



# Adölesan idiyopatik skolyozun anterior enstrümantasyon ile tedavisi ve erken sonuçlar

## *Early results of anterior instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis*

Abdullah GÖĞÜŞ,<sup>1</sup> Şenol AKMAN,<sup>2</sup> Ufuk TALU,<sup>3</sup> Cüneyt ŞAR,<sup>3</sup> Azmi HAMZAOĞLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kadir Has Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı; <sup>2</sup>Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği; <sup>3</sup>İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

**Amaç:** Üçüncü kuşak anterior vida-tek çubuk sistemleri ve intervertebral titanyum mesh kullanılarak tedavi edilen adölesan idiyopatik skolyozlu olgularda erken dönem tedavi sonuçları değerlendirildi.

**Çalışma planı:** Adölesan idiyopatik skolyozlu 17 hasta (15 kadın, 2 erkek; ort. yaş 14.9; dağılım 11-20) değerlendirildi. Eğrilikler dört olguda King tip I, altı olguda tip II, iki olguda tip III, iki olguda tip IV ve üç olguda lomber olarak sınıflandırıldı. Lomber olgularda tüm seviyelerde, torakal olgularda ise enstrümantasyonun kranial ve kaudal sınırlarında intervertebral titanyum mesh'ler kullanıldı. Tüm olgular ameliyat sonrası 3-6 ay süreyle torakolumbosakral ortez içinde immobilize edildi. Hastaların ameliyat öncesi, ameliyat sonrası ve takiplerinde iki yönlü orthoröntgenografileri değerlendirildi. Ortalama takip süresi 28 ay (dağılım 18-41 ay) idi.

**Sonuçlar:** Koronal eğrilik derecesi ortalamaları ameliyat öncesinde 51°, ameliyat sonrasında 8.6° bulundu. Koreksiyon oranı ortalaması %83.9 idi. Ameliyat sonrası sagittal açı değerleri ortalaması torakal kifoz için 27.5°, lomber lordoz için 37.6° bulundu. Sekonder eğriliklerin hiçbirinde dekompenzasyon gelişmedi. Posterior enstrümantasyon ile karşılaştırıldığında ortalama 0.93 seviye füzyondan tasarruf edildi. Torakolomber geçiş bölgesi kifozu saptanmadı. Bir torasik olguda vida sıyırması nedeniyle, erken dönemde posterior enstrümantasyon ile revizyon uygulandı. Takiplerde psödoartroz, implant yetersizliği ve koreksiyon kaybı gibi problemlerle karşılaşılmadı.

**Çıkarımlar:** Sonuçlarımız üçüncü kuşak anterior tek çubuk enstrümantasyon ve intervertebral titanyum mesh'lerin adölesan idiyopatik skolyozun cerrahi tedavisinde posterior enstrümantasyona iyi bir alternatif olduğunu gösterdi.

**Anahtar sözcükler:** Adölesan; kemik çivileri; kifoz/cerrahi; lordoz/cerrahi; lomber vertebra/cerrahi; skolyoz/cerrahi; spinal füzyon/yöntem/enstrümantasyon; torasik vertebra/cerrahi.

**Objectives:** We evaluated early results of treatment in patients with adolescent idiopathic scoliosis, who underwent anterior fusion with rigid single-rod third generation instrumentation and titanium surgical mesh implants.

**Methods:** Seventeen patients (15 females, 2 males; mean age 14.9 years; range 11 to 20 years) with adolescent idiopathic scoliosis were included. Of the patient group, four had King type I, six had King type II, two had King type III, two had King type IV, and three patients had lumbar curves. Titanium mesh cages were used in all lumbar procedures, and at the cranial and caudal ends of the instrumented area in thoracic cases. All patients were immobilized in a TLSO for three to six months postoperatively. Preoperative, postoperative and follow-up ortho-radiographs were evaluated. The mean follow-up was 28 months (range 18 to 41 months).

**Results:** The mean pre- and postoperative primary coronal Cobb angles were 51° and 8.6°, respectively. The mean correction was 83.9%. Sagittal balance was also restored with mean angles of 27.5° and 37.6° for thoracic kyphosis and lumbar lordosis, respectively. Spontaneous secondary curve decompensation did not occur. Compared with posterior surgery, the mean number of lumbar levels saved was calculated as 0.93. Postoperative thoracolumbar junctional kyphosis did not develop. Loss of correction, nonunion, and implant failure were not encountered; however, one thoracic case required revision with posterior surgery for proximal screw pull-out.

**Conclusion:** Our early results indicate that anterior correction using third generation single solid rod instrumentation and titanium mesh cages offers a good alternative to posterior instrumentation.

**Key words:** Adolescence; bone nails; kyphosis/surgery; lordosis/surgery; lumbar vertebrae/surgery; scoliosis/surgery; spinal fusion/methods/instrumentation; thoracic vertebrae/surgery.

Adölesan idiyopatik skolyozun (AİS) cerrahi tedavisinde amaç, mümkün olan en az seviyede füzyon ile pelvis üzerinde koronal ve sagittal planda dengeli bir vertebra sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için 1960'lı yılların başından itibaren Harrington (1. kuşak) ve 1970'li yıllarda ise Harri-Luque (2. kuşak) posterior enstrümantasyon teknikleri başarı ile kullanılmıştır. Bu teknikler, yaygın olmamakla birlikte, günümüzde de kullanılmaktadır. 1969 yılında Dwyer anterior diskektomi sonrası konveks taraftan kompresyon ve stabilizasyon ile kısa segment füzyon yapılabilen yeni bir anterior koreksiyon yöntemi bildirmiştir.<sup>[1,2]</sup> Zielke ve ark.<sup>[3]</sup> 1976'da Dwyer'in temel prensiplerini değiştirmeden derotasyon ile düzeltme sağlayan "ventral derotasyon spondilodezi" tekniğinin sonuçlarını yayınlamışlardır. Bu sistemde Dwyer'in kablosu yerine 3.2 mm'lik yivli kompresyon çubuğu ve somunlar kullanılmıştır. Birinci kuşak Dwyer ve Zielke ve ikinci kuşak anterior Harms enstrümantasyonlarının en büyük dezavantajı yüksek koreksiyon kaybı, implant yetersizliği ve psödoartroz oranlarıdır.<sup>[4-7]</sup>

1980'li yılların başlarında segmenter koreksiyon ve stabilizasyona olanak sağlayan üçüncü kuşak posterior sistemler (Cotrel-Dubousset, vb.) kullanılmaya başlandı. Bu üçüncü kuşak posterior sistemler, 1990'lı yılların ortalarına kadar, kendi içlerinde gelişim göstererek yaygın olarak kullanıldı ve halen de kullanılmaktadır. Üç boyutlu koreksiyon sağlayan bu enstrümantasyonlar, birinci ve ikinci kuşak anterior enstrümantasyon sistemlerinin olumsuz yanlarını ortadan kaldırmış; böylece anterior enstrümantasyonların kullanımı giderek azalmıştır. Üçüncü kuşak posterior enstrümantasyonların yaygın kullanımı sonucunda, geniş olgu serilerinde birinci ve ikinci kuşak posterior enstrümantasyonlarda görülmeyen yeni komplikasyonlar bildirilmiştir. Bunlar omuz asimetrisi, lomber eğrilikte dekompanseasyon, gövde deviasyonu (trunk-shift), kaburga kamburluğu (rib-hump) deformitesinin geç dönemde nüksü ve özellikle apikal vertebra rotasyonunun yeterince düzeltilmemesi sonucu sagittal dengenin tam sağlanamamasıdır.<sup>[8-10]</sup>

Bildirilen bu komplikasyonların etkisiyle 90'lı yılların başından itibaren tek çubuk ve çift çubuklu üçüncü kuşak anterior enstrümantasyon sistemleri kullanılmaya başlanmıştır.<sup>[11-15]</sup> Aynı dönemde diskektomi sonrası disk yüksekliğini korumak, primer stabilizeyi artırmak ve ameliyat sonrası kifoz geliş-

me riskini azaltmak amacıyla geliştirilen disk mesafe koruyucu implantlar (mesh, cage) ve yapısal allogreftler kullanılmaya başlanmıştır.<sup>[13,14]</sup>

Bu çalışmamızda, üçüncü kuşak vida-çubuk sistemleri ve intervertebral yapısal greft olarak Harms titanyum mesh kullanılarak tedavi edilen AİS'li olgularımızı, koronal ve sagittal koreksiyonlar, sekonder eğrilik spontan koreksiyon oranları, denge, füzyon seviyeleri ve korunan lomber seviye sayısı, komplikasyonlar ve erken dönem takip sonuçları açısından değerlendirdik.

### Hastalar ve yöntem

İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı ve Kadir Has Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda 1997-1999 yılları arasında AİS'li 23 hasta anterior enstrümantasyon ve füzyon tekniği kullanılarak ameliyat edildi. Bunların arasından ameliyat sonrası takibi en az 1.5 yıl olan ve son takibi yapılabilen 17 hasta (15 kadın, 2 erkek) çalışmaya alındı. Hastaların ameliyat tarihindeki yaş ortalaması 14.9 (dağılım 11-20) idi.

Ameliyat öncesi değerlendirmede ve füzyon alanının tayininde standart ayakta A-P, lateral ve traksiyon A-P, orthoröntgenografiler ile yatarak sağ ve sol bending grafiler kullanıldı. Ameliyat sonrası ve son kontrolde ayakta kolon vertebra A-P ve lateral orthoröntgenografiler çekildi. Torakal kifoz açısı T4-T12 arasında, lomber lordoz açısı ise L1-L5 arasında ölçüldü. Torakolomber geçiş bölgesinde lokalize kifozun araştırılması için T12-L2 arasındaki açı ölçüldü. Denge ölçümü için midsakral çizgi ile C7'nin ortası arasındaki mesafe ölçüldü ve 2 cm'nin altındaki sapmalar dengeli olarak kabul edildi. Olguların ameliyat öncesi filmleri, vertebra cerrahisinde en tecrübeli yazar (AH) tarafından retrospektif olarak incelendi ve King-Moe kriterleri kullanılarak<sup>[16]</sup> posterior enstrümantasyonda seçilecek muhtemel seviyeler belirlendi.

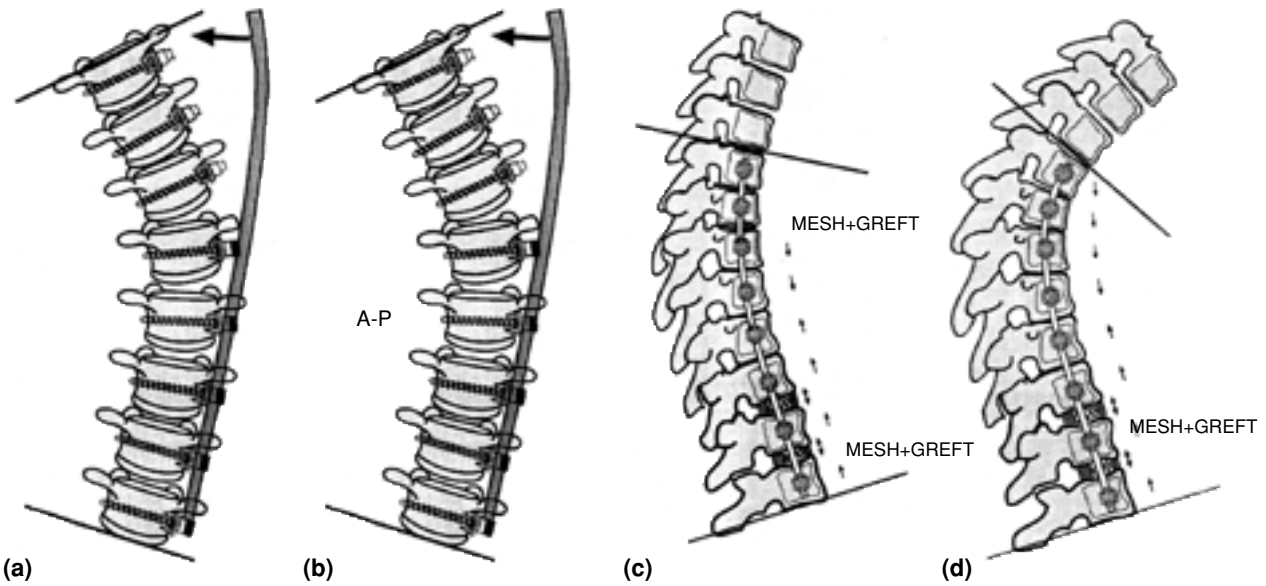
Eğrilik tip dağılımı, dört olguda King tip I, altı olguda tip II, iki olguda tip III, iki olguda tip IV ve üç olguda lomber eğrilik olarak sınıflandırıldı. İki torakal eğrilik dışında, tüm olgularda yapısal greft olarak Harms titanyum mesh kullanıldı. Lomber ve torakolomber eğriliklerde enstrümantasyon kifozunu engellemek için hemen hemen tüm disk aralıklarına mesh yerleştirilirken, torakal eğriliklerde füzyo-

nun distal ve proksimal seviyelerinde geçiş (junctional) kifozunu engellemek için bir veya iki seviyede mesh kullanıldı.

### Ameliyat tekniği

Cobb açısı içinde kalan vertebralar füzyon alanına dahil edildi. Hiçbir olguda posterior gevşetme uygulanmadı. Olguların tümü konveks taraf üstte kalacak şekilde lateral dekubitus pozisyonunda ameliyat edildi. Lateral dekubitus pozisyonu verildikten sonra cerrahi başlamadan A-P orthoröntgenografi çekildi. Eğriliğin yerine göre torakotomi, torakoabdominal veya retroperitoneal abdominal girişim kullanıldı. Torakal eğriliklerde, enstrüman- te edilecek seviye sayısına göre gerektiğinde aynı cilt insizyonu içinden ikinci torakotomi yapıldı. Üst lomber enstrümantasyon gereken durumlarda, diafragma kası periferinde 2 cm bırakılarak kesilip retroperitoneal olarak çalışıldı. Vertebra cisimlerinin anterior ve lateral kısımları ortaya konduktan sonra, segmenter damarlar eksplere edilip koterize edildi. Diskektomiler posterior longitudinal ligaman (PLL) görülecek şekilde, geniş ve tam olarak yapıldı. Kosta-vertebral eklem, T11 ve T12 hariç tüm enstrüman- te torakal seviyelerde en az 1.5 cm ve kaburga kamburluğunun fazla olduğu olgularda en az 2.5-3 cm olacak şekilde (internal torakoplas-

ti) rezeke edildi. Füzyonun sağlanması için end plate üzerindeki kırık tabakanın iyice temizlenmesine özen gösterildi. Üçüncü kuşak vidalar, eğriliğin tepe noktasına uyan vertebra cisminde torakal bölgede en posteriorda, lomberde ise en anterior- da olacak şekilde, staple kullanılarak bikortikal olarak yerleştirildi. En kranial vida vertebra korpusunun 1/3 superioruna, en kaudaldaki vida ise 1/3 inferioruna yerleştirilmeye çalışıldı. Bu şekilde vida yerleşiminin en stabil vida konfigürasyonu olduğu ileri sürülmüştür.<sup>[17]</sup> Yapısal greft özelliğinde titanyum mesh'ler, T10 ve altında içleri otojen kemik grefti ile doldurularak yerleştirildi. Torakal eğriliklerde ise, en proksimalde T4-T5, T5-T6 ve T6-T7 seviyelerinde aynı mesh'ler kullanıldı. Sagittal kontur verilmiş olan çubuk, en distaldeki vidadan başlamak üzere fikse edildi ve translasyon manevrası kullanılarak kaldıraç tekniği ile koreksiyon yapıldı. Çubuğun en distalden başlayarak fikse edilmesi, en proksimaldeki vidanın pull-out olmasını önleyici bir teknik olarak uygulanmaktadır. Apikal vertebranın 1-2 proksimal ve distalindeki vidalar apikal vertebraya doğru komprese edildi. En proksimal 2-3 vertebraya kompresyon yapılmadı ve/veya disk aralıklarına mesh yerleştirildi (Şekil 1). Koreksiyon işlemi tamamlandığı zaman, pelvisi de içine alacak şekilde çekilen ortho-



**Şekil 1.** (a) Sagittal kontur verilmiş olan çubuğun distalden sabitlenerek kaldıraç tekniği ile koreksiyon yapılması. (b) Enstrümantasyonun kranial ve kaudal sınırlarına içleri otojen kemik ile dolu mesh'ler yerleştirildikten sonra en proksimaldeki iki vertebra hariç tepe vertebrasına doğru kompresyon uygulanması. (c) 1b'nin lateral görüntüsünde fizyolojik sagittal kifozun rekonstrüksiyonu. (d) Proksimalde mesh kullanılmadığı ve kompresyon yapıldığı durumda oluşabilecek hiperkifoz görünümü.

röntgenografiler sonrası hangi seviyelere kompresyon yapıp yapılmayacağına karar verildi. Distal enstrümente vertebra alt end-plağı ve komşu diskinin bir alt komşu vertebra üst end plağı ve ilia-kanatlardan çekilen çizgiye paralel olmasına çalışıldı. Proksimalde ise omuzların aynı seviyede olup olmadıkları kontrol edildi. Koreksiyon sonrası mesh'lerin anterioruna da kemik grefti kondu. Medulla spinalis monitörizasyonu kullanılmadı; düzeltme sonrası nörolojik kontrol için tüm hastalara uyandırma testi (wake-up test) uygulandı. Torasik bölgede parietal plevra uç uca dikilerek, lomber bölgede ise psoas kası dikilerek metalik implantların yapabileceği muhtemel irritasyon önlenmeye çalışıldı. Toraks tüpü ve/veya retroperitoneal dren yerleştirildi.

Bütün olgular ameliyat sonrası ikinci günde mobilize, yedinci, en geç 10'uncu günde taburcu edildiler. Üç-altı ay süre ile torakolumbosakral ortez (TLSO) kullanıldı. Ortalama takip süresi 28 ay (dağılım 18-41 ay) idi.

## Sonuçlar

Enstrümente edilen en üst seviye T4, en alt seviye L4 idi. Füze edilen seviye sayısı ortalaması 5.6 (dağılım 3-8) bulundu. Aynı cerrah tarafından posterior enstrümantasyon kullanıldığı varsayılarak yapılan karşılaştırmaya göre, ortalama 0.93 seviyenin (dağılım 0-2) füzyondan kurtarıldığı saptandı. Cobb yöntemine göre, olguların koronal eğrilik ortalamaları ameliyat öncesinde 51° (dağılım 40°-79°), ameliyat sonrasında 8.6° (dağılım 0°-20°) bulundu. Enstrümente edilen alanda koreksiyon oranı ortalaması %83.9 (dağılım %70-%100) idi. King tip II ve III sekiz olguda ameliyat öncesinde 12.8° (dağılım 10°-27°) olan ortalama torakal kifoz açısı, ameliyat sonrasında 27.5° (dağılım 14°-44°) ölçüldü; bu, ortalama %115'lik (%0-%250) bir koreksiyona tekabül etmekteydi. King tip I, IV ve lomber skolyozlu toplam dokuz olguda ortalama lomber lordoz açısı ameliyat öncesinde 43.7° (dağılım 26°-64°) iken, ameliyat sonrasında 37.6° (20°-58°) bulundu.

Sekonder eğriliklerin hiçbirinde dekompresyon gelişmedi. King tip I eğrilikli dört olguda torakal sekonder eğrilikteki spontan koreksiyon ortalaması 10.3° (%43) (dağılım 7°-15°, %28-%55) bulundu. King tip II eğrilikli altı olguda, lomber sekonder eğrilikte ortalama 22° (%57) (dağılım 15° -

26°; %31-%77) spontan koreksiyon saptandı. Sekiz enstrümente torakal eğrilik hiçbirinde torakolomber geçiş bölge kifozuna rastlanmadı. Ameliyat öncesinde toplam altı olguda saptanan 2 cm'nin üzerinde denge bozukluğu, ameliyat sonrasında üç olguda görüldü. Nörolojik hasar ve derin enfeksiyon gözlenmedi. Tekniğe bağlı komplikasyon olarak, ameliyat öncesinde 79 derece King tip II eğrilik olan bir hastada ameliyat sonrası erken dönemde çekilen grafide en üst vertebraya konan vidanın sıyrıldığı saptandı. Bu nedenle, ikinci bir seansta posterior T2-T12 enstrümantasyon ve füzyon uygulandı (Şekil 2).

Bütün olgularda tüm seviyelerde füzyon saptandı; hiçbir olguda implant yetersizliği görülmedi. Titanyum mesh'lerin yer değiştirmesi, vb. problemlerle karşılaşılmadı. Hiçbir olguda koronal ve sagittal planda 10 derecenin üzerinde koreksiyon kaybına rastlanmadı. Füzyon alanının kaudalinde retrolistezis saptanmadı.

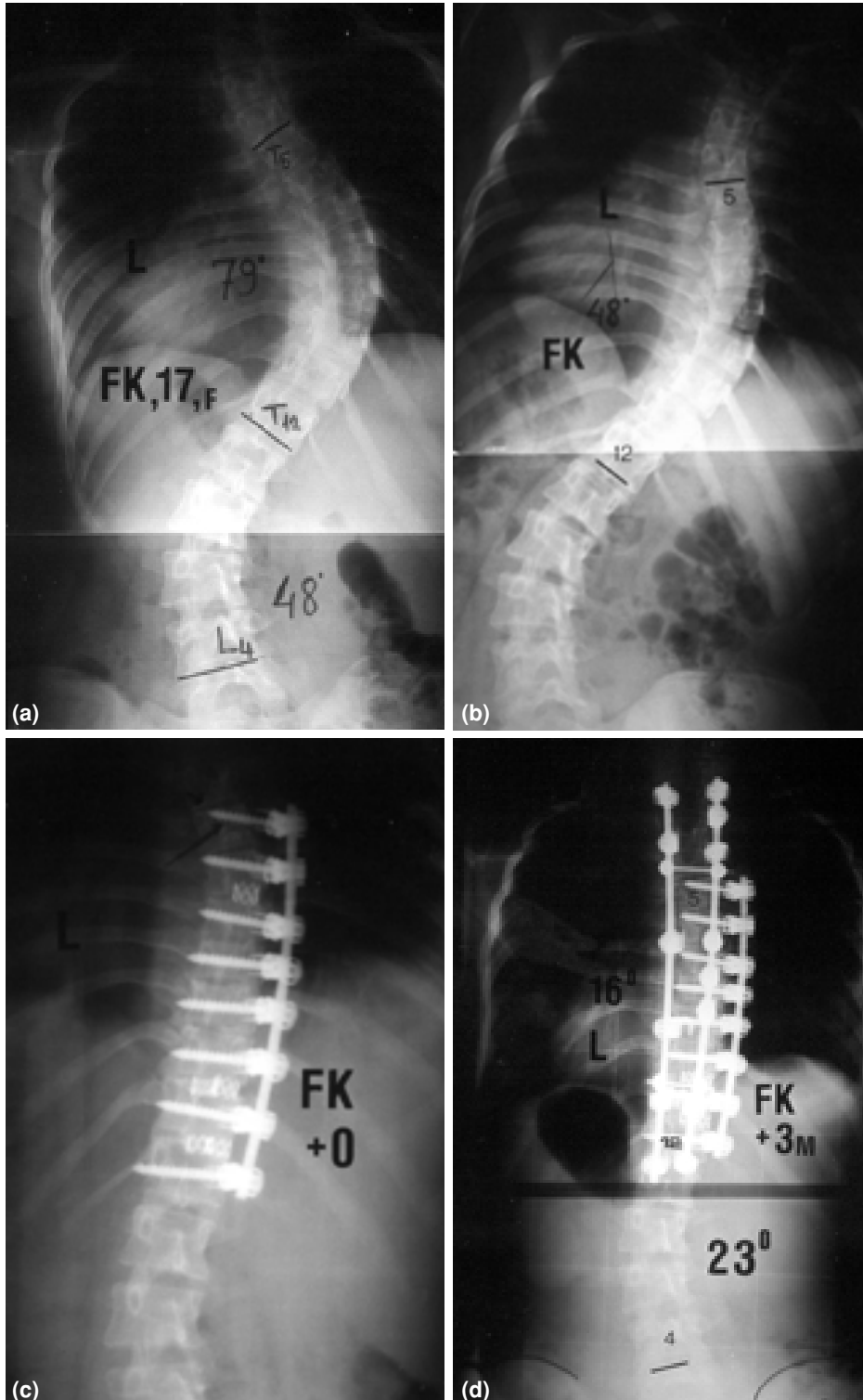
## Tartışma

Adölesan idiyopatik skolyozun cerrahi tedavisinde posterior enstrümantasyon ve füzyon, Harrington tekniğinin kullanıma girdiği 1970'li yıllardan bu yana tercih edilen yöntem olmuştur. Harrington yöntemi yerini 1980'li yılların başlarında Harri-Luque yöntemine bırakmıştır. Harrington ve Harri-Luque yöntemlerinin torasik hipokifozun giderilememesi, torakolomber bileşkede kifoz gelişimi, fazla sayıda füze lomber vertebranın altında uzun takiplerde bel ağrısının ortaya çıkması, iskelet olgunluğunu tamamlamamış hastalarda "cranks-haft fenomeni" gelişme riski ve ameliyat sonrası alçı veya breys kullanma zorunluluğu gibi dezavantajları vardır.<sup>[6,13,18-20]</sup>

Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için ilk olarak 1969'da Dwyer tarafından,<sup>[1,2]</sup> daha sonra da 1976'da Dwyer yönteminin modifikasyonu olarak Zielke ve ark.<sup>[3]</sup> tarafından anteriordan düzeltme ve stabilizasyon yöntemleri bildirilmiştir. Bu şekilde, disklerin çıkarılması ve segmenter stabilizasyon ile daha iyi bir düzeltme kazanıldığı; Harrington'un distraksiyon ile vertebrayı uzatan sisteminin yerine konveks kompresyon ile vertebranın kısaltılması sonucu nörolojik hasar riskinin azaldığı ve kısa segment füzyonun yeterli olabileceği belirtilmiştir.<sup>[1-3]</sup> Birinci kuşak Dwyer ve Zielke sistemlerinin sonuçlarını bildiren yayınlarda %75-82 oranında koreksiyon oranları verilirken, ikinci kuşak

Harms anterior sistemi ile %58 koreksiyon oranı verilmiştir. Gerek birinci kuşak gerekse ikinci kuşak anterior enstrümantasyon kullanılan serilerde implant yetersizliği, psödoartroz ve koreksiyon kaybı oranları kabul edilemeyecek kadar yüksek bildirilmiştir.<sup>[4-7]</sup>

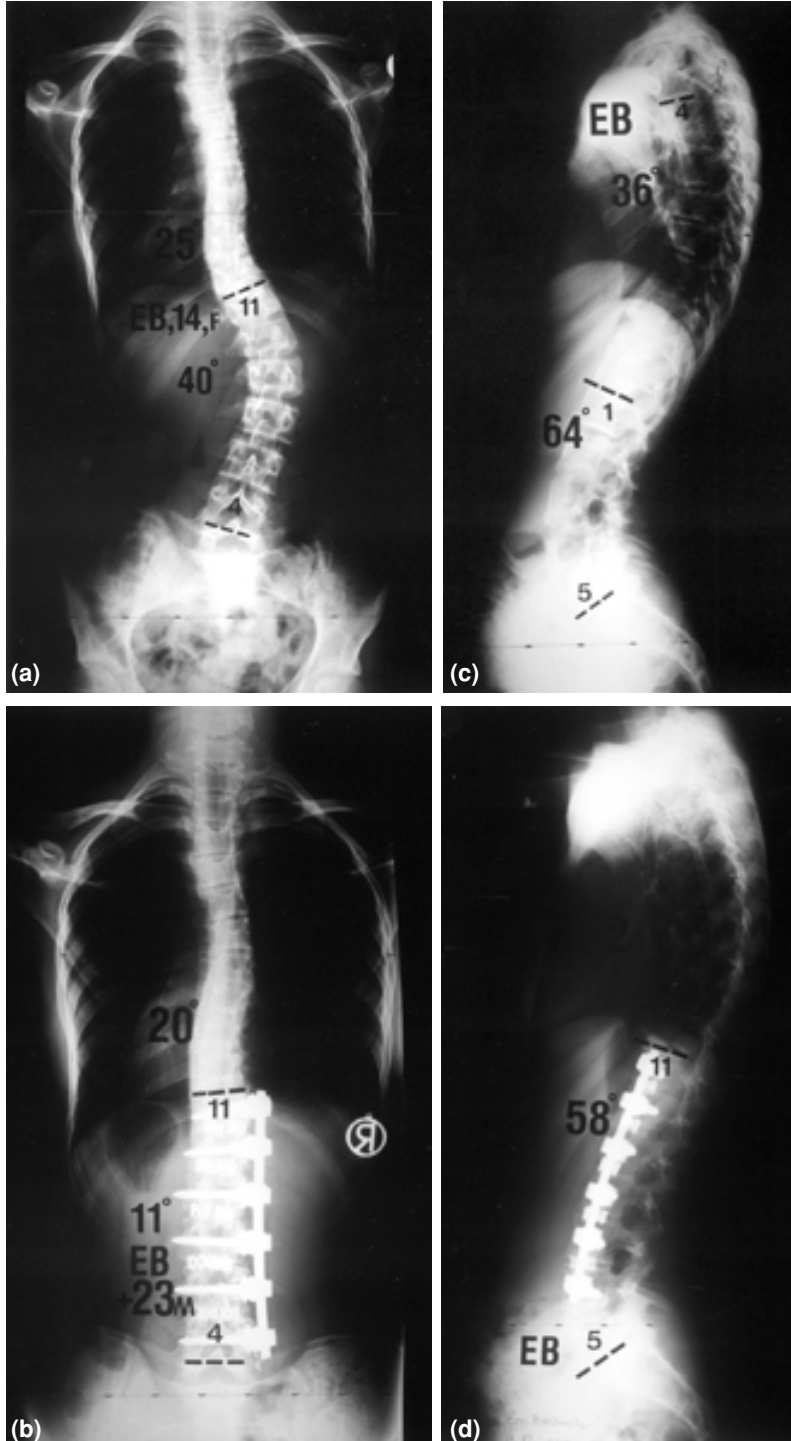
1980'li yılların ortalarında tüm dünyada üç düzlemde koreksiyon yapan üçüncü kuşak posterior sistemlerin (CD, TSRH, Isola, vb.) yaygın kullanımı sonucu, 1990'lı yılların başına kadar anterior enstrümantasyonların kullanımı azalmıştır. Üçüncü kuşak



**Şekil 2.** King tip II eğriliği olan 17 yaşındaki kız hastanın (a) A-P orthoröntgenografisinde sağ torakal eğriliğin  $79^\circ$  olduğu görülmekte. (b) Sağ bending grafide torakal eğriliğin fleksibilitesinin %39 olduğu hesaplandı. (c) Selektif anterior enstrümantasyon sonrası erken dönemde çekilen akciğer grafisinde oklar en proximaldeki sıyrın vidayı göstermekte. (d) Posterior enstrümantasyon ile revizyon sonrası torakal eğrilikte  $63^\circ$  (%79) ve sekonder lomber eğrilikte  $25^\circ$  (%52) koreksiyon.

posterior enstrümantasyonların yüksek koreksiyon ve füzyon oranları, ameliyat sonrası eksternal immobilizasyon gerektirmemesi gibi avantajlarına rağmen; fazla düzeltmeden kaynaklanan omuz asimetrisi, distal lomber eğrilikte artış, gövde deviasyonu ve derotasyon etkisinin tüm vertebraya yansması gibi yeni

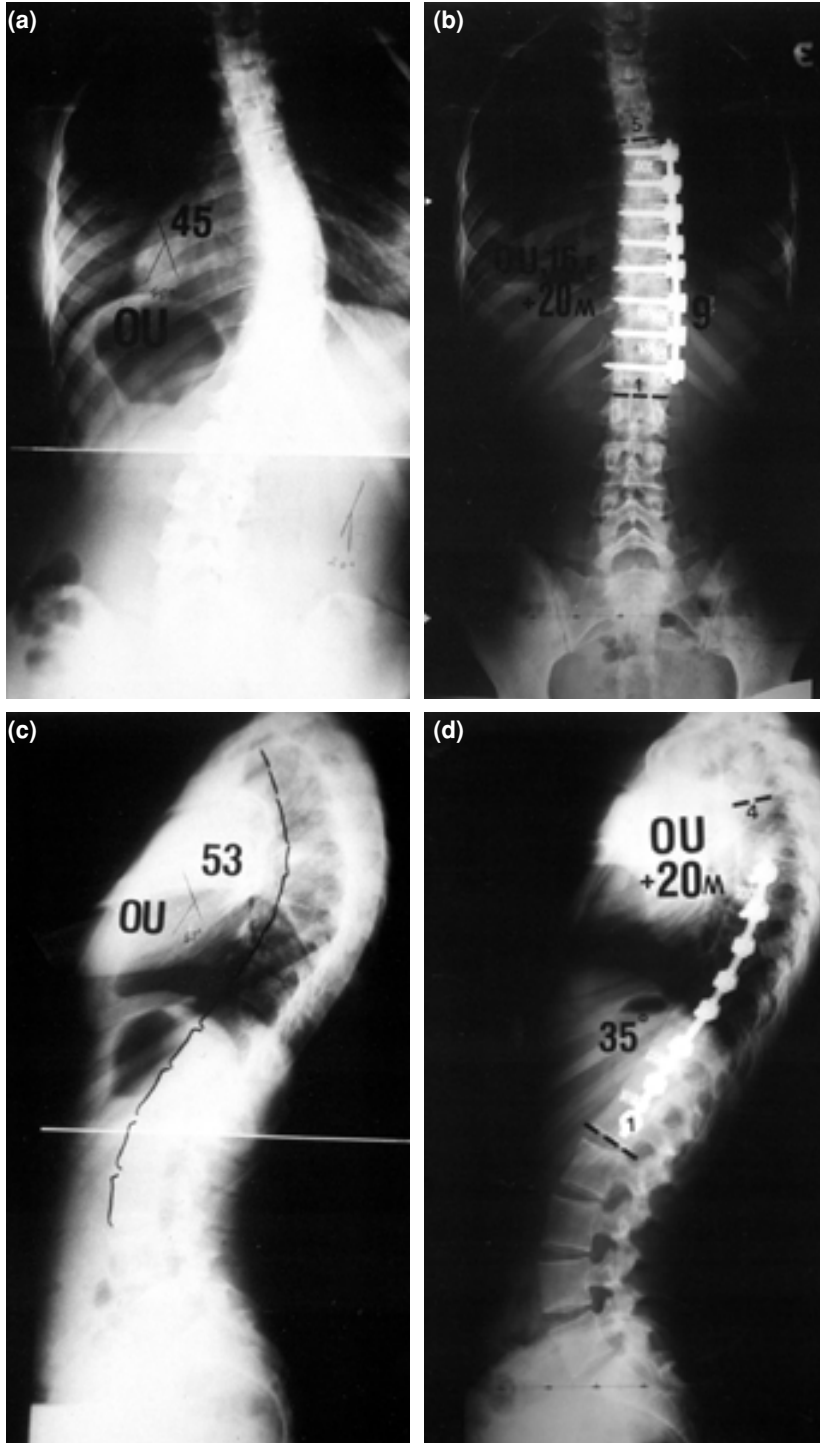
sorunları görülmüştür. Ayrıca, füzyon alanının uzun tutulması, yetersiz apikal vertebra derotasyonu sonucu sagittal düzeltmenin tam sağlanamaması, kaburga kamburluğunun uzun dönemde nüksü ve implantların cilt altında belirginleşmesi gibi dezavantajları da görülmüştür.<sup>[8-10]</sup>



**Şekil 3.** Lomber 40 derecelik, torakal 25 derecelik eğriliği olan 14 yaşında kız hastanın (a) A-P orthoröntgenografisi. (b) Tüm lomber seviyelerde çift ufak mesh kullanılan hastanın ameliyat sonrası ikinci yıl A-P orthoröntgenografisinde lomber eğrilik 11° ölçüldü. (c,d) Disk yüksekliğinin mesh'ler ile korunması sonucu lomber ve torakal dengenin korunduğu görülmekte.

Üçüncü kuşak posterior enstrümantasyonların yukarıda belirtilen sorunları, spinal cerrahları yeni anterior implantların geliştirilmesi ve kullanılması arayışlarına yöneltmiştir. Dwyer, Zielke ve Harms-Moss'a göre üçüncü kuşak anterior implantlar daha rijit ve biyomekanik olarak daha güçlü implantlardır ve önceki anteri-

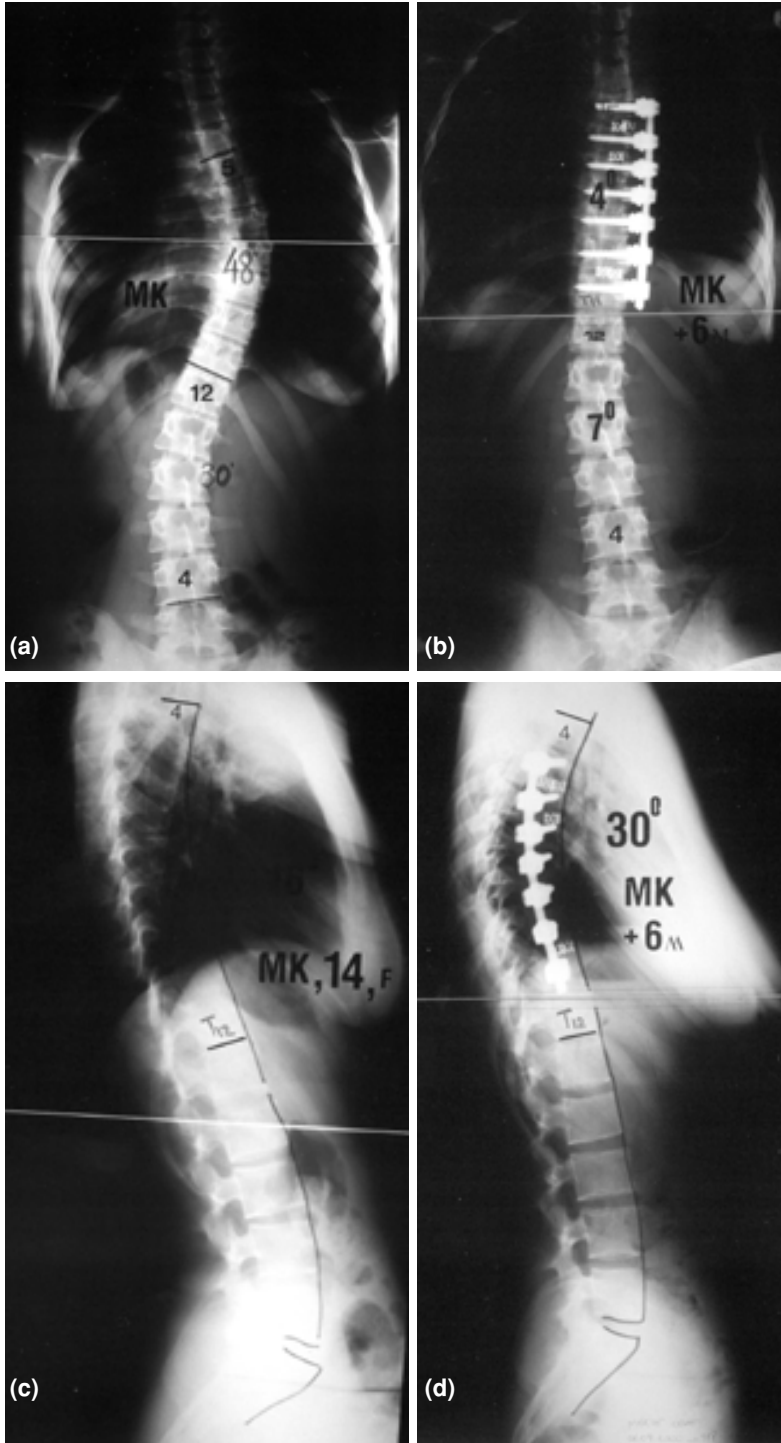
or implantların dezavantajlarını ortadan kaldırmıştır. Bu yeni kuşak anterior implantlar, özellikle üçüncü kuşak posterior enstrümantasyonların yetersiz koreksiyon sağladığı aksiyel ve sagittal planda daha iyi koreksiyon sağlamak, daha kısa segmentli füzyon yapmak, dekom-pensasyonları önlemek ve daha iyi kozmetik sonuçlar



**Şekil 4.** (a,b) King tip IV eğrilikte ameliyat sonrası 20. ayda çekilen grafide implant yetersizliği, koreksiyon kaybı ve psödoartroz saptanmadı. (c,d) Proksimal ve distal geçiş seviyelerinde mesh kullanılan hastanın ameliyat öncesi patolojik torakal kifoz açısı fizyolojik sınırlar içinde restore edildi.

elde etmek için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Aynı dönemde, diskektomi sonrası disk yüksekliğini korumak, primer stabiliteyi artırmak ve ameliyat sonrası kifoz gelişme riskini azaltmak amacıyla yapısal allogreft ve titanyum mesh'ler geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır.<sup>[11-15]</sup>

Literatürde üçüncü kuşak anterior vida-çubuk sistemleri ile (TSRH, Kaneda, Moss-Miami, CD-Horizon, vb.) yapılmış anterior skolyoz çalışmaları fazla değildir.<sup>[11-15]</sup> Majd ve ark.<sup>[13]</sup> eğrilik tip ayrımı yapılmayan 22 olguda koronal plandaki koreksiyon oranını ortalama %82 bildirmişlerdir. Turi ve ark.<sup>[15]</sup> ise, anterior



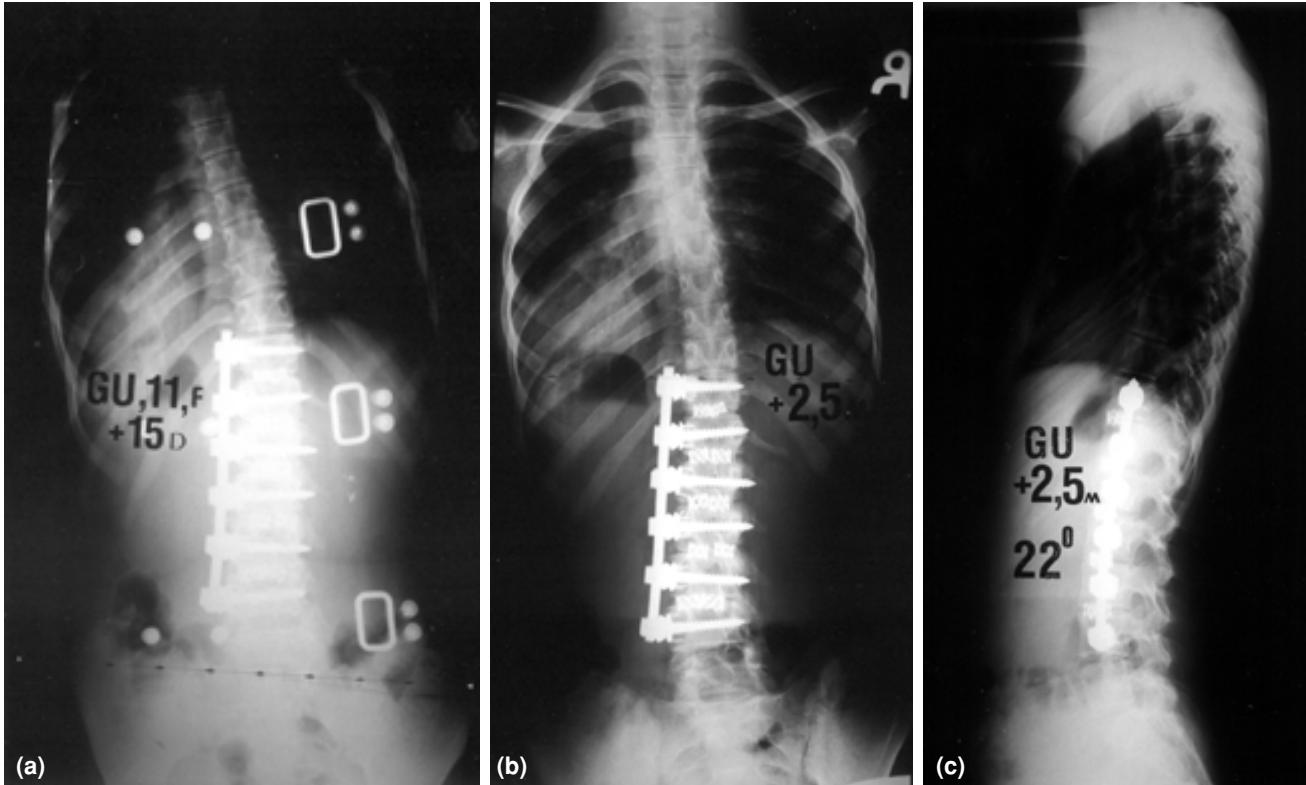
**Şekil 5.** (a,b) King tip II eğrilikte selektif torakal enstrümantasyon sonrası %91 torakal, %76 spontan lomber koreksiyon ve tam füzyon (6. ayda) sağlandı. (c,d) Ameliyat öncesi 16° olan patolojik torakal hipokifozun proksimal çift, distal tek seviyede intervertebral mesh kullanılarak fizyolojik kifoz (30°) rekonstrüksiyonu.



tek çubuk TSRH enstrümantasyonu uygulanan torakolomber ve lomber AIS'li 14 hastada bir yıl sonunda %76 koreksiyon oranı bildirmişlerdir. Kaneda ve ark. çift çubuk sistemini kullanarak, koreksiyon oranını lomber ve torakolomber olgularda %83,<sup>[11]</sup> torakal olgularda %71<sup>[12]</sup> bulmuşlardır. Olgularımızın koronal planda %83.9'luk koreksiyon ortalaması literatür bilgileriyle uyumlu bulunmuştur. Kaneda ve ark.<sup>[11,12]</sup> çift çubuk sistemi kullandıkları serilerinde diskektomiye posterior anulusa kadar uygulamışlardır. Betz ve ark.<sup>[4]</sup> ise, hem lomber hem de torakal bölgede iyi bir düzeltme için PLL'ye kadar uzanan geniş ve tam bir diskektominin önemini vurgulamışlardır. Özellikle rijit torakal eğriliklerde, diskektominin tam yapılması, yüksek oranda koreksiyon elde edilebilmesi ve kaburga kamburluğunun düzeltilebilmesi için kostavertebral eklem (kaburga başı eklemi ve kostatransvers eklem) rezeksiyonu ve anterior torakoplasti yapılması önerilmektedir.<sup>[4,12]</sup> Tüm olgularımızda posterior longitudinal ligamana kadar uzanan tam diskektomi, kostavertebral eklem rezeksiyonu ve gerektiğinde anterior torakoplasti uy-

guladık. Bu teknikle, mobilitenin önemli ölçüde artırılarak koreksiyonun kolaylaştığı; bu sayede çubuk-vida bağlantısına gelen anormal kuvvetlerin azaltılması sonucu proksimalde vida sıyrmasına, distalde retrolisthesise<sup>[13]</sup> engel olduğu inancındayız.

Enstrümantasyon kifoza, anterior skolyoz cerrahisinde Dwyer, Zielke ve Harms-Moss enstrümantasyonları ile süregelen bir problemdir. Oluşumunda, düzeltici kompresif kuvvetler ile çalışılırken, rijit olmayan birinci ve ikinci kuşak enstrümantasyonların kullanılması ve disk mesafe koruyucularının (yapısal allogreft, mesh ve cage) kullanılmaması gösterilmiştir.<sup>[1,2,4-7]</sup> Ancak üçüncü kuşak rijit bir sistem olan TSRH kullanan Turi ve ark.,<sup>[15]</sup> kompresyon kuvvetleri uygulamadan önce intervertebral aralığa spongioz greft uygulamalarına rağmen, torakolomber veya lomber 14 hastanın altısında kifoz açısında artış saptamışlardır. Betz ve ark.<sup>[4]</sup> yapısal ve yapısal olmayan kemik grefti kullanmadıkları ve ameliyat öncesi kifoz açısı 20 derecenin üzerinde olan torakal eğriliklerin %40'ında ameliyat sonrasında hiperkifoz geliştiğini bildirmişler-



**Şekil 6.** (a) Elli altı derecelik lomber skolyozun torakolomber anterior enstrümantasyonla sıfırlanması sonrası 15. günde çekilen grafide enstrümantasyonun hemen proksimalinden torakotomi ağrısına bağlı gövde deviasyonu TLSO'ya rağmen devam etmekte. (b) Ameliyat sonrası 2.5 ayda gövde deviasyonunun tama yakın düzeldiği görülüyor. (c) Lateral planda tüm seviyelerde mesh kullanılarak fizyolojik sagittal denge sağlandı.

dir. Yazarlar, ameliyat öncesinde torasik kifoz açısının 20 derecenin üzerinde olduğu olgularda, bütün disk aralıklarının konkav taraflarının ve anterior kenarlarının bol şekilde spongioz veya kortikal kaburga chipsleri ile greftlenmesini; alt torakal ve torakolomber geçiş bölgesinde ise disk aralıklarına titanyum mesh veya femoral allogreftlerin kullanılmasını önermişlerdir. Kaneda ve ark.<sup>[11,12]</sup> ise, hem torakal hem de lomber ve torakolomber eğriliklerde disk mesafelerine sadece kot grefti kullanmışlar; ameliyat sonrası erken enstrümantasyon kifozu ve geç takiplerde sagittal konturda kifoz artışı saptamamışlardır. Bu farklılık yarı-rijit çift çubuk Kaneda sisteminin stabilitesi ile açıklanabilir.

Çalışmamızda, lomber seviyede tüm intervertebral aralıklarda titanyum mesh kullanarak disk yüksekliğini ve böylece lordozu korumaya veya restore etmeye dikkat ettik (Şekil 3). Torakal bölgede ise, torakolomber geçiş bölgesinde (T10 ve altında) kifozu önlemek için literatürde de önerildiği şekilde<sup>[4,13,14]</sup> bir veya iki seviyede tek veya çift titanyum mesh kullandık (Şekil 4). Normal torasik kifozu oluşturmak için diğer seviyelerde sadece kaburga greftleri kullanıldı. Ayrıca, literatürde bahsedilmeyen ancak intraoperatif lateral grafilerde gözümüze çarpan önemli bir nokta, torasik olgularda tepe vertebraşının proksimalindeki segmentlere kompresyon yapıldığında enstrümantasyonun kranial sınırında oluşan akut kifotik angülyasyondur. Bu nedenle, en proksimaldeki iki, bazen üç vertebraya kompresyon yapmamayı ve disk aralıklarına mesh kullanmayı öneriyoruz (Şekil 5). Betz ve ark.nın<sup>[4]</sup> ameliyat öncesi 20 derecenin üzerinde kifoz açısı olan olguların %40'ında ameliyat sonrasında hiperkifoz görülmesi, kranialdeki bu akut kifotik angülyasyonla ilgili olabilir. Postravmatik ve dejeneratif servikal hastalıklarda, normal servikal lordoz kaybının boyun ağrısına yol açtığı bilinmektedir.<sup>[21,22]</sup> Hilibrand ve ark.,<sup>[23]</sup> torasik hipokifozun düzeltilmediği AIS olgularında ortalama 13° servikal kifoz açısı bildirmişlerdir. Bu servikal kifoz, Moskowitz ve ark.nın<sup>[24]</sup> ameliyat edilen skolyozlu hastaların uzun dönem takiplerinde önemli bir şikayet olarak bildirdikleri boyun ağrısının nedeni olabilir. Hiçbir torasik olguda enstrümantasyon segmentte ve kaudalinde hiperkifoz ve kifozu rastlamadık. Serimizde, torakal eğriliklerde ameliyat öncesinde ortalama 12.8° bulunan torasik kifoz açısı, ameliyat sonrasında 27.5°; lomber ve torakolomber eğriliklerde ameliyat öncesinde 43.7° olan lomber lordoz açısı, ameliyat sonrasında 37.6° bulundu.

Modern rijit üçüncü kuşak anterior enstrümantasyon sistemleri sayesinde, implant yetersizliğine bağlı

koreksiyon kaybı ve psödoartroz oranı literatürde %0<sup>[19,25]</sup> ile %5<sup>[12,13]</sup> arasında bildirilmiştir. Kaneda ve ark.<sup>[11,12]</sup> anterior yarı-rijit çift rod sisteminin tek rod sistemlerine göre biyomekanik olarak daha üstün olduğunu ileri sürmüşlerdir. Anatomik nedenlerle, T4 ve üzerinde anterior enstrümantasyon kullanmak teknik olarak mümkün değilken; T5, T6 ve T7 vertebra cisimleri ancak tek vida kullanmaya izin verecek büyüklüktedir. Bu durumda, Kaneda ve ark.<sup>[11,12]</sup> proksimalde tek çubuk, distalde çift çubuk olarak kombine sistemi tavsiye etmektedirler. Literatürde tek ve çift çubuk sistemlerini karşılaştıran klinik bir çalışma yoktur. Çalışmamızda olgularımızın tümünde tek rijit rod kullandık. Literatürde önerildiği şekilde,<sup>[13]</sup> lomber ve torakolomber eğriliklerde 6-6.4 mm'lik; torakal bölgede ise 5.0-5.5 mm'lik rijit çubuklar kullanıldı. İmplant yetersizliğine sadece bir olguda (%6) rastlandı; rijit torasik AIS'li olgunun hastanede yattığı süre içerisinde çekilen akciğer grafisinde T5'teki vidanın sıyırdığı görüldü ve posterior enstrümantasyon ile revizyon uygulandı. Bu hastanın grafileri incelendiğinde, King tip II eğrilikte torasik eğriliğinin 79° ve rijit olduğu, bu nedenle anterior diskektomi ve posterior enstrümantasyonun daha uygun olacağı kanısına varıldı. Hiçbir olguda psödoartroz görülmedi. En az 1.5 yıllık takip sonunda 10 derecenin üzerinde koronal ve sagittal plan koreksiyon kaybına rastlamadık. Füzyonun tüm olgularda elde edilmesinin ve buna bağlı olarak geç dönem düzeltme kaybı ve implant yetersizliği oranlarının düşük çıkmasının; tam ve titiz diskektomi, end-plate'lerin tüm kırıldıktan temizlenmesi, gerekli seviyelerde yapısal greft olarak titanyum mesh'lerin kullanılması ve tüm disk aralıklarına mesh'lerin önüne ilave otojen kemik grefti konulması gibi cerrahi teknik detaylara bağlı olduğunu düşünüyoruz.

Ortez kullanımı konusunda literatürde görüş birliği yoktur.<sup>[11-15]</sup> Olgularımızda ameliyat sonrası TLSO'yu rutin olarak 3-6 ay süreyle kullandık ve halen de kullanıyoruz. Ortez, füzyon sağlanıncaya kadar immobilizasyon amaçlı kullanımı yanı sıra esas sekonder eğriliğin düzeltilmesi ve torakotomi veya lumbotomi ağrısına bağlı ameliyat sonrası ortaya çıkan postural gövde deviasyonunu düzeltmede de oldukça etkilidir (Şekil 6).

King tip II eğriliklerde selektif anterior füzyon yapılması ve lomber eğriliğinin kendiliğinden koronal düzelmesi bir diğer tartışma konusudur. Anterior selektif füzyon için, lomber eğriliğinin %70 ve üzerinde fleksible olması gerektiği bildirilmiştir.<sup>[13,26]</sup> Biz, King tip

II eğriliklerin selektif posterior enstrümantasyonu için daha önce belirlediğimiz kriterleri selektif anterior enstrümantasyon için de kullanıyoruz.<sup>[27]</sup> Buna göre, lomber sekonder eğriliğin %60 ve üzerinde fleksible olduğu olgularda, Cobb açısı ölçümü içindeki vertebra- ları, lomber eğriliğin bending grafiplerdeki düzelme oranını aşmamak kaydıyla anteriordan düzeltmekte ve stabilize etmekteyiz. King tip II eğriliklerde selektif anterior veya posterior enstrümantasyonun seçimi, torasik eğriliğin derecesi (70 derecenin üzerinde tercihimiz posterior enstrümantasyon), kaburga kamburluğu deformitesinin ciddiyeti (fazla ise tercihimiz anterior enstrümantasyon), posteriorda cilt ve cilt altı dokusunun kalınlığı (ince ise tercihimiz anterior enstrümantasyon) ve distal seviye kazanımı (1 seviye ve üzerinde tercihimiz anterior enstrümantasyon) gibi faktörlere bağlıdır. Hiçbir olgumuzda sekonder eğrilikte dekompanseasyon gelişmedi. Lomber eğriliğin kendiliğinden düzelme ortalaması %57 (%31-%77) idi. Turi ve ark.<sup>[15]</sup> bu oranı %43, Betz ve ark.<sup>[4]</sup> %51 olarak bildirmişlerdir. King tip II eğriliklerin selektif füzyonu sonrası lomber eğrilikte dekompanseasyon sorunundan kaçınmak için, ameliyat öncesi bending grafiplerde lomber ve torakal eğriliklerin koreksiyon oranları belirlenmeli ve torakal eğrilik koreksiyonu lomberin koreksiyon oranını aşmamalıdır.<sup>[12,25,26,28]</sup> Lenke ve ark.<sup>[26]</sup> King tip II AİS'li hastaların anterior ve posterior selektif füzyonu sonrası torasik eğrilik koreksiyonunu anterior enstrümantasyonda %58, posterior enstrümantasyonda %38 ( $p<0.5$ ); lomber eğrilikte kendiliğinden koreksiyonu anterior enstrümantasyonda %56, posterior enstrümantasyonda %37 ( $p<0.5$ ) bulmuşlardır.

Anterior cerrahide kompresyon kuvvetleri ile çalışıldığından, vertebra sisteminde uzama değil kılma olmaktadır. Bu nedenle, ameliyat sonrası iatrojenik nörolojik hasar yaratma şansı daha azdır. Serimizde nörolojik hasar ile karşılaşılmazken, literatürde de bildirilmemiştir.<sup>[4,11-13,15]</sup>

Anterior enstrümantasyonun bir başka avantajı da, özellikle zayıf hastalarda sırt bölgesinde mütebariz metalik implantların olmamasıdır.<sup>[4]</sup> Ayrıca crankshaft fenomeni<sup>[19]</sup> kendiliğinden önlenmektedir. Buna karşın, posteriordan büyümenin devam etmesi nedeniyle kifoz açısında ilerleyici artış D'Andrea ve ark.<sup>[29]</sup> tarafından incelenmiş, ikinci kuşak enstrümantasyon kullanılan ve yapısal greftlerin kullanılmadığı Risser 0 ve posterior gevşetme yapılan olgularda kifozun arttığına dikkat çekilmiştir. Hiperkifozun önlenmesi ve sagittal

profilin korunması için intervertebral spacer kullanılması ve rijit çubuk kullanımı önerilmiştir. Ancak, bu kifoz artışının devam eden posterior büyümeye mi, yoksa anterior çökmeye mi bağlı olduğu konusu açıklık kazanmamıştır.<sup>[29]</sup> Bizim iskelet immatüritel torasik olgu sayımız bu konuda fikir ileri sürmek için yeterli değildir.

Anterior cerrahi ile distal hareketli lomber segment kazanımı ve bu sayede uzun dönemde dejeneratif değişikliklerden korunma bir diğer önemli noktadır. Posterior enstrümantasyon sonrası ortaya çıkan bel ağrısı Cochran ve ark.<sup>[18]</sup> ile Ginsburg ve ark.<sup>[20]</sup> tarafından incelenmiş ve her iki çalışmada da füzyon alanının lomber uzanım miktarı ile bel ağrısı arasında direkt ilişki bildirilmiştir. Ginsburg ve ark.<sup>[20]</sup> skolyozlu 113 hastanın ortalama 28 yıllık takibinde bel ağrısı sıklığında L4, L5 (%73) ile L1, L2 ve L3 (%65) arasında anlamlı fark kalmadığını; bu nedenle skolyoz tedavisinde füzyonun mümkün olduğunca az lomber segmenti içermesinin faydalı olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşın Dickson ve ark.,<sup>[30]</sup> füzyon alanının genişliği ile bel ağrısı arasında ilişki olmadığını ileri sürmüşlerdir. Anterior enstrümantasyon ile kazanılan segment sayısı, cerrahın kullandığı posterior füzyon sahası seçim kriterlerine bağlı olarak değişmektedir. Literatürde anterior enstrümantasyon sayesinde kazanılan distal hareketli segment sayısını Betz ve ark.<sup>[4]</sup> 1.1-2.4 seviye, Hammerberg ve Zielke<sup>[31]</sup> 2.3 seviye, Majd ve ark.<sup>[13]</sup> 1 seviye olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda, posteriorda King ve Moe kriterlerini<sup>[16]</sup> kullanarak yaptığımız karşılaştırmada en fazla iki, ortalama 0.93 lomber hareketli segment kazanıldığını saptadık. Lomber bölgede mümkün olduğunca fazla hareketli segment bırakmanın kısa vadede normal vertebra hareketliliği, uzun vadede ise ortaya çıkabilecek dejeneratif aşağı bel ağrısı açısından önemli olduğu düşüncesindeyiz.

Enstrümantasyonun kaudalında asemptomatik retrolisthesis literatürde sadece Majd ve ark.<sup>[13]</sup> tarafından, mesh kullanılan ve kullanılmayan AİS'li 22 hastanın beşinde (%23) bildirilmiştir. Retrolisthesis gelişiminin enstrümantasyonla edilmiş en distaldeki vertebra rotasyonunun fazla düzeltilmesi sonucu geliştiği düşünülmüş ve bu konuyu aydınlatmak için çok merkezli çalışmalara ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır.<sup>[13]</sup> Olgularımızda bu şekilde bir radyolojik bulgu saptamadık.

Sonuç olarak, (i) King tip I, II, III, IV ve lomber eğrilikli 17 AİS hastasında üçüncü kuşak tek rijit rod anterior enstrümantasyon ve intervertebral Harms titan-

yum mesh kullanılarak %83.9 oranında koronal koreksiyon ve fizyolojik sagittal denge elde edilmiştir. Ortalama 28 aylık takipte psödoartroz, implant yetersizliği ve 10 derecenin üzerinde koronal ve sagittal koreksiyon kaybı saptanmamıştır. (ii) Kullandığımız Harms titanyum mesh'ler veya alternatififi cage ve yapısal allogreftler lomberde disk yüksekliğini korumak veya restore etmek, torakalde ise kaudal ve kranial geçiş bölgesinde kifoz gelişimini önlemek ve bu sayede fizyolojik sagittal açılışın kazanılmasında önemli rol oynamaktadır. (iii) Literatürde bahsedilmeyen ancak uygulamamızda gözlediğimiz enstrümantasyonun kranial ucundaki akut kifotik angülyasyondan korunmak için en proksimaldeki 2-3 vertebraya kompresyon yapılmamalı veya kaudalde önerildiği şekilde kranialde de intervertebral mesh kullanılmalıdır. (iv) Anterior enstrümantasyon ile posterior enstrümantasyona oranla daha fazla (ortalama 0.93) özellikle lomber hareketli vertebra segmenti kazanılması hem kısa ve hem de uzun vadede hastaların lehine bir durumdur.

## Kaynaklar

- Dwyer AF, Newton NC, Sherwood AA. An anterior approach to scoliosis. A preliminary report. *Clin Orthop* 1969;(62):192-202.
- Dwyer AF. Experience of anterior correction of scoliosis. *Clin Orthop* 1973;(93):191-214.
- Zielke K, Stunkat R, Beaujean F. Ventrale Derotations-Spondylodesis. *Arch Orthop Unfallchir* 1976;85:257-77. [Abstract]
- Betz RR, Harms J, Clements DH, Lenke LG, Lowe TG, Shufflebarger HL, et al. Comparison of anterior and posterior instrumentation for correction of adolescent thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:225-39.
- Kaneda K, Fujiya N, Satoh S. Results with Zielke instrumentation for idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis. *Clin Orthop* 1986;(205):195-203.
- Luk KD, Leong JC, Reyes L, Hsu LC. The comparative results of treatment in idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis using the Harrington, Dwyer, and Zielke instrumentations. *Spine* 1989;14:275-80.
- Moe JH, Purcell GA, Bradford DS. Zielke instrumentation (VDS) for the correction of spinal curvature. Analysis of results in 66 patients. *Clin Orthop* 1983;(180):133-53.
- Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C, Blanke K, Schoenecker PL. Cotrel-Dubousset instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg [Am]* 1992;74:1056-67.
- Richards BS, Birch JG, Herring JA, Johnston CE, Roach JW. Frontal plane and sagittal plane balance following Cotrel-Dubousset instrumentation for idiopathic scoliosis. *Spine* 1989;14:733-7.
- Richards BS, Herring JA, Johnston CE, Birch JG, Roach JW. Treatment of adolescent idiopathic scoliosis using Texas Scottish Rite Hospital instrumentation. *Spine* 1994;19:1598-605.
- 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* 1996;21:1250-61.
- Kaneda K, Shono Y, Satoh S, Abumi K. Anterior correction of thoracic scoliosis with Kaneda anterior spinal system. A preliminary report. *Spine* 1997;22:1358-68.
- Majd ME, Castro FP, Holt RT. Anterior fusion for idiopathic scoliosis. *Spine* 2000;25:696-702.
- Sweet FA, Lenke LG, Bridwell KH, Blanke KM. Maintaining lumbar lordosis with anterior single solid-rod instrumentation in thoracolumbar and lumbar adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:1655-62.
- Turi M, Johnston CE 2nd, Richards BS. Anterior correction of idiopathic scoliosis using TSRH instrumentation. *Spine* 1993;18:417-22.
- King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg [Am]* 1983;65:1302-13.
- Betz RR, Harms J, Clements DH III, et al. Anterior instrumentation for thoracic idiopathic scoliosis. *Semin Spine Surg* 1997; 9:141-9.
- Cochran T, Irstam L, Nachemson A. Long-term anatomic and functional changes in patients with adolescent idiopathic scoliosis treated by Harrington rod fusion. *Spine* 1983;8:576-84.
- Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H. The crankshaft phenomenon. *J Pediatr Orthop* 1989;9:541-50.
- Ginsburg HH, Goldstein L, Haake PW, Perkins S, Gilbert K. Longitudinal study of back pain in postoperative idiopathic scoliosis: long-term follow-up, Phase IV. In: *Scoliosis Research Society 30th Annual Meeting; September 13-16, 1995; Asheville, North Carolina.* p. 168.
- Batzdorf U, Batzdorff A. Analysis of cervical spine curvature in patients with cervical spondylosis. *Neurosurgery* 1988;22: 827-36.
- Hohl M. Soft-tissue injuries of the neck in automobile accidents. Factors influencing prognosis. *J Bone Joint Surg [Am]* 1974;56:1675-82.
- Hilibrand AS, Tannenbaum DA, Graziano GP, Loder RT, Hensinger RN. The sagittal alignment of the cervical spine in adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop* 1995;15: 627-32.
- Moskowitz A, Moe JH, Winter RB, Binner H. Long-term follow-up of scoliosis fusion. *J Bone Joint Surg [Am]* 1980; 62:364-76.
- 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* 1991;16:769-77.
- Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, Harms J, Clements DH, Lowe TG. Spontaneous lumbar curve coronal correction after selective anterior or posterior thoracic fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:1663-71.
- Şar C, Hamzaoğlu A, Talu U, Kılıçoğlu Ö. Selection of fusion levels in surgical treatment of King type II curves. In: *Scoliosis Research Society 30th Annual Meeting; September 13-16, 1995; Asheville, North Carolina.* p. 208.
- Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C, Blanke K. Preventing decompensation in King type II curves treated with Cotrel-Dubousset instrumentation. Strict guidelines for selective thoracic fusion. *Spine* 1992;17(8 Suppl):S274-81.
- D'Andrea LP, Betz RR, Lenke LG, Harms J, Clements DH, Lowe TG. The effect of continued posterior spinal growth on sagittal contour in patients treated by anterior instrumentation for idiopathic scoliosis. *Spine* 2000;25:813-8.
- Dickson JH, Erwin WD, Rossi D. Harrington instrumentation and arthrodesis for idiopathic scoliosis. A twenty-one-year follow-up. *J Bone Joint Surg [Am]* 1990;72:678-83.
- Hammerberg KW, Rodts MF, DeWald RL. Zielke instrumentation. *Orthopedics* 1988;11:1365-71.