



T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

Adolesan İdiopatik Skolyozun Cerrahi Tedavisinde İbn-i Sina Posterior Enstrumantasyon ve Prensipleri

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Uzmanlık Tezi

Hazırlayan

Dr. Cengiz YILMAZ

102986

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Tarık YAZAR

102986

ANKARA 2001

Önsöz

1993 yılından beri kliniğimizde uygulanmakta olan İbn-i Sina Spinal Sistem (İBS) bir enstrumantasyon sisteminden çok halen birçok tartışmalı noktaya sahip olan skolyozun cerrahi tedavisinin gelişmesine katkıda bulunan bir konsepttir. Bu çalışmada olguların orta ve uzun dönem takipleri değerlendirilerek İBS prensiplerinin açıklanması amaçlanmıştır. Diğer pek çok konuda olduğu gibi spinal cerrahi konusunda da öncü bir klinikte yetişmek benim için onur verici bir olaydır.

İhtisas süresi boyunca, yetişmemde büyük emeği geçen değerli hocalarım, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri Prof. Dr. İlker Çetin, Prof. Dr. Ertan Mergen, Prof. Dr. Derya Dinçer, Prof. Dr. Yener Sağlık'a, tezimin oluşmasındaki emek ve yardımları için Prof. Dr. Tarık Yazar'a, ve Prof. Dr. Mehmet Binnet, Prof. Dr. Bahaddin Güzel, Doç. Dr. Kemal Us, ve Doç. Dr. Bülent Erdemli'ye, El Cerrahisi Bilim Dalı Öğretim Üyeleri Prof. Dr. Sinan Adıyaman ve Doç. Dr. Mehmet Demirtaş'a, ve Öğretim Görevlisi ağabeylerim Op. Dr. Yusuf Yıldız, Op. Dr. Hakan Kırık ve Op. Dr. Sinan Bilgin'e; dostluk ve dayanışmaları hiçbir zaman eksik olmayan asistan arkadaşlarım ve tüm klinik personeline teşekkür ederim.

Not: Çalışmada, adolesan idiopatik skolyozun sınıflamasında günümüzde giderek daha yaygın kullanım alanı bulan, Lenke ve arkadaşları tarafından tarif edilen sistem kullanılmıştır. Prof. Dr. Tarık Yazar'ın önerileri doğrultusunda tez İngilizceye çevrilerek Dr. Lawrence Lenke'den yorumda bulunması istenmiştir. Aşağıdaki notu için kendisine teşekkür ederim.

"Sorry for the delay, but I did read your thesis and your use of the new classification system was right on target. Congratulations on the paper, it sounds great. Let me know if I can be of any further help.

Larry Lenke"

Dr. Cengiz Yılmaz

İçindekiler

	<u>Sayfa</u>
1. Tarihçe.....	5
2. Spinal Kolonun Anatomisi, Fizyolojisi Ve Biyomekaniği.....	8
3. Skolyoz Sınıflaması.....	12
4. Adölesan İdiopatik Skolyoz.....	15
a. Epidemiyoloji.....	15
b. Etyopatogenez.....	16
i. Nörolojik köken	16
ii. Disk içeriğinde anormallik.....	16
iii. Endokrin bozukluk.....	17
iv. Musküler inbalans.....	17
v. Vertebra kemiksel gelişim bozukluğu.....	18
vi. Ligamentöz yapılardaki kollajen hatası.....	18
vii. Genetik teori.....	18
c. Spinal Kolon ve Kas İskelet Sistemindeki Değişiklikler.....	19
d. Kardiyovasküler ve solunum sistemi.....	21
e. Abdominal bölge.....	23
f. İdiopatik Skolyozda Tanı.....	24
i. Hikaye.....	24
ii. Fizik muayene.....	24
iii. Radyolojik Muayene.....	26
iv. Sınıflandırma.....	28
v. Doğal Seyir.....	34
vi. Tedavi.....	35
1. Konservatif Tedavi.....	35
2. Cerrahi Tedavi.....	37
3. Cerrahi Tedavi Endikasyonları.....	37
4. Füzyon Sahasının Seçimi.....	38
5. Denge ve Dekompansasyon.....	40
6. Posterior Enstrumantasyon.....	42
7. Anterior Cerrahi.....	46
8. Anterior Enstrumantasyon.....	47

5. Çalışmanın Amacı.....	49
6. Materyal ve Metod.....	50
a. İbni Sina Spinal Sistem (İBS)	51
7. Sonuçlar.....	59
a. Lenke Tip 1.....	59
b. Lenke Tip 2.....	65
c. Lenke Tip 3.....	68
d. Lenke Tip 5.....	72
e. Lenke Tip 6.....	73
8. Tartışma.....	74
9. Kaynaklar.....	86



1. Tarihçe

Skolyoz terimi, yunanca eğrilik anlamına gelen bir kelimedenden türetilmiştir. Literatürde omurganın yana olan eğrilikleri için kullanılır. Normal bir omurganın yandan bakıldığında fizyolojik eğrilikleri vardır, ancak ön-arka planda olan bir eğrilik patolojiktir ^{43,56,63,98,125,135,176,180,184,198}. Skolyoz eski çağlara dayanan tıbbi geçmişine rağmen, tanı ve tedavisinde gün geçtikte dev adımlar atılan ancak hali hazırda çözümlenmesi gereken bir çok probleme sahip olan, ortopedik cerrahinin önemli konularından birisidir.

Skolyoz, bir spinal deformite olarak yüzyıllar önce Hipokrat tarafından "Corpus Hippocraticum" kitabında tanımlanmıştır. Hipokrat spinal deformitelerin çok çeşitli olduğunu, normal postürdeki eğriliklerin yaşlılarda artarak ağrıya neden olduğunu belirtmiştir. Akciğer hastalıkları ile spinal deformite arasındaki olası ilişkiye de dikkat çekmiştir. Tedavinin güç ve etkisiz olduğunu, erken teşhisin prognozu iyileştirdiğini savunmuş, tedavide kollar altına ve bacaklara konulan süspansiyonlar ile horizontal traksiyonu önermiştir ^{43,56,63,98,125,135,176,180,184,198}.

Kifoz, lordoz ve skolyoz terimlerini ilk defa Galen (MÖ.131-201) tanımlamıştır. Tedavide Hipokratın tarif ettiği yöntemleri takip etmiştir ^{43,56,63,98,125,135,176,180,184,198}.

V. ile XV. yüzyıllar arasında spinal deformitelerin tedavisinde çok az bir gelişme sağlanmıştır. Orta çağda, spinal deformiteli kişiler yakılmışlar ve katledilmişlerdir. İbn-i Sina Okulu, bu tür hastalıklarda iki güçlü kişi tarafından uygulanan traksiyon tedavisini kullanmıştır ⁹⁸.

Ambroise Pare (1510-1590) skolyozun olası sebebinin zayıf postür olduğunu ileri sürmüştü, konjenital tipini tanımlamış ve felçlilerde spinal deformite geliştiğini rapor etmiştir. Tedavide Hipokrat'inkine benzer bir traksiyon kullanmış ve buna ek olarak düzeltilen hastalara düzeltmeyi korumak için çelik korseler vermiştir ¹³⁵.

1741'de tıbbi literatüre "Ortopedi" terimini katan Andre, spinal eğriliklerin, postural ve oturma alışkanlığına bağlı geliştiğini ileri sürmüştü ve tedavide egzersizin önemini vurgulamıştır ¹³⁵.

1764'de Levacher hareket sırasında takılabilen ve başa traksiyon uygulayan "jury mast" (destek direği) cihazını geliştirmiştir. Guerin, 1839'da skolyoz tedavisinde, miyotomi yaparak, ilk kez bir cerrahi tedavi uygulamıştır. 1889'da Volkman kaburga deformitelerini rezeke etmiştir ^{43,56,63,98,125,135,176,180,184,198}. Gerçek anlamda skolyozun cerrahi tedavisi 1914'de Hibbs

tarafından yapılmış ve 1924'de rapor edilmiştir. Spinöz proçeslerin, lamina ve artiküler fasetlerin subperiostal açılımını takiben, faset eklemler kürete edilip, laminadan kaldınlan kemik flepler ile füzyonun sağlandığı bildirilmiştir ^{65,77,78}.

19. yüzyılda postüral alışkanlıkların skolyoza neden olduğuna inanılmaktaydı. Bu nedenle konservatif tedavide egzersiz ve vücut cihazları popülerdi. Yatakta distraksiyon deformite düzelene dek uygulanmaktaydı ¹³⁵.

Röntgendeki gelişmeler skolyoz etiolojisinin araştırılmasında, teşhis ve tedavide yeni ufuklar açmıştır. Ferguson, skolyoz eğrilik ölçümünde uzun yıllar kullanılan metodunu geliştirmiştir ^{43,56,98,135,176,180,198}.

1875'de ilk kez Louis Sayer cihazların yanısıra düzeltici alçı uygulamasını kullanmıştır ^{43,56,65,77,78,98,135,176,180,198}. 1951'de Risser ve Ferguson kullandıkları tumbuckle düzeltici alçı metodunu tarif etmişlerdir. Bu alçı şekli daha sonra Risser lokalize edici alçısı adıyla anılmıştır. Cotrel, EDF (Elongasyon-Distraksiyon-Fleksiyon) alçısı olarak bilinen ve yakın zamana kadar geniş kullanım alanı bulmuş olan ameliyat öncesi ve sonrası alçılı tespit yöntemini geliştirmiştir ^{41,64,159}.

Hibbs posterior füzyonda başarısız sonuçların Risser alçısı ile immobilizasyon uygulanarak azaltılacağını bildirmiştir ⁷⁸.

1941'de AAOS'un (American Academy of Orthopaedic Surgeons) kurduğu bir komitenin incelemesinde 425 füzyon uygulanan hastanın 180'inde psödoartroz geliştiği ve %69 vakada kötü sonuç olduğu belirlenmiştir ¹.

1946 yılında ilk defa Milwaukee korsesi Blound ve Schmidt tarafından cerrahi sonrasında kullanılmıştır ^{21,22,27,48,88,110,190}. Daha sonraki yıllarda bu korse ve benzeri cihazlar ambulatuvar tedavide düzeltici olarak kullanılmıştır. Milwaukee korsesinin bazı olumsuz komplikasyonlarını önlemek amacıyla yakın zamanda "Miami TLSO" ve "Boston" korseleri yapılmış ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır ^{21,22,27,48,88,110,190}.

Şüphesiz skolyoz cerrahisindeki en büyük ilerleme Harrington tarafından geliştirilen enstrumantasyondur. Moe'nun önerdiği teknik ile distraksiyondaki hasta traksiyon altında ameliyata alınıp, posterior füzyon yapıp, postoperatif hemen alçılanması gibi sadece geliştirilmiş füzyon tekniklerine rağmen başarının düşük, psödoartroz ve eğriliğin progresyonu gibi komplikasyonların yüksek olması nedeniyle, dönem için yüksek

standartlarda rijid fiksasyon sağlayan Harrington Spinal Enstrumantasyon + Spinal Füzyon (HRSF) metodu bir anda tüm dünyada popüler olmuştur. Harrington rod sisteminin orta dereceli eğriliklerdeki yüksek başarısını, büyük korreksiyon kayıpları, psödoartroz ve rod kırılması gibi komplikasyonların fazlalığı, uzun süre alçı immobilizasyonu gerekliliği gibi dezavantajlara ait yayınlar zamanla gölgelemiştir. Yine de HRSF günümüze dek spinal cerrahide en çok kullanılan enstrumantasyon olmuştur ^{69,71,72,133,134}.

1969'da Dwyer, HRSF'ye alternatif olarak, vida, staple ve kabloları kullanarak anterior interbody füzyon tekniğini geliştirmiştir. Dwyer tekniği Zielke tarafından geliştirilmiş ve eğilebilir yivli rodlar kullanılmaya başlanmıştır.

1975'de Luque çift L-rod ve multipl sublaminar tellerle, skolyotik eğriliklerin düzeltilmesinde çok başarılı sonuçlar yayınlamıştır. Teknik, nöromusküler hastalıklar için geliştirilmesine rağmen daha çok idiyopatik skolyozda kullanılmıştır ^{120,121}.

Skolyozda deformitenin üç boyutlu olduğu görüşü ortaya atıldıktan sonra her üç düzlemde de eğriliği düzeltmede üstün başarı elde eden ve çok rijid bir fiksasyona sahip olan, postoperatif alçı kullanımına gerek kalmayan Cotrel-Dubousset tekniği geliştirilmiştir. Bu teknik iki rod ve multipl hook ve iki transvers bağlantılı enstrumandan oluşmaktadır ^{38,39,45,98,176,180}. Ancak bu tekniğin de istenmeyen etkileri zaman içerisinde görülmüştür. Bu konuya ileri bölümlerde daha detaylı değinilecektir.

2. Spinal Kolonun Anatomisi, Fizyolojisi Ve Biyomekaniği

Spinal kolon 33-34 ayrı vertebranın üstüste sıralanması ve birbirlerine bağlanması sonucu meydana gelen bir sütundur. Bu sütunun görevi, baş, göğüs ve karın içi organları taşımak ve bunlara bir destek oluşturmaktır. Spinal kanalı da oluşturduğu için, içinden geçen medulla spinalise sağlam ve emniyetli bir kılıf oluşturur. Omurga başın ve gövdenin hareketlerinde rol alır. Gövde ağırlığının büyük kısmını taşır, bunu alt ekstremitelere aktarır ve sahip olduğu fizyolojik eğrilikler sayesinde dengenin sağlanmasında, atlama veya benzeri hareketlerde gövdenin kollabe olup iç organlara zarar vermemesi için fizyolojik eğriliklerindeki yaylanma sonucu süspansiyon yapılmasında önemli rol oynar ^{79,90,118,161}.

Spinal kolonun çeşitli parçalarına ait vertebralar arasında şekil ve büyüklük açısından bazı farklar olmasına karşın temel özellikleri genelde aynıdır. Vertebral kolonu, Dennis'in ileri sürdüğü teoriye göre, 3 kolona ayırabiliriz: anterior, orta ve posterior. Anterior kolon vertebra cisminin 2/3'ü, anterior longitudinal ligament ve intervertebral kolondan oluşmaktadır. Orta kolon, vertebra cisminin arka 1/3'ü, pediküller, posterior longitudinal ligament, spinal kanal ve laminanın ön yüzünü içerir. Arka kolon; faset eklemler, transvers ve spinöz süreçler, laminaların arka yüzleri, intertransvers ligament, interspinöz ligament ve ligamentum flavumdan oluşur ^{79,90,118,161,198}.

Vertebra korpusu kısa bir silindir şeklindedir. Silindirin alt ve üst yüzleri komşu vertebral cisme bağlanan intervertebral disklere yapışırlar. Yanlız cismnin kenarlarında 2-3 mm'lik bir sahada korteks vardır. Cismnin posterior kısmı spinal kanalın ön duvarını oluşturur. Spongiozadaki kemik lameller vertikal uzanır, bu da yük taşınmada rol oynar. Eğilmelere karşı direnç oluşturmak için bu vertikal lameller, transvers lamellerle birbirlerine bağlanmışlardır ^{79,90,118,161,198}.

Vertebra cisimlerinin büyüklük ve kitleleri servikal birinci vertebradan son lomber vertebraya doğru artar. Bu durum giderek artan yüklere karşı adaptasyonu sağlar. Asıl yükü, fizyolojik şartlarda, vertebranın cismi taşır. Yük, vertebranın üst yüzünden alt yüzüne kortikal kılıf ve spongioza aracılığıyla taşınır.

Arkus vertebra bir halka gibi korpusa bağlanır ^{79,90,118,161,198}. Arkusu cisme bağlayan ve spinal kanalın yan duvarlarını oluşturan kalın köprülere pedikül adı verilir. Arkusun arka kısmını lamina oluşturur ki bu da kanalın arka duvarını meydana getirir. Lamina ile pedikül birleşme yerinde transvers süreçler yanlara doğru uzanır ^{79,90,118,161,198}.

Spinal kolonda 6'sı servikal, 12'si torasik, 5'i de lomber olmak üzere 23 intervertebral disk mevcuttur. Şekilleri ve büyüklükleri vertebral cisim büyüklük ve şekline uygundur. Diskler 5 ile 12 mm arasında kalınlığa sahiptir. Disklerin orta kısımlarındaki geniş miktarda hidrofilik proteoglikandan oluşmuş kollojen yapısında jelatinöz nükleus pulpozus yer alır. Yaşamın üçüncü dekadında proteoglikan yapımı azaldığından maksimum %70-90 olan su içeriği düşer. Nükleus pulpozusu çevresel olarak annulus fibrozis sarar. Bu halka şeklindeki yapı, iki vertebrayı birbirine bağlayan ve birbirlerini 120 derecelik açı ile çaprazlayan kollajen fibrillerinden oluşan 15-20 kat tabakadan meydana gelmiştir ^{79,90,118,161,198}.

Mekanik olarak intervertebral disk, omurganın hareketleri sırasında çok önemli bir rol oynar. Hareket sırasında oluşan basınç kuvvetinin vertebral kolona aktarımı visköz nükleus pulpozusdaki basınç değişiklikleri ile dağıtılır. Basınç, ayakta dururken, eğilmedekinden %50 fazladır. Hacim değişmediği için basınç kuvveti nükleusun hareketi ile dengelenir. Öne eğilme ile nükleus arkaya hareket eder. Nükleus içindeki sıvı yastık vertebralarn birbirlerine yaklaşmasını da engeller. Bu uzaklaştırıcı kuvvet annulus fibrozis ve çevre ligamentlerce sınırlanır. İstirahat durumunda tüm bu zıt kuvvetler denge halindedir, hareketle denge bozulur ancak vertebral kolonun elastikiyeti sayesinde dengeyi bozan kuvvet etkisi bitince omurga tekrar eski haline döner ^{62,94,130,138,185,200}.

Vertebra-disk-vertebra düzeninden oluşan her bir hareket segmenti bir kaldıraç sistemine benzetilebilir. Burada artiküler çıkıntılar desteği oluştururlar: Bu kaldıraç sistemi vertebral kolona uygulanan aksiyel basınç yüklerinin absorpsiyonunu sağlar. Her bir vertebral ark tarafından oluşturulan kaldıraç sisteminin sonucu olarak kuvvet önce pasif sonra aktif olarak absorbe edilir ^{60,62,94,130,138,185,200}.

Anterior longitudinal ligament üstte cismin end-plate'ine ve aşağıda disk aralığına yapışır. Bu ligamentöz yapı torakal bölgede en geniş halinde bulunur. Posterior longitudinal ligamentin oluşturduğu gerginliğe dirençli, arkaya olan eğilmelerde koruyucu bir yapıdır.

Posterior arkta faset eklemler denilen diartrodial eklemler yer alır. Bunlar intervertebral eklemlerdeki torsiyonel hareketlere karşı direnç gösterilmesinde görev alır ve böylece spinal kolonun hareket sınırlarının oluşmasında önemli bir rol oynarlar. Lomber fasetler erek pozisyonda ağırlığın %16'sını taşırlar. Otururken kompresif yüklenmeye maruz kalmazlar. Torasik bölgede faset eklemler koronal planda ve öne doğru eğik durumdadırlar ve fleksiyon-ekstansiyon ve rotasyona izin verirlerken lateral eğilmeyi sınırlarlar. Lomber fasetler sagittal planda yer alırlar ve fleksiyon-ekstansiyon ve yana eğilmeye izin verirler, torsiyonu sınırlarlar.

Torakolomber bileşkenin oryantasyonu koronal ve sagittal arasındadır. Tek bir fasetin çıkartılması veya sublükse olması her ünite başına düşen yük miktarının artmasına yol açar. Putti, lumbosakral trofizme, faset asimetrisi adını vermiştir. Brailsford, sebebi bilinmeyen 3000 sırt ağrısının %33'ünün nedenini faset eklem asimetrisinin oluşturduğunu belirtmiştir. Faset eklem füzyonu intervertebral eklem hareketlerini her yönde kısıtlar ^{113,135,145,149,150,152,206}

Posterior longitudinal ligament tüm vertebral kanal boyunca korpusun arkasına yapışır. İntervertebral disk aralıklarına anterior longitudinal ligamente göre daha gevşek yapışır. Ortada kalın yanlara doğru incedir. Fleksiyon kuvvetlerine karşı spinal kolonu korur ^{113,145,149,150,152,206}

Posteriodaki ligamentöz yapılar, faset kapsülü, ligamentum flavum, interspinoz ligament, supraspinöz ligament ve intertransvers ligamentten oluşmaktadır. Ligamentum flavum birinci servikal vertebradan itibaren aşağı doğru üst laminanın ön yüzünden alttaki laminanın arkasına doğru uzanır. Oldukça gergin ve elastiki olması nedeniyle arkuları birbirine yaklaştırma eğilimindedir. Fleksiyon ve torsiyon kuvvetine karşı omurgayı korur. Vertebral kolonun öne düşmemesi için bir gerginlik oluşturarak sırt kaslarının daha az enerji sarf etmelerini sağlar ^{113,145,149,150,152,206}

Faset eklem kapsülü diğer artrodial eklemlerdeki gibi fibröz yapıdadır. Kapsülün çıkartılması laboratuvar çalışmalarında aksiel yüklenmede belirgin bir azalmaya yol açmamaktadır. İnterspinöz ve supraspinöz ligamentler fleksiyona karşı direnç oluştururlar. İntertransvers ligamentler torakal bölgede kalın ve kuvvetlidir ve paraspinal kas yapılarının bir parçası gibidirler. Lomber bölgede oldukça zayıftırlar. Lateral eğilme ve rotasyona karşı pasif olarak karşı koyarlar ^{113,145,149,150,152,206}

İnsan, omurgasının intrinsek ve ekstrinsek yapıları ile sağlanmış olan destekten dolayı gövdesini pelvis üzerinde dik ve dengeli tutabilmektedir. İntrensek yapılar yukarıda anlatılanlara ek olarak küçük intraspinal ve erektör spinal kaslardır ^{113,145,149,150,152,206}. Ekstresek desteklerin başında torakal bölgede göğüs kafesi gelir. Her kaburga interkostal kaslar ve ligamentlerle desteklenir. Bu ligament ve kaslar kaburgayı kaburgaya ve kaburgayı transvers proçese ve vertebra korpusuna bağlarlar. Göğüs kafesi anteriorda sternum ve kostal kıkırdaklarla da desteklenir. Lomber bölgede anterior ve lateral abdominal kaslar da göğüs kafesine ve omurgaya ekstrinsek destek sağlarlar. Lumbosakral bölgede sakroiliak eklem kapsülü ve sakrumu ve 5. lomber vertebrayı pelvik halkaya bağlayan ligamentler de omurganın stabilitesinde rol oynarlar ^{113,145,149,150,152,206}

Spinal kolon 5 temel bölgeden oluşur. Yedi vertebradan oluşan servikal kısım, atlantookspital eklemle kafatasına bağlanır. Servikal 2 ile 5. vertebralarda spinöz süreçler iki küçük trabekülle sonlanır. 7. servikal vertebranın spinöz süreci cilt altında palpe edilebilir ve bu özelliği ile topografik olarak önemli bir nokta oluşturur ^{79,90118,161,198}.

Torakal bölgede on iki adet vertebra vardır. Cisim hacimleri aşağı indikçe artar. Cisimlerin yanlarında kostaların bağlandığı iki adet eklem yüzü vardır. 11. ve 12. vertebrada ise sadece bir tane tam eklem yüzü vardır ^{79,90118,161,198}.

Lomber bölgede, giderek kalınlaşan, yuvarlak yüzlü torakal vertebralardan farklı olarak fasüleye benzer yüzleri olan cisimlere sahip 5 adet vertebra vardır. Spinöz süreçler torakal bölgede olduğu gibi aşağı doğru değil, arkaya transvers olarak uzanır ^{79,90118,161,198}.

Sakral bölgede, yetişkin hayatta tek bir kemik haline gelen sakral ve koksigeal 9-10 adet vertebradan oluşan sakrum ve koksiks kemikleri yer alır. Bu bölgede, pelvik halka ile birleşim yeri olan sakroiliak eklem her iki tarafta bulunur ^{79,90118,161,198}.

Spinal kolonda, sagittal planda fizyolojik eğrilikler mevcuttur. Doğumda spinal kolon düz bir sütun halindedir. Bebek başını tutmaya başlayınca servikal lordoz oluşur. Oturmaya ve daha sonra ayağa kalkmaya başlayınca torakal kifoz, lomber lordoz ve sakral kifoz oluşur. Başlangıçta çocukta bu eğrilikler erişkinlerdekinden azdır. Kas gücü gelişip denge sağlanınca normal açılara ulaşır. Böylece ağırlık, özellikle bir yerden atlandığında, düz bir sütunda olduğu gibi doğrudan yukarıya iletilmez, mevcut eğriliklerdeki yaylanma ile önemli oranda yok edilerek kafatasına az bir kısmı iletilir ^{79,90118,161,198}.

Servikal bölgede 30°-50° lordoz, torakal bölgede 20°-40° kifoz, lomber bölgede 40°-60° lordoz, sakral bölgede ise 40°-60° kifoz vardır ^{79,90118,161,198}.

3. Skolyoz Sınıflaması

En geniş skolyoz sınıflaması 1973 yılında Amerikan Skolyoz Araştırma Cemiyeti (Scoliosis Research Society–SRS) tarafından yapılmıştır^{63,125,184}. Bu sınıflama günümüzde hala geçerliliğini korumaktadır.

1. YAPISAL SKOLYOZ

I. İDİOPATİK SKOLYOZ

A) İnfantil (0-3 yaş)

-Kendiliğinden gerileyen

-Progresif

B) Jüvenil (3-10 yaş)

C) Adolesan (> 10 yaş)

II. NÖROMUSKÜLER SKOLYOZ

A) Nöropatik

1. Üst Motor Nöron

a) Serebral palsi

b) Spinocerebellar Dejenerasyon

- Freidreich Hastalığı

- Charcot-Marie-Tooth Hastalığı

- Roussy-Levy Hastalığı

c) Siringomiyeli

d) Spinal kord tümörü

e) Spinal kord travması

f) Diğer

2. Alt Motor Nöron

a) Poliomyelit

b) Diğer viral myelitler

c) Travmatik

d) Spinal musküler atrofi

- Werdnig-Hoffmann

- Kugelberg-Welander

e) Myelomeningosel (Paralitik)

3. Disotonomi (Riley-Day Sendromu)

4. Diğer

B) Myopatik

1. MCC (Artrogripozis)
2. Müsküler distrofi
 - a) Duchenne (Psödohipertrofik)
 - b) Limb-girdle
 - c) Facioscapulohumeral
3. Fiber tip dispropotion
4. Konjenital hipotoni
5. Myotonia distrofika
6. Diğer

III. KONJENİTAL SKOLYOZ

A) Formasyonda Yetersizlik

1. Kama vertebra
2. Hemivertebra

B) Segmentasyon Yetersizliği

1. Tek taraflı (Unsegmented Bar)
2. İki taraflı (Sinostoz)

C) Karışık (Segmentasyon + Formasyon Yetersizliği)

IV. NÖROFİBROMATOZİS

V. MEZENŞİMAL HASTALIKLAR

- A) Marfan Sendromu
- B) Ehler-Danlos Sendromu
- C) Diğer

VI. ROMATOİD HASTALIKLAR

VII. TRAVMATİK

- A) Kırık
- B) Cerrahi
 1. Laminektomi sonrası
 2. Torakoplasti sonrası
- C) Radyasyona bağlı

VIII. EKSTRA SPİNAL KONTRAKTÜRLER

- A) Ampiyem sonrası
- B) Yanık sonrası

IX. OSTEOKONDRODİSTROFİ

- A) Diastrofik cücelik
- B) Mukopolisakkaridozis (örn. Morquio Send.)
- C) Spondiloepifiziel Displazi
- D) Multipl Epifiziel Displazi

E) Diğer

X. KEMİK ENFEKSİYONU (Akut veya Kronik)

XI. METABOLİK HASTALIKLAR

A) Raşitizm

B) Osteogenezis İmpfekta

C) Homosistinüri

D) Diğer

XII. LUMBOSAKRAL EKLEMLE İLGİLİ

A) Spondilolizis ve Spondilolistezis

B) Lumbosakral bölgede konjenital anomali

XIII. TÜMÖRLER

A) Vertebral kolon

1. Osteoid Osteoma

2. Histiositozis-X

3. Diğer

B) Spinal Kord Tümörleri

2. YAPISAL OLMAYAN SKOLYOZ

I. Postural Skolyoz

II. Histerik Skolyoz

III. Sinir Kökleri irritasyonu

A) Disk hernisi

B) Tümörler

IV. İnflamatuvar (örn. apandisit)

V. Alt ekstremitte eşitsizliğine bağlı

VI. Kalça eklemi kontraktürlerine bağlı

4. Adölesan İdiopatik Skolyoz

Vertebral kolonun lateral deviasyonu ilk defa Hipokrat tarafından tanımlanmıştır. Skolyoz terimi ise ilk olarak Galen tarafından ortaya atılmıştır⁶¹. Skolyoz bir dizi vertebranın normal spinal aksa göre laterale deviasyonu ve rotasyonu olarak tanımlanabilir. Adölesan idiyopatik skolyozda deformite her üç planda (frontal, sagittal ve transvers) mevcuttur.

İdiopatik skolyoz terimi etiolojisi bilinmeyen yapısal skolyozlara verilen tanımlamadır. İdiopatik skolyoz büyüme periodu içerisinde herhangi bir dönemde başlayabilmektedir. Bu nedenle kronolojik olarak üç gruba ayrılmıştır; infantil (doğumdan üç yaşına kadar), juvenil (dört yaş ile puberte dönemi), adölesan (puberteden büyüme plakları kapanana kadar).

İdiopatik skolyoz yapısal skolyozlar arasında en sık görülen skolyoz şeklidir ve bunun büyük çoğunluğunu da, adölesan idiyopatik skolyoz oluşturmaktadır.

a. Epidemiyoloji

İdiopatik skolyozun prevalansının değerlendirilmesinde literatürde iki tip çalışma mevcuttur. Geçmiş prevalans çalışmalarında PA akciğer filmleri (tbc taraması için) kullanılmıştır. 1955 yılında Delaware'de Shands ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 14 yaş populasyonun PA akciğer filmlerinin değerlendirilmesi sonucunda prevalans, 10 derece ve üzerinde %1.9, 20 derece ve üzerinde %0.5 olarak bulunmuştur¹⁶⁹. Bir diğer yöntem de okul taramalarıdır. Edinburgh'da Wynne-Davies'in yaptığı çalışmada sekiz yaşın altında 1.3/1000, sekiz yaşın üstünde 1.8/1000 olarak tespit edilmiştir²⁰¹. Kuzey Amerika'da prevalans %2-3 arasında değişmektedir. Ancak bu prevalans eğrilik arttıkça azalmaktadır. Yirmi derecenin üzerindeki eğriliklerde prevalans %0.2-0.3 tür^{107,112,163}.

Cinsiyete göre dağılıma bakıldığında, Wynne-Davies'in yaptığı çalışmada; sekiz yaşın altında kız erkek oranı eşit iken, sekiz yaşın üstünde prevalans kızlarda 4.6/1000, erkeklerde ise 0.2/1000 olarak tespit etmiştir²⁰¹. Rogala ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kız erkek oranı 6-10 derece arasında 1:1, 11-20 derece arasında 1.4:1, 21 derecenin üzerinde 5.4:1, tedavi sınırlarındaki eğriliklerde ise 7.2:1 olarak tespit etmiştir¹⁶³.

b. Etyopatogenez

Uzun yıllardan beri araştırılmasına rağmen kesin bir neden bulunamamıştır. Ancak etyopatogenezde başlıca üzerinde durulan teoriler şunlardır: ^{70,98,180}

- i. Nörolojik köken
- ii. Disk içeriğinde anormallik
- iii. Endokrin bozukluk
- iv. Musküler inbalans
- v. Vertebra kemiksel gelişim bozukluğu
- vi. Ligamentöz yapılardaki kollajen hatası
- vii. Genetik teori

i. Nörolojik Köken.....

