



**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI**

**ERKEN BAŞLANGIÇLI SKOLYOZ HASTALARI İLE ADÖLESAN
İDİOPATİK SKOLYOZ HASTALARININ EŞLEŞTİRİLMİŞ
GRUPLARDA POSTERİOR ENSTRÜMANTASYON VE FÜZYON
AMELİYATI SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Gökay DURSUN

**UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır**

**ANKARA
2024**



**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI**

**ERKEN BAŞLANGIÇLI SKOLYOZ HASTALARI İLE ADÖLESAN
İDİOPATİK SKOLYOZ HASTALARININ EŞLEŞTİRİLMİŞ
GRUPLARDA POSTERİOR ENSTRÜMANTASYON VE FÜZYON
AMELİYATI SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Gökay DURSUN

**UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır**

**TEZ DANIŞMANI:
Prof. Dr. Halil Gökhan DEMİRKIRAN**

**ANKARA
2024**

TEŞEKKÜR

Başta Anabilim Dalı başkanımız Prof. Dr. A. Mazhar Tokgözoğlu olmak üzere, uzmanlık eğitimim süresince bana mesleğimi bütün incelikleriyle öğreten, üzerimde sonsuz emekleri olan Anabilim Dalımızın bütün öğretim üyelerine,

Tez çalışmamın gerçekleşmesinde ki önemli katkıları ve asistanlığıma olan katkıları için Prof. Dr. Mehmet Ayvaz'a,

Tez çalışmama ve akademik hayatıma katkıları için Prof. Dr. Muharrem Yazıcı'ya,

Tez danışmanım olarak bu çalışmanın planlanmasından sonlandırılmasına kadar geçen sürecin her anında büyük bir sabır ve özveriyle yanımda olan, çok iyi bir akıl hocası olmanın yanında iyi bir insan ve örnek bir cerrah olan Prof. Dr. Halil Gökhan Demirkıran'a,

5 yıl boyunca beraber çalışma şansına sahip olduğum, beraber birçok anı biriktirdiğim, her biri hem çok iyi birer meslektaş hem de eşsiz dost olan araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Sadece asistanlığımın değil hayatımın her anında yanımda olan, hayat boyu bana sonsuz ve koşulsuz destek olan hayat arkadaşım, sevgili eşime ve eşimin mezuniyet hediyesi olarak asistanlığımın sonunda kavuşmayı dört gözle beklediğimiz Oğlum'a,

Benim bugünlere gelmemi sağlayan, hayat boyu edindiğim tüm iyi özelliklerimin kaynağı, zor zamanlarımda güvenli bir liman, vazgeçmek istediğimde beni yüreklendiren ve koşulsuz sevgiyle beni sarıp sarmalyan sevgili annem, babam ve biricik kardeşime,

Ve hepsinden önemlisi, bu toprak parçasının bize bir vatan olmasını sağlayan, ilkeleri ile Türk gençliğinin ebedi lideri olan Ulu Önder Mustafa Kemal Atatürk'e,

Sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Dr. Gökay DURSUN

ÖZET

DURSUN G. Erken Başlangıçlı Skolyoz Hastaları İle Adölesan İdiyopatik Skolyoz Hastalarının Eşleştirilmiş Gruplarda Posterior Enstrümantasyon Ve Füzyon Ameliyatı Sonuçlarının Karşılaştırılması. Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanlık Tezi, Ankara 2024. Erken başlangıçlı skolyoz (EOS) ilerleyici, hayatı tehdit eden ve dikkatle tedavi edilmesi gereken bir hastalıktır. Büyüyen rod (GR) tedavisi en sık tercih edilen yöntemdir ve genellikle bunu mezuniyet olarak isimlendirilen posterior enstrümantasyon ve füzyon (PEF) ameliyatı takip eder. Mezuniyet cerrahisi teknik olarak zor ve karmaşıktır, bu nedenle skolyoz açısı kabul edilebilirse, implant yetmezliği olmadığında ve enstrümantasyon seviyesini değiştirmeye gerek olmadığında PEF tercih edilmez. Çalışmanın amacı standart PEF ile tedavi edilen adölesan idiyopatik skolyozlu (AIS) hastalar ile GR tedavisi ile mezuniyet sırasında PEF uygulanan idiyopatik etiyojolojiye sahip EOS'lu hastalar arasında eşleşmiş gruplarda PEF'in kar-zararını karşılaştırmaktır. Çalışma retrospektif olarak dizayn edilmiştir. Çalışmaya idiyopatik etiyojolojiye sahip, GR ve definitif cerrahi uygulanan EOS hastaları ile AIS tanısıyla standart PEF uygulanan hastalar dahil edildi. AIS ve EOS grupları koronal deformite (skolyoz açısı), sagittal deformite (T2-T12 kifoz, L1-S1 lordoz), cinsiyet ve yaş değişkenleri açısından eğilim skoru eşleştirme analizi ile eşleştirildi (en yakın komşuluk 1:3 yöntemi). Yedi yüz yetmiş altı hasta (24 EOS, 752 AIS) çalışmaya dahil edilmiştir. Yetmiş iki AIS hastası 24 EOS hastası ile eşleştirilmiştir. Gruplar arasında skolyoz düzeltme yüzdesi, ameliyat süresi, transfüzyon ihtiyacı ve enstrümanente edilen segment sayısı açısından anlamlı farklılıklar bulundu. T1-T12 artış yüzdesi, T1-S1 artış yüzdesi, enstrümanente edilen spinal segment uzunluğu artışı ve tahmini kan kaybı (EBL) benzerdi. EOS grubunda beş hastada (%20.8) komplikasyon görüldü. Bir hastada intraoperatif nöromonitörizasyon uyarıları görüldü, uygun müdahale ile düzeldi. Bir superior mezenterik arter sendromu, iki proksimal ankor gevşemesi ve bir yüzeysel enfeksiyon kaydedilmiştir. AIS grubunda 5 hastada (%6.8) komplikasyon görüldü (iki vida malpozisyonu, bir omuz dengesizliği, bir gövde kayması, bir adding-on) ve revizyon cerrahisi geçirmeleri gerekti. EOS grubunda daha uzun cerrahi süre, daha fazla kanama ve koronal deformitede daha az düzeltme olmasına rağmen, definitif cerrahi ile kazanılan gövde yüksekliği AIS grubu ile aynıdır. Koronal deformite düzeltme oranları açısından gruplar arasında AIS lehine bir fark vardır, ancak EOS hastalarının nihai skolyoz açısı klinik olarak yeterlidir [$(22.17 \pm 13.07^\circ)$]. Sonuç olarak, idiyopatik etiyojijili EOS'da definitif füzyon komplikasyonlar açısından aşırı risk taşımamaktadır ve hastaların cerrahi sonunda elde ettikleri kazanımlar dikkat çekicidir.

Anahtar Kelimeler: Erken başlangıçlı skolyoz, Adölesan idiyopatik skolyoz, Mezuniyet, Eşleşmiş gruplar, Sonuç

ABSTRACT

DURSUN G. Comparison of Graduation Results of Early Onset Scoliosis Patients and Posterior Instrumentation and Fusion Results of Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients Between Paired Groups. Hacettepe University Faculty of Medicine, Orthopedics and Traumatology Specialization Thesis, Ankara 2024.

Early-onset scoliosis (EOS) is a progressive, life-threatening condition that needs to be treated carefully. Treatment with growing rods (GR) is the most frequently preferred method, and is usually followed by posterior instrumentation and fusion (PIF), which is also called graduation. Graduation surgery is technically demanding and complicated, leading to a preference for avoiding definitive fusion when there's adequate improvement in scoliosis angle, no implant failure, and no need to change instrumentation level. To compare the risks and benefits of instrumented posterior fusion between patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS) treated with standard PIF, and patients with idiopathic EOS treated with GR and graduated with PIF. This is a retrospective study. The study included patients with idiopathic etiology EOS who underwent dual-GR and definitive surgery, as well as those who underwent standard PIF with AIS diagnosis during the study period. The AIS and the EOS groups were matched in terms of coronal deformity (scoliosis angle), sagittal deformity (T2-T12 kyphosis, L1-S1 lordosis), gender, and age variables by Propensity Score Matching analysis (Method nearest 1:3). Seven hundreds seventy-six patients (24 EOS, 752 AIS) were included in the study. Seventy-two AIS patients were matched against 24 EOS patients. Significant differences were found between the groups in terms of scoliosis correction percentage, surgery time, transfusion need, and number of instrumented segments. The percentage of T1-T12 increase, percentage of T1-S1 increase, instrumented spinal segment length increase, and the estimated of blood loss (EBL) were similar. Complications were seen in five patients (20.8%) in the EOS group. One patient experienced intraoperative neuromonitoring alerts, which resolved with appropriate intervention. One superior mesenteric artery syndrome, two proximal anchor loosening and one superficial infection were recorded. Five patients (6.8%) in the AIS group had complications (two screw malposition, one shoulder imbalance, one trunk shift, one adding-on) and required revision surgery. Although the EOS group had longer surgical time, more bleeding, and less correction of the coronal deformity, trunk height gained by definitive surgery was the same as the AIS group. There is a difference in favor of AIS between the groups in terms of coronal deformity correction rates, but the final scoliosis angle of EOS patients is clinically satisfactory [(22.17 ±13.07°)]. In conclusion, definitive fusion in EOS with idiopathic etiology does not carry an excessive risk for complications, and the gains obtained by the patients at the end of surgery are remarkable.

Key Words: Early onset scoliosis, Adolescent idiopathic scoliosis, Graduation, Matched groups, Outcome

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER	viii
TABLolar	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Konjenital Skolyoz	2
2.1.1. Genel Bilgiler	2
2.1.2. Patofizyoloji	2
2.1.4. Sınıflandırma	3
2.1.5. Doğal Seyir	6
2.2. Nöromusküler Skolyoz	7
2.2.1. Genel Bilgiler	7
2.2.2. Patofizyoloji	7
2.2.3. Sınıflandırma	8
2.2.4. Doğal Seyir	9
2.3. Sendromik Skolyoz.....	9
2.4. İdiopatik Skolyoz.....	10
2.4.1. Genel Bilgiler	10
2.4.2. Patofizyoloji	10
2.4.3. Epidemiyoloji	12
2.4.4. Doğal Seyir	12
2.5. Klinik Muayene	16
2.5.1. Öykü	16
2.5.2. İnceleme.....	16
2.5.3. Fizik Muayene	16
2.5.4. Sistemik Muayene	17
2.6. Görüntüleme	18

2.6.1. Direkt Grafi	18
2.6.2. Bilgisayarlı Tomografi	22
2.6.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme	22
2.7. Cerrahi Sınıflandırma	22
2.7.1. King-Moe Sınıflaması	23
2.7.2. Lenke Sınıflaması	23
2.8. Tedavi Seçenekleri	24
2.9. Konservatif Tedavi	25
2.9.1. Gövde Alçısı	25
2.9.2. Ortez Tedavisi	26
2.10. Cerrahi Tedavi	26
2.10.1. Distraksiyon Temelli Tedaviler	26
2.10.2. Kompresyon Temelli Tedaviler	29
2.10.3. Büyüme Yönlendirici Tedaviler	30
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	32
3.1. Kabul ve Dışlama Kriterleri	32
3.2. Veri Toplama	32
3.3. İstatistiksel Değerlendirme	33
3.4. Direkt Grafi Üzerinden Ölçüm Teknikleri	34
3.4.1. Koronal Ölçümler	34
3.4.2. Sagittal Ölçümler	36
3.5. Hesaplamalar	37
3.5.1. Skolyoz Açısı Düzeltme Yüzdesi	37
3.5.2. T1-T12 Uzunluğunda Artış Yüzdesi	37
3.5.3. T1-S1 Uzunluğunda Artış Yüzdesi	37
3.5.4. ESU Artış Yüzdesi	37
3.5.5. Segment Başına ESU Artış Yüzdesi.....	37
3.5.6. Segment Başına Kanama Miktarı	37
4. BULGULAR.....	38
4.1. Eşleşme Öncesi Grupların Karşılaştırılması	39
4.2. Eşleşme Sonrası Grupların Karşılaştırılması	40
4.3. Demografik Veriler.....	41

4.4. Grup İçi EOS Hastalarının Cerrahi Öncesi / Sonrası Karşılaştırılması	42
4.5. Grup İçi AİS Hastalarının Cerrahi Öncesi / Sonrası Karşılaştırılması	43
4.6. EOS ve AİS Grubu Hastaların Sonuçlarının Karşılaştırılması	44
5. TARTIŞMA	46
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	51
7. KAYNAKÇA	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

AGMC	Artrogripozis multipleks konjenita
AP	Antero-posterior
AİS	Adölesan idiopatik skolyoz
DMD	Duchenne musküler distrofi
BT	Bilgisayarlı tomografi
CHARGE	Koloboma, Kalp defekti, Koanal atrezi, Büyüme geriliği, Genital anomaliler, Kulak anomalileri
CP	Serebral palsi
EOS	Erken başlangıçlı skolyoz
ESU	Enstrümanente spinal segment uzunluğu
GMFCS	Kaba motor fonksiyon sınıflandırma sistemi
L	Lomber
LTS	Luque Trolley sistemi
MGR	Manyetik kontrollü büyüyen rod
MMC	Meningomyelosele
MRG	Manyetik rezonans görüntüleme
NMS	Nöromusküler skolyoz
PA	Postero- anterior
PEF	Posterior enstrümantasyon ve füzyon
RVAD	Kosta-vertebra açığı farkı
SMA	Spinal musküler atrofi
SRS	Skolyoz araştırma topluluğu
T	Torakal
S	Sakral
TGR:	Geleneksel büyüyen rod
VACTERL	Vertebral defekt, anal atrezi, kardiyak defekt, trakeoözofajial fistül, böbrek anomalisi, ekstremité anomalisi
VBS	Vertebra gövde zımbası
VBT	Vertebra gövde gergisi
VEPTR	Kostadan dikey genişleyen titanyum sistem
VSD	Ventiküler septal defekt

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Burnei-Gavriliu konjenital skolyoz sınıflandırması A: Longitudinal dengesizlik	4
2.2. Burnei-Gavriliu konjenital skolyoz sınıflandırması B: Rotasyonel dengesizlik	5
2.3. Evre 1; Konveks taraf ile omurganın üst köşesi temas etmemektedir.	13
2.4. Evre 2; Konveks taraf ile omurganın üst köşesi temas halindedir.	13
2.5. Kosta-Vertebral açı farkı ölçüm yöntemi	14
2.6. Adam'ın öne eğilme testi ve skolyometre kullanımı	17
3.1. A: Skolyoz açısı ölçümü, B: T1-T12 uzunluk ölçümü	34
3.2. C: T1-S1 uzunluk ölçümü, D: ESU ölçümü	35
3.3. E: Kifoz açısı ölçümü F: Lordoz açısı ölçümü	36
4.1. Etiyolojik Dağılım Sunburst Grafiği	38

TABLolar

Tablo	Sayfa
2.1. SRS nöromusküler spinal deformite sınıflaması	8
4.1. EOS ve AİS grubu hastaların eşleşme öncesi karşılaştırılması	39
4.2. EOS ve AİS grubu hastaların eşleşme sonrası karşılaştırılması	40
4.3. Hastaların demografik verileri	41
4.4. Grup içi EOS hastalarının cerrahi öncesi / sonrası karşılaştırılması	42
4.5. Grup içi AİS hastalarının cerrahi öncesi / sonrası karşılaştırılması	43
4.6. EOS ve AİS grubu hastaların sonuçlarının karşılaştırılması	45

1. GİRİŞ

Erken başlangıçlı skolyoz (EOS) ilerleyici, hayatı tehdit eden, titizlikle tedavi edilmesi gereken bir hastalıktır. Hayatın ilk 8 yaşı akciğer gelişimi için hayati öneme sahiptir. Skolyoz tedavisi için erken füzyon yapılması durumunda hastaların akciğer kapasiteleri azalır torasik yetmezlik sendromu gelişmektedir. Bu nedenle olabildiğince erken füzyondan kaçınılması gerekir. EOS tedavisindeki amaç hastanın nihai akciğer kapasitesini korumak için büyümesine izin verirken eğriliği kontrol altına almaktır. Büyüyen rod tedavisi literatürde ki en popüler tedavidir. Bu tedavi sonunda gelişimini tamamlayan omurgaya posterior enstrümantasyon füzyon (PEF) ameliyatı uygulanarak elde edilen düzeltmenin kalıcı hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Fakat son çalışmalar büyüyen rod tedavisindeki tekrarlayan cerrahi ve füzyon komplikasyonları sebebiyle son cerrahi sırasında posterior enstrümantasyon ve füzyon ameliyatının gerekliliğini sorgulamaktadır. Cerrahi sırasında olası kazanımlar ve komplikasyonların risklerini kar-zarar açısından karşılaştırılmaktadır.

Adölesan idiopatik skolyozun (AİS) ise EOS'dan farklı olarak sıklıkla hayati tehlikesi bulunmamaktadır. Genellikle bel ağrısı görülmektedir ancak ileri eğriliklerde akciğer ilişkili komplikasyonlar görülebilmektedir. Bu hasta grubunun cerrahi motivasyonunda medikal problemlerden çok estetik kaygılar ön plandadır.

Çalışmadaki amacımız idiopatik etiyojolojiye sahip EOS hastalarının mezuniyet ameliyatından elde ettiği kazanımları değerlendirmektir. Hipotezimiz; idiopatik etiyojolojiye sahip EOS hastalarında mezuniyet cerrahisi ile elde edilen eğrilik kontrolü, boy kazanımı gibi sonuçları ile kanama miktarı, cerrahi süresi ve cerrahi komplikasyonların AİS hastaların da uygulanan posterior enstrümantasyon füzyon ameliyatına benzer olduğudur. Bu nedenle AİS hastalarında estetik kaygılar ile uygulanan PEF ameliyatı EOS hasta grubunda mezuniyet ameliyatında da uygulanmalıdır.

2. GENEL BİLGİLER

Skolyoz ilk olarak Hipokrat (MÖ 460-377) tarafından tanımlanmıştır. “Scolios” yunanca eğik anlamına gelmektedir. Hipokrat bu durumun kötü postürden kaynaklandığını düşünmüştür. Claudius Galen (MS 131-201) skolyoz tanımını ayrıntılandırarak 3 tip omurga eğriliği tanımlamıştır (Skolyoz, lordoz, kifoz) (1).

Günümüzde skolyoz, omurgada koronal düzlemdeki 10° ve üzeri eğrilikler olarak tanımlanmıştır (2). Erken başlangıç tanımı ise “etiyojiden bağımsız olarak 10 yaş altı” olarak belirlenmiştir (3,4). Türkiye ‘de sıklığı 100.000’ de 129’ dur. Kadınlarda erkeklerden 1.45 kat daha fazla görülmektedir (5).

Skolyoz kendi içerisinde başlangıç yaşına ve etiyojije göre alt başlıklara ayrılmaktadır. Başlangıç yaşına göre infantil (0-3 yaş), jüvenil (4-10 yaş), adölesan (11-18 yaş) ve erişkin (> 18 yaş); EOS grubu etiyojije göre konjenital, nöromusküler, sendromik ve idiopatik gruplarına ayrılmaktadır.

2.1. Konjenital Skolyoz

2.1.1. Genel Bilgiler

Konjenital skolyoz, embriyogenez sürecinde gelişen spinal malformasyon sonucu oluşmaktadır. İnsidansı yaklaşık olarak 1000 canlı doğumda 1’dir. Asemptomatik vakaların ilerleyen yaşlarda tanı alması nedeniyle bu oranın daha yüksek olabileceği düşünülmektedir (6). Hastalığın doğal seyrinde eğriliklerin %25’i asemptomatik, %25’i yavaş ilerleyen, %50’ si hızlı ilerleyen tiptedir ve bu nedenle tedavi gerektirmektedir (7).

2.1.2. Patofizyoloji

Emriyogenezde somitler trigeminal germ diskinin paraaksial mezoderm tabakasından köken almaktadır. Somitler, omurganın öncül hücrelerini içermektedir. Somit gelişimi embriyogenezin 20-35. günler arasında olmaktadır. Bu yolaktaki bozukluk vertebralarda malformasyona ve konjenital skolyoza neden olmaktadır.

Bununla beraber konjenital skolyoz; CHARGE, Klipper-Feil, Alagille ve VACTERL ... sendromlarının bir komponenti olarak da ortaya çıkmaktadır.

Konjenital skolyozun genetik kökenini araştırmak için monozigotik ikizler üzerine yapılan çalışmada ikizlerin birisinde etkilenim görülürken diğeri sağlıklı olduğu gösterilmiştir (8). Bu durum hastalığın sadece genetik faktörlerle açıklanamayacağını, çevresel faktörlerden de etkilendiğini akla getirmektedir.







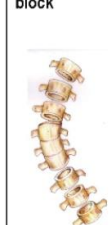

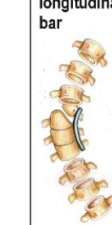
Konjenital skolyoz etiyolojisinde ki çevresel faktörler araştırıldığında hipoksi, alkol kullanımı, antikonvülsan ilaç (Valproik asit) kullanımı, hipertermi, maternal insülin bağımlı diyabet, gestasyonel diyabet gibi etkenlerin başı çektiği grlmştir (9). Bu faktörlerin somit hücrelerinin g ve apoptoz yolaklarında bozukluğa neden olarak etki ettikleri düşünülmektedir.

Genetik ve çevresel faktörler vertebra dışında diğeri organları da etkilemektedir. Bu nedenle konjenital skolyozu olan hastalarda diğeri organ ve sistemlerde de bozukluklar görülebilmektedir. 305 konjenital skolyoz tanılı hastanın dahil edildiği retrospektif çalışmada hastaların %84'ünün en az 1 adet organ bozukluğu olduğu tespit edilmiştir. En sık %54 ile kardiyak anomaliler (ventriküler septal defekt, fallot tetralojisi, atrial septal defekt, patent ductus arteriosus vb) saptanmıştır. Bunu %43 ile intraspinal patolojiler (syrinks, tethered kord, yağlı filum terminale, aşağı yerleşimli konus medullaris,...) ve %39 ile ürogenital patolojiler (inmemiş testis, testiküler torsiyon, hipospadias, ...) takip etmiştir (10).

