



Spinal Deformitelere Genel Yaklaşım

General Approach to Spine Deformities

Mehmet Reşid ÖNEN, Sait NADERİ

Ümraniye Eğitim Araştırma Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, İstanbul, Türkiye

Yazışma Adresi: Sait NADERİ / E-posta: saitnaderi@yahoo.com

ÖZ

Omurganın çeşitli eğim ve diziliminin bozukluğuna spinal deformite adı verilir. Spinal deformiteler; konjenital anomali, nöromüsküler bozukluklar, iskelet displazileri ve gelişim bozuklukları gibi bir çok faktöre bağlı gelişebilir. Pediatrik spinal deformitelere nöral patolojiler ve sistemik organ patolojileri eşlik edebilir. Bu nedenle tanı, takip ve tedavi yaklaşımları oldukça farklıdır. Bu süreçte hastanın yaşı ve deformitenin tipi önem arz etmektedir. Spinal deformitelerde tanı, tedavi ve takipte temel standartların yanı sıra, bu süreci yönetmek için birçok sınıflama sistemi geliştirilmiştir.

Günümüzde deformitenin tanısı skolyoz grafisi için aksiyel, koronal ve sagittal düzlemde BT ve MRG'den yararlanılır. Tedavide nöromonitorizasyon eşliğinde korreksiyon ve enstrümantasyon yapılır. Bu çalışmada, omurga deformitelerine genel yaklaşım özetlenmektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Deformite, Skolyoz, Spinal deformite

ABSTRACT

Malalignment of spine can be defined as spine deformity. Spinal deformities may be secondary to a variety of causes including congenital anomalies, neuromuscular disorders, skeletal displasies, and some other developmental disorders. Pediatric spine deformities may be accompanied by neural and systemic organ pathologies. Therefore, diagnosis, treatment and followup strategies may change. Patient age and type for deformity is of importance. Besides of standards for diagnosis and treatment of spine deformities, many classification systems were defined for standardization.

Currently spine deformity is diagnosed using scoliosis graphy, CT and MRI. Scoliosis is corrected and instrumented under neuromonitoring. In this study, general approach to the spine deformities is summarized.

KEYWORDS: Deformity, Scoliosis, Spinal deformity

Spinal deformite kavramı antik çağlara kadar uzanan, döneme ait figürlerde rastlanılan bir patolojidir. Deformitelere bağlı bozulan insan anatomisi, insanlık tarihinin her döneminde ve her toplumda farklı algılanmış, farklı değerlendirilmiştir. Geçen dört asırlık dönemde bu hastalar tutucu tedaviler, traksiyon ve korse gibi yöntemlerle tedavi edilirken günümüzde bu yöntemler yerini cerrahi tedaviye bırakmıştır.

İnsan anatomisinde dengeli bir duruşu sağlayan en önemli yapı omurga ve buna destek veren kas, ligamanlar ve disk yapılarıdır. Torakal bölgede kotlar, lumbosakral bölgede sakroiliak eklem ve pelvis bu sistemin önemli yapılarıdır. Bütün bu yapı baş ve tüm gövdenin yükünün, dengeli bir şekilde pelvis aracılığı bacaklara iletilmesini sağlar. Omurga bu biyomekanik dengeyi, içerdiği omuriliği en iyi şekilde koruyacak şekilde sürdürmek zorundadır.

Bütün bu yapılar omurganın stabilitesini pasif ve aktif durumda sağlamaktadır. Yeni doğan döneminde omurga sagittal düzlemde posterior konveksitesi olan tek bir eğrilik içermektedir. Büyüme ve çocuğun yürümeye başlamasıyla birlikte omurga servikal lordoz, lomber lordoz ve torakal kifoz ile dengeli bir sagittal balansa kavuşur. Normal sağlıklı bir birey ayakta durduğunda omurganın tepesinden indirilen

bir çizgi torakal omurganın önünden geçerek, L5/S1 eklemine çaprazlar. Aynı şekilde koronal planda da omurga servikalden sakral bölgeye kadar düz bir hat şeklinde uzanmaktadır. Bu anatomik dizilimin her üç uzay planında yani frontal, sagittal veya transvers düzlemde fizyolojik sınırları aşacak şekilde taşmasına *spinal deformite* adı verilir. Bu deformiteler konjenital olabileceği gibi, idiyopatik veya kazanılmış olabilir.

Sagittal planda; kifoz ve spondiloliztezis, frontal planda; skolyoz, transvers planda adeloan idiyopatik skolyoz (AİS) ve spondilolizis şeklinde olur.

Spinal deformitelerin etiyolojisi bir çok nedene bağlı olabilir. Konjenital hastalıklar, dejeneratif hastalıklar, travma, enfeksiyon, tümör, metabolik hastalıklar, nöromüsküler hastalıklar ve AİS gibi etiyolojisi bilinmeyen bir çok faktöre bağlı gelişebilir (Tablo I).

Konjenital omurga deformiteleri başta spinal disrafizmler olmak üzere, bazı sistemik patolojilerin bir kompartmanı şeklinde görülür. Görülme olasılıkları yaklaşık 1000 canlı doğumda 0.5'tir ve bu olguların %1'i sporadik olarak ortaya çıkmaktadır (8,54,56,57). Spinal deformite olguları %5-35 oranında intraspinal patolojilere eşlik eder (5,33,34). Özellikle konjenital olgularda, genetik bozukluklara bağlı

gelişebileceği gibi intrauterin dönemde oluşan bozuklukların bir sonucu da olabilir. İdiyopatik olgularda genetik faktörlerin etkisi tartışmalıdır.

SINIFLAMA

Spinal deformitelerin sınıflandırılmasında dört temel amaç vardır; hastalıkların sistemik sınıflaması, tedavi sonuçlarının ve doğal seyirinin tanımlanması, sağlık durumu ya da deformitenin şiddeti ile korelasyon ve tedavi kararları için rehber olmasıdır. Son yüzyılda birçok spinal deformite sınıflaması yayınlanmıştır. Bu konuda ilk çalışma Schulthess tarafından 1905'te eğriliğin paternini referans alarak yaptığı sınıflamadır (47). 1950'de Ponseti ve Friedmann eğriliğin paterni ile ilişkili daha geniş kapsamlı bir çalışma yapmışlardır (41).

Spinal deformiteleri konjenital spinal deformiteler ve idiyopatik spinal deformiteler diye iki ana başlık altında incelemek mümkündür. Konjenital spinal deformiteler kendi içerisinde etiyolojilerine göre sınıflandırılır. Adelson spinal deformitelerde ise bilinen bir etiyoloji olmadığından klinik ve radyolojik belirtilerine göre farklı sınıflamalar yapılmıştır. Bu iki grup dışında ayrıca ileri yaş grubunda görülen dejeneratif spinal deformitelerden de söz etmek gerekir.

Konjenital spinal deformiteler: Konjenital spinal deformiteler genellikle çok küçük yaşta karşımıza çıkar. Temelde ya omurların formasyon defekti, ya da segmentasyon defekti veya hem formasyon hem de segmentasyon defekti sonucu ortaya çıkar.

1. Formasyon defekti: Normal bir vertebranın gelişimi için gerekli embriyolojik materyallerin oluşmasında yaşanan eksikliklere bağlı gelişen deformitelerdir. Basit bir spina bifida okultadan multipl hemivertebralara kadar uzanan geniş bir spekturumu vardır. Defektin büyüklüğü,

lokalizasyonu ve tipine göre tamamen okült olabileceği gibi, çok ciddi deformite ve nörolojik kusurlara sahip kompleks bir deformite de olabilir.

