış görünüm skor ortalaması, fonksiyon-aktivite skor ortalaması, ruh sağlığı skor ortalaması ve memnuniyet skoru ortalaması sırasıyla; 2.9, 2.5, 3.3, 2.9 ve 3.53 olarak saptandı. Ameliyat sonrası skorlar ise sırasıyla 4.08, 4.27, 4.15, 3.95 ve 4.35 saptandı. Hastaların ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası tüm skor ortalamalarında ve toplam puanları arasında ileri derecede anlamlılık tespit edildi. Buna göre en yüksek değişim oranı %66 oranla dış görünüm alt grubu gösteriyordu. Çalışmamızın bu aşaması literatüre benzerlik göstermekteydi.

Yaş ile preop ruh sağlığı arasında anlamlı bir negatif korelasyon saptandı ($p<0,05$, $r=-0,436$). Yaş ve preop toplam skor arasında orta derecede negatif korelasyon saptanırken ($p<0,05$, $r=-0,462$), postop toplam skor arasında herhangi bir korelasyon gözlenmedi ($p>0,05$, $r=-0,298$). Hastaların preop, postop ve son cubb açısı ile skorlar arasında korelasyon yoktu ($p>0,05$). Hastaların preop, postop ve son cubb açısı ile yaş ve menarş yaşı arasında korelasyon yoktu ($p>0,05$). Çalışmamızın bu aşaması literatüre benzerlik göstermektedir.

6 SONUÇLAR

1. Adölesan idiyopatik skolyoz tanısı konulan hastanın tedavi seçiminde eğriliğin büyüklüğü, tipi, esnekliği, hastanın yaşı ve matüritesi göz önünde bulundurulmalıdır. Buna göre tedavi seçenekleri gözlem, konservatif tedavi ve cerrahi tedavidir.
2. Cerrahi sırasında dekompanseasyon riski ve nörolojik problemler göz önünde bulundurularak, füzyon seviyeleri ve eğriliklerin fleksibiliteleri doğru tespit edilmeli, aşırı düzeltmeden kaçınılmalıdır.
3. Skolyoz, omurganın frontal planda 10° ve üzerinde laterale doğru eğriliği olarak tanımlansa da, tek planla sınırlı kalmamaktadır. Bu üç boyutlu deformitede, frontal planda laterale kayma, aksiyel planda rotasyon ve sagittal planda lordoza neden olan intervertebral ekstansiyon görülmektedir ve her olgu bu yönleriyle ele alınmalıdır.
4. Hastaların Fontal ve sagittal planda incelenmesinde; Preoperatif Cobb açısı ortalaması $52,11^\circ$, Postoperatif Cobb ortalama $7,11^\circ$, Korreksiyon oranı %87,2, Son Cobb ortalaması $11,07^\circ$, Korreksiyon kaybının %7,5, Preoperatif Kifoz açısı ortalaması $29,21^\circ$, Postoperatif Kifoz açısı ortalaması $27,25^\circ$, Son Kifoz açısı ortalamasının $29,71^\circ$, Preoperatif Lomber Lordoz açısı ortalaması $41,89^\circ$, Postoperatif Lomber Lordoz açısı ortalaması $40,07^\circ$, Son Lomber Lordoz açısı ortalaması $41,68^\circ$ olduğu görüldü. Mümkün olan her seviyeye pedikül vidası koyma düzelme oranlarında artışa olanak sağlamaktadır.
5. Cerrahi sonuçlarını değerlendirmek üzere Skolyoz Araştırma Cemiyeti tarafından tasarlanan SRS-22r soru formu kullanılmıştır. Hastaların preoperatif ağrı skoru ortalaması, dış görünüm skoru ortalaması, fonksiyon-aktivite skoru ortalaması, ruh sağlığı skoru ortalaması ve memnuniyet skoru ortalaması sırasıyla; 2.9, 2.5, 3.3, 2.9 ve 3.53 olarak saptandı. Ameliyat sonrası skorlar ise sırasıyla 4.08, 4.27, 4.15, 3.95 ve 4.35 saptandı. Hastaların ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası tüm skor ortalamalarında ve toplam puanları arasında ileri derecede anlamlılık tespit edildi. Buna göre en yüksek değişim oranı %66 oranla dış görünüm alt grubu olması estetik kaygıların en önemli parametre olduğunu göstermektedir.

6. Bir hastamızda postoperatif 3. Saatte bilateral alt ekstremitelerde motor ve duyu defisiti gelisti hastayi acil operasyona aldik butun implantlarini cikardik sonrasinda hastanin motor ve duyusu geri geldi. 1 hafta sonra hastayi tekrar opere ettik. Postoperatif hastada norolojik hasar kalmadi ve hasta mobilize sekilde taburcu oldu. Bu durum intraoperatif hipotansiyona bagli olabilecegi dusunuldu.
7. Tüm hastalarimizin son torakal kifoz ve lomber lordozlari fizyolojik sınırlar içerisindeydi.
8. Hiçbir hastamızda postoperatif yüzeysel veya derin yara yeri enfeksiyonu gelişmediğini gözlemledik.
9. Hic bir vakamızda psödoartroz, proksimal ve distal bileşke kifoz, implant yetmezliği, adding -on (eklenme) fenomeni gibi komplikasyonlar gelişmedi ve uzun dönem takiplerde hiçbir hastamıza herhangi bir sebeple ek operasyon yapılmadı.
10. AIS' in etiyolojisi tam olarak anlaşılmadığından, idiyopatik skolyoz için koruyucu ve/veya önleyici bir tedavi şu anda mevcut değildir. Mevcut tedaviler ise pragmatik temellidir ve uzun süreli korse kullanımı, egzersiz tedavileri ve/veya enstrümantasyon- spinal füzyon gibi invaziv yaklaşımları içermektedir. Korse+egzersiz birlikteliği en iyi non-operatif yönetimdir.
11. Çalışmamız, AIS hastalarının ve ailelerinin kendi tıbbi kararlarını vermelerine yardımcı olmak amacıyla kendilerine literatür açısından dengeli bir bilgi verilmesi konusunu gündeme getirmektedir. Eğriler 40 ila 50 derece aralığına ulaştığında, AIS için cerrahi ve cerrahi olmayan tedavi yaklaşımlarını karşılaştıran nitelikli, prospektif, çok merkezli çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünüyoruz.
12. Adölesan idiyopatik skolyozun cerrahi tedavisinde posterior segmental enstrümantasyon ile füzyon, hasta memnuniyeti, eğriliğin düzeltilmesi ve düşük komplikasyon oranları ile etkin ve başarılı bir yöntemdir.
13. Riser 0 ve Riser 1 grubu olan hastaları opere etmekten kaçınmak ilerde oluşabilecek boy kısalığı komplikasyonunun önüne geçilmiş olur. Kızlarda en erken cerrahi zamanı menarştan 18-24 ay sonradır.

- 14.** Skolyozun genetik yönünün olduğu saptandı. Bu açıdan AIS ile başvuran hastalarda ayrıntılı soygeçmiş taraması yapılması önerilir.



