



Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahisi sonuçları

Results of adolescent idiopathic scoliosis surgery

Mehmet Bülent Balioğlu

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Adolesan idiyopatik skolyoz (AIS)'lu hastalarda cerrahi tedavi için rölatif endikasyonlar $>45-50^\circ$ ve hızla ilerleyen eğriliklerdir. Cerrahiyi planlarken genel omurga dengesini sağlayarak deformiteyi düzeltmek ve omurgayı stabilize etmek hedeflenir. Günümüzde AIS için en yaygın uygulanan cerrahi tedavi posterior segmental pedikül vidaları ve çubuklarla omurganın sabitlenmesi ve eğriliğin uygun teknikler kullanılarak düzeltilmesi esasına dayanır. Öncelikle eğriliğin düzeltilmesine odaklanılmasına rağmen kalan füzyonsuz omurgaların pozisyonu, hareketli segmentlerin sayısı, koronal ve sagittal denge, füzyon uç seviyeleri ile füzyonsuz komşu segmentlerin uyumlu ilişkisi, dejeneratif disk hastalığına eğilim gibi diğer faktörler uzun dönem sonuçlar üzerinde daha önemli olmaktadır. Normal koronal ve sagittal dizilimi yeniden sağlayarak, hareket ve omurga işlevlerini korumak veya daha iyi hâle getirmek amaçlanmalıdır. Bunun için hareket koruyucu cerrahi yöntemler yanı sıra genetik, biyolojik ve fonksiyonel faktörlere yönelik çözümler için araştırmaların artarak devam etmesi gelecekte tedavide yeni fırsatlar sunabilir.

Anahtar sözcükler: adolesan idiyopatik skolyoz; skolyoz cerrahisi; posterior spinal füzyon; hareket koruyucu cerrahi

Relative indications in cases of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) for surgical treatment are $>45-50^\circ$ and curvature that accelerate rapidly. While settling upon the surgical curation; the overall balance of the spine, eliminating deformities and the stabilization of the spine is set as the main goal. Today, the most common techniques for the surgical treatment of AIS are based on the stabilization of the spine with posterior segmental pedicle screw and bar and, the adjusting of the spine with the adaptation of proper curation practices. Factors such as the position of the vertebra that lacks fusion, the number of mobile segments, the coronal and sagittal balance, the dynamic of the upper level of fusion and the segments that lack fusion and the tendency for degenerative disc syndrome play a significant part in long term results. By re-providing, the standard coronal and sagittal order, protecting and improving the mobility and spinal function is intended. Goals regarding mobility enhancing surgical treatments; the increase of research concerning genetics, biological, and solutions referring to functional factors could present new opportunities and treatments in the future.

Key words: adolescent idiopathic scoliosis; scoliosis surgery; posterior spinal fusion; motion preservation surgery

Adolesan idiyopatik skolyoz (AIS) 10 yaşından sonra başlayan (11-18 yaş arası), omurganın koronal planda 10° 'den büyük laterale eğriliğine yol açan üç boyutlu bir deformitesi olarak tanımlanır. Adolesan idiyopatik skolyoz tanısı nöromusküler, sendromik veya konjenital vertebral anomaliler gibi diğer tüm skolyoz nedenleriyle ilişkili olmadığı tespit edildikten sonra konur. Toplumda görülme sıklığı %3 olarak tahmin edilmektedir. Adolesan idiyopatik skolyoz hastalarının yaklaşık %0,2 ila %0,5'inde tedavi ihtiyacı olması beklenir.^[1-5] Adolesan idiyopatik skolyoz, spinal cerrahların karşılaştığı yaygın omurga sorunlarından biridir. Hastaların değerlendirilmesi ve

tedavi yönetiminin temel ilkelerinin doğru anlaşılması ve uygulanması AIS tedavisi için gereklidir. Özellikle ağrı semptomları, eşlik eden ortopedik ve nörolojik sorunlar açısından cerrahi karar vermeden önce dikkatli inceleme ve ayırıcı tanı yapılmalıdır. Adolesan idiyopatik skolyoz hastaları öncelikle eğriliklerinin derecesine, ilerleme risk faktörlerine (Risser, Sanders, menarş, aile öyküsü, yaşı) göre ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir. Sırasıyla hafif ($<20^\circ$) veya orta ($20-40^\circ$) eğrilikler gözlemlenebilir veya hastalar uygunsuz korse ($>25^\circ$) ile tedavisi başlanabilir. Daha kapsamlı büyük eğrilikler cerrahi düzeltme ve stabilizasyon gerektirir.^[6] Adolesan idiyopatik skolyozlu hastalarda cerrahi teda-

İletişim / Contact: Doç. Dr. Mehmet Bülent Balioğlu • **E-posta / E-mail:** mbbalibey@gmail.com

ORCID iD: Mehmet Bülent Balioğlu, 0000-0001-5127-2004

Geliş / Received: 5 Mayıs 2022 • **Revizyon / Revised:** 17 Temmuz 2022/15 Eylül 2022 • **Kabul / Accepted:** 22 Eylül 2022

vi için rölatif endikasyonlar >45-50° ve hızla ilerleyen eğriliklerdir. Cerrahi planlarken genel omurga dengesini sağlayarak deformiteyi düzeltmek ve omurgayı stabilize etmek hedeflenir.^[5] Günümüzde AIS için en yaygın uygulanan cerrahi tedavi posterior segmental pedikül vidaları, çubuklarla sabitlenmesi ve eğriliğin uygun teknikler kullanılarak düzeltilmesi esasına dayanır.