2. Segmentasyon defekti: En sık görülme şekli ansegmente bar olup, tek taraflı tek vertebrayı kapsayan bir defekt veya birden fazla segmente uzanan farklı bölgeleri içine alan bir segmentasyon kusurudur. En sık torakal bölgede görülen ansegmente barlar, bu bölgenin büyüme potansiyeline göre klinik semptomlar verirler.

İdiyopatik spinal deformiteler: Bu gruptaki deformiteler daha çok adelson çağda görülen deformitelerdir. Bu grubun içinde birçok alt tipten söz edilebilir. En çok karşılaşılan tipler aşağıdakilerdir:

1. İnfantil skolyoz
2. Juvenil skolyoz
3. Adolesan skolyoz
4. Erişkin skolyoz.

Pediyatrik yaş grubunda spinal deformiteler, konjenital anomaliler, nöromusküler hastalıklar, nörofibromatozis, konnektif doku hastalıkları ve iskelet displazilerine bağlı gelişebilir. İdiyopatik skolyoz en yaygın form olup, jeneralize sendromlar, konjenital veya inflamatuvar sebepler ekarte edildikten sonra tanısı konulur.

İdiyopatik skolyoz ailesel bir geçiş gösterebilen ve bimodal dağılım gösteren bir patolojidir.

Adelson skolyoz ile erişkin skolyoz, klinik belirtileri, radyolojik sonuçları, terapotik yaklaşımı ve prognoz açısından birbirinden farklılık gösterir. Bu nedenle AIS ile ilgili birçok sınıflama geliştirilmiştir.

Tablo I: Spinal Deformitelerin Etiyolojisine Göre Sınıflaması

İdiyopatik	Nöromusküler
Erken başlangıç	Nöropatik hastalıklar
Geç başlangıç	Üst motor nöron hastalığı
Adult	Spinocerebellar dejenerasyon
Konjenital	Serebral palsi
Vertebra anomalisi	Alt motor nöron hastalığı
Formasyon anomalisi	Poliomyelit
Hemivertebra	Miyopatik
Anormal segmentasyon	Konjenital hipotoni
Ünilateral bar	Duchen müsküler distrofi
Kot füzyonu	Gelişimsel Sendromlar
Spinal disrafizm	İskelet sistemi dizostozisi (Nörofibromatozis gibi)
Gergin omurilik sendromu	İskelet sistemi displazileri (osteogenesis imperfecta gibi)
Chiari malformasyonu	Tümörle ilişkili
Sirengomiyeli	Osteoblastom
Ayrık omurilik sendromu	Osteoid osteom
Meningosel-meningomiyelosel	İntraspinal-intramedüller tümörler
	Ekstramedüller tümörler

Adolesan İdiopatik Skolyoz Sınıflaması

King ve ark. 1983'te adolesan torakal deformitede tedaviyi hedefleyen bir sınıflama yapmıştır (20). 2001'de Lenke'nin geliştirdiği sınıflama, King sınıflaması ile birlikte adolesan idiopatik skolyozu öncelikle hedef almıştır (26).

Spinal enstrümantasyonun yeterli düzeyde gelişmediği dönemlerde, AIS'lu olgulara cerrahi yaklaşım sınırlıydı. Bu nedenle skolyoz olguları ile ilgili sınıflamalar yeterince gelişmedi. Son 25 yılda spinal enstrümantasyon ve cerrahi koşulların gelişmesiyle, cerrahlar bu olgulara da korreksiyon operasyonları uygulamaya başlamıştır. Bunun sonucunda bu patolojilerde detaylı sınıflamalara ihtiyaç doğdu. King ve Lenke sınıflamalarına ek olarak son dönemde skolyoz ile ilgili Schwab sistemi (25) ve Skolyoz Araştırma Derneği (SRS) sınıflamaları da yapılmıştır (32).

King Sınıflaması:

AIS'da torakal bölge füzyon seviyelerinin belirlenmesi için geliştirilmiş bir sınıflama sistemidir. King torakal bölge füzyon segmentinin doğru seçilmesi durumunda, lomber ve sakral bölge patolojilerinin daha kolay düzeltilebileceğini savunarak, en kısa ve en doğru torakal füzyon segmentini belirlemeyi amaçlamıştır (Tablo II). Bu sınıflama, torakolomber, lomber çift majör ve üçlü majör eğriliği içermemektedir. Aynı zamanda koronal sistemin değerlendirilip, sagittal planın göz önünde bulundurulmaması, çalışma gözlemcilerinin sınırlı olması eleştirilen noktalarıdır (9,25,26).

Lenke Sınıflaması:

Lenke ve ark. SRS ile birlikte Lenke sınıflamasını geliştirmişlerdir (26). Bu sınıflama sistemi tasarlanırken koronal ve sagittal planda büyük eğrilikleri içerecek şekilde tasarlanmıştır. Altı majör grup ve torakal ile lomber bölgedeki değişikliklere göre ek iki gruptan oluşturulmuştur. Bu sınıflama sisteminde, AIS'un tüm eğriliklerini kapsaması, iki düzlemde değerlendirmelere olanak vermesi, füzyon segmentini önerebilmesi ve füzyondan kaçınılacak segmentleri belirtmesi hedeflenmiştir (Tablo III).

Schwab Sınıflaması:

Schwab ve ark. spinal deormitesi olan 947 erişkin hastayı değerlendirerek yaptıkları prospektif klinik bir çalışmanın sonucunda geliştirdikleri bir sınıflama sistemidir (48). Bu sınıflama radyolojik olarak frontal Cobb açısı, deformitenin apeksi, lomber lordoz ve intervertebral subluksasyonu değerlendirmektedir. Bu sınıflama sistemi üç kriteri temel olarak oluşturulmuştur (Tablo IV).

SRS Sınıflaması:

Bütün bu skolyoz sınıflama sistemlerinin önemi sağlık personeli arasındaki iletişimi standardize etmek, tanı ve tedavi yaklaşımlarını kolaylaştırmaktır. Lenke sınıflaması günümüzde en sık kullanılan AIS sınıflaması iken, adult skolyoz olgularında SRS sınıflamasının zengin içeriği, Schwab sınıflaması klinik uyumluluğu ve Aebi sınıflaması basit kullanımı ile ön plana çıkmaktadır (32) (Tablo V).

Tablo II: King ve Moe Sınıflaması

Eğrilik Tipi	Özellik
Tip I	Lomber eğrilik ≥ Torakal eğrilik Torakal fleksibilite > Lomber fleksibilite
Tip II	Lomber Fleksibilite > Torakal Fleksibilite Torakal eğrilik > Lomber Eğrilik
Tip III	Torakal eğrilik, lomber eğrilik orta hattı geçmez, Lomber fleksibilite > Torakal fleksibilite
Tip IV	Geniş torakal eğrilik L4 eğriliğe katılmış, L5 dengede
Tip V	Çift torakal eğrilik T1 eğriliğin konkavitesine katılmış

FİZİK MUAYENE

Konjenital omurilik patolojisi olan hastalarda spinal deformite beklenen bir durum olduğundan genellikle klinik takiplerde tanı konulabilir. İdiopatik spinal deformitelerde ise tanı genellikle geç konulmaktadır. Spinal deformite ile gelen bir hastanın hikaye ve fizik muayenesi spinal deformitenin sekonder sebeplerini ayırt etmede çok yardımcıdır. Aile hikayesi, menstrüasyon durumu, ağrı varlığı, nörolojik değişiklikler, bağırsak ve mesane disfonksiyonları sorgulanmalıdır. Nörolojik bulgular ve ağrının şiddeti deformitenin şiddeti konusunda fikir verir. Fizik muayenede skolyoz olgularında Tanner aşaması ve nörolojik muayene tam olarak yapılmalıdır.