7 KAYNAKLAR

- [1] Moore KL, Dalley AF, Agur AM. Clinically oriented anatomy. 7th ed. Baltimore (PA): Lippincott Williams and Wilkins; 2014. p. 1001–2.
- [2] Snell RS. Klinik Anatomi. [Çev. Yıldırım M]. 6. baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2004. p. 23.
- [3] Dere F. Klinik Anatomi. Adana, 1992.
- [4] Carola R, Harley J, and Noback C, Human Anatomy. New York; London: McGraw-Hill, 1992. p. 132.
- [5] Moore KL, Dalley AF. Kliniğe Yönelik Anatomi. 4. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi. 2007.
- [6] Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM. Gray's Anatomy for Students. In: Yıldırım M editör. Gray's Anatomi. 1.Baskı. Ankara: Güneş Kitabevi. 2007; 750-762.
- [7] Gosling J, Harris P, Humpherson J, and Whitmore I, Human Anatomy, Color Atlas and Textbook E-Book, 2008.
- [8] Naderi S. Omurga Biyomekaniği – Servikal Omurlar, Kranyoservikal Bileşke. Zileli M, Özer AF (Editörler). Omurilik ve Omurga Cerrahi'sinde. Cilt 1, 2. Baskı. İzmir; 2002. s.161-9.
- [9] Kowalski RJ, Ferrara LA, Benzel EC: Biomechanics of Mechanical Motion Preservation Strategies, in Benzel EC (ed): Spine Surgery: Techniques, Complication Avoidance, and Management 2nd Edition. Philadelphia, Elsevier Churchill Livingstone, 2005, p. 1434-43.
- [10] Benzel EC. Biomechanics of Spine Stabilization: Thieme; 2011.

- [11] Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, Muto M. Biomechanics of the spine. Part I: spinal stability. *Eur J Radiol.* 2013 Jan;82(1):118-26. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.07.024.
- [12] Grünwald ATD, Roy S, Alves-Pinto A, Lampe R. Assessment of adolescent idiopathic scoliosis from body scanner image by finite element simulations. *PLoS One.* 2021 Feb 10;16(2):e0243736. doi: 10.1371/journal.pone.0243736.
- [13] Mahaudens P, Banse X, Mousny M, Detrembleur C. Gait in adolescent idiopathic scoliosis: kinematics and electromyographic analysis. *Eur Spine J.* 2009;18(4):512-521. doi:10.1007/s00586-009-0899-7.
- [14] Riseborough EJ, Wynne-Davies R. A genetic survey of idiopathic scoliosis in Boston, Massachusetts. *J Bone Joint Surg Am.* 1973 Jul;55(5):974-82.
- [15] Menger RP, Sin AH. *Scoliosis, Adolescent and Idiopathic.* E book, Treasure Island, 2018.
- [16] Hattori T, Sakaura H, Iwasaki M, Nagamoto Y, Yoshikawa H, Sugamoto K. In vivo three-dimensional segmental analysis of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2011;20(10):1745-1750. doi:10.1007/s00586-011-1869-4.
- [17] Bridwell KH. Surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis: the basics and the controversies. *Spine (Phila Pa 1976).* 1994 May 1;19(9):1095-100. doi: 10.1097/00007632-199405000-00020.
- [18] Day JM, Fletcher J, Coghlan M, Ravine T. Review of scoliosis-specific exercise methods used to correct adolescent idiopathic scoliosis. *Arch Physiother.* 2019 Aug 23;9:8. doi: 10.1186/s40945-019-0060-9.
- [19] Asher MA, Burton DC. Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects. *Scoliosis.* 2006 Mar 31;1(1):2. doi: 10.1186/1748-7161-1-2.

- [20] Miller NH. Cause and natural history of adolescent idiopathic scoliosis. *Orthop Clin North Am.* 1999 Jul;30(3):343-52, vii. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70091-2.
- [21] Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet.* 2008 May 3;371(9623):1527-37. doi: 10.1016/S0140-6736(08)60658-3.
- [22] Heary RF, Madhavan K. The history of spinal deformity. *Neurosurgery.* 2008;63(3):5–15.
- [23] Hibbs, RA An operation for progressive spinal deformities: a preliminary report of three cases from the service of the orthopaedic hospital. 1911 *Clin Orthop Relat Res.* 2007;460:17–20 DOI: 10.1097/BLO.0b013e3180686b30.
- [24] Albee FH. The Classic: Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease: a preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;460:14-16. doi:10.1097/BLO.0b013e3180686a0f.
- [25] Heary RF, Madhavan K. The history of spinal deformity. *Neurosurgery.* 2008;63(suppl_3): A5–A15. doi: 10.1227/01.NEU.0000324520.95150.4C.
- [26] Hibbs RA, Risser JC, Ferguson AB. Scoliosis treated by the fusion operation: an end-result study of three hundred and sixty cases. *J Bone Joint Surg.* 1931;13:91–104.
- [27] Emans JB, Kaelin A, Bancel P, et al. The Boston bracing system for idiopathic scoliosis. Follow-up results in 295 patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 1986;11:792-801. doi: 10.1097/00007632-198610000-00009.
- [28] Moe JH, Kettleson DN. Idiopathic scoliosis An analysis of curve patterns and the preliminary results of Milwaukee brace treatment in 169 patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52:1509–1533.

- [29] Kabins MB and Weinstein JN. The History of Vertebral Screw and Pedicle Screw Fixation. *Iowa Orthop J.* 1991;11:127–136.
- [30] Hall JE. Spinal surgery before and after Paul Harrington. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998 Jun 15;23(12):1356-61. doi: 10.1097/00007632-199806150-00012.
- [31] Knoeller SM, Seifried C. Historical perspective: history of spinal surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Nov 1;25(21):2838-43. doi: 10.1097/00007632-200011010-00020.
- [32] Mohan AL, Das K. History of surgery for the correction of spinal deformity. *Neurosurg Focus*. 2003 Jan 15;14(1):e1. doi: 10.3171/foc.2003.14.1.2.
- [33] Drummond DS. Four Decades of Advancement for the Surgical Treatment of Spinal Deformity, *Univ. Pennsylvania Orthop. J.* 1980;19(1):1–9.
- [34] King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1983 Dec;65(9):1302-13.
- [35] Kaneda K, Shono Y, Satoh S, Abumi K. Anterior correction of thoracic scoliosis with Kaneda anterior spinal system. A preliminary report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997 Jun 15;22(12):1358-68. doi: 10.1097/00007632-199706150-00015.
- [36] Hasler CC. A brief overview of 100 years of history of surgical treatment for adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop.* 2013;7(1):57–62.
- [37] Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği., *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği. 1997.
- [38] Suk SI, Kim WJ, Lee SM, Kim JH, Chung ER. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001 Sep 15;26(18):2049-57. doi: 10.1097/00007632-200109150-00022.

- [39] Alsancak S. Türkiye’de Protez-Ortez Alanının Tarihsel Gelişimi, Türkiye Protez-Ortez Bilim Derneği. Ankara Üniversitesi Dikimevi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Yıllığı, 2000.
- [40] Naderi S, Dinc G. History of Spine Deformity in Turkey. Turk Neurosurg. 2017;27(5):842-851. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.19250-16.0.
- [41] Janssen MM, Kouwenhoven JW, Schlosser TP, Viergever MA, Bartels LW, Castelein RM, et al. Analysis of preexistent vertebral rotation in the normal infantile, juvenile, and adolescent spine. Spine (Phila Pa 1976). 2011;36(7):E486- 91.
- [42] Kouwenhoven JW, Vincken KL, Bartels LW, Castelein RM. Analysis of preexistent vertebral rotation in the normal spine. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(13):1467-72.
- [43] Oxland TR. Fundamental biomechanics of the spine--What we have learned in the past 25 years and future directions. J Biomech. 2016;49(6):817-32.
- [44] Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. J Bone Joint Surg Am. 2001;83-a(8):1169-81.
- [45] Brink RC, Schlosser TPC, Colo D, Vavruch L, van Stralen M, Vincken KL, et al. Anterior spinal overgrowth is the result of the scoliotic mechanism and is located in the disc. Spine (Phila Pa 1976). 2017;42(11):818-22.
- [46] Dickson RA, Lawton JO, Archer IA, Butt WP. The pathogenesis of idiopathic scoliosis. Biplanar spinal asymmetry. J Bone Joint Surg Br. 1984;66(1):8-15.
- [47] Guo X, Chau WW, Chan YL, Cheng JC. Relative anterior spinal overgrowth in adolescent idiopathic scoliosis. Results of disproportionate