Bu nedenle konjenital skolyoz tanısı konulan hastalar intraspinal, kardiyak ve genitoüriner sistem patolojileri açısından ayrıntılı değerlendirilmelidir.

2.1.4. Sınıflandırma

2014 yılında Burnei-Gavriliu ve arkadaşlarının tanımladığı sınıflandırma da (11) longitudinal dengesizliğe bağlı skolyoz ve rotasyonel dengesizliğe bağlı skolyoz olarak iki başlıkta tanımlanmıştır. Longitudinal dengesizliğe bağlı skolyoz ise 3 alt başlıkta incelenmektedir; formasyon anomalisi, segmentasyon anomalisi ve bu ikisinin kombinasyonu şeklinde (şekil 2.1).

A. Congenital scoliosis with longitudinal imbalance								
1. Formation failure with or without fusion failure of the ossification centers				2. Segmentation failure		3. Mixed failure		
a. wedged vertebra	b. hemivertebra			c. hemivertebral body	a. unilateral longitudinal bar	b. bilateral vertebral block	Hemivertebra and longitudinal contralateral bar	Hemivertebra, vertebral block and longitudinal bar
	Segmented	Hemisegmented	Unsegmented					
								
	Successive							
	Intermittent							
	Alternant							
	Compensated		Decompensated					

Şekil 2.1. Burnei-Gavrilu konjenital skolyoz sınıflandırması A: Longitudinal dengesizlik

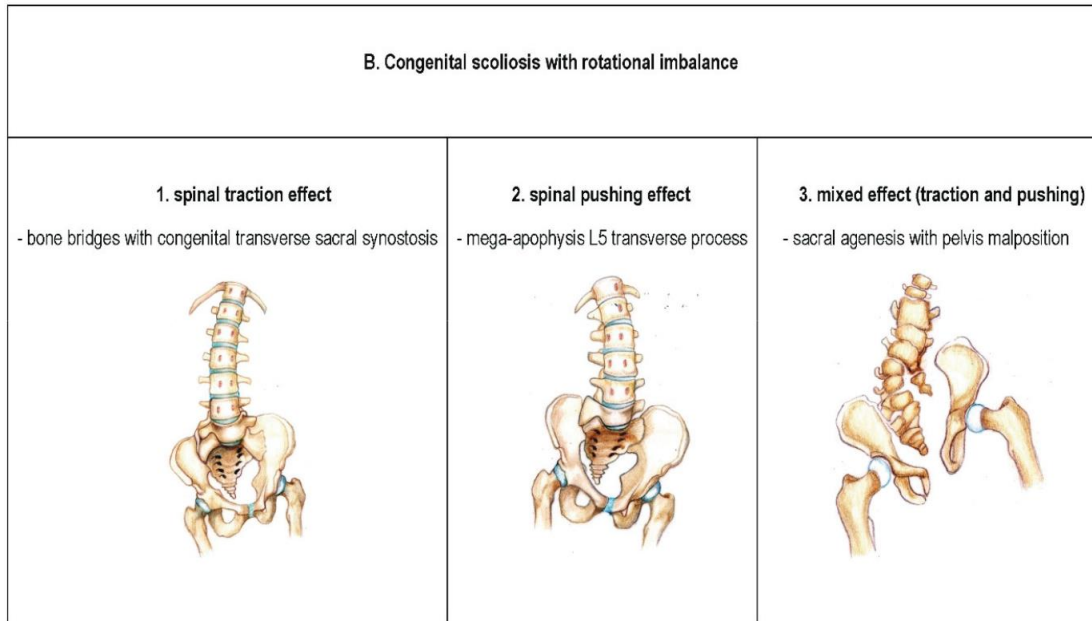
Formasyon anomalisi: Embriyogenez sırasında somatik yarıkların simetrik olmaması nedeniyle vertebranın pediküllerinden birisinin daha küçük olması (kama vertebra) ya da bir pedikülünün olmaması (hemivertebra) olarak tanımlanmaktadır. Hemivertebra alt ve üstünde disk olmasına göre segmente (İki diskte mevcut), hemisegmente (İki diskten 1 tanesi mevcut), ansegmente (Disk yerine fibröz doku mevcut) olarak 3 alt başlıkta incelenmiştir. Hemivertebraların ardışık seviyelerde

olması ‘Ardışık’, normal vertebralarla atlayarak ilerlemesi ‘Aralıklı’, karşılıklı taraflarda olması ‘Alternan’ olarak tanımlanmıştır. Alternan hemivertebra seviyeleri arasında 5 normal vertebradan az olması kompanze, 5 normal vertebradan fazla olması dekompanze olarak tanımlanmıştır.

Segmentasyon anomalisi: Embriyogenez sırasında apopitozda yaşanan sorunlar nedeniyle vertebralar arasında kemik köprüler oluşmasıdır. Unilateral (longitudinal bar) ve bilateral (vertebral blok) olarak alt başlıklara ayrılmaktadır.

Karışık tip: Formasyon ve segmentasyon anomalisinin kombine tipidir (hemivertebra + longitudinal kontralateral bar / hemivertebra + vertebral blok).

Rotasyonel dengesizliğe bağlı skolyozda ise rotasyonel dengesizlik koronal imbalanstan daha fazladır. Skolyoz vertebral ya da pelvik deformiteye bağlı çekme ve itme kuvvetleri sonucu oluşmaktadır. Bu grupta doğum esnasında skolyoz bulunmamaktadır. Büyüme sonucu oluşan rotasyon nedeniyle deformite meydana gelmektedir. Spinal traksiyon etkisi, spinal itme etkisi ve miks etki olarak 3 başlıkta incelenmektedir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Burnei-Gavriliu konjenital skolyoz sınıflandırması B: Rotasyonel dengesizlik

2.1.5. Doğal Seyir

Eğrilik ilerlemesi ve doğal seyir hastalığın başlangıç yaşına, apeks vertebranın seviyesine, anomalinin tipine, eğrilik tipine göre değişmektedir (12).

Yaş

Eğrilik 5 yaş öncesinde ve adölesan dönemde (11-14 yaş) hızlı ilerlemektedir. Bu yaş aralıkları vertebranın büyüme ataklarının olduğu dönemlerdir (13). On yaş altında belirgin eğrilik bulunması büyüme potansiyeli nedeniyle kötü prognoz ile ilişkilendirilmektedir (14).

Apeks Vertebra Seviyesi

Üst torasik eğriliklerin ilerleme ihtimali torakolumbal ve lumbal eğriliklere göre daha düşüktür.(1-2.5°/ Yıl) Fakat 30° üzeri eğrilikler omuz dengesizliği yaratma sebebiyle tedavi edilmelidir (14). Mid-torasik eğrilikler üst torasik eğriliklere göre daha hızlı ilerleme (2-3°/ Yıl) eğiliminde iken torakolomber eğrilikler en hızlı ilerleyen eğriliklerdir.(6-9°/ Yıl) Lumbal bölgede ise eğrilik torakolomber bölgeden daha yavaş ilerlemektedir (5°/ Yıl) (14).

Anomali Tipi

Deformite omurgadaki hemivertebraya ya da kemik bar nedeniyle dengesiz büyüme sonucu oluşmaktadır. Direkt grafide dengesiz büyümeye neden olacak disk aralıkları ve kemik barlar incelenmelidir. Hemivertebrada görülen disk aralıkları büyüme potansiyelini gösterir ve hızlı progresyona işaretler. Tam segmente hemivertebranın alt ve üstünde bulunan disk aralığı nedeniyle deformite ilerlemesi hızlıyken ansegmente hemivertebrada disk aralığı bulunmaması nedeniyle deformite ilerlemesi yavaştır. Kötü prognozdan iyi prognoza doğru anomali tipleri (12);

1. Unilateral ansegmente bar + kontralateral tam segmente hemivertebraya
2. Unilateral ansegmente bar
3. İki ardışık seviye tam segmente hemivertebraya
4. Tam segmente hemivertebraya
5. Semisegmente hemivertebraya

6. Kama vertebra
7. İnkarsere hemivertebra
8. Blok vertebra

Eğrilik Karakteri

Unilateral çift eğriliklerde deformite miktarı fazlayken, kontralateral çift eğriliklerde eğrilik kompanzasyonu nedeniyle deformite miktarı daha azdır. Unilateral barı olan hastalarda deformite ilerlemesi barın seviyesi ve içerdiği vertebra sayısından etkilenmektedir (15). Skolyoz açısı $< 25^\circ$ olan hastalarda eğriliğin ilerleme ihtimali düşüktür (16). Fakat tek başına skolyoz açısının bir belirleyici olmadığı göz önünde bulundurularak hasta düzenli takip edilmelidir.

2.2. Nöromusküler Skolyoz

2.2.1. Genel Bilgiler

Nöromusküler skolyoz (NMS) mevcut nöromusküler hastalık tanısı olan hastalarda ortaya çıkan ve konjenital olmayan omurga deformitesini tanımlamaktadır. Her yaşta ortaya çıkabilmektedir. Özellikle altta yatan tutulumla bağlı olarak skolyoz ilerleme hızları değişkenlik göstermektedir.

2.2.2. Patofizyoloji

Tam olarak mekanizması anlaşılammakla beraber temel sebebin kas ve sinirlerdeki patoloji nedeniyle omurga dengesinin yeterince sağlanamaması olduğu düşünülmektedir. Deformiteye neden olan faktörler arasında asimetrik parapleji, mekanik kuvvetlerdeki dengesizlik, omurganın intraspinal ve konjenital anomalileri, duyuşsal geri bildirim eksikliği ve omurga dengesi üzerindeki santral sinir sistemi kontrolünde bozulma yer almaktadır (17).

Asimetrik parapleji ile giden serebral palsi, myelodisplazi gibi hastalıklarda omurganın sağ ve sol taraflarının farklı tutulumları mevcuttur. Bir tarafta artan kas tonusuna karşılık karşı taraftaki kas gevşemesi sonucu dengesizlik oluşmaktadır. Buna bağlı olarak sagittal ve koronal deformiteler meydana gelmektedir. Mekanik kuvvet dengesizliğine, tek taraflı kalça çıkığı veya kalıcı pelvik oblisite örnek verilebilir. Buna

bağlı asimetric oturmayı dengelemek için omurganın kompensasyonu deformiteye neden olmaktadır (18).

2.2.3. Sınıflandırma

Skolyoz araştırma topluluğu (SRS) nöromusküler skolyozu nöropatik ve miyopatik olarak sınıflandırmaktadır. Bu başlıklar altında çeşitlik hastalıklar bulunmaktadır (Tablo 2.1) (19).

Tablo 2.1. SRS nöromusküler spinal deformite sınıflaması

SRS Nöromusküler Spinal Deformite Sınıflaması

Primer nöropatiler

Üst motor nöron patolojileri

- Serebral palsi
- Spinocerebellar dejenerasyon
 - Friedreich ataksisi
 - Roussy-Levy hastalığı
 - Spinocerebellar ataksi
- Siringomiyeli
- Omurilik tümörü
- Omurilik travması

Alt motor nöron patolojileri

- Poliomyelit
- Diğer viral miyelitler
- Travmatik
- Charcot-Marie-Tooth hastalığı
- Spinal müsküler atrofi
 - Werdnig-Hoffmann hastalığı (SMA tip 1)
 - Kugelberg-Welander hastalığı (SMA tip 2)
- Dysautonomia
 - Riley-Day sendromu
- Kombine üst ve alt patolojiler
 - Amyotrofik lateral skleroz
 - Miyelomeningosel
 - Tethered Kord

Primer miyopatiler

- Kas distrofisi
 - Duchenne kas distrofisi
 - Limb-girdle distrofisi
 - Fasiyoskapulohumeral distrofi
- Artrogripozis
- Konjenital hipotoni
 - Miyotonik distrofi

2.2.4. Doğal Seyir

Skolyozun normal popülasyonda prevalansı 1000’de 4 ile 7 arasındadır. Fakat nöromusküler hastalığı olan popülasyonda skolyoz prevalansı artmıştır. Sıklık etiyojjiye bağılı olarak değışmektedir. Tutulumun derecesine bağılı olarak serebral palsi (CP) tanılı hastaların %20 ila 70’i, Friedreich ataksi tanılı hastaların %60’i, spinal musküler atrofi (SMA) tanılı hastaların %80’i, ailesel disotonomi tanılı hastaların %86’sı, Duchenne musküler distrofi (DMD) tanılı erkeklerin %85 ila 90’ı ve iskelet maturitesiden önce geçirilen travmaya bağılı kuadriplejik veya torasik seviye paraplejili hastaların neredeyse %100 ‘ü etkilenmektedir (17).

Meningomyelose (MMC) gibi nörolojik seviye veren nöromusküler hastalıklarda etkilenim seviyesine göre sıklığı değışkenlik göstermektedir. Sakral fonksiyon seviyesine sahip hastalarda omurga deformitesi prevalansı %5 olup, bu oran L5’te %25’e, L4’te %60’a, L3’te %70’e, L2’de %80’e ve L1 ve sefaladında %90’ın üzerine çıkmaktadır (20,21).

Altı yüz altmış altı serebral palsi tanılı hastayı içeren epidemiyolojik çalışma verilerinin sonucunda 18 yaşına kadar motor fonksiyonları ‘Gross Motor Function Classification System’ (GMFCS) göre 1-2 olan hastalarda skolyoz gelişimi ihmal edilebilecek kadar az iken GMFCS 4-5 olan hastalarda %50’dir. Ortalama skolyoz tanı yaşı 8 olarak bulunmuştur. GMFCS ve yaş risk faktörü iken hastalığın alt tipi (spastik, flask, diplejik vb.) risk faktörü değıldir. Ayrıca nöromusküler skolyozu olan hastalarda iskelet maturitesinden sonra da deformite ilerleyebilmektedir (22). Bu nedenle hastanın iskelet matüritesi sonrasında da skolyoz açısından takip edilmesi önerilmektedir.

2.3. Sendromik Skolyoz

Sendromik skolyoz sistemik bir hastalığa eşlik eden skolyoz olarak tanımlanabilir. Skolyoz bu sistemik hastalığın bir komponentidir. Ehler Danlos sendromu, Marfan sendromu, Down sendromu, Nörofibratozis, Friedrich ataksi, Rett sendromu, akandropplazi vb. Çeşitli etiyojjiilere sahiptir. Amerika kaynaklı 1071 hastanın dahil edildiği bir veritabanı taraması sonucuna göre en sık Marfan sendromun

da (%36.8) görülmekte ve onu sırasıyla Down sendromu (%16) ile Prader Willi sendromu (%14.9) takip etmektedir (23).

İdiopatik etiyojolojiye sahip hastalarla karşılaştırıldığında daha erken başlangıç yaşı, yakın kadın-erkek oranı (%58 vs %42), daha yüksek majör ve minör komplikasyon oranları görülmektedir (23). Sendromlar özelinde komplikasyon oranlarına inceleyen bir meta-analiz çalışmasında Rett sendromunda pulmoner komplikasyonlar (%29.2), Marfan ve Ehler Danlos sendromlarında dural yırtıklar (>%10), Down ve Prader-Willi sendromunda implant ilişkili komplikasyonlar (>%20), Down ve Ehler Danlos sendromlarında psödoartroz (> %25) daha sık görülmektedir (24).

Sendromik skolyozun mevcut sistemik hastalıkları nedeniyle dikkatli tedavi edilmesi gerekmektedir. Farklı sendromların farklı sistemik tutulumları mevcuttur. Bu nedenle cerrahi sırasında ilgili sendroma yönelik tedavi stratejileri ve cerrahi hazırlık yöntemleri akılda bulundurulmalıdır.

2.4. İdiopatik Skolyoz

2.4.1. Genel Bilgiler

İdiopatik skolyoz bir ekartasyon tanısıdır. Skolyoz tanısını alan, altta yatan nörolojik tutulumu, sendromik hastalık öyküsü ve konjenital vertebra anomalisi olmayan hastalarda saptanan skolyozu tanımlamaktadır. Başlangıç yaşına göre infantil (0-3 yaş), jüvenil (4-10 yaş) ve adölesan (11-18 yaş) şeklinde 3 gruba ayrılmaktadır.

2.4.2. Patofizyoloji

Altta yatan patofizyoloji tam olarak aydınlatılamamış olsa da suçlanan çeşitli molekül ve genetik faktörler mevcuttur. Yapılan bir çalışmada idiyopatik skolyoz tanısı olan hastaların 1., 2., 3. derece akrabaları skolyoz açısından araştırılmış, çalışma sonucunda sırasıyla %11.1'inde, %2.4'ünde ve %1.4'ünde skolyoz tespit edilmiştir (25). İkizlerin dahil edildiği bir veritabanı taramasının sonuçlarında 20.938 ikizin 220'sinde skolyoz saptanmış, ikizler monozygot ve dizigot olmasına göre ayrıldığında konkordansın monozygotik ikizlerde dizigotik ikizlere göre daha yüksek olduğu

gösterilmiştir [(0.13 (95%CI 0.05- 0.27) vs sıfır (95%CI 0 – 0.03)] (26). İdiopatik skolyoz hastalarının sıklıkla kadın olması nedeniyle yapılan bir genetik araştırmada ailevi idiyopatik skolyoz tanılı 202 ailenin (1198 birey) genotipi incelenmiş ve araştırma sonucunda bireylerin %15' inde hastalığın X'e bağlı otozomal dominant kalıtıldığını gösteren bir bölge tespit edilmiştir (27).

Genetik faktörler dışında melatonin, kalmodulin, platelet ve retinoik asit gibi moleküler faktörler de mevcuttur. Melatonin üzerine yapılan çalışmalarda pineal bez eksizyonu sonrası tavuklarda skolyoz geliştiği ve melatonin replasmanı yapılırsa skolyoz gelişme oranının %20'ye düştüğü gösterilmiştir (28). Bu hayvan modelinden yola çıkarak yapılan insan çalışmalarında melatonin idrar düzeylerinin AİS ve kontrol grubunda benzer olduğu görülmüştür (29). AİS ve kontrol grubu üzerinde yapılan çalışmada melatonin reseptörleri (hMel-1B, ROR α) incelenmiş, reseptör düzeyinde farklılık gösterilememiştir. AİS tanılı hastaların eğriliklerinin konveks ve konkav taraftaki reseptör sayısını inceleyen bir çalışmada PEF sırasında apeks vertebradan alınan kas örneklerinde konkav taraftaki MT2 reseptörünün daha fazla olduğu tespit edilmiş ve bu farkın deforme edici kuvvete neden olabileceği belirtilmiştir (30).

Kalmodulin; melatoninin ikincil habercisidir. Kas üzerindeki kontraksiyon yolağında görev alan bu molekül skolyoz üzerine araştırılan moleküllerdendir. Kan değeri platelet sayısı üzerinden ölçülen kalmoduli üzerinde yapılan çalışmada AİS progresyonunu ön görmede kullanılabilecek bir molekül olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir (31). Elli beş hastalık seride eğrilik artışıyla kalmodulin artışı arasında korelasyon olduğu görülmüştür. Eğriliği artan hasta grubunda kalmodulin miktarı artarken, eğrilik artışı olmayan, ortez kullanan veya posterior enstrümantasyon uygulanan hastalarda kalmodulin miktarının stabil olduğu görülmüştür (32). Kalmodulin reseptörünün paraspinal kaslardaki dağılımına bakıldığında; AİS tanılı hastalar üzerine yapılan çalışmada dağılımın asimetrik olduğu, konvex tarafta yüksekken konkav tarafta düşük olduğu gösterilmiştir (33).

İdiopatik skolyoz patogenezi hala tam olarak aydınlatılamamıştır. Çalışmalar multifaktoriyel etioloji sonucunda geliştiğini göstermektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte etiyojinin aydınlatılmasına yönelik ileri araştırma ve çalışmalar devam etmektedir.

2.4.3. Epidemiyoloji

İdiopatik skolyoz hastalarında yaş gruplarına göre sıklıklar değişmektedir. Kuzey Amerika'nın sağlık veri tabanında yapılan araştırmaya göre idiyopatik skolyozun alt yaş gruplarına göre toplumda görülme sıklığı infantil grupta 100.000'de 3.9, juvenil grupta 100.000'de 28.6 ve adölesan grupta 100.000'de 393 şeklinde sıralanmaktadır (34). Cinsiyet dağılımı yaş gruplarına göre incelendiğinde; infantil yaş grubunda kadın erkek oranının 2:3, juvenil yaş grubunda ise kadın erkek oranının (1.2-2):1 olduğu tespit edilmiştir. Adölesan yaş grubunda düşük skolyoz açısında (10° civarı) kadın erkek oranı juvenil yaş grubu ile benzer iken skolyoz açısı arttıkça bu oran arttığı görülmüştür. Otuz derece üzerinde ki eğriliklerde kadın erkek oranı 10:1'e kadar yükselmektedir (25,34-36).