İdiopatik skolyozun erken nörolojik çalışmalarında, EEG patolojisine rastlanmamakla beraber 1979'da Sahstrand ve arkadaşları adölesan idiyopatik skolyozlu çocuklarda postural eğilme ile labirent fonksiyonlarını elektronistagmografik (ENG) olarak değerlendirmişler ve nistagmusun arttığını saptamışlar ve buna dayanarak vestibüler disfonksiyona bağlı başlangıçta yapısal olmayan ancak kısa zamanda yapısal olan spinal deformite ortaya çıktığını ileri sürmüşlerdir ^{70,98,166,180}

Samberg ve arkadaşları 41 adölesan idiyopatik skolyozlu hastada yaptıkları ENG çalışmalarında vestibular son-organ disfonksiyonunun anomaliye yol açtığını ileri sürmüşlerdir. Yamata 1984'te 150 idiyopatik skolyozlu hastanın denge çalışmalarında %79 oranında belirgin bozulma saptamıştır ^{11,75,131}.

Wyatt ve arkadaşları 1984'te SRS (Scoliosis Research Society) kongresinde medulla spinalisin arka kolonunu değerlendirdiklerinde skolyotik hastalarda vibrasyon kabiliyetinde belirgin bir asimetri saptadıklarını rapor etmişlerdir. Bu bulgulara dayanarak, skolyotik hastaların posterior kolon alt yollarında merkezi bir anormallik varlığını ileri sürmüşlerdir ^{11,75,131}.

ii. Disk İçeriğinde Anormallik.....

Pedri ve Taylor adölesan skolyozlu hastaların nükleus pulposus kollajen içeriğinde artış olduğunu ve bu artış ile eğriliğin derecesi arasında bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Zaleske intervertebral diskte heksosamin içeriğini araştırmış ve kontrollere kıyasla idiyopatik skolyozlu

hastalarda %23 oranında azalma olduğunu bulmuştur. Zaleske, buna dayanarak disk içeriğindeki değişikliklerin idiopatik skolyozda primer nedensel bir faktör olabileceğini ileri sürmüştür. Oegema ve arkadaşları disk proteoglikan düzeylerinde skolyotik hastalarla, normal kontroller arasında bir fark olmadığını ancak proteoglikan yapıda kimyasal değişikliklerin söz konusu olduğunu rapor etmişlerdir ^{82,131,146,183,207}.

iii. Endokrin Bozukluk.....

İdiopatik skolyozlu hastaların yaşlarına göre daha uzun boylu olmaları endokrin etiolojik bir faktörü düşündürmüştür ^{29,98,131,176,180}.

Skogland'ın 95 hastalık prospektif çalışmasında, büyüme hormonunun pitüiter salınma mekanizmasında hipersensitivite ve testesterol düzeylerinde artış saptamıştır. Misol ve arkadaşları ise serum büyüme hormonu düzeyleri açısından kontrollerle skolyotik hastalar arasında bir fark olmadığını bildirmişlerdir ^{29,173,174,175}.

Willner ve arkadaşları skolyozlu kızlarda somatomedin serum düzeylerinde yükselme saptamışlardır. Oysa Skogland somatomedin düzeylerinin idiopatik skolyozlu hastalarda normal düzeyde olduğunu bildirmiştir ^{173,195}.

Vonderpool, James ve Wynne-Davies 50 yaş üstü hastalarda osteoporozla bağlı gelişen skolyoz vakalarını rapor ettiklerinde, osteoporozla yol açan bir endokrin bozukluğun idiopatik skolyozla neden olabileceği düşüncesini de ileri sürmüşlerdir ^{13,131,203}.

iv. Musküler İnbalans.....

İdiopatik skolyozun etiolojisinde en fazla üzerinde durulan olası sebepsel teori budur. Kas lifi, fibrillerin morfolojisi, histokimyası, elektromyografik aktiviteleri gibi çeşitli alanlarda yapılan çalışmalarda, myotendon birleşim yerinde bir anomali, kalsiyum, bakır ve çinko konsantrasyonlarında, platelet agregasyonunda bozukluklar olduğu ortaya çıkarılmıştır. İskelet kasındaki bu bozuklukların paravertebral bir kas dengesizliğine yol açarak progresif idiopatik skolyozla yol açtığı ileri sürülmüştür. Bu sonuçlara rağmen idiopatik skolyozda iskelet kasının kesin bir defektine bağlı etyogenez gösterilememiştir ^{89,115,131,165,208}.

v. Vertebral Kemik Gelişim Bozukluğu.....

Vertebra cisminin asimetrik büyümesine bağlı skolyoz oluşumu görüşüne dayanır. Enneking ve Harrington birkaç yüz spesimende artiküler süreçlerde bozulmuş kondrogenesis, osteogenezisin prematür durması, subkondral maturasyonda artma, artiküler yüzde dejeneratif değişiklikler saptamışlardır. Üstelik bu değişikliklerin deformitenin ciddiyeti ile ilişkili olmadığını ve konveks tarafta, konkav tarafa kıyasla daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Bu gözlemlere dayanarak, DeSalis skolyotik tavşanlarda interkostal ve vertebral arterlerde mikrokölüzyonların varlığının skolyotik deformiteye yol açtığı görüşü ile idiyopatik skolyozun vasküler bir patoloji ve mezenkimal bir bozukluk sonucu asimetrik olarak vertebral cisim veya kostal yapılarıdaki büyüme plaklarında bir iskemik nekroz veya büyümede bir duraklama geliştirdiğini, bunun da vertebral rotasyon ve koronal deformiteye yol açtığını ileri sürmüştür ^{29,131,142,182}.

vi. Ligamentöz Yapılardaki Kollajen Hatası.....

Birkaç araştırmada skolyozun altta yatan sebebinin kollajendeki bozukluk olduğu bildirilmiştir. Ancak Bedford ve arkadaşları ve Venn ve arkadaşları ise spinal ligamentlerde kollajen metabolizmasının tamamen normal olduğunu göstererek ligamentöz instabilite sonucu skolyoz oluşumu teorisinin aleyhinde deliller elde etmişlerdir ^{13,23,26,29,189}.

vii. Genetik Teori.....

Diğer büyük çalışmalar idiyopatik skolyozun genetik etyolojisi üzerinedir. 1968'de Wynne-Davies, Edinburg Skolyoz Kliniğinden 180 vakayı rapor etmiştir. Bulgularına göre dominant ve multiple gen geçişinin idiyopatik skolyoz etiolojisinde etkili olduğunu ileri sürmüştür. 1973'de Rizeborough ve Wynne-Davies, Boston ve Edinburg'ta birlikte yürüttükleri çalışmada 207 aileyi taramışlar ve 1., 2., ve 3. derece akrabalıklardaki prevalans açısından birbirlerinin sonuçlarında belirgin bir ilişki bulamamışlardır ^{13,59,156,201,202}.

Cowell ve arkadaşları 590 ebeveyn ve 110 skolyotik ikizlerin değerlendirilmesi sonucu dominant bir geçiş ileri sürmüş, sporadik yakalanma oranının %20 olduğunu saptamışlardır. Ancak DeGeorge ve Fisher mono ve dizigot ikizlerde yaptıkları çalışmada idiyopatik skolyozlu hastalarda genetik bir temel bulamamışlardır ^{42,44}.

Özet olarak üzerinde birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen idiyopatik skolyozun etiolojisinde kesin bir faktör halen saptanamamıştır.

c. Spinal Kolon ve Kas İskelet Sistemindeki Değişiklikler

Eğrilik içindeki pozisyonuna göre vertebralarda deformasyon, rotasyon ve spinal akstan sapma mevcuttur.

Apikal bölge en deforme ve en fazla rotasyonu olan vertebradır ¹⁷⁶. Konkavitedeki faset eklemler kısa zamanda daha kalın ve yoğun hale gelirler. Rotasyon sonucu faset eklemler daha derin bir pozisyona geçerken konveksitedekiler ise daha ince ve yüzeysel olurlar ¹⁷⁶. Vertebra cisimleri eğriliğin gerçek apeksini oluştururlar. Şekilleri kamalaşarak eğrilikle uyum kazanır. Konkavitede kemik dansitede artma, konveksitede ise osteoporoz görülür. Vertebra cismi ve posterior arkus arasında değişik rotasyonlardan dolayı laterale eğim oluşur. Vertebra cisimleri posterior arkuslardan daha uzun olan bir kolon oluşturduğu için eğrilik tamamen düzeltilince lordozis oluşacaktır. Bu olay Perdriolle tarafından gösterilmiştir. Bu tür vakalar klinikte kendisini kifozis olarak gösterir. Aslında skolyozun başlangıcı lordoz mu, yoksa lordoz skolyozun bir parçası mıdır konusu tartışmalıdır.

Hacmi değişmeyen nükleus pulposus konveksiteye doğru kayar. Bu olay eğriliğin yapısal hale geçmesinin ilk sebeplerinden biridir ve artık geriye dönüş yoktur. Eğrilik bu aşamada düzeltilse bile nükleus pulposusun bu yapısı düzelmeyecek, buna karşın eğrilikteki kompanzasyon vertebra şekillerinin değişmesi ile saklanacaktır ¹⁷⁶.

90 derecelik torasik skolyozda konveksitede 4-8 cm'lik bir rib hump deformitesi mevcuttur. Vertebralardaki rotasyon kostotransvers eklemler yoluyla kotları da beraberinde döndürmektedir. Erişkinde yapılan bir ameliyat sırasında konkavitedeki kotlar arasındaki kemik köprülerin rezeksiyonu ile eğriliğin mobilitesi sağlanabilir. Bu kotların boyunları kesildiğinde göğüs kafesi serbestleşir, torasik kapasite artar ve anestezi altında respiratuar direnç azalır ¹⁷⁶.

Kotların vertebralara insersiyolarındaki rotasyon ve eğim, pozisyonlarındaki deformiteye neden olur. Buna karşın sternumun ise fazla deplase olmadığı görülür. Konveks tarafta üst kotlar yukarı ve geriye deplasedir. Bir kot, transvers prosesin yanından geçtikten sonra dik bir şekilde aşağı uzanır. Yukarıdan aşağıya ilk iki veya üç vertebra arasındaki aralıklar genişlemiştir. İlk kot anatomik pozisyonunda ve yüksekte durur. İlk interkostal aralık genişlemiştir. Bunu takip eden kotlar daha diktir ve aralarındaki aralık daralmıştır. Orta aksiller çizginin hemen önünde kotlar sternuma doğru yönelirler ve bu yolda daha horizontal

bir hal alırlar. Konkav tarafta ise transvers proçesler kotları birbirine yakın bir şekilde tutarlar. Arka kısımda kotlar horizontaldır ve vertebradaki rotasyona bağlı olarak insersiyoları çok derinde yer alır. Orta aksiller çizginin önünde kotlar sternuma doğru yükselirler. Buradaki kostakondral eklemler daha çıkıntılıdır. Bu değişiklikler vertebral rotasyona eşlik eder. Mehta bunu infantil tipteki skolyozun prognozunu belirlemek için kullanmıştır. Burada konkavite ve konveksitedeki kostovertebral açılar arasındaki fark hesaplanır. Konveksitedeki rib hump açılal olmaya eğilimlidir. Rib hump bölgesindeki kotlar rezeke edildiğinde, kostotransvers eklemlerin hemen ötesinde yeni bir açılanma ortaya çıkar. Bazı vakalarda rotasyon 90 dereceye ulaşır. Böyle durumlarda rib hump'ın ekzisyonu çok az bir şey kazandırır, çünkü hemen altta vertebral cisim mevcuttur. Konkavitedeki horizontal kotlar bir arada dururlar. Bazen bu kotlar birbirlerinin önüne geçer, öyleki birini rezeke edince aynı seviyede önümüze hemen arkasındaki çıkar. Rotasyon nedeniyle bu kotların origioları derindedir. Genelde apeksin hemen üzerindeki kotlar en çıkıntılı olanlardır ¹⁷⁶.

Şiddetli kifoskolyoz olgularında kotlar o kadar çıkıntılıdır ki eğilmiş Harrington rod kullanılmasına rağmen bazen konkavitenin enstrümantasyonunu imkansız kılarlar. Böyle bir vakada bu kotların rezeksiyonu gerekli olur ve patolojik anatominin anlaşılması önem kazanır. Alttaki plevranın ayrılması da prosedürün önemli bir parçasıdır.

90 derecelik torakolomber veya lomber skolyozda pelviste de yapısal değişiklikler ortaya çıkmıştır. İki çeşit deformite izlenebilir.

1. Lomber bir eğrilik zayıflayarak sakral bölgede devam edebilir ve bir çeşit lumbosakral eğrilik meydana gelebilir.

2. Daha sık olarak pelvis majör eğrilik altında eğriliğin bir parçası olabilir. Bu durumlarda L5 ara vertebra gibi davranır. 5. lomber vertebra iliolumber ligamentlerce yerinde tutulur ve rotasyona direnç gösterir, burada torsiyona uğrayan L4-L5 diskidir.

Pelvisin bu torsiyonu pelvik dengeyi klinik olarak değerlendirmeye çalışırken karşılaşılan zorluğu açıklar. Bu vakalarda arkadan bakıldığında sağ iliak krista yüksekte iken önden bakıldığında sağ spina iliaca anterior superior daha alçak görülür. Bu dengesizlik nadiren 1 cm'den fazladır. En iyi değerlendirme hasta ayakta dururken çekilecek bir ön arka grafi üzerinde sakroiliak eklemlerin alt uçlarını birleştiren bir çizgi çizmektir. Bu, varyasyona en az maruz kalan referans çizgisidir. Yani pelvis en az değişken yer olduğu için vücut inbalansını değerlendirecek en iyi bölgedir. Şiddetli tipler haricinde vücut, baş boyun ve omuz kemerinin

pelvis üzerindeki dengesini sağlamak üzere kendini ayarlar ve böylece eğri bir spinal kolon ortaya çıkar ¹⁷⁶.

Skapula, deforme toraks üzerinde bulabildiği bir yerde durur. Sağ skolyozda sağ skapula daha yüksektir ve bunun sebebi rib hump'dır. Sola servikotorasik bir eğrilik varsa skapular hump soldadır.

Konveksitedeki kaslar vücut eğriliğinin üst kısmının konkavite tarafına tamamen kollabe olmasını önlerler. Bu olay elektromyografik olarak Carl Zetterberg tarafından gösterilmiştir. Daha sonra yapılan daha kapsamlı bir çalışmada Maurog, Fine ve Locqueneux değişken sonuçlar elde etmişlerdir. İlk çalışmada denekler prone pozisyonda ve kafalarını aktif olarak kaldırmaya çalışırken yapılmıştır. İkinci çalışma ise deneklere oksipital bölgeden itme uygulanırken ayakta veya oturur pozisyonda yapılmıştır. En aktif kaslar lomber bölge konveksitesindekiler olarak tesbit edilmiştir. Bu kaslar vücudun konkaviteye yatmasını önleyen halatlar gibidir ¹⁷⁶. Konkav ve konveks taraftaki kaslar posterior arklar üzerinden etki ederler. Rotasyon 20 dereceden az ise kaslar rotasyonu kontrol etmeye çalışırken, 30 dereceden fazla ise her iki taraftaki kaslar rotasyonu artırır.

Sadece şiddetli kifoskolyoz vakalarında diyafram kubbe şeklini kaybeder ve öne ve aşağıya uzanan bir septum halini alır ve böylece torasik pompanın piston hareketini imkansız hale getirir. 90 derecelik bir skolyozda interkostal kas fonksiyonları azalmıştır. Majör skolyozlarda hem konveksitedeki vertikal durumda olan, hem de konkavitedeki horizontal durumda olan apikal kotlar birbirleriyle temas halindedir. Bundan dolayı atrofiye uğrayarak fonksiyon yapamazlar ve tüm toraks kafesi rijid hale gelir ¹⁷⁶.

d. Kardiyovasküler ve solunum sistemi

Diyaframın fonksiyonsuz ve torasik kafesin rijid olduğu bir kifoskolyozda solunum, büyük oranda boyun ve omuz kuşağı kaslarıyla sağlanır. Uzun bir süre abdominal kaslar respirasyonda rol oynar, fakat vertebra büyümesinin durması ile bunların insersiyoları birbirlerine yaklaşır. Kaslar kısaltmaya adapte olur, yüksekliklerini bir miktar kaybederek paralitik gibi görünürler. Fakat bu, klinik ve elektromiyografik çalışmalarla ispat edilememiştir

¹⁷⁶

Skolyozu olan bir çok hasta adeleli ve hatta atletiktir. Displazik orijinli olanlarda, genetik bir adele atrofisi mevcuttur. Hipotrofik skolyozla, skolyozun yol açtığı hipotrofi birbirinden ayırd edilmelidir. İkincisinde hasta ameliyattan sonra kilo alır ¹⁷⁶.

Kalp ve büyük damarlar vertebralardan bağımsızdır. Majör kifoskolyozlu bir vakada sintigrafi çekilmiş olsa bunların silüetleri düşünülenden normale daha yakın görülecektir. Mediastinumun arkasında disloke gibi gözüken apikal vertebradır. Böylece kalp vücut aksına göre biraz daha deplase gibi görülür. Fakat EKG'de de görülebileceği gibi kalbin aksı değişmiştir. Major kifoskolyoz daha çok respiratuar problemlere yol açar. Sağ kalp yüklenmiştir, adult dönemde distansiyon ve hipertrofi bunun sonucudur. Aort segmenter arterleri nedeniyle eğriliği daha yakın takip eder. Bundan dolayı rotasyonun fazla olduğu durumlarda konveksitedeki segmental arterler daha uzun bir yol takip ederler ve kemik ile kontaktları daha uzundur. Konkavitede ise arterler doğrudan intervertebral foraminalara girerler. Kifoskolyoz vakalarında aort uzundur ve bütün eğriliği takip eder, bu da özellikle anterior girişimlerde problem yaratır ¹⁷⁶.

Azigos veni interkostal venlere bağlı olduğu için kolaylıkla rotasyon sahasına girer. Bununla beraber eğer çok aşırı bir rotasyon mevcut ise azigos veni sağa doğru olan bir eğriliğin konkavitesine düşer, böylece apikal vertebranın solundan geçer. Duktus torasikus omurgayı çok daha yakından takip eder, takip ettiği yol çok değişken ve duvarları çok frajildir. Özellikle soldan yapılan anterior girişimlerde kolaylıkla zedelenebilir ¹⁷⁶.

Sempatik ve splenik sinirler vertebra cisimleri ve disklerle sıkı komşuluk içindedirler. Anterior longitudinal ligamentle beraber bunlar, anterior girişimde, vertebral rotasyonu anlamakta değerli nirengi noktalarıdır ¹⁷⁶.

Özofagus, birçok şekilde etkilenmiş olabilir. Orta derecede skolyozlarda bile özofagusta konjenital kısalık vardır. Defrenne'in de gösterdiği gibi bu malformasyon His açının bozulmasına ve midenin fundusunda malformasyona sebep olabilir, bu da, kardianın malpozisyonuna ve hiatus hernisine neden olur. Böylece omurganın elongasyonu sağlanan tedavi süresinde bazen şiddetli olabilen hipokromik anemi görülebilmektedir. Malformasyon subdiyafragmatik bölgede gastrik poş yaratır, bu da konjesyon, ülserasyon ve kanamaya sebep olur ¹⁷⁶.

Akciğerler deforme edilir. Torasik konveksitenin apeksindeki alveollerde amfizeme eğilim vardır. Öte yandan ventilasyonun kötü olduğu bölgedeki alveoller kollabedir. Lyne Red skolyoz erken yaşlarda başlarsa alveol sayısında azalma olduğunu da göstermiştir. Bu defekt, yaşam

boyunca kalacaktır, sonucunda ise alveollerde kompanzatuvar amfizematöz dilatasyon oluşacaktır ¹⁷⁶.

Şiddetli kifoskolyozda trakea ve bronşlar bir tarafa kaymıştır. Bu vakalarda özellikle entubasyon zor olabilir. Bu deviasyonla beraber kötü ventilasyon da yapılırsa atelektaziye karşı bir predispozisyon ortaya çıkmaktadır ¹⁷⁶.

e. Abdominal bölge

Peritoneal kavitenin şekli değişmiş abdominal organların düzeni bozulmuştur. Gastrik ptosis eğilimi fazladır. Hasta ayakta iken gastrik fundus pelvistedir. Supine pozisyonda ise barsakların ağırlığı ile superior mezenterik arter duodenumun 3. kısmına baskı yaparak stenoz eğilimini artırır ¹⁷⁶.

Konservatif veya cerrahi tedavi sırasında bu noktada bası ve bunun sonucunda bir kısır döngü meydana gelir. Alçı sendromu pek de seyrek olmayan bir komplikasyondur. Bu vakalarda gastrik lavaj problemi çözemez ise anatomik pozisyona geri dönmek gereklidir. Bu hastayı yüzükoyun diz dirsek pozisyonuna alarak mümkün olur. Böylece mesenterik arterin açısı genişler ve problemin tek çözümü olan gastrojejunostomiye gerek kalmamış olur. Mesenterik laksitenin bazen çok daha dramatik sonuçları ortaya çıkabilir. Örneğin gastrik volvulusla beraber barsağın kıvrılmış kısmında enfarktüs gelişebilir ^{15,176}.

Üriner sistem skolyozdan daha az etkilenir. Şiddetli lomber skolyoz vakalarında böbrek yer değiştirebilir. Kontrast radyografide pozisyonu sagittal görülür. Böbreğin hiper-mobilitesi seyrek değildir. Oturur pozisyonda böbrekler illiak fossada görülebilir ^{15,176}.

Abdominal aort da pek fazla etkilenmez. Vena kava inferior vertebral deplasmandan daha fazla etkilenir. Frajil bir yapı olduğu için anterior girişimlerde tehlikeli bir komşuluk yaratır, asendan lomber venlerle birleştiği alt kısım özellikle tehlikelidir ^{15,176}.

f. İdiopatik Skolyozda Tanı

i. Hikaye.....

Skolyozlu hastanın muayenesi hastanın ve ailesinin ayrıntılı hikayesinin alınmasıyla başlar. Başlıca hastalığın hasta üzerindeki etkileri, genel sağlık durumu, aile hikayesi, hastanın yaşı ve fizyolojik maturitesi araştırılır. Deformite, ağrı, nörolojik semptomlar, kardiopulmoner problemler ve fonksiyonel komplikasyonlar olup olmadığı sorulur. Hastanın yaşı ve cinsiyeti kaydedildikten sonra, deformitenin ortaya çıktığı yaş ve nasıl farkedildiği öğrenilir. Deformite, bir okul taramasında, rutin veya herhangi bir nedenle yapılan sağlık muayenesinde, arkadaşları tarafından sportif faaliyetlerde, soyunurken, özellikle banyo yaparken ailesi tarafından saptanabilir ^{98,111,180}.

Sırtta eğrilik, omuzlar arasında bir yükseklik farkı olup olmadığı ve eğriliğin artış hızı araştırılır. Daha önce tedavi görüp görmediği, gördüyse ne tür bir tedavi gördüğü sorulur. Ateşli bir hastalık sonucu felç, vücutta lokal aşırı kıllanma, herhangi bir yerinde cilt altında ele gelen kitle, lokal renk değişikliği olup olmadığı sorularak poliomyelit, meningomyelose ve nörofibromatozis gibi hastalıklar ekarte edilmeye çalışılır ^{98,111,180}.

Günlük aktivitelerini yapıp yapamadığı, ağrı olup olmadığı sorgulanır. Ağrının özellikle, kemik ve kord tümörlerinde ortaya çıkacağı unutulmamalıdır. Daha önce karın veya göğüs ameliyatı geçirip geçirmediği araştırılır. Torakotomi sonrası ve süt çocuğunda Wilms tümörünün çıkarılmasından sonra skolyoz gelişebildiği bilinmektedir ^{98,111,180}.

Hastanın genel durumu, akciğer kapasitesi, solunum sıkıntısı olup olmadığı öğrenilir. Ailede başka benzer deformite araştırılır. Maturitenin saptanması için, ilk adet tarihi, pubik ve aksiller kıllanma olup olmadığı sorulur.

ii. Fizik muayene.....

Skolyozu olan hasta tamamen çıplak olarak muayene edilir. İncelemede hastanın genel durumu, postürü incelenir. Deri üzerinde görülen 5'ten fazla "cafe au lait" lekeleri nörofibromatozisi düşündürmelidir. Sırtta lokalize aşırı kıllanma, gamze görünümü meningomyelose lehinedir. Kolların aşırı uzun, ekstremiteler bedene oranının bozuk veya küçüklüğü olduğunda konnektif doku hastalıkları akla getirilmelidir. Yüzde asimetri tortikollise bağlı skolyozu işaret eder. Hastanın cilt altında palpasyonla bir kitlesinin olup olmadığına bakılır ^{98,111,180}.

Daha sonra eğriliğin yeri ve tipi araştırılır. Sagittal plandaki postürün lordoz, kifoz, kifolordoz gibi tiplerden hangisine uyduğu belirlenir. Omuzlarda ve göğüs uçlarındaki asimetri inspeksiyonla saptanır ve uygun tasarlanmış cetvellerle de ölçülebilir. Kristalar arası mesafe farkına bakılır. Tek majör eğrilikli torakolomber bir deformitede konkav taraftaki krista konveks tarafa nazaran daha yukarıda, konkav tarafta karın yanı çökük, konveks tarafta bombe şekilde izlenir ^{98,111,180}.

Bir şakül yardımıyla ağırlık çizgisinin nereden geçtiğine bakılır. Şakülün ipi saç çizgisine konulup ucu sarkıtılır, intergluteal çizgiden geçiyorsa dengeli bir skolyozdan bahsedilir ^{30,98,111,180}. Geçmiyorsa sapma miktarı not edilir. Hastanın pubik ve aksiller kıllanması, penis gelişimi, meme gelişimi evresi kaydedilir. Bunlar Tanner'ın evreleme sistemine göre belirlenebilir. Matüriteye yakınlığı araştırılır ^{98,111,180,181}.

Hasta öne eğilirken skapular ve kostalardaki yükselme, yani skapular hump ve rib hump yükseklikleri yere paralel konan cetvel yardımı ile omurganın en derin yeri arasındaki mesafeler ölçülerek saptanır ^{8,98,111,180}.

Hastayı, eğriliğin konveks ve konkav tarafına doğru eğerek eğriliğin fleksibilitesi değerlendirilir. Hasta başından tutulup yukarı doğru çekilince eğrilik düzeliyor fakat bırakınca hemen oluşuyorsa ve C-tipi bir skolyoz varsa buna akordiyon belirtisi denilir ve nöromusküler tip skolyozda görülür ^{98,106,111,180}.

Son olarak diğer sistemler ve kas iskelet sisteminin diğer bölgeleri değerlendirilip, ayrıntılı bir nörolojik muayene yapılır, nörolojik defisit olup olmadığı araştırılır ^{98,111,180}.

Diğer sistem muayenelerinde konjenital kalp hastalıklarına ait siyanoz, kardiyak odaklarda üfürüm, ödem, dispne saptanabilir. Konjenital kalp hastalığı olanlarda idiopatik skolyoz görülme oranı %8,5'dir. Bu da normal populasyona göre 10 kat fazladır ¹¹⁷.

Kas iskelet sistemi muayenesinde, alt ekstremitte uzunluk farkları, konjenital veya nöromusküler hastalıklara bağlı deformiteler (PEV, DKÇ, vertikal talus vb.), atrofi, motor kuvvet kayıpları saptanabilir ^{80,98,111,180}.

iii. Radyolojik Muayene.....

Radyolojik muayenede, hasta ayakta iken standart ön arka ve yan tüm vertebra grafileri, öne arkaya ve yanlara eğilme grafileri çekilebilir ^{18,33,57,93,98,111,126,180}. Ön arka grafide öncelikle vertebrada veya kotlarda formasyon veya segmentasyon kusuru ve spinal kanalda açıklık (spina bifida) olup olmadığına bakılır ^{98,176,180}. Eğriliğin yönü (sağ-sol), tek majör veya çift majör eğrilik olup olmadığı kaydedilir. Eğriliğin üst ve alt son vertebraları, apikal vertebraları tespit edilir. Alt ve üst vertebraları saptamak için kabaca rotasyonun olmadığı eğriliğin döndüğü vertebralara komşu vertebralar bulunur. Ya da pelvik tilt yoksa veya tilt açısı kadar düzeltme yaparak sakrum tip noktaları birleştirilip orta noktasından bir dik çizilir. Kestiği vertebralar alt ve üst son vertebralar olarak işaretlenir (King metodu). Bu şekilde eğriliğin alt torakal, torakolomber veya lomber bir eğrilik olup olmadığı belirlenir. Eğer çift majör eğrilik ise her iki eğriliğin yeri kaydedilir ^{18,33,57,93,98,111,126,180}. Pedikül gölgelerinin en çok kaydığı, kabaca rotasyonun en çok olduğu eğriliğin tam ortasındaki bir veya iki vertebra apikal vertebradır. Alt ve üst son vertebraların, alt ve üst end-plate'lerine paralel çizilen doğru parçalarının orta noktalarından çizilen diklerin kesiştiği noktadaki vertebra olarak da belirlenebilir ^{18,33,57,93,98,111,126,180}.

Eğriliğin açısı Ferguson veya Cobb metodu ile ölçülür. Son yıllarda yaygın olarak kullanılan Cobb metodunda alt ve üst son vertebraların, alt ve üst end plate'lerinden çizilen paralel doğrulara çıkılan dikler arası açı ölçülür ve Cobb açısı olarak kaydedilir. Eğer çift majör eğrilik varsa her iki eğriliğin Cobb açıları ölçülür ^{18,33,57,93,98,111,126,180}.

Yan grafide T3-T12 arası, L1-L5 arası torakal ve lomber bölgedeki sagittal plan açıları Cobb metoduyla ölçülür. Hastada torakal veya lomber bölgelerdeki normalden sapma değerlerine bakılarak eğriliğin lordoz veya kifoz komponentinin olup olmadığı araştırılır ^{18,33,57,93,98,111,126,180}.

Rotasyon miktarı pedikül gölgelerine bakılarak değerlendirilebilir. Pediküller simetrik ise (0), hafif kayma varsa (+), bir pedikül çok az görünüyorsa ve diğeri cisim kalınlığının 1/4 ü kadar kaymışsa (++) , pedikül gölgesi orta hatta gelmişse (+++), orta hattı geçmişse (++++) rotasyon var denilir (Cobb Metodu). Rotasyon ön arka grafide Perdriolle cetveli ile de ölçülebilir ^{18,33,57,93,98,111,126,180}. Nash ve Moe'nun tarif ettikleri yöntem ile vertebra cismi 4 eşit bölgeye ayrılarak pedikül gölgesinin izdüşümü olan alana göre evre I'den IV'e kadar derecelendirilebilir ¹⁴⁴.

Hasta sağ ve sola maksimum eğilirken çekilen ön arka eğilme grafileri ile fleksibilite değerlendirmesi yapılabilir. Sağa ve sola olan eğilme grafilerinde Cobb açısındaki artma veya azalma, kendisinin yarısından (%50'sinden) fazla ise bu tip bir eğrilik fleksibl olarak

değerlendirilirken gerçek Cobb açısının rotasyon nedeniyle ölçümediğini ileri sürenler mevcuttur. Bu görüşe göre vertebra rotasyonu kadar hasta dördürölüp ön arka grafisi çekilir, ya da bu açı kadar açılı oblik grafi çekilir ve Cobb metoduyla açı ölçülür⁶⁶.

1986'da Shufflebarger ve King tarafından daha doğru bir ölçüm için bir metod önerilmiştir¹⁷¹. Birleşik ölçüm (Composite Measurement-CM) adı verilen değer, spinal deformitenin sagittal plandaki eğriliğini de Cobb açısına katması bakımından önemli olduğu ileri sürülmüştür. Buna göre; birleşik açılar

FC: Frontal Cobb açısı,

AK: Actual Kyphosis-sagittal plandaki kifoz açısı,

AL: Actual Lordosis-sagittal plandaki lordoz açısı

A-Torasik kifozlarda: $CM = FC + 30^\circ - AK$

B-Artmış veya normal torakal kifozlarda: $CM = FC + AK - 30^\circ$

C-Azalmış lordozu olan lomber lordozlarda: $CM = FC + 45^\circ - AL$

D-Artmış veya normal lordozu olan lomber eğriliklerde: $CM = FC + AL - 45^\circ$

şeklinde ölçülür.