- endochondralmembranous bone growth. *J Bone Joint Surg Br.* 2003;85(7):1026-31.
- [48] Kouwenhoven JW, Smit TH, van der Veen AJ, et al. Effects of dorsal versus ventral shear loads on the rotational stability of the thoracic spine: a biomechanical porcine and human cadaveric study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(23):2545-50.
- [49] Castelein RM, van Dieen JH, Smit TH. The role of dorsal shear forces in the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis--a hypothesis. *Med Hypotheses.* 2005;65(3):501-8.
- [50] Schlosser TP, van Stralen M, Brink RC, et al. Three-dimensional characterization of torsion and asymmetry of the intervertebral discs versus vertebral bodies in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39(19):E1159-66.
- [51] Little JP, Izatt MT, Labrom RD, Askin GN, Adam CJ. Investigating the change in three dimensional deformity for idiopathic scoliosis using axially loaded MRI. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2012;27(5):415-21.
- [52] Kotwicki T, Napiontek M. Intravertebral deformation in idiopathic scoliosis: a transverse plane computer tomographic study. *J Pediatr Orthop.* 2008;28(2):225- 9.
- [53] Weinstein SL. Natural history. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24(24):2592-600.
- [54] Trobisch P, Suess O, & Schwab F. Idiopathic scoliosis. *Dtsch Arztebl Int.* 2010;107(49):875-883.
- [55] McMaster, M. J. Infantile idiopathic scoliosis: Can it be prevented? *J Bone Joint Surg Br.* 1983;65(5):612-617.

- [56] Coillard C, Circo AB, & Rivard CH. Spinecor treatment for juvenile idiopathic scoliosis: Sosort award 2010 winner. *Scoliosis*. 2010;5:25.
- [57] Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, Danielsson AJ, Dobbs MB, Grivas TB, Gurnett CA, Luk KD, Moreau A, Newton PO, Stokes IA, Weinstein SL, Burwell RG. Adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Rev Dis Primers*. 2015 Sep 24;1:15030. doi: 10.1038/nrdp.2015.30.
- [58] Bradford DS. Adult Scoliosis. Winter RB, Bradford DS, Lonstein JH, Ogilvie JW, MOE'S Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities. 3rd Ed, Philadelphia W.B. Saunders Company. 1995.
- [59] Reamy BV, Slakey JB. Adolescent Idiopathic Scoliosis: Review and Current Concepts. *American Family Physician*, 2001;64:111-6.
- [60] Altaf F, Drinkwater J, Phan K, Cree AK. Systematic Review of School Scoliosis Screening. *Spine Deform*. 2017 Sep;5(5):303-309. doi: 10.1016/j.jspd.2017.03.009.
- [61] Fong DY, Lee CF, Cheung KM, Cheng JC, Ng BK, Lam TP, Mak KH, Yip PS, Luk KD. A meta-analysis of the clinical effectiveness of school scoliosis screening. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 May 1;35(10):1061-71. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181bcc835.
- [62] Grivas TB, Vasiliadis E, Mouzakis V, Mihas C, Koufopoulos G. Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes. *Scoliosis*. 2006 May 23;1:9. doi: 10.1186/1748-7161-1-9.
- [63] Ueno M, Takaso M, Nakazawa T, et al. A 5-year epidemiological study on the prevalence rate of idiopathic scoliosis in Tokyo: school screening of more than

250,000 children. J Orthop Sci. 2011 Jan;16(1):1-6. doi: 10.1007/s00776-010-0009-z.

- [64] Luk KD, Lee CF, Cheung KM, et al. Clinical effectiveness of school screening for adolescent idiopathic scoliosis: a large population-based retrospective cohort study. Spine (Phila Pa 1976). 2010 Aug 1;35(17):1607-14. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181c7cb8c.
- [65] Yılmaz T, Gökçe A, Naderi S, Yaman O, Dalbayrak S. School screening of adolescent idiopathic scoliosis in 7928 turkish children. The Journal of Turkish Spinal Surgery. 2016;27(3):135-142.
- [66] Ugras AA, Yilmaz M, Sungur I, Kaya I, Koyuncu Y, Cetinus ME. Prevalence of scoliosis and cost-effectiveness of screening in schools in Turkey. J Back Musculoskelet Rehabil. 2010;23(1):45-8. doi: 10.3233/BMR-2010-0247.
- [67] Yılmaz H, Zateri C, Kusvuran Ozkan A, Kayalar G, Berk H. Prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in Turkey: an epidemiological study. Spine J 2020;20:947-55.
- [68] Ogilvie J. Adolescent idiopathic scoliosis and genetic testing. Current opinion in pediatrics. 2010;22(1). 67-70.
- [69] Riseborough EJ, Wynne-davies R. A genetic survey of idiopathic scoliosis in Boston, Massachusetts. JBJS. 1973;55(5):974-82.
- [70] Miller NH, Justice CM, Marosy B, Doheny KF, Pugh E, Zhang J, et al. Identification of candidate regions for familial idiopathic scoliosis. Spine. 2005;30(10):1181-7.
- [71] Machida M, Dubousset J, Yamada T, Kimura J. Serum melatonin levels in adolescent idiopathic scoliosis prediction and prevention for curve progression—a prospective study. Journal of pineal research. 2009;46(3):344-8.

- [72] Machida M, Dubousset J, Imamura Y, Iwaya T, Yamada T, Kimura J. Role of melatonin deficiency in the development of scoliosis in pinealectomised chickens. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1995;77(1):134-8.
- [73] Dayer R, Haumont T, Belaieff W, Lascombes P. Idiopathic scoliosis: etiological concepts and hypotheses. *Journal of children's orthopaedics*. 2013;7(1):11-6.
- [74] Hueter C. Anatomische studien an den extremitätengelenken neugeborener und erwachsener. *Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin*. 1862;25(5- 6):572-99.
- [75] Drevelle X, Lafon Y, Ebermeyer E, Courtois I, Dubousset J, Skalli W. Analysis of idiopathic scoliosis progression by using numerical simulation. *Spine*. 2010;35(10): E407-E12.
- [76] Bushell, GR, et al. The collagen of the intervertebral disc in adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. 1979;61:501-8.
- [77] Weinstein SL. The natural history of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2019;39:S44-S46.
- [78] Montgomery F, & Willner S. The natural history of idiopathic scoliosis: Incidence of treatment in 15 cohorts of children born between 1963 and 1977. *Spine*, 1997;22(7):772-774.
- [79] El-Hawary R, & Chukwunyeremwa C. Update on evaluation and treatment of scoliosis. *Pediatric Clinics*, 2014;61(6):1223-1241.
- [80] Yilmaz H, Zateri C, Kusvuran Ozkan A, Kayalar G, Berk H. Prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in Turkey: an epidemiological study. *Spine J*. 2020 Jun;20(6):947-955.