2.4.4. Doğal Seyir

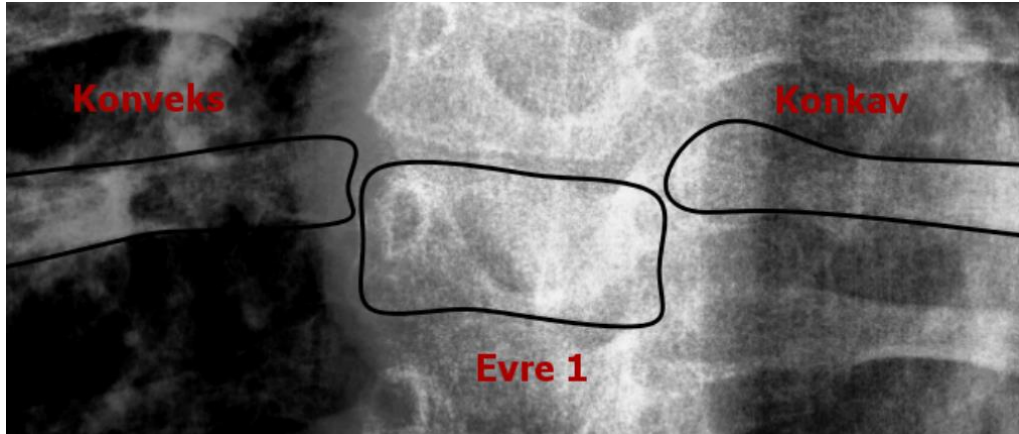
Eğrilik doğal seyri yaş gruplarına göre farklılıklar göstermektedir. İnfantil grupta 1 yaş altı idiyopatik skolyoz tanılı hastaların 1 yıllık takiplerinde %92 oranında spontan iyileşme olduğu gösterilmiş. Bu durumun paketlenmiş bebek sendromu olarak tanımlanan bebeğin anne karnındaki pozisyonu nedeniyle geliştiği savunulmaktadır (37). Fakat Scott ve ark. çalışmasında infantil idiyopatik skolyoz tanılı hastalarda yıllık ilerleme miktarı 5° olarak bulunmuş. Ayrıca tanı anında skolyoz açısı 30° üzerinde olan hastaların eğriliklerinin 100°'e kadar ilerleyebileceği gösterilmiştir (38).

İnfantil skolyoz hastalarında eğriliklerin bazılarının ilerlediği bazılarının da kendiliğinden iyileştiği görülmüştür. Bu eğriliklerin ayrımını yapabilmek için Mehta ve ark. 1972 yılında kosta-vertebra açısını tanımlamıştır.

Kosta-Vertebra Açı Farkı (RVAD)

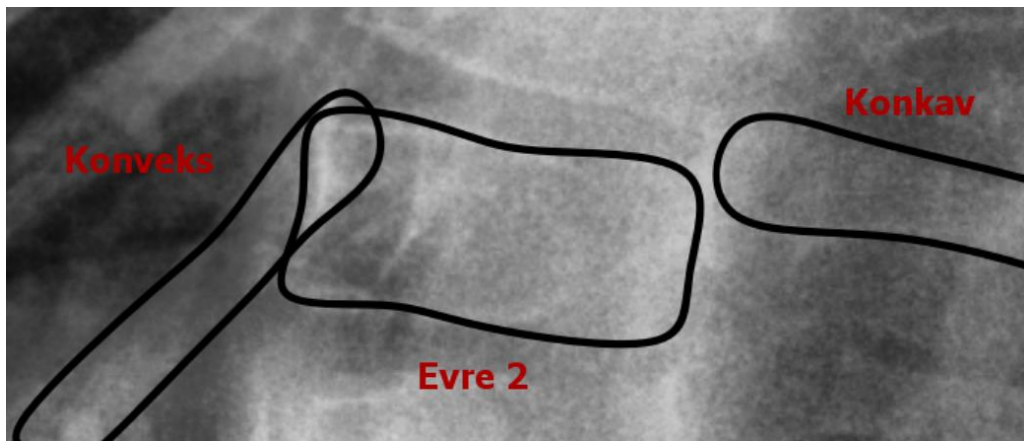
RVAD, torakal eğriliğin apikal vertebra seviyesinde konkav ve konveks tarafının kosta ile yaptığı açının farkıdır. İki evre tanımlanmıştır.

Evre 1: Direkt grafide eğriliğin apeksindeki omurganın konveks tarafının üst köşesi ile kosta başı temas etmemektedir. Eğriliğin erken dönemini temsil etmektedir (Şekil 2.3).



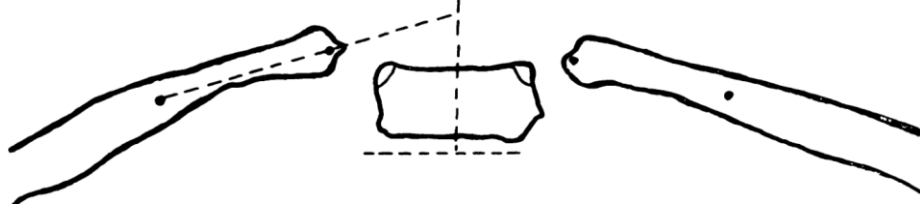
Şekil 2.3. Evre 1; Konveks taraf ile omurganın üst köşesi temas etmemektedir.

Evre 2: Konveks taraf ile omurganın üst köşesi temas halindedir. İlerleyici skolyozun bir sonraki evresidir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Evre 2; Konveks taraf ile omurganın üst köşesi temas halindedir.

RVAD ölçümü için apeks vertebranın üst ve alt end plate'nin orta noktası belirlenip alt endplate'e dik olacak şekilde birleştirilir. Ardından kosta başının ve boynunun orta noktaları belirlenip bir çizgi ile birleştirilir. Bu iki çizgi arasındaki açı konveks ve konkav taraflarda ölçülür. İkisinin farkı kosto-vertebral açığı verir (Şekil 2.5) (39).



Şekil 2.5. Kosta-Vertebral açı farkı ölçüm yöntemi

RVAD başvuru anında 20° altındaysa veya 3 ay sonraki kontrol grafisinde eğrilik artsa bile RVAD azalmışsa skolyozun kendiliğinden düzeleceği belirtilmiş. RVAD'ın 20° veya daha fazla olması, 3. ay kontrolünde RVAD'ın aynı ya da daha fazla ölçülmesi ve kontroller arasındaki süreçte faz 1'den faz 2'ye geçiş olması ilerleyici skolyoz olarak tanımlanmıştır (39).

Doğal seyir üzerine 13 makalenin dahil edildiği meta-analiz çalışmasında infantil yaş grubunun rastgele havuzlanmış tahmini ilerleme oranının %49, juvenil - AİS yaş grubunun %49, sadece AİS yaş grubunun %42 olduğu gösterilmiştir (40). Tedavisiz izlemde infantil ve juvenil skolyoz hastaları adölesan hasta grubuna göre daha yüksek mortalite riski taşımaktadırlar ve artmış mortalite oranları bulunmaktadır. AİS hasta grubunda 80° ve üzerinde ki torakal apeksli eğrilikler akciğer semptomları ile ilişkilidir (41). Yetmiş derece üzeri olarak tanımlanan ciddi skolyozun infantil grupta daha fazla görüldüğü saptanmıştır. (İnfantil grup %86 / Juvenil grup %69 / Adölesan grup %46) Mortalite sıklıkla respiratuvar ve kardiyolojik nedenlere bağlı gerçekleşmektedir. Bu durum restriktif akciğer hastalığı, kardiyovasküler komplikasyonlar ve solunum yetmezliğine yol açarak torasik hacmi azaltan yapısal değişikliklerle açıklanmaktadır (42). Buna karşılık AİS grubu 50 yıllık takipte yüksek düzeyde işlevsellik ve verimliliğe sahiptir (41). Sonuç olarak, erken başlangıçlı skolyozun kardiyopulmoner fonksiyon üzerindeki negatif etkisini anlamak için akciğer, omurga ve toraks gelişimi arasındaki ilişkinin anlaşılması gerekmektedir.

Akciğer Gelişimi

Doğumdan erişkinliğe kadar toraks ve akciğer gelişiminin devam etmektedir. Bu süreçte akciğerdeki alveol sayısı yaklaşık 6 katına çıkmaktadır. Fakat alveol-kapiller yüzey alanı, alveoler septasyon, kapiller artışı ile kompleks yapılar oluşturarak 10 katına çıkmaktadır. İlk 8 yaş içerisinde alveol sayısının ekspansiyonel şekilde arttığı, 8 yaş sonrasında ise mevcut alveollerin hacminde lineer artış olduğu gösterilmiştir (43). Erken yaşlardaki toraks gelişiminin ileri dönemdeki alveol sayısı üzerindeki önemi anlaşılmıştır.

Toraks gelişimi ile oturma yüksekliği yakından ilişkilidir. İleri düzey deformitesi olan hastalarda toraks yüksekliğindeki azalma sonucu oturma yüksekliği de azalmaktadır. Oturma yüksekliğinin %60 'ı T1-S1 seviyesinden, %40'ı ise pelvis ve baş-boyundan oluşmaktadır. Oturma yüksekliği doğumda ortalama 27 cm'dir. 0-5 yaş arasında yaklaşık 12 cm, 5-10 yaş arasında 2.5cm /yıl, ergenlik döneminde de yaklaşık 12 cm uzama görülmektedir. Ergenlik dönemindeki uzamanın %60 ' hızlı uzama piki' ya da akselerasyon fazında görülmektedir. %40'ı ise geriye kalan deselerasyon fazında görülür. T1-T12 yüksekliği oturma yüksekliğinin %30'una denk gelmektedir. 0-5 yaş arası 1.3 cm/yıl, 5-10 yaş arası 0.7 cm/yıl ve ergenlik döneminde 1.1 cm/yıl uzamaktadır (44).

Toraks - Akciğer İlişkisi

Toraks, akciğer gelişimi ve vertebra gelişimi arasındaki ilişki anlaşıldıkça erken başlangıçlı skolyozun etkileri daha net ortaya koyulmuştur. Campbell ve ark. toraksın akciğer büyümesi veya solunumu destekleyememesi durumunu torasik yetmezlik sendromu olarak tanımlamışlardır (45). Tedavisiz takip edilen ilerleyici erken başlangıçlı skolyoz hastalarında normal popülasyona göre nihai oturma ve omurga yüksekliği kısa olduğu için genellikle respiratuar sistem yetmezliği görülmektedir. Tedavisiz ilerleyici EOS grubunda AİS grubuna göre %15 daha fazla vital kapasite kaybı yaşanmaktadır (46). EOS doğal seyrinde gelişebileceği gibi tedavi amaçlı T1-T12 seviyelerine cerrahi sırasında füzyon yapılması da toraks gelişimini kısıtlaması nedeniyle restriktif akciğer hastalığına neden olabilir. Karol ve ark. yaptığı çalışmayla T1-T12 yüksekliği 18-22 cm altındaki hasta grubunda restriktif akciğer

hastalığının daha yüksek oranda görüldüğü saptanmıştır. Bu durumdan korunmak için füzyon hastaları belirlenirken T1-T12 mesafesinin 22 cm'den uzun seçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca spinal füzyon cerrahisinin toraksın uzunluğunu ve derinliğini azalttığı gösterilmiştir, sekiz yaş öncesi torasik vertebranın %60'ı veya 8 torasik vertebrada füzyon yapılması halinde zorlu vital kapasitenin %50'den fazla azalacağı belirtilmiş (46,47).

2.5. Klinik Muayene

2.5.1. Öykü

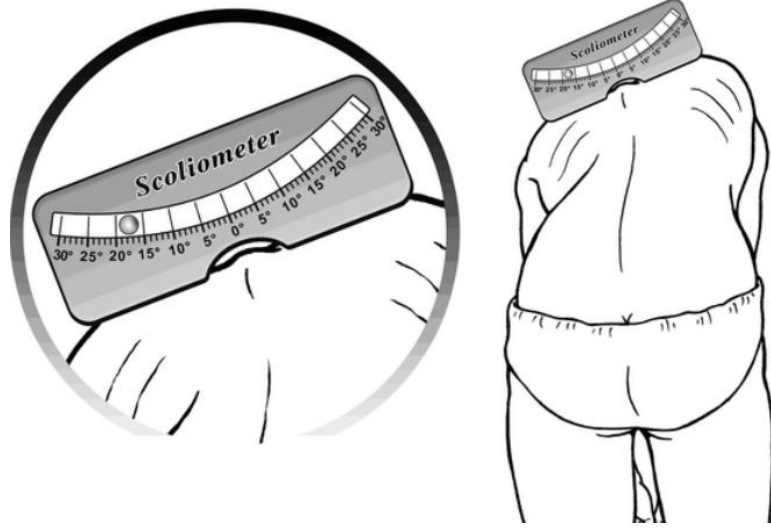
Spinal deformite şüphesi olan hastanın değerlendirilmesine ayrıntılı bir öykü ve fizik muayene ile başlanmalıdır. Birinci ve 2. derece akraba, sendromlar, skolyoz, myelopati, nöropati açısından sorgulanmalıdır. Doğum öyküsündeki makat geliş, plaqiosefali ve düşük doğum ağırlığı ile hastalığın ilişkili olduğu gösterilmiştir (48).

2.5.2. İnspeksiyon

Fizik muayene inspeksiyonla başlamalıdır. Hastanın kıyafetleri çıkartılmalı muayeneye iç çamaşırı ile devam edilmelidir. Hastanın cilt lezyonları nörofibromatozisi düşündürecek sütlü kahverengi lekeler (cafe au lait), aksiller çillenme, inguinal çillenme ve spinal disrafizmi düşündürecek lomber bölgede kıllanma artışı açısından değerlendirilmelidir. Göğüs deformitesi, gövde asimetrisi, omuz dengesizliği, oturma dengesizliği, pelvik oblisite açısından incelenmelidir.

2.5.3. Fizik Muayene

Skolyozun neden olduğu aksiyel rotasyonu değerlendirmek için 'Adam'ın öne eğilme testi' kullanılabilir. Hasta iki ayak üzerinde dik durumdayken ellerini orta hatta birleştirerek omuzları yere paralel olana kadar eğilir. Bu sırada doktor hastanın arkasında durup kaburgaların simetrisini kontrol eder. Skolyometre aracılığıyla kaburgalar arası asimetriyi ölçüp, not eder (Şekil 2.1) (49). Skolyometre 10° üzerindeki eğrilikleri tespit etmede %90 sensitif, %79 spesifik bulunmuştur (50). Bu oran lomber vertebralarda daha düşüktür (51). Alt ekstremitte uzunlukları ve yürüme paterni yapısal olmayan sekonder eğrilikler açısından değerlendirilmelidir.



Şekil 2. 6. Adam'ın öne eğilme testi ve skolyometre kullanımı (49)

2.5.4. Sistemik Muayene

Skolyoz ile ilişkili olan nörolojik, kardiyolojik, ürogenital, gastrointestinal sistemler değerlendirilmelidir.

Nörolojik Muayene

Refleksler, motor muayene ve duyu muayenesini içeren ayrıntılı nörolojik muayene uygulanmalı, hiperaktif refleks, tek taraflı yüzeysel abdominal refleks, kas atrofisi, motor güçsüzlük, duyu kaybı gibi patolojik bulgular not edilmelidir. Yüzeysel abdominal refleks kaybı tek başına syringomyelinin bulgusu olabilir (52).

Kardiyolojik Muayene

Kardiyak açıdan konjenital skolyoz tanılı hastalarda en sık ventiküler septal defekt (VSD) olmak üzere, atriyal septal defekt, patent duktus arteriozus, Fallot tetralojisi ve dekstrokardeyi içeren konjenital kalp hastalığı oranı %7-26'dır. VSD ile konjenital kifoz arasında yüksek ilişki saptamıştır. Bu nedenle konjenital kifozu olan hastalarda rutin ekokardiyografi çekilmelidir (53–55). İdiopatik skolyoz tanılı hastalarda ise normal popülasyona göre 4 kat fazla mitral valv prolapsusu görülebilmektedir (56). Konjenital kalp hastalığı olan çocuklarda efor dispnesi, çabuk

yorulma, morarma ve senkop görülebilir. Kardiyak dinleme sırasında üfürüm duyulabilir.

Ürogenital Muayene

Ürogenital açıdan konjenital skolyoz tanılı hastaların %18-22 'sinde renal hipoplazi, at nalı böbrek, inmemiş testis, ürogenital defekt ve hipospadias görülebilmektedir (55). Bu hastalıkların asemptomatik olabileceği gibi tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonları, obstrüksiyon, hipertansiyon, proteinüri, böbrek yetmezliğine ilerleyebilecek ciddi hastalıklara yol açabileceği akılda bulundurulmalıdır.

Solunum Sistemi

İleri skolyozu olan hastalarda gelişen torasik yetmezlik sendromunun muayenesini için 'Baş parmak hareket' testi kullanılabilir. Hastanın iki hemitoraksı aksiller çizgi anteriorundan başlanarak baş parmaklar medialde spinöz çıkıntıya eşit uzaklıkta olacak şekilde kavranır. Hastadan derin nefes alması istenip baş parmak hareket genişliğine bakılır. Başparmak laterale hareket ettikçe 0.5 cm'lik hareket derecelendirilir (45).

Gastrointestinal Sistem

Gastrointestinal açıdan konjenital skolyoz tanılı hastalarda imperfore anüs, inguinal herni, özofagial atrezi, situs inversus, transözofagial fistül ve yarı damak dudak bulunabilir (55). Fizik muayenenin mevcut skolyoz etiyojisine eşlik eden durumların ve etki ettiği sistemlerin bilinerek yapılması olası eksik tanıların önüne geçerek erken müdahaleye olanak sağlayacaktır.

2.6. Görüntüleme

2.6.1. Direkt Grafi

Direkt Grafi Çekim Teknikleri

Direkt grafi omurga eğriliklerinin tanı ve rutin kontrollerinde kullanılan ilk basamak görüntüleme aracıdır. İyonize radyasyon ile görüntü elde edilir. Bu nedenle

gereksiz kullanımından kaçınılmalıdır. AİS hastaları takip edildiğinde meme ve endometrium kanserlerinde normal popülasyona göre riskin 4.8 kat arttığı görülmüştür (57). Röntgen çekimi sırasında uygun gonad, meme ve tiroid koruyucuları kullanılması ve radyasyon maruziyetinin azaltılması önerilmektedir

Direkt grafinin çekim standartları bulunmaktadır ve rutin kontrollerde posteroanterior ve lateral grafi yeterlidir. İdeal pozisyonu hasta ayakta, omuzları 90° fleksiyonda, elleri omuzlarında olacak şekilde, tüm omurgayı, pelvisi ve kalça eklemine içerecek şekilde olmalıdır. Tüm omurganın değerlendirilebilmesi için büyük kaset (90 cm) kullanılmalıdır. Nöromusküler hastalığı olan veya ayakta duramayan hastalarda grafi oturur pozisyonda çekilmelidir. Meme ve tiroid dokusunun radyasyon maruziyetini azaltmak için antero-posterior (AP) yerine postero-anterior (PA) grafi çekilmesi önerilmektedir. AP ve PA grafi arasında eğrilik büyüklükleri arasında belirgin bir fark gösterilememiştir (58).

Preoperatif planlama için eğriliklerin esnekliğini değerlendirirken sağa, sola eğilme, destekli eğilme grafi ve traksiyon grafi kullanılır.

Direkt Grafi Ölçümleri

AP ve lateral direkt grafide eğriliği değerlendirmek için çeşitli ölçümler ve tanımlar mevcuttur.

Santral sakral çizgi: Sakrumun ortasından geçen vertikal çizgidir.

Apikal vertebra: Koronal düzlemde vertikal akstan en uzak ve rotasyonu en fazla olan vertebradır.

Apikal disk: Vertikal akstan en uzak olan diskidir.

Nötral vertebra: Eğriliğin kranial ve kaudalinde rotasyonun olmadığı ilk vertebralardır.

Stabil vertebra: Santral sakral çizginin ortasından kestiği vertebradır.

End vertebra: Eğrilikte konkavitenin konveksiteye döndüğü vertebradır. Kranialdeki üst end vertebra, kaudaldeki alt end vertebradır.

Pelvik eğim: Pelvisin horizontal düzlemle yaptığı açıdır.

Rotasyon: Vertebranın aksiyel planda açılanmasıdır.

Koronal planda eğriliğin büyüklüğü Cobb yöntemi ile değerlendirilir (59). Cobb yönteminde apikal vertebradan kranial ve kaudale doğru ilerlerken konkavitenin konveksiteye döndüğü end vertebralar belirlenir. Ardından üst end vertebranın üst end plate'i ile alt end vertebranın alt end plate'ine paralel çizilen doğruların arasındaki açı ölçülür. Bu açı genelde grafi dışında oluşur. Bu nedenle bu doğrulara dik çizilerek bu dikmelerin kesişimi arasındaki dar açı ölçülür. Bu dar açı geometrik olarak cobb açısına eşittir.

Cobb açısı ölçümünde AP ve PA ölçümler arasında 2.4° farklılık saptanmıştır (58). Gözlemci içi ve gözlemciler arası ölçüm farklılıkları açısından değerlendirildiğinde asetat kağıtlar üzerinde yapılan ölçümlerde sırasıyla 2° ve 3.2° olarak değerlendirilmiştir. Dijital ölçümlerde cobb açısı ölçümünde, end vertebra tanımlanması açısından deneyimli ve deneyimsiz doktorların sonuçları benzer bulunmuştur (60,61). Cobb açısı ölçüm yöntemi güvenli ve tekrarlanabilir bir yöntemdir. İki takip arasında cobb açısının da 5° üzerinde artmış olması hastalığın ilerlemesi olarak değerlendirilmektedir (62).

Koronal ve sagittal düzlemdeki deformite aksiyel düzlem üzerine de etki edip deforme edici kuvvet oluşturmaktadır. Bunun sonucunda apikal vertebrada en yüksek oranda olmak üzere vertebralarda rotasyon oluşmaktadır. Vertebranın pedikül pozisyonlarını değerlendirerek aksiyel düzlemdeki rotasyonunun belirlenmesi için Nash Moe (63), Pedriolle (64), Drerup (65) ve Raimondi (66) yöntemleri kullanılabilir. Nash Moe yönteminde; vertebra korpusu endplate'lere dik olacak 5 çizgi ile 6 eşit parçaya bölünür. Normal vertebrada pedikül gölgelerinin dış kadranda olması beklenmektedir. Rotasyon arttıkça 1 pedikül orta hatta yaklaşırken diğer pedikül yok olmaktadır. Nash Moe evresi arttıkça rotasyon miktarı da artar ve bunun sonucunda deformitede ilerleme görülür.

Serbest eğilme grafileri, destek noktasından eğilme grafileri, traksiyon filmi ve anestezi altında traksiyon filmi preoperatif planlama için kullanılmaktadır. Eğilme filmi, hasta ayakta dik pozisyonda dururken tek düzlemde sağa ve sola eğilme hareketi sırasında çekilmektedir. Eğriliğin esnekliğini belirlemek için kullanılmaktadır. Dayanak noktası üzerinden eğilme grafilinde daha yüksek düzeltme oranları elde edilmektedir (67). Spinal esnekliği değerlendirebilmek için eğriliğin yeri ve büyüklüğü önemlidir. Altmış beş derece ve üzeri eğriliklerde traksiyon filmi, altındaki torakal eğriliklerde dayanak üzerinden eğilme filmi, torakolomber bileşke ve lomber eğriliklerde ise supin eğilme filmleri eğriliğin esnekliğini daha iyi değerlendirmektedir (68).