Spinal deformiteli bir olgu ele alındığında sırasıyla aşağıdaki durumlar değerlendirilmelidir:

1. Yaş: Yaşamın ilk on yılında nöral hasar riski yüksektir. Bu nedenle bu yaş gurubunda MRG ile nöral yapıların gösterilmesi zorunludur.
2. Cinsiyet: İdiopatik skolyoz cinsiyet farkı göstermemesine rağmen kızlarda ilerleme olasılığı erkek çocuklara göre altı kat daha fazladır.
3. Yürüme: Hastanın muayene odasında yürüyüşü izlenmelidir. Cerrah ataksik yürüyüşü, ağırlı veya nöral hasara bağlı yürüyüşü incelemeli ve yürüme dengesini gözlemlemelidir.
4. Ağrı: İdiopatik skolyozlu olgularda aynı yaş gurubundaki çocuklardan farklılık göstermez. Daha önceden olmayan bir ağrının görülmesi veya şiddetlenmesi nöral bir hasarı akla getirmelidir.

Muayeneye ayakta ve arka yüzden başlanır. Spinal balans iki yolla anlaşılır.

1. İnion veya vertebra prominens'ten bir çekül sarkıtılır. Oluşan çizgi ile doğum yarığı arasındaki mesafenin 2 cm'den fazla olması idiyopatik skolyoz ve nöral bir hastalığı düşündürmelidir.

Tablo III: Lenke Sınıflaması

Eğriliğin Tipi				
Tip	Torakal Proksimal	Ana Torakal	Torakolomber/Lomber	Eğrilik Tipi
1	Yapısal olmayan	Yapısal (majör)	Yapısal olmayan	Ana Torakal
2	Yapısal	Yapısal (majör)	Yapısal olmayan	Çift torakal
3	Yapısal olmayan	Yapısal (majör)	Yapısal	Çift majör
4	Yapısal	Yapısal (majör)	Yapısal	Üçlü majör
5	Yapısal olmayan	Yapısal olmayan	Yapısal (majör)	Torakolomber/Lomber
6	Yapısal olmayan	Yapısal	Yapısal (majör)	Torakolomber/Lomber Ana Torakal

Yapısalın Kriterleri (Minör eğrilik)

Proksimal torakal: yana eğilme Cobb>25o

T2-T5 kifoz >+20°

Ana Torakal: yana eğilme Cobb >25°

T10-L2 kifoz>20°

Torakolomber: yana eğilme Cobb>25°

T10-L2 kifoz>20°

Majör: En büyük Cobb açısı daima yapısaldır

Minör: Yapısal dışındaki bütün diğer eğrilikler

Apeks lokalizasyonu

Eğrilik

Apeks

Torakal

T2-T11-12 disk

Torakolomber

T12-L1

Lomber

L1-2 disk ve L4

Değişkenler

Lomber Değişkenler	SSVH – Lomber apeks ilişkisi		Torakal Sagittal Profil: T5-T12	
A	SSVH, pediküller arasında		- (hipo)	< 10°
B	SSVH, apikal korpusa dokunuyor		N (normal)	10-40°
C	SSVH tamamen medialde		+ (Hiper)	>40°

(SSVH: Santral Sakral Vertikal Hat) (**Değerlendirme:** Eğrilik tipi-Lomber değişken – Torakal sagittal profil; Örnek: 2B+).**Tablo IV:** Schwab Adult Spinal Deformite Sınıflaması

Sınıflama	Radyolojik kriterler
Eğrilik tipi	
I	Yalnız torakal eğrilik
II	Majör üst torakal, apeks T4-T8
III	Majör alt torakal, apeks T9-T10
IV	Majör torakolomber, apeks T11-L1
V	Majör lomber eğrilik, apeks L2-L4
Lomber lordoz değişiklikleri	
A	İleri derecede lomber lordoz; (>40 derece)
B	Orta düzeyli lordoz (0-40 derece)
C	Lordoz görünümü yok (Cobb >0 derece)
Subluksasyon değişiklikleri	
0	Hiçbir seviyede intervertebral subluksasyon yok
+	Maksimum subluksasyon 1-6 mm arası
++	7 mm üzerinde subluksasyon var

2. Toraksın maksimum genişlik bölgesinden çizilen bir çizgi ile doğum yarığı arasındaki mesafe ölçülür. Ölçülen bu değer gövde dekompanzasyonu gösterir.

İnspeksiyonla hasta omuz yükseklikleri arasında simetri, gövde simetrisi değerlendirilir. Palpasyonla spinöz prosesler servikalden sakruma kadar palpe edilerek, skolyozun derecesi ve rotasyonun düzeyine bakılır. Ayrıca eksik spinöz prosesin olup olmadığı değerlendirilir.

Hastanın dik-yan değerlendirilmesi: Skolyoz koronal plan patolojisi olarak bilinse de, üç boyutlu düzlemde gelişen bir bozukluktur. Lateral planda rotasyona bağlı torakal kifoz ve lomber lordozun kaybı görülebilir. Hastanın sagittal planda değerlendirilmesi şu açılardan önemlidir:

1. Torakal kifoz idiyopatik skolyozların aksine nörolojik bozukluğu olan hastalarda daha fazla görülür.

2. Sagittal dengenin bozulması ağrının oluşmasında önemli bir nedendir. Cerrahide amaç koronal planda düzelmeyi sağlamanın yanında sagittal planda da fizyolojik yapıya en yakın dengeyi sağlamaktır.

3. Sagittal denge bozuklukları vertebralarda dışında kalça ve bacak problemlerinin bir sonucu da olabilir. Bu nedenle sagittal dengesi bozuk olgularda koronal düzlemde kalça simetrisi ve bacak boyları değerlendirilmelidir.

Adams testi: Öne eğilme testi kabaca skolyoz tanısı koymada hızlı ve etkili bir muayene şeklidir. Bu test için hasta her iki elini birleştirip sırtı yere paralel olacak şekilde aşağı sarkıtır. Muayene eden hekim yandan ve arkadan sırtta oluşan kamburu inceler. Skolyometre ile bunun yer düzlemine göre açısını ölçer. "Kaburga Kamburu" olarak ifade edilen bu eğrilik 10 dereceden fazla ise bunun radyolojik olarak

Tablo V: SRS Spinal Deformite Sınıflaması

Primer eğriliğin tipi	
Tek torakal	
Çift torakal	
Çift majör	
Üçlü majör	
Torakolomber	
Lomber "de novo"/ idiopatik	
Primer sagittal plan deformitesi	
Adult spinal deformite değişiklikleri:	
Toraks proksimali (T2-T5): $\geq +20^\circ$	
Orta torakal (T5-T12): $\geq +50^\circ$	
Torakolomber (T10-L2): $\geq +20^\circ$	
Lomber (T12-S1): $\geq -40^\circ$	
Lomber dejeneratif değişiklikler	
Disk yüksekliğinde azalma ve L1-S1 arası faset bozuklukları	
Listezis: ≥ 3 mm, L1-L5 arası	
L5-S1 arasında ≥ 10 dereceden fazla açılanma	
Genel denge değişiklikleri	
Sagittal düzlemde; C7 – Sacral promontorium hattının anterior yada posterior yönde ≥ 5 cm kayma	
Koronal düzlemde; C7 – orta sakral hat çizgisinin ≥ 3 cm kayma	
SRS'ye göre bölge tanımlamaları	
Torakal : T2'nin apeksinden, T11-T12 diski	
Torakolomber T12-L1	
Lomber: L1'in apeksinden, L1-L2 diski, L4	
Majör eğriliğin özelliğine ait kriterler	
Torakal eğrilik:	1. Eğrilik $\geq 40^\circ$ 2. Torakal eğriliğin üzerinde T1 kot yada klavikula açısı $\geq 10^\circ$
Torakolomber ve lomber eğrilik:	1. Eğrilik $\geq 30^\circ$ 2. Apikal vertebra gövdesinin laterali santral sakral hatta
Primer sagittal plan deformitesi:	Majör koronal eğrilik yok

değerlendirilmesi gerekir. Konjenital skolyoz olguları dışındaki patolojilerde %90'dan fazla torakal tümsek kısım sağdadır. Kaburga kamburu açısının miktarı ile skolyozun derecesi doğru orantılıdır.