Rotasyonun ve progresyonun değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir açı Mehta açısıdır. Bu, apikal vertebradaki vertebra cismi ile kostaya paralel çizilen doğrular arasındaki açıdır. Her iki taraftaki açı farkı (Rib Vertebral Angle Difference-RVAD) 20° den fazla ise eğrilik progresiftir denilir^{98,111,128,180}.

Radyolojik incelemede hastanın el bilek grafisi çekilerek Greulich-Pyle atlasına bakılarak kemik yaşı saptanır. İdyopatik skolyozlu hastalarda kemik yaşı kronolojik yaşlarına kıyasla genellikle bir iki yaş geridir^{98,111,180}. Matürite değerlendirilirken diğer bakılan bölge iliak apofizlerdir. Risser tarafından tanımlanan bu bulguda apofiz gelişimi hiç yoksa "0", ilerleme bir kristanın 1/4 ü kadar ve kristadan ayrıkça (1), 1/2 si kadar ve ayrıkça (2), 3/4 ü kadar ve ayrıkça (3), tamamını kaplıyor ve ayrıkça (4), apofiz kapanmışca (5) olarak değerlendirilir. Risser sayısı arttıkça hastanın matüriteye yakın olduğu belirlenir. (0)'a yaklaştıkça eğriliğin progresyon potansiyelinin olduğu söylenir^{98,111,160,180}.

Deformitenin değerlendirilmesinde Cobb tekniği standart ölçüm metodudur³³. Cobb ölçümünün ortalama gözlemciler arası değişkenliği 7.2 derece, aynı gözlemci için değişkenliği 4.9 derece olarak tespit edilmiştir¹³⁹.

Bilgisayarlı Tomografi (BT) ve Magnetik Rezonans (MR):

Bilgisayarlı tomografi (BT) rutin olarak yapılması gereken bir tetkik değildir. Rotasyon ölçümünde kullanılmakta olan bir tetkik olmasına rağmen klinik önemi henüz ortaya konulamamıştır. Ayrıca rotasyon tayininde Perdriolle metoduna üstünlüğü de tartışma konusudur².

BT ile vertebralar ayrıntılı bir şekilde incelenebilir. Vertebrada veya kotlarda kemiksel bir anomali, kanalda darlık veya deformite, enflamasyon, intravertebral veya ekstrevertebral tümör olup olmadığı açık bir şekilde görülür^{98,111,180}.

BT ile ayrıca vertebradaki rotasyon açıları da ölçülebilir. Bunun için Aaro ve Dahlborn tarafından tarif edilen sagittal düzleme göre dönme açısı (RASag), deviasyon açısı (RAdev) ve orta hatta göre dönme açısı (RAMl) ölçülür. RASag, orta hattaki sagittal düzlem ile vertebra posterior arkusunun ortasından başlayan ve vertebra cismi boyunca devam eden çizgiler arası açıdır. RAdev ise sagittal düzlem ile vertebra cisminin posteriorunu vücut orta hattına birleştiren çizgi arasındaki açıdır. RAMl ise bu iki açının toplamıdır^{2,3,28,143}.

Spinal kanal ve spinal kord değerlendirilmesinde ise manyetik rezonans (MR) daha üstündür. MR genel olarak rutin yapılması önerilmeyen bir tetkiktir.

- Nörolojik defisit,
- Sol torasik eğrilik,
- Erkek hasta,
- Adolesans öncesi başlamış eğrilik,
- Hızlı ilerlemenin gözlenmesi,
- Alt ekstremitelerde deformite

MR tetkikinin endikasyonlarıdır¹⁶⁸.

Myelegrafi, BT myelografi, SSEP ve MEP gerektiğinde yapılacak tetkiklerdir.

iv. Sınıflandırma.....

İdiopatik skolyoz eğrilik paterni pek çok yazar tarafından sınıflandırılmaya çalışılmıştır. İlk olarak Schulthess 1905'de

1. Servikotorasik
2. Torasik
3. Torakolomber
4. Lomber
5. Kombine çift eğrilikler

olmak üzere beşe ayırmıştır³⁵. 1983 yılında King ve arkadaşları torasik eğriliklerde füzyon sahası seçimi amaçlı olarak beş idiopatik eğrilik paterni tanımlamışlardır⁹¹.

Tip I: S şeklinde çift eğrilik mevcuttur. Lomber eğrilik torakal eğrilikten büyüktür ve/veya lomber eğrilik torakal eğriliğe göre daha az esnektir.

Tip II: S şeklinde çift eğrilik mevcuttur. Torakal eğrilik lomber eğrilikten büyük ya da eşittir ve torakal eğrilik lomber eğriliğe göre daha az esnektir. Lomber eğrilik santral sakral çizgiyi geçer.

Tip III: Tek majör torasik eğrilik mevcuttur. Fraksiyone lomber eğrilik santral sakral çizgiyi geçmez.

Tip IV: Tek majör uzun torasik eğrilik mevcuttur, L4 eğriliğinin içine doğru eğilmiştir.

Tip V: Çift yapısal torasik eğrilik mevcuttur.

Winter ve Lonstein yedi majör eğrilik paterni tanımlamışlardır:

1. Tek majör torasik
2. Tek torakolomber
3. Tek lomber
4. Çift torasik
5. Torasik ve lomber
6. Torasik ve torakolomber
7. Üçlü eğrilikler¹⁹⁷.

Coonrad ve arkadaşları eğrilikleri apeksin yerleşimine göre dokuz ayrı sınıfa ayırmışlardır³⁵. Asher ve Burton eğrilik paternlerini torsiyonel olarak tek torsiyonlu, çift torsiyonlu ve üç torsiyonlu olarak değerlendirilmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir⁶.

Bütün bu farklı sınıflandırma yöntemleri tedavinin planlanması ve aynı dilden konuşulabilmesi amacı ile ortaya atılmıştır. Günümüzde çalışmalarda ve füzyon sahası seçiminde bütün eğrilikleri içermemesine rağmen en yaygın olarak kullanılan sistem King-Moe sınıflandırmasıdır⁹¹.

King sınıflaması 1983 yılında tarif edilmiş olup günümüzde bazı açılardan yetersiz kalmaktadır;

- İzole torakolomber, lomber, çift ve üçlü majör eğrilikler gibi bazı eğrilikleri kapsamamaktadır.
- King sınıflaması ortaya çıktığı zaman sadece Harrington uygulaması mevcuttu. Üç boyutlu korreksiyon sistemleri ve segmenter enstrumantasyon uygulamalarının getirdiği prensipleri karşılamaya yeterli değildir.
- Sadece eğriliğin koronal planını değerlendirmeye almaktadır.
- SRS tarafından yakın zamanda yapılan bir araştırmaya göre gözlemciler arası ve aynı gözlemci için hata oranı yüksek olarak bulunmuştur ¹⁵⁴.

Adolesan idiopatik skolyoz için Lenke ve arkadaşları tarafından yeni bir sınıflama sistemi geliştirilmiştir ¹⁰¹. Bu sistemin geliştirilme amaçları şunlardır:

1. Sadece torasik değil adolesan idiopatik skolyozun tüm eğrilikleri için geçerli olan bir sınıflama olması,
2. Sadece koronal plan yanında sagittal planında değerlendirmeye alınması,
3. Sınıflamanın tedaviye yönelik olması,
4. Eğrilik tiplerini ayırmak için spesifik ve objektif kriterlere sahip olması,
5. Gözlemciler arası ve aynı gözlemci için çok iyi güvenlik aralığı olması,
6. Mantıksal, kolay anlaşılabilir ve yardımcı bir sistem olması.

Lenke ve arkadaşlarının geliştirdiği sınıflama sisteminin üç komponenti bulunmaktadır. İlki eğriliğin tipini belirlemektedir.

- Torasik eğrilik: Apeksi T2 cismi ile T11-12 diski arasında olan eğrilikler
- Torakolomber eğrilik: Apeksi T12 cismi ile L1 cismi arasında olan eğrilikler
- Lomber eğrilik: Apeksi L1-2 diski ile L4 cismi arasında olan eğrilikler

Buna bağlı olarak eğrilikler rejonel spinal kolona göre;

- Proksimal torasik
- Ana torasik
- Torakolomber–lomber olarak bölgelere ayrılmaktadır.

Yapısal eğrilik normal esnekliği olmayan eğriliklere verilen isim olmakta ve proksimal torasik bir eğriliğe yapısal diyebilmek için eğilme grafilerinde kalan eğriliğin 25 derece ve üstü ve/veya T2-T5 kifozun 20 derece veya üstü olması gerekmektedir. Ana torasik eğrilikler için bu kriterler eğilme grafilerinde kalan eğriliğin 25 derece veya üstü veya torakolomber kifozun 20 derece veya üstü olmasıdır. Torakolomber-lomber eğriliklerde yukarıdaki kriterlere ek olarak apikal vertebrada eğilme grafilerinde Nash-Moe rotasyon derecelendirmesine göre Evre I rotasyon kalması da bir kriter oluşturmaktadır. Bu kriterlerden herhangi biri mevcut ise minör eğrilik, cerrahi yapısal eğrilik olarak değerlendirilmekte, açısı büyük olan eğrilik de majör eğrilik olmaktadır. Bu kriterler olmadığı takdirde minör eğriliğe yapısal olmayan eğrilik denmektedir. Yani, artrodez sadece cerrahi yapısal eğriliklere uygulanmalıdır.

Yukarıdaki tanımlardan yola çıkarak Lenke sınıflama sisteminin ilk komponentini oluşturan eğrilik tipi Tablo 1' de özetlendiği gibidir.

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

Tablo 1: Lenke ve arkadaşlarının geliştirdiği Adolesan İdiopatik Skolyoz sınıflamasında eğriliğin tipi ¹⁰¹.

Lenke sınıflamasının ikinci komponenti lomber kolonu değerlendirmektedir. Lomber bölge spinal kolonun en hareketli kısmı olduğu için spinal dengede en büyük role de sahiptir. Proksimal sakrumu ortalayan dikey bir çizgi stabil vertebraya kadar çizilir. 2cm'ye kadar olan pelvik obligite kabul edilebilmektedir. Daha büyük obligitelerde hastanın kısa tarafı yükseltılarak pelvis yatay pozisyona getirilmelidir. Stabil vertebra Santral Sakral Dikey Çizgi (SSDÇ) ile ortasından kesilen vertebradır. Bu bir disk aralığına denk geliyorsa bir alttaki vertebra stabil sayılmalıdır. SSDÇ'ye göre lomber belirleyiciler için kriterler şunlardır:

- A. SSDÇ stabil vertebraya kadar pediküller arasından gider.

- Lomber eğriliğin apeksi torakolomber veya torasik bölgededir
 - Tip 5 ve 6 eğrilikler A grubu olamazlar
 - King Tip III, IV ve bazı V eğrilikleri kapsar
- B. SSDÇ lomber apikal vertebranın cisminde geçer.
- Torakolomber veya lomber eğrilikler için geçerli değildir
 - Bazı King Tip II, III ve V eğrilikleri kapsar
- C. SSDÇ lomber apikal vertebraya dokunmadan medialinden geçer.
- King Tip I, bazı II ve V eğrilikler ile bazı çift majör, üçlü majör ve tüm torakolomber ve lomber eğrilikleri kapsar.

Üçüncü ve son komponent de sagittal torasik belirleyicidir. T5–T12 arası normal kifoz ortalama 10 ile 40 derece arasında olmak üzere 30 derecedir ¹⁹. Adolesan idiopatik skolyozda torasik kifoz azalma eğilimindedir ^{19,24}. Lenke sınıflamasında T5-T12 arasında ölçülen sagittal açı için belirleyiciler:

- (-) / hipokifoz: 10 dereceden küçük,
- (N) / normal kifoz: 10–40 derece arası,
- (+) / hiperkifoz: 40 dereceden büyük.

Lenke sınıflaması yukarıda tarif edilen üç belirleyicinin saptanması ile 1A-, 2BN, veya 6C+ gibi bir kodla belirtilmektedir. Böylece 42 değişik seçenek ortaya çıkmaktadır. Takip açısından kullanılmasını tavsiye ettikleri formun tercümesi Şekil 1’de görüldüğü gibidir.

Eğrilik Tipi

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

Cerrahi Yapısal Eğrilik Kriterleri

Poksimal Torasik:

- Eğilme graflerinde Cobb $\geq 25^\circ$
- T2-T5 Kifoz $\geq +20^\circ$

Ana Torasik:

- Eğilme graflerinde Cobb $\geq 25^\circ$
- T10-L2 Kifoz $\geq +20^\circ$

Torakolomber/Lomber:

- Eğilme graflerinde Cobb $\geq 25^\circ$
- T10-L2 Kifoz $\geq +20^\circ$

Belirleyiciler

Lomber Spinal Belirleyici	Lomber apekse SSDÇ
A	SSDÇ pediküller arasında
B	SSDÇ apikal cisim(ler)e dokunuyor
C	SSDÇ medialde

Apeks Yerleşimine Göre

Eğrilik

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

Torasik Sagittal Profil	
- (Hipo)	$< 10^\circ$
N (Normal)	$10^\circ - 40^\circ$
+ (Hiper)	$> 40^\circ$

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

Şekil 1: Lenke sınıflamasında tavsiye edilen takip formu

Aynı çalışmada Lenke ve arkadaşları King sınıflaması ile kendi sınıflamaları arasındaki gözlemciler arası ve aynı gözlemci için güvenilirlik oranlarını karşılaştırmışlardır ¹⁰¹. King sınıflamasında gözlemciler arasında güvenilirlik oranı %64 olarak saptanırken Lenke sınıflaması için bu oran %93 olarak bulunmuştur. Bu oranlar aynı gözlemci için King sınıflamasında %69 iken yeni sınıflama sisteminde %85 olarak tesbit edilmiştir.

v. Doğal Seyir.....

Adolesan idiopatik skolyozun doğal seyrini bilmek hastalığın tedavi planını çizmek ve tedavinin etkinliğini tespit etmek için gereklidir. Skolyozun ilerlemesi bilindiği gibi büyüme ile yakın ilişkilidir. Puberte öncesi başlamış eğrilikler yüksek ilerleme riski taşırlar. Eğriliğin ilerlemesi sıklıkla sekonder seks karakterlerinin ortaya çıkmaya başladığı hızlı büyüme dönemi esnasında izlenir. Yaş arttıkça ilerleme insidansı azalır ¹⁹². İskelet matüritesi oluşmamış hastalarda eğriliğin ilerlemesini etkileyen ana faktörler:

1. Çift eğrilik paterni gösteren eğrilikler tek eğrilik paterni gösteren eğriliklere göre daha fazla ilerleme göstermeye eğilimlidirler.
2. Tanı anında genç hastalar daha fazla ilerleme riski taşırlar.
3. Menarş öncesi olan hastalar menarş sonrasına göre anlamlı olarak fazla ilerleme riski taşırlar.
4. Tanı anında düşük Risser evresi ^{157,160} olan hastalarda ilerleme riski daha fazladır.
5. Büyük eğrilikler daha fazla ilerleme riski taşırlar.
6. Karşılaştırılabilen eğriliklerde erkek hastalar on kat daha fazla ilerleme riskine sahiptirler ¹⁹².

Eğriliğin ilerlemesinde iskelet matüritesi, eğriliğin derecesi ve tipi ana rolü oynamaktadır. Lonstein ve Carlson yaptıkları çalışmada 9 yaşın altında %67, 15 yaşının üstünde %11 ilerleme tespit etmişlerdir. Tanı anında büyük olarak tespit edilen eğrilikler daha fazla ilerleme potansiyeline sahiptirler. Risser evresi 0 veya 1 olan 19 derecenin altındaki eğrilikler %22, 20-29 derece olan eğrilikler %68 ilerleme gösterirken, Risser evresi 2 ile 4 arasında olan 19 derecenin altındaki eğrilikler %1.6, 20-29 derece olan eğrilikler %23 ilerleme göstermektedir ¹⁰⁸. Peterson ve Nachemson yaptıkları Scoliosis Research Society (SRS) destekli prospektif çalışmada, Risser evresinin 0 veya 1 olması, apikal vertebranın 12. torasik vertebranın üstünde olması ve 10 mm den az inbalans bulunmasının 6 dereceden fazla ilerleme yönünde prognostik faktör olduğunu tespit etmişlerdir ¹⁴⁷.

vi. Tedavi.....

Adolesan idiopatik skolyoz tanısı almış hastaların çoğu tedavi gereksinimi göstermemektedir. Rogala ve Drummond çalışmalarında, %6,8 hastada 20 derecenin üzerinde tedavi gereksinimi gösteren eğrilik tespit etmişlerdir ¹⁶³. Weinstein ve Ponseti ise, skolyoz tarama çalışmalarında %10'un altında aktif tedavi gerektiren eğrilik tespit etmişler ve bu hastaların %85-90'ının ortez ile tedavi edildiğini belirtmişlerdir ¹⁹¹.

Adolesan idiopatik skolyozda tedavinin amacı deformitenin ilerlemesinin engellenmesi, düzeltilmesi ve sağlanan düzelmelerin korunmasıdır.

1. Konservatif tedavi.....

Adolesan idiopatik skolyozda konservatif tedavinin amacı, eğriliği kontrol altına alarak ilerlemeyi önlemek ve cerrahi korreksiyon gereksinimini ortadan kaldırmaktır. Adolesan idiopatik skolyozda konservatif tedavi egzersiz, elektrik stimülasyonu ve ortez tedavilerini içermektedir.

Egzersiz, pek çok merkezde geçmişte konservatif tedavinin bir parçası olarak uygulanmıştır ancak eğriliğin kontrolü ve ilerlemenin engellendiğine dair dökümanite edilmiş veri bulunmamaktadır. Genel kanı, egzersizin hastaya zarar verici etkisi olmamakla birlikte, tedavide de etkin yeri bulunmadığı şeklindedir.

Konveks paraspinal kaslara uygulanan elektrik stimülasyonu konservatif tedavide kullanılan diğer bir metod olmuştur. Erken sonuçları içeren raporlarda eğriliğin kontrolünde iyi sonuçlar belirtilmiştir ^{9,10}. Ancak bu çalışmalar halen tedavi altındaki immatür ve az sayıda matür hastayı içermektedir. Tedavinin başarısızlığının tanımlandığı ve tedavisi tamamlanmış hasta gruplarında yapılan daha geniş çalışmalarda, elektrik stimülasyonunun hastalığın doğal seyrinden farkı olmadığı gösterilmiştir ^{109,141,147}. Sonuç olarak elektrik stimülasyonu hastalığın doğal seyrini değiştirmedeği için bir konservatif tedavi seçeneği değildir.

Konservatif tedavide en etkili metod ortez tedavisidir. Ortez tedavisinde üç adet ortezin tedavide başarısı gösterilmiştir;

1. Servikotorakolumbosakral ortez (CTLSO) veya Milwaukee ortezi
2. Torakolumbosakral ortez (TLSO), Boston, Wilmigton ortezleri
3. Charleston eğilme ortezi.

Ortez tedavisinin başarılı kabul edilebilmesi için skolyozun doğal seyrini değiştirmesi gerekmektedir. Ortez tedavisinin başarısızlık kriterleri literatürde iki şekilde gösterilmiştir: Ortez tedavisinin başarısız olduğu cerrahi tedavi uygulanan hastalar, ya da takipte ortezleme öncesine göre 5 derece veya daha fazla ilerleme gözlenmesi.

Milwaukee ortez uygulamaları sonrasında başlangıçta düzelme sağlanmakta ve kazanılan düzelme uzun dönem takiplerde (5 yıl ve daha fazla) ortez öncesi eğrilik derecesine ulaşılmaktadır. Ortez tedavisinin başarısını hastanın matüritesi, eğriliğin derecesi ve fleksibilitesi etkilemektedir. Literatürde %3-22 hastada ortez sonrası cerrahi tedavi gerektiği belirtilmiştir ^{31,55,147}.

Lonstein ve Winter, Milwaukee ortez tedavisi uyguladıkları 1020 hastanın sonuçlarında 20-39 derece eğriliği olan hastalarda başarısızlığın doğal seyre göre daha az olduğunu ve 30 derecenin üzerinde, immatür hastaların daha fazla cerrahi gereksinim gösteren ilerleme gösterdiğini belirtmişlerdir ¹¹⁰. Milwaukee ortezine alternatif olarak ortaya atılan TLSO uygulamalarında Bassett ve arkadaşları Cobb açısı 20-39, Risser evresi 0-1 olan 79 hastada 5 derecenin üzerinde %28, Piazza ve Bassett ise Cobb açısı 20-39 olan 67 hastada 5 derecenin üzerinde %21 ilerleme tespit etmişlerdir ^{14,148}. Nachemson ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında 25-35 derece eğrilikleri olan ve ortez ile tedavi edilen hastaları elektrik stimülasyonu verilen ve tedavi verilmeyen hastalar ile karşılaştırmışlardır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ortez tedavisi verilen hastalarda %74, yalnızca izlenen hastalarda %34 ve elektrik sitümülasyonu verilen hastalarda %33 başarılı sonuç bildirmişlerdir ¹⁴¹.

Charleston eğilme ortezinin eğilme grafilerinde %50 düzelme gösteren hastalarda uygulandığında kısa dönem sonuçlarda %83 başarı bildirilmiştir ¹⁵¹.

Bütün bu çalışmalar göstermektedir ki, ortez tedavisi uygun endikasyon ile kullanıldığında adolesan idiopatik skolyozun doğal seyrini değiştirebilmektedir.

Sonuç olarak:

1. Eğriliği 20 dereceden küçük olan immatür hastalar radyolojik olarak 6 aylık aralarla izlenmelidirler.
2. Eğriliği 20 dereceden küçük olan matür hastaların takip edilmesine gerek yoktur.

3. Eğriliği 20 ile 30 derece arasında olan immatür hastalar her 3-4 ayda bir radyolojik olarak kontrol edilmelidir. 25 derecenin üstüne ilerleme gösteren eğriliklerde ortez tedavisi başlanmalıdır.
4. Eğriliği 30 derecenin üzerinde immatür olan hastalara ortez tedavisi hemen başlanmalıdır. Ancak 30 derecenin üzerindeki hastalarda başarı oranı azalmaktadır.
5. Eğriliği 30-40 derece olan matür hastalar tedavi gerektirmezler. Ancak Weinstein ve Ponseti'nin yaptıkları çalışmada matürasyon sonrası 30 derecenin altındaki eğriliklerde ilerleme gösterirken çalışma grubunda en fazla ilerleme 50 derecenin üzerindeki torakal eğriliklerde görülmüş ve hastaların %68'inde progresyon tespit etmişlerdir¹⁹¹. Bu yüzden bu hastalar 2-3 yılda bir gözlenmelidir.
6. Eğriliği 45 dereceden fazla olan hastalarda ortez tedavisinin yeri yoktur. Ancak eğriliği 40-45 derece olan, dengeli, eğilme grafilerinde %50 fleksibilitesi olan ve matürasyonun tamamlanmasına 1 yıl kalan hastalarda ve ayrıca eğriliği 40 derecenin üzerinde olan genç immatür hastalarda spinal füzyon uygulanana kadar vertebral büyümenin beklenmesi amaçlı olarak ortez tedavisi uygulanabilir.
7. Duygusal olarak instabil, iskelet matüritesi tamamlanmış, torakal hipokifoza olan, yüksek torasik ve servikotorasik eğriliklerde ortez tedavisi uygulanmamalıdır.

2. Cerrahi Tedavi.....

Yapılan tarama, doğal seyir ve konservatif tedavi çalışmaları neticesinde bir grup eğriliğin cerrahi korreksiyonunun yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Adolesan idiopatik skolyozun cerrahi tedavisi ilk olarak 20. yüzyılın başlarında geçerlilik kazanmış ve son 30 yıl içerisinde enstrümantasyon sistemlerinin geliştirilmesi sonrasında baş döndürücü bir ivme kazanmıştır. Adolesan idiopatik skolyozun cerrahi tedavisinde amaç, klinik ve radyografik olarak deformitenin korreksiyonu, stabilizasyonu, ilerlemenin engellenmesi, vertebral kolonun dengesinin korunması veya sağlanmasıdır.

3. Cerrahi Tedavi Endikasyonları.....

Sorulması gereken ilk soru hangi eğriliklerin cerrahi tedavi gerektirdiğidir. Cerrahi endikasyonlarda Cobb açısı, matürite, eğrilik paterni, denge, sagittal plan ve kozmetik görünüş dikkate alınmalıdır. 50 derecenin üstündeki eğrilikler cerrahi olarak tedavi edilmelidirler. 40 derecenin üzerindeki ilerleme gösteren eğriliklerde cerrahi tedavi düşünülmelidir. Genel olarak kabul edilen progresyon kriteri 6 aylık sürede 5 derecenin üzerinde artıştır. İskelet matüritesi göz önüne alınması gereken diğer bir faktördür. 40-50

derece arasındaki matüritesi tamamlanmış ya da tamamlanmakta olan eğriliklerin izlenmesi önerilirken, immatür eğrilikler cerrahi tedavi edilmelidirler.

Eğrilik paterni de cerrahi tedavi seçiminde etkili olabilmektedir. 50 derece sınırlarındaki tek torasik eğrilikler, aynı derecelerdeki çift majör (torakal ve lomber) eğriliklere (eğriliklerin birbirini dengelemesi nedeniyle) göre cerrahi tedaviye daha uygundur.

Torasik hipokifoza veya lordoza olan hastalarda Cobb açısı 40 derecenin altında olsa bile cerrahi tedavi düşünülmelidir.

4. Füzyon Sahasının Seçimi.....

Adolesan idiopatik skolyozda cerrahi tedavinin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biri füzyon sahasının seçimidir. 20. yüzyıl başlarındaki ilk spinal füzyon uygulamalarıyla beraber füzyon sahası seçimi adolesan idiopatik skolyozun tedavisinde tartışma alanı olmuştur ve bu tartışma enstrumantasyon uygulamalarından önce başlamıştır. Yeni ve daha kompleks enstrumantasyon sistemlerinin gelişmesi ile konunun önemi artmıştır. Geçmişte Rissler turnbuckle açısı içerisinde yer düzlemine paralel olan vertebraların füzyon sahasına katılmaları gerektiğini belirtmiştir¹⁵⁸. Goldstein ise füzyonun üstte ve altta rotasyon olarak nötral olan vertebralar arasında yapılması gerektiğini vurgulamıştır⁶⁵. Harrington kendi adıyla tanımlanan enstrumantasyon sisteminini kullanarak yaptığı uygulamaları ile stabil zon kavramını ortaya atmıştır. Stabil zon lumbosakral eklemlere dik çizilen iki doğru arasında kalan alan olarak belirtmiş ve enstrumantasyon ve füzyonun, şayet eğriliğin alt sınırı stabil zon içerisinde kalıyor ise, üstte eğriliğin bir seviye üstünde, altta eğriliğin iki seviye altında yapılması gerektiğini ortaya atmıştır^{70,73}. Yıllar boyunca torasik ve lomber komponenti olan eğrilikler için rutin T4-L4 füzyon uygulanmıştır. Moe füzyon sahasının seçiminde eğriliklerin paterni, fleksibilitesi ve vertebral rotasyonlarını detaylı inceleyerek, füzyonun nötral vertebradan nötral vertebraya yapılması gerektiğini belirtmiştir. Eğriliklerin fleksibilitesini değerlendirmiş ve yapısal olmayan segmentlerin füzyon sahasına katılmaması gerektiğini öne sürmüştür¹³⁶.

King ve arkadaşları tanımladıkları eğrilik paternlerine göre enstrumantasyon ve füzyon sınırlarını tanımlamışlardır. Çalışmalarında pelvise dik olan ve sakrumu ortalayan santral sakral çizgiyi tanımlamışlar ve stabil vertebra (santral sakral hattın ortadaki vertebra) kavramını ortaya atmışlardır⁹¹.

Tip I (dominant lomber eğrilik, kompensatuar torakal eğrilik): Genel olarak enstrumantasyon ve füzyon hem torakal hem de lomber eğriliği içine almalıdır. Enstrumantasyonun stabil vertebrada sonlandırılması gerekmektedir. Lenke ve arkadaşları hareketli segmentlerin korunması amaçlı olarak enstrumantasyonun bir seviye üstte sonlandırılabilmesi için kesin kriterler tanımlamışlardır. Stabil vertebranın üstündeki vertebra nötral veya en fazla Evre I rotasyon göstermeli, 30 derecenin altında tilti olmalıdır. Stabil vertebra tilti 20 derecenin altında olmalıdır. Apikal disk L1-L2 diski üstünde olmamalı, L3-L4 diski eğriliğin konveksitesine açılım gösteriyor olmalıdır ¹⁰³.

Tip II (dominant torakal eğrilik, kompensatuar lomber eğrilik): King ve arkadaşlarının çalışmaları Tip II eğriliklerde selektif torasik füzyonun başarılı sonuçlar vermekte olduğunu göstermiştir ⁹¹. Moe enstrumantasyonun sonlanacağı vertebranın nötral vertebra olması gerektiğini savunmuştur ¹³⁶. Ancak King ve arkadaşları Harrington enstrumantasyonunda, stabil vertebra ile nötral vertebra farklı ise enstrumantasyonun stabil vertebrada sonlandırılması gerektiğini vurgulamışlardır ⁹¹. Harrington enstrumantasyonu sonrası takip sonuçlarında, füzyon stabil vertebrada sonlandırılırsa dengeli stabil bir spinal kolon elde edildiği görülmüştür ^{34,114,129}. İkinci nesil enstrumantasyonlar (Luque, Wisconsin ve sublaminar tel Harrington kombinasyonu) ile King ve arkadaşları sonuçları doğrultusunda yapılan selektif füzyonlar sonrasında benzer iyi sonuçlar elde edilmiştir ^{51,76,85,186}.

Cotrel-Dubouset enstrumantasyon sistemi, daha iyi korreksiyon elde edilmesi ve postoperatif alçı veya ortez ihtiyacının ortadan kalkması sonrası geniş kullanım alanı bulmuştur. Ancak kısa süre sonra Tip II eğriliklerde yüksek oranlarda dekompansasyon bildirilmiştir. Bu yüzden üçüncü nesil enstrumantasyon ile uygulanacak selektif torasik füzyonlarda lomber eğriliğin fleksibilitesi iyi değerlendirilmeli ve gerekiyor ise lomber eğriliğin kompanse edemeyeceği torasik korreksiyonlar yapılmamalıdır.

Tip III (majör torasik eğrilik, fraksiyone lomber eğrilik): Yapısal lomber eğrilik içermemektedir ve bu yüzden limitli torasik füzyon ve enstrumantasyon standart tedavi seçimidir. Enstrumantasyon stabil vertebrada sonlandırılmalıdır. Eğriliğin alt sınırının fleksibilitesine göre enstrumantasyon stabil vertebranın bir üstünde sonlandırılabilir ancak dekompansasyon riski mevcuttur. Dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da enstrumantasyonun sagittal planda kifotik deformitenin apeksinde sonlandırılmaması gereklidir.

Tip IV (L4'e uzanan uzun torasik eğrilik): En iyi sonuçlar enstrumantasyonun stabil vertebrada sonlandırıldığında elde edilmiştir. Lenke ve arkadaşlarının ortaya attığı kriterler

göz önüne alınarak, fleksibilite ve rotasyon incelendikten sonra bazı eğriliklerde L3 vertebrada enstrumantasyonu sonlandırmak mümkündür.

TipV (Çift torasik eğrilik): Tip V eğriliklerin tedavisinde başarının anahtarı tanının konulabilmesidir. Şayet üst torasik eğrilik yapısal eğrilik olarak tanımlanamaz ise sonuçta omuz dengesizliği ve kötü kozmetik sonuç kaçınılmaz olacaktır. Üst torasik eğrilik,

- Preoperatif olarak 35 derecenin üstünde ise,
 - Eğilme grafilerinde 20 derecenin altına inmiyor ise,
 - 5'ten fazla vertebra içeriyor ise,
 - Apikal vertebra grade I'den fazla rotasyon,
 - 1 cm'den fazla translasyon
- gösteriyor ise enstrumantasyonun içine katılmalıdır ¹⁰⁵.