Sagittal planda fizyolojik olarak servikal lordoz, torasik kifoz ve lumbal lordoz bulunmaktadır. Eğriliklerin büyüklükleri Cobb yöntemi ile ölçülmektedir. Torasik kifoz T2-T12, bölgesel torasik kifoz T2-T5, T5-T12, T10-L2, lumbal lordoz ise L1-S1 arasından ölçülmektedir. Torasik kifozun kraniale yakın ölçümlerinde güvenilirliği ve tekrar edilebilirliği kısıtlıdır. Kranial vertebraların omuz kuşağı ile superpoze olması nedeniyle vertebra endplateleri yeterince seçilememektedir (69,70).

Beklenen büyüme miktarını ön görmek tedavi sürecinde önemlidir. Hızlı büyüme atağı (Peak high velocity) döneminde eğrilik ilerlemesi hızlandığı için bu zamanı ön görebilmek prognozu belirlemek açısından önemlidir (71). Hızlı büyüme atağını ve iskelet maturitesini belirleyebilmek için çeşitli yöntemler tanımlanmıştır.

Hızlı büyüme atağını öngörmek için direkt grafide sekonder ossifikasyon merkezlerinin durumunu değerlendiren sınıflandırma sistemleri tanımlanmıştır. Bunun için Risser yönteminde iliyak apofizin kemikleşme durumuna göre 6 evre (Evre 0-5) tanımlanmıştır (72). El ve el bileği kemiklerinin sekonder ossifikasyon merkezlerinin kemikleşme durumuna göre Sanders evreleri tanımlanmıştır (73). Sanders evresinin Risser evresine göre hızlı büyüme atağını tahmin etmede daha üstün olduğu gösterilmiştir. Ayrıca gözlemciler arası ve gözlem içi yüksek tutarlılığa sahiptir. Fakat alt başlıklarıyla beraber Risser'e göre daha karışıktır (74,75).

2.6.2. Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi (BT) özellikle konjenital skolyoz açısından önemlidir. Konjenital skolyozda görülen formasyon ve segmentasyon anomalisinin tespitinde, 3 boyutlu rekonstrüksiyon ile deformitenin anlaşılmasında kolaylık sağlamaktadır. Cerrahi planlamada pedikül defektlerini gösterme açısından avantajlıdır. Aaro-Dahlborn yöntemi ile apikal vertebra rotasyonu ölçülebilmektedir (76). Post-op dönemde cerrahi alanın, füzyonun ve implant ilişkili komplikasyonların değerlendirilmesinde kullanılabilir. Fakat iyonize radyasyon temelli bir yöntem olması nedeniyle endikasyonlarını iyi belirlemek ve kar-zarar dengesini göz önünde bulundurmaya gerekmektedir.

2.6.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) iyonize radyasyon kullanmadan yumuşak dokunun ayrıntılı olarak görüntülenmesini sağlar. Maliyeti diğer yöntemlere göre yüksektir. Çekim süresinin uzun olması nedeniyle küçük çocuklarda sedasyon ve anestezi gerektirebilir. Ulaşılabilirliği kısıtlıdır. Siringomiyeli, tethered kord, Chiari malformasyonu, diskopati gibi yumuşak doku kaynaklı patolojileri göstermede kullanılır. İdiopatik skolyoz tanılı hastaların %8-24 'ünde intra-spinal patoloji saptanmaktadır (77-79). Atipik eğriliklerle (Erkek cinsiyet, apeksi sol torakal veya sağ lumbal seviye) ile intraspinal patolojilerin yakından ilişkili olduğu gösterilmiştir (80).

2.7. Cerrahi Sınıflandırma

Konjenital skolyoz sınıflamasından önceki bölümlerde ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Bu bölümde adölesan idiyopatik skolyoz hastalarında cerrahi kararı etkileyecek sınıflamalardan bahsedilecektir.

Cerrahi sırasında fazla segmentte füzyon yapılması, omurga biyomekaniğini bozup hareket kısıtlılığına neden olmaktadır. Olması gerekenden az segment seçilmesi ise eğriliğin tekrarlaması ve implant yetmezliğine yol açabilmektedir. Bu nedenle amaç eğriliği düzeltip dengeli bir omurga oluşturacak ideal seviyeyi içine alacak şekilde posterior enstrümantasyon ve füzyon yapmaktır.

2.7.1. King-Moe Sınıflaması

1984 yılında King-Moe ve ark.'nın tanımladıkları sınıflamadaki amaç posterior enstrümantasyon ve füzyon seviyelerini belirlemektir (81). İlk olarak Harrington'ın stabil alanı tanımlanmıştır fakat bunun bir aralık olması nedeniyle yeterli kesinlik bulunmamaktadır. Bunu tek çizgi haline getirmek için 'Santral Sakral Çizgi' (İliyak krestlere paralel çizgiye dik olacak şekilde sakrumun ortasından geçen çizgi) tanımlanmış, santral sakral çizginin tam ortadan ikiye ayırdığı (tam ortadan yoksa en yakını) vertebraya 'Stabil Vertebra' ismini vermişlerdir. Eğilme grafilinde torakal eğriliğin düzelme yüzdesi ile lomber bölge eğriliğin düzelme yüzdesi farkı 'Fleksibilite İndeksi' olarak tanımlanmıştır. Ardından eğrilik tipi, esneklik indeksi ve stabil vertebraya göre 5 alt tip tanımlanıp füzyon seviyelerine yönelik tedavi önerileri verilmiştir. Bu yöntemin avantajlarının yanı sıra yetersizlikleri de mevcuttur. Sınıflama torakolomber seviyedeki, tek lomber, çift majör ve üçlü eğrilikleri tanımlamamaktadır ve sagittal dizilim ile ilgili bir düzenleme bulunmamaktadır. Ayrıca gözlem içi ve gözlemciler arası tutarlılığı da zayıf bulunmuştur (82).

2.7.2. Lenke Sınıflaması

Bu eksikliklere yönelik 2001 yılında Lenke ve ark tarafında yeni bir sınıflama tanımlanmıştır (83). Sınıflama eğrilik tipi, lumbal vertebranın durumu, sagittal durumu içeren 3 başlıktan oluşmaktadır.

Eğriliğin yapısal olup olmamasına, büyüklüğüne ve yerleşimine göre 6 alt tip tanımlanmıştır. Yana eğilme grafilinde eğriliğin cobb açısının 25° üzerinde ve/veya eğriliğin seviyesine göre yan grafide T2-T5 arası, T10-L2 arası kifoza açısının 20° üzerinde olması yapısal eğrilik olarak tanımlanmıştır. En büyük eğrilik majör olarak isimlendirilirken her zaman yapısal eğrilik özelliklerini taşımaktadır. Diğer eğrilikler ise minör eğrilik olarak isimlendirilir. Eğrilikler majör, minör ve yapısal olmalarına göre isimlendirilmektedir.

Lomber vertebraların santral sakral çizgiyle olan ilişkisine göre 3 durum (A, B, C) tanımlanmıştır. Santral sakral çizgi stabil vertebrayı ortadan ikiye bölüyorsa A,

ortadan bölmüyor ama değiyorsa B, temas etmiyorsa C olarak isimlendirilmektedir. C tipinde kesinlikle lomber bir eğrilik bulunmaktadır.

Sagittal düzenleyici için ayakta yan çekilen skolyoz grafisinde T5 vertebra superior end plate'i ile T12 vertebra alt end plate'i arasından Cobb tekniği ile kifoz açısı ölçülür. Normal popülasyondaki kifoz açısı 10°-40° arasında belirlenmiştir. On derece altındaki değerler hipokifoz (-), 40° üzerindeki hiperkifoz (+), arasındakiler ise normal (N) olarak tanımlanmıştır.

Sonuçta hastanın ön ark, yan, lateral eğilme grafileri çekildikten sonra hastanın Lenke sınıfı, eğrilik tipi, lomber vertebra durumu, torasik sagittal düzenleyici) parametreleriyle ifade edilir. Hastanın sınıfına göre füzyon seviyeleri belirlenir. Validasyon çalışmalarında Lenke sınıflamasının gözlemciler arası tutarlılığının mükemmel olduğu gösterilmiştir (83).

2.8. Tedavi Seçenekleri

Erken başlangıçlı skolyozda erken cerrahi ile sağlanan füzyonun kısa ve düz bir omurga elde ederek ilerleyici eğriliklerde ilerlemeyi durdurduğu gösterilmiştir. Fakat sonraki takiplerde ciddi akciğer problemleri ile torasik yetmezlik sendromu gelişmesi sebebiyle erken füzyondan olabildiğince kaçınıp hastanın yeterli büyüme ve toraks uzunluğuna ulaştığı, 8-10 yaş sonrası füzyon ameliyatlarına eğilim artmıştır (46,47). Hastanın eğriliğinin ilerleyişini yavaşlatacak konservatif ve cerrahi tedavi seçenekleri tanımlanmıştır.

Konservatif tedavide ilerleyişi yavaşlatmak için korse ve seri gövde açılması kullanılabilir.

Cerrahi tedaviler ise distraksiyon temelli, kompresyon temelli ve büyüme yönlendirici tedaviler olarak 3 gruba ayrılmıştır (84).

Distraksiyon temelli sistemler deformitenin kraniyal ve kaudaline yerleştirilen ankorlar yardımıyla konkav taraftan uygulanan distraksiyon gücü ile deformiteyi düzeltmeyi amaçlar. Geleneksel büyüyen rod (TGR), manyetik kontrollü büyüyen rod

(MGR) ve kostadan dikey genişleyen titanyum sistem (VEPTR) bu tedavi yöntemleri arasındadır.

Kompresyon temelli sistemlerde fizis üzerindeki kompresif güçler, büyümede azalma, distraktif güçler ise büyümede artma olarak tanımlanan Hueter- Volkmann kanununa göre çalışırlar (85). Deformitenin konveks tarafından uygulanan güç ile vertebralardaki büyüme plağı üzerinde inhibisyona neden olarak deformitenin büyüme sürecinde düzeltilmesi amaçlanmaktadır. Vertebra gövde zımbası (VBS) ve vertebra gövde gergi bandı (VBT) kompresif tedavilerdendir.

Büyüme yönlendirici sistemler, birden fazla seviyede omurganın (genelde apikal vertebra dahil edilir) metal çubuk ile kraniyal ve kaudale yerleştirilen ankorlar üzerinden kaymasına izin veren bir sistem ile sabitlenmektedir. Büyüme sürecinde ankorların düzeltici etkisi ile eğriliğin düzeltilmesi amaçlanmaktadır. ‘Luque Trolley’ ve Shilla sistemleri büyüme yönlendirici sistemlere örnektir.

2.9. Konservatif Tedavi

2.9.1. Gövde Alçısı

Skolyoz için gövde alçısı ilk olarak 1893 yılında Bradford ve ark. tarafından kullanılmıştır. Traksiyon altında eksternal mekanik kuvvetler yardımıyla eğrilik düzeltilip hastaya mevcut pozisyonda alçı ceket uygulanmaktadır (86). Bradford ve ark. yayımından sonra uzun süre uygulanmayan tedavinin Mehta ve ark. tarafından popülerliği tekrar kazandırılmıştır.

Bu yöntemde ilk olarak hasta genel anestezi altında ‘Cotrel Masası’ na alınır. Hasta yumuşak sargı bezi yardımıyla pelvis ve boyun bölgesinden sabitlenir. Hastanın skolyozu traksiyon, derotasyon ve apeks lateralinden künt şekilde güç uygulanarak düzeltilir. Hasta elonge, derote ve fleksiyon pozisyonundayken 2 kat sitokinet çorap üzerinden basınç noktaları desteklenerek gövde alçısı uygulanır. Alçı kosta kamburu düzleşecek şekilde şekillendirilip dondurulduktan sonra, akciğer kompliyansı için karın ve eğriliğin konkav tarafına pencere açılır. Alçının cilt irritasyonu yaratacak bölgeleri pamuk yardımıyla desteklenir. 2 yaşından küçük çocuklarda hızlı büyüme nedeniyle 8-10 haftada bir, daha büyük çocuklarda 12-16 haftada bir alçı değiştirilir

(87). Bu metotla deformitenin 3 boyutlu olarak düzeltilmesi amaçlanmaktadır. Mehta ve ark.'nın ilerleyici tipte idiopatik etiyolojiye sahip hastaları dahil ettiği prospektif çalışmada seri alçılama ile 94 hastada %100 düzeltme, 2 yaş üzerindeki hastalarda ise tam düzeltme elde edilemese de ilerleyişin yavaşlatıldığı belirtilmiştir (87). Non-idiopatik hasta grubunda idiopatik hasta grubunda ki kadar başarılı düzeltme elde edememektedir fakat cerrahiye olan süreyi geciktirme açısından uygulanabilir bir seçenektir (88,89).

2.9.2. Ortez Tedavisi

Ortez tedavisi adölesan idiopatik grupta skolyoz açısı 25-40° arasında olan hastalara önerilmiş ve konservatif tedaviye karşı etkinliği gösterilmiştir (90). Fakat erken başlangıçlı skolyoz hastalarında ortezin seri alçılmaya karşı üstünlüğü ve tedavi başarısı net değildir.

Literatürde ortez olarak torakolumbosakral ortez, Boston ortezi, Milwaukee ortezi ve Charleston ortezi üzerine çalışmalar ve farklı başarı oranları mevcuttur (91–95). Yeni teknolojilerin ortez yapımında kullanılması ile uyum ve başarı oranları artmıştır. Thometz ve ark. tarafından bilgisayar destekli hazırlanan ve şekillendirilmesi yapılan ortezlerde esnek eğriliklerde %81 başarı elde edilirken, rijid eğriliklerde %40 düzeltme elde edildiği gösterilmiştir (96).

Juvenil ve infanil idiopatik skolyoz üzerine ayrıca torasik, torakolomber ve lomber eğriliklerde de etkin olduğu gösterilmiştir (93). Ortez kullanımında doğru endikasyon, yakın takip, düzenli kullanım ile cerrahi gereksinimi olan hasta grubunda cerrahi süreyi ileriye taşıyabilmek mümkündür.

2.10. Cerrahi Tedavi

2.10.1. Distraksiyon Temelli Tedaviler

Geleneksel Büyüyen Rod

Geleneksel büyüyen rod tedavisi (TGR) erken başlangıçlı skolyozda distraksiyon temelli tedaviler arasında en popüleridir (97). Tedavideki amaç omurga büyümesine izin verirken eğriliği düzeltmektir.

Büyüyen rod tedavisi ilk olarak 1962 yılında Harrington ve ark. tarafından tanımlanmıştır. Kostalara yerleştirilen kancalar yardımıyla tekrarlayan ameliyatlarda distraksiyon uygulanarak deformitenin düzeltilmesi amaçlanmıştır (98). Harrington tedavisinde, vertebra periostunun hasarlanması sonucunda kemikte otofüzyon geliştiği için yeterli başarı elde edilememektedir.

Bu durumun önüne geçebilmek için Moe ve ark. tarafından tanımlanan teknikte rod subkütan olarak yerleştirilmektedir (99). Bu değişikliğe rağmen tek rod ile yapılan uzatmanın deformitenin frontal ve sagittal komponentlerini düzeltirken rotasyonunu kötüleştirdiği ve deformite kontrolünde yetersiz olduğu görülmüştür. Ayrıca bu teknik otofüzyon, krank mili fenomeni gibi ek komplikasyonlara neden olmaktadır (100).

Tek rod ile uzatmanın düşük yararı ve yüksek komplikasyon riski nedeniyle Akbarnia ve ark. tarafından 2005 yılında çift büyüyen rod tekniği tanımlanmıştır (101). Kranyial ve kaudale yerleştirilen ankorlar yardımıyla büyüyen tek rod yerine 2 adet büyüyen rod subkütan olarak yerleştirip altı ayda bir tekrarlayan uzatma işlemleri uygulanmaktadır. Daha sık uzatma uygulanan hastalarda skolyoz düzelme yüzdesinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir (%79 vs. %48, $P = 0.007$) (102).

Sankar ve ark. tekrarlayan uzatmalarda uzatma sayısı arttıkça uzama miktarının azaldığını göstermiştir ve bunu “azalan verim kanunu” (law of diminishing return) ile açıklamıştır. Mobil bir omurga rijit bir rod ile uzun süre hareketsiz kalması ve buna bağlı uzama potansiyeli azalarak cihazdan maksimum verimi almayı engeller (103). Cahill ve ark. ikili büyüyen rod tedavisinde %89 otofüzyon olduğu gösterdi (104).

Tedavi sonlanması mezuniyet olarak isimlendirilmektedir. Mezuniyet implantların çıkartılıp, posterior enstrümantasyon ve füzyon (PEF) yapılması, implantlar çıkartılıp in situ rodler değiştirilip füzyon yapılması, rodler olduğu gibi bırakılıp uzatma işlemi yapılmayarak sonlandırılabilir. Bunlardan en popüler olanı implantların çıkartılıp posterior enstrümantasyon ve füzyon işlemi uygulanmasıdır. Deformitenin yeterice düzeltilemediği durumda osteotomi yapılabilmektedir (105). Tedavi sonunda mevcut implantların çıkartılması ve implantsız izlenmesi halinde eğriliğin ilerlemeye devam ettiği gösterildi. Kontraendikasyonu yok ise enstrümantasyonsuz şekilde kalması önerilmemektedir (106).

Kostadan Dikey Genişleyen Titanyum Sistem

Kostadan dikey genişleyen titanyum sistem (VEPTR) tedavisi ilk olarak Campbell ve ark. tarafından segmentasyon anomalisi ve kosta füzyonları sonucu konjenital skolyoz ve buna bağlı gelişen torasik yetmezlik sendromu tedavisinde kullanılmak için tanımlanmıştır (107). Kostalara yerleştirilen kancalar arasında, gereklilik halinde kosta ile lomber vertebra veya sakruma yerleştirilen vidalar arasında distraksiyon ile düzeltme amaçlanmaktadır. VEPTR'a ek olarak açık kama torakostomi yapıldığında, segmentasyon anomalisi olan konjenital skolyozdaki hipoplazik akciğerin hacminin artırıldığı ve eğriliğin düzeltilmesinde daha etkili olduğu düşünülmektedir (108). Ramirez ve ark. ise solunum fonksiyonlarının düzelmediği, omurga büyümesinin orta düzeyde olduğu ve skolyozdaki düzelmenin beklentiyi karşılamadığını gösterilmişlerdir (109).

Manyetik Büyüyen Rod

Manyetik büyüyen rod (MGR) tedavisinin temelleri 1998 yılında Takaso ve ark tarafından atılmıştır. Harrington rodunun tekrarlayan ameliyatlardan olmadan dışarıdan manyetizma etkisi ile uzamasını sağlayan bir sistem tanımlanmıştır. Hayvan modeli çalışmalarında bu yöntemin daha etkili olduğu gösterilmiştir (110). Çift büyüyen rod tekniği sonrasında Akbarnia ve ark. manyetik uzama teknolojisini çift büyüyen rodlara entegre ederek domuz modellerinde başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (111). Büyüyen rod çalışma grubunun 14 hastalık serisinde MGR tedavisi alan hastalarda yeterli uzatma ve skolyoz açısından düzeltme elde edildiği gösterilmiştir (112). Aynı grubun eşleşmiş gruplarda TGR ile MGR'u karşılaştıran çalışmasında MGR'un TGR ile benzer cerrahi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Komplikasyon açısından benzer olmalarına rağmen MGR tedavisi uygulanan hastalarda uzatma manyetik yöntemle yapıldığı için beklenildiği gibi cerrahi sayısı daha azdır (113).

MGR yara yerine bağlı yüzeysel ve derin enfeksiyon komplikasyonlarını azaltmaktadır. Fakat implant ilişkili komplikasyonlar daha sık gelişmektedir ve manyetik uzatmalar sıklıkla komplikasyon oranları artmaktadır (114,115). Theo ve ark. çalışmasında MGR komplikasyon oranlarının TGR'a göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (0.32 vs 0.15/yıl). Komplikasyonların içeriğine bakıldığında yara yeri

komplikasyon riski daha azdır (0.22) fakat implant ilişki komplikasyonlar açısından 4.67 kat daha riskli bulunmuştur (116).

2.10.2. Kompresyon Temelli Tedaviler

Kompresyon temelli tedavilerde eğriliğin konkav tarafının büyümesine izin verirken, konveks tarafın büyümesi kompresif güçler yardımıyla inhibe edilip büyüme sürecinin yönlendirilmesi amaçlanmaktadır. Tedavinin temelinde Hueter-Volkman prensibi yatmaktadır (85).

Vertebra Gövde Zımbası

Vertebra gövde zımbası (VBS) ilk olarak Smith ve ark. tarafından 1954 yılında torakotomi yapılarak açık cerrahi ile uygulanmıştır. Fakat cerrahi sonuçlarının kötü olması ve yüksek komplikasyon oranları nedeniyle popülerlik kazanamamıştır (117).

Betz ve ark. 2003 yılında açık cerrahi yerine torakoskopi ile zımba olarak sıcaklık hafızası olan nitinol tel kullanarak yaptıkları cerrahide komplikasyon oranları düşük olsada istenilen başarı elde edilememiştir (118).

Betz ve ark.'nın 2 yıllık takip içeren çalışmalarının sonucunda 35° altındaki torasik eğriliklerde, 20-40° arası lumbal eğriliklerde, erken post-op ayakta PA filmde eğriliği 20° altında olan hastalarda başarılı olduğu gösterildi. Ayrıca torasik esnek eğriliklerde esnek olmayanlara göre daha yüksek başarı oranına sahiptir (119).