ADOLESAN İDİOPATİK SKOLYOZ CERRAHİ TEDAVİSİ

Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahi tedavisinin başlıca hedefi, deformite düzeltilmesini en üst düzeye çıkarmak, koronal ve sagittal dengeyi sağlamak ve spinal esnekliği korumaktır.^[7,8] Pulmoner bozulmayla sonuçlanması muhtemel eğrilikleri olan hastalar için cerrahi en iyi seçenek olarak önerilmektedir. Büyük açılı eğriliklerde eğri esnekliğinin ve pulmoner fonksiyonun ameliyat öncesi değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Stagnara görüntülemesi (maksimum eğri düzlemine dik olarak çekilmiş bir grafi) anatomiyi tanımlamaya yardımcı olabilir. Fulkrum eğilme (*bending*) grafisi ve cerrahi öncesi anestezi altında çekilen traksiyon grafisi sayesinde posterior füzyona ek olarak anterior gevşetmenin gerekli olup olmadığını belirlemede cerraha fikir verebilir. Gelişmiş posterior fiksasyon teknikleri sayesinde günümüzde çok büyük açılı eğrilikler dışında anterior gevşetme ihtiyacı azalmıştır.^[9]

Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahi tedavisinin hedefleri; koronal ve sagittal dizilimin korunmasını, omuz dengesinin oluşturulmasını, deformitenin düzeltilmesini ve hareketli segmentlerin korunmasını içerir. Son 50 yılda eğriliğin düzeltilmesinin daha iyi sağlandığı, ameliyat sonrası immobilizasyon süresinin azaldığı ve daha kısa füzyon seviyeleri uygulanarak korunan daha fazla hareketli segmentler elde edilmiştir. Günümüzde hem anterior hem de posterior segmental fiksasyon için seçenekler mevcuttur. Adolesan idiyopatik skolyoz için kullanılan sınıflandırma sistemleri, cerrahi planlama ve postoperatif sonuçların karşılaştırılması için faydalıdır.^[10,11] Cerrahi planlamada karar vermeyi etkileyen faktörler arasında Cobb açısı ölçümünde de kullanılan uç vertebra (*end vertebra*, EV), nötral vertebra (NV) ve stabil vertebra (SV) seviyesi, disk kama açısı (*disk-wedge angle*); eğrilik esnekliği, omuz dengesi, T1 eğimi (*tilt*); proksimal torasik (PT), torasik, torakolomber kifoz ve lomber apeks deviasyonu sayılabilir. Tüm bu gelişmelere rağmen en uygun füzyon seviyelerine karar verirken hâlen cerrahi düşündürmeye devam etmektedir.^[12]

Tarihçe

Omurga deformitelerinin cerrahi tedavisinde 1911'de Hibbs tarafından ilk omurga füzyonundan ve 1962'de Harrington tarafından omurga enstrümantasyonunun

ilk kullanımından bu yana önemli gelişmeler sağlanmıştır.^[13,14] 1995 yılında Suk ve ark. AIS tedavisinde torasik pedikül vidası ile fiksasyon uygulaması tekniğini yayınlamıştır.^[15] Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahi tedavisinde son 2-3 dekatta elde edilen gelişmeler sayesinde pedikül vidası kullanılarak enstrümantasyonlu posterior spinal füzyon (PSF) tercih edilen başlıca tedavi seçeneği olmuş ve AIS tedavisinde standart hâle gelmiştir.^[5] Posterior enstrümantasyon ile pedikül vidası uygulamalarının yaygınlaşması sayesinde apikal düzelme daha iyi sağlanmış, revizyon ve psödoartroz oranları, daha büyük ve rijit eğriliklerde uygulanan anterior gevşetme gereksinimi belirgin olarak azaltılmıştır.^[16-19]