- [81] Choudhry MN, Ahmad Z, & Verma R. (2016). Adolescent idiopathic scoliosis. The open orthopaedics journal, 2016;10:143-154. doi:10.2174/1874325001610010143.
- [82] Janicki JA, Alman B. Scoliosis: Review of diagnosis and treatment. Paediatr Child Health. 2007 Nov;12(9):771-6. doi: 10.1093/pch/12.9.771.
- [83] Negrini S, et al. Members of the Scientific society On Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT). What we want to obtain and to avoid for our patients. SOSORT 2005 Consensus paper. Scoliosis. 2006;10;1:4.
- [84] Menger RP, Sin AH. Adolescent and Idiopathic Scoliosis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
- [85] Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 sosort guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. Scoliosis Spinal Disord, 2018;13:3. doi:10.1186/s13013-017-0145-8.
- [86] Sitoula P, Verma K, Holmes L, Gabos PG, Sanders JO, Yorgova P, Neiss G, Rogers K, & Shah SA. Prediction of curve progression in idiopathic scoliosis. SPINE, 2015;40(13):1006-13.
- [87] Sanders JO, Khoury JG, Kishan S, Browne RH, Mooney JF 3rd, Arnold KD, McConnell SJ, Bauman JA, Finegold DN. Predicting scoliosis progression from skeletal maturity: a simplified classification during adolescence. J Bone Joi. Surg Am. 2008 Mar;90(3):540-53.
- [88] Ramirez N, Johnston C, RH B. The prevalance of back pain in children who have idiopathic scoliosis. J Bone Jt Surg Am. 1997;79:364.
- [89] Herring JA. Scoliosis. In: Tachdjian's Pediatric Ortopedics 1999.

- [90] Adams W. Lectures on the Pathology: From the Texas Scottish Rite Hospital for Children [In Turkish]. 4th editio. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri/Saunders Elsevier; 2012:265-389.
- [91] Bunnell W. An objective criterion for scoliosis screening. *J Bone Jt Surg Am.* 1984;66:1381.
- [92] Moore KL. Clinically Oriented Anatomy, 3rd Edition, Williams & Wilkins, Baltimore, 1992;323-372.
- [93] Dormans JP. Pediatric Orthopaedics: Core Knowledge in Orthopaedics. 1st Edition. Elsevier Mosby, Philadelphia, 2005;265-278.
- [94] Simony A, Hansen EJ, Christensen SB, Carreon LY, Andersen MO. Incidence of cancer in adolescent idiopathic scoliosis patients treated 25 years previously. *Eur Spine J.* 2016;25(10):3366-70.
- [95] Goldberg MS, Mayo NE, Levy AR, Scott SC, Poitras B. Adverse reproductive outcomes among women exposed to low levels of ionizing radiation from diagnostic radiography for adolescent idiopathic scoliosis. *Epidemiology (Cambridge, Mass).* 1998;9(3):271-8.
- [96] Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG, Luckyanov N, Land CE. Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(16):2052-63.
- [97] Ronckers CM, Land CE, Miller JS, Stovall M, Lonstein JE, Doody MM. Cancer mortality among women frequently exposed to radiographic examinations for spinal disorders. *Radiat Res.* 2010;174(1):83-90.
- [98] Ron E, Lubin JH, Shore RE, Mabuchi K, Modan B, Pottern LM, et al. Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies. *Radiat Res.* 1995;141(3):259-77.

- [99] Nash CL, Jr., Gregg EC, Brown RH, Pillai K. Risks of exposure to X-rays in patients undergoing long-term treatment for scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61(3):371-4.
- [100] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP.* 2007;37(2-4):1-332.
- [101] De Smet AA, Fritz SL, Asher MA. A method for minimizing the radiation exposure from scoliosis radiographs. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63(1):156-61.
- [102] Geijer H, Beckman K, Jonsson B, Andersson T, Persliden J. Digital radiography of scoliosis with a scanning method: initial evaluation. *Radiology.* 2001;218(2):402-10.
- [103] Geijer H, Verdonck B, Beckman KW, Andersson T, Persliden J. Digital radiography of scoliosis with a scanning method: radiation dose optimization. *Eur Radiol.* 2003;13(3):543-51.
- [104] Klepps SJ, Lenke LG, Bridwell KH, Bassett GS, Whorton J. Prospective comparison of flexibility radiographs in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(5):E74-9.
- [105] Dubousset J, Charpak G, Dorion I, et al. [A new 2D and 3D imaging approach to musculoskeletal physiology and pathology with low-dose radiation and the standing position: the EOS system]. *Bull Acad Natl Med.* 2005;189(2):287-97.
- [106] Illes T, Tunyogi-Csapo M, Somoskeoy S. Breakthrough in three-dimensional scoliosis diagnosis: significance of horizontal plane view and vertebra vectors. *Eur Spine J.* 2011;20(1):135-43.
- [107] Ilharreborde B, Dubousset J, Le Huec JC. Use of EOS imaging for the assessment of scoliosis deformities: application to postoperative 3D quantitative analysis of the trunk. *Eur Spine J.* 2014;23 Suppl 4:S397-405.

- [108] Pedersen PH, et al. EOS(R) Micro-dose protocol: first full-spine radiation dose measurements in anthropomorphic phantoms and comparisons with EOS standard-dose and conventional digital radiology (CR). *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018.
- [109] Abul-Kasim K, Overgaard A, Maly P, Ohlin A, Gunnarsson M, Sundgren PC. Low-dose helical computed tomography (CT) in the perioperative workup of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Radiol*. 2009;19(3):610-8.
- [110] Kalra MK, Quick P, Singh S, Sandborg M, Persson A. Whole spine CT for evaluation of scoliosis in children: feasibility of sub-milliSievert scanning protocol. *Acta Radiol*. 2013;54(2):226-30.
- [111] Abul-Kasim K, Overgaard A, Ohlin A. Dural ectasia in adolescent idiopathic scoliosis: quantitative assessment on magnetic resonance imaging. *Eur Spine J*. 2010;19(5):754-9.
- [112] Faloon M, Sahai N, Pierce TP, Dunn CJ, Sinha K, Hwang KS, et al. Incidence of neuraxial abnormalities is approximately 8% among patients with adolescent idiopathic scoliosis: a meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476(7):1506-13.
- [113] Inoue M, Minami S, Nakata Y, Otsuka Y, Takaso M, Kitahara H, et al. Preoperative MRI analysis of patients with idiopathic scoliosis: a prospective study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(1):108-14.
- [114] Ouellet JA, LaPlaza J, Erickson MA, Birch JG, Burke S, Browne R. Sagittal plane deformity in the thoracic spine: a clue to the presence of syringomyelia as a cause of scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(18):2147-51.

- [115] Suzuki S, Yamamuro T, Shikata J, Shimizu K, Iida H. Ultrasound measurement of vertebral rotation in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Br.* 1989;71(2):252- 5.
- [116] Wang Q, Li M, Lou EH, Wong MS. Reliability and Validity Study of Clinical Ultrasound Imaging on Lateral Curvature of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *PLoS One.* 2015;10(8):e0135264.
- [117] Brink RC, Wijdicks SPJ, Tromp IN, Schlosser TPC, Kruyt MC, Beek FJA, et al. A reliability and validity study for different coronal angles using ultrasound imaging in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine J.* 2018;18(6):979-85.
- [118] Campbell WC, Canale ST, Daugherty K, et al. Campbell's Operative Orthopaedics. Freeman III BL. (Çeviri: Akgün I, Kesmezacar H). 10. Baskı. Hayat Tıp Kitapçılık. 2007;38:1751-1962.
- [119] Herring AJ. Ortopedi. Tachdjian'ın Pediatrik Ortopedisi. Çeviri: Centel T. 3 Cilt. Ankara: Güneş Tıp Kitabevi, 2012.
- [120] William C, Warner S, and Jeffery S. Scoliosis and Kyphosis. In Campbell's Operative Orthopaedics. Thirteenth., Canale S, Ed. Elsevier, 2017;1897–2120.
- [121] Bridwell K, and Dewald R. The Textbook of Spinal Surgery. 1997.
- [122] Cassar-Pullicino VN, Eisenstein SM. Imaging in scoliosis: what, why and how? *Clin Radiol.* 2002 Jul;57(7):543-62. doi: 10.1053/crad.2001.0909.
- [123] Bridwell KH. Surgical treatment of idiopathic adolescent scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999 Dec 15;24(24):2607-16. doi: 10.1097/00007632-199912150-00008.