Ortez tedavisinden fayda görmeyen, risser evre 0-1, torakal eğriliği 25-40° arasında, idiopatik etiyoloji sahip hastalarda tercih edilebilir. Supin radyografide eğrilikte %30 üzerinde düzeltme elde edilmesi eğrilik kontrolünü ön görmede en yüksek özgülüğe ve duyarlılığa sahip belirteçtir (120). Cahill ve ark. torakal 29.5°, lomber 31.5° eğriliği olan hastalarda VBS tedavisinin etkin ve güvenli olduğu belirtmektedir (121).

Vertebra Gövde Gergisi

Vertebra gövde gergisi (VBT) VBS ile benzer mekanizmayla çalışmaktadır. Zımba yerine titanyum vidalar, vidaların arasında polipropilen gergi bandı

kullanılmaktadır. İlk olarak 2010 yılında Crawford ve ark. tarafından tanımlanmıştır (122).

Samdani ve ark. tarafından 2015 yılında 32 hastalık seride erken post-op torakal eğrilikte %50.9 (42.8'den 21'e), lomber eğrilikte ise %28.5 (25.2'den 18'e) düzeltme elde edilmiştir. Son kontrolde torasik eğrilik 17.9°, lomber eğrilik ise 12.6° bulunmuştur (123).

Pehlivanoglu ve ark. 2020 yılında ki 22 hastalık serisinde erken post-op torakal eğrilik 48.2°'den 16°'e geriledi ve son kontrolde 10° olarak saptandı (124).

On altı çalışmanın dahil edildiği meta-analizde ana eğrilik tedavi sonunda 47.8°'den 22.2°'e gerilemiş. Komplikasyon oranı %23 ve en sık komplikasyon ise band kopması olarak bulunmuştur (125).

2.10.3. Büyüme Yönlendirici Tedaviler

Büyüme yönlendirici tedaviler vertebralara yerleştirilen vida, sublaminar band gibi sabitleyiciler yardımıyla omurga implantı ile beraber omurganın da büyümesine ve büyümeyi yönlendirerek eğriliğin düzelmesini amaçlayan sistemlerdir. Hastalarda uzatma için cerrahi gereksinimi bulunmamaktadır. Bu nedenle tekrarlayan anestezinin yan etkisi, enfeksiyon, yara yeri problemleri daha az görülmektedir.

Luque Trolley Sistemi

Luque Trolley sistemi (LTS) ilk olarak 1977 tarihinde Eduarda Luque ve ark. tarafından tanımlanmıştır (126). "Tramvay" kelimesi bilateral lamina boyunca yerleştirilen düz paralel uzunlamasına rodlara bağlanan çok seviyeli sublaminar düz tellerle enstrümante edilmiş füzyonsuz bir omurgayı tanımlamaktadır. Omurgadaki eğriliğin kranial ve kaudaline sublaminar bantlar ile segmental olarak yerleştirilen rodlardan oluşmaktadır. Segmentler arasına füzyon uygulanmaz. Omurga büyüdükçe rodlar üzerinden kayarak eğriliğin düzeltilmesi amaçlanmaktadır.

İlk tasarlandığı şekliyle yüksek komplikasyon oranları, sub-periostal diseksiyona bağlı yüksek spontan füzyon oranları ve spinal büyümede kısıtlılığa bağlı klinik sonuçların başarısız olduğu görülmüştür (127). Luque'un tekniğinin minimal

invaziv hale getirilerek modernleştirildiği güncel versiyonunda beklenen büyümenin %77'sinin kazanıldığı ayrıca eğrilikte 60°'den 21°'ye düzelme elde edildiği gösterilmiştir (128).

Shilla Tekniği

Shilla tekniğinde ilk olarak 2014 yılında McCarthy ve ark. tarafından tanımlanmıştır (129). Luque yönteminden ilham alan teknikte eğriliğin kranial ve kaudaline 2'şer seviye, eğriliğin apeksini içine alacak şekilde apeks vertebranın rotasyonu olabildiğince düzeltilip 3-4 seviye bilateral pedikül vidaları yerleştirilir. Ardından rodlar bilateral pedikül vidalarına yerleştirilir fakat vidalar harekete izin verecek bir sistemle sabitlenir. Omurga büyüdükçe rodlar pedikül vidası içerisinde kayarak büyümeyi yönlendirip eğriliği düzeltmesi amaçlanmaktadır. Pedikül vidaları yerleştirilirken minimal subperiostal diseksiyon yapılması böylelikle spontan füzyondan korunulması amaçlanmaktadır.

Kırk hastanın 5 yıllık takibini içeren çalışmada 69°'lik skolyoz açısı indeks ameliyat sonrası 25°, son kontrolde 38.4° olarak saptanmıştır. Toplam komplikasyon oranı %73 'tür (130). Shilla ve TGR tedavisini karşılaştıran bir çalışma ilk ve son muayene karşılaştırıldığında eğriliklerin düzelme oranlarını benzer olduğunu göstermiştir (%60.5 vs %64.5). T1-T12 mesafelerinde Shilla grubunda 4.6 cm, TGR grubunda 5.2 cm bulunmuştur. İki tedavinin benzer sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Farklı olarak TGR grubunda 3 kat daha fazla cerrahi yapılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulundan 2023/11-06 karar sayılı etik kurul onayı alındı. Retrospektif olarak dizayn edilmiş bir çalışmadır. Ocak 2000- Ocak 2023 tarihleri arasında Hacettepe Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji A.B.D'na başvuran hastalar retrospektif olarak tarandı. Erken başlangıçlı skolyoz tanımlı hastalar ve eşleştirme grubu olarak adölesan idiopatik etioloji sahip hastalar belirlendi.

3.1. Kabul ve Dışlama Kriterleri

EOS tanımlı hastaların etiyojileri incelendi. İdiopatik etiolojiye sahip ve idiopatik benzeri eğrilik özelliği gösteren, ikili büyüyen rod tedavisi uygulanan ve tedavi sonunda mezuniyet amacıyla PEF yapılan, takiplerinde demografik, radyografik verilerinde eksiklik olmayan hastalar çalışmaya dahil edildi.

Eşleştirme grubu olarak adölesan idiopatik etiolojiye sahip olup posterior enstrümantasyon ve füzyon işlemi uygulanan, takiplerinde demografik ve radyografik verilerinde eksiklik olmayan hastalar çalışmaya dahil edildi. Hastalar EOS grubu ve AİS grubu olarak 2 gruba ayrıldılar.

3.2. Veri Toplama

Ardından EOS ve AİS grubu hastalar yaş, skolyoz açısı, T1(Üst endplate)-T12 (Alt endplate) kifoz açısı, L1 (Üst endplate)-S1 (Üst endplate) lordoz açısına göre 'Propensity score matching' analizi ile eşleştirildi (En yakın komşuluk 1:3). Eşleştirme, R 4.3.0 paket programı MatchIt paketi kullanılarak gerçekleştirildi (<http://www.r-project.org/>) (131). Eşleşme sırasında EOS grubunun indeks ameliyat öncesi skolyoz açısı ile AİS grubunun PEF öncesi skolyoz açısı eşleştirildi.

Gruplar skolyoz açısı düzelme yüzdesi, T1-T12 uzunluğu artış yüzdesi, T1-S1 uzunluğu artış yüzdesi, enstrümanlı spinal segment uzunluğu artış yüzdesi, segment başı ESS uzunluğu artış yüzdesi, cerrahi süre, osteotomi sayısı, intra-op kanama, transfüzyon ve komplikasyon açısından karşılaştırıldı.

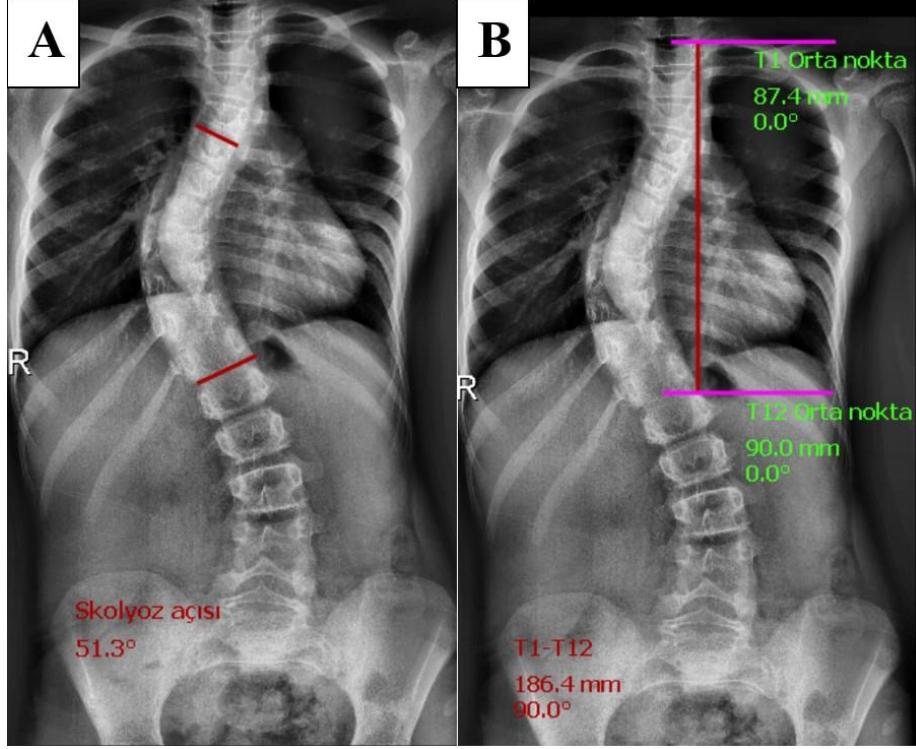
Çalışmanın başında örneklem büyüklüğü hesabı yapılmadığı için çalışmanın sonunda post-hoc power analizi ile çalışmanın gücü değerlendirildi.

3.3. İstatistiksel Değerlendirme

Hesaplamalar için SPSS Statistics, Version 26.0 (IBM) kullanıldı. Sayısal değişkenlerin normallik varsayımı Shapiro-Wilk uyum iyiliği testi ile incelendi. Sürekli değişkenler uygun şekilde ortalama \pm std ve medyan (25.persentil-75.persentil) olarak raporlanmıştır. Sürekli değişkenlerin karşılaştırılmasında Student t testi ve Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Sonuçların klinik anlamlılığını göstermek için etki büyüklüğü hesaplandı. t testi için Cohen's d etki büyüklüğü, Mann Whitney U için $r (z/\sqrt{n})$ etki büyüklüğü hesaplandı. Cohen's d etki büyüklüğü $d=0.20$ küçük, $d=0.50$ orta, $d=0.80$ büyük, $d \geq 1$ çok büyük etkidir. Mann Whitney U için etki büyüklüğü $r = 0.10$ küçük, $r = 0.30$ orta, $r=0.50$ büyük etkidir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak değerlendirildi. Sunburst grafiği R 4.3.0 paket programında "plotly" paketi kullanılarak çizildi (<http://www.r-project.org/>) (132).

3.4. Direkt Grafi Üzerinden Ölçüm Teknikleri

3.4.1. Koronal Ölçümler



Şekil 3.1. A: Skolyoz açısı ölçümü, B: T1-T12 uzunluk ölçümü

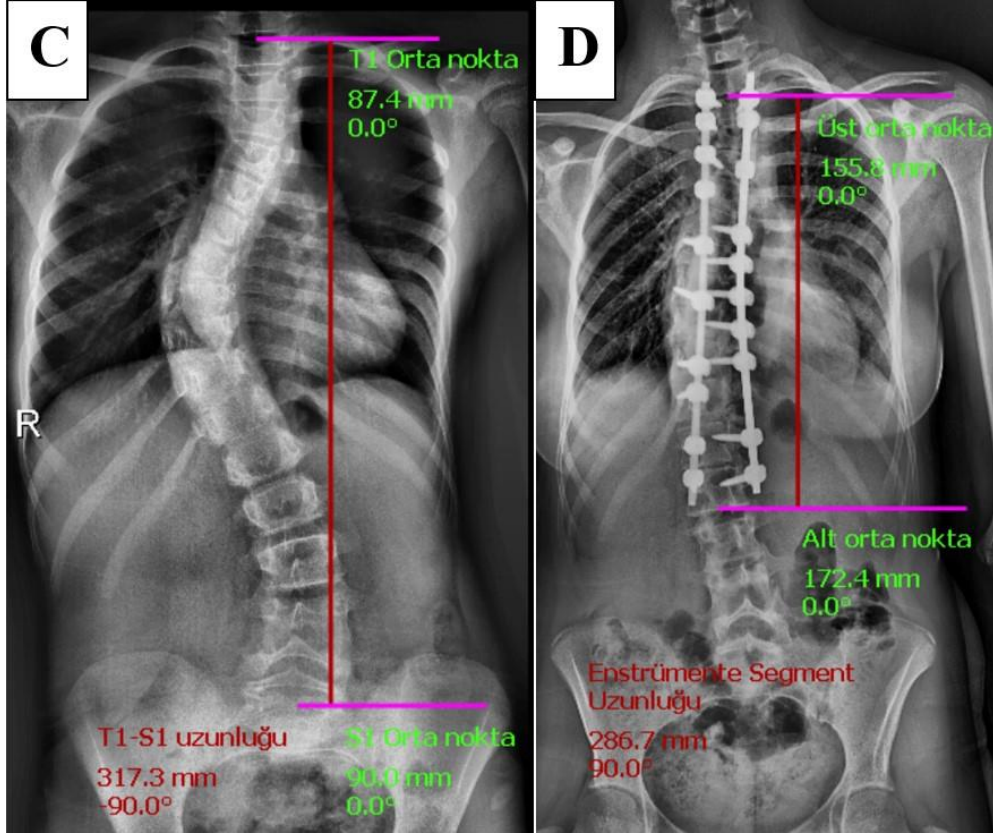
Skolyoz Açısı Ölçümü

Skolyoz açısı ölçümünde Cobb yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde apikal vertebradan krainal ve kaudale doğru ilerlerken konkavitenin konveksiteye döndüğü end vertebralar belirlenir. Ardından üst end vertebranın üst end plate'i ile alt end vertebranın alt end plate'i doğruları arasındaki açı ölçülür. Bu açı genelde grafi dışında oluşur. Bu nedenle bu doğrulara dik çizilerek bu dikmelerin kesişimi arasındaki dar açı ölçülür. Bu dar açı geometrik olarak skolyoz açısına eşittir (Şekil 3.1).

T1-T12 Uzunluk (cm)

T1 vertebranın üst end plate'i bulunduktan sonra üst end platenin orta noktası belirlenir. T12 vertebranın alt end plate'i bulunduktan sonra alt end plate orta noktası

belirlenir. Bu orta noktalardan geçirilen paralel çizgilerin arasındaki dik mesafe T1-T12 uzunluğudur (Şekil 3.1).



Şekil 3. 2. C: T1-S1 uzunluk ölçümü, D: ESU ölçümü

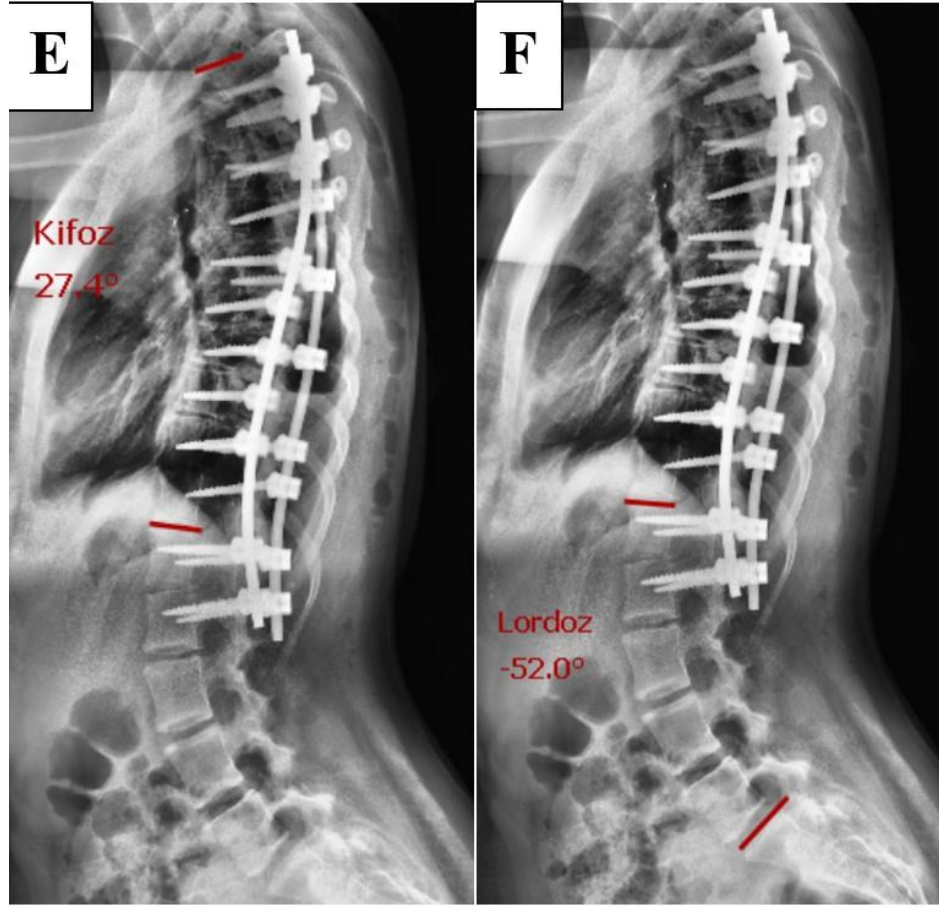
T1-S1 Uzunluk (cm)

T1 vertebranın üst end plate'i bulunduktan sonra üst end platenin orta noktası belirlenir. S1 vertebranın üst end plate'i bulunduktan sonra üst end plate orta noktası belirlenir. Bu orta noktalardan geçirilen paralel çizgilerin arasındaki dik mesafe T1-S1 uzunluğudur (Şekil 3.2).

Enstrümante Spinal Segment Uzunluğu (cm)

Enstrümante spinal segment seviyesi belirlenir. Enstrümante segmentin en kranial ve en kaudal vertebralarının orta noktaları belirlenir. Bu orta noktalardan geçirilen paralel çizgilerin arasındaki dik mesafe enstrümante spinal segment uzunluğudur (ESU) (Şekil 3.1).

3.4.2. Sagittal Ölçümler



Şekil 3.3. E: Kifoz açısı ölçümü F: Lordoz açısı ölçümü

T2-T12 kifoz açısı

T2 vertebra üst end plate bulunur. T12 vertebra alt end plate bulunur. End platelerin paralel çizgileri arasında Cobb yöntemi kullanılarak bulunan açı T2-T12 kifoz açısıdır (Şekil 3.3).

L1-S1 lordoz açısı

L1 vertebra üst end plate bulunur. S1 vertebra üst end plate bulunur. End platelerin paralel çizgileri arasında Cobb yöntemi kullanılarak bulunan açı L1-S1 lordoz açısıdır (Şekil 3.3).

Direkt grafi ölçümleri EOS grubunda indeks ameliyat öncesi, mezuniyet ameliyatı öncesi ve mezuniyet ameliyatı sonrası tekrarlandı. AIS grubunda PEF ameliyatı öncesi ve sonrası tekrarlandı.

Hastaların anestezi notlarından ameliyat süresi, kanama miktarı ve intraop transfüzyon miktarı alındı. Ameliyat notlarından yapıldı ise osteotomi sayısı ve şekli, intraop komplikasyon ve enstrümantasyon seviyeleri bilgisi alındı. Hastanın ameliyat sonrası klinik takip notlarında varsa komplikasyon bilgileri alındı.

3.5. Hesaplamalar

3.5.1. Skolyoz Açısı Düzeltme Yüzdesi

$$\left(\frac{\text{Ilk skolyoz açısı} - \text{Son skolyoz açısı}}{\text{Ilk skolyoz açısı}} \right) \times 100$$

3.5.2. T1-T12 Uzunluğunda Artış Yüzdesi

$$\left(\frac{\text{Son T1/T12 Uzunluk} - \text{Ilk T1/T12 Uzunluk}}{\text{Ilk T1/T12 Uzunluk}} \right) \times 100$$

3.5.3. T1-S1 Uzunluğunda Artış Yüzdesi

$$\left(\frac{\text{Son T1/T12 Uzunluk} - \text{Ilk T1/T12 Uzunluk}}{\text{Ilk T1} - \text{T12 Uzunluk}} \right) \times 100$$

3.5.4. ESU Artış Yüzdesi

$$\left(\frac{\text{Son ESU} - \text{Ilk ESU}}{\text{Ilk ESU}} \right) \times 100$$

3.5.5. Segment Başına ESU Artış Yüzdesi

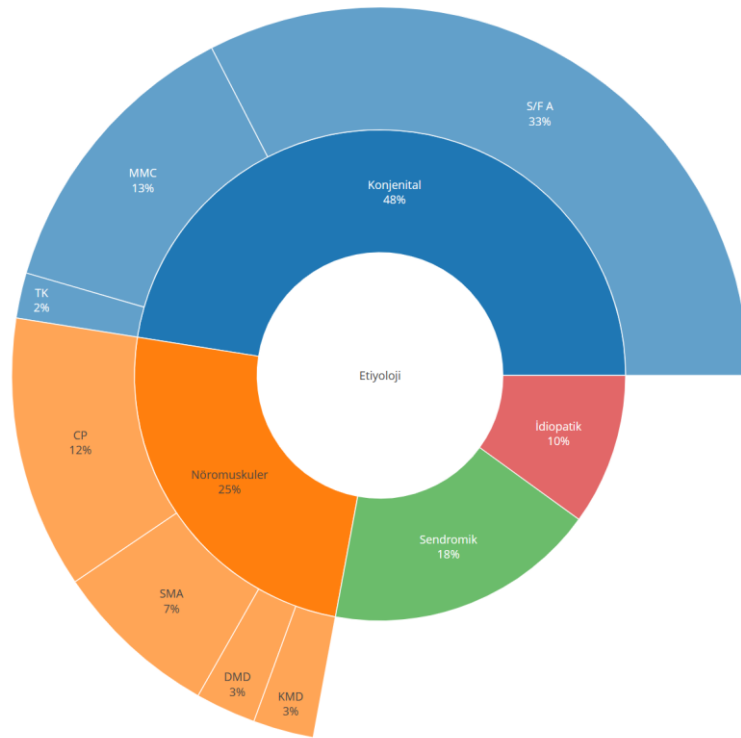
$$\left(\frac{\text{ESU artış yüzdesi}}{\text{Enstrümante segment sayısı}} \right) \times 100$$

3.5.6. Segment Başına Kanama Miktarı

$$\left(\frac{\text{Kanama miktarı}}{\text{Enstrümante segmen sayısı}} \right) \times 100$$

4. BULGULAR

Ocak 2000- Ocak 2023 tarihiler arasında yapılan retrospektif taramada 301 EOS tanımlı hasta, 752 AİS tanımlı ve opere edilen hasta tesbit edildi. EOS tanımlı hastaların etiyojoloji ve direkt grafileri incelendi. Üç yüz bir hastanın 143'ü konjenital, 74'ü nöromusküler, 54'ü sendromik, 30'u idiyopatik etiyojolojiye sahipti. Hastaların etiyojoloji dağılımları Şekil 4.1'de görülmektedir. Otuz idiyopatik hastanın 15'inin uzatmasının devam ettiği, 2 'sinin takipten çıktığı görüldü. 13 hasta çalışmaya dahil edildi.