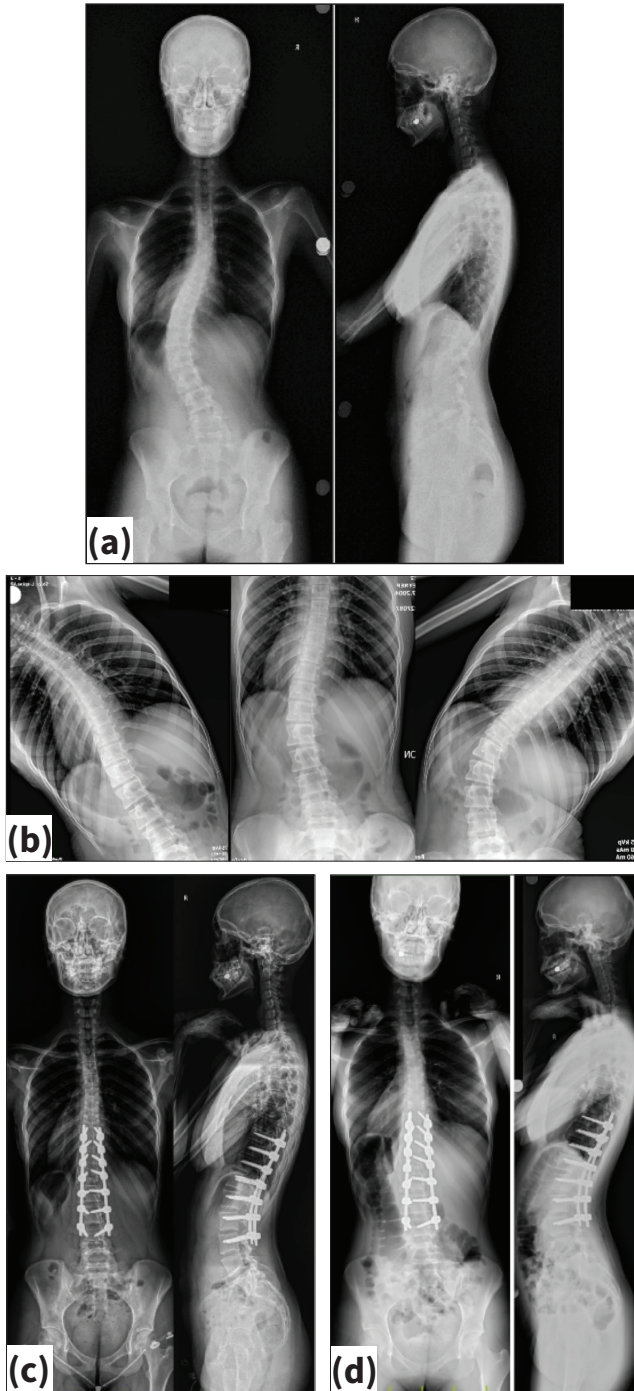
Cerrahi Teknikler

Posterior cerrahi

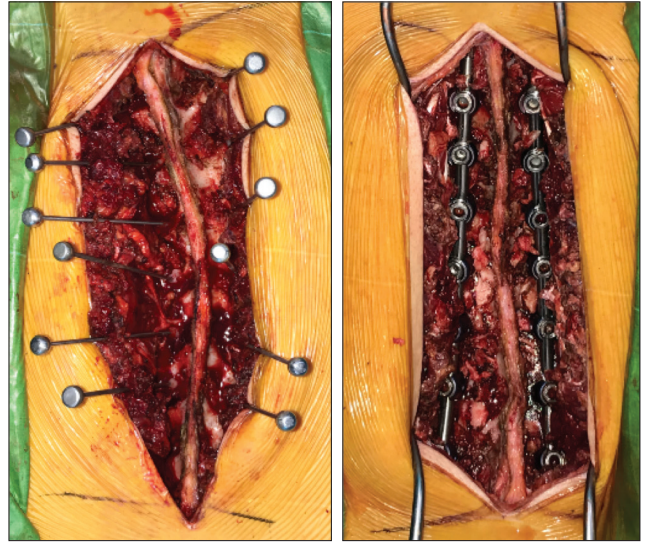
Adolesan idiyopatik skolyoz, pediatrik hastaları etkileyen en yaygın spinal deformitedir. Posterior spinal füzyon >45° eğriliği olan hastaların tedavisinde altın standarttır.^[20] Adolesan idiyopatik skolyoz hastalarında cerrahi tedavi için rölatif endikasyonlar >45-50° veya hızla ilerleyen eğriliklerdir. Özellikle büyümekte olan adolesanda eğrilik büyüklüğü 40° ve yetişkinliğe yakın adolesan dönemde 50° ile 60° ise yetişkinlikte skolyozun ilerlemeye devam etmesi beklenir (Şekil 1.a-d). Bu bulgular cerrahi kararı desteklemekle birlikte aileyle ortak karar vermek çok önemlidir.

Adolesan idiyopatik skolyoz eğriliğinin düzeltilmesini sağlamak için kullanılan tekniklerin ve manevraların yanı sıra eğriliğin büyüklüğü, sertliği ve esneme kapasitesine göre gerekirse posteriordan (Ponte vb.) osteotomiler ile birlikte veya sadece posteriordan pedikül vidaları ile fiksasyon ve spinal füzyon uygulanır (Şekil 2). Düzeltmeyi stabilize etmek için genellikle pedikül vidaları ve çubuklarla enstrümantasyon tercih edilir, artrodez için cerrahin tercihinin göre otogreft veya diğer biyolojik greftler kullanılabilir.^[6] Pedikül vidalarıyla birlikte gerekirse çengeller, sublaminer teller ve sublaminer bantlar ihtiyaca göre eklenebilir. Çubuklar cerrahin tercihinin göre genellikle titanyum veya vakanın özelliklerine göre paslanmaz çelik olarak kullanılabilir.