Adams testi ile şu parametreler değerlendirilir:

1. Trunkal rotasyon: Bunun değerlendirilmesi için spinöz proseslerin üzerine yerleştirilen bir skoliometre kullanılır. Skolyoz olgularında bu değer genellikle yedinin üstündedir.
2. Farklı etiyojilere bağlı skolyozlarda, bu test idioptiklerden farklı olarak ağırlı olabilir.
3. Sagittal kontur: torakal kifoz Scheurmann ve osteokondrozis gibi olgularda önemli oranda artar.

Hastaların detaylı bir algı muayenesi yapılmalıdır. Özellikle skolyozun eşlik ettiği, Chiari malformasyonu, sirengomiyeli, ayırık omurilik sendromu ve gergin omurilik sendromu gibi patolojilerde görülebilen nörolojik bozukluklar göz önünde bulundurularak bu açılardan değerlendirilmelidir. İncelemede orta hatta anormal kıllanma, ense saç çizgisi, boyun yapısı, ciltte lekelenmeler, cilt altı lipomu, nörofibrom gibi patolojiler aranmalıdır.

Skolyozun Seyri

Skolyoz ve diğer spinal deformitelerde progresyonu belirleyen en önemli unsur kemik matürasyonudur. Skolyoz olgularında matürasyonla birlikte bir diğer faktör de eğriliğin derecesidir. Kemik matürasyonu Risser ve Tanner'ın derecelendirmeleri ile değerlendirilir. Risser derecelendirmesi, iliak apofiz kemik füzyonuna bakılarak iskelet matürasyonu hesaplanır. İliak kemik-

lerde füzyon anterolateralden başlayarak posteromedial iliak kemik boyunca uzanır. Bu füzyon hattı 0'dan 5'a kadar numaralandırılarak matürasyon değerlendirilir (Şekil 1). Skolyozlu olgularda yaşla eğriliğin ilerlemesi arasındaki ilişki ile, Risser derecelendirilmesi ile eğriliğin ilerleme olasılığı arasındaki ilişki Tablo VI ve VII'de verilmiştir.

Weinstein ve Lonstein, eğriliğin doğal seyri ile ilgili literatürde en geniş kapsamlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda AIS'lu olgularda eğriliğin derecesi 80 dereceye ulaşmadığı sürece skolyoza bağlı solunum problemleri gelişmemiştir (27,28,51). Hafif ve orta düzey skolyozu olan olgularda bel ve sırt ağrısı aynı yaş grubu normal popülasyondan farklılık göstermemektedir. Yine bu olguların ortalama yaşamları kendi yaşlılarıyla aynıdır. İleri düzey skolyozu olan olgularda pulmoner ve kardiyak problemlere bağlı olarak ortalama yaşam kısaltılmaktadır (27,51).

Konjenital spinal deformitelerin doğal seyri, AIS'ların doğal seyrinden oldukça farklıdır. Bu olgularda spinal deformite daha hızlı ilerlemekte ve nöral semptomlar daha progresif olarak ortaya çıkmaktadır. Bu grupta tek taraflı segmentasyon defektleri hem daha hızlı hem de progresif ilerleme gösterir. Konveks hemivertebral ile birlikte ansegmente bar en ciddi klinik tabloyu oluşturur (34). Bu grubun en az ilerleyen patolojisi blok vertebral ile birlikte olan skolyozlardır. Konjenital spinal deformiteler gebeliğin 6. haftasında gelişen patolojilerdir. Bu dönemde konjenital spinal deformitelere renal, kardiyak, dermatolojik bir çok problem eklenir. Bütün bu bozukluklar progresif ilerleyen spinal deformitenin kliniğini güçleştirdiği gibi, cerrahi koşullarını da ağırlaştırmaktadır (43,45,46). Doğal seyrinin yüz güldürücü olmadığı bu olgularda erken tedavi ve multidisipliner yaklaşım şarttır.



Şekil 1: İskelet matürasyonu için Risser derecelendirme sistemi.

Tablo VI: AIS'da Yaş ve Eğrilik Derecesine Göre İlerleme İhtimali (8,27,28,51,57)

Eğrilik açısı	10-12 yaş	13-15 yaş	16 yaş
<19°	%25	%10	%0
20-29°	%60	%40	%10
30-59°	%90	%70	%30
>60°	%100	%90	%70

Tablo VII: AIS'da Risser Evresi ve Eğrilik Derecesine Göre İlerleme Olasılıkları (8,27,28,51,57)

Eğrilik açısı	Risser 0-1	Risser 2-4
5-19°	%22	%2
20-29°	%68	%23

Radyolojik İnceleme

Spinal deformiteli bir olguda ayakta çekilecek bir direkt grafi ile kabaca tanı konur. Ancak bu patolojinin detaylarının anlaşılabilmesi, kemik patoloji düzeyi, nöral yapıdaki etkilenme ve deformitenin fleksibilitesinin anlaşılması için dinamik grafilerin çekilmesi gerekir.

Bu hastalarda öncelikle bütün spinal aksı içine alacak ayakta ön-arka ve yan düzlemde skolyoz grafisi, fleksibilitesini görmek için yana eğilme grafileri çekilmelidir. Kemik patolojileri detayı göstermesi için bilgisayarlı tomografi ile birlikte günümüzde deformite olgularında standart bir görüntüleme şekli olarak üç boyutlu tomografi çekilmesi kemik yapısı ve füzyon segmentlerini değerlendirmede yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda planlanacak cerrahi tedavinin şekli ve seviyeleri konusunda da yardımcı olmaktadır. BT miyelografi ise kemik yapı ile birlikte, spinal kanal içi patolojilerde de önemli bilgiler verebilir.

Özellikle konjenital deformitelere vazgeçilmez bir tanı aracı da MR'dır. Konjenital olgular, kemik patolojileri ile birlikte önemli nöral bozukluklar da içerebilmektedir. Bunun yanı sıra diğer organ patolojilerinin de değerlendirilmesi için MRG'ye ihtiyaç doğmaktadır. AIS'lu olgularda ilk tanı aşamasında direkt grafi ve BT ile birlikte diğer patolojileri ekarte etmek amacıyla MRG çekilmesi doğru bir yaklaşımdır. Ancak bu olguların uzun süren takip dönemlerinde skolyoz grafileri yeterli olabilmektedir. Buna rağmen ani veya hızlı gelişen nöral bozukluklarda MRG çekilmesi gerekebileceği unutulmamalıdır (13,38).

Konjenital deformiteli olgularda daha fazla olmak üzere, spinal deformitelere genitoüriner sistem patolojileri eşlik edebilir. Bu durumda üriner sistemin ultrasonografi veya piyelografi ile değerlendirilmesi gerekebilir.