Şekil 4.1. Etiyojolojik Dağılım Sunburst Grafiği

Diğer etiyojolojiye sahip hastaların grafileri incelendi. Altta yatan hastalığı olmasına rağmen hastalığının eğrilik özelliklerini taşımayan ve idiyopatik eğriliğe benzer 3 nöromusküler (CP), 2 sendromik (1 AGMC, 1 Triple A sendromu), 6 konjenital (4 kaudal yerleşimli MMC, 2 konjenital) etiyojolojiye sahip hasta çalışmaya dahil edildi. Toplam 24 hasta EOS grubuna dahil edildi.

Yedi yüz elli iki AİS tanılı posterior enstrümantasyon ve füzyon işlemi uygulanan hasta tesbit edildi. Dört hastanın grafilerinin eksik olması nedeniyle hastalar eşleşmeye dahil edilmedi.

Ardından 24 EOS hastası ve 748 AİS hastası eşleştirme öncesi skolyoz açısı, kifoz açısı, lordoz açısı, yaş ve cinsiyet açısından karşılaştırıldı. Karşılaştırma için EOS grubunda indeks ameliyat öncesi skolyoz açısı kullanıldı. Büyüyen rod tedavisi sonunda hastaların skolyoz açıları, AİS grubu için ameliyat endikasyonu oluşturmadığı için ($43 \pm 14.78^\circ$ vs 66.5° (59.5-79)) eşleşme yapılamayacağı görüldü. Bu nedenle hastaların başvuru skolyoz açısı kullanıldı. Geriye kalan değerler için asıl karşılaştırmak istenen mezuniyet ameliyatı öncesi hasta verileri kullanıldı.

4.1. Eşleşme Öncesi Grupların Karşılaştırılması

Yirmi dört hastalık EOS grubu ile 748 hastalık AİS grubu yaş, cinsiyet, skolyoz açısı, T1-T12 kifoz ve L1-S1 lordoz açısına yönelik karşılaştırıldı. AİS grubuyla eşleştirebilmek için EOS grubunda skolyoz açısı olarak pre-indeks değeri kullanıldı. Karşılaştırma sonucunda gruplar arasında skolyoz açısı ve cinsiyete göre farklılık saptandı ($p < 0.001$, $p:0.011$) (Tablo 4.1).

Tablo 4. 1. EOS ve AİS grubu hastaların eşleşme öncesi karşılaştırılması

	Eşleşme Öncesi		p değeri
	EOS (n=24)	AİS (n=748)	
T2-T12 Kifoz	$48.37 \pm 17.44^\circ$	$41.90 \pm 15.94^\circ$	0.07 ^a
L1-S1 Lordoz	$53.39 \pm 18.62^\circ$	$60.12 \pm 12.77^\circ$	0.099 ^a
Skolyoz Açısı	66.5° (59.5-79)	58° (52-66)	$<0.001^b$
Yaş (Ay)	170 (160-182)	171 (157-188.5)	0.675 ^b
Cinsiyet			
Kadın	14 (%58.3)	621(%83.1)	
Erkek	10 (%41.7)	127 (%16.9)	0.011 ^c

^a p değeri Student's t testi ile elde edildi.

^b p değerleri Mann Whitney U testi ile elde edildi.

^c p değerleri ki kare testi ile elde edildi.

4.2. Eşleşme Sonrası Grupların Karşılaştırılması

Gruplar yaş, cinsiyet, skolyoz açısı, kifoz açısı, lordoz açısı yönünden 1:3 en yakın komşuluk methodu ile eşleştirildi. Eşleşme sonucunda EOS grubunda 24 hastaya karşılık AIS grubundan 72 hasta çalışmaya dahil edildi. Eşleşme parametrelerine göre benzer gruplar elde edildi (Tablo 4.2).

Tablo 4. 2. EOS ve AIS grubu hastaların eşleşme sonrası karşılaştırılması

	Eşleşme Sonrası		
	EOS (n=24)	AIS (n=72)	p değeri
T2-T12 Kifoz	48.37 ±17.44°	43.63 ±16.67°	0.235 ^a
L1-S1 Lordoz	53.39 ±18.62°	55.65 ±11.95°	0.580 ^a
Skolyoz Açısı	66.5 (59.5-79)	65 (57-73)	0.218 ^b
Yaş (Ay)	170 (160-182)	170 (56-184)	0.774 ^b
Cinsiyet			
Kadın	14 (%58.3)	48 (%66.7)	
Erkek	10 (%41.7)	24 (%33.3)	0.622 ^c

^a p değeri Student's t testi ile elde edildi.
^b p değerleri Mann Whitney U testi ile elde edildi.
^c p değerleri ki kare testi ile elde edildi.

4.3. Demografik Veriler

Eşleşme sonucunda EOS grubundan 24 hasta (14 K, 10 E) çalışmaya dahil edildi. EOS grubu, AİS grubu içerisinde 1:3 eşleştirme sonrası 72 hasta (48 K,24 E) çalışmaya dahil edildi. Hastaların demografik verileri tabloda gösterilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4. 3. Hastaların demografik verileri

	EOS (n=24)	AİS (n=72)
Yaş	170 (160-182)	170 (156-184)
Cinsiyet		
Kadın	14 (%58.3)	48 (%66.7)
Erkek	10 (%41.7)	24 (%33.3)
BMI	18.85 (16.51-24.77)	18.28 (16.34-22.54)
Skolyoz açısı	43 ± 14.78°	64.92 ± 11.39°
Kifoz açısı	48.37 ±17.44°	43.63 ±16.67°
Lordoz açısı	53.39 ±18.62°	55.65 ±11.95°
T1-T12 yüksekliği (cm)	22.2 ± 2.2	24.4 ± 2.8
T1-S1 yükseliği (cm)	36 ± 3.2	40.2 ± 4.2
Büyüyen rod türü		
Konvansiyonel	19	
Manyetik	5	

4.4. Grup İçi EOS Hastalarının Cerrahi Öncesi / Sonrası Karşılaştırılması

EOS grubunda büyüyen rod tedavisinin ve mezuniyet ameliyatının sonuçları değerlendirildiğimizde; hastaların ilk başvurusundaki skolyoz açısı büyüyen rod tedavisi sonrası ($65.03 \pm 14.73^\circ$) 'den ($43 \pm 14.78^\circ$)'ye gerilediği görüldü (p: <0.001) ve mezuniyet ameliyatı sonrasında son değer ($22.17 \pm 13.07^\circ$) idi (p: <0.001). Mezuniyet ameliyatı sonrası boy kazanımını değerlendirdiğimizde; T1-T12 yüksekliğinde ortalama 1.76 cm, T1-S1 yükseliğinde ortalama 2.25 cm, enstrümante segment uzunluğunda ise ortalama 1.6 cm uzunluk artışı sağlanmıştır (p:<0.001). Kifo ve lordoz açıları belirgin değişiklik saptanmamıştır (Tablo 4.4). Fakat son kifo ve lordoz açıların ortalamaları normal sınırlar içerisindedir.

Tablo 4.4. Grup içi EOS hastalarının cerrahi öncesi / sonrası karşılaştırılması

EOS (Grup içi)	Pre op	Post op	p değeri
İndeks ameliyat öncesi skolyoz açısı	$65.03 \pm 14.73^\circ$	$22.17 \pm 13.07^\circ$	<0.001 ^a
Mezuniyet ameliyatı öncesi skolyoz açısı	$43 \pm 14.78^\circ$	$22.17 \pm 13.07^\circ$	<0.001 ^a
T2-T12 kifo açısı	$51.33 \pm 20.52^\circ$	$48.29 \pm 15.34^\circ$	0.320 ^a
L1-S1 lordoz açısı	$58.18 \pm 14.91^\circ$	$54.46 \pm 15.40^\circ$	0.212 ^a
T1-T12 yüksekliği (cm)	22.17 ± 2.17	23.93 ± 2.18	<0.001 ^a
T1-S1 yüksekliği (cm)	36.4 (34.2-38)	38.65 (36.80-40.85)	<0.001 ^b
Enstrümante segment uzunluğu (cm)	28.8 (25.5-29.6)	30.4 (28.8-32.4)	<0.001 ^b

^a: p değeri eşleştirilmiş iki örnek testi ile elde edildi. (paired sample t testi)

^b: p değeri wilcoxon testi ile elde edildi.

4.5. Grup İçi AİS Hastalarının Cerrahi Öncesi / Sonrası Karşılaştırılması

AİS grubunda posterior enstrümantasyon ve füzyon ameliyatı sonuçlarına baktığımızda; skolyoz açısının $64.92 \pm 11.39^\circ$ 'den $14.21 \pm 6.84^\circ$ 'e gerilediği görüldü (p: <0.001). PEF ameliyatı sonrası boy kazanamını değerlendirdiğimizde; T1-T12 uzunluğunda ortalama 2.36 cm, T1-S1 uzunluğunda ortalama 3.5 cm, enstrüman segment uzunluğunda ortalama 3.2 cm uzunluk kazanamını mevcuttur (p: <0.001). Kifoz ve lordoz açısında değişiklik saptanmamıştır (Tablo 4.5). Fakat son kifoz ve lordoz açılarının ortalamaları normal sınırlar içerisindedir.

Tablo 4.5. Grup içi AİS hastalarının cerrahi öncesi / sonrası karşılaştırılması

AİS (Grup içi)	Pre op	Post op	p değeri
Skolyoz açısı	$64.92 \pm 11.39^\circ$	$14.21 \pm 6.84^\circ$	<0.001 ^a
T2-T12 kifoz açısı	$43.5 \pm 16.46^\circ$	$39.19 \pm 13.73^\circ$	0.014 ^a
L1-S1 lordoz açısı	$55.65 \pm 11.95^\circ$	$52.02 \pm 11.12^\circ$	0.029 ^a
T1-T12 yüksekliği (cm)	24.41 ± 2.82	26.77 ± 2.59	<0.001 ^a
T1-S1 yüksekliği (cm)	39.9 (37.7-42.7)	43.40 (41.65- 46.80)	<0.001 ^b
Enstrüman segment uzunluğu (cm)	26.8 (23-30.9)	30 (25.7-33.3)	<0.001 ^b

^a: p değeri eşleştirilmiş iki örnek testi ile elde edildi. (paired sample t testi)

^b: p değeri wilcoxon testi ile elde edildi.

4.6. EOS ve AİS Grubu Hastaların Sonuçlarının Karşılaştırılması

EOS ve AİS grubunun sonuçlarını karşılaştırdığımızda; AİS grubunda anlamlı daha yüksek düzeltme yüzdesi elde edildiği görülmektedir ($78.33 \pm 9.10^\circ$ vs $49.42 \pm 21.84^\circ$). Etki büyüklüğü ise çok büyüktür.

Yükseklik kazanımı açısından karşılaştırıldığında; T1-T12 yükseklik kazanımı açısından AİS grubunda EOS grubuna göre sırasıyla $\%8.85 \pm 4.49$ ve $\%7.36 \pm 4.05$ kazanım elde edilmiştir fakat bu farklılık anlamlı değildir (p: 0.153). Etki büyüklüğü ise orta büyüklükte bulunmuştur. T1-S1 yükseklik kazanımı açısından AİS grubunda EOS grubuna göre sırasıyla $\%8.05$ (5.72-10.62) ve $\%6.01$ (4.71-9.52) kazanım elde edilmiştir fakat bu farklılıkta anlamlı değildir (p: 0.066). Etki büyüklüğü ise küçüktür. Enstrüman segment uzunluğu artışı yüzdesi AİS grubunda daha yüksek bulunmuştur ($\%9.26$ vs $\%6.39$), fakat istatistiki olarak anlamlı değildir (p:0.053). Etki büyüklüğü küçüktür.

EOS grubunda AİS grubuna göre anlamlı derece daha uzun cerrahi süre (270 dk vs 240 dk), daha fazla transfüzyon ihtiyacı (2 ünite vs 1 ünite), daha yüksek enstrüman segment sayısı (14 vs 13), daha fazla osteotomi sayısına (5 vs 4) sahip olduğu görüldü. EOS grubunda daha fazla kanama miktarı (625 ml vs 550 ml) olmasına rağmen istatistiki olarak fark bulunamamıştır (p:0.092). Osteotomi sayısı harici etki büyüklüğü küçüktür. Osteotomi sayısı etki büyüklüğü ortadır (Tablo 4.6).

EOS grubunda 24 hastada toplam 5 (%20.8) komplikasyon (1 hastada intra-op nöromonitör sinyal kaybı, 1 hastada post op akut süperior mezenterik arter sendromu, 1 hastada geç post op enfeksiyon, 2 hastada vida gevşemesi) görüldü. AİS grubunda 72 hastada 5 (%6.8) komplikasyon (2 hastada vidaya bağlı irritasyon, 1 hastada post-op omuz dengesizliği, 1 hastada adding-on, 1 hastada gövde kayması) görüldü. EOS grubu ile AİS grubu benzer komplikasyon oranına sahiptir (p:0.115). Tüm komplikasyonlar uygun yaklaşım ile tedavi edildi.

Tablo 4.6. EOS ve AİS grubu hastaların sonuçlarının karşılaştırılması

	EOS (n=24)	AİS (n=72)	p değeri	Etki Büyüklüğü
İndeks skolyoz açısı düzeltme yüzdesi (%)	65.51 ±19.30	78.33 ±9.10	<0.004 ^a	1.034
Mezuniyet skolyoz açısı düzeltme yüzdesi (%)	49.42±21.84	78.33 ±9.10	<0.001 ^a	2.16
Tahmini kan kaybı (ml)	625 (500-850)	550 (400-800)	0.092 ^b	0.172
Transfüzyon miktarı (ünite)	2 (1-3)	1 (0-2)	0.016 ^b	0.246
Cerrahi süre (dk)	270 (240-300)	240 (193-270)	0.010 ^b	0.263
Enstrüman segment sayısı	14 (13-14)	13(11-14)	0.001 ^b	0.327
E.S.U artış yüzdesi	6.39 (4.62- 10.22)	9.26 (6.66- 12.33)	0.053 ^b	0.198
Segment başı ESU artış yüzdesi	0.45 (0.34- 0.74)	0.82 (0.50-1.02)	0.002 ^b	0.318
T1-T12 uzunluk artış yüzdesi (%)	7.36 ± 4.05	8.85 ± 4.49	0.153 ^a	0.340
T1-S1 uzunluk artış yüzdesi (%)	6.01 (4.71- 9.52)	8.05 (5.72- 10.62)	0.066 ^b	0.188
Chevron Osteotomi	5 (5-7)	4 (3-5)	<0.001 ^b	0.359
Komplikasyon	5 (%20.8)	5 (%6.8)	0.115 ^c	0.197

^a: p değeri Student's t testi ile elde edildi.

^b: p değerleri Mann Whitney U testi ile elde edildi.

^c: p değeri Fisher's exact testi ile elde edildi.

5. TARTIŞMA

Ocak 2000-Ocak 2023 arası EOS hastalarının etiyolojik dağılımı incelendiğinde; hastaların %9.96'sı idiopatik, %47.5'i konjenital, %24.58'i nöromusküler ve %17.94'ü sendromik etiyolojiye sahiptir. Literatürdeki etiyolojik dağılımlar farklılık göstermektedir. Akbarnia ve ark. 202 EOS tanılı hasta serisinde hastaların %26'sı idiopatik, %14'ü konjenital, %32'si nöromusküler ve %28'i sendromik etiyolojiye sahiptir (133). Ahuja ve ark. 542 hastalık meta-analiz çalışmasında %26.5'i idiopatik, %30.2'si nöromusküler, %20.2'si konjenital, %23.1'i sendromik etiyolojiye sahiptir (134). Daha fazla hastanın dahil edildiği Reames ve ark. SRS veritabanında yaptıkları çalışmada 9474 EOS hastasının %13.65'i idiopatik, %21.24 konjenital, %49.15 nöromusküler, %15.48'i sendromik etiyolojiye sahiptir (135). Hacettepe Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı 3. basamak tedavi veren skolyoz açısından indeks merkezlerden birisidir. Ülke genelinde komplike hastalar hastanemize yönlendirilmektedir. Bu nedenle idiopatik etiyolojiye sahip hastalar daha az iken konjenital etiyolojiye sahip hasta sayısı daha fazla olabilir.

Akciğer gelişimi için doğumdan sonraki ilk 8 yıl hayati öneme sahiptir. Akciğer dokusunun gelişimi torasik vertebralar ve göğüs kafesi ile beraber olup, gelişimi takip için T1-T12 yüksekliği kullanılmaktadır. Karol ve ark. torasik yetmezlik sendromundan korunmak için T1-T12 mesafesinin en az 18-22 cm olması gerektiğini gösterdi (47). Büyüyen rod tedavisi, füzyon yapmadan eğriliği kontrol altında tutarak uzamayı ve akciğer gelişimi desteklenmektedir. Bu sayede yeterli gövde yüksekliği ve akciğer gelişimi sağlanarak torasik yetmezlik sendromundan korunulur. EOS grubu hastalarının indeks ameliyat öncesi ortalama skolyoz açısı 65.03°'den 43°'ye gerilemiş, toraks yüksekliği ortalama 22.17 cm, oturma yüksekliği ortalama 36.4 cm olarak bulunmuştur (p: <0.001). Yani literatürde ki torasik yetmezlik sendromu için belirtilen eşik değerin üzerindedir ve diğer çalışmaların verileriyle uyumludur. Akbarnia ve ark. TGR ile MGR tedavilerini karşılaştırdıkları çalışmasında tedavi sonunda T1-T12 mesafeleri sırasıyla 18.9 cm, 21 cm, T1-S1 mesafesi ise 30.7 cm ve 34.2 cm olduğu görülmüştür (113).

Dimeglio ve ark. çalışmasında sağlıklı popülasyonda iskelet maturitesine ulaşan erkeklerde ve kadınlarda sırasıyla T1-T12 uzunluğu 28 cm, 26.5 cm, T1-S1 mesafesi ise 44cm, 42 cm'dir (44). EOS grubumuzda PEF ameliyatı sonunda T1-T12 seviyesi ortalama 23.93 cm, T1-S1 mesafesi ortalama 38.64 cm'dir. PEF ameliyatı sayesinde hastalarda uzama elde ederek kendi yaş gruplarına göre beklenen nihai boy uzunluklarına olan farkları azalmıştır.

Ahuja ve ark. mezuniyet ameliyatı yapılan ve haliyle mezun edilen hastaları karşılaştırdıkları meta-analiz çalışmasında skolyoz açısı, T1-T12 yüksekliği, T1-S1 yüksekliği açısından gruplar arasında fark bulunmamıştır (134). Bu çalışmada mezuniyet ameliyatı ile anlamlı düzeltme elde edilemediğini söylenmektedir. Buna karşılık çalışmamızda idiopatik etiyojolojiye sahip hastalardaki mezuniyet ameliyatında pre-definitif/ post-definitif ölçümler arasında anlamlı farklılık mevcuttur ve skolyoz açısı kabul edilebilir sınırlara gelmiştir (22.17 ± 13.07). T1-T12 uzunluğunda ortalama 1.73 cm, T1-S1 uzunluğunda ortalama 2.25 cm uzunluk kazanılmıştır. Bu farklılığın nedeni meta-analize dahil edilen çalışmaların metodolojik farklılıkları ve çalışmaya dahil edilen hastaların farklı etiyojileri içermesi olabilir.

Adölesan idiopatik skolyoz EOS gibi hayatı tehdit eden bir hastalık değildir. Hastalar ortopedik cerrahlara semptomlarla değil, muayenede gövde asimetrisi veya tarama muayanesinde şüphelenilip ileri tetkik için yönlendirilerek başvururlar. Iowa çalışması; tedavi edilmemiş AIS'li hastaların erişkin yaşta iyi işlev görebildiklerini, iş sahibi olabildiklerini, evlenebildiklerini, çocuk sahibi olabildiklerini, aktif yaşlı yetişkinler haline gelebildiklerini fakat bel ağrısı, estetik açıdan kaygılar taşıdıklarını ve ileri eğriliklerde artmış pulmoner komplikasyonlar yaşadıklarını göstermiştir (136). Estetik kaygılar hastanın ameliyat motivasyonunda önemli bir etkidir. Cerrahide amaç olası komplikasyonları minimal tutarak, eğriliğin ilerlemesini durdurmak, maksimum 3 boyutlu düzelmeyi elde etme ve gövde dengesini sağlamaktır (137).

Yetmiş iki hastalık AIS grubunda 170 ay (14.2/yıl) yaş ortalaması bulunmaktadır. PEF ameliyatı sonrası skolyoz açısı ortalama 64.92° 'den 14.21° 'e düzelmiş, T1-T12 mesafesi ortalama 24.41 cm'den 26.77 cm'e, T1-S1 mesafesi 39.9 cm'den 43.40 cm'e yükselmiştir ($p: <0.001$). Dimeglio verilerine göre cerrahi sonrası ölçümleri sağlıklı popülasyonla benzerdir (46). Smorgick ve ark. ortalama yaşları

15.9/yıl olan 87 hastalık serisinde; skolyoz açısı ortalama 67°'den 27°'ye gerilemiştir ve ortalama 3.85 cm boy kazanımı mevcuttur (138). Watanabe ve ark. ortalama yaşları 15.7/yıl olan 165 hastalık PEF serisinde skolyoz açısı 58.8°'den 17.1°'e gerilemiş, T1-L5 mesafesinde ortalama 3.24 cm uzunluk artışı sağlanmıştır (139). AIS hastalarında PEF ameliyatı ile skolyoz açısında yeterli düzelme, T1-T12 arası uzunluk artışı ve T1-S1 arası uzunluk artışı elde edilmiştir.

EOS hastalarında büyüyen rod tedavisinin sonlanmasına mezuniyet adı verilmektedir. Mezuniyet büyüyen rod çıkartılması ve PEF, implantlar değiştirilmeden PEF ve tek başına uzatma işlemi sonlandırılarak yapılabilir (105). Buna karar verirken uzatma yapılamaması, implantta kırılmaların olması, iskelet maturitesi ve uzunlukta azalma göz önünde bulundurulmaktadır. Literatürde EOS hastalarının uzatmaları sırasında gelişen otofüzyonlar nedeniyle mezuniyet ameliyatında yeterince eğrilik kontrolü yapılamayacağı ve beklenen uzamanın sağlanamayacağını savunan yazılar mevcuttur (134,140–142). Bu yazıların ortak noktası EOS hastalarına yapılan son mezuniyet ameliyatı ile zaten halihazırda füzyon sebebiyle rijit olan omurgada yeterli düzeltme elde edilemediği, cerrahinin ve anestezinin getirdiği komplikasyon riskinin bu hastalara yüklendiği şeklindedir. Bu çalışmada bu görüşe karşı olarak ortaya çıkmıştır. Görece estetik kaygılarla ameliyat olan AIS hastaları ile eşleştirerek benzer kar-zarar ilişkisini göstermek amaçlanmıştır.

Yüksek otofüzyon oranlarının sağladığı avantajı kullanıp implantsız takip fikriyle yola çıkılan Kocyigit ve ark. çalışmasında implantların çıkartılması sonrası eğriliklerin ilerlediği ve kliniğin kötüleştiği görülmüştür (106). Otofüzyonun omurgayı implantsız taşıyabilecek seviyede olmaması immatür otofüzyon görüşü ile açıklanmaya çalışılmıştır (143). Aynı mekanizma ile omurga ağırlığını taşıyamayacak bu immatür otofüzyonların, mezuniyet sırasında uzamaya ve deformitede düzelmeye de izin verebileceği düşünülebilir. Çalışmamız sonucunda da bunu destekler şekilde EOS grubunda skolyoz açısında 49.42 ± 21.84 düzeltme sağlanmıştır, son skolyoz açıları $22.17^\circ \pm 13.07^\circ$ dir. Flynn ve ark. 99 hastalık çalışmasında da benzer şekilde mezuniyet için PEF uygulanan hastaların %48'inde skolyoz açısında %21-50 arası, %15'inde ise %50'nin üzerinde düzeltme elde edilmiştir (105).

Jain ve ark. mezuniyet olarak takip edilen (n=30) ve PEF uygulanan (n=137) hastaları karşılaştırdıkları çalışmada; PEF uygulanan grupta tüm tedavi sonunda skolyoz açısının $74^{\circ} \pm 19^{\circ}$ 'den $46^{\circ} \pm 18^{\circ}$ 'ye gerilediği, takip edilen grupta ise $79^{\circ} \pm 24^{\circ}$ 'den $41^{\circ} \pm 21^{\circ}$ 'ye gerilediği belirtilmiş (140). Ahuja ve ark. meta-analiz çalışmasında mezuniyet için PEF uygulanan grubun skolyoz açısı $54.5^{\circ} \pm 19.8^{\circ}$ 'den $42.5^{\circ} \pm 14.4^{\circ}$ 'e gerilemiştir (134). Fakat bu bizim verilerimizle örtüşmemektedir. Çalışmamızdaki mezuniyet sonrası skolyoz açısı $22.17^{\circ} \pm 13.07^{\circ}$ 'dir. Bu çalışmalar çoklu merkezli veritabanını taraması ve meta-analiz çalışmasıdır. Bu nedenle homojen hasta grupları bulunmamaktadır. Mezuniyet olarak PEF yapılan gruptaki hastaların; Jain ve ark. çalışmasında %24'ü, Ahuja ve ark. çalışmasında %26.5'u idiopatik etiyojolojiye sahiptir. Çalışmalarda osteotomi sayıları belirsizdir. Bu durum farklılığı açıklayabilir.

AİS grubunda EOS grubuna göre skolyoz açısında ortalama düzelme yüzdesi beklenildiği üzere daha fazladır (78.33 ± 9.10 vs 49.42 ± 21.84 p: <0.001). Bunun nedeni EOS grubunda tekrarlayan cerrahi ve uzatmalar sırasında gelişen otofüzyon ve esneklik kaybı olabilir. Fakat EOS grubunda mezuniyet sonundaki skolyoz açısı $22.17 \pm 13.07^{\circ}$ 'dir. Bu değer EOS hasta popülasyonu için kabul edilebilir ve güvenli bir değerdir. Akbarnia ve ark. da 13 hastalık serisinde mezuniyet sonrası benzer düzeltme yüzdesi (%48) ve benzer son skolyoz açısına ($27.7 \pm 17^{\circ}$) ulaşmıştır (102). Sonuçta EOS grubunda AİS grubu kadar olmasada kabul edilebilir, güvenli miktarda düzeltme elde edilmiştir.

EOS ve AİS grupları T1-T12, T1-S1 ve ESU artış yüzdesi açısından benzerdir. AİS hastalarını cerrahiye yönlendiren temel motivasyonlardan birisi estetik kaygılardır. Bu hasta grubu estetik kaygılarla ameliyat olduğunda elde edilen uzama ile EOS grubunun mezuniyet ameliyatındaki PEF sonuçları benzerdir.

Cerrahi süre, tahmini kanama miktarı ve transfüzyon miktarı EOS grubunda AİS grubuna göre yüksektir. Cerrahi sürenin uzun olması PEF uygulaması öncesi implant çıkartma, tekrarlayan cerrahi sonunda gelişen yapışıklık, fibröz doku ve otofüzyonların açılmasına yönelik uygulanan çoklu chevron osteotomisine bağlı olabilir (270 ($240-300$) vs 240 ($193-270$) p: 0.010). Chevron osteotomisi EOS grubunda anlamlı olarak daha fazla uygulanmıştır (5 ($5-7$) vs 4 ($3-5$) p: <0.001).

Chevron osteotomi sayısının fazla olması, osteotominin sağlıklı kemiğe değil otofüzyon gelişen kanamaya yatkın olan kemiğe yapılması kanama miktarının fazla olmasını açıklayabilir (625(500-850) vs 550 (400-800) p:0.092). Flynn ve ark. çalışmasında benzer şekilde ortalama 675 ml (450-1000ml) intraop kanama saptanmıştır ve osteotomi yapılan hastalarda daha fazla düzeltme elde edilmiştir (105).

EOS grubu ve AİS grubu arasında komplikasyon oranları açısından anlamlı farklılık bulunamamıştır (%20.8 vs %6.8, p:0.154). EOS grubunda 2 hastada vida gevşemesi cerrahi olarak tedavi edildi (aynı seviyede tekrar enstrümantasyon). Diğer komplikasyonlar uygun yaklaşımla cerrahiye gerek kalmadan tedavi edildi. AİS grubunda ise 5 hastada görülen komplikasyonlar (1 hastada omuz dengesizliği, 1 hastada gövde dengesizliği, 2 hastada vida malpozisyonu, 1 hastada distal adding-on) cerrahi olarak tedavi edildi. Tüm komplikasyonlar morbidite yaratmadan tedavi edilebildi.

Çalışmanın kısıtlılıkları arasında retrospektif şekilde dizayn edilmesi, EOS hasta grubunun AİS hasta grubu ile eşleştirmek için indeks ameliyat öncesi skolyoz değerlerini kullanması bulunmaktadır. Bu durum bias yaratabilir. Fakat AİS grubu ile eşleştirebilmek için en uygun değer indeks ameliyat öncesi skolyoz açısı değeri idi. Ayrıca eşleştirme sonrası tartışma mezuniyet öncesi skolyoz açısı üzerinden yapılmıştır. Çalışmada yükseklik kazanımı ile ilgili veriler için mezuniyet öncesi veriler kullanılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Erken başlangıçlı skolyoz tedavi edilmediğinde hayatı tehdit eden bir hastalıktır. Bu nedenle dikkatli ve titizlikle tedavi edilmesi gerekmektedir. Sekiz yaş öncesinde torasik yetmezlik sendromundan korunmak için olabildiğince füzyondan kaçınılıp büyüme dostu tedaviler tercih edilmelidir. Büyüyen rod tedavisi EOS grubunda güvenli ve tercih edilebilir bir tedavidir.

Adölesan idiopatik skolyoz, erken başlangıçlı skolyoz gibi hayatı tehdit eden bir hastalık değildir. Cerrahi motivasyonda estetik kaygılar önemli belirleyicilerdendir. AİS grubunda posterior enstrümantasyon, füzyon tedavisi güvenli ve tercih edilebilir bir tedavidir.

EOS grubunda mezuniyet cerrahisi için uygulanan posterior enstrümantasyon, füzyon ameliyatı ile anlamlı şekilde T1-T12 mesafesinde artış, T1-S1 mesafesinde artış ve eğrilik kontrolü elde edilmiştir. Sagittal parametreler üzerine anlamlı etkisi bulunmasada son değerler normal sınırlar içerisindedir.

AİS grubunda mezuniyet cerrahisi ile T1-T12 mesafesinde artış, T1-S1 mesafesinde artış ve eğrilik kontrolü düzelme elde edilmiştir. Sagittal parametreler açısından anlamlı fark saptansada son değerler normal sınır içerisindedir.

EOS grubunda AİS grubuna göre büyüyen rod tedavisinin bir sonucu olan otofüzyonlar nedeniyle yeterli eğrilik kontrolünü sağlayabilmek için daha fazla osteotomi uygulanmıştır. EOS grubunda tekrarlayan cerrahiye bağlı yapışıklıklar ve fibrotik dokular mevcut. Bu nedenle EOS grubunda AİS grubuna göre cerrahi süre uzun, kanama miktarı fazla ve tansfüzyon ihtiyacı fazladır.

EOS grubu ve AİS grubu komplikasyon oranları açısından benzerdir. İki grubunda komplikasyonları yönetilebilir komplikasyonlardır. Uygun tanı ve tedavi ile sekel bırakmadan tedavi edilebilmiştir.

Bu çalışma idiopatik etiyolojiye sahip EOS hastalarının büyüyen rod tedavisi sonucunda mezuniyet olarak uygulanan PEF işlemi ile AİS hastalarına uygulanan PEF işleminde artmış cerrahi süre, kanama miktarına karşılık benzer komplikasyon oranları

ile benzer yükseklik kazanımı elde ettiğini göstermektedir. Ayrıca eğrilik kontrolü açısından AIS hastaları kadar olmasada kabul edilebilir düzeyde kazanç elde edilmektedir.

AIS hastalarında PEF önerilirken benzer kazanımların elde edildiği EOS hastalarına da mezuniyet ameliyatı olarak PEF işlemi önerilmelidir. EOS grubunda haliyle mezuniyet yapıldığında PEF ameliyatı ile elde edilecek potansiyel kazanımlar kaybedilecektir.

Bu çalışma kısıtlı sayıda idiopatik etiyojjiye sahip erken başlangıçlı skolyoz hastaları ve adölesan idiopatik skolyoz hastaları ile retrospektif şekilde dizayn edilmiştir. EOS hasta grubunda mezuniyet olarak PEF ameliyatının etkinliğinin ve sonuçlarının anlaşılabilmesi için daha geniş hasta serilerinde prospektif, randomize kontrollü çalışmalar yapılmalıdır.

7. KAYNAKÇA

1. Marketos SG, Skiadas P. Hippocrates: The Father of Spine Surgery. *Spine*. 01 Temmuz 1999;24(13):1381.
2. Korbel K, Kozinoga M, Stolinski L, Kotwicki T. Scoliosis Research Society (SRS) Criteria and Society of Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT) 2008 Guidelines in Non-Operative Treatment of Idiopathic Scoliosis. *Pol Orthop Traumatol*. 28 Temmuz 2014;79:118-22.
3. El-Hawary R, Akbarnia BA. Early Onset Scoliosis - Time for Consensus. *Spine Deform*. Mart 2015;3(2):105-6.
4. Williams BA, Matsumoto H, McCalla DJ, Akbarnia BA, Blakemore LC, Betz RR, vd. Development and Initial Validation of the Classification of Early-Onset Scoliosis (C-EOS). *J Bone Jt Surg*. 20 Ağustos 2014;96(16):1359-67.
5. Sağlam Y, Bingöl I, Yaşar NE, Dumlupınar E, Ata N, Ülgü MM, vd. The burden of scoliosis: a nationwide database study on demographics, incidence, and surgical rates. *Eur Spine J [Internet]*. 06 Ekim 2023 [a.yer 10 Aralık 2023]; Erişim adresi: <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07967-z>
6. Sebaaly A, Daher M, Salameh B, Ghouli A, George S, Roukoz S. Congenital scoliosis: a narrative review and proposal of a treatment algorithm. *EFORT Open Rev*. 01 Mayıs 2022;7(5):318-27.
7. Arlet V, Odent Th, Aebi M. Congenital scoliosis. *Eur Spine J*. 01 Ekim 2003;12(5):456-63.
8. Cho W, Shepard N, Arlet V. The etiology of congenital scoliosis: genetic vs. environmental—a report of three monozygotic twin cases. *Eur Spine J*. Temmuz 2018;27(S3):533-7.
9. Giampietro PF, Raggio CL, Blank RD, McCarty C, Broeckel U, Pickart MA. Clinical, Genetic and Environmental Factors Associated with Congenital Vertebral Malformations. *Mol Syndromol*. 2013;4(1-2):94-105.
10. Furdock R, Brouillet K, Luhmann SJ. Organ System Anomalies Associated With Congenital Scoliosis: A Retrospective Study of 305 Patients. *J Pediatr Orthop*. Mart 2019;39(3):e190-4.
11. Ghiță R, Georgescu I, Muntean M, Hamei Ş., Japie E, Dughilă C, vd. Burnei-Gavriliu classification of congenital scoliosis. *J Med Life*. 2015;8(2):239-44.
12. McMaster MJ, Ohtsuka K. The natural history of congenital scoliosis. A study of two hundred and fifty-one patients.: *J Bone Jt Surg*. Ekim 1982;64(8):1128-47.
13. Burnei G, Gavriliu S, Vlad C, Georgescu I, Ghita R, Dughilă C, vd. Congenital scoliosis: an up-to-date. *J Med Life*. 2015;8(3):388-97.
14. Marks DS, Qaimkhani SA. The Natural History of Congenital Scoliosis and Kyphosis: *Spine*. Ağustos 2009;34(17):1751-5.

15. McMaster MJ, McMaster ME. Prognosis for Congenital Scoliosis Due to a Unilateral Failure of Vertebral Segmentation. *JBJS*. 05 Haziran 2013;95(11):972.
16. Akbarnia BA. Management Themes in Early Onset Scoliosis. *JBJS*. Şubat 2007;89(suppl_1):42.
17. Berven S, Bradford DS. Neuromuscular scoliosis: causes of deformity and principles for evaluation and management. *Semin Neurol*. Haziran 2002;22(2):167-78.
18. Vialle R, Thévenin-Lemoine C, Mary P. Neuromuscular scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 01 Şubat 2013;99(1, Supplement):S124-39.
19. McCarthy RE. MANAGEMENT OF NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS. *Orthop Clin North Am*. Temmuz 1999;30(3):435-49.
20. Samuelsson L, Eklöf O. Scoliosis in myelomeningocele. *Acta Orthop Scand*. Nisan 1988;59(2):122-7.
21. Piggott H. The natural history of scoliosis in myelodysplasia. *J Bone Joint Surg Br*. Şubat 1980;62-B(1):54-8.
22. Hägglund G, Pettersson K, Czuba T, Persson-Bunke M, Rodby-Bousquet E. Incidence of scoliosis in cerebral palsy. *Acta Orthop*. 30 Temmuz 2018;89(4):443-7.
23. Chung AS, Renfree S, Lockwood DB, Karlen J, Belthur M. Syndromic Scoliosis: National Trends in Surgical Management and Inpatient Hospital Outcomes: A 12-Year Analysis. *Spine*. 15 Kasım 2019;44(22):1564.
24. Levy BJ, Schulz JF, Fornari ED, Wollowick AL. Complications associated with surgical repair of syndromic scoliosis. *Scoliosis*. 2015;10:14.
25. Riseborough EJ, Wynne-Davies R. A genetic survey of idiopathic scoliosis in Boston, Massachusetts. *J Bone Joint Surg Am*. Temmuz 1973;55(5):974-82.
26. Andersen MO, Thomsen K, Kyvik KO. Adolescent idiopathic scoliosis in twins: a population-based survey. *Spine*. 15 Nisan 2007;32(8):927-30.
27. Justice CM, Miller NH, Marosy B, Zhang J, Wilson AF. Familial idiopathic scoliosis: evidence of an X-linked susceptibility locus. *Spine*. 15 Mart 2003;28(6):589-94.
28. Role of melatonin deficiency in the development of scoliosis in pinealectomised chickens - PubMed [Internet]. [a.yer 15 Kasım 2023]. Erişim adresi: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7822371/>
29. Hilibrand AS, Blakemore LC, Loder RT, Greenfield ML, Farley FA, Hensinger RN, vd. The role of melatonin in the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 1996;21(10):1140-6.
30. Qiu Y, Wu L, Wang B, Yu Y, Zhu Z. Asymmetric expression of melatonin receptor mRNA in bilateral paravertebral muscles in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 15 Mart 2007;32(6):667-72.

31. Kindsfater K, Lowe T, Lawellin D, Weinstein D, Akmakjian J. Levels of platelet calmodulin for the prediction of progression and severity of adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. Ağustos 1994;76(8):1186-92.
32. Lowe T, Lawellin D, Smith D, Price C, Haheer T, Merola A, vd. Platelet Calmodulin Levels in Adolescent Idiopathic Scoliosis: Do the Levels Correlate With Curve Progression and Severity? *Spine*. 01 Nisan 2002;27(7):768.
33. Acaroglu E, Akel I, Alanay A, Yazici M, Marcucio R. Comparison of the melatonin and calmodulin in paravertebral muscle and platelets of patients with or without adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 15 Ağustos 2009;34(18):E659-663.
34. Bondar K, Nguyen A, Vatani J, Kessler J. The Demographics and Epidemiology of Infantile, Juvenile, and Adolescent Idiopathic Scoliosis in a Southern California Integrated Health Care System. *Spine*. 01 Kasım 2021;46(21):1468-77.
35. Ueno M, Takaso M, Nakazawa T, Imura T, Saito W, Shintani R, vd. 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 Off J Jpn Orthop Assoc*. Ocak 2011;16(1):1-6.
36. Brooks HL, Azen SP, Gerberg E, Brooks R, Chan L. Scoliosis: A prospective epidemiological study. *J Bone Joint Surg Am*. Ekim 1975;57(7):968-72.
37. Lloyd-Roberts GC, Pilcher MF. STRUCTURAL IDIOPATHIC SCOLIOSIS IN INFANCY: A STUDY OF THE NATURAL HISTORY OF 100 PATIENTS. *J Bone Joint Surg Br*. Ağustos 1965;47:520-3.
38. Scott JC, Morgan TH. The natural history and prognosis of infantile idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. Ağustos 1955;37-B(3):400-13.
39. Mehta MH. The rib-vertebra angle in the early diagnosis between resolving and progressive infantile scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. Mayıs 1972;54(2):230-43.
40. Di Felice F, Zaina F, Donzelli S, Negrini S. The Natural History of Idiopathic Scoliosis During Growth: A Meta-Analysis. *Am J Phys Med Rehabil*. Mayıs 2018;97(5):346-56.
41. Weinstein SL, Dolan LA, Spratt KF, Peterson KK, Spoonamore MJ, Ponseti IV. Health and Function of Patients With Untreated Idiopathic Scoliosis: A 50-Year Natural History Study. *JAMA*. 05 Şubat 2003;289(5):559-67.
42. Pehrsson K, Larsson S, Oden A, Nachemson A. Long-Term Follow-Up of Patients with Untreated Scoliosis A Study of Mortality, Causes of Death, and Symptoms. *Spine*. Eylül 1992;17(9):1091.
43. Dunnill MS. Postnatal Growth of the Lung. *Thorax*. 01 Aralık 1962;17(4):329-33.
44. Dimeglio A, Canavese F. The growing spine: how spinal deformities influence normal spine and thoracic cage growth. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. Ocak 2012;21(1):64-70.