Zorlu eğrilik derecesi yüksek sert deformitelerde Smith-Petersen osteotomisi, pedikül çıkarma osteotomisi, asimetric pedikül çıkarma osteotomisi veya vertebral kolon rezeksiyonu gibi farklı osteotomi tekniklerinden de yararlanılabilir. Posteriordan osteotomiler omurilik ve büyük damar yaralanmaları gibi komplikasyonları önlemek için daha küçük yaklaşımlarla etkili deformite düzeltmeleri sağlayabilir. Osteotomi teknikleri, implant seçimi, kemik grefti tercihi, füzyon seviyelerinin seçiminin yanı sıra deformitenin istenen ve tatmin edici açılara



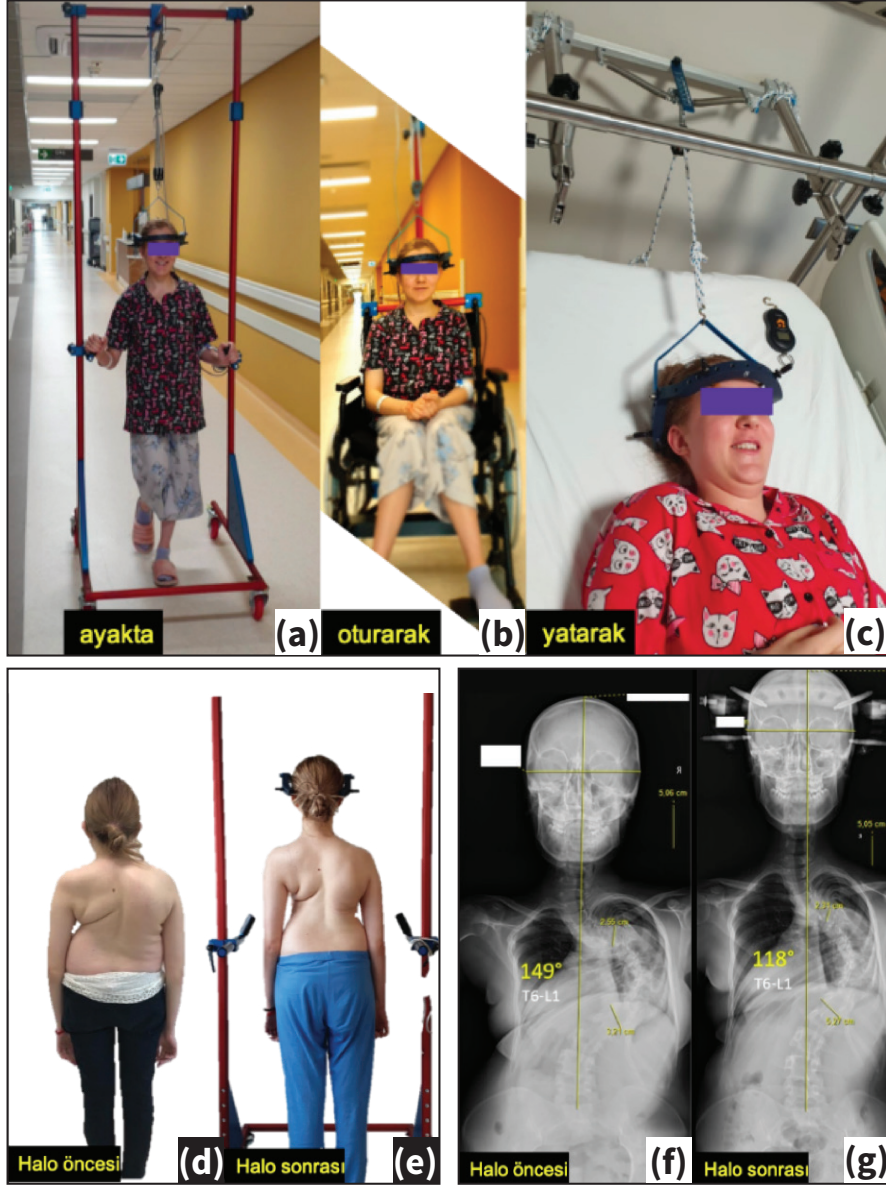
Şekil 1.a-d. Lenke Tip 5C (-) eğriliği olan 16 yaşında kadın hasta. Büyüme parametreleri; Risser 5, Sanders 8, postmenarş üçüncü yıl. Radyolojik olarak L4 vertebra son mobil omurgası ve L5 vertebra sakralize. Ameliyat öncesi koronal ve sagittal planda Cobb açıları ölçüldü. Torakolomber bölgede yapısal ana eğrilik olarak 52° (T9-L2), torakal bölgede kompensatuvar 24° (T1-T9) eğrilikleri tespit edildi (a). Supin pozisyonda traksiyon, sağ ve sola esneme (*bending*) grafileri ile cerrahi öncesi eğriliğin esneme miktarı değerlendirildi (b). Ameliyattan üç gün sonra ayakta radyolojik görüntülemesi (c) ve bir yıl sonra çekilen ortoröntgenografide omurganın iki planda gösterdiği değişim ve açılma düzelmesi (d).