Yakın zamanda Lenke ve arkadaşları tarafından ortaya atılan sınıflama sisteminin tedaviye yönelik olduğu savunulmuş ve füzyon sahasına cerrahi yapısal eğriliklerin tümünün katılması gerektiği vurgulanmıştır. King'in belirlediği füzyon kriterleri günümüzde her ne kadar en sık kullanılan yöntem olsa da bu son çalışmanın King sisteminin eksiklerini kapatması açısından faydalı olduğu söylenmektedir ¹⁰¹. Aşağıdaki tabloda Lenke ve arkadaşlarının eğrilik tiplerine göre belirledikleri yaklaşım endikasyonları görülmektedir.

Eğrilik Tipi	Yapısal Bölge	Füzyon Alanı	Yaklaşım
1-AT	AT	AT	Post / Ant
2-ÇT	PT, AT	PT, AT	Post / Ant
3-ÇM	AT, TL/L	AT, TL/L	Posterior
4-ÜM	PT, AT, TL/L	PT, AT, TL/L	Posterior
5-TL/L	TL/L	TL/L	Ant / Post
6-TL/L-AT	TL/L, AT	TL/L, AT	Posterior

Tablo 2: Eğrilik tiplerine göre uygun füzyon alanı ve yaklaşım türü¹⁰¹.

AT: Ana Torasik, ÇT: Çift Torasik, PT: Proksimal Torasik,
ÇM: Çift Majör, TL/L: Torakolomber/Lomber, ÜM: Üçlü Majör,

5. Denge ve Dekompansasyon.....

Spinal kolon açısından bakıldığında denge, başın sagittal ve koronal planda sakrum ve pelvis üzerinde yer almasıdır. Gövde açısından bakıldığında ise denge omuzların aynı horizontal

düzlemde yer alması ve vertikal global aksın gövdeyi ortalamasıdır. Dekompansasyon ise dengenin sağlanmasındaki başarısızlığı veya dengenin kaybedilmesini belirtmektedir¹⁷⁷.

Güçlü distraksiyon ve derotasyon manevrası yapan CD enstrumantasyon uygulaması beraberinde yeni problemler getirmiştir. Selektif füzyon uygulamaları sonrasında gövde dekompansementasyonları rapor edilmiştir^{83,97,102,123,153,187,199}. Dekompansasyon sıklıkla Tip II eğriliklerde görülmesine rağmen Tip III eğriliklerde de izlenmiştir¹⁰³. Dekompansasyon olgusu, problemi çözmek amaçlı yeni sınıflandırma modifikasyonları arayışına itmiştir. İbrahim ve Benson, çift majör eğrilikler üzerinde yaptığı çalışmalarını sonucunda Tip II eğrilikleri A ve B olmak üzere iki alt gruba ayırmış ve kriterler ortaya atmışlardır;

1. Lomber eğriliğin 35 derecenin altında olması
2. Eğilme grafilerinde %70'in üzerinde düzelme olması
3. Lomber apeksin santral sakral hatta değmesi
4. Lumbosakral fraksiyone eğriliğin 12 derecenin altında olması.

Yukarıdaki kriterlerin 3 ve daha fazlasının bulunması Tip IIA, 2 ve veya daha azının var olması Tip IIB olarak değerlendirilmiştir. Çalışmasında tek başına en anlamlı kriter apeksin santral sakral hatta değmesi olarak tespit edilmiştir. İbrahim ve Benson çalışmalarını sonucunda Tip IIA eğriliklerde standart selektif füzyon önerirken, Tip IIB eğriliklerde dekompansementasyonun önlenmesi amacıyla füzyonun horizontal lomber vertebraya uzanması ve hookun kompresyon modunda konması gerektiğini öne sürmüşlerdir⁸³.

Bridwell ve arkadaşları kendi CD tecrübeleri sonucunda dekompansementasyonu önlemek amaçlı stabil vertebranın bir altına inilmesi gerektiğini ve konkav tarafta kompresyon modunda hook yerleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında İbrahim ve Benson gibi fleksibilitenin ve apikal vertebranın santral sakral çizgiden uzaklığının dekompansementasyonda rol oynadığını ve fleksibilitesi düşük, büyük lomber eğriliklerin torasik korreksiyona adaptasyon gösteremeyebileceğini belirtmişlerdir²⁵.

Lenke ve Bridwell Tip II eğriliklerde yaşanan dekompansementasyon problemleri nedeniyle hangi eğriliklerde riskin fazla olduğunu belirlemek üzere yaptıkları çalışmada torakal ve lomber eğriliğin Cobb açısı, rotasyon ve translasyon oranları üzerinde durmuşlardır. Oranların hepsi 1'in altında ise her iki eğrilik füzyon sahası içine katılması, Cobb açısı oranı ve apikal translasyon oranı 1.2'nin ve apikal rotasyon oranı 1'in üstünde ise selektif füzyon uygulanması gerekliliği sonucuna varmışlardır^{102,104}. Thompson ve arkadaşları CD uygulamalarında preoperatif ve postoperatif rotasyonları değerlendirmişlerdir. Sonuçlarında

torasik eğrilikteki fazla düzelmenin lomber eğriliklere torsiyonel güç olarak yansıdığını ve bunun da lomber eğriliğin spontan korreksiyonunu engellediğini belirtmişlerdir ¹⁸⁷.

Sonuç olarak fleksibilitesi düşük, rotasyonu fazla ve büyük eğrilikler selektif füzyon uygulandığında yüksek dekompanasyon riski taşımaktadırlar. Massey ve arkadaşları dekompanasyon gelişmesindeki ana problemin torasik eğriliğin fazla korreksiyonu olduğunu belirtmişler ve dekompanasyonu önlemek amaçlı olarak intraoperatif radyografi çekilmesini önermişlerdir ¹²⁴. Dekompanasyon geliştikten sonra tedavi planı hastanın klinik ve radyografik değerlendirilmesine göre yapılmalıdır. Gövde dekompanasyonunun en önemli tedavisi ise baştan dekompanasyona sebep vermemektir.

6. Posterior Enstrumantasyon.....

1914 yılında Hibbs skolyoz nedeniyle ilk füzyon ve alçı uygulaması sonrasında, 1924 yılında 59 hastasındaki uygulamalarını rapor etmiştir. Uzunca bir süre skolyoz hastalarında enstrumantasyonsuz füzyon uygulamaları devam etmiştir ⁹⁶. Harrington 1947 yılında skolyoz tedavisinde ilk enstrumantasyon sistemini geliştirtirmiş ve poliomyelite sekonder gelişen skolyozlarda başarı ile uygulamıştır ⁴⁷. 1962 yılında 129 skolyoz hastasının sonuçlarını rapor etmiştir ⁷³. Takip eden yıllarda Harrington enstrumantasyonu yaygın olarak kullanılmış ve çeşitli çalışmalarda etkinliği ve başarılı sonuçları yayınlanmıştır ^{34,47,114,129}.

Harrington enstrumantasyon sistemine göre korreksiyon, faset, lamina ve transvers süreçlere yerleştirilen hooklar ve arasına konulan üzerinde ratchetleri olan rod üzerinden uygulanan konkav distraksiyon ve konveks kompresyon prensiplerine dayanmaktadır. Skolyoz cerrahisinde Harrington enstrumantasyon sistemi bir çağ açmış olmasına rağmen önemli dezavantajlara sahiptir.

1. Sadece distraksiyon ve kompresyon prensibi ile çalışması nedeniyle derotasyon yapmamakta ve sonuç olarak rib hump deformitesini düzeltmemektedir.
2. Distraksiyon kuvvetleri nedeniyle sagittal planda düz bir omurga elde edilmektedir. Bu sebeple adolesan idiopatik skolyozda sık rastlanan torakal hipokifozu düzeltmemekte, lomber segmentte de lordoz kaybına yol açmaktadır.
3. Yeterince stabilite sağlamadığı için postoperatif alçı veya ortez ile immobilizasyon gerektirmektedir.

Harrington enstrumantasyonunun yukarıda belirtilen sorunları nedeniyle Luque 1972 yılında segmental spinal enstrumantasyon kavramını ortaya atmış ve Harrington rodlarına sublaminar tellemeyi eklemiştir¹²². Daha sonraki çalışmalarında hook kullanmaksızın kendi geliştirdiği L rodlar ile fiksasyon uygulamıştır¹²⁰. Teknik olarak, füzyon uygulanacak seviyelerde ligamentum flavuma pencere açılır ve her segmentte lamina altından bir çift tel geçirilir. İki adet L-rod sagittal konturlara uygun şekilde büküldükten sonra teller rodlara bağlanır ve sıkılır. Rodların migrasyonunun engellenmesi amacı ile L uçlar spinöz süreçlerin altına yerleştirilmelidir. Stabilitiyi arttırmak için her iki rod birbirine teller ile bağlanır. Segmental fiksasyon ve stabilite nedeniyle, özellikle 1/4 inch'lik rod kullanılan hastalarda postoperatif immobilizasyona gerek olmadığı düşünülmektedir.

Luque enstrumantasyon sistemi ilk olarak nöromüsküler skolyoz hastalarında kullanılmaya başlanmış olmasına rağmen daha sonra adolesan idiopatik skolyoz hastalarında da yaygın olarak kullanılmış ve segmental fiksasyon uygulayan enstrumantasyon sistemlerinin gelişmesinde temel oluşturmuştur^{4,127}. Luque sistemi koronal ve sagittal planda deformite korreksiyonu sağlamıştır ancak, dezavantajlarını da beraberinde getirmiştir. Genel olarak Luque enstrumantasyon sistemi uygulamada daha uzun sürmekte ve daha fazla kan kaybına yol açmaktadır. Spinal kanal içerisinden geçirilen teller nedeniyle Harrington sistemine oranla daha fazla nörolojik defisit gelişme olasılığı mevcuttur. Sublaminar telleme ile daha fazla nörolojik defisit rapor edilmiş¹⁹⁴ olduğu gibi güvenle uygulanabileceğini belirten çalışmalar da mevcuttur^{32,196}. Bu konuda en geniş değerlendirme SRS morbidite raporlarında belirtilmiştir. Cerrahi tedavi uygulanan skolyoz hastalarında total nörolojik defisit oranı %0.26'dır. Bu oran Harrington enstrumantasyonu sonrasında %0.23, sublaminar telleme sonrası %0.86 ve CD sonrası %0.60'tır. Yeni enstrumantasyon sistemlerinde görülen nörolojik defisit oranlarının yüksekliği yeni tecrübe edilmelerine bağlı da olabilmektedir.

Drummond ve arkadaşları 1980'lerde segmental fiksasyon kriterleri doğrultusunda ve Luque sistemindeki problemleri ortadan kaldırmak amaçlı olarak Wisconsin enstrumantasyon sistemini geliştirmişlerdir⁵¹. Teknik olarak sagittal konturlara, uygun olarak eğilmiş rodların spinöz süreçlere açılan deliklerden geçirilmiş tellere tespit edilmesine dayanmaktadır. Teller farklı olarak kemiğin yırtılmasını engellemek için spinöz çıkıntıya dayanan pul ile desteklenmiştir. Segmental fiksasyon sağlaması nedeniyle sagittal fizyolojik konturların restorasyonunda başarılı olunmakta ve stabil fiksasyon sağlaması sayesinde postoperatif immobilizasyona genelde gerek duyulmamaktadır.

Cotrel ve Dubousset 1980'lerde yaygın kullanım alanı bulan CD sistemini geliştirmişlerdir^{36,38,39}. Segmental enstrumantasyon sistemlerindeki bütün vertebraların tespiti ve sublaminar

tel kullanımına alternatif olarak geliştirilmiştir. CD sisteminde füzyon sahası içindeki bütün vertebraların tespiti gerekmekte ve vertebralar rodlara sublaminar teller yerine hooklar ile tespit edilmektedir. Deformite korreksiyonunda öncelikle hookların stabilitesinin sağlanması için distraksiyon ve kompresyon uygulanmakta ve bunu takiben skolyozun torasik kifoz veya lomber lordoza çevrilmesi amaçlı derotasyon manevrası ile düzelme sağlamaktadır. Teknik olarak belirli prensipler akıldan çıkarılmamalıdır. Posterior enstrumantasyonlarda;

1. Kifoz oluşturmak için distraksiyon kuvvetine ihtiyaç vardır.
2. Lordoz oluşturmak için kompresyon kuvvetine ihtiyaç vardır.
3. Kifoz oluşturmak için (lordozu düzeltmek için) konkav rod önce yerleştirilmelidir.
4. Lordoz oluşturmak için (kifozu düzeltmek için) konveks rod önce yerleştirilmelidir.
5. Kifozdan lordoza geçiş zonunda (T11-L1 torakolomber bileşke) rijid fiksasyon sağlamak amacıyla vertebralara hook yerleştirilmelidir.
6. Enstrumantasyon kifotik bölgenin apeksinde sonlandırılmamalıdır.

Preoperatif stratejik vertebralar belirlenmelidir. Bu vertebralar; apikal vertebralar, geçiş vertebraları, nötral vertebralar (alt ve üst) ve son vertebralardır (alt ve üst). CD sisteminde hangi vertebralara hook yerleştirileceği preoperatif planlanmalıdır. Açık, kapalı, lamina veya pedikül hookları stratejik vertebralara yerleştirildikten sonra rodlar hooklardan geçirilir, distraksiyon, kompresyon ve rotasyon kuvvetleri ile deformite korreksiyonu sağlanır. Koronal plandaki anormal deformite sagittal plandaki fizyolojik kontur haline getirilir. Daha sonra iki rod birbirine transvers konnektörler ile tespit edilir ve enstrumantasyonun stabilitesi artırılır.

CD sisteminin avantajları;

1. Yerleştirilen hooklar sayesinde segmentler arasında distraksiyon ve kompresyon sağlayabilmektedir (Harrington sistemi sadece uç vertebralar arasında distraksiyon ve kompresyona izin vermektedir)
2. Üç boyutlu deformite korreksiyonu sağlamaktadır
3. Sagittal kontur korreksiyonunda daha başarılıdır
4. Bütün segmentlerin enstrumante edilmesi gerekmediği için çok yönlü kullanılabilir (laminektomi sonrası, posterior elemanların olmadığı durumlar v.b.)
5. Segmental fiksasyon sayesinde rijid, rodlar arası transvers bağlantıları sayesinde stabil enstrumantasyon sağlamakta ve postoperatif immobilizasyon gerektirmemektedir.

CD sisteminin getirdiği avantajların yanı sıra dezavantajları da mevcuttur;

1. Cerrahi teknik komplike ve zaman alıcıdır.
2. Hook yerleşimindeki çeşitlilik ve her hastadaki farklı opsiyonlar nedeniyle öğrenme periyodu uzundur.
3. Hastaların preoperatif üç boyutlu analizi gerekmekte ve iyi planlama yapılmayan hastalarda ciddi problemlere yol açmaktadır.

CD sisteminin geliştirilmesi sonrası uygulama alanları ve adolesan idiopatik skolyoz cerrahi tedavisinde atılımlara yol açmış ve benzer prensiplerle çalışan TSRH, Moss Miami ve benzeri enstrumantasyon sistemleri kullanıma sunulmuştur ^{84,172}.

Spinal cerrahide pedikül vidası ilk olarak Roy-Camille ve arkadaşları tarafından vertebra kırıklarının stabilizasyonunda kullanılmaya başlanmıştır ¹⁶⁴. Steffee variable screw placement sistemini (VSP) geliştirmiş ve spinal cerrahide pedikül vidası kullanıma girmiştir. Skolyoz enstrumantasyonlarında iki değişik pedikül vidası kullanım alanı mevcuttur. Birincisinde, pedikül vidaları enstrumantasyonun alt kesiminde, lomber bölgededir. Bu bölgedeki kullanımı hook kullanımına göre daha avantajlıdır. Pedikül vidası kullanımı sonrasında, hook kullanımına göre alt vertebra tilti, lomber eğrilik ve lomber eğrilik apeks rotasyonu daha iyi düzeltilmekte ve hareketli segment sayısı artırılabilir ^{6,12,68,179}. Pedikül vidasının ikinci kullanım şekli ise enstrumante edilen her seviyeye yerleştirilmesidir. Bu kullanım şekli Suk ve arkadaşları tarafından yayınlanmış olup, %70-72 koronal düzelme, %59 apikal derotasyon bildirilmiştir ¹⁷⁸.

Asher ve arkadaşları ilk olarak sakrum fiksasyonunda implant tasarımı üzerinde 1985 yılında başlamıştır ⁷. İlk ortaya çıkarılan implantın kelebek şeklinde olması nedeniyle bir kelebek çeşidi olan Isola adını almıştır. Skolyoz tedavisinde problemler nedeniyle, yeni bir cerrahi teknik ve implant olarak ortaya atılmıştır. Bu yeni görüşe göre skolyozlar; torsiyon ve zıt-torsiyon eğrilikleri olarak değerlendirilmektedir ⁶. Uygulanacak korrektif kuvvetlerin deformitenin son vertebralarına değil, torsiyonun apikal noktasında zıt olarak uygulanması gerektiği öne sürülmektedir ⁵. Isola enstrumantasyonu hook, tel ve pedikül vidalarının beraber kullanılmasına müsaade etmektedir ve torakolumbosakral yerleşimli cerrahi gerektiren bütün skolyozlarda kullanılabilir. Torsiyon ve zıt-torsiyon görüşüne göre skolyozlar;

1. Tek torsiyon; torasik (King IIA, IIIA ve IV) ve torakolomber / lomber
2. Çift torsiyon; çift torasik (King V) , torasik-torakolomber / lomber (King IIB, IIIB, I)
3. Üçlü torsiyon; üst torasik, torasik ve lomber

olarak değerlendirilmelidirler⁵.

Teknik olarak deformite daha önce belirtilen füzyon sahası seçimi kriterlerine uyularak, üst enstrumantasyon sınırı bilateral transvers proçes-faset claw ile rijid tespit edilmekte, alt enstrumantasyon sınırında daha iyi korreksiyon sağlamak ve hareketli segment korumak amacıyla bilateral pedikül vidası kullanılmaktadır. Rodlar, sagittal plana uygun fizyolojik konturlar verildikten sonra, konkav tarafta claw ve pedikül vidalarına tespit edilmektedir. Sublaminar ve/veya subpars yerleştirilen teller yardımıyla deformite korreksiyonu translasyon yapılarak sağlanmaktadır. Konveks tarafta ise ikinci rod apekse yerleştirilen transvers proçes hookları yardımıyla deformiteyi komprese etmekte ve bir diğer kuvvet olarak deformite korreksiyonu sağlamaktadır. Bu sistemin en önemli noktaları korreksiyonda distraksiyon-kompresyon güçlerini belirleyici olarak kullanmaması, korreksiyonda deformitenin en fazla olduğu apeksi hedefemesi, alt seviyede daha iyi korreksiyon amaçlı pedikül vidası tercih etmesidir. Bunların dışında diğer modern enstrumantasyon sistemlerinin sahip olduğu avantajlara da sahiptir.

7. Anterior Cerrahi.....

Posterior enstrumantasyon ve füzyona anterior diskektomi ve füzyon kombine etmenin iki major endikasyonu mevcuttur: Birincisi crankshaft fenomenini önlemek, ikincisi büyük ve rijid eğriliklerde korreksiyonu artırmaktır. Posterior spinal füzyon sonrasında hastalarda geç komplikasyon olarak anterior büyümenin devam etmesi sonrası rotasyon ve deformitede artış görülmesi bu konunun irdelenmesine yol açmıştır. Dubousset ve arkadaşları spinal füzyon uyguladıkları maturasyonunu tamamlamamış hastalarında anterior büyümenin devam etmesi nedeniyle izledikleri angulasyon ve rotasyon artışı tespit etmişler ve bunu crankshaft fenomeni olarak tanımlamışlardır⁵². Crankshaft fenomeninin tanımlanması ile birlikte, iskelet maturitesini tamamlamamış hastaların bir kısmında posterior füzyon ve enstrumantasyona anterior füzyon eklenmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Hangi hastalara anterior füzyon eklenmesi gerektiğini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda belirli kriterler ortaya atılmıştır. Bu çalışmalarda bakılması önerilen kriterler;

- Risser belirtisi (0-1)
- Triradiat ve/veya proksimal femoral fizislerin açık olması
- Tanner evresi (1-2)
- İskelet yaşı
- Kronolojik yaş

- En hızlı uzama evresinin

tespit edilmesi olarak sayılabilir ^{74,99,162,167}. Bakılması gereken en güvenilir kriterler; en hızlı uzama evresinin tespiti, triradiat ve/veya proksimal fizislerin açık olması olarak değerlendirilmektedir. Adolesan idiopatik skolyozda anterior kolonun uzamasını engellemek amacıyla anterior füzyon uygulamasına diğer bir yaklaşım ise gerekli olmadığı yolundadır ^{140,204}. Bu yaklaşım genel eğilimle farklılık gösteriyorsa da en önemli faktörler, uygun füzyon seviyesi tayini, posterior enstrumantasyonun rijiditesi ve elde edilen füzyon kitlesinin kalitesi olarak belirlemektedir. Sonuç olarak rijid segmental enstrumantasyon ve füzyon uygulanan hasta grubunda iskelet maturitesinden bağımsız olarak anterior füzyon gereksiniminin olmayabileceği düşünülmektedir.

8. Anterior Enstrumantasyon.....

Spinal cerrahide anterior yaklaşım ve füzyon, spinal tüberkülozun anterior cerrahi tedavisiyle başlamıştır. Skolyoz tedavisinde anterior enstrumantasyon ve füzyon uygulaması ise Dwyer ve arkadaşlarının geliştirdiği enstrumantasyon sistemi ile başlamıştır ⁵⁴. Bu sistemin lomber ve torakolomber eğriliklerde uygulanması sonucunda mükemmel sonuçlar bildirilmiştir. Ancak sistem anterior vertebral vida ve kablodan oluşmakta ve rijid fiksasyon sağlamamakta, bu nedenle uygulama sonucunda segmental kifoza yol açmaktadır. Zielke ve arkadaşları, Dwyer sistemini modifiye etmişler ve kablo yerine yivli fleksibl rod kullanarak daha rijid bir sistem elde etmişlerdir ⁹⁶. Moe ve arkadaşları Zielke sistemini uygulamış ve lomber ve torakolomber eğriliklerde avantajlı olduğunu ve daha kısa füzyon sahasında başarılı korreksiyon elde edildiğini belirtmişlerdir ¹³⁷. Anterior enstrumantasyonun fleksibl rod ve tel ile uygulamaları sonrasında frontal planda oldukça başarılı sonuçlar elde edilmesine rağmen yüksek oranda implant yetersizlikleri, psödoartroz ve sagittal konturun sağlanmasında yetersizlik ortaya çıkmıştır ^{95,116}. Fleksibl anterior enstrumantasyon sistemlerindeki yetersizlikler sonrasında modern enstrumantasyon sistemlerinin birer uzantısı olarak rijid tek rod ve çift rod sistemleri uygulamaya sokulmuştur. Turi ve arkadaşları rijid tek rod (TSRH) ile %76 koronal korreksiyon, %49 apikal derotasyon ve %9 korreksiyon kaybı bildirmişlerdir ¹⁸⁸. Rijid çift rod sistemlerinde Hopf ve arkadaşları (CDH) %69 koronal düzelme ve %37 apikal derotasyon bildirmişlerdir ⁸¹. Kaneda ve arkadaşları torakolomber / lomber eğriliklerde %83, torakal eğriliklerde %71 koronal düzelme ve %58 transvers plan korreksiyonu elde etmişlerdir ^{86,87}. Bernstein ve Hall, kendi kriterlerine göre kısa segment uygulamalarında, torakolomber eğrilik korreksiyonunda %87 korreksiyon elde etmiş ve ortalama 34 aylık takipte %67'ye gerilediğini tespit etmişlerdir ¹⁷. Yapılan çalışmalar ışığında görülmektedir ki anterior enstrumantasyon;

1. En az posterior enstrumantasyon kadar etkili koronal plan
2. Daha iyi transvers plan korreksiyonu sağlamakta
3. Füzyon oranlarının yüksek olduğu
4. Konveks kompresyon uygulamaları nedeniyle sagittal plan restorasyonundaki problemin tam olarak çözülemediği görölmektedir.

Sonuç olarak, adolesan idiopatik skolyoz henüz etiyojisi tam olarak anlaşılmamış kompleks bir hastalıktır. Doğal seyri konusunda yeterli bilgi sahibi olunmakla birlikte, bu seyri vertebral kolonun hareketliliği koruyarak düzeltmek her zaman mümkün olmamaktadır. Cerrahi girişimler hareketli segmentleri ortadan kaldırmakta, hatta bazı durumlarda klinik olarak belirgin denge sorunlarına neden olabilmektedir. Bu nedenle, adolesan idiopatik skolyoz tedavisinde arayışlar henüz sona ermemiştir. Var olan tedavi seçeneklerinin vertebral kolon üzerindeki erken ve geç etkilerinin net olarak ortaya konması, zayıf noktalarının belirlenerek gerekli değişikliklerin yapılması ve zaman içinde ideale daha fazla yaklaşabilecek tedavi seçeneklerinin belirlenmesine gereksinim duyulmaktadır ⁴⁶.



5. Çalışmanın Amacı

Harrington sisteminin tanıtılmasından sonra spinal kolonun internal fiksasyonu açısından yeni bir çağ başlamıştır. Bu noktadan itibaren mükemmel bir korreksiyon ve stabil bir fiksasyon elde edebilmek için sistem, basamak basamak geliştirilmeye çalışılmıştır. Skolyozun cerrahi tedavisinde Cotrel-Dubousset (CD) sisteminin üç boyutlu korreksiyon tarifi yeni bir altın standart geliştirmiştir. Ancak bu sistemle ilgili ilk heyecan da yeni problemlerin ortaya çıkması ile yatışmış, çözüm yolları aranmaya başlanmıştır. Günümüze dek CD sisteminin birçok modifikasyonu geliştirilmiş, bir o kadar da öneri ortaya atılmıştır. Halen derotasyon manevrasının neden olduğu denge ve "junctional kifoz" problemleri hakkında tartışma devam etmektedir. Sublaminar tel uygulamaları, hook sistemlerine olan üstünlüğü bilinmesine rağmen çok fazla nörolojik risk taşımakla suçlanmıştır. Son 7 yıldır kliniğimizde, skolyozun cerrahi tedavisinde yeni bir teknik uygulanmaktadır. Bu teknik ile deforme spinal kolon üzerinde daha fazla kontrol sağlanırken, derotasyon sistemlerinin neden olduğu korreksiyon sonrası denge problemi giderilebilmektedir. Sistem sublaminar teller aracılığıyla translasyon kuvvetlerini kullanmaktadır. Çalışmada İbni Sina Spinal Sistemi (İBS) ile tedavi edilmiş skolyoz hastalarının takip sonuçları belirlenerek İBS prensibi, avantajları, diğer sistemlerle arasındaki farklar ve endikasyonları tartışılmıştır.

6. Materyal ve Metod

Çalışmaya 1993–1999 yılları arasında İBS posterior yöntemi ile tedavi edilmiş adolesan idiopatik skolyoz vakaları alınmıştır. Bu tarihler arasında İBS posterior sistemi ile tedavi edilen adolesan idiopatik skolyoz hastası sayısı 42 olmasına rağmen tüm radyolojik tetkik ve dosyalarına ulaşılabilen ve en az bir yıllık takibi tamamlanan 35 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Hastaların ortalama yaşları 15 olup 26 kız ve 9 erkekten oluşmaktaydılar.

Hastalar ve ailelerinden hikaye alınarak, genel ve ortopedik fizik muayeneleri yapılmış ve dosyalarına kaydedilmiştir. Radyolojik olarak tüm vakalara uzun skolyoz kasedine ön-arka, yan, sağa ve sola eğilme ve traksiyon filmleri çekilmiştir. Ön-arka grafilerde proksimal torasik, ana torasik ve torakolomber ve lomber eğriliklerin büyüklükleri Cobb yöntemi ile ölçülmüştür, eğrilik apeksleri ve lomber eğriliklerin apikal rotasyon miktarları Nash ve Moe metoduna göre saptanmıştır. Eğilme ve traksiyon grafilerinde eğriliklerin düzelme oranları saptanmıştır. Yan grafilerde eğriliğin tipine göre T2-T5, T5-T12 ve T10-L2 kifoz veya lordoz açıları ölçülerek eğriliğin tipi King ve Lenke sınıflama sistemlerine göre tesbit edilmiştir.

40 derecenin altındaki eğrilikler konservatif tedavi başlanarak takibe alınmış, 6 aylık takiplerde 5 derecenin üzerinde ilerleme gösterenlere ise cerrahi tedavi endikasyonu uygun görülmüştür. 50 derecenin üzerindeki eğrilikler için ise konservatif tedavi denenmeksizin cerrahi önerilmiştir. 40 ile 50 derece arasındaki eğriliklerde hastanın yaşı, iskelet maturitesi, eğriliğin tipi, Risser evresi, triradiat kırırdağın durumu ve sekonder seks karakterlerinin gelişimi göz önünde bulundurularak cerrahi ile konservatif tedavi arasında karar verilmiştir. Çalışma dahilindeki 9 hasta önce konservatif tedavi ile takip edilmiş olup, 6 aylık kontrollerde 5 dereceden fazla ilerleme kaydedildiği için ameliyat kararı alınmıştır.

Ameliyat öncesi tüm vakaların rutin kan tetkikleri, hepatit ve HIV marker'ları, kanama ve pıhtılaşma zamanları, EKG ve akciğer filmleri kontrol edilmiştir. Tüm hastalara preoperatif en az 3 ünite eritrosit suspansiyonu hazırlanmıştır. Ameliyat öncesi planlamada eğrilik açıları tekrar ölçülerek İBS yöntemi ile iki dengeli eğrilik elde edebilmek için maksimum düzeltme miktarı saptanmış ve füzyon seviyeleri belirlenmiştir. İBS'de amaç spinal dengeyi bozmaksızın mümkün olan en iyi korreksiyonu yapmak ve korumak olduğu için sekonder (kompansatuar) eğriliklerin maksimum düzelebilen potansiyelleri önemlidir. Özellikle selektif torasik füzyon yapılacak King Tip II ve Lenke Tip 1 eğriliklerde torasik eğriliğe en fazla sekonder eğriliğin eğilme ve traksiyon grafilerinde görülen düzelme potansiyeli kadar korreksiyon uygulanmalıdır. Füzyon seviyelerinin tesbitinde King tarafından belirlenen

kriterlerin yanısıra, Lenke sınıflamasının önerdiği gibi cerrahi olarak yapısal kabul edilen eğrilikler de füzyona dahil edilmiştir.

Ameliyat öncesi hastalara profilaksi amaçlı 1 gr. intravenöz cefazolin Na uygulanmıştır. İntratrakeal genel anestezi uygulanması sonrasında transuretral Folley sonda uygulanmış ve daha sonra pron pozisyona çevrilmişlerdir.

a. İbni Sina Spinal Sistem (İBS)

Sistem başlıca rodlar, sublaminar teller, konnektörler, transpediküler vidalar, hooklar ve transvers bağlayıcılardan oluşmaktadır.

Rodlar

Birisi tüm yüzeyi elmas şekilli çıkıntılarla kaplı, diğeri orta kısmı parlak yüzeyli olan iki tip rod mevcuttur. 6,4 mm ve 5,25 mm olmak üzere iki kalınlık ve kısa aralıklarla tüm ihtiyaçlara uygun boy seçenekleri vardır. Kolayca kontur verilebilen rodların, bu işlem sonucu biyomekanik özellikleri değişmemektedir. Elmas şekilli çıkıntılar hook ve konnektörlerin tutunabilmesi için sağlam bir yüzey oluştururken, parlak yüzey sublaminer tellerin üzerinde kayabilmesi için uygun ortam sağlamaktadır.



Şekil 2: Elmas çıkıntılı ve ortada parlak yüzeyi olan skolyoz rodu

Sublaminer Teller

Bir ucu halka diğeri künt olan sublaminer teller 1.2 mm çapında ve 300 mm uzunluğundadır.