Spinal sistem kalça ile bir bütün çalışır. Bu nedenle hastaların pelvis grafileri ile değerlendirilmeli, gerektiğinde ise kalçanın MRG ile incelenmesi gerekebilir.

Spinal deformiteli olgularda radyolojik değerlendirme:

Skolyoz olgularında AP skolyoz grafisi ile koronal düzlemde yapılacak ölçümlerle skolyoz düzeyi değerlendirilir. Skolyoz olgularında preoperatif ve postoperatif bazı radyolojik ölçümlerin yapılması en uygun cerrahi şekli ve cerrahi sonrası sonuçları değerlendirmede yardımcı olur. Bu ölçümler, proksimal torakal, ana torakal, alt torakal ve lomber bölge Cobb açısı ölçümleri, apikal vertebra translasyonu, koronal balans, T1 eğim açısı, enstrümantasyon uygulanan en alt vertebranın eğim açısı ve Risser derecesini kapsar (22,37,47). Preoperatif ve postoperatif ayakta lateral radyografi ile; T2-5, T5-T12, T2-T12, T10-L2, T12-S1 ve sagittal balans Cobb açıları ve koronal plan Cobb açıları ölçülür (Şekil 2, 3, 4).

Bu radyolojik ölçümler tüm spinal deformitelere kullanılabilmesine rağmen özellikle idiyopatik skolyoz nedeniyle takip edilen olgularda kullanılır. Elde edilen sonuçlar sınıflama sistemlerinde kullanılır. Lenke sınıflaması en sık kullanılan ve bu radyolojik parametrelerin bir kısmını içeren bir değerlendirme şeklidir (26,48).

Spinal cerrahide önemli bir faktör olan sagittal balans, lomber omurgaların dengesi, sakrum, pelvis ve femur başı ile ilişkilidir. Bu unsurların arasındaki dengeyi spinoplevik açı ile değerlendirmek mümkündür.

Spinoplevik parametre sakral son plağın orta noktasından bir dikme ile bu noktanın femur başı orta noktası arasında kalan açı ile ölçülür.

TEDAVİ

Spinal deformitesi olan hastalar klinik ve radyolojik değerlendirilmelerinin yanında, hastalığın oluşturduğu psikolojik rahatsızlıklar, tedaviden beklentileri, sosyokültürel durumu ile birlikte incelenmelidir. Özellikle ciddi deformiteli çocuk ve adolesan hastalarda toplumdan soyutlanma, bir çok sosyal aktiviteden kaçınma ve içe kapanma hali yaşanmaktadır. Bu nedenle önemli bir nörolojik hasar ya da ağrı olmasa bile, kozmetik sebepler tek başına cerrahi endikasyon olabilir.

Spinal deformitelere duruma göre konservatif ve cerrahi tedaviden yararlanılır.

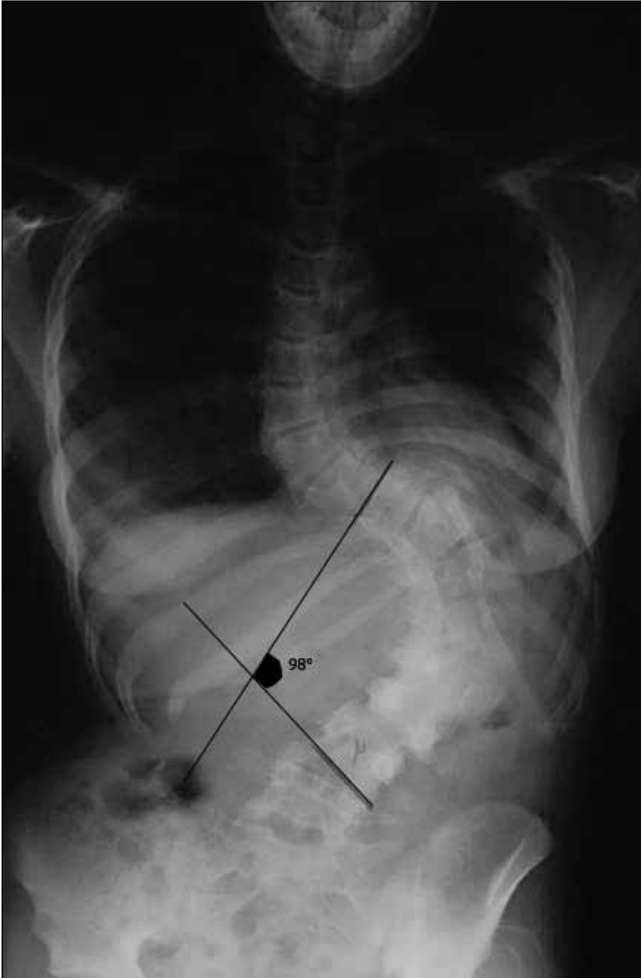
1. Konservatif Tedavi: Konservatif tedavi seçenekleri içerisinde fizik tedavi, kayropraktik tedavi, biyoenerji ve elektrik stimülasyonu gibi bir çok tedavi şekli bildirilmiştir. Günümüzde bu konservatif tedavi seçenekleri içerisinde kabul gören ve etkinliği gösterilmiş olan breysler kullanımıdır.

Patolojinin fleksibilitesi, hastanın yaşı, patolojinin lokalizasyonu ve nöral yapıların risk altında olup olmadığı tedavi seçeneğini belirlemede rol oynar. Konjenital spinal deformitelerde nadiren, idiopatik spinal deformitelerde daha sık konservatif tedavi yöntemleri kullanılır. Keskin kısa konjenital angüler deformiteleri breysler ile tedavi etmek güç iken, uzun ve fleksibl eğriliklerin breyslerden yarar görme olasılığı daha yüksektir (29-31,37).

Korse kullanımının etkinliği konusunda farklı görüşler vardır. Bazı çalışmalarda deformitenin ilerlemesi konusunda hiçbir etkinliğinin olmadığı bildirilse de, Lonstein ve Winter, Milwaukee korsesi ile tedavi edilmiş 1020 hastayı kapsayan çalışmada doğal seyri anlamlı şekilde azalttığı bildirilmiştir (28,31,56). Benzer çalışmalarda %21-74 arasında korse kullanımı ile ilerlemenin durdurulduğu bildirilmiştir (31,36).

Konjenital deformiteli olgularda altta yatan bir nörolojik kusur varlığında, önemli derecede kifozun varlığı durumlarında korse kullanılması kontrendike olabilir. Ayrıca küçük yaşlarda korse kullanımı toraks gelişimini aksatabilir.

Patolojinin lokalizasyonuna göre doğru korse seçimi önemlidir. Torakal 7 ve üzerindeki lezyonlarda servikotorakolomber



Şekil 2: Koronal planda Cobb açısının değerlendirilmesi.



Şekil 3: Santral Sakral Vertikal Hat (SSVH).



Şekil 4: Sagittal balans; C7 vertebra korpusundan indirilen dikey çizgiden, L5 pedikülüne olan mesafe değerlendirilir. (Sagittal balans: B=A: Nötral balans, B<A: Negatif balans, B>A: pozitif balans).

korseler, lomber ve torakal bölge deformiteler için torakolumbosakral otez tercih edilmelidir. En önemli noktalardan biri de korsenin günde en az 20 saat doğru şekilde takılmasıdır. Korse tedavisinin ne zaman sonlandıracağı konusunda ise şu kriterler göz önünde bulundurulmalıdır: Risser 4-5, menarştan sonra 1.5 yıl geçmesi ve büyümenin tamamlanmasıdır. Bu kriterlerin sağlandıktan sonra yalnızca geceleri 6 aylık korse kullanımı yeterli olmaktadır.