- [124] 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 (Phila Pa 1976)*. 2002 Mar 15;27(6):604-11.
- [125] Roach JW. Adolescent idiopathic scoliosis. *The Orthopedic clinics of North America*, 1999;30(3):353–65.
- [126] Gum JL, Lenke LG, Shay B. The Lenke Classification System for Adolescent Idiopathic Scoliosis, in *Spinal Deformities*, Heary RF and Albert TJ, Eds. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2014; p. 49.
- [127] Cummings RJ, et al. Interobserver reliability and intraobserver reproducibility of the system of King et al. for the classification of adolescent idiopathic scoliosis. *The Journal of Bone and Joint surgery. American Vol.* 1998;80(8):1107-11.
- [128] Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, et al. Intraobserver and interobserver reliability of the classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1998 Aug;80(8):1097-106. doi: 10.2106/00004623-199808000-00002.
- [129] Lenke LG, et al. Multisurgeon assessment of surgical decision-making in adolescent idiopathic scoliosis: curve classification, operative approach, and fusion levels. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001 Nov 1;26(21):2347-53. doi: 10.1097/00007632-200111010-00011.
- [130] Lenke LG. Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations. *Instr Course Lect.* 2005;54:537-42.
- [131] Moe JH. Methods of correction and surgical techniques in scoliosis. *Orthop Clin North Am.* 1972 Mar;3(1):17-48.

- [132] Kuklo TR, Potter BK, Lenke LG. Vertebral rotation and thoracic torsion in adolescent idiopathic scoliosis: what is the best radiographic correlate? *J Spinal Disord Tech.* 2005 Apr;18(2):139-47. doi: 10.1097/01.bsd.0000159033.89623.bc.
- [133] Lenke LG, et al. Ability of Cotrel-Dubousset instrumentation to preserve distal lumbar motion segments in adolescent idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord.* 1993 Aug;6(4):339-50. doi: 10.1097/00002517-199306040-00008.
- [134] Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C, Blanke K, Schoenecker PL. Cotrel-Dubousset instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1992 Aug;74(7):1056-67.
- [135] Ilgenfritz RM, Yaszay B, Bastrom TP, Newton PO; Harms Study Group. Lenke 1C and 5C spinal deformities fused selectively: 5-year outcomes of the uninstrumented compensatory curves. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013 Apr 15;38(8):650-8.
- [136] Kim HJ, Blanco JS, Widmann RF. Update on the management of idiopathic scoliosis. *Curr Opin Pediatr.* 2009 Feb;21(1):55-64. doi: 10.1097/MOP.0b013e328320a929.
- [137] Suk SI, Pedicle Screw Instrumentation for Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Insertion Technique, the Fusion Levels and Direct Vertebral Rotation. *Clin Orthop Surg.* 2011 Jun; 3(2): 89–100. doi: 10.4055/cios.2011.3.2.89.
- [138] Dwyer AF, Newton NC, Sherwood AA. An anterior approach to scoliosis. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 1969 Jan-Feb;62:192-202.
- [139] Bono C, and Garfin S., *Spine: Orthopaedic Surgery Essentials*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2004.

- [140] Parsch D, Gaertner V, Brocai DR, and Carstens C. The effect of spinal fusion on the longterm outcome of idiopathic scoliosis. A case-control study. *J. Bone Joint Surg. Br*, 2001;83(8):1133–6.
- [141] Lonstein J. Patient Evaluation, in *MOE’S Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*, 3 rd. Winter R, Bredford D, and Lonsetien J, Eds. Philadelphia: W.B Saunders Company, 1995;45–85.
- [142] Kostuik JP. Operative treatment of idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 1990;72(7):1108–13.
- [143] Gibson PRJ. Anaesthesia for Correction of Scoliosis in Children. *Anaesthesia and Intensive Care*; Aug 2004;32:548-559.
- [144] Shapiro F, Sethna N. Blood loss in pediatric spine surgery. *Eur Spine J*. 2004;13(1):S6– S17.
- [145] Yoshihara H, Yoneoka D. Predictors of allogeneic blood transfusion in spinal fusion for pediatric patients with idiopathic scoliosis in the United States, 2004-2009. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39:1860–1867.
- [146] Horlocker TT, Nuttall GA, Dekutoski, MB, Bryant SC. The accuracy of coagulolation test during spinal fusion and instrumentaion. *Anesth Analg* 2001;93:33-38.
- [147] Murray DJ, Forbes RB, Titone MB, Weinstein SL. Transfusion management in pediatric and adolescent scoliosis surgery: Efficacy of autologous blood. *Spine* 1997;22:2735-2740.
- [148] Modi HN, Suh SW, Hong JY, Song SH, Yang JH. Intraoperative blood loss during different stages of scoliosis surgery: A prospective study. *Scoliosis*. 2010;5:16. doi: 10.1186/1748-7161-5-16.

- [149] Jia R, et al. Incidence, influencing factors, and prognostic impact of intraoperative massive blood loss in adolescents with neuromuscular scoliosis: A STROBE-compliant retrospective observational analysis. *Medicine (Baltimore)* 2017;96(11): e6292.
- [150] Ohrt-Nissen S, Bukhari N, Dragsted C, et al. Blood transfusion in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis-a single-center experience of patient blood management in 210 cases. *Transfusion*. 2017;57(7):1808-1817.
- [151] Bernard AC, et al. Intraoperative transfusion of 1 U to 2 U packed red blood cells is associated with increased 30-day mortality, surgical-site infection, pneumonia, and sepsis in general surgery patients. *J Am Coll Surg* 2009;208:931–937.
- [152] Lavoie J. Blood transfusion risks and alternative strategies in pediatric patients. *Pediatric Anesthesia* 2011;21:14-24.
- [153] Cheriyan T, Maier SP, Bianco K, et al. Efficacy of tranexamic acid on surgical bleeding in spine surgery: a meta-analysis. *Spine J* 2015;15:752-61.
- [154] Yuan QM, Zhao Z-H, Xu B-S. Efficacy and safety of tranexamic acid in reducing blood loss in scoliosis surgery: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 2017;26:131-9.
- [155] Malcom-Smith NA, McMaster MJ. The use of induced hypotension to control bleeding during posterior fusion for scoliosis. *J Bone Joint Surg Br* 1983;65:255-8.
- [156] Innerhofer P, Dietmar F, Margreiter J, et al. The effects of perioperatively administered colloids and crystalloids on primary platelet-mediated hemostasis and clot formation. *Anesth Analg*. 2002;95:858–865.

- [157] Carson JL, Stanworth SJ, Roubinian N, et al. Transfusion thresholds and other strategies for guiding allogeneic red blood cell transfusion. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2016, Issue 10. Art. No.:CD002042.
- [158] Bowen RE, Gardner S, Scaduto AA, et al. Efficacy of intraoperative cell salvage systems in pediatric idiopathic scoliosis patients undergoing posterior spinal fusion with segmental spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa1976)* 2010;35:246-51.
- [159] Miao YL, et al. The efficacy and cost-effectiveness of cell saver use in instrumented posterior correction and fusion surgery for scoliosis in school-aged children and adolescents. *PLoS One*. 2014 Apr 1;9(4):e92997.
- [160] Oliveira JAA, Façanha Filho FAM, et al. Is cell salvage cost-effective in posterior arthrodesis for adolescent idiopathic scoliosis in the public health system? *J Spine Surg*. 2017 Mar;3(1):2-8.
- [161] Winter R. Neurologic safety in spinal deformity surgery. *Spine* 1997;22:1527-1533.
- [162] Owen JA. The application of intraoperative monitoring during surgery for spinal deformity. *Spine* 1999;24:2649–62.
- [163] Mooney J, Bernstein R, Hennrikus W, MacEwen GD. Neurologic risk management in scoliosis surgery. *J Pediatr Orthoped* 2002;22:683-689.
- [164] Epstein NE. Hemostasis and other benefits of fibrin sealants/glues in spine surgery beyond cerebrospinal fluid leak repairs. *Surg Neurol Int*. 2014 Aug 28;5(Suppl 7):S304-14.
- [165] Epstein NE. Tisseel utilized as hemostatic in spine surgery impacts time to drain removal and length of stay. *Surg Neurol Int*. 2014 Aug 28;5(Suppl 7):S354-61.