Şekil 3: Uygun şekilde bükülmüş sublaminar tel.

Konnektörler

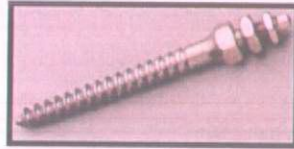
Transpediküler vidaların rodlara bağlanmasını sağlarlar. Düz, sağa ve sola eğimli, kısa ve pediatrik tipleri ile vida üzerinde istenilen açıda yerleşim sağlanabilmektedir. Eğimli konnektörler ile rod vida açısı 35 derecelik bir genişlik içerisinde sabitlenebilmektedir. Bu, İBS sisteminin alt son vertebranın sagittal düzlemde en uygun dizilimde füzyon sağlayabilmesi açısından önemli bir özelliğidir. Konnektörler vida üzerinde transvers planda 5 mm'lik bir hareket serbestliğine sahiptirler.



Şekil 4: Eğimli konnektör

Transpediküler Vidalar

Vidalar 5, 6 ve 7 mm çaplarında ve değişik boylarda mevcuttur. Vida ucu derin profilli spongioz yiv tipinden tabanına doğru alçak profilli kortikal yiv yapısına geçiş göstermektedir. Bu sayede pedikülün kortikal ve cismin de spongioz yapısına uygun kuvvetli tutunma sağlanmaktadır. 7 mm çapında 35 mm uzunluğunda sakral ve yine 7 mm çapında ve 60–70 mm uzunluğunda iliak vidalar mevcuttur.



Şekil 5: Transpediküler vida

Hooklar

Laminar, pediküler ve transvers hooklar çeşitli blade ve gövde boylarında gelmektedir. İBS hookları CD hooklarına kıyasla, spinal kanalda daha düşük profil ve daha kolay claw oluşturulabilmesi için, daha kısa gövde ve blade'lere sahiptir. Hookların açık ve kapalıları ve sağa ve sola offset seçenekleri mevcuttur. Pediatrik hookların boyutları %70'e kadar küçültülmüştür.



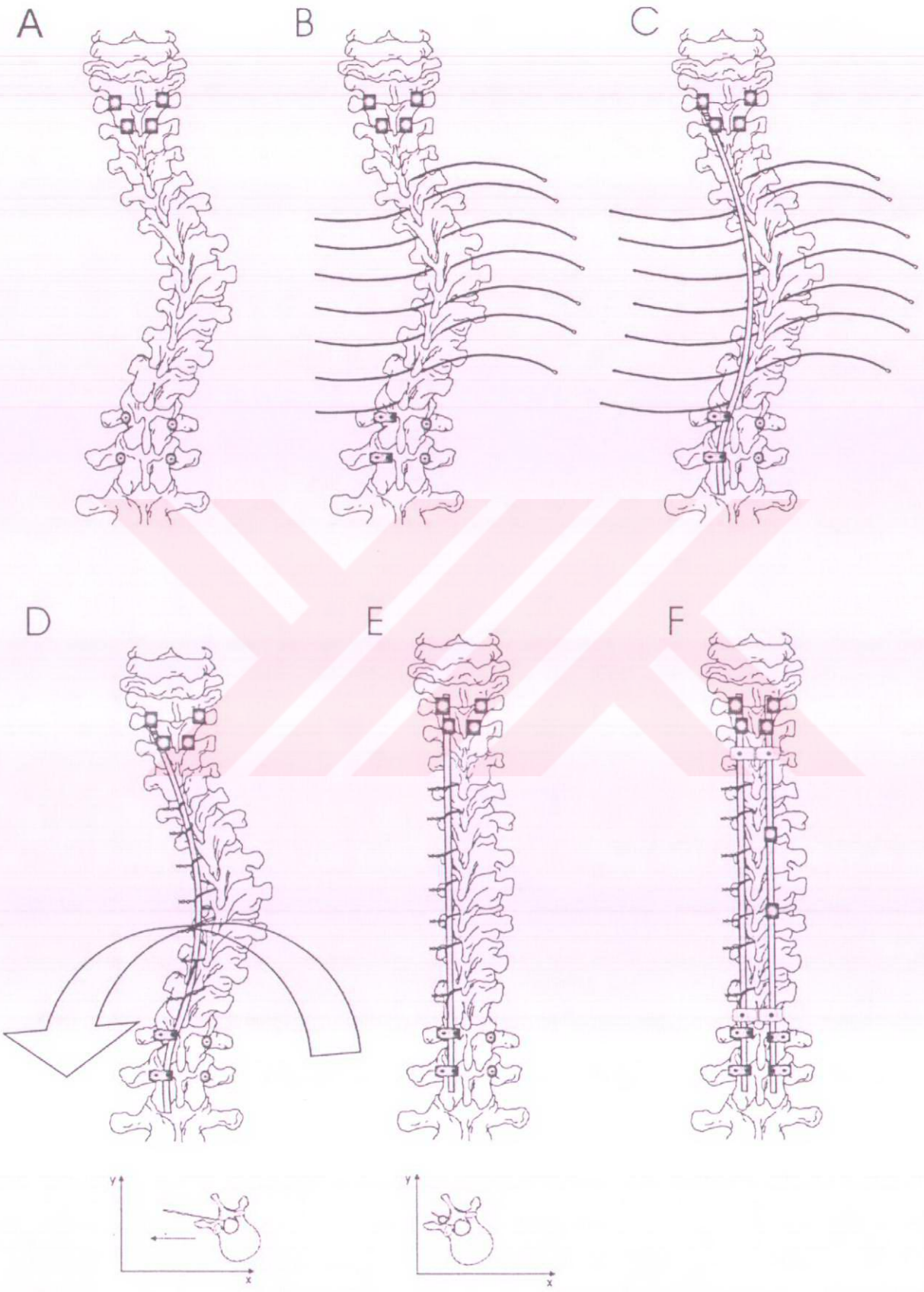
Şekil 6: Açık ve kapalı hooklar.

Transvers Bağlayıcılar

35, 45 ve 65 mm uzunlukta olmak üzere bir, iki ve üç yarıklı olabilmektedir. Anterior yüzlerinde roda tutunmayı sağlayan izler bulunmaktadır. Dikdörtgen konfigürasyon sağlayarak rotasyonel stabiliteyi arttırmak amacıyla uygulanmakta ve gerektiğinde uygulama kolaylığı açısından bükülebilmektedir.



Şekil 7: Transvers bağlayıcı ve üzerinde elmas şekilli yüzey üzerine tutunmayı sağlayan izler



Posterior median subperiostal yaklaşım ile füzyon alanına alınacak vertebralara ortaya konur. Füzyonun üst son vertebralara bilateral transversolaminar veya transversopediküler claw uygulanır. Füzyon alanına alınacak alt son vertebralara tercihan bilateral transpediküler vida uygulanır. Ancak seviye ve tercihe bağlı olarak alt vertebralara da claw konfigürasyonunda hook uygulanabilir.

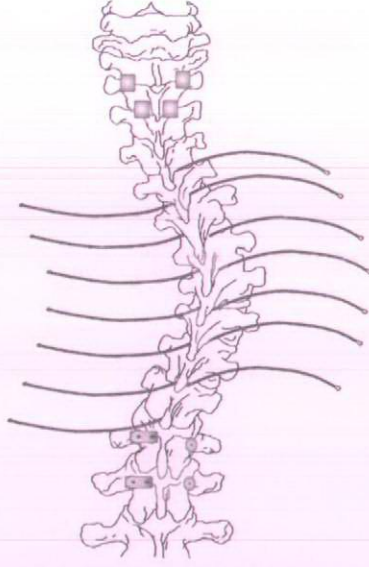


Şekil 8: Füzyon sahasının üst seviyelerine claw, alt seviyelere vida uygulanır.



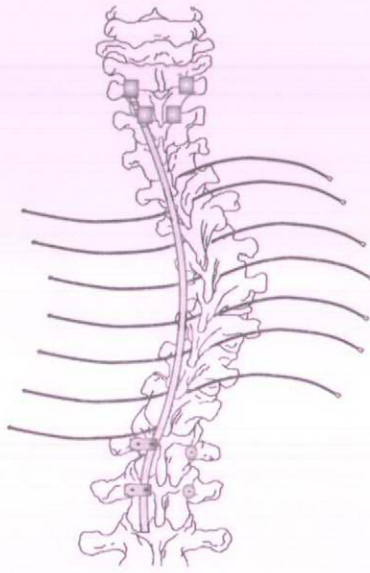
Şekil 9: Transvers ve laminar hook uygulaması ve claw konfigürasyonu.

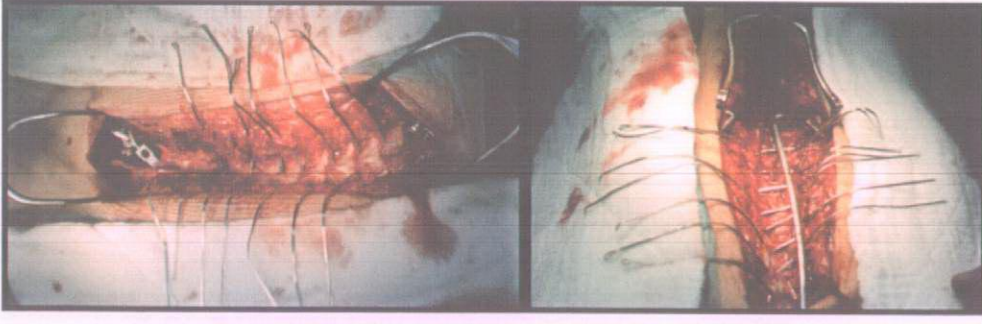
Sublaminar tel geçirilecek seviyelerde spinöz proçes, interspinöz bağlar ve ligamentum flavumlar rezeke edilir. Sublaminar tel uygun şekilde bükülerek lamina altından geçirilir. Bu işlem sırasında teli lamina anterior yüzüne dayayarak ilerletmek nörolojik komplikasyon riskinin en aza indirebilmek için önemlidir. Telin halka ucu lamina superiorundan görüldüğü anda tel çekici kanca ile çekilerek ilerletilmelidir. Geçirilen tellerin kaza sonucu kanal içerisine baskı yapmalarını engellemek için bükülerek ciltten destek almaları sağlanır.



Şekil 10: Spinöz proçesin rezeksiyonu ve sublaminar tel uygulaması.

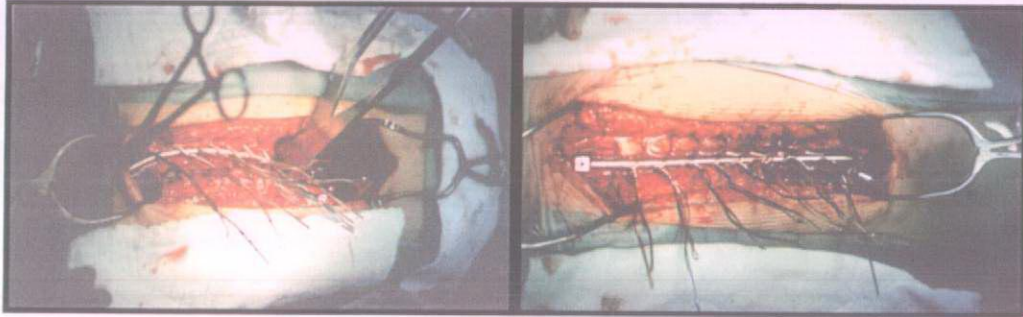
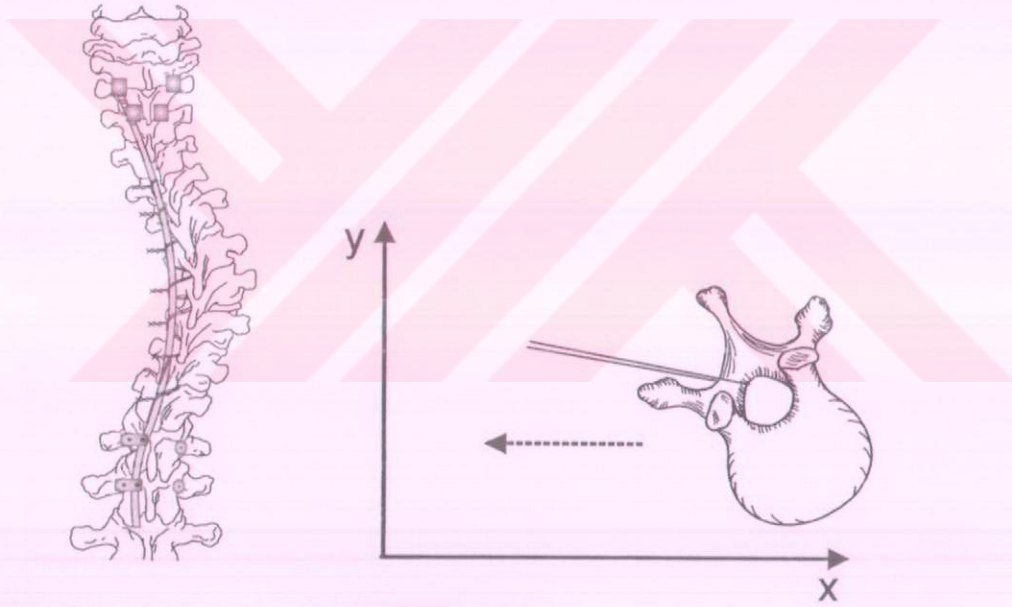
Arzu edilen sagittal açılanmaya göre kontur verilmiş ortası parlak yüzeyli rod konkav tarafta konnektörler ile vidalara ve superiorda hooklara geçirilir.





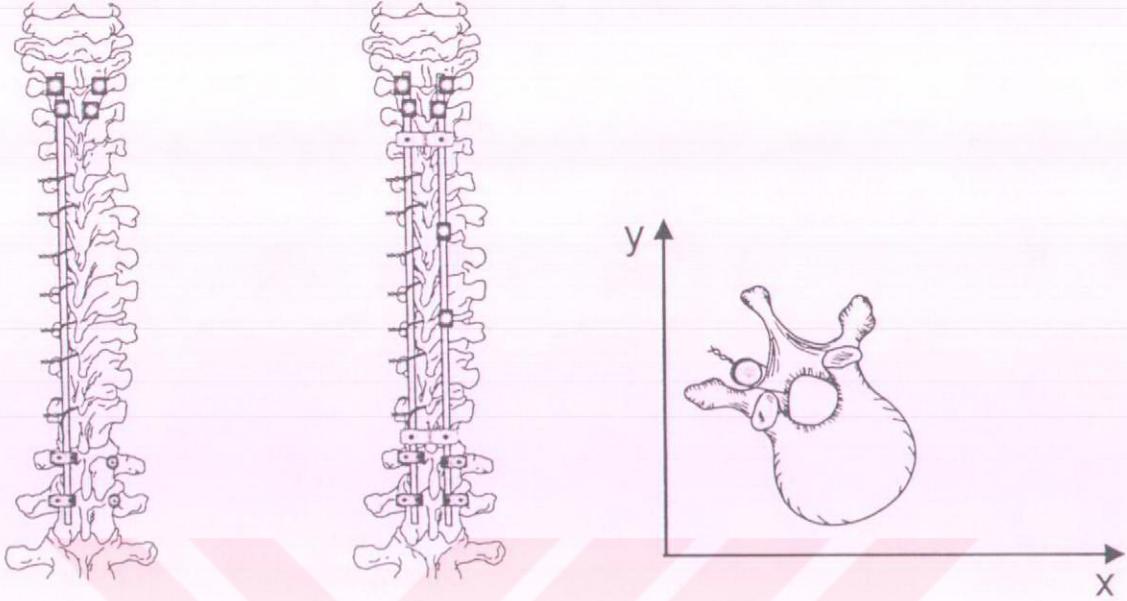
Şekil 11: Eğriliğin konkav tarafına rodun yerleştirilmesi.

Sublaminar teller tel bükücü ile rod üzerine sıkılır. Kuvvetli rod tutucu ile rod istenilen sagittal düzleme çevrilerek hook ve konnektör vidaları sıkılır. Bu manevra rodı derote ederek eğriliğe simultane transvers traksiyon uygulamaktadır. Rod tutucu ile hooklar veya vidalar arasına distraksiyon uygulanabilir. Sagittal planın son ince ayarları telleri daha fazla sıkarak yapılabilmektedir.



Şekil 12: Rodun derotasyonu ile eğriliğin tranlasyonu.

Eğriliğin konveks tarafına üst claw ve alt vidalar arasına kontur verilmiş rod geçirilir ve inbus vidaları sıkıştırılır. En az iki transvers bağlayıcı ile dikdörtgen konfigurasyon sağlanır. Dekortikasyonu takiben otogreft, allogreft veya sentetik greftlerle füzyon desteklenir. Rijid eğrilikler için Stagnara uyandırma testi önerilmektedir.



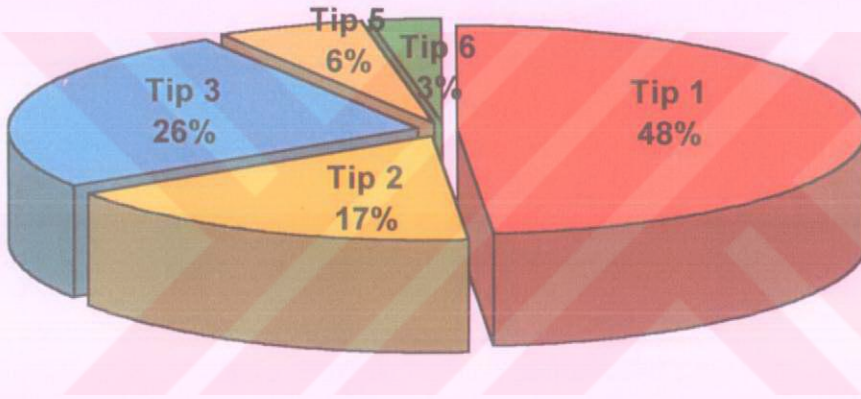
Şekil 13: Rodun derotasyonu ile simultane translasyon sağlanırken vertebralara derotasyon kuvveti uygulanmamaktadır.

Ameliyat sonrası tüm vakalara füzyonu koruma ve sekonder lomber eğriliklerin kompensasyonuna yardımcı olma amacıyla TLSO yaptırılarak 6 ay süreyle, yattıkları zamanlar dışında, kullanmaları önerilmiştir. Hastaların profilaktik antibiyotik uygulamalarına (3X1gr. cefazolin i.v.) 5 gün süreyle devam edilmiştir. Postoperatif 2. günde idrar sondası çekilerek hastalar TLSO ile ayağa kaldırılmışlardır. Yine 2. günde tüm hastaların kontrol grafileri çekilerek korreksiyon miktarı kaydedilmiştir. Yara problemi olmayan hastalar postoperatif 5. gün hastaneden taburcu edilmişlerdir.

Postoperatif 20. günde dikişler alınmış ve postoperatif 6. haftada kontrole çağrılmışlardır. Kontrollerde ön-arka ve yan grafiler çekilerek füzyon derecesi, korreksiyon kaybı ve sekonder eğriliklerin kompensasyon miktarları tesbit edilmiştir. Hastalar postoperatif 6. haftada, 3. ayda, 6. ayda ve 1. yıl sonunda kontrol edilmişler ve bundan sonra maturite tamamlanana kadar yılda bir defa kontrole çağrılmışlardır.

7. Sonuçlar

IBS posterior yöntemi ile tedavi edilen 42 adolesan idiopatik skolyoz vakalarının 35'inin kayıtları ve takipleri çalışma için yeterli bulunabilmiştir. Lenke sınıflamasına göre 17 olgu Tip 1, 6 olgu Tip 2, 9 olgu Tip 3, 2 olgu Tip 5 ve 1 olgu da Tip 6 eğriliğe sahipti. Ameliyat sırasında otogreftte ek olarak 23 hastada allogreft ve 12 hastada coralline hidroksiapatit sentetik greftleri kullanılmıştır. Hastalar ortalama 29 ay (15–47 ay) takip edilmiştir. İki hastada psödoartroz, 3 hastada derin enfeksiyon, 2 hastada geçici disestezi sendromu ve bir hastada da anterior girişim sonrası şilotoraks gelişmiştir. Takip süreleri sonunda hiçbir hastada hipokifoz grlmeyenken iki hastanın torasik hiperkifozu sebat etmiştir. Sonuçlar, karşılaştırma açısından gerçekçi olabilmesi amacıyla Lenke sınıflaması tiplerine göre gruplandırılmıştır.



şekil 14: Lenke sınıflamasına göre olguların dağılımı.

a. Lenke Tip 1

Bu grup ana torasik eğriliği olan hastaları kapsamakta olup yapısal olmayan proksimal torasik ve torakolomber/lomber eğrilikler yanında yapısal torasik eğriliklerin varlığını ifade etmektedir. Serimizde Tip 1 eğrilik, vakaların %49'unu (17 olgu) oluşturmaktaydı. Bu tip eğriliklerin 16'sı King Tip II iken sadece 1'i King Tip III olarak saptanmıştır. Hastaların yaş ortalamaları 15 olup 12 kız ve 5 erkekten oluşmaktaydılar. Hiçbir olguda proksimal torasik eğrilik görülmemiştir. Ana torasik eğriliklerin seviyeleri T1 ile L2 arasında değişmekte olup ortalama 10 seviyeden (8–11 seviye) oluşmaktaydı. Apikal segment T7 ile T9-10 diski arasında değişmekteydi. Cobb yöntemi ile yapılan ölçümlerde eğriliklerin ortalama koronal

büyükükleri 60 derece (46–72 derece), eğilme ve traksiyon grafilerinde ortalama düzelme miktarları ise %44 (%16–86 düzelme) olarak ölçülmüştür. T5-T12 arasında ölçülen sagittal eğrilik ortalamasının 19 derece (1–48 derece) olduğu saptanmıştır. Torakolomber/lomber eğriliklerin ortalama seviye sayıları 4 olup (3–6 seviye) apeksleri L1-2 diski ile L3-4 diski arasında değişmekteydi. Eğriliklerin ortalama büyükükleri 38 derece (12–47 derece), traksiyon ve eğilme grafilerinde düzelme miktarları %63 (%35–93 düzelme) olarak ölçülmüştür. Lomber apikal vertebranın rotasyonu 6 olguda Evre 0, 11 olguda Evre I idi. Sagittal planda ölçülen T10–L2 kifoz açısı ortalama 5 derecedeydi (-2–11 derece). Bu bulgulara dayanarak Lenke sınıflamasına göre vaka dağılımı;

<i>Eğrilik Tipi</i>	<i>Lomber</i>	<i>Torasik Sagittal</i>	<i>Olgu sayısı</i>
1	A	-	1
1	A	N	3
1	A	+	0
1	B	-	3
1	B	N	4
1	B	+	1
1	C	-	1
1	C	N	4
1	C	+	0

Tablo 3: Eğrilik Tipi 1 olan olguların dağılımı

No	Yaş	Cins	Preoperatif Ölçümler									LENKE		KING	
			Ana Torasik				Torakolomber/Lomber								
			Seviye	Cobb	Düzelme	T5-T12 kifoza	Seviye	Cobb	Düzelme	T10-L2 kifoza	Rotasyon				
1	19	K	T4-L1	50	12	12	L1-L4	29	8	5	0	1	C	N	II
2	16	E	T5-T12	50	42	21	T12-L3	12	1	0	0	1	A	N	III
3	17	E	T1-T11	67	42	34	T11-L3	44	22	7	1	1	C	N	II
4	11	K	T5-T12	57	29	8	L1-L4	43	12	-2	1	1	B	-	II
5	14	K	T4-T12	65	26	1	T12-L5	50	16	7	1	1	C	-	II
6	13	K	T4-L2	71	42	24	L2-L4	39	21	4	1	1	C	N	II
7	15	K	T3-L1	57	34	17	L1-L4	38	12	7	1	1	B	N	II
8	14	E	T3-T12	52	26	19	L1-L4	47	14	9	0	1	B	N	II
9	18	E	T4-T12	72	48	5	L1-L4	32	15	4	1	1	B	-	II
10	14	K	T4-L1	56	26	39	L1-L3	37	11	0	0	1	B	N	II
11	15	K	T3-L1	46	6	32	L1-L4	45	3	0	0	1	A	N	II
12	18	K	T3-L1	56	35	22	L1-L4	40	26	8	1	1	B	N	II
13	16	K	T3-T12	69	37	8	L1-L4	37	9	9	1	1	B	-	II
14	16	E	T5-T12	64	47	12	T12-L4	39	14	11	1	1	A	N	II
15	16	K	T4-T12	68	54	14	T12-L3	47	23	9	1	1	C	N	II
16	15	K	T3-L1	58	27	48	L1-L4	41	12	4	0	1	B	+	II
17	10	K	T3-T12	61	25	7	T12-L4	34	11	9	1	1	A	-	II

Tablo 4: Lenke Tip 1 eğrilikli olguların preoperatif ölçümleri

Bu hastaların tümüne selektif torasik füzyon uygulanmıştır. Füzyon alanına alınan seviye sayısı ortalama 11 olup 8 ile 13 arasında değişmekte idi. Ameliyat sırasında otogreft ek olarak 12 hastaya allogreft, 5 hastaya da coralline hidroksiapatit sentetik greft kullanılmıştır. Postoperatif dönemde yapılan ilk ölçümlerde ortalama koronal plan korreksiyon miktarı %77 (%60–93 korreksiyon), ortalama eğrilik büyüklüğü 14 derece (4–27 derece) olarak saptanmıştır. Sagittal planda ise T5–T12 arası kifoza açısı ortalama 26 dereceye (17–38 derece) çıkmıştır. Hipokifotik olan 5 olguda kifoza açısı Lenke tarafından belirlenen normal sınırlar içerisinde getirilmiş, 12 olguda kifoza artırılırken 5 olguda azaltılmıştır. Tüm hastalar postoperatif değerlendirmede normal T2–T10 torasik sagittal belirleyici grubunda bulunmaktaydılar. Torakolomber/lomber eğriliklerde ise ortalama korreksiyon %64 (%31–84 korreksiyon) olup erken postoperatif dönemde ortalama eğrilik büyüklüğü 14 derece (6-24 derece) olarak saptanmıştır. Torakolomber birleşke bölgesi (T10–L2) sagittal plan ölçümlerinde ise postoperatif ortalama kifoza açısı 3 derece (-1–10 derece), ortalama değişim %40 (%-25-100) olarak saptanmıştır. Torakolomber birleşke kifoza açısı 12 olguda azaltılırken, 4 olguda değişmemiş ve 1 olguda artırılmıştır. Erken postoperatif dönemde Lenke'nin lomber belirleyicileri açısından değerlendirildiğinde;

<i>Lomber belirleyici</i>	<i>Preop</i>	<i>Postop</i>
A	4	8
B	8	8
C	5	1

Tablo 5: Tip 1 eğriliklerde cerrahi tedavi ile lomber belirleyici değişimi

Ortalama 32 ay (17–47 ay) takip sonucunda elde edilen grafilerden varılan sonuçlarda 5 olguda 6. ay kontrolünde 17 olguda da 1. yıl kontrolünde yeterli füzyon elde edildiği görülmüştür. Ana torasik eğriliklerde ortalama %4 korreksiyon kaybı (%0–14 korreksiyon kaybı) görülmüştür. Sagittal planda ise korreksiyon kaybı yine %4 (%0-35) olarak saptanmıştır. Sekonder eğriliklerde ortalama %42 kompensasyon (%0-250) izlenmiştir. T10–L2 arasında ölçülen kifoza açısı ortalama 3 derece (0–8 derece) olarak kalmış, yani junctional kifoza rastlanmamıştır. Lenke sınıflamasına göre tüm vakalar torasik sagittal belirleyici olarak normal sınırlarda iken lomber belirleyicilerde aşağıdaki tablodaki gibi bir değişiklik olmuştur.

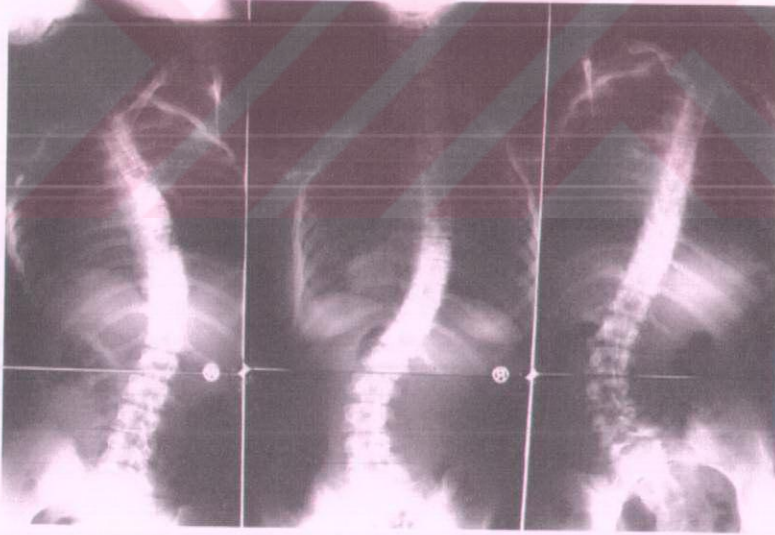
<i>Lomber belirleyici</i>	<i>Preop</i>	<i>Postop</i>	<i>Takip</i>
A	4	8	12
B	8	8	5
C	5	1	0

Tablo 6: Tip 1 eğriliklerde takip sırasında lomber belirleyici değişimi

Komplikasyon olarak bir olguda postoperatif 1. haftada derin enfeksiyon gelişmiş, cerrahi olarak debridman gerektirmiş, ancak implantlar çıkarılmaksızın uygun antibiyotik uygulaması ile tedavi edilebilmiştir. %90 korreksiyon yapılan bir olguda 2 hafta süren geçici disestezi sendromu gelişmiştir.