2. Cerrahi Tedavi: Günümüzde skolyoz cerrahisinin temelini redüksiyon ve füzyon oluşturmaktadır. Skolyoz cerrahisinde füzyon uygulaması oldukça geçmişe dayanmaktadır. Hibbs 59 skolyozlu hastadan oluşan ve posteriordan otojen kemikler ile füzyon uyguladığı serisini 1924'te yayınlamıştır (17).

Hibbs, Albee ve deQuervain tarafından spinal füzyon için çok modifikasyon tanımlanmıştır (17). Spinal füzyon için sığır kemik grefti, otojen kemik grefti ve kaburga greftleri gibi farklı seçenekler denenmiştir (7,11,12,19). Sonraki dönemlerde farklı serilerde farklı memnuniyet sonuçları elde edilmiştir. Bu gelişmelerle birlikte ilk dönemlerde yalnızca posterior cerrahi girişimler tanımlanmışken, ilk kez William von Lackum ve ark. tarafından anterior cerrahi girişim bildirilmiştir (24).

Yirminci yüzyılın ikinci yarısında ise Spinal deformitenin cerrahisinde Dr. Harrington'un geliştirdiği internal enstrümantasyon sistemi uzun yıllar etkili bir şekilde kullanılmıştır (15,16). Harrington ilk kez poliomiyelit hastası üzerinde kullandığı sistemlerini daha sonra diğer deformite olgularında da kullanmıştır. İlk uygulamalarında füzyon yapmayan Harrington, enstrüman yetmezliğine bağlı sorunlar yaşamış, ilerleyen dönemlerde enstrümantasyona füzyon ekleyerek daha başarılı sonuçlar elde etmiştir (15,16).

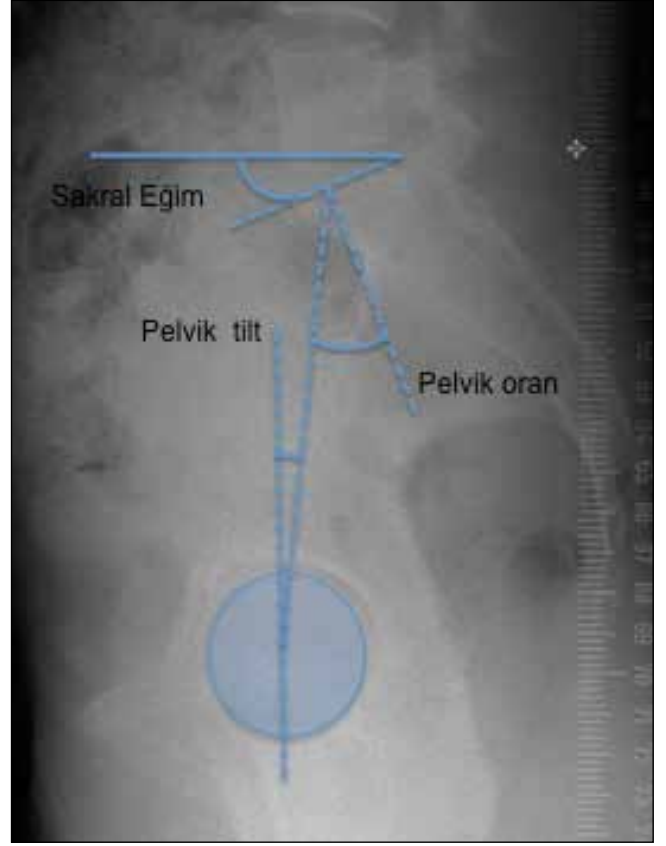
Torakal ve Lomber vertebralarda pedikül vidalarının rutin kullanılması, Smith-Peterson gibi osteotomilerin uygulanması, spinal deformite cerrahisinde önemli gelişmelere yol açmıştır. Bugün için temel prensipler benzese de konjenital ve idiyopatik skolyozda aşağıdaki uygulamalar yapılmaktadır.

A. Konjenital Spinal Deformitelere Cerrahi Yaklaşım

Konjenital spinal deformitelerde herhangi bir tedavi standardı yoktur. Deformiteye neden olan patolojinin şekli, hastanın kemik gelişimi, nörolojik hasarın durumu gibi bir çok faktör uygulanacak cerrahi tedaviyi belirler. Konjenital olgularda deformiteye genellikle spinal kanal içi patolojiler, nöral anomaliler eklenmektedir. Bu durumda doğrudan deformiteye müdahale etmek, nöral hasarı artırabileceği gibi, olmayan bir nöral hasarın oluşmasına da neden olabilmektedir (2).

İdiyopatik spinal deformitelerde spinal kanal normal olduğundan, bu hastalarda tedavi şekli ve zamanlaması, deformitenin düzeyi, hastanın yaşı ve kozmetik beklentiler gibi faktörler belirlemektedir. Ancak konjenital spinal deformitelerde ideal tedavi, deformite ilerlemeden erken cerrahi füzyon veya şiddetli deformiteli olgularda korreksiyon uygulanmasıdır.

Cerrahi seçenekler aşağıdaki seçenekleri içermektedir:



Şekil 5: Spinopelvik parametreler.

1. Posterior füzyon 2. Anterior füzyon, 3. Kombine anterior-posterior füzyon, 4. Hemivertebral eksizyonu, 5. Spinal osteotomi ve füzyon.

1. Posterior spinal füzyon: Konjenital, idiyopatik skolyoz ve kifoz cerrahisinde altın standart olmuştur. Spinal deformitenin bir parçası olarak torakal lordozun olması durumunda anterior disektomi ve füzyon tavsiye edilmiştir (1,6,10). Hafif konjenital kifozu olan 5 yaş altı olgularda, posterior füzyondan sonra spontan düzelme görülmüştür. Ancak 50 dereceden fazla kifozu olan olgularda yalnız başına posterior füzyon uygulanması deformitenin artmasına ve psödoartroz gelişmesine neden olmaktadır (52-56).

Roaf 1955'te, anterior ve posterior konveks hemiepifiziodezis tekniğini tanımlamıştır (44).

Konjenital spinal deformiteli olgularda spinal enstrümantasyon, spinal kanal çapının küçük olması, pedikül yapılarının dar olması, spinal kanal içi ek patolojilerin olabilmesi nedeniyle önemli riskler içermektedir. Enstrümantasyonun üst ve alt uçlarının belirlenmesinde, radyolojik olarak baş ortalanarak, sagittal ve frontal planda doğru bir hat elde edecek şekilde planlanmalıdır. Buna ek olarak yana eğilme grafleri ve traksiyon graflerinde karar vermede yardımcı olabilir (53,55).

2. Anterior füzyon: Anterior füzyon uygulamaları spinal deformite olgularında kullanılan seçeneklerden biridir.

Erişkin hastalarda ve posterior yaklaşımla düzeltilmesi güç olan pediatrik olgularda kullanılmaktadır. Anterior veya anterolateral yaklaşımlarla patolojik segmentin bulunduğu vertebra korpuslarına diskektomi, korpektomi uygulanabilmektedir. İleri derecede kifotik deformiteli olgularda anterior yaklaşım daha fazla korreksiyon sağlayabildiği gibi, omuriliğin korunması için güvenli bir çalışma ortamı sağlar. Skolyoz cerrahisinde posterior füzyon teknikleri kadar yaygın olmasa da anterior füzyon teknikleri de kullanılmaktadır. Retroperitoneal yaklaşım, torakotomi ya da torakaabdominal yaklaşımlarla uygulanan bu cerrahide; diskektomi veya korpektomi bölgelerine interbody füzyon uygulanmakta, anterior korpus vidaları ile birlikte redükte edilmektedir. Lenke Tip IA ve IB'de tercih edilen bu cerrahi prosedürün en büyük avantajı posterior füzyon teknikleri ile karşılaştırıldığında ortalama 1.2-1.5 daha az seviyenin füzyon segmentine katılmasını sağlamasıdır (21,23,42,50). Ancak uzun dönemde yalnız başına anterior füzyon uygulanan hastalarda kifozun daha fazla görüldüğü aksial rotasyonel hareketlere karşı direncinin daha düşük olduğu bildirilmiştir (21,23).