45. Campbell RM, Smith MD, Mayes TC, Mangos JA, Willey-Courand DB, Kose N, vd. The characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. Mart 2003;85(3):399-408.
46. Canavese F, Dimeglio A. Normal and abnormal spine and thoracic cage development. *World J Orthop*. 18 Ekim 2013;4(4):167-74.
47. 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*. Haziran 2008;90(6):1272-81.
48. Wynne-Davies R. Infantile idiopathic scoliosis. Causative factors, particularly in the first six months of life. *J Bone Joint Surg Br*. Mayıs 1975;57(2):138-41.
49. Ma HH, Tai CL, Chen LH, Niu CC, Chen W, Lai PL. Application of two-parameter scoliometer values for predicting scoliotic Cobb angle. *Biomed Eng OnLine*. 04 Aralık 2017;16.
50. Karachalios T, Sofianos J, Roidis N, Sapkas G, Korres D, Nikolopoulos K. Ten-year follow-up evaluation of a school screening program for scoliosis. Is the forward-bending test an accurate diagnostic criterion for the screening of scoliosis? *Spine*. 15 Kasım 1999;24(22):2318-24.
51. Côté P, Kreitz BG, Cassidy JD, Dzus AK, Martel J. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test. *Spine*. 01 Nisan 1998;23(7):796-802; discussion 803.
52. Zadeh HG, Sakka SA, Powell MP, Mehta MH. Absent superficial abdominal reflexes in children with scoliosis. An early indicator of syringomyelia. *J Bone Joint Surg Br*. Eylül 1995;77(5):762-7.
53. Basu PS, Elsebaie H, Noordeen MHH. Congenital spinal deformity: a comprehensive assessment at presentation. *Spine*. 15 Ekim 2002;27(20):2255-9.
54. Shen J, Wang Z, Liu J, Xue X, Qiu G. Abnormalities associated with congenital scoliosis: a retrospective study of 226 Chinese surgical cases. *Spine*. 01 Mayıs 2013;38(10):814-8.
55. Beals RK, Robbins JR, Rolfe B. Anomalies associated with vertebral malformations. *Spine*. Ağustos 1993;18(10):1329-32.
56. Dhuper S, Ehlers KH, Fatica NS, Myridakis DJ, Klein AA, Friedman DM, vd. Incidence and risk factors for mitral valve prolapse in severe adolescent idiopathic scoliosis. *Pediatr Cardiol*. 1997;18(6):425-8.
57. 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*. 01 Ekim 2016;25(10):3366-70.
58. DeSmet AA, Goin JE, Asher MA, Scheuch HG. A clinical study of the differences between the scoliotic angles measured on posteroanterior and anteroposterior radiographs. *JBJS*. Nisan 1982;64(4):489.
59. Cobb, Cobb J, Cobb J, Cobb J. Outlines for the study of scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* [İnternet]. 1948 [a.yer 23 Kasım 2023]; Erişim adresi:

<https://www.semanticscholar.org/paper/Outlines-for-the-study-of-scoliosis-Cobb-Cobb/4e90f92a918301405d93fb1b90e69c1d8fffa767>

60. Pruijs JE, Hageman MA, Keessen W, van der Meer R, van Wieringen JC. Variation in Cobb angle measurements in scoliosis. *Skeletal Radiol.* Ekim 1994;23(7):517-20.
61. Prestigiacomio FG, Hulsbosch MHHM, Bruls VEJ, Nieuwenhuis JJ. Intra- and inter-observer reliability of Cobb angle measurements in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform.* Ocak 2022;10(1):79-86.
62. Richards BS, Bernstein RM, D'Amato CR, Thompson GH. Standardization of criteria for adolescent idiopathic scoliosis brace studies: SRS Committee on Bracing and Nonoperative Management. *Spine.* 15 Eylül 2005;30(18):2068-75; discussion 2076-2077.
63. Nash CL, Moe JH. A study of vertebral rotation. *J Bone Joint Surg Am.* Mart 1969;51(2):223-9.
64. Perdriolle R, Vidal J. Thoracic idiopathic scoliosis curve evolution and prognosis. *Spine.* Kasım 1985;10(9):785-91.
65. Drerup B. Principles of measurement of vertebral rotation from frontal projections of the pedicles. *J Biomech.* 1984;17(12):923-35.
66. Weiss HR. Measurement of vertebral rotation: Perdriolle versus Raimondi. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 1995;4(1):34-8.
67. Klepps SJ, Lenke LG, Bridwell KH, Bassett GS, Whorton J. Prospective Comparison of Flexibility Radiographs in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine.* 01 Mart 2001;26(5):E74.
68. He C, Wong MS. Spinal Flexibility Assessment on the Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Literature Review. *Spine.* 15 Şubat 2018;43(4):E250-8.
69. Dang NR, Moreau MJ, Hill DL, Mahood JK, Raso J. Intra-observer reproducibility and interobserver reliability of the radiographic parameters in the Spinal Deformity Study Group's AIS Radiographic Measurement Manual. *Spine.* 01 Mayıs 2005;30(9):1064-9.
70. Kuklo TR, Potter BK, Polly DW, O'Brien MF, Schroeder TM, Lenke LG. Reliability analysis for manual adolescent idiopathic scoliosis measurements. *Spine.* 15 Şubat 2005;30(4):444-54.
71. Little DG, Song KM, Katz D, Herring JA. Relationship of peak height velocity to other maturity indicators in idiopathic scoliosis in girls. *J Bone Joint Surg Am.* Mayıs 2000;82(5):685-93.
72. Risser JC. The Iliac apophysis; an invaluable sign in the management of scoliosis. *Clin Orthop.* 1958;11:111-9.
73. Sanders JO, Khoury JG, Kishan S, Browne RH, Mooney JF, Arnold KD, vd. Predicting scoliosis progression from skeletal maturity: a simplified classification during adolescence. *J Bone Joint Surg Am.* Mart 2008;90(3):540-53.

74. Minkara A, Bainton N, Tanaka M, Kung J, DeAllie C, Khaleel A, vd. High Risk of Mismatch Between Sanders and Risser Staging in Adolescent Idiopathic Scoliosis: Are We Guiding Treatment Using the Wrong Classification? *J Pediatr Orthop.* Şubat 2020;40(2):60-4.
75. Vira S, Husain Q, Jalai C, Paul J, Poorman GW, Poorman C, vd. The Interobserver and Intraobserver Reliability of the Sanders Classification Versus the Risser Stage. *J Pediatr Orthop.* Haziran 2017;37(4):e246-9.
76. Aaro S, Dahlborn M. Estimation of vertebral rotation and the spinal and rib cage deformity in scoliosis by computer tomography. *Spine.* 1981;6(5):460-7.
77. Inoue M, Minami S, Nakata Y, Otsuka Y, Takaso M, Kitahara H, vd. Preoperative MRI analysis of patients with idiopathic scoliosis: a prospective study. *Spine.* 01 Ocak 2005;30(1):108-14.
78. Ozturk C, Karadereler S, Ornek I, Enercan M, Ganiyusufoglu K, Hamzaoglu A. The role of routine magnetic resonance imaging in the preoperative evaluation of adolescent idiopathic scoliosis. *Int Orthop.* Nisan 2010;34(4):543-6.
79. Williams BA, McClung A, Blakemore LC, Shah SA, Pawelek JB, Sponseller PD, vd. MRI utilization and rates of abnormal pretreatment MRI findings in early-onset scoliosis: review of a global cohort. *Spine Deform.* 01 Ekim 2020;8(5):1099-107.
80. Zhang W, Sha S, Xu L, Liu Z, Qiu Y, Zhu Z. The prevalence of intraspinal anomalies in infantile and juvenile patients with “presumed idiopathic” scoliosis: a MRI-based analysis of 504 patients. *BMC Musculoskelet Disord.* 27 Nisan 2016;17:189.
81. King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* Aralık 1983;65(9):1302-13.
82. Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, Clements DH, Harms J, Lowe TG, vd. Intraobserver and interobserver reliability of the classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* Ağustos 1998;80(8):1097-106.
83. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, vd. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* Ağustos 2001;83(8):1169-81.
84. Skaggs DL, Akbarnia BA, Flynn JM, Myung KS, Sponseller PD, Vitale MG, vd. A Classification of Growth Friendly Spine Implants. *J Pediatr Orthop.* Mayıs 2014;34(3):260.
85. Mehlman CT, Araghi A, Roy DR. Hyphenated history: the Hueter-Volkman law. *Am J Orthop Belle Mead NJ.* Kasım 1997;26(11):798-800.
86. Bradford EH, Brackett EG. Treatment of lateral curvature by means of pressure correction. 1893. *Clin Orthop.* Temmuz 1999;(364):4-10; discussion 2-3.
87. Mehta MH. Growth as a corrective force in the early treatment of progressive infantile scoliosis. *J Bone Joint Surg Br.* 01 Eylül 2005;87-B(9):1237-47.

88. Ballhause TM, Moritz M, Hättich A, Stücker R, Mladenov K. Serial casting in early onset scoliosis: syndromic scoliosis is no contraindication. *BMC Musculoskelet Disord*. 20 Kasım 2019;20(1):554.
89. Cao J, Zhang XJ, Sun N, Sun L, Guo D, Qi XY, vd. The therapeutic characteristics of serial casting on congenital scoliosis: a comparison with non-congenital cases from a single-center experience. *J Orthop Surg*. 04 Nisan 2017;12(1):56.
90. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of Bracing in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *N Engl J Med*. 17 Ekim 2013;369(16):1512-21.
91. Tsirikos AI, Adam R, Sutters K, Fernandes M, García-Martínez S. Effectiveness of the Boston Brace in the Treatment of Paediatric Scoliosis: A Longitudinal Study from 2010-2020 in a National Spinal Centre. *Healthc Basel Switz*. 20 Mayıs 2023;11(10):1491.
92. Li Y, Swallow J, Gagnier J, Thompson GH, Sturm PF, Emans JB, vd. A report of two conservative approaches to early onset scoliosis: serial casting and bracing. *Spine Deform*. Mart 2021;9(2):595-602.
93. Thometz J, Liu X, Rizza R, English I, Tarima S. Effect of an elongation bending derotation brace on the infantile or juvenile scoliosis. *Scoliosis Spinal Disord*. 2018;13:13.
94. Harshavardhana NS, Lonstein JE. Results of Bracing for Juvenile Idiopathic Scoliosis. *Spine Deform*. 2018;6(3):201-6.
95. Khoshbin A, Caspi L, Law PW, Donaldson S, Stephens D, da Silva T, vd. Outcomes of Bracing in Juvenile Idiopathic Scoliosis Until Skeletal Maturity or Surgery. *Spine*. 01 Ocak 2015;40(1):50.
96. Thometz J, Liu XC. Serial CAD/CAM Bracing: An Alternative to Serial Casting for Early Onset Scoliosis. *J Pediatr Orthop*. Mart 2019;39(3):e185-9.
97. Hardesty CK, Huang RP, El-Hawary R, Samdani A, Hermida PB, Bas T, vd. Early-Onset Scoliosis: Updated Treatment Techniques and Results. *Spine Deform*. 2018;6(4):467-72.
98. Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am*. Haziran 1962;44-A:591-610.
99. Moe JH, Kharrat K, Winter RB, Cummine JL. Harrington Instrumentation Without Fusion Plus External Orthotic Support for the treatment of Difficult Curvature Problems in Young Children. *Clin Orthop Relat Res*. Mayıs 1984;185:35.
100. Acaroglu E, Yazici M, Alanay A, Surat A. Three-Dimensional Evolution of Scoliotic Curve During Instrumentation Without Fusion in Young Children. *J Pediatr Orthop*. Ağustos 2002;22(4):492.
101. Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, Thompson AG, Asher MA. Dual Growing Rod Technique for the Treatment of Progressive Early-Onset Scoliosis: A Multicenter Study. *Spine*. 01 Eylül 2005;30(17S):S46.

102. Akbarnia BA, Breakwell LM, Marks DS, McCarthy RE, Thompson AG, Canale SK, vd. Dual Growing Rod Technique Followed for Three to Eleven Years Until Final Fusion: The Effect of Frequency of Lengthening. *Spine*. 20 Nisan 2008;33(9):984.
103. Sankar WN, Skaggs DL, Yazici M, Johnston CEI, Shah SA, Javidan P, vd. Lengthening of Dual Growing Rods and the Law of Diminishing Returns. *Spine*. 01 Mayıs 2011;36(10):806.
104. Cahill PJ, Marvil S, Cuddihy L, Schutt C, Idema J, Clements DH, vd. Autofusion in the Immature Spine Treated With Growing Rods. *Spine*. 15 Ekim 2010;35(22):E1199.
105. Flynn JM, Tomlinson LA, Pawelek J, Thompson GH, McCarthy R, Akbarnia BA, vd. Growing-Rod Graduates: Lessons Learned from Ninety-nine Patients Who Completed Lengthening. *JBJS*. 02 Ekim 2013;95(19):1745.
106. Kocyigit IA, Olgun ZD, Demirkiran HG, Ayvaz M, Yazici M. Graduation Protocol After Growing-Rod Treatment: Removal of Implants without New Instrumentation Is Not a Realistic Approach. *J Bone Joint Surg Am*. 20 Eylül 2017;99(18):1554-64.
107. Campbell RM, Smith MD, Hell-Vocke AK. Expansion thoracoplasty: the surgical technique of opening-wedge thoracostomy. *Surgical technique. J Bone Joint Surg Am*. Mart 2004;86-A Suppl 1:51-64.
108. Baky FJ, Larson AN, St. Hilaire T, Pawelek J, Skaggs DL, Emans JB, vd. The Effect of Expansion Thoracostomy on Spine Growth in Patients with Spinal Deformity and Fused Ribs Treated with Rib-Based Growing Constructs. *Spine Deform*. 01 Eylül 2019;7(5):836-41.
109. Ramirez N, Camacho L, Ibanez M, Ramirez N, Torres Y, Montanez J, vd. Respiratory and Post-operative Outcomes in Early Onset Scoliosis Patients Treated with Rib Based Growing System: Single Centre Experience of 15 Years. *Pediatrics*. 01 Mart 2021;147(3_MeetingAbstract):806-7.
110. Takaso M, Moriya H, Kitahara H, Minami S, Takahashi K, Isobe K, vd. New remote-controlled growing-rod spinal instrumentation possibly applicable for scoliosis in young children. *J Orthop Sci*. 01 Kasım 1998;3(6):336-40.
111. Akbarnia BA, Mundis GM, Salari P, Yaszay B, Pawelek JB. Innovation in growing rod technique: a study of safety and efficacy of a magnetically controlled growing rod in a porcine model. *Spine*. 01 Haziran 2012;37(13):1109-14.
112. Akbarnia BA, Cheung K, Noordeen H, Elsebaie H, Yazici M, Dannawi Z, vd. Next Generation of Growth-Sparing Techniques: Preliminary Clinical Results of a Magnetically Controlled Growing Rod in 14 Patients With Early-Onset Scoliosis. *Spine*. 15 Nisan 2013;38(8):665.
113. Akbarnia BA, Pawelek JB, Cheung KMC, Demirkiran G, Elsebaie H, Emans JB, vd. Traditional Growing Rods Versus Magnetically Controlled Growing Rods for the Surgical Treatment of Early-Onset Scoliosis: A Case-Matched 2-Year Study. *Spine Deform*. 01 Kasım 2014;2(6):493-7.

114. Kwan KYH, Alanay A, Yazici M, Demirkiran G, Helenius I, Nnadi C, vd. Unplanned Reoperations in Magnetically Controlled Growing Rod Surgery for Early Onset Scoliosis With a Minimum of Two-Year Follow-Up. *Spine*. 15 Aralık 2017;42(24):E1410.
115. Hosseini P, Pawelek J, Mundis GM, Yaszay B, Ferguson J, Helenius I, vd. Magnetically controlled Growing Rods for Early-onset Scoliosis: A Multicenter Study of 23 Cases With Minimum 2 years Follow-up. *Spine*. 15 Eylül 2016;41(18):1456.
116. Teoh KH, Winson DMG, James SH, Jones A, Howes J, Davies PR, vd. Do magnetic growing rods have lower complication rates compared with conventional growing rods? *Spine J*. 01 Nisan 2016;16(4):S40-4.
117. Smith AD, Von Lackum WH, Wylie R. AN OPERATION FOR STAPLING VERTEBRAL BODIES IN CONGENITAL SCOLIOSIS. *JBJS*. Nisan 1954;36(2):342.
118. Betz RR, Kim J, D'Andrea LP, Mulcahey MJ, Balsara RK, Clements DH. An Innovative Technique of Vertebral Body Stapling for the Treatment of Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Feasibility, Safety, and Utility Study. *Spine*. 15 Ekim 2003;28(20S):S255.
119. Betz RR, Ranade A, Samdani AF, Chafetz R, D'Andrea LP, Gaughan JP, vd. Vertebral Body Stapling: A Fusionless Treatment Option for a Growing Child With Moderate Idiopathic Scoliosis. *Spine*. 15 Ocak 2010;35(2):169.
120. Bumpass DB, Fuhrhop SK, Schootman M, Smith JC, Luhmann SJ. Vertebral Body Stapling for Moderate Juvenile and Early Adolescent Idiopathic Scoliosis: Cautions and Patient Selection Criteria. *Spine*. Aralık 2015;40(24):E1305.
121. Cahill PJ, Auriemma M, Dakwar E, Gaughan JP, Samdani AF, Pahys JM, vd. Factors Predictive of Outcomes in Vertebral Body Stapling for Idiopathic Scoliosis. *Spine Deform*. Ocak 2018;6(1):28-37.
122. Crawford CHI, Lenke LG. Growth Modulation by Means of Anterior Tethering Resulting in Progressive Correction of Juvenile Idiopathic Scoliosis: A Case Report. *JBJS*. Ocak 2010;92(1):202.
123. Samdani AF, Ames RJ, Kimball JS, Pahys JM, Grewal H, Pelletier GJ, vd. Anterior vertebral body tethering for immature adolescent idiopathic scoliosis: one-year results on the first 32 patients. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. Temmuz 2015;24(7):1533-9.
124. Pehlivanoglu T, Oltulu I, Ofluoglu E, Sarioglu E, Altun G, Korkmaz M, vd. Thoracoscopic Vertebral Body Tethering for Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Minimum of 2 Years' Results of 21 Patients. *J Pediatr Orthop*. 2020;40(10):575-80.
125. Roser MJ, Askin GN, Labrom RD, Zahir SF, Izatt M, Little JP. Vertebral body tethering for idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis. *Spine Deform*. Kasım 2023;11(6):1297-307.

126. Luque ER. TREATMENT OF SCOLIOSIS WITHOUT ARTHRODESIS OR EXTERNAL SUPPORT PRELIMINARY REPORT. Clin Orthop Relat Res. Eylül 1976;119:276.
127. Pratt RK, Webb JK, Burwell RG, Cummings SL. Luque Trolley and Convex Epiphysiodesis in the Management of Infantile and Juvenile Idiopathic Scoliosis. Spine. 01 Ağustos 1999;24(15):1538.
128. Ouellet J. Surgical Technique: Modern Luqué Trolley, a Self-growing Rod Technique. Clin Orthop Relat Res. Mayıs 2011;469(5):1356.
129. McCarthy RE, Luhmann S, Lenke L, McCullough FL. The Shilla Growth Guidance Technique for Early-Onset Spinal Deformities at 2-Year Follow-Up: A Preliminary Report. J Pediatr Orthop. Ocak 2014;34(1):1.
130. McCarthy RE, McCullough FL. Shilla Growth Guidance for Early-Onset Scoliosis: Results After a Minimum of Five Years of Follow-up. JBJS. 07 Ekim 2015;97(19):1578.
131. Ho DE, Imai K, King G, Stuart EA. **MatchIt** : Nonparametric Preprocessing for Parametric Causal Inference. J Stat Softw [Internet]. 2011 [a.yer 12 Aralık 2023];42(8). Erişim adresi: <http://www.jstatsoft.org/v42/i08/>
132. Sievert C. Interactive web-based data visualization with R, plotly, and shiny [Internet]. [a.yer 12 Aralık 2023]. Erişim adresi: <https://plotly-r.com/>
133. Akbarnia BA, Pawelek JB, Hosseini P, Salari P, Kabirian N, Marks D, vd. Treatment of Early-onset Scoliosis: Similar Outcomes Despite Different Etiologic Subtypes in Traditional Growing Rod Graduates. J Pediatr Orthop. 01 Ocak 2022;42(1):10-6.
134. Ahuja K, Ifthekar S, Mittal S, Bali SK, Yadav G, Goyal N, vd. Is Final Fusion Necessary for Growing-Rod Graduates: A Systematic Review and Meta-Analysis. Glob Spine J. Ocak 2023;13(1):209-18.
135. Reames DL, Smith JS, Fu KMG, Polly DWJ, Ames CP, Berven SH, vd. Complications in the Surgical Treatment of 19,360 Cases of Pediatric Scoliosis: A Review of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Database. Spine. 15 Ağustos 2011;36(18):1484.
136. Weinstein SL. The Natural History of Adolescent Idiopathic Scoliosis. J Pediatr Orthop. Temmuz 2019;39:S44.
137. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JCY, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. Lancet Lond Engl. 03 Mayıs 2008;371(9623):7-37.
138. Smorgick Y, Tamir E, Mirovsky Y, Rabau O, Lindner D, Anekstein Y. Height Gain Prediction in Adolescent Idiopathic Scoliosis Based on Preoperative Parameters. J Pediatr Orthop. Eylül 2021;41(8):502-6.
139. Watanabe K, Hosogane N, Kawakami N, Tsuji T, Toyama Y, Chiba K, vd. Increase in spinal longitudinal length by correction surgery for adolescent idiopathic scoliosis. Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc. Ekim 2012;21(10):1920-5.

140. Jain A, Sponseller PD, Flynn JM, Shah SA, Thompson GH, Emans JB, vd. Avoidance of “Final” Surgical Fusion After Growing-Rod Treatment for Early-Onset Scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 06 Temmuz 2016;98(13):1073-8.
141. Hosseini P, Akbarnia BA. Commentary: Mean 6-Year Follow-up of Magnetically Controlled Growing Rod Patients With Early Onset Scoliosis: A Glimpse of What Happens to Graduates. *Neurosurgery.* Mayıs 2019;84(5):E267.
142. Hanna R, Sharafinski M, Patterson K, Noonan KJ, Sund S, Schultz M, vd. Is prophylactic formal fusion with implant revision necessary in non-ambulatory children with spinal muscular atrophy and growing rods who are no longer lengthened? *Spine Deform.* Haziran 2020;8(3):547-52.
143. Shen TS, Schairer W, Widmann R. In Patients with Early-Onset Scoliosis, Can Growing Rods Be Removed Without Further Instrumentation? An Evidenced-Based Review. *HSS J Musculoskelet J Hosp Spec Surg.* Temmuz 2019;15(2):201-4.