No	Postoperatif Ölçümler				Süre	Takip				Komplikasyon
	Ana torasik		Torakolomber /lomber			Ana torasik		Torakolomber /lomber		
	Cobb	T5-T12 kifoza	Cobb	T10-L2 kifoza		Cobb	T5-T12 kifoza	Cobb	T10-L2 kifoza	
1	20	17	20	2	40	22	15	14	3	-
2	7	38	6	0	29	7	28	2	0	-
3	18	28	12	3	24	18	28	8	3	-
4	4	31	9	0	34	4	31	7	0	-
5	11	17	16	3	39	12	17	13	4	-
6	27	21	21	3	25	28	20	17	3	-
7	6	26	14	4	47	7	24	4	4	-
8	5	24	11	5	29	5	24	6	5	Geçici disestezi
9	16	29	17	-1	28	16	29	14	0	-
10	13	27	7	1	19	13	27	3	0	-
11	10	31	7	0	31	10	31	4	0	-
12	9	29	15	10	27	9	29	9	8	-
13	19	27	21	6	17	20	24	17	5	-
14	21	24	17	4	27	22	23	14	4	-
15	20	26	24	9	42	21	26	18	8	Enfeksiyon
16	14	33	11	0	42	14	33	11	0	-
17	18	20	6	6	39	20	22	4	6	-

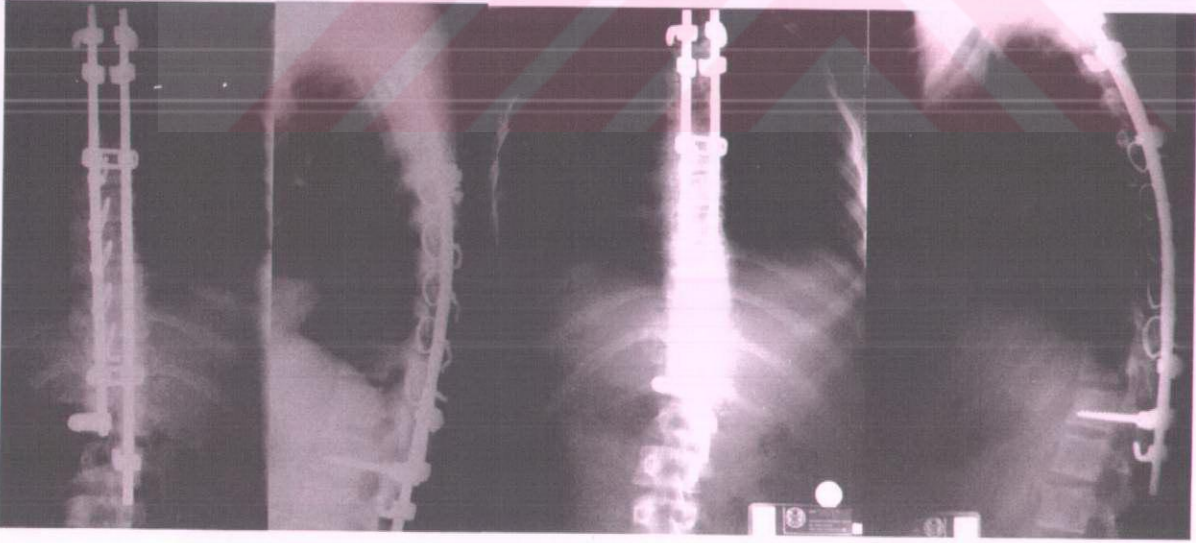
Tablo 7: Lenke Tip 1 eğrilikli olguların postoperatif ölçümleri



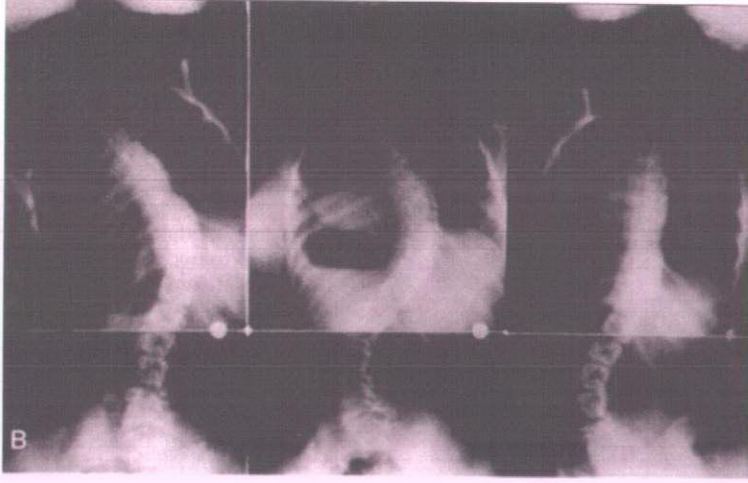
Şekil 15: 15 yaşında bayan hasta, ana torasik eğriliği 46 derece ve 6 dereceye kadar düzelebiliyor. Lomber eğriliği 45 derece ve 3 dereceye kadar düzeliyor. Konservatif tedaviye rağmen ilerleme kaydedilmesi üzerine cerrahi tedavi kararı verilmiş. Eğrilik Tipi Lenke Tip 1, King Tip II.



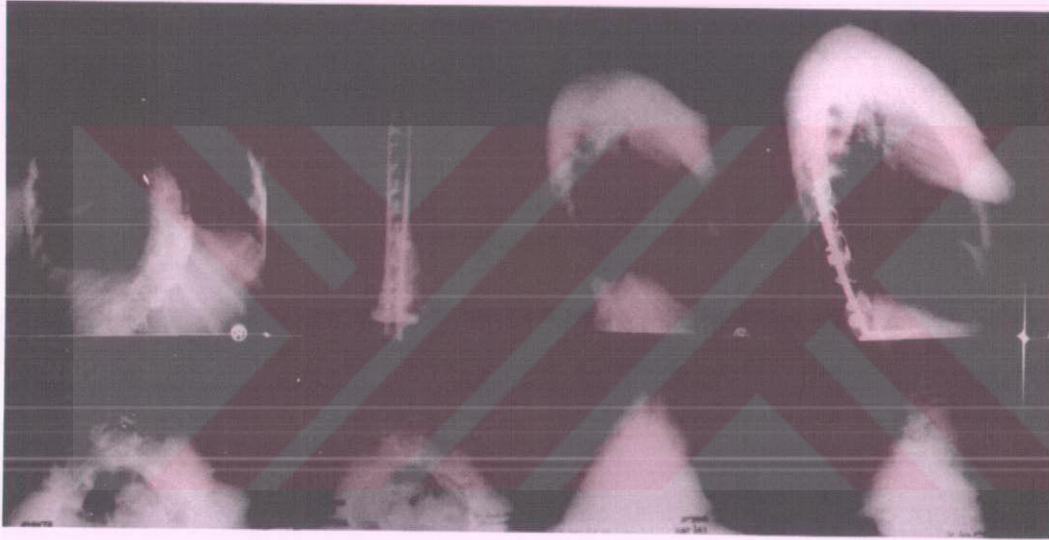
Şekil 16: Aynı hastanın T5-T12 kifoza 32 derece.



Şekil 17: Aynı hastanın postoperatif 6. hafta ve 31. ay filmleri. Selektif torasik füzyon uygulanarak %78 korreksiyon elde edilmiş. Lomber eğrilik erken postoperatif dönemde 7 dereceye düşerken takip süresi sonunda 4 dereceye kadar kompanse olmuştur.



Şekil 18: 19 yaşında bayan hasta, ana torasik eğriliği 50 derece ve 12 dereceye kadar düzelebiliyor. Lomber eğriliği 29 derece ve 8 dereceye kadar düzeliyor. Eğrilik Tipi Lenke Tip 1, King Tip II.



Şekil 19: Aynı hastanın preoperatif T5-12 kifoza 12 derece. Selektif torasik füzyon sonrası koronal planda ana torasik eğrilik 20 dereceye düşmüş, sagittal planda ise 17 dereceye çıkmıştır.

b. Lenke Tip 2

Bu grup çift torasik eğriliği olan hastaları kapsamakta olup yapısal olmayan torakolomber/lomber eğrilikler yanında yapısal proksimal torasik ve ana torasik eğriliklerin varlığını ifade etmektedir. Serimizde Tip 2 eğrilik, vakaların %17'sini (6 olgu) oluşturmaktaydı. Bu tip eğriliklerin tümü King Tip V olmaktadır. Hastaların yaş ortalamaları 15 olup 4 kız ve 2 erkekten oluşmaktaydılar. Hiçbir olguda torakolomber/lomber eğrilik görülmemiştir. Proksimal torasik eğriliklerin seviyeleri T1 ile T8 arasında değişmekte olup ortalama 5 seviyeden (3–8 seviye) oluşmaktaydı. Apikal segment T3 ile T5 arasında

değişmekteydi. Cobb yöntemi ile yapılan ölçümlerde eğriliklerin ortalama koronal büyüklükleri 45 derece (38–62 derece), eğilme ve traksiyon grafilerinde ortalama düzelme miktarları ise %30 (%15–37 düzelme) olarak ölçülmüştür. T2-T5 arasında ölçülen sagittal eğrilik ortalamasının 16 derece (5–28 derece) olduğu saptanmıştır. Ana torasik ortalama seviye sayıları 8 olup (7–9 seviye) apeksleri T8 ile T10 arasında değişmekteydi. Eğriliklerin ortalama büyüklükleri 64 derece (49–89 derece), traksiyon ve eğilme grafilerinde düzelme miktarları %40 (%26–52 düzelme) olarak ölçülmüştür. Sagittal planda ölçülen T5–T12 kifoz açısı ortalama 20 derecedir (4–45 derece). Bu bulgulara dayanarak Lenke sınıflamasına göre vaka dağılımı;

Eğrilik Tipi	Lomber	Torasik Sagittal	Olgu sayısı
2	A	-	2
2	A	N	2
2	A	+	2

Tablo 8: Tip 2 eğriliklerin Lenke sınıflamasına göre dağılımı.

No	Yaş	Cins	Preoperatif ölçümler								LENKE			KING
			Proksimal torasik				Ana Torasik				Tip	Lomber	Torasik	
			Seviye	Cobb	Düzelme	T2-T5 kifoz	Seviye	Cobb	Düzelme	T5-T12 kifoz				
1.	14	K	T2-T5	51	37	17	T5-L1	69	51	44	2	A	+	V
2.	14	E	T2-T6	62	39	27	T6-L2	89	62	5	2	A	-	V
3.	17	K	T1-T4	39	26	7	T5-T12	61	29	10	2	A	N	V
4.	13	K	T3-T5	38	25	10	T6-L2	49	26	14	2	A	N	V
5.	18	K	T2-T7	40	34	28	T7-L1	54	31	45	2	A	+	V
6.	15	E	T1-T8	42	29	5	T8-L2	64	32	4	2	A	-	V

Tablo 9: Lenke Tip 2 eğrilikli olguların preoperatif ölçümleri

Bu hastaların tümünde proksimal torasik ve ana torasik eğrilikler cerrahi yapısal kriterlere uyduğu için her iki eğrilik de füzyon alanına dahil edilmiştir. Bir vakada önce anterior gevşetme yapılmış daha sonraki bir seansta ise posterior füzyon ve enstrumantasyon uygulanmıştır. Füzyon alanına alınan seviye sayısı ortalama 13 olup 12 ile 14 arasında değişmekte idi. Ameliyat sırasında otogreft ek olarak 2 hastada allogreft, 4 hastada da coralline hidroksiapatit sentetik greft kullanılmıştır. Postoperatif dönemde yapılan ilk ölçümlerde proksimal torasik eğriliklerde ortalama koronal plan korreksiyon miktarı %48

(%25–55 korreksiyon), ortalama eğrilik büyüklüğü 24 derece (18–30 derece) olarak saptanmıştır. Sagittal planda ise T2–T5 arası kifoz açısı ortalama 12 dereceye (7–18 derece) düşmüştür. Ana torasik eğriliklerde ise ortalama korreksiyon %64 (%54–67 korreksiyon) olup erken postoperatif dönemde ortalama eğrilik büyüklüğü 23 derece (12–41 derece) olarak saptanmıştır. Torasik (T5–T12) sagittal plan ölçümlerinde ise postoperatif ortalama kifoz açısı 21 derece (16–27 derece), ortalama değişim %1 olarak saptanmıştır. Hipokifotik olan 2 olguda ve hiperkifotik 2 olguda kifoz açısı Lenke tarafından belirlenen normal sınırlar içerisinde getirilmiştir. Tüm hastalar postoperatif değerlendirmede normal T2–T10 torasik sagittal belirleyici grubunda bulunmaktaydılar.

Ortalama 25 ay (15–31 ay) takip sonucunda elde edilen grafilerden varılan sonuçlarda 2 olguda 6. ay kontrolünde 5 olguda da 1. yıl kontrolünde yeterli füzyon elde edildiği görülmüştür. Bir olguda psödoartroz gelişmiştir. Proksimal torasik eğriliklerde ortalama %12 korreksiyon kaybı (%4–26 korreksiyon kaybı) görülmüştür. Bu oran psödoartroz gelişen olgu istatistik dışında bırakıldığında %7 olmaktadır. Sagittal planda ise korreksiyon kaybı %41 (%0–85) olarak saptanmıştır. Ana torasik eğriliklerde ortalama %12 korreksiyon kaybı (%0–28 korreksiyon kaybı) görülmüştür. Yine psödoartroz gelişen vaka istatistik dışında bırakıldığında bu oran %4'e düşmektedir. Sagittal planda ise korreksiyon kaybı %6 (%0–21), psödoartroz haricinde yine %4 olarak saptanmıştır. Lenke sınıflamasına göre tüm vakalar torasik sagittal belirleyici olarak takip sırasında da normal sınırlarda kalmışlardır.

Komplikasyon olarak bir olguda psödoartroz gelişmiş ve önce anterior release yapılan bir olguda da şilotoraks görülmüştür. Posterior spinal füzyon yapılacak seansta hasta önce anteriordan açılarak torasik duktus bağlanmış ve sonrasında posterior girişime geçilmiştir.

Postoperatif Ölçümler						Takip						Komplikasyon	
Proksimal torasik		Ana torasik		LENKE		Süre	Proksimal torasik		Ana torasik		LENKE		
Cobb	T2-T5 kifoz	Cobb	T5-T12 kifoz	Lomber	Torasik		Cobb	T2-T5 kifoz	Cobb	T5-T12 kifoz	Lomber		Torasik
23	16	24	27	A	N	27	24	18	24	27	A	N	Şilotoraks
29	12	41	17	A	N	24	39	17	57	14	A	N	Psödoartroz
21	7	20	27	A	N	15	23	47	21	24	A	N	-
18	10	12	19	A	N	27	19	11	14	18	A	N	-
30	18	16	16	A	N	31	32	18	16	16	A	N	-
21	7	27	18	A	N	26	24	8	27	18	A	N	-

Tablo 10: Lenke Tip 2 eğrilikli olguların postoperatif ve takipteki ölçümleri

c. Lenke Tip 3

Bu grup çift majör eğriliği olan hastaları kapsamakta olup yapısal olmayan proksimal torasik eğrilikler yanında yapısal ana torasik ve torakolomber/lomber eğriliklerin varlığını ifade etmektedir. Serimizde Tip 3 eğrilik, vakaların %26'sını (9 olgu) oluşturmaktaydı. Bu tip eğriliklerin hepsi King Tip II olarak saptanmıştır. Hastaların yaş ortalamaları 16 olup 8 kız ve 1 erkekten oluşmaktaydılar. Bir olguda proksimal torasik eğrilik mevcut olup 21 dereceye kadar düzeldiği için cerrahi olarak yapısal kabul edilmemiş ve üçlü majör yerine çift majör eğrilik olduğu kararına varılmıştır. Ana torasik eğriliklerin seviyeleri T1 ile L2 arasında değişmekte olup ortalama 11 seviyeden (8–13 seviye) oluşmaktaydı. Apikal segment T6-7 diski ile T9 arasında değişmekteydi. Cobb yöntemi ile yapılan ölçümlerde eğriliklerin ortalama koronal büyüklükleri 75 derece (45–94 derece), eğilme ve traksiyon grafilerinde ortalama düzelme miktarları ise %32 (%8–57 düzelme) olarak ölçülmüştür. T5-T12 arasında ölçülen sagittal eğrilik ortalamasının 21 derece (-4–80 derece) olduğu saptanmıştır. Torakolomber/lomber eğriliklerin ortalama seviye sayıları 4 olup (4–5 seviye) apeksleri L2 ile L3-4 diski arasında değişmekteydi. Eğriliklerin ortalama büyüklükleri 51 derece (37–74 derece), traksiyon ve eğilme grafilerinde düzelme miktarları %39 (%28–45 düzelme) olarak ölçülmüştür. Lomber apikal vertebranın rotasyonu 1 olguda Evre 0, 7 olguda Evre II ve 1 olguda Evre III idi. Sagittal planda ölçülen T10–L2 kifoza açısı ortalama 14 derecedir (0–27 derece). Bu bulgulara dayanarak Lenke sınıflamasına göre vaka dağılımı;

<i>Eğrilik Tipi</i>	<i>Lomber</i>	<i>Torasik Sagittal</i>	<i>Olgu sayısı</i>
3	C	–	6
3	C	N	1
3	C	+	2

Tablo 11: Tip 3 eğriliklerin Lenke sınıflamasına göre dağılımı.

No	Yaş	E/K	Preoperatif ölçümler								LENKE			KING	
			Ana Torasik				Torakolomber/Lomber				Tip	Lomber	Torasik		
			Seviye	Cobb	Düzelme	T5-T12 kifoza	Seviye	Cobb	Düzelme	T10-L2 kifoza					Rotasyon
1.	18	K	T1-T12	94	60	62	T12-L4	64	39	31	III	3	C	+	II
2.	16	E	T3-L1	71	54	0	L1-L5	54	27	16	II	3	C	-	II
3.	14	K	T2-L2	92	85	80	L2-L5	74	51	27	II	3	C	+	II
4.	19	K	T4-L1	87	64	-4	L1-L4	37	26	24	II	3	C	-	II
5.	14	K	T4-L1	85	56	9	L1-L5	40	29	3	0	3	C	-	II
6.	17	K	T2-L1	64	34	0	L1-L4	55	31	14	II	3	C	-	II
7.	15	K	T5-T12	60	48	8	T12-L3	41	26	14	II	3	C	-	II
8.	16	K	T2-L1	75	32	7	L1-L4	47	27	1	II	3	C	-	II
9.	13	K	T4-T12	45	27	18	L1-L4	47	26	0	II	3	C	N	II

Tablo 12: Lenke Tip 3 eğrilikli olguların preoperatif ölçümleri

Bu hastaların tümünde torakolomber/lomber eğrilik de füzyon alanına dahil edilmiştir. Füzyon alanına alınan seviye sayısı ortalama 14 olup 12 ile 16 arasında değişmekte idi. Ameliyat sırasında otogreft ek olarak 7 hastaya allogreft, 2 hastaya da coralline hidroksiapatit sentetik greft kullanılmıştır. Postoperatif dönemde yapılan ilk ölçümlerde ana torasik eğrilik ortalama koronal plan korreksiyon miktarı %65 (%53–83 korreksiyon), ortalama eğrilik büyüklüğü 26 derece (12–41 derece) olarak saptanmıştır. Sagittal planda ise T5–T12 arası kifoza açısı ortalama 29 dereceye (12–57 derece) çıkmıştır. Hipokifotik olan 6 olguda kifoza açısı Lenke tarafından belirlenen normal sınırlar içerisine getirilmiştir. Hiperkifotik olan iki hastanın ise postoperatif değerlendirmede yine hiperkifotik oldukları görülmüştür. Torakolomber/lomber eğriliklerde ise ortalama korreksiyon %58 (%38–77 korreksiyon) olup erken postoperatif dönemde ortalama eğrilik büyüklüğü 21 derece (11-37 derece) olarak saptanmıştır. Torakolomber birleşke bölgesi (T10–L2) sagittal plan ölçümlerinde ise postoperatif ortalama kifoza açısı 6 derece (0–17 derece), ortalama değişim %61 (%44-100) olarak saptanmıştır. Erken postoperatif dönemde Lenke'nin lomber belirleyicileri açısından değerlendirildiğinde;

Lomber belirleyici	Preop	Postop
A	0	2
B	0	5
C	9	2

Tablo 13: Erken postoperatif dönemde lomber belirleyicideki değişim

Ortalama 29 ay (22–44 ay) takip sonucunda elde edilen grafilerden varılan sonuçlarda 1 olguda 6. ay kontrolünde 7 olguda da 1. yıl kontrolünde yeterli füzyon elde edildiği görülmüştür. 1 olguda psödoartroz gelişmiştir. Ana torasik eğriliklerde ortalama %9 korreksiyon kaybı (%0–15 korreksiyon kaybı) görülmüştür. Sagittal planda ise korreksiyon kaybı %2 (%0-13) olarak saptanmıştır. Torakolomber/lomber eğriliklerde ortalama korreksiyon kaybı %5 (%0-11) olarak saptanmıştır. T10–L2 arasında ölçülen kifoz açısı ortalama 7 dereceye (0–19 derece) çıkmış, yani %14 korreksiyon kaybı olmuştur. Bu veriler ışığı altında Lenke kriterlerine göre junctional kifoza rastlanmadığı sonucuna varılmaktadır. Lenke sınıflamasına göre 7 olgu torasik sagittal belirleyici olarak normal sınırlarda iken birisi psödoartroz gelişen vaka olmak üzere iki olgu hiperkifotik olarak kalmıştır. Lomber belirleyicilerde aşağıdaki tablodaki gibi bir değişiklik olmuştur.

<i>Lomber belirleyici</i>	<i>Preop</i>	<i>Postop</i>	<i>Takip</i>
A	0	2	3
B	0	5	4
C	9	2	2

Tablo 14: Takip sırasında lomber belirleyicideki değişim

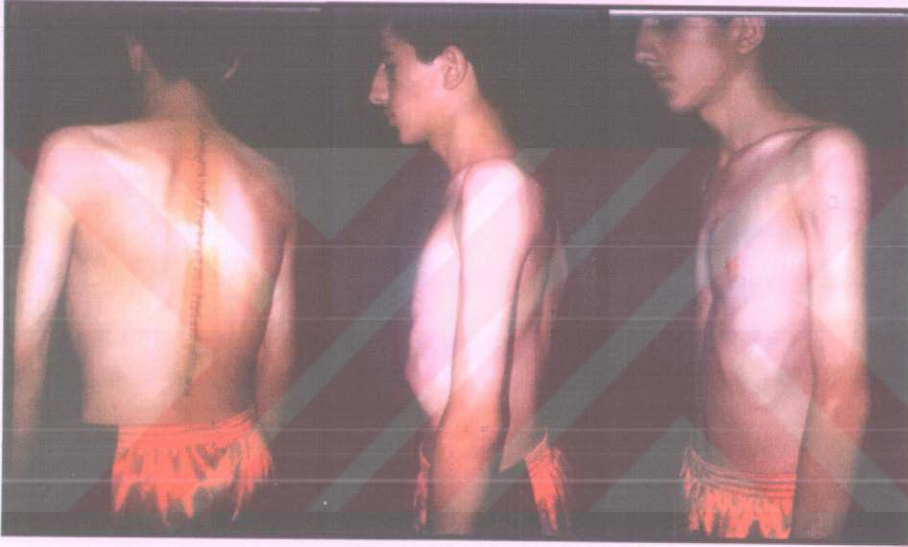
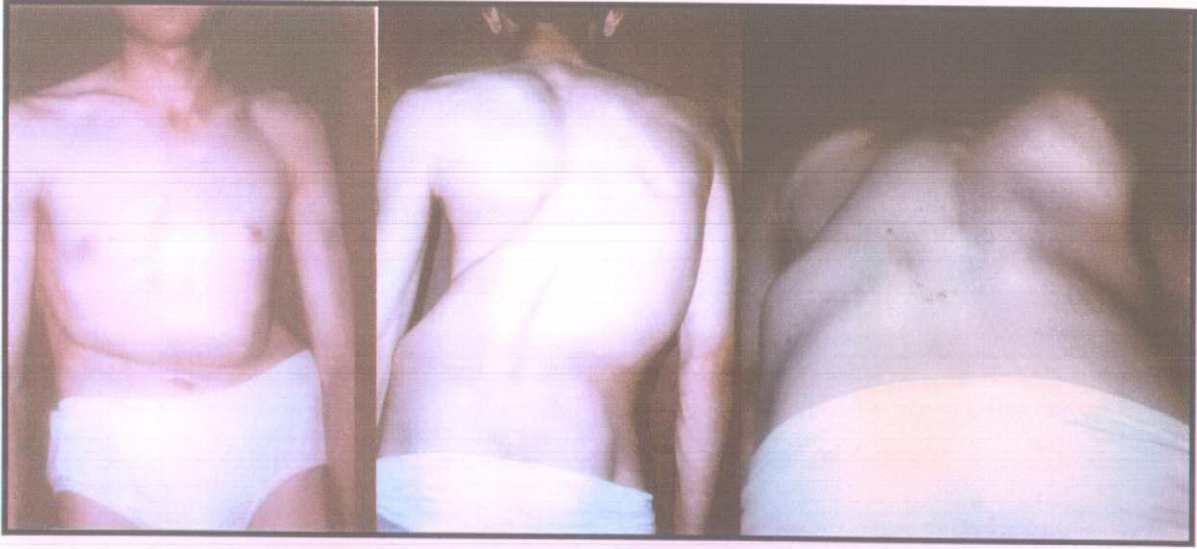
Komplikasyon olarak bir olguda postoperatif 4. günde derin enfeksiyon gelişmiş ancak cerrahi debridman gerektirmeksizin uygun antibiyotik uygulaması ile tedavi edilebilmiştir. Bir diğer olguda ise postoperatif 6. haftada derin enfeksiyon gelişmiş ve cerrahi debridman yapılarak implantlar kurtarılabilmektedir. %73 korreksiyon yapılan bir olguda 3 hafta süren geçici disestezi sendromu gelişmiştir.

Postoperatif Ölçümler						Takip								Komplikasyon
Ana torasik		Torako lomber /lomber		LENKE		Süre	Ana torasik		Torako lomber /lomber		LENKE			
Cobb	T5-T12 kifoza	Cobb	T10-L2 kifoza	Lomber	Torasik		Cobb	T5-T12 kifoza	Cobb	T10-L2 kifoza	Lomber	Torasik		
40	57	35	17	C	+	32	47	59	37	19	C	+	Psödoartroz	
24	17	14	9	B	N	29	26	15	16	10	B	N	-	
41	57	37	11	C	+	22	47	59	41	13	C	+	Enfeksiyon	
37	12	20	7	A	N	44	40	12	20	7	A	N	-	
20	32	25	0	B	N	26	20	32	25	3	A	N	Enfeksiyon	
21	19	17	4	B	N	23	22	18	19	4	B	N	-	
28	34	11	3	A	N	37	30	32	11	3	A	N	-	
13	16	22	0	B	N	26	14	16	22	0	B	N	Geçici disestezi	
12	21	11	0	B	N	24	12	21	11	0	B	N	-	

Tablo 15: Lenke Tip 3 eğrilikli olguların postoperatif ve takipteki ölçümleri



Şekil 20: 16 yaşında erkek hasta. 0 derece torasik hipokifoza, postoperatif ölçümlerde 17 dereceye çıkmış.



Şekil 21: Aynı hastanın klinik görüntüleri. Hipokifotik Lenke Tip 3 eğriliklerde İBS tekniği ile normal kifotik kontur elde edilebilmekte.

d. Lenke Tip 5

Bu grup yapısal olmayan proksimal veya ana torasik ve yapısal torakolomber/lomber eğriliklerden oluşmakta ve torakolomber/lomber eğrilik adını almaktadır. Serimizde Tip 5 eğriliği olan 2 hasta mevcuttu. Bu hastaların birinde 21 dereceye kadar düzelen proksimal torasik eğrilik ve diğerinde de yine 21 dereceye kadar düzelen ana torasik yapısal olmayan eğrilikler mevcuttu. Olguların birisi King Tip 4, yani uzun torakolomber tek eğrilik olup diğeri ise primer lomber ve sekonder torasik eğriliği olan King Tip I eğriliğe sahiptiler. Hastaların majör eğrilik büyüklükleri 77 ve 39 derece olup eğilme ve traksiyon grafilerinde %41 ile %26 düzelmekte idiler. Bir hastada 29 derece diğerinde de 19 derece T10-L2 kifoz mevcuttu. Bir hastada apikal vertebra rotasyonu Evre III diğerinde de Evre II olarak ölçülmüştür. Her iki

eğrilik de Lenke sınıflamasına göre 5 C N idi. King Tip I olan hastaya ilk seansta anterior lomber enstrumantasyon uygulanmış olup ikinci seansta da T3–T12 arası posterior korreksiyon ve füzyon yapılmıştır. Diğer hastaya ise T3–L5 arası posterior enstrumantasyon uygulanmıştır. King Tip I olan hastada %69 korreksiyon elde edilirken King Tip IV olan hastada %56 korreksiyon saptanmıştır. Postoperatif erken dönemde her iki hastanın lomber belirleyicileri B olmuş, torasik sagittal belirleyicileri de N olarak kalmıştır. King Tip I olan hastada 23 aylık takip sonrası %8 korreksiyon kaybı gözlenirken diğer hastada korreksiyon kaybı saptanmamıştır. Bu iki hastada da komplikasyon olmamıştır.

e. Lenke Tip 6

Bu grup Torakolomber/lomber–Ana torasik eğrilik olarak anılmakta ve yapısal olmayan proksimal torasik eğrilik ile yapısal ancak torakolomber/lomber eğriliğın 10 dereceden fazla daha büyük olduğu ana torasik ve torakolomber/lomber eğriliklerden oluşmaktadır. Serimizde bu gruptan 17 yaşında bir hasta mevcuttu. Hastanın %44 düzelen 64 derecelik ana torasik ve %38 düzelen 77 derecelik torakolomber/lomber eğriliği vardı. T5-T12 sagittal kifozu –3 derece ve T10–L2 torakolomber birleşke kifoz açısı da 19 derece idi. King sınıflamasına göre bu eğrilik Tip I sınıfına girmekteydi. Lomber eğrilik apikal rotasyonu Evre IV olarak saptanan serideki tek vaka buydu. Lenke sınıflamasına göre 6 C – olmaktadır. Bu hastaya T4–S1 füzyon uygulanmış olup ameliyatında otogreftte ek olarak coralline hidroksiapatit grefti de kullanılmıştır. Erken postoperatif kontrollerde hastanın ana torasik eğriliğinde %52, torakolomber/lomber eğriliğinde ise %47 korreksiyon sağlanmıştır. Torasik kifozu ise –3 dereceden 12 dereceye çıkmıştır. 19 derecelik preoperatif T10-L2 kifoz ameliyat sonrası 9 derece olarak ölçülmüştür. Lenke sınıflamasına göre hasta C – grubundan C N grubuna geçmiştir. 29 aylık takip sonucunda korreksiyon kaybına rastlanmamış ve herhangi bir komplikasyonla karşılaşılmamıştır.

8. Tartışma

Ferguson ve arkadaşlarının çalışmaları eğrilik büyüdükçe aksiyel korrektif kuvvetlerin, yani kompresyon ve distraksiyon kuvvetlerinin, etkilerinin arttığını göstermiştir⁵⁸. Eğrilik derecesi küçüldükçe aksiyel kuvvetlerin korrektif vektörel komponentleri de küçülmektedir. 90 derecelik bir eğrilik için distraksiyon kuvvetinin %70'i korrektif vektör olabilirken, 45 derecelik bir eğrilikte bu oran %35'e düşmektedir. White ve arkadaşları distraksiyon ile korrektif kuvvetin eşit olduğu eğrilik büyüklüğünü 53 derece olarak saptamışlardır¹⁹³. Transvers korrektif kuvvetlerin ise etkileri eğrilik küçüldükçe artmaktadır. İBS sisteminde öncelikle distraksiyon yapılarak, eğrilik henüz büyükken bu kuvvetin avantajı kullanılmakta, eğrilik 53 dereceden daha küçük hale geldikten sonra ise sublaminar teller aracılığıyla transvers traksiyon uygulanabilmektedir. Bu sistem sayesinde eğrilik ne kadar büyük olursa olsun implantın korrektif gücü tam korreksiyonu mümkün kılabilir. Ancak İBS prensibinde amaç apikal rijiditeyi zorlayarak sekonder eğriliğin dekompansementine neden olmak değil, dengeli küçük eğrilikler elde etmektir²⁰⁵. Bir zamanlar yaygın olarak kabul gören güçlü derotasyonel kuvvetler şimdi sekonder eğriliklerde dekompansement yaratmaları ve bu nedenle sağ torasik eğriliklerde gövdeyi sola kaydırmaları nedeniyle tartışılmaktadırlar. Bu problem özellikle, selektif torasik füzyon yapılan ve sonradan kompansatuar lomber eğriliğin kendiliğinden düzelmesi beklenen King Tip II ve Lenke Tip 1 eğriliklerde ortaya çıkmaktadır^{19,25,102,154,170,187}. Özellikle torasik eğriliği 60 dereceden ve lomber eğriliği 45 dereceden daha büyük King Tip II eğrilikler bu problemin ortaya çıkması için uygundur^{102,153}. CD gibi derotasyon esaslı sistemlerde derotasyon manevrası ile uygulanan kuvvet özellikle iki intermediate hook tarafından spinal kolona iletilmektedir. Majör eğrilik üzerine etkiyen bu en blok torsiyonel güç, aşağı seviyelerdeki füzyon sahası içine alınmamış vertebralari da etkilemektedir^{37,153,187}. Enstrumantasyonun tamamlanmasıyla rijid bir fiksasyon sağlanmakta, ancak fiksasyon aynı zamanda bu torsiyonel gücü de fikse etmektedir. Zaman içerisinde kendisini düzeltmesi beklenen sekonder eğrilik, üzerindeki torsiyonel güç altında sıklıkla dekompansement olabilmektedir^{37,153,187}. Dekompansementten kaçınmak için değişik yöntemler tavsiye edilmiştir. Bunlardan birisi füzyon seviyesini bir segment kısa tutmaktır. Ancak füzyonu bir segment kısa tutmak olguların çoğunda füzyonu torakolomber birleşkede sonlandırmak anlamına gelmektedir. Bu yüzden geçiş bölgesine torsiyonel bir kuvvet uygulanmış olup sonuçta "junctional kifoz" adı verilen kavramla karşılaşılabilmektedir^{153,154,187}. Literatürde füzyon sahasını bir segment kısa tutmakla dahi gelişen dekompansement örnekleri mevcuttur¹⁰². İBS sistemi ile elde ettiğimiz tecrübeler sonucunda gördük ki, sekonder eğriliğin kompansasyon olması beklenerek selektif torasik füzyon uygulanan Lenke Tip 1 ve King Tip II eğriliklerin bazılarında, korreksiyon preoperatif ölçümlerde lomber

eğriliğin düzlebildiği kadar yapılmış ve bu sayede dekompanzasyona rastlanmamakla beraber takip süreleri sonunda sekonder lomber eğriliklerde ortalama %42 kompanzasyon edinilmiştir. Yine bu grupta junctional kifoz gelişimi de görülmemiştir.