Yüksek torakal eğrilik, pulmoner yetersizlikler, hastanın büyük bir kanamayı tolere edecek durumda olmaması durumlarında anterior yaklaşımdan kaçınılmalıdır (3).

3. Kombine anterior-posterior füzyon: Yalnız başına anterior veya posterior füzyonun yeterli gelemeyeceği olgularda ya da daha az segmentin füzyona katılmasını sağlamak amacıyla bu yöntem seçilebilir. Bu tür girişimler aynı cerrahi seansta uygulanabileceği gibi hastanın genel durumu ve cerrahinin süresine göre farklı seanslarda yapılabilir. Posterior dan diskektomi ve korpektomi sonrası anterior füzyon uygulaması günümüzde en çok tercih edilen füzyon tekniklerindedir. Bu yolla hem füzyon sahası genişletilmekte, hem de ayrı bir cerrahiye bağlı oluşabilecek komplikasyonlardan uzak durulmaktadır.

4. Hemivertebra rezeksiyonu: Bu prosedür yalnız posterior yaklaşımla yapılabileceği gibi, anterior ve posterior cerrahilerin kombinasyonu ile de yapılabilir (4,18,35). Hemivertebra tipi, yerleşimi ve cerrahin tercihi cerrahi girişimin şeklini belirler. Bu girişim genellikle 25-30° lik bir düzelme sağlayabilir. Hemivertebra eksizyonu için yumurta kabuğu (egg Shell) osteotomisi veya daha sık uygulanan şekliyle kama (wedge) osteotomi uygulanır. Osteotomi sonrası tek taraflı enstrümantasyon farklı şekillerde yapılabilir. Laminar kanca, gergin bant sistemleri ve günümüzde en sık kullanılan şekliyle pedikül vidaları ile enstrümantasyon uygulanabilir (2,49).

5. Spinal Osteotomi uygulamaları: Kompleks spinal deformitelere başvuru olan bu yöntem, bir veya birkaç vertebra öncelikli olarak anterior yaklaşımla rezeksiyonuna dayanır. Dura görülünceye kadar vertebra korpusun rezeksiyonunu ve pediküllerin rezeksiyonunu içine alan kompleks bir girişimdir (14). Bu cerrahi girişim mutlaka nöral fonksiyonlar monitörize edilerek yapılmalı, intraoperatif vasküler yaralanma ve kanama gibi riskler açısından da hazırlıklı olunmalıdır (4).

B. İdiyopatik Spinal Deformitelere Cerrahi Yaklaşım

İdiyopatik spinal deformitelere en sık görülen idiyopatik skolyoz olgularıdır. Bu hastalarda cerrahi kararı vermeden önce riskler ve faydalar konusunda hasta ve ebeveynler detaylı bir biçimde bilgilendirilmelidir. Cerrahi karar, progresyon riski, iskelet matüritesi, eğriliğin tipi ve boyutu, kozmetik görünüm, konservatif tedavinin sonuç verip vermemesi gibi faktörlere bağlıdır.

Cerrahi korreksiyon aşamasında intraoperatif nöromonitörizasyon standart bir uygulama olarak kullanılmalıdır. Motor ve somatosensoryel potansiyellerin kombine kullanılması riskleri önemli derecede azaltmaktadır (39,40).

İdiyopatik spinal deformitelere de cerrahi yöntemler konjenital spinal deformitelere olduğu posterior füzyon, anterior füzyon veya kombine füzyon tekniklerini içermektedir. Uygulanacak cerrahi tedaviler deformitenin türüne yerleşimine ve cerrahin alışkanlıklarına göre değişiklik gösterir.

SONUÇ

Spinal deformite tek bir vertebra patolojisi olabileceği gibi, bir çok vertebra, kosta veya pelvis patolojileri sonucu gelişebilir. Omurga, koronal, sagittal ve aksial planlarda değerlendirilmelidir.

Spinal deformite bir çok hastalığa bağlı gelişebilir veya idiyopatik olarak ortaya çıkabilir. Konjenital spinal deformiteler beraberinde çoklu organ patolojileri bulundurulur.

Hastanın yaşı, nörolojik durumu, deformite etiolojisi, deformitenin yerleşimi, kozmetik beklentiler, deformitenin ilerleme olasılığı gibi bir çok faktör birlikte değerlendirilerek tedavi şekli belirlenmelidir.

Fizik muayenede, nörolojik muayeneye ek olarak tüm vücut görülebilecek şekilde, ayakta öne ve yana eğilme pozisyonlarında vertebra dizilimi, kalçanın duruşuna bakılmalıdır. Özellikle genç hastalarda Adams testi ve skolyometre ölçümleri tarama testi olarak yol göstericidir.

Hastalar Lenke ve SRS gibi yaygın kullanılan sınıflama sistemleri ile değerlendirilmelidir. Deformite cerrahisi uygulanacak hastalarda omurilik detaylı bir şekilde incelenmelidir. Deformite tipi cerrahi şeklini belirleyebileceği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Akkaya T, Alanay A: Konjenital skolyoz. Hacettepe Ortopedi Dergisi 11: 89-93, 2001
2. Arlet V, Odent T, Aebi M: Congenital scoliosis. Eur Spine J 12: 456-463, 2003
3. Betz RR, Harms J, Clements DH 3rd, Lenke LG, Lowe TG, Shuffelbarger HL, Jeszenszky D, Beele B: Comparison of anterior and posterior instrumentation for correction of adolescent thoracic idiopathic scoliosis. Spine 24:225-239, 1999
4. Bradford DS, Boachie-Adjei O: One-stage anterior and posterior hemivertebral resection and arthrodesis for congenital scoliosis. J Bone Joint Surg Am 72: 536-540, 1990