Şekil 2. Ameliyat sırasında pedikül vidası ve çubuk yerleştirilmesi.

nasıl ve hangi yöntemle düzeltileceği önemlidir. Skolyoz deformitesinin düzeltilmesinde en önemli konulardan biri de eğrinin aksiyel rotasyonundan oluşan kaburga tümseği (*rib hump*) deformitesidir. Bu durum ameliyat sonrası kozmetik memnuniyetle ilişkilidir. Torakoplasti ile daha esnek torasik omurga ve kaburga tümsekliğinin düzeltilmesi için bazı kaburgaların çıkarılması seçenek olabilir. Skolyozun düzeltilmesinde genellikle kullanılan manevralar hastanın patolojisine bağlı olarak çubuk rotasyonu ve doğrudan vertebra gövde rotasyonu ile düzeltilmesinde etkili olabilir. Diğer düzeltme manevraları arasında *cantilever* kuvvetleri, kompresyon-distaksiyon kuvvetleri ve yerinde (*in situ*) çubukları bükme yer alır. Ciddi eğriliklerde Cobb açısı >70° ve rijit (esneklik indeksi <40) skolyoz yönetimi güç olabilir. Bu nedenle ameliyat öncesi düzeltme basamaklarıyla başlanabilir. Omurganın 100°den büyük ciddi rijit deformitelerinin tedavisi için halo-femoral, halo-tibial veya halo-pelvik traksiyon yöntemleri kullanılabilir (Şekil 3). Omurganın viskoelastik özellikleri ve çevre dokuların ilerleyici traksiyon etkisine gösterdiği yanıt ile deformitenin cerrahiye hazır hâle gelmesi sağlanabilir. Bununla birlikte bu yöntemler uzun vadeli birçok komplikasyona yol açabilir. Ameliyattan önce ikiyle sekiz haftalık periyotta traksiyon uygulanabilir.^[21]

Cerrahiyle omurga eğriliği düzelse bile hastalar kavimli fakat esnek bir omurgayı, füzyonun altındaki seviyelerde segment dejenerasyonu riski olan daha düz fakat sert bir omurgaya tercih edebilir. Bu nedenle mümkün oldukça lomber segmentleri füzyondan kurtarmaya yönelik yaklaşımlar tercih edilir. Füzyon seviyelerinin seçimiyle ilgili bazı kurallar geliştirilmiştir. Uzun dönem kanıtları



Şekil 3.a-g. Halotraksiyon uygulanmış hastanın; ayakta (a), oturarak (b), yatarak (c), halotraksiyon öncesi (d) ve sonrası (e) klinik görünümleri. Aynı hastanın halotraksiyon öncesi (f) ve sonrasına (g) ait röntgen görüntüleri.

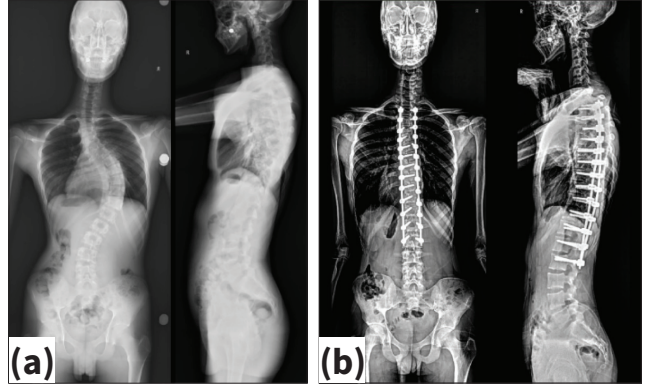
yetersiz olmakla birlikte özellikle temel kurallar yapısal majör ve minör eğrilikleri füzyon içine dâhil etmeyi, kompensatuvar eğriliklere dokunmamayı ve eğriliğin apeksinde durmamayı gerektirir. King-Moe sınıflandırması, Harrington enstrümantasyonu kullanıldığı dönemlerde hangi torasik eğrilerin füzyona ihtiyaç duyduğunu tanımlamaya yardımcı olurken, günümüzde uygun füzyon seviyelerini belirlemedeki zorluklara çözüm bulmak için Lenke sınıflandırması genel kabul görmüştür. Lenke sınıflandırması cerrahi seviye seçiminde oldukça faydalı olmakla birlikte iki boyutlu analiz yapması nedeniyle sınırlılıkları vardır. Bu nedenle sınıflamalara ek olarak dikkatli yapı-

lan fizik muayene ve ayrıntılı radyolojik değerlendirmeler (anestezi altında çekilen traksiyon grafisi) ile belirli eğrilerin füzyona dâhil edilip edilmeyeceğine karar vermede önemli rol alabilir.^[22,23] Füzyon için en uygun seviyelerin seçilmesinde amaç; füzyon uzunluğunu en aza indirmek, proksimal ve distaldeki hareketli segmentlerin sayısını olabildiğince arttırmak, koronal eğriliği düzeltirken dengeli bir omurga dizilimi elde etmektir. Ameliyat teknikleri, implant özellikleri, enstrümantasyon sistemlerindeki gelişmelere bağlı olarak spinal deformiteyi aksiyal ve sagittal planda düzeltmeye daha fazla dikkat edilmektedir. Yine de elde edilen tüm gelişmelere rağmen füzyon