Sekonder eğriliğin dekompanzasyonundan kaçınmak için tavsiye edilen bir diğer yöntem de lomber seviyelerde ters bükülmüş rod ile ters hook dizilimi kullanmaktır. Bu yöntem ile azalmış olmasına rağmen dekompanzasyon bildirilen vakalar mevcuttur ^{25,187}.

Dengeyi restore etmek amacıyla gelişmiş olan sekonder eğriliğin dekompanzasyonu sonuçta spinal kolonun dengesini bozmaktadır. Thompson ve arkadaşları bildirdikleri çalışmalarında CD tekniğini kullanarak tedavi ettikleri vakaların denge açısından incelemeleri sonucunda ortalama postoperatif dengenin preoperatif değerlerden daha kötü olduğunu saptamışlardır ¹⁸⁷. 1994 yılında yayınlanan Spinal Deformiteler isimli kitapta King de bu kavramları kabul ederek derotasyon manevrasından kaçınılması gerektiğini savunmuştur ⁹².

IBS tekniğinde eğriliğe katkıda bulunan vertebralara öncelikle, sublaminer teller aracılığıyla tek tek frontal düzlemde orta hatta doğru etkili bir şekilde çekilmektedirler. En az 6 segmentin sublaminar tellerle roda bağlanması tavsiye edilmektedir. Burada uygulanan kuvvet sadece transvers traksiyondur. Rodun derote edilmesi eğriliğe katılan tüm vertebralara güçlü bir simultane kuvvet ile sagittal planda hizalanmaya davet etmektedir. Bu derotasyon manevrası sırasında vertebralara derotasyon kuvveti uygulanmamakta, derote olan sadece rod olmaktadır. Enstrumantasyon ile eğriliğe uygulanan torsiyonel güç füzyon sahası dışında kalan lomber vertebralara yansıyacak kadar büyük değildir. Nitekim selektif torasik füzyon ve korreksiyon uygulanan King Tip II olgularda gördük ki lomber sekonder eğriliklerin kompanzasyonu literatürde bildirilen ve CD gibi derotasyon esaslı yöntemler ile tedavi edilenlere kıyasla daha iyi olmaktadır ^{102,154,187}. Literatürde denge açısından kabul edilen sınır apikal vertebranın translasyonunun 10mm ve altında olmasıdır ¹⁸⁷. IBS yöntemi ile tedavi ettiğimiz hiçbir hastanın postoperatif takiplerinde bu sınırın aşıldığı görülmemiştir. Takipleri sırasında sekonder lomber eğriliklerinde artış saptanan iki olgu korse tedavisine yanıt vermiş ve ilerleme durmuştur.

Üç boyutlu rotasyon prensiplerine göre iki intermediate vertebra stratejik sayılmakta ve bu vertebralara hookların yerleştirilmesi ile neredeyse tüm korrektif kuvvet bu vertebralara üzerinden uygulanmaktadır. Dunn tarafından bir laminanın taşıyabileceği maksimum yük 70kgf olarak saptanmıştır ⁵³. Hooklardan faydalanan sistemlerde yükün büyük bir kısmı sadece iki intermediate vertebra tarafından taşınmaktadır. Bu nedenle teorik olarak konkav taraftaki rodun iki hook üzerinden uygulayabileceği maksimum yük 140kgf olabilmektedir.

Ancak pratikte, hooklar laminanın sadece bir kısmına oturdukları için bu kuvvet daha düşüktür. Yapılan çalışmalar sonucunda birçok yazar sagittal plan düzeltmelerinde hooklara dayanan sistemlerin yeterli olamayabileceğini savunmaktadırlar^{20,24,153,154,187} Nitekim kuvvetli derotasyon manevraları sırasında iatrojenik lamina kırıklarına bağlı hook deplasmanı bildirilmektedir^{20,45,67,154}.

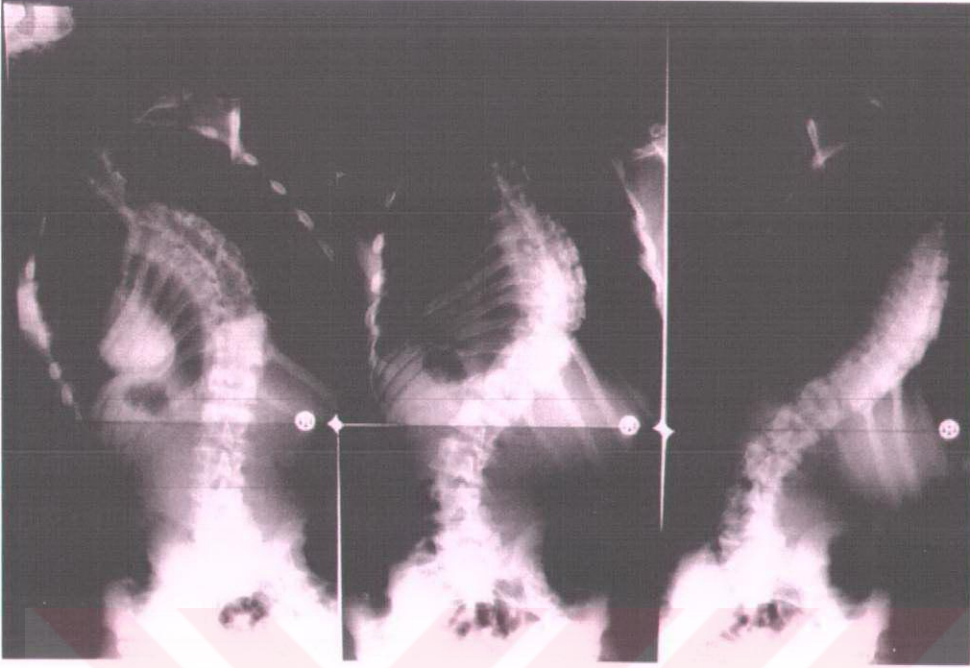
IBS prensibinde ise CD'den farklı olarak eğriliğe katılan tüm vertebraların stratejik olduğu kabul edilmekte ve bu nedenle korrektif kuvvetlerin en az 6 vertebraya birden uygulanması gerektiği öngörülmektedir. İki stratejik hook ile karşılaştırıldığında uygulanabilecek kuvvet en az 3 katına çıkmaktadır. Bununla beraber sublaminar teller laminanın tüm kalınlığını içerisine alarak kemik kuvvetinin tümünü kullanmaktadır. Sonuçta, birçok segmente ve laminanın tümüne dağıtılması sayesinde iatrojenik laminotomi riski olmaksızın arzu edildiği kadar translasyonel kuvvet uygulanabilmektedir. Derotasyon sistemlerinin aksine, İBS ile özellikle hipokifotik torasik eğriliklerin düzeltilmesinde tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.



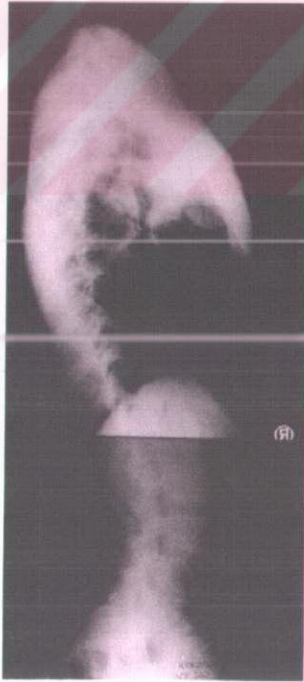
Şekil 22: Hipokifotik bir olgu (T5-T12: 4 derece). Postoperatif ana torasik kifoz açısı normal sınırlar içerisine getirilebilmiş (T5-12: 18 derece).

Derotasyon manevrası sırasında roda büyük bir yük binmektedir. Bu yük iki hook üzerinden iletildiği için rod üzerinde eşit olmayan bir dağılıma sahiptir. Derotasyon manevrası sırasında roda önceden verilmiş olan konturda düzleşme de bildirilen zorluklar arasındadır^{24,45,102}. İBS ile tedavi edilen büyük ve rijid eğriliklerde dahi bu şekilde bir komplikasyona rastlanmamıştır.

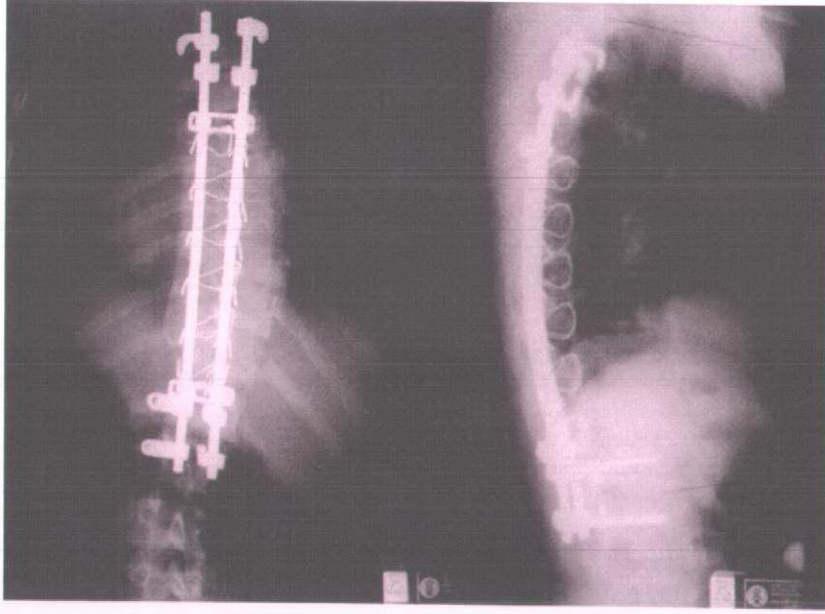
Multipl seviyeli teller sayesinde yük rod üzerinde de dağılmaktadır. Bu nedenle osteoporotik, şiddetli ve rijid eğriliklerde dahi IBS tavsiye edilmektedir.



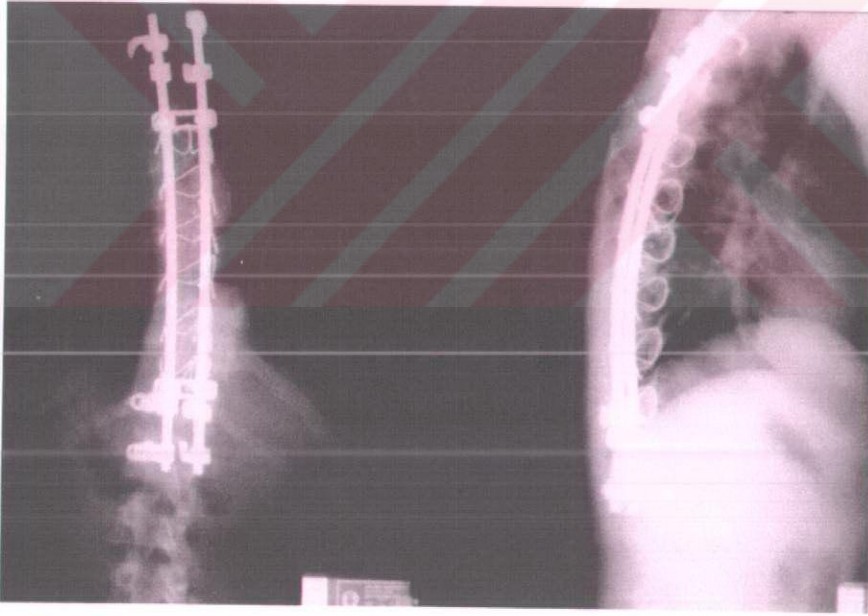
Şekil 23: 16 yaşında erkek hasta. 64 derecelik ana torasik eğrilik %26 düzelebilmekte.



Şekil 24: Preoperatif sagittal plan filminde T5-T12 kifoz 12 derece, T10-L2 kifoz 11 derece olarak saptanmıştır.



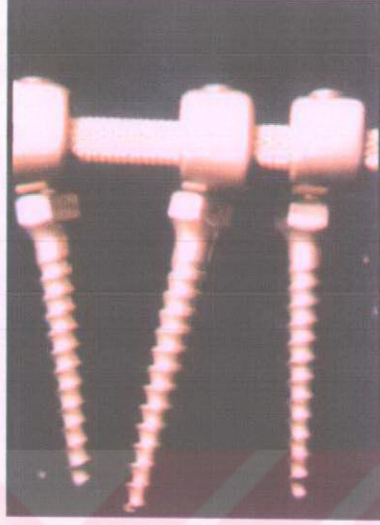
Şekil 25: Rijid bir eğriliğe IBS sistemi ile koronal planda %67 korreksiyon elde edilmiş, torasik kifoz 24 dereceye çıkarılmış, 11 derecelik junctional kifoz vida açılı ayarlamalarıyla 4 dereceye indirilmiştir.



Şekil 26: 27 aylık takip sonunda koronal planda %5, sagittal planda %4, torakolomber birleşke sagittal planında ise %0 korreksiyon kaybı kaydedilmiştir.

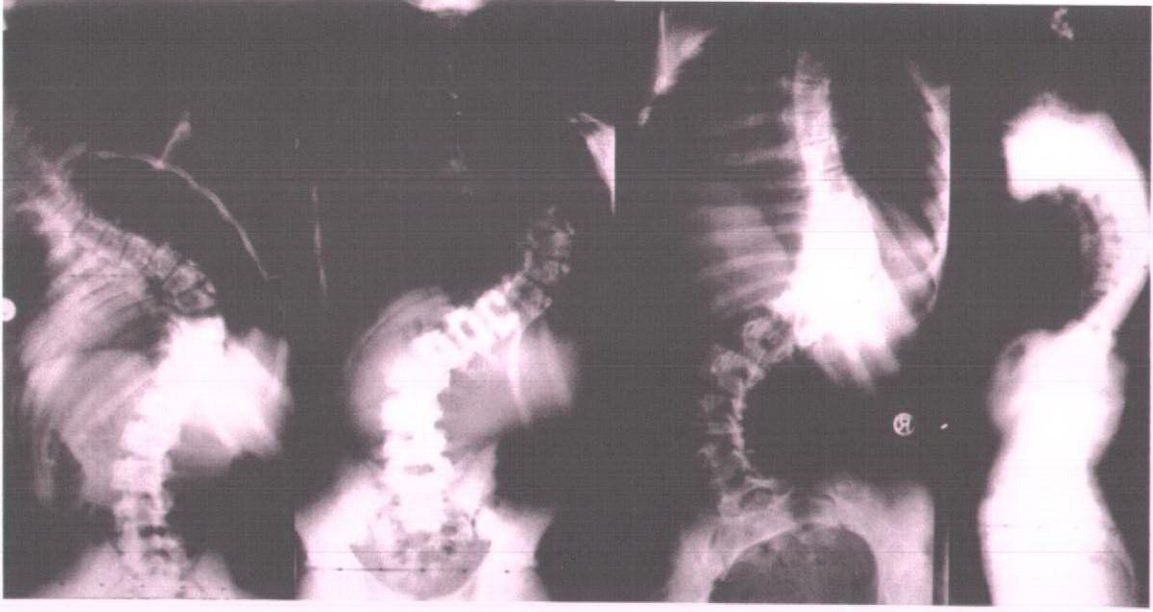
Her ne kadar füzyon sahasının alt seviyelerinde hook kullanılabilse de özellikle rijid eğriliklerde transpediküler vida uygulanması tavsiye edilmektedir. Vidalar birleşke noktasını daha iyi destekleyebilecek güçlü bir kaldıraç kolu oluşturmaktadırlar. IBS'nin preoperatif planlamasında çok önemli basamaklardan birisi de füzyon alanına dahil edilecek son vertebranın sagittal plandaki yerleşimidir. Sistem eğri konnektörler yardımı ile vida ile rod

arasında 35 dereceye kadar bir ayarlamaya izin vermektedir. Lomber lordoz içerisinde son vertebraların yerleşimi, bu sayede, pediküle vida yerleştirme aşamasında belirlenebilmekle beraber daha sonra konnektör ile roda bağlanma aşamasında da ayarlanabilmektedir. Rod-vida ve vida-kemik bağlantıları birleşke bölgesindeki bu vertebraları istenilen sagittal açıda tutmaya yetecek kuvvettedirler. Bu özellik junctional kifoz gelişiminin engellenmesinde önemli bir noktadır.

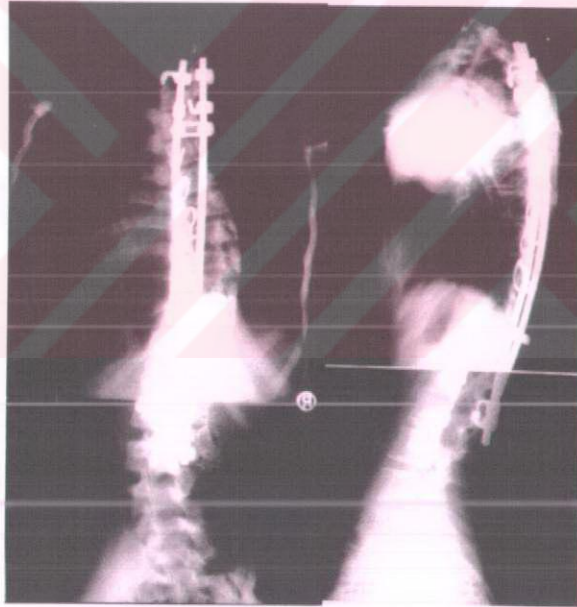


Şekil 27: Konnektörler sayesinde vidalara rod üzerinde istenilen açı verilebilmektedir.

Kifozun engellenmesinin yanında bu tip bir düzenleme ile enstrumante edilen bölgeden füzyon alanına dahil edilmemiş alana yumuşak bir geçiş de sağlanmış olmaktadır. Bridwell ve arkadaşları lomber lordoz kaybının, yani hipolordotik lomber kolonun, erken dejeneratif değişiklikler gelişmesine ve bel ağrılarının neden olduğunu bildirmişlerdir²⁴. Aynı yayında Bridwell ve arkadaşları bu açıdan CD sisteminin yetersiz olduğunu savunmaktadırlar²⁴. Tecrübelerimiz IBS sisteminin normale yakın lomber lordoz sağlayabildiği yönündedir. Bu nedenle IBS'yi lomber lordoz destekleyici enstruman olarak da tarif edebilmekteyiz.



Şekil 28: Düzelebilirliği %36 olan 94 derecelik rijid ana torasik ve düzelebilirliği %39 olan 64 derecelik lomber eğrilik. T5-12 torasik kifoz 62 derece.

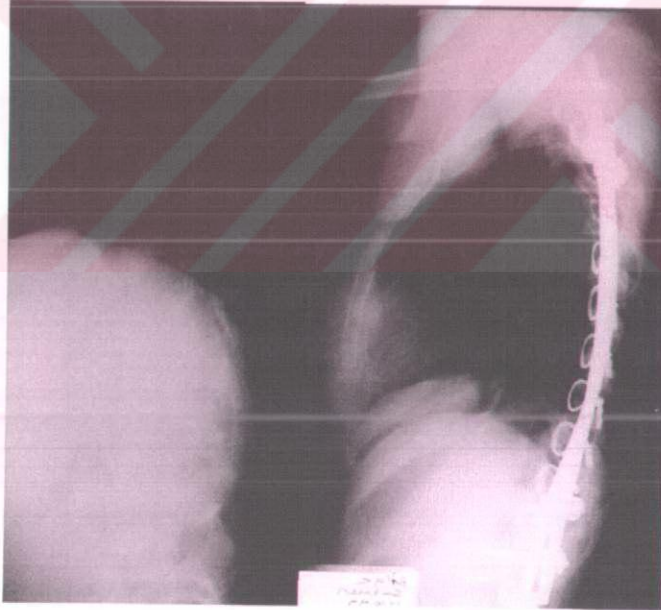


Şekil 29: İBS tekniği ile cerrahi tedavi sonrası ana torasik 40 derece ve lomber 35 derece olmak üzere dengeli iki eğrilik elde edilmiş.

Hooklara dayanan üç-boyutlu derotasyon sistemlerinin preoperatif planlama aşamaları karışık ve zordur. King tarafından belirlenen kriterlere uygun şekilde füzyon seviyeleri saptandıktan sonra sagittal plan analizi ve füzyon alanına dahil edilecek olan alt vertebranın seviyesine göre komplike bir hook yerleşim ve oryantasyon saptamaları gerekmektedir¹⁹. Bu konu, üzerinde fikir birliği olmamasıyla daha da karışık bir hal almaktadır^{25,102}. Literatürde bu karışıklık ve zorluğa bağlanan teknik hatalara sıkça rastlanmaktadır^{20,36,45,67,102,154}.

İBS sisteminde preoperatif planlama ve cerrahi teknik daha basit olması nedeniyle teknik hatalara daha az yer bırakmaktadır. Preoperatif planlamada eğriliğin tipi belirlendikten sonra King ve arkadaşları ve Lenke ve arkadaşları tarafından belirlenen kriterlere uygun olarak füzyon seviyeleri saptanmalıdır^{91,92}. Frontal planda majör eğriliğin korreksiyon miktarı lateral eğilme grafilerinde lomber, yani sekonder eğriliğin maksimum düzelme sonrası kalan eğrilik miktarını geçmeyecek kadar olmalıdır. Bu nokta dengeli iki eğrilik elde edebilmek için önemli bir gereksinimdir. Majör eğriliğin daha fazla korreksiyonu lomber eğriliğin dekompansementine neden olabilmektedir.

Roda uygun kontur verilebilmesi için lateral filmlerde spinal kolon sagittal açılanması incelemelidir. Spinal segmentlerin bir bütün halinde ve kuvvetli bir şekilde önceden istenilen sagittal açılara göre bükülmüş rod üzerine çekilmesi ile istenilen sagittal organizasyon kolay ve etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede arzu edilen kifoz ve lordoz düzenlemeleri karışık ayarlamalar yapılmasına gerek kalmaksızın elde edilebilmektedir. İBS sistemi bu yapı itibarıyla özellikle hipokifotik olguların sagittal korreksiyonunda önemli avantajlara ve etkiye sahiptir.

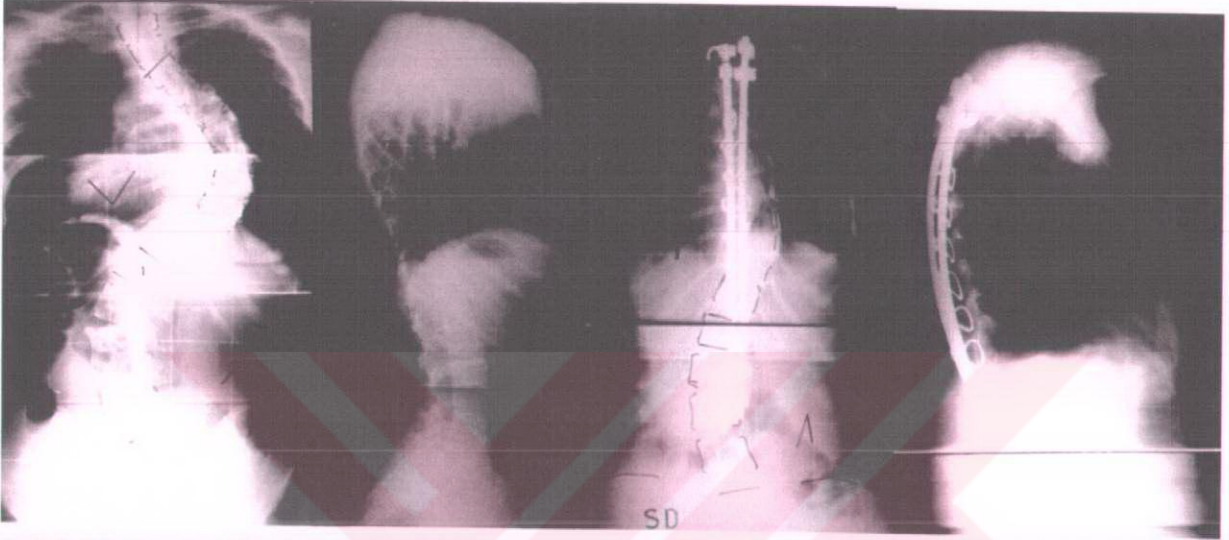


Şekil 30: 0 derecelik hipokifotik bir olgunun ameliyat sonrası 19 derecelik normal torasik kifozu.

İBS sistemi genel olarak tüm segmental spinal sistemlerinin kullanılabilirdiği yerlerde uygulanabilmesi yanında özellikle orta hatta yakın lomber kolon üzerine düzeltilecek şiddetli torasik eğriliklerde, hipokifotik torasik eğriliklerde ve selektif torasik füzyon yapılacak eğriliklerde endikedir. Çift torasik eğriliklerde intraoperatif radyolojik kontroller ile omuz

asimetrisi geliştirmemeye dikkat edilerek kullanılmalıdır. Lenke sınıflamasına göre bu kriterlere uyan eğrilik sınıfları şunlardır ¹⁰¹;

- Tüm Tip 1 eğrilikler
- 2 A ve B eğrilikler (intraoperatif radyolojik kontrol ile)
- 3 A, B ve C eğrilikler (zellikle – ve N torasik sagittal belirleyiciler)
- 4 A ve B eğrilikler



şekil 31: Lenke Tip 3 C – bir eğrilik. Ana torasik eğrilik 75 dereceden 13 dereceye, lomber eğrilik ise 47 dereceden 22 dereceye düşmüştür. Hipokifoza olan olgu (T5-T12 = 7 derece) ameliyat sonrası normal torasik kifoz sınırları içerisine girmiştir (T5-T12 = 16 derece).

Sublaminar teller yüksek nörolojik riskleri olmasıyla suğlanmışlardır. Ancak kliniğimizde yapılan ameliyatlarda sublaminar tel kullanımına bağlı majör bir nörolojik komplikasyona rastlamadık. Tel geğirilme sırasında uygun teknik noktalara dikkat edilmesi bu tip komplikasyonların ortaya çıkmasını engellemektedir. Cerrahi teknik kısmında anlatıldığı şekilde kanal yeteri kadar görülebilmelidir. Tellerin uç kısımları tekniğe uygun şekilde bükülmeli, lamina altından geğirilme işlemi sırasında lamina ön duvarı üzerinde kaydırılmalı ve uç, laminanın superiorundan görünür görünmez uygun alet ile çekilerek telin geri kalanı ilerletilmelidir. Sublaminar telin her iki bacağının bükülerek kendisini cilt üzerinde ayakta tutabilmesi ameliyat sırasında oluşabilecek kazaları engelleyebilmesi açısından önemlidir.



Şekil 32: Sublaminar tel uygulama şekli

Skolyoz Araştırma Topluluğu (Scoliosis Research Society) Morbidite ve Mortalite Komitesi 1987 yılında çeşitli spinal sistemlerin nörolojik komplikasyon risklerini karşılaştırmıştır. Bu araştırma sonucunda hookların kullanıldığı sistemlerde nörolojik yaralanma riski Harrington sistemine kıyasla üç kat fazla, sublaminar tel sistemlerinde ise dört kat fazla olarak saptanmıştır ⁴⁵. Her ne kadar orijinal CD tekniğinde apikal vertebraya hook yerleştirme uygulaması bulunmasa da literatürde kifoskolyozlarda apikal vertebraya yerleştirilen hookun konveks taraf rodun derotasyonu sırasında kanal içerisine itildiğini bildiren yayınlar mevcuttur ⁴⁵. Yine derotasyon manevrası sırasında bir diğer nörolojik yaralanma riskini de konkav taraf alt intermediate hook oluşturmaktadır ⁴⁵.

Özellikle King Tip III eğriliklerde spinal kolonun santral sakral çizgiye etkili bir biçimde yaklaştırılabilmesi için apikal vertebranın enstrumantasyonu önemlidir. IBS diğer segmentlerin yanında, nörolojik risk oranını arttırmaksızın, apikal vertebraya da korreksiyon kuvveti uygulanabilmesini olanaklı kılmaktadır. Rodların orta kısımlarının parlak yüzeyleri tellerin sıkılması sırasında eğriliğin düzelerek segment aralarının açılmasına ve tellerin de rod üzerinde kayarak aralarının korreksiyona paralel açılmasına izin vermektedir.

IBS stabil bir internal fiksasyon aleti olması yanında kesinlikle rijid değildir. Sublaminar teller sayesinde elde edilen fleksibilite sekonder eğriliklerin kompensasyonunu kolaylaştırmaktadır. Yine sublaminar tellerin aksiyel yüklenmelere karşı dirençleri yoktur. Bu sayede stresten korunma etkisi azaltılmış olup füzyon kitlesi oluşumunu desteklemektedir ²⁰. Richards ve Johnston hook kullanma miktarı arttıkça psödoartroz ihtimalinin de arttığını öne sürmüşlerdir ^{153,155}. Kullanılan hook miktarının azaltılması daha çok faset ekleme füzyon

uygulanabilmesi açısından faydalıdır ⁴⁵. Serimizde sadece iki psödoartroz gelişmiştir. Klinik gözlemlerimiz kullanılan diğer enstrümanlara kıyasla IBS ile tedavi uygulanan hastalarda daha az osteoporoz geliştiği yönündedir. Ameliyat sonrası hastaların 6 ay süreyle giymelerini tavsiye ettiğimiz TLSO tipi korse sekonder eğriliğin kompensasyonunu kolaylaştırmaktadır ^{20,187}. Bu uygulama King Tip II eğriliklerde CD kullanarak yapılan selektif torasik füzyon sonrası King ve arkadaşları tarafından da tavsiye edilmektedir ⁹².

IBS tekniğinde cerrahi uygulamanın diğer sistemlere kıyasla daha kolay öğrenildiğini gözledik. Hooklara dayanan sistemlerde distraksiyon ve kompresyon ve özellikle derotasyon sırasında hookların yerlerinden çıkması sıkça rastlanan olaylardandır ^{19,45}.

İmplant çıkarılmasında ve revizyonda kolaylık bir sistem için önemli özelliklerdir. IBS sisteminde ameliyat sonunda daha sonra çıkarılmayı zorlaştıracak herhangi bir kesme veya kırma işlemi yapılmadığından implant çıkarılması kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca enstrumantasyon uzatmak için aksiyel ve ikiz konnektörlerin bulunması revizyonu da kolaylaştırmaktadır.

Sonuç

IBS sistemi ile hookları esas alan üç boyutlu derotasyon sistemlerinin getirdiği dezavantajların bir çoğu elimine edilebilmektedir. Bunların en önemlileri IBS ile adolesan idiopatik skolyozda sekonder kompensatuar eğriliklerde daha iyi kompensasyon, iyi sagittal korreksiyon, ve normale yakın torasik kifoz ve lomber lordozun korunmasıdır. Bunların yanısıra preoperatif planlamadaki kolaylıklar da önemli avantajlarındandır.



Şekil 33: Lenke Tip 3 hipokifotik rijid bir eğrilik. Ana torasik eğrilik 84 derece, torasik kifoz -4 derece. İBS tekniği ile cerrahi tedavi sonrası normal sınırlar içerisinde getirilmiş torasik kifoz (Ana torasik eğrilik 37 derece, torasik kifoz 12 derece). Vital kapasite %56'dan %83'e çıkmıştır.