5. Bradford DS, Heithoff KB, Cohen M: Intraspinial abnormalities and congenital spine deformities: A radiographic and MRI study. *J Pediatr Orthop* 11: 36-41, 1991
6. Bridwell KH: Limits of anterior scoliosis surgery: When is the posterior approach the better option? In Lenke LG, Betz RR, Harms J (eds), *Modern Anterior Scoliosis Surgery*. St. Louis: Quality Medical Publishing, 2004:259-269
7. Brown LT: Beef bone in stabilizing operations of the spine. *J Bone and Joint Surg* 4: 711, 1922
8. Bunnell WP: The natural history of idiopathic scoliosis before skeletal maturity. *Spine* 11: 773-776, 1986
9. Cummings RJ, Loveless EA, Campbell J, Samelson S, Mazur JM: Interobserver reliability and intraobserver reproducibility of the system of King et al. for the classification of adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 80:1107-1111, 1998
10. Demirkıran HG, Alanay A: Omurga deformiteleri: Adolesan idiyopatik skolyozu. *Türkiye Klinikleri J Surg Med Sci* 2:104-112, 2006
11. Forbes AM: Technique of an operation for spinal fusion as practiced in Montreal. *J Orthop Surg* 2: 509-514, 1920
12. Gallie WE: The use of boiled bone in operative surgery. *J Orthop Surg* 16: 373-383, 1918
13. Gomez JA, Vitale MG: Measuring outcomes in children with early-onset scoliosis. *Seminars in Spine Surgery* 24:140-143, 2012
14. Gupta MC, Kebaish K, Blondel B, Klineberg E: Spinal osteotomies for rigid deformities. *Neurosurg Clin N Am* 24: 203-211, 2013
15. Harrington PR: Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am* 44: 591-610, 1962
16. Harrington PR: The history and development of Harrington instrumentation. *Clin Orthop Relat Res* 93: 110-112, 1973
17. Hibbs RA: A report of 59 cases of scoliosis treated by the fusion operation. *Journal of Bone and Joint Surg* 6: 3-7, 1924
18. Holte DC, Winter RB, Lonstein JE: Excision of hemivertebrae and wedge resection in the treatment of congenital scoliosis. A study of 104 patients. *J Bone Joint Surg Am* 77: 159-171, 1995
19. Howorth MB: Evolution of spinal fusion. *Ann Surg* 117: 278-289, 1943
20. King H, Moe J, Bradford DS: The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 65: 1302-1313, 1983
21. Kuklo TR, Lenke LG, Won DS, Graham EJ, Sweet FA, Betz RR, Bridwell KH, Blanke KM: Spontaneous proximal thoracic curve correction after isolated fusion of the main thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 26: 1966-1975, 2001
22. Kuklo TR, Potter BK, Polly DW: Reliability analysis for manual adolescent idiopathic scoliosis measurements. *Spine* 30: 444-454, 2005
23. Kuklo TR, O'Brien MF, Lenke LG, Polly DW, Sucato DS, Richards BS, Lubicky J, Ibrahim K, Kawakami N, King A: Comparison of the lowest instrumented, stable, and lower end vertebrae in "single overhang" thoracic adolescent idiopathic scoliosis: Anterior versus posterior spinal fusion. *Spine* 31: 2232-2236, 2006
24. Leatherman KD, Dickson RA: Two-stage corrective surgery for congenital deformities of the spine. *J Bone Joint Surg Br* 61: 324-328, 1979
25. Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, Clements DH, Harms J, Lowe TG, Shufflebarger HL: Intraobserver and interobserver reliability of the classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 80: 1097-1106, 1998
26. Lenke LG, Betz RR, Harms J: Adolescent idiopathic scoliosis: A new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 83: 1169-1181, 2001
27. Lonstein JE, Carlson JM: The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis. *JBJS* 66: 1061-1071, 1984
28. Lonstein JE: Comparison of symposium papers on natural history of idiopathic scoliosis. *Spine* 11:807-812, 1986
29. Lonstein JE, Winter RB: Milwaukee brace treatment of adolescent idiopathic scoliosis: Review of 1030 cases. *Orthop Trans* 13: 92-95, 1989
30. Lonstein JE: Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet* 344: 1407-1412, 1994
31. Lonstein JE: Non-operative treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Proceeding of the 3rd International Congress on spine surgery in Turkey, Antalya 1994*
32. Lowe T, Berven SH, Schwab FJ, Bridwell KH: The SRS classification for adult spinal deformity: Building on the King/Moe and Lenke classification systems. *Spine* 31:119-125, 2006
33. McMaster MJ, Ohtsuka K: The natural history of congenital scoliosis. A study of two hundred and fifty-one patients. *J Bone Joint Surg Am* 64: 1128-1147, 1982
34. Mc Master MJ, David CV: Hemivertebra as a cause of scoliosis, a study of 104 patients. *J Bone Joint Surg* 68: 558-595, 1986
35. Mo F, Cunningham M, Boachie O: Hemivertebra excision for congenital scoliosis. *Seminars in Spine Surgery* 24:169-173, 2012
36. Nachemson AL, Peterson LE: Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the brace study of the scoliosis research society. *J Bone Joint Surg Am* 77: 815-822, 1995
37. O'Brien MF, Kuklo TR, Blanke KM: *Spinal Deformity Radiographic Measurement Manual*. Memphis, TN: Medtronic Sofamor Danek, 2004
38. Oestreich AE, Young LW, Young Poussaint T: Scoliosis circa 2000 radiologic imaging perspective diagnosis and pretreatment evaluation. *Skeletal Radiol* 27: 591-605, 1998
39. Pajewski TN, Arlet V, Phillips LH: Current approach on spinal cord monitoring: The point of view of the neurologist, the anesthesiologist and the spine surgeon. *Eur Spine J* 16: 115-129, 2007

40. Pelosi L, Jardine A, Webb JK: Neurological complications of anterior spinal surgery for kyphosis with normal somatosensory evoked potentials (SEPs). *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 66: 662–664, 1999
41. Ponseti IV, Friedman B: Prognosis in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 32:381–395, 1950
42. Potter BK, Kuklo TR, Lenke LG: Radiographic outcomes of anterior spinal fusion versus posterior spinal fusion with thoracic pedicle screws for treatment of Lenke Type I adolescent idiopathic scoliosis curves. *Spine* 30:1859–1866, 2005
43. Rechles LN, Peterson HA, Bianco AJ, Weedman WH: The association of scoliosis and congenital heart defects. *J Bone Joint Surg* 57:449, 1975
44. Roaf R: The treatment of progressive scoliosis by unilateral growth-arrest. *J Bone Joint Surg Br* 45: 637–651, 1963
45. Robert AP, Conner AN, Tolmie JL: Spondylothoracic and spondylocostal dysostosis; Hereditary forms of spinal deformity. *J Bone Joint Surg* 70: 123-126, 1988
46. Roth A, Rosenthal R, Hall JE, Migel M: Scoliosis and congenital heart disease. *Clin Orthop Relat Res* 93: 95-102, 1973
47. Schulthess W: Die pathologie and therapie der Ruckgrats. *Joachimsthal-Hand-Buch der Orthopadischen Chirgurgie*. Gustav Fischer, 1905–1907
48. Schwab F, Benchick el-Fegoun A, Gamez L: A lumbar classification of scoliosis in the adult patient: Preliminary approach. *Spine* 30: 1670–1673, 2005
49. Schwend RM, Nandyala SV: Current state of pedicle screw constructs in children with spinal deformity. *Seminars in Spine Surgery* 24: 192-201, 2012
50. Sweet FA, Lenke LG, Bridwell KH, Blanke KM: Maintaining lumbar lordosis with anterior single solid-rod instrumentation in thoracolumbar and lumbar adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 24: 1655–1662, 1999
51. Weinstein SL: Natural history. *Spine* 24: 2592-2600, 1999
52. Winter RB, Moe JH, Wang JF: Congenital kyphosis. Its natural history and treatment as observed in a study of one hundred and thirty patients. *J Bone Joint Surg Am* 55: 223–256, 1973
53. Winter RB, Moe JH: The results of spinal arthrodesis for congenital spinal deformity in patients younger than five years old. *J Bone Joint Surg Am* 64: 419–432, 1982
54. Winter RB: *Congenital Deformities of the Spine*. New York: Thieme-Stratton, 1983
55. Winter RB, Leonard AS: Surgical correction of congenital thoracic lordosis. *J Pediatr Orthop* 10: 805–808, 1990
56. Winter RB, Lonstein JE, Boachie-Adjei O: Congenital spinal deformity. *Instr Course Lect* 45: 117–127, 1996
57. Wynne-Davies R: Congenital vertebral anomalies: Etiology and relationship to spina bifida cystica. *J Med Genet* 12: 280–288, 1975