- [166] Renkens KL Jr, Payner TD, Leipzig TJ, et al. A multicenter, prospective, randomized trial evaluating a new hemostatic agent for spinal surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001;26:1645–1650.
- [167] Luhmann SJ, Sucato DJ, Bacharier L, Ellis A, Woerz C. Intraoperative anaphylaxis secondary to intraosseous gelatin administration. *J Pediatr Orthop* 2013;33:58–60.
- [168] Spencer HT, Hsu JT, McDonald DR, Karlin LI. Intraoperative anaphylaxis to gelatin in topical hemostatic agents during anterior spinal fusion: a case report. *Spine J.* 2012;12:1–6.
- [169] Buchowski JM, et al. Epidural spinal cord compression with neurologic deficit associated with intrapedicular application of hemostatic gelatin matrix during pedicle screw insertion. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:E473–E477.
- [170] Steinestel K, Geiger A, Naraghi R, et al. Fatal thromboembolism to the left pulmonary artery by locally applied hemostatic matrix after surgical removal of spinal schwannoma: a case report. *Hum Pathol* 2013;44:294–298.
- [171] Kumar S, Goyal K, Dubey S, Bindra A, Kedia S. Anaphylactic reaction after autologous blood transfusion: a case report and review of the literature. *Asian J Neurosurg* 2015;10:145–147.
- [172] Lenke LG, O’Leary PT, Bridwell KH, et al. Posterior vertebral column resection for severe pediatric deformity: minimum two-year follow-up of thirty-five consecutive patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:2213–2221.
- [173] Helenius I, Serlo J, Pajulo O. The incidence and outcomes of vertebral column resection in paediatric patients: a population-based, multicentre, follow-up study. *J Bone Joint Surg [Br]* 2012;94-B:950–955.

- [174] Helenius I, Mattila M, Jalanko T. Morbidity and radiographic outcomes of severe scoliosis of 90° or more: a comparison of hybrid with total pedicle screw instrumentation. *J Child Orthop* 2014;8:345–352.
- [175] Campbell RM Jr, Hell-Vocke AK. Growth of the thoracic spine in congenital scoliosis after expansion thoracoplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2003 Mar; 85-A(3):409-20.
- [176] Canavese F, Dimeglio A. Normal and abnormal spine and thoracic cage development. *World J Orthop*. 2013;4(4):167–174.
- [177] Yang S, Andras LM, Redding GJ, Skaggs DL. Early-Onset Scoliosis: A Review of History, Current Treatment, and Future Directions. *Pediatrics*. 2016 Jan;137(1). doi: 10.1542/peds.2015-0709.
- [178] Gollogly S, et al. The volume of lung parenchyma as a function of age: a review of 1050 normal CT scans of the chest with three-dimensional volumetric reconstruction of the pulmonary system. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(18):2061-6.
- [179] Dunnill MS. Postnatal growth of the lung. *Thorax*. 1962;17(4):329–333.
- [180] Herring MJ, Putney LF, Wyatt G, Finkbeiner WE, Hyde DM. Growth of alveoli during postnatal development in humans based on stereological estimation. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*. 2014;307(4):L338–L344.
- [181] Thurlbeck WM. Postnatal human lung growth. *Thorax*. 1982;37(8): 564–571.
- [182] Davies G, Reid L. Effect of scoliosis on growth of alveoli and pulmonary arteries and on right ventricle. *Arch Dis Child*. 1971;46(249):623–632.

- [183] Campbell RM Jr, Smith MD, Mayes TC, et al. The characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85- A(3):399–408.
- [184] Pehrsson K, Larsson S, Oden A, et al. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. *Spine*. 1992;17:1091–1096.
- [185] Owange-Iraka JW, Harrison A, Warner JO. Lung function in congenital and idiopathic scoliosis. *Eur J Pediatr*. 1984;142:198–200.
- [186] Steinestel K, Geiger A, Naraghi R, et al. Fatal thromboembolism to the left pulmonary artery by locally applied hemostatic matrix after surgical removal of spinal schwannoma: a case report. *Hum Pathol* 2013;44:294–298.
- [187] Akbarnia BA, Campbell RM, Dimeglio A, Flynn JM, Redding GJ, Sponseller PD, Vitale MG, Yazici M. Fusionless procedures for the management of early-onset spine deformities in 2011: what do we know? *J Child Orthop*. 2011 Jun; 5(3):159-72.
- [188] Karol LA, Johnston C, Mladenov K, Schochet P, Walters P, Browne RH. Pulmonary function following early thoracic fusion in non-neuromuscular scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2008 Jun; 90(6):1272-81.
- [189] Goldberg CJ, Gillic I, Connaughton O, et al. Respiratory function and cosmesis at maturity in infantile-onset scoliosis. *Spine*. 2003;28(20):2397–2406 21.
- [190] Motoyama EK, et al. Effects on lung function of multiple expansion thoracoplasty in children with thoracic insufficiency syndrome: a longitudinal study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Feb 1; 31(3):284-90.

- [191] Mayer OH, Redding G. Early changes in pulmonary function after vertical expandable prosthetic titanium rib insertion in children with thoracic insufficiency syndrome. *J Pediatr Orthop*. 2009 JanFeb;29(1):35-8.
- [192] Jiang Y1, Zhao Y, Wang YP, Qiu GX, Weng XS, Li Y. Lung function after growing rod surgery for progressive early-onset scoliosis: a preliminary study. *Chin Med J (Engl)*. 2011 Dec;124(23):3858- 63.
- [193] Caniklioglu M, Gokce A, Ozturkmen Y, Gokay NS, Atici Y, Uzumcugil O. Clinical and radiological outcome of the growing rod technique in the management of scoliosis in young children. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2012;46(5):379-84.
- [194] Saito N, Ebara S, Ohotsuka K. Natural history of scoliosis in spastic cerebral palsy. *Lancet* 1998; 351:1687–1692.
- [195] Fajak A, Raab W, Schuh A, Richter S, Forst R, Forst J. Natural course of scoliosis in proximal spinal muscular atrophy type II and IIIa: descriptive clinical study with retrospective data collection of 126 patients. *BMC Musculoskelet Disord*. 2013;14:283.
- [196] Inal-Ince D, Savci S, Arikan H et al. Effects of scoliosis on respiratory muscle strength in patients with neuromuscular disorders. *Spine J* 2009;9:981–986.
- [197] Young NL, McCormick AM, Gilbert T et al. Reasons for hospital admissions among youth and young adults with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92:46–50.
- [198] Roberto R, Fritz A, Hagar Y et al. The natural history of cardiac and pulmonary function decline in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Spine* 2011;36:1009–1017.