9. Kaynaklar

1. AAOS research committee. End results study of the treatment of idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg 23:963, 1941.
2. Aaro S, Dahlborn M. Estimation of vertebral rotation and the spinal and rib cage deformity in scoliosis by computer tomography. Spine 6:460, 1981.
3. Aaro S, Dahlborn M. The effect of Harrington instrumentation on the longitudinal axis rotation of the apical vertebrae and on the spinal and rib-cage deformity in idiopathic scoliosis by CT. Spine 7:456, 1982.
4. Allen BL, Ferguson RL. The Galveston experience with L-rod instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. Clin Orthop 229:59, 1988.
5. Asher MA, Boachie-Adjei O. Isola instrumentation for scoliosis. In: Brown CW : Spinal instrumentation techniques., Rosemont N, SRS, 1994.
6. Asher MA, Burton DC. A theory of idiopathic scoliosis deformity evolution as imperfect torsion: Implication for classification and surgical management utilizing posterior instrumentation. Proc SRS 32nd Annual Meeting, 1997.
7. Asher MA, Strippgen WE. Anthropometric studies of the human sacrum relating to dorsal transsacral implant design. Clin Orthop 203:48, 1986.
8. Ashworth MA, Ersil AV. The measurement of rib hump inclination. Orthop Trans 5:33, 1981.
9. Axelgaard J, Brown JC. Lateral electric stimulation for treatment of progressive idiopathic scoliosis. Spine 8:242, 1983.
10. Axelgaard J, Nordwall A, Brown JC. Correction of spinal curvatures by transcutaneous electrical muscle stimulation. Spine 8:463, 1983.
11. Bamberg LC, Benitez JT et al. Study of vestibular function as a prognostic aid in adolescent idiopathic scoliosis. 19th Annual Meeting SRS, Florida, 1984.
12. Barr SJ, Schuette AM, Emans JB. Lumbar pedicle screw vs hooks. Results in double major curves in adolescent idiopathic scoliosis. Spine 22:1369, 1997.
13. Bartal OC, Gage JR. Idiopathic juvenile osteoporosis and scoliosis. J Pediatr Orthop 2:295, 1982.
14. Bassett GS, Bunnell WP, MacEwen GD. Treatment of idiopathic scoliosis with the Wilmington brace: Result in patients with a twenty to thirty-nine-degree curve. J Bone Joint Surg 68A:602, 1986.
15. Benli İT. Late-onset idiopathic scoliosis cerrahi tedavisinde cotrel-dubousset enstrumantasyon tekniği uygulaması sonuçları. Uzmanlık Tezi, Ankara, 1991.
16. Bernhardt M, Bridwell KH. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the

- normal thoracic and lumbar spine and thoracolumbar junction. *Spine* 14:717-721, 1989.
17. Bernstein RM, Hall JE. Solid rod short segment anterior fusion in thoracolumbar scoliosis. *J Pediatric Orthop, Part B*, 7:124, 1998.
 18. Binstadt DH, Lonstein JE et al. Radiographic evaluation of the scoliotic patient. *Min Med* 61:474, 1978.
 19. Birch JG, Herring JA, Roach JW, Johnston CE. Cotrel-Dubousset instrumentation in idiopathic scoliosis. A preliminary report. *Clin Orthop & Rel Res* 227:24-29, 1988.
 20. Bischoff R, Bennett JT, Stuecker R, Davis JM, Whitecloud TS. The use of Texas Scottish Rite Hospital instrumentation in idiopathic scoliosis. A preliminary report. *Spine* 18:2452-56, 1993.
 21. Blount WP, Schmiel AC. The Milwaukee brace in the treatment of scoliosis. *J Bone Joint Surg* 39A:693, 1957.
 22. Blount WP. Use of the Milwaukee brace. *Orthop Clin North Am* 3:3-16, 1972.
 23. Bradford DS, Oegema TR et al. Studies on skin fibroblasts of patients with idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Rel Res* 126:111-118, 1977.
 24. Bridwell KH, Betz R, Capelli AM, Huss G, Harvey C. Sagittal plane analysis in idiopathic scoliosis patients treated with Cotrel-Dubousset instrumentation. *Spine* 15:644-49, 1990.
 25. Bridwell KH, McAllister JW, Betz RR, Huss G, Clancy M, Schoenecker PL. Coronal decompensation produced by Cotrel-Dubousset derotation maneuver for idiopathic right thoracic scoliosis. *Spine* 16:769-777, 1991.
 26. Buchell GR, Ghush P et al. Collagen defect in idiopathic scoliosis. *Lancet* 2:94, 1978.
 27. Bunnell WP. Treatment of idiopathic scoliosis. *Orthop Clin North Am* 10:813-828, 1979.
 28. Bunnell WP. Vertebral rotation. *Orthop Trans* 9:114, 1985.
 29. Byrd JA. Current theories on the etiology of idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Rel Res* 229:114-119, 1988.
 30. Calliet R. *Scoliosis: Diagnosis and Management*. Philadelphia, Davis, 1979.
 31. Carr WA, Moe JH, Winter RB, Lonstein JE. Treatment of idiopathic scoliosis in Milwaukee brace. *J Bone Joint Surg* 62A:599, 1980.
 32. Chapman T. Harrington rods with sublaminar wire in the treatment of idiopathic scoliosis. *Orthop Trans* 12:270, 1988.
 33. Cobb JR. Outline for the study of scoliosis. *AAOS Instr Course Lect* 5:261, 1948.
 34. Cochran T, Irstam L, Nachemson A. Long-term anatomic and functional changes in patients with adolescent idiopathic scoliosis treated by Harrington rod fusion. *Spine* 8:576, 1983.
 35. Coonrad RW, Murrell GAC et al. A logical coronal pattern classification of 2000

- consecutive idiopathic scoliosis cases based on the SRS defined apical vertebra. Proc SRS 32nd Annual Meeting, 1997.
36. Cotrel Y, Dubousset J, Guillaumat M. New universal instrumentation in spinal surgery. Clin Orthop & Rel Res. 227:10-23, 1987.
 37. Cotrel Y, Dubousset J. C-D Instrumentation in spine surgery. Principles, technicals, mistakes and traps. Sauramps medical Montpellier France, 1992.
 38. Cotrel Y, Dubousset J. New instrumentation for surgery of the spine. Sauramps Medical, Mont pellier, 1985.
 39. Cotrel Y, Dubousset J. New segmental posterior instrumentation of the spine. Orthop Trans 9:118, 1985.
 40. Cotrel Y, Moe G. La technique de l'EDF dans la correction des scoliosis. Rev Clin Orthop 50:59, 1964.
 41. Cotrel Y. Techniques nouvelles dans la traitement de la scoliose idiopathique. Int Orthop 1:247, 1968.
 42. Cowell HR, Hall JN, MacEven GD. Genetic aspects of idiopathic scoliosis. Clin Orthop Rel Res 86:121-131, 1972.
 43. Çakırgil GS. Ortopedi ve Travmatoloji Ders Kitabı. Ankara Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, Yargıçoğlu Matbaası, Ankara, 1982.
 44. DeGeorge FV, Fisher RL. Idiopathic scoliosis : genetic and environmental aspects. J Med Genet 4:251-257, 1967.
 45. Denis F. Cotrel-Dubousset Instrumentation in the treatment of idiopathic scoliosis. Orthop Clin North Am 19:291-311, 1988.
 46. Deviren V. Adolesan idiyatik skolyozun posterior enstrumantasyonunun üç planlı korreksiyon analizi. Uzmanlık Tezi, Ankara, 1999.
 47. Dickson JH, Erwin W, Rossi D. Harrington instrumentation and arthrodesis for idiopathic scoliosis: a twenty-one year follow up. J Bone Joint Surg 72A:678, 1990.
 48. Dickson RA. Conservative treatment for idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg 67B:176, 1985.
 49. Drerup B. Improvements in measuring vertebral rotation from projections of the pedicles. J Biomechanics 18:369, 1985.
 50. Drerup B. Principle of measurement of vertebral rotation from frontal projections of the pedicles. J Biomechanics 17:923, 1984.
 51. Drummond D, Guadagni J, Keene JS, et al. Interspinous process segmental spinal instrumentation. J Pediatr Orthop 4:397, 1984.
 52. Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H. The crankshaft phenomenon. J Pediatric Orthop 9:541, 1989.
 53. Dunn HK. AAOS Instr Course Lect 32:192, 1983.

54. Dwyer AF, Schafer MF. Anterior approach to scoliosis: result of treatment of fifty-one cases. *J Bone Joint Surg* 56B:218, 1974.
55. Edmonson AS, Moris JT. Follow-up study of Milwaukee brace treatment in patients with idiopathic scoliosis. *Clin Orthop* 126:58, 1977.
56. Edmonson AS. Scoliosis. In: *Campbell's Operative Orthopaedics*. Eds: Crenshaw AH. Mosby, St Louis, 7th Ed, 1987, pp:3167-3236.
57. Farren J. Routine radiographic assessment of the scoliotic spine. *Radiography* 47:92, 1981.
58. Ferguson RL, Allen BL, Tencer AF. Biomechanical principles of spinal correction. In Cottler JM, Cottler HB (Eds), *Spinal Fusion, Science and Technique*. Springer Verlag, Massachusetts pp:45-57, 1990.
59. Fillio NA, Thompson MW. Genetic studies in scoliosis. *J Bone Joint Surg* 53A:199, 1971.
60. Frymoyer JW, Frymoyer WW, Wilder DG et al. The mechanical and kinematic analysis of the lumbar spine in normal living human subjects in vivo. *J Biomech* 12:165, 1979.
61. Galen. *De Moto Maercurorum*. Historical aspects of scoliosis. In: *Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*, eds Moe JH, Philadelphia, Saunders, 1:131, 1987.
62. Galante JO. Tensile properties the human annulus fibrosus. *Acta Orthop Scand Suppl*, 100, 1967.
63. Goldstein LA, Waugh TR. Classification and terminology of scoliosis. *Clin Orthop* 93:10, 1973.
64. Goldstein LA. Results in the treatment of scoliosis with turnbuckle plaster cast correction and fusion. *J Bone Joint Surg* 41A:321, 1959.
65. Goldstein LA. The surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Clin Orthop* 93:131, 1973.
66. Gross C, Gross M, Kuschner S. Error analysis of scoliosis curve measurement. *Bull Hosp Joint Dis* 43:171, 1983.
67. Guidera KJ, Hooten J, Weatherly W, Highhouse M, Castellvi A, Ogden JA, Pugh L, Cook S. Cotrel-Dubousset instrumentation. Results in 52 patients. *Spine* 18:427-31, 1993.
68. Hamill CL, Lenke LG, Bridwell KH, Chapman MP, et al. The use of pedicle screw fixation to improve correction in the lumbar spine of the patients with idiopathic scoliosis. Is it warranted? *Spine* 21:1241, 1996.
69. Harrington PR. Surgical instrumentation for management of scoliosis. *J Bone Joint Surg* 42A:1448, 1960.
70. Harrington PR. Technical details in relation to successful use of instrumentation in scoliosis. *Orthop Clin North Am* 3:49, 1972.

71. Harrington PR. The management of scoliosis by spine instrumentation. *South Med J* 50:1367, 1963.
72. Harrington PR. Treatment of scoliosis. *J Bone Joint Surg* 44A:591, 1962.
73. Harrington PR. Treatment of scoliosis: Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg* 44A:591, 1972.
74. Hefti FL, McMaster MJ. The effect of the adolescent growth spurt on early posterior spinal fusion in infantile and juvenile idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 65B:247, 1983.
75. Herman R, Maulucci R et al. Vestibular functioning in idiopathic scoliosis. *Orthop Trans* 3:218, 1979.
76. Herzenberg JE, Coonrad RW, Ross DB, et al. Spinous process segmental instrumentation for scoliosis. *J Spinal Dis* 1:206, 1988.
77. Hibbs RA, Risser JC, Ferguson AB. Scoliosis treated by the fusion operation. *J Bone Joint Surg* 13:91, 1931.
78. Hibbs RA. A report of fifty-nine cases of scoliosis treated by the fusion operation. *J Bone Joint Surg* 6:3, 1924.
79. Hollinshead. Anatomy of the spine. *J Bone Joint Surg* 47A:209, 1965.
80. Hooper G. Congenital dislocation of the hip in infantile idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 62A:447, 1980.
81. Hopf CG, Eysel P, Dubousset J. Operative treatment of scoliosis with CDH instrumentation. New anterior spinal device. *Spine* 22:618, 1997.
82. Hunter RE, Bradford DS, Oegema TR. Biochemistry of the intervertebral disc in scoliosis. *Trans Orthop Res Soc* 4:135, 1978.
83. İbrahim K, Benson L. Cotrel-Dubousset instrumentation for double major rigid thoracic left lumbar scoliosis, the relation between frontal balance, hook configuration and fusion level. *Orthop Trans* 15:114, 1991.
84. Johnston CEN, Ashman RB, Richard BS. Texas Scottish Rite Hospital posterior spinal instrumentation. In Weinstein SL. *The pediatric spine: principle and practice*, New York, Raven, pp:1585, 1994.
85. Kalen V, Conklin M. The behavior of unfused lumbar spine following selective thoracic fusion for idiopathic scoliosis. *Spine* 15:271, 1990.
86. Kaneda K, Shono Y, Satoh S, Abumi K. Anterior correction of thoracic scoliosis with Kaneda two rod system. A preliminary report. *Spine* 22:1358, 1997.
87. Kaneda K, Shono Y, Satoh S, Abumi K. New anterior instrumentation for the management of thoracolumbar and lumbar scoliosis. Application of the Kaneda two rod system. *Spine* 21:1250, 1996.

88. Kehl RK, Morrissy RT. Brace treatment in adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Rel Res* 229:343, 1988.
89. Khosla S, Tredwell SJ et al. An ultrastructural study of multifidus muscle in progressive idiopathic scoliosis: Changes resulting from a sarcolemmal defect at the myotendinous junction. *J Neurol Sci* 46:13-31, 1980.
90. King AB. Functional anatomy of the lumbar spine. *Orthopaedics* 6:1588, 1983.
91. King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. Selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 65A:1302-13, 1983.
92. King HA. Analysis and treatment of type II idiopathic scoliosis. In: Winter RB (ed) *The orthopedic clinics of North America. Spinal Deformities*. WB Saunders. Philadelphia pp 225-238, 1994.
93. King HA. Selection of fusion levels for posterior instrumentation and fusion in idiopathic scoliosis. *Orthop Clin North Am* 19:247-255, 1988.
94. Klausen K. The form and function of the leaded human spine. *Acta Physiol Scand* 65:176, 1965.
95. Kohler R, Galland O, Mechin G, et al. The Dwyer procedure in treatment of idiopathic scoliosis. A ten year follow-up review of 21 patients. *Spine* 15:75, 1990.
96. LaGrone MO, King HA. Idiopathic adolescent scoliosis: Indication and expectations: *The Textbook of Spinal Surgery: Second Edition*, Bridwell KH, DeWald RL: Lippincott-Raven, Philadelphia: 425, 1997.
97. Large DF, Doig WG, Dickens DR, et al. Surgical treatment of double major scoliosis. Improvement of the lumbar curve after fusion of the thoracic curve. *J Bone Joint Surg* 73B :121, 1991.
98. Leatherman KD, Dickson RA. *The Management of Spinal Deformities*. Wright Company, London, 1st Ed, 1988, pp:1-104, 433-460.
99. Lee CS, Nachemson AL. The crankshaft phenomenon after posterior Harrington fusion in skeletally immature patients with thoracic or thoracolumbar idiopathic scoliosis followed to maturity. *Spine* 22:58, 1997.
100. Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, Harms J, Clements DH, Lowe TG, Shufflebarger H. Intraobserver and interobserver reliability of the classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 80A:1097-1106, 1998.
101. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, Blanke K. A new and comprehensive classification system of adolescent idiopathic scoliosis. *AAOS 66th Annual Meeting, Anaheim, CA, February 1999*.
102. Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C, Blanke K, Schoenecker PL, Missouri L. Cotrel-Dubousset instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 74A:1056-67, 1992.

103. Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C, et al. Ability of Cotrel-Doubousset instrumentation to preserve distal lumbar motion segments in adolescent idiopathic scoliosis patients. *J Spinal Disord* 6:339, 1993.
104. Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C, et al. Preventing decompensation in King type II curves treated with Cotrel-Dubousset instrumentation: Strict guidelines for selective thoracic fusion. *Spine* 17 :274, 1992.
105. Lenke LG, Bridwell KH, O'Brien MI, et al. Recognition and treatment of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis treated with Cotrel-Doubousset instrumentation. *Spine* 19:1589, 1994.
106. Lespargot A, Grossiord A. Flexibility of scoliosis. What does it mean? *J Bone Joint Surg* 63A:168, 1981.
107. Lonstein JE, Bjorklund S, Wanninger MH, Nelson RP. Voluntary school screening for scoliosis in Minnesota. *J Bone Joint Surg* 64A:481, 1982.
108. Lonstein JE, Carlson JM. Prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *J Bone Joint Surg* 66A:1061, 1984.
109. Lonstein JE, Winter RB, Denis F, et al. Result of stimulator treatment of 219 cases of adolescent idiopathic scoliosis. *Orthop Trans* 13:575, 1989.
110. Lonstein JE, Winter RB. Adolescent idiopathic scoliosis: non-operative treatment. *Orthop Clin North Am* 19:239-246, 1988.
111. Lonstein JE. Patient evaluation. In: *Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*. Eds; Bradford DS et al. 2nd Ed. WB Saunders Company, Philadelphia, pp:41-46, 1987.
112. Lonstein JE. Screening for spinal deformities in Minnesota schools. *Clin Orthop* 126:33, 1977.
113. Lorenz M, Patwardhan A, Vanderby R. Load bearing characteristics of lumbar facets in normal and surgically altered spinal segments. *Spine* 8:122, 1983.
114. Lovallo JL, Banta JV, Renshaw TS. Adolescent idiopathic scoliosis treated by Harrington rod distraction and fusion. *J Bone Joint Surg* 68A:1326, 1986.
115. Low WD, Chew EC et al. Ultrastructures of nerve fibers and muscle spindles in adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Rel Res* 174:217-221, 1983.
116. Lowe TG, Peters JD. Anterior spinal fusion with Zielke instrumentation for idiopathic scoliosis. A frontal and sagittal curve analysis in 36 patients. *Spine* 18:423, 1993.
117. Luke MJ, McDonnell EJ. Congenital heart disease and scoliosis. *J Pediatr* 73:725, 1968.
118. Luque ER. Anatomy of scoliosis and its correction. *Clin Orthop* 105:198, 1984.
119. Luque ER. Segmental spinal instrumentation for correction of scoliosis. *Clin Orthop* 163:192, 1982.

120. Luque ER. Segmental spinal instrumentation. *Orthop Trans* 4:301, 1980.
121. Luque ER. SSI for correction of scoliosis. *Clin Orthop* 163:192, 1982.
122. Luque ER. The anatomic basis and development of segmental spinal instrumentation. *Spine* 7:256, 1982.
123. Mason DE, Carango P. Spinal decompanation in Cotrel-Dubousset instrumentation. *Spine* 16:394, 1991.
124. Massey TB, Winter RB, Lonstein JE, et al. Selection of fusion levels with special reference to coronal and sagittal balance in righth thoracic adolescent idiopathic scoliosis using Cotrel-Dubousset instrumentation. *Proc SRS 25th Annual Meeting, Honolulu, Hawaii, 1990.*
125. McAlister WH, Shackelford GD. Classification of spinal curvatures. *Radiol Clin North Am* 13:93, 1975.
126. McAlister WH, Shackelford GD. Measurement of spinal curvatures. *Radiol Clin North Am* 13:113, 1975.
127. McMaster MJ. Luque rod instrumentation in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 73B:982, 1991.
128. Mehta MH. The rib -vertebra angle in the early diagnosis between resolving and progressive infantil scoliosis. *J Bone Joint Surg* 54B:230, 1972.
129. Michel CR, Lalain JJ. Late results of Harrington operation. Long-term evaluation of the lumbar spine below the fused segments. *Spine* 10:414, 1985.
130. Miller JAA, Haderspeck KA, Schultz AB. Posterior element loads in lumbar motion segments. *Spine* 8:331, 1983.
131. Moe JH, Byrd JA : Idiopathic scoliosis. In: *Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*. Ed: Bradford DS et al. 2nd Ed, WB Saunders Company, Philadelphia, pp:191-232, 1987.
132. Moe JH, Kettleson DN. Idiopathic scoliosis: analysis of curve patterns and preliminary results of Milwaukee brace treatment of 169 patients. *J Bone Joint Surg* 52A:1509, 1970.
133. Moe JH. A critical analysis of methods of fusion for scoliosis. *J Bone Joint Surg* 40A:529, 1958.
134. Moe JH. Complications of scoliosis treatment. *Clin Orthop* 53:21, 1967.
135. Moe JH. Historical aspects of scoliosis. In: *Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*. Eds: Bradford DS et al, WB Saunders Company, Philadelphia, 2nd Ed, 1987; pp:1-6.
136. Moe JH. Methods of correction and surgical techniques in scoliosis. *Orthop Clin North Am* 3:17, 1972.
137. Moe JH, Purcell GA, Bradford DS. Zielke instrumentation for the correction of spinal

- curvature: analysis of results in sixty six patients. *Clin Orthop* 180:133, 1983.
138. Moll JMH, Wright V. Normal range of spinal mobility. *Ann Rheum Dis* 30:381, 1971.
 139. Morrissy RT, Goldsmith GS, Hall EC, et al. Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis: Evaluation of intrinsic error. *J Bone Joint Surg* 72A:320, 1990.
 140. Mullaji AB, Upadhyay SS, Lul KD, Leon C. Vertebral growth after posterior spinal fusion for idiopathic scoliosis in skeletally immature adolescent. The effect of growth on spinal deformity. *J Bone Joint Surg* 76B:870, 1994.
 141. Nachemson AL, Peterson LE. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 77A:815, 1995.
 142. Nachlas IW, Borden JN. Experimental scoliosis: The role of the epiphysis. *Surg Gynecol Obst* 90:672, 1950.
 143. Nagata H, Onomura et al. Study on derotational effect of CD Instrumentation. 4th Proceeding of the International Congress on Cotrel-Dubousset Instrumentation, Sauramps Med, Montpellier, pp:75-87, 1987.
 144. Nash CL, Moe JH. A study of vertebral rotation. *J Bone Joint Surg* 51A:223-29, 1969.
 145. Panjabi MM, White AA. Basic biomechanics of the spine. *Neurosurgery* 7:76, 1980.
 146. Pedrini VA. Glycosaminoglycans of intervertebral disc in idiopathic scoliosis. *J Lab Clin Med* 82:938-950, 1973.
 147. Peterson LE, Nachemson AL. Prediction of progression of curve in girls who have adolescent idiopathic scoliosis of moderate severity. *J Bone Joint Surg* 77A:823, 1995.
 148. Piazza MR, Bassett GS. Curve progression after treatment with Wilmington brace for idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop* 10:39, 1990.
 149. Pope MH, Wilder DH et al. Experimental measurement of vertebral motion under load. *Orthop Clin North Am* 8:155, 1977.
 150. Posner I, White AA et al. A biomechanical analysis of the clinical stability of the lumbar and the lumbosacral spine. *Spine* 7:374, 1982.
 151. Price CT, Scott DS, Reed FE Jr, et al. Nighttime bracing for adolescent idiopathic scoliosis with the Charleston bending brace: Preliminary report. *Spine* 15:1294, 1990.
 152. Putti V. On new conceptions in the pathogenesis of sciatic pain. *Lancet* 2:53, 1927.
 153. Richards BS, Birch JG, Herring JA, Johnston CE, Roach JW. Frontal plane and sagittal plane balance following Cotrel-Dubousset instrumentation for idiopathic scoliosis. *Spine* 14:733-37, 1989.
 154. Richards BS, Herring JA, Johnston CE, Birch JG, Roach JW. Treatment of adolescent idiopathic scoliosis using Texas Scottish-Rite Hospital instrumentation. *Spine* 19:1598-1605, 1994.
 155. Richards BS, Johnston CE. Cotrel-Dubousset instrumentation for adolescent idiopathic

- scoliosis. *Orthopedics* 10:649-54, 1987.
156. Riseborough EJ, Wynne-Davies R. A genetic survey of idiopathic scoliosis in Boston. *J Bone Joint Surg* 55A:974-982, 1973.
 157. Risser JC, Ferguson AB. Scoliosis: It's prognosis. *J Bone Joint Surg* 18:667, 1936.
 158. Risser JC. Scoliosis: Past and present. *J Bone Joint Surg* 46A:167, 1964.
 159. Risser JC. The application of body cast for the correction of scoliosis. *AAOS Inst Course Lect* 12:255, 1955.
 160. Risser JC. The iliac apophysis: An invaluable sign in the management of scoliosis. *Clin Orthop* 2:111, 1958.
 161. Roaf R. The basic anatomy of scoliosis. *J Bone Joint Surg* 48A:786, 1966.
 162. Roberto RF, Lonstein JE, Winter RB, Denis F. Curve progression in Risser stage 0 or 1 patients after posterior spinal fusion for idiopathic scoliosis. *J Pediatric Orthop* 17:718, 1997.
 163. Rogala EJ, Drummond DS, Gurr J. Scoliosis: Incidence and natural history. Prospective epidemiological study. *J Bone Joint Surg* 60A:173, 1978.
 164. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. Plating of thoracic, thoracolumbar and lumbar injuries with pedicle screws and plates. *Orthop Clin North Am* 17:147, 1986.
 165. Sahlay V, Shah A et al. Morphologic and morphometric studies of muscle in idiopathic scoliosis. *Acta Orthop Scand* 54:242-51, 1983.
 166. Sahlstrand T, Peterson B. A study of labyrinthine function in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Orthop Scand* 50:759, 1979.
 167. Sanders JO, Little DG, Richards BS. Prediction of the crankshaft phenomenon by peak height velocity. *Spine* 22:1352, 1997.
 168. Schwend RM, Hennrikus W, Hall JE, et al. Childhood scoliosis: Clinical indications for magnetic resonance imaging. *J Bone Joint Surg* 77A:46, 1995.
 169. Shands AR Jr, Eisberg HB, eds Tachdjian MO. *Pediatric Orthopedics*, Philadelphia, WB Saunders, 3:2266, 1990.
 170. Shufflebarger HL, Crawford AH. Is Cotrel-Dubousset instrumentation the treatment of choice for idiopathic scoliosis in the adolescent who has an operative thoracic curve? *Orthopedics* 11:1579-88, 1988.
 171. Shufflebarger HL, King WF. Composite measurement of scoliosis: A new method of analysis of the deformity. 3rd Proceeding of the International Congress on Cotrel-Dubousset Instrumentation. Sauramps Medical, Montpellier, 137-139, 1986.
 172. Shufflebarger HL. Moss Miami Instrumentation. In: Bridwell KH, DeWald RL ; *The Textbook of Spinal Surgery*, 2nd edition, Philadelphia, Raven, pp:675, 1997.
 173. Skogland LB, Miller JA et al. Serum somatomedin-A and non-dialyzable urinary hydroxyproline in girls with idiopathic scoliosis. *Acta Orthop Scand* 52:307, 1981.

174. Skogland LB, Miller JA. Growth related hormones in idiopathic scoliosis. *Acta Orthop Scand* 51:779, 1980.
175. Skogland LB, Miller JA. The length and proportions of thorocolumbar spine in children with idiopathic scoliosis. *Acta Orthop Scand* 52:177, 1981.
176. Stangnara P. *Spinal Deformity*. Ed. Butterworth & Co.Ltd. Somerset, 1988, pp:1-86, 185-287, 299-325.
177. Strokes AF. Three-dimensional terminology of spinal deformity. *Spine* 19:236, 1994.
178. Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Chung YJ, Park YB. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 20:1399, 1991.
179. Suk SI, Lee CK, Min HJ, Cho KH, et al. Comparison of CD pedicle screw fixation in the treatment of idiopathic scoliosis. *Spine* 20:1399, 1995.
180. Tachdjian MO. *Pediatric Orthopedics*. WB Saunders Company, Philadelphia, 2nd Ed, 1990, pp:2265-2379.
181. Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity and stages of puberty. *Arc Dis Child* 51:170, 1976.
182. Taylor JR. Scoliosis and growth: Patterns of asymmetry and vertebral bodies. *J Anat* 120:49, 1975.
183. Taylor TKF, Phil D et al. The contribution of the intervertebral disc to the scoliotic deformity. *Clin Orthop Rel Res* 156:79-90, 1981.
184. Terminology Committee, Scoliosis Research Society: A Glossary of Scoliosis Terms. *Spine* 1:57, 1976.
185. Thaczuk H. Tensile properties of human lumbar longitudinal ligaments. *Acta Orthop Scand Suppl*,115, 1968.
186. Thometz JG, Emans JB. A comparison between spinous process, sublaminar wiring combined with Harrington distraction instrumentation in the management of adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatric Orthop* 8:129, 1988.
187. Thompson JP, Transfeldt EE, Bradford DS, Ogilvie JW, Boachie-Adjei O. Decompensation after Cotrel-Dubousset instrumentation of idiopathic scoliosis. *Spine* 15:927-931, 1990.
188. Turi M, Johnston CE, Richards BS. Anterior correction of idiopathic scoliosis using TSRH instrumentation. *Spine* 18:417, 1993.
189. Venn G, Mehta MH et al. Characteristics of collagen from normal and scoliotic human spinal ligament. *Biochem Biophys Acta* 757:259-267, 1983.
190. Watts HG. Bracing in spinal deformities. *Orthop Clin North Am* 10:769-786, 1979.
191. Weinstein SL, Ponseti IV. Curve progression in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 65A:447, 1983.
192. Weinstein SL. Adolescent idiopathic scoliosis prevalence and natural history. *Instr*

Course Lect 38:115, 1989.

193. White AA, III, Panjabi MM, Thomas CL. The clinical biomechanics of kyphotic deformities. *Clin Orthop* 128:8-17, 1977.
194. Wilber RG, Thompson GH, Shafier JW, et al. Postoperative neurological deficits in segmental spinal instrumentation: A study using spinal cord monitoring. *J Bone Joint Surg* 66A:1178, 1984.
195. Willner S, Nillson KO et al. Growth hormone and somatomedin-A in girls with adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Pediatr Scand* 65:547-52, 1976.
196. Winter RB, Anderson WB. Spinal arthrodesis for spinal deformity using posterior instrumentation and sublaminar wiring. A preliminary report of 100 consecutive cases. *Int Orthop* 9:239, 1985.
197. Winter RB, Lonstein JE. Idiopathic scoliosis: In *The Spine*, eds Herkowitz HN, Garfin SR, 3rd ed, Philadelphia, WB Saunders, pp:373, 1992.
198. Winter RB. Classification and Terminology. In: *Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities*. Eds: Bradford DS et al, WB Saunders Company, Philadelphia, 2nd Ed, 1987; pp: 41-47.
199. Wood KB, Transfeldt EE, Ogilvie JW et al. Rotational change of the vertebral-pelvic axis following Cotrel-Dubousset instrumentation. *Spine* 16:404, 1991.
200. Wu H, Ya OR. Mechanical behavior of the human annulus fibrosus. *J Biomech* 9:1, 1976.
201. Wynne-Davies R. Familial scoliosis. *J Bone Joint Surg* 50B:24, 1968.
202. Wynne-Davies R. Infantile idiopathic scoliosis; causative factors, particularly in the first six months of life. *J Bone Joint Surg* 57B:138, 1975.
203. Wynne-Davies R. The aetiology of infantile idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 56B:565, 1974.
204. Yamada H, Transfeldt EE, Ogilvie JW, et al. The crankshaft phenomenon in adolescent idiopathic scoliosis-fact or fiction. *Proc. SRS 28th Annual Meeting*, 1993.
205. Yazar T, Gurkan I, Yilmaz C. A new approach to scoliosis. *Eur Spine J* 8:86-92, 1999.
206. Yettram AL, Jackman MJ. Equilibrium analysis for the forces in the human spinal column and its musculature. *Spine* 5:402, 1980.
207. Zaleske DJ, Erlich MG, Hall JE. Associations of glycosaminoglycan depletion and degradative enzyme activity in scoliosis. *Clin Orthop Rel Res* 148:177-181, 1980.
208. Zettenberg C, Aniansson A et al. Morphology of the paravertebral muscles in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 8:457-462, 1983.