seviyesi seçimi ve füzyon azaltıcı teknikler hâlen sınırlıdır. Yeni geliştirilen teknikler ve mevcut implantlar, hem anterior hem de posterior yaklaşımlar için son yıllarda önemli ölçüde ilerlemiştir. Anterior yaklaşım yoluyla anterior torakolomber ve lomber enstrümantasyon ile tipik olarak eğriliğin uç vertebraları (*end vertebra*, EV) arasında füzyon yapılır. Anterior yaklaşımlar ile geleneksel posterior füzyonlara kıyasla birkaç hareketli segment kazanılma avantajı vardır. Ancak enstrümantasyonun altındaki seviyede sıkışma sonucu uzun vadede değişiklikler ortaya çıkma potansiyeli taşır. Anterior torasik enstrümantasyon ile füzyon uygulamalarının günümüzde geçmişte olduğundan daha az kullanıldığı görülmektedir. Cerrahinin hedefleri, genel spinal dengeyi hesaba katarak enstrümantasyonla deformiteyi düzeltmek ve omurgayı stabilize etmektir. Günümüzde daha çok posteriordan yaklaşımlar tercih edilmektedir. Pedikül vidaları kullanılarak adolesanlarda omurgada belirgin düzelme yanı sıra uzama da elde edilir. Anterior yaklaşım ise bazı torakolomber ve lomber eğriler için hâlâ kullanılmaktadır. Posterior pedikül vidası ve rod fiksasyon teknikleriyle bazı torakolomber eğriler için anterior yaklaşımlar veya ciddi deformiteler için anterior gevşetmelerle birlikte uygulanabilir. Anterior spinal füzyon tipik olarak iskelet olgunlaşmasını tamamlamamış hastalarda vertebral büyümeyi durdurmak ve *crankshaft* deformitesini önlemek, füzyon yapısına dâhil edilen vertebral cisimlerin sayısını azaltmak ve rijit eğrilerin düzeltilmesi ve esnekliği artırmak için önerilmektedir.^[6,24]

Posterior yaklaşımla üst enstrümantasyon seviyeleri belirlenirken omuz yüksekliğinin kontrolü ve üst seviyenin C7 dikey çizgisine olan mesafesi de hesaba katılmaktadır. Daha güçlü enstrümantasyon sistemleriyle pedikül vida tespiti sayesinde sağ torasik eğriliği olan hastalarda ameliyat sonrası sağ ana eğrilik daha iyi düzelerek sol omuz yüksekliğinde artış ortaya çıkabileceğine dikkat edilmelidir. Suk ve ark. ameliyat öncesi sağ omuzun soldan 12 mm veya daha yüksek olduğu durumlar hariç, üst torasik eğrinin her zaman füzyona dâhil edilmesi gerektiğini ifade etmiştir.^[25] Lenke ve ark. üst eğriliği $<25^\circ$ düzeltemeyen bir bükülme (*bending*) filmine göre yapısal bir proksimal torasik eğriliği olan ve/veya T2-5 arası en az 20° kifoza olan Lenke tip 2 ve 4 eğrilerinde proksimal torasik eğriliğin füzyonunu önermiştir.^[22,23] (Şekil 4.a-b) Genel olarak sağ torasik eğriliği olan hastalarda ameliyat öncesi sol omuz sağ omuzla aynı yükseklikte veya yukarıdaysa füzyonun üst torasik eğriyi de içine alacak şekilde genişletilmesi düşünülmelidir.

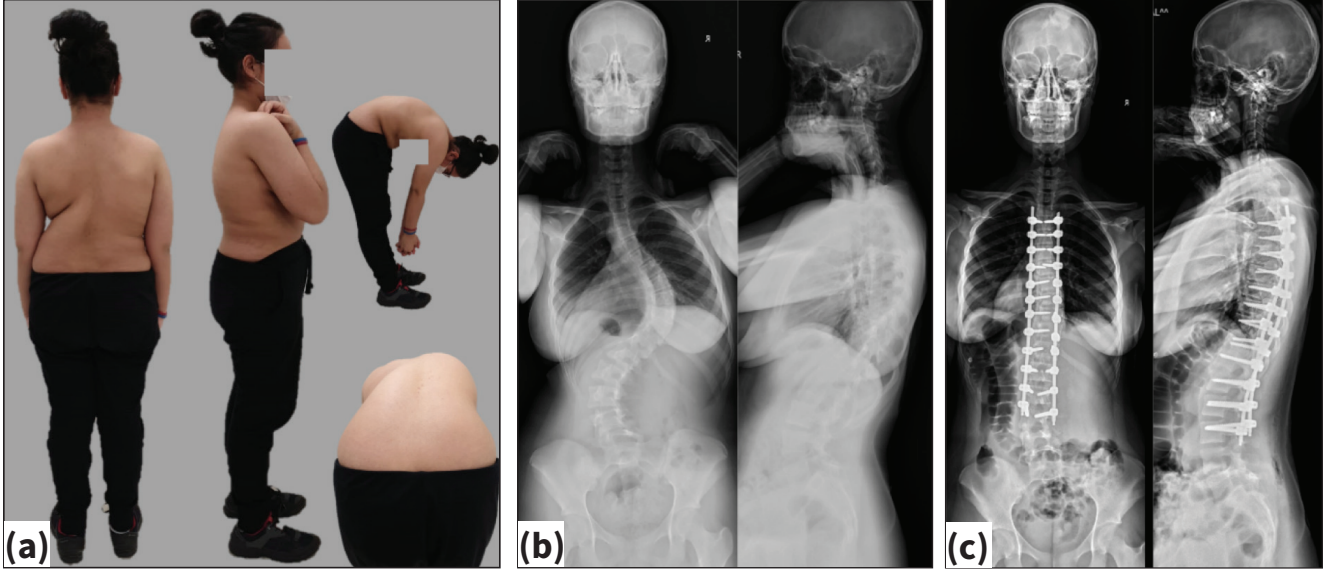
Alt enstrümantate vertebra (*lower instrumented vertebra*; LIV) seçimi çok daha tartışmalı ve karmaşık bir konudur. Ameliyat sonrası omurga dengesizliği ve kalan lom-