- [199] Chng SY, Wong YQ, Hui JH et al. Pulmonary function and scoliosis in children with spinal muscular atrophy types II and III. *J Paediatr Child Health* 2003;39:673–676.
- [200] Kinali M, Messina S, Mercuri E et al. Management of scoliosis in Duchenne muscular dystrophy: a large 10-year retrospective study. *Dev Med Child Neurol* 2006;48:513–518.
- [201] Alexander WM, Smith M, Freeman BJC et al. The effect of posterior spinal fusion on respiratory function in Duchenne muscular dystrophy. *Eur Spine J* 2013;22:411–416.
- [202] Galasko CSB, Delaney C, Morris P. Spinal stabilisation in Duchenne muscular dystrophy. *J Bone Jt Surg* 1992; 74-B:210–214.
- [203] Kennedy JD, et al. Effect of spinal surgery on lung function in Duchenne muscular dystrophy. *Thorax*. 1995 Nov; 50(11): 1173–1178.
- [204] Velasco MV, Colin AA, Zurakowski D et al. Posterior spinal fusion for scoliosis in Duchenne muscular dystrophy diminishes the rate of respiratory decline. *Spine* 2007;32:459–465.
- [205] Suk KS, Lee BH, Lee HM et al. Functional outcomes in Duchenne muscular dystrophy scoliosis. Comparison of the differences between surgical and nonsurgical treatment. *J Bone Jt Surg Am* 2014;96:409–415.
- [206] Mauro AL, Aliverti A. Physiology of respiratory disturbances in muscular dystrophies. *Breathe (Sheff)* 2016 Dec; 12(4): 318–327.
- [207] Winter R, Denis F, Lonstein J, and Garemella J. Techniques of surgery, in Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities, 3rd editio. Philadelphia: W.B Saunders Company, 1995;133–217.

- [208] Wilber RG, Thompson GH, Shaffer JW, Brown RH, and Nash CL. Postoperative neurological deficits in segmental spinal instrumentation. A study using spinal cord monitoring, *J. Bone Joint Surg. Am.*, 1984;66(8):1178–87.
- [209] Arlet V, and Aebi M. Junctional spinal disorders in operated adult spinal deformities: present understanding and future perspectives. *Eur Spine J.* 2013 Mar; 22(Suppl 2): 276–295. doi: 10.1007/s00586-013-2676-x.
- [210] Burch S. Surgical complications of spinal deformity surgery. *Neurosurg Clin N Am.* 2007 Apr;18(2):385-92. doi: 10.1016/j.nec.2007.02.007.
- [211] 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 (Phila Pa 1976)*. 2011 Sep 1;36(19):1592-9. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181f54f7f.
- [212] Glattes RC, et al. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes, and risk factor analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005 Jul 15;30(14):1643-9.
- [213] Lowe TG, et al. Distal junctional kyphosis of adolescent idiopathic thoracic curves following anterior or posterior instrumented fusion: incidence, risk factors, and prevention. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Feb 1;31(3):299-302.
- [214] Denis F, Sun EC, and Winter RB. Incidence and risk factors for proximal and distal junctional kyphosis following surgical treatment for Scheuermann kyphosis: minimum fiveyear follow-up. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2009;34(20):E729-34.
- [215] Matsumoto M, et al. Postoperative Distal Adding-on and Related Factors in Lenke Type 1A Curve. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2013;38(9):737–744.

- [216] Cao K et al. Association of postoperative shoulder balance with adding-on in Lenke Type II adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2014;39(12):E705-12.
- [217] Lee CS, and Nachemson AL. The crankshaft phenomenon after posterior Harrington fusion in skeletally immature patients with thoracic or thoracolumbar idiopathic scoliosis followed to maturity. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 1997;22(1):58–67.
- [218] Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H. The crankshaft phenomenon. *J Pediatr Orthop*. 1989 Sep-Oct;9(5):541-50. doi: 10.1097/01241398-198909010-00008.
- [219] Faldini C, et al. Triplanar correction of adolescent idiopathic scoliosis by asymmetrically shaped and simultaneously applied rods associated with direct vertebral rotation: clinical and radiological analysis of 36 patients. *Eur Spine J*. 2018;27(2):165-74.
- [220] Addai D, Zarkos J, Bowey AJ. Current concepts in the diagnosis and management of adolescent idiopathic scoliosis. *Childs Nerv Syst*. 2020 Jun;36(6):1111-1119.
- [221] Peng Y, Wang SR, Qiu GX, Zhang JG, Zhuang QY. Research progress on the etiology and pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Chin Med J (Engl)*. 2020 Feb 20;133(4):483-493.
- [222] Yaman O, Dalbayrak S. Idiopathic scoliosis. *Turk Neurosurg*. 2014;24(5):646-57.
- [223] Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop*. 2013 Feb;7(1):3-9.

- [224] Kamtsiuris P, et al. Prävalenz von somatischen Erkrankungen bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheitssurveys (KiGGS). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2007;50(5-6):686-700.
- [225] Suh SW, Modi HN, Yang JH, Hong JY. Idiopathic scoliosis in Korean schoolchildren: a prospective screening study of over 1 million children. Eur Spine J. 2011;20(7):1087-94.
- [226] Cilli K, Tezeren G, Taş T, et al. Sivas il merkezinde skolyoz için okul taraması [School screening for scoliosis in Sivas, Turkey]. Acta Orthop Traumatol Turc. 2009 Nov-Dec;43(5):426-30.
- [227] Soucacos PN, Soucacos PK, Zacharis KC, Beris AE, Xenakis TA. School-screening for scoliosis. A prospective epidemiological study in northwestern and central Greece. J Bone Joint Surg Am. 1997;79(10):1498–1503.
- [228] Adams W. Lectures on the pathology and treatment of lateral and other forms of curvature of the spine in 1865, Lecture 1885;10.
- [229] Ratahi ED, Crawford HA, Thompson JM, Barnes MJ. Ethnic variance in the epidemiology of scoliosis in New Zealand. J Pediatr Orthop. 2002;22(6):784–787.
- [230] Studer D. Clinical investigation and imaging. J Child Orthop. 2013 Feb;7(1):29-35.
- [231] Faldini C, et al. Epigenetic and Genetic Factors Related to Curve Progression in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Scoping Review of the Current Literature. International journal of molecular sciences, 2022;23(11):5914.

- [232] Kesling KL. A meta-analysis of the literature and report of six cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997;22(17):2009–2014.
- [233] Andersen MO, Thomsen K, Kyvik KO. Adolescent idiopathic scoliosis in twins: a population-based survey. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Apr 15;32(8):927-30.
- [234] Ward K, et al. Validation of DNA-based prognostic testing to predict spinal curve progression in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(25):E1455-64.
- [235] Burton MS. Diagnosis and treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Pediatr Ann*. 2013 Nov;42(11):224-8.
- [236] Greiner KA. Adolescent idiopathic scoliosis: radiologic decision-making. *Am Fam Physician*. 2002;65(9):1817–1822.
- [237] Freeman BL. Scoliosis and Kyphosis. Canale ST. *Campbell's Operative Orthopaedics*, 10th Edition. Mosby, Philadelphia, 2003;(2) p. 1751-183.
- [238] Miyanji F, Desai S. Minimally invasive surgical options for adolescent idiopathic scoliosis. *Seminars Spine Surgery*. 2015;27:39–44.
- [239] Sarwahi V, et al. Minimally invasive surgery in patients with adolescent idiopathic scoliosis: is it better than the standard approach? a 2-year follow-up study. *Clin Spine Surg*. 2016;29:331–340.
- [240] Yang JH, Kim HJ, Chang DG, Suh SW. Comparative Analysis of Radiologic and Clinical Outcomes Between Conventional Open and Minimally Invasive Scoliosis Surgery for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *World Neurosurg*. 2021;151:e234-e240.

- [241] Si G, Li T, Wang Y, Liu X, Li C, Yu M. Minimally invasive surgery versus standard posterior approach for Lenke Type 1–4 adolescent idiopathic scoliosis: a multicenter, retrospective study. *Eur Spine J.* 2021;30:706–713.
- [242] Sarwahi V, Galina JM, Hasan S, Atlas A, Ansorge A, De Bodman C, et al. Minimally invasive versus standard surgery in idiopathic scoliosis patients: a comparative study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2021;46:1326–35.
- [243] Trobisch P, Suess O, Schwab F. Idiopathic scoliosis. *Dtsch Arztebl Int.* 2010 Dec;107(49):875-83; quiz 884.
- [244] Donnelly MJ, Dolan LA, Grande L, Weinstein SL. Patient and parent perspectives on treatment for adolescent idiopathic scoliosis. *Iowa Orthop J.* 2004;24:76-83.
- [245] Goldberg CJ, Dowling FE, Hall JE, Emans JB. A statistical comparison between natural history of idiopathic scoliosis and brace treatment in skeletally immature adolescent girls. *Spine.* 1993;18(7):902–908.
- [246] Yeldan I, Dereli EE, et al. The efficacy of three-dimensional Schroth exercises in adolescent idiopathic scoliosis: a randomized controlled clinical trial. *Clin Rehabil.* 2016;30(2):181–190.
- [247] Schreiber S, et al. Schroth Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises Added to the Standard of Care Lead to Better Cobb Angle Outcomes in Adolescents with Idiopathic Scoliosis Trial. *PLoS One.* 2016;11(12):e0168746.
- [248] Zheng Y, Dang Y, Yang Y, et al. Whether orthotic management and exercise are equally effective to the patients with adolescent idiopathic scoliosis in mainland China?: a randomized controlled trial study. *Spine.* 2018;43(9):E494–503.

- [249] Sayyad M, Conine TA. Effect of exercise, bracing and electrical surface stimulation on idiopathic scoliosis: a preliminary study. *Int J Rehabil Res.* 1994;17(1):70–74.
- [250] Gao C, et al. Could the Clinical Effectiveness Be Improved Under the Integration of Orthotic Intervention and Scoliosis-Specific Exercise in Managing Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2019;98(8):642-648.
- [251] Li K, Miao J, Zhang J. Network meta-analysis of short-term effects of different strategies in the conservative treatment of AIS. *European journal of medical research*, 2021;26(1):54.
- [252] Ylikoski M. Growth and Progression of Adolescent Idiopathic Scoliosis In Girls. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 2005;14(5):320-324.
- [253] Yim AP, Yeung HY, Hung VW, Lee KM, Lam TP, et al. Abnormal Skeletal Growth Patterns In Adolescent Idiopathic Scoliosis - A Longitudinal Study Until Skeletal Maturity. *Spine*, 2012;37(18), E1148-E1154.
- [254] 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.
- [255] Minkara A, Bainton N, Tanaka M, et al. High Risk of Mismatch Between Sanders and Risser Staging in Adolescent Idiopathic Scoliosis: Are We Guiding Treatment Using the Wrong Classification? *J Pediatr Orthop.* 2020 Feb;40(2):60-64.
- [256] Yang H, Jia X, Hai Y. Posterior minimally invasive scoliosis surgery versus the standard posterior approach for the management of adolescent idiopathic scoliosis: an updated meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2022 Jan 29;17(1):58.

- [257] Marks M, Petcharaporn M, Betz RR, Clements D, Lenke L, Newton PO. Outcomes of surgical treatment in male versus female adolescent idiopathic scoliosis patients. *Spine*, 2007;32(5):544–549.
- [258] Lonner BS, Ren Y, Yaszay B, Cahill PJ, Shah SA, Betz RR, et al. Evolution of surgery for adolescent idiopathic scoliosis over 20 years: have outcomes improved? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43:402–10.
- [259] Lonner BS, Kondrachov D, Siddiqi F, Hayes V, Scharf C. Thoracoscopic spinal fusion compared with posterior spinal fusion for the treatment of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88:1022–1034.
- [260] Lonner BS, Brochin R, Lewis R, Vig KS, Kassin G, Castillo A, et al. Body image disturbance improvement after operative correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform*. 2019;7:741–745.
- [261] Virk S, Wright-Chisem J, Sandhu M, et al. A novel magnetic resonance imaging-based lumbar muscle grade to predict health-related quality of life scores among patients requiring surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021;46:259–67.
- [262] Alhammoud A, et al. Minimally Invasive Scoliosis Surgery Is a Feasible Option for Management of Idiopathic Scoliosis and Has Equivalent Outcomes to Open Surgery: A Meta-Analysis. *Global Spine J*. 2022 Apr;12(3):483-492.
- [263] Raitio A, Syvänen J, Helenius I. Vertebral Body Tethering: Indications, Surgical Technique, and a Systematic Review of Published Results. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(9):2576.
- [264] Rodrigues LMR, Yonezaki AM, Ueno FH, et al. Escoliose Idiopática do adolescente: análise do grau de correção obtido com o uso de parafusos pediculares. *Arq Bras Ciênc Saúde*. 2009;35(1):1-11.

- [265] Gotfryd AO, Franzin FJ, Raucci G, Neto NJC, Poletto PR. Tratamento cirúrgico da escoliose idiopática do adolescente utilizando parafusos pediculares: Análise dos resultados clínicos e radiográficos. *Coluna/Columna*.2011;10(2):91-6.
- [266] Cui G, Watanabe K, Nishiwaki Y, et al. Loss of apical vertebral derotation in adolescent idiopathic scoliosis: 2-year follow-up using multi-planar reconstruction computed tomography. *Eur Spine J*. 2012 Jun;21(6):1111-20.
- [267] Yuan S, Qiu Y, Zhu F, Wang B, Yu Y, Zhu ZZ, et al. A comparative study on the surgical outcomes of spinal fusion in adolescent idiopathic scoliosis patients with or without triradiate cartilages closed. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2011;49(5):414-8.
- [268] Gu H, Li Y, Dai Y, Wang B. Anterior versus posterior approach in Lenke type 1 adolescent idiopathic scoliosis: a comparison of long-term follow-up outcomes. *Ann Transl Med*. 2022 Apr;10(7):405.
- [269] Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Chung YJ, Park YB. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 1995;20:1399-1405.
- [270] Di Silvestre M, Bakaloudis G, Lolli F, Giacomini S. Late-developing infection following posterior fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2011 May;20 Suppl 1(Suppl 1):S121-7.
- [271] de Bodman C, et al. Minimally invasive surgery for adolescent idiopathic scoliosis: correction of deformity and peri-operative morbidity in 70 consecutive patients. *Bone Joint J*. 2017 Dec;99-B(12):1651-1657.
- [272] Rihn JA, Lee JY, Ward WT. Infection after the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis: evaluation of the diagnosis, treatment, and impact on clinical outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(3):289-94.

- [273] Diab M, Smith AR, Kuklo TR; Spinal Deformity Study Group. Neural complications in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Nov 15;32(24):2759-63.
- [274] Chaib Y, et al. Postoperative perceived health status in adolescent following idiopathic scoliosis surgical treatment: results using the adapted French version of Scoliosis Research Society Outcomes questionnaire (SRS-22). *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013.
- [275] Glattes RC, et al. The reliability and concurrent validity of the Scoliosis Research Society-22r patient questionnaire compared with the Child Health Questionnaire-CF87 patient questionnaire for adolescent spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(.
- [276] Gem K. Adölesan İdiyopatik Skolyozlu Hastalarda Cerrahi Tedavi Sonuçlarımız, Uzmanlık Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi 2017.