Şekil 4.a-b. Lenke Tip 2AN AIS'li 16 yaşında erkek hasta. Risser 4, Sanders 6 (a). Cerrahi seviye olarak T2-L2 arasına PSF uygulandı (b).

ber eğri olasılığı ile birlikte hareketli bir lomber omurgayı sürdürmenin riskleri ve yararları her zaman tartılmalıdır. Genellikle torasik eğrinin belirgin olduğu çift eğrilerde (tipik olarak Lenke 1B, C, 3C eğrileri) lomber hareketliliği korumak için selektif torasik füzyon (STF) önerilir. (Şekil 5.a-c) Lomber eğri yapısal özelliklere sahip olmadığında güvenilir postoperatif spinal dengenin sağlandığı tahmin edilebilir. Lenke tarafından tanımlanan yapısal lomber eğriler, yana bükülme radyografilerinde $>25^\circ$ üzerinde kalan eğrilik büyüklüğüne sahip olanlardır. Geleneksel olarak yapısal eğrileri tanımlayan diğer özellikler, Cobb oranı, apikal vertebral öteleme (*translasyon*) oranı, aksiyel rotasyon oranı ve ana torasik ve torakolomber/lomber eğriler arasındaki esneklik oranıdır.

Lenke tip 1 tek torasik eğrilik AIS vakaların yaklaşık %59'unu oluşturan en yaygın tiptir. Lomber değiştirici (*modifier*) A, merkezi sakral dikey çizginin (*central sacral vertical line*; CSVL) apikal vertebranın pediküllerine temas etmeden arasında kaldığı kompensatuvar lomber eğrileri tanımlar. Lenke tip 1A eğrileri L4 omurunun sağa veya sola eğik olmasına bağlı olarak sırasıyla tip 1A-R ve 1A-L olarak ayırt edilmiştir.^[26] Bunun önemi, sola eğik L4'e sahip A tipi eğrilerin daha çok B ve C değiştirici eğriler gibi davranmasına karşılık Lenke 1A-R tipi eğrilerin tipik olarak daha düşük bir tepe (apikal vertebra) noktasına sahip olması ve genel olarak 1A-L alt tipinden daha fazla distal füzyon gerektirmesidir. Tip 1A-R eğrilik durumunda distal füzyon seviyesi belirlenirken ilave eğrilik gelişimini (*adding on*) önlemek için, nötral vertebranın 1 seviye proksimali veya stabil vertebranın 1 ila 2 seviye proksimali seçilir. Suk ve ark. Lenke tip 1 eğrilik füzyonu için genellikle önceki yöntemle uyumlu kriterler geliştirmiş ve nötral vertebra (NV)'nin EV'de veya bir seviye distalinde olması durumunda LIV in NV da olması gerektiğini belirtmiştir. Nötral vertebra eğer EV'nin >2 seviye distalinde ise füzyon NV-1'e (NV'nin bir seviye üzerinde) gerçekleştirilebilir.^[12]



Şekil 5.a-c. On üç yaşında kız çocuğu, 10 yaş öncesi başlangıçlı juvenil idiyopatik skolyoz eğriliği hastanın yaşının ilerlemesi ile AIS (Lenke Tip 3CN); ameliyat öncesi klinik (a) ve radyolojik (b) görüntü. Posterior T4-L3 enstrümantasyon, apikal vertebralara posteriordan Ponte osteotomileri ve füzyon uygulanarak eğriliği düzeltildi; ameliyat sonrası radyolojik (c) görüntü.

Lenke tip 1B, 1C ve 3C eğrilerinin yanı sıra daha önce tanımlandığı gibi tip 1A-L için STF gerçekleştirirken, EV'nin altında olduğunda en azından SV'ye füzyon yapıldığında spontan lomber eğriliğin düzeltilmesinin daha iyi olduğu gösterilmiştir. Stabil vertebra eğer EV ise, SV/EV'nin bir seviye distaline gidilmesi önerilir. *End vertebra*'nın SV'nin altında olduğu durumlarda en iyi spontan lomber eğri düzeltilmesi için hangi LIV seçilmesi gerektiği konusunda kanıtlar yetersizdir. *Lower instrumented vertebra*'nın T11, T12 veya L1 vertebra olduğunda LIV için daha distal tercihin, ameliyat sonrası gövde dengesizliği riskinde herhangi bir artış göstermediği bulunmuştur.^[27] Çift torasik eğrilerde (Lenke 2) LIV seçimi için kurallar Lenke 1 eğrileri için belirtilenler ile benzerdir. Lenke 1C eğriliği olanların sadece %49'unda selektif füzyon uygulandığı, lomber eğrinin büyüklüğü ve klinik olarak belirginliğine göre, torasik eğriliği ve hastanın görünümüyle ilgili endişesinin de lomber eğriliği dâhil etme kararında önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir.^[28] Uzun süreli (20 yıllık) takip sonuçlarına göre STF'den sonra lomber eğriliğin stabil kaldığı gösterilmiştir.^[29] Kompansatuvar lomber eğrileri orta hattı geçen torasik eğriler için (C değiştirici) koronal dekompanasyonu önlemek için dikkatli olunmalıdır. Önceden torasik eğriyi düzeltmenin ve kompansatuvar lomber eğriye uyumlu bir geçiş oluşturmak için alt seviyede biraz eğim bırakmanın dekompanasyonu önlemek için önemli olduğu düşünülürken günümüzde düzeltmeyi en üst düzeye çıkarmanın, ek dekompanasyon riski olmadan füzyonsuz lomber omurgaların daha iyi düzeltilmesini sağladığını ve koruyucu etkisi olduğunu göstermiştir.^[30,31]

Bazen tip 1C eğrilerini gereğinden fazla distale füzyonu dekompanasyona neden olabilir. Ana torasik torakolomber/lomber eğri Cobb oranı <1,2 olan eğriler için STF ile yüksek dekompanasyon riski olduğu bildirilmiştir.^[32] Posterior spinal füzyon uygulamasına bağlı özellikle füzyonsuz segmentler üzerinde uzun takiplerdeki etkisi ile ilgili olarak bazı çalışmalarda önemli spinal hareket kaybı, kalıcı ağrı ve artan komşu seviye disk hastalıkları bildirilmiştir^[33-35]

Anterior cerrahi (Torakotomi/Torakoskopi)

Posterior pedikül vidası ve çubuk sabitleme teknikleri, bazı torakolomber eğrilikler için planlanan anterior yaklaşımlar veya ciddi deformiteler için düşünülen anterior gevşetmelerle yaklaşımların temel dayanak noktasını içerir.^[6] Anterior spinal füzyon tipik olarak iskelet olarak olgunlaşmamış hastalarda vertebral büyümeyi durdurmak ve *crankshaft* deformitesini (*crankshaft* fenomeni) önlemek, füzyon yapısında yer alan vertebral cisim sayısını azaltmak ve rijit eğriliklerin düzeltilmesinde esnekliği artırmak için tercih edilir.^[24] Anterior veya posterior yaklaşım için, tipik olarak füzyon alanına dâhil edilecek tüm seviyeler açılır. Anterior yaklaşımlar için diskektomiler hedeflenen füzyon seviyelerinde gerçekleştirilir. Posterior yaklaşımlar için gerekli düzeltmenin boyutuna ve tipine bağlı olarak, diskektomili veya diskektomisiz olarak eğrilerin daha fazla düzeltilmesine izin vermek için ligamentum flavum rezeke edilir.^[6]

Anterior yaklaşımlar için bir göğüs cerrahisi yardımıyla anterior göğüs kafesi yoluyla kortikal vidalar ve vertebra cisimleri arasına implantlar uygulanabilir. Vidanın karşı taraf yüzeyini penetre etmemesi için vertebral korteksin uzunluğunun ölçülmesine dikkat edilmelidir. Uygulanacak greftler veya kafesler eğriliğin azaltılmasını kolaylaştırmak için tipik olarak skolyozun içbükey tarafına yerleştirilmelidir.^[36] Adolesan idiyopatik skolyozda anterior yaklaşımla ikili çubuk uygulamasının tekli çubuk yerleşimine göre torsiyon ve fleksiyon-ekstansiyon yüklemesinde sertlik artışıyla sonuçlandığı yönünde tartışmalar vardır.^[37] Nambiar ve ark.'nın çok merkezli yaptıkları AIS'nin düzeltilmesi için anterior yaklaşım uygulanan hastalara yönelik retrospektif çalışmasında, anterior yaklaşım yoluyla tek ve çift çubuklu enstrümantasyon uygulanmış, postoperatif radyografik ölçümler ve fonksiyonel sonuçlar açısından gruplar arasında anlamlı bir fark olmamıştır.^[38]

Anterior yaklaşımlar için video yardımcı torakoskopik cerrahi (*video-assisted thoracoscopic surgery*, VATS) tekniği tanımlanmış, bu sayede daha az cerrahi travma ve daha iyi kozmetik görünüm elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu yöntemle ameliyat süresinin uzamasının yanı sıra, yeterli anterior gevşetme ve eğrilik düzelmesi sağlanmadığı bildirilmiştir.^[39]

Vertebral body stapling (VBS)

Son yıllarda alternatif bir cerrahi seçenek olarak anterior cerrahi yoluyla büyüme modülasyonu tekniklerine yönelik araştırmalar artarak devam etmiş ve yeni yöntemler uygulamaya sunulmuştur. Bunlardan vertebra gövde zımbalama (*vertebral body stapling*, VBS), bir eğrinin dışbükeyine yönelik sabitleme ve içbükeyi boyunca ilerleyici büyüme ile düzeltmeye izin vermek için Hueter-Volkman ilkesi kullanılarak geliştirilmiştir. Ancak vertebral gövde zımbalama endikasyonları oldukça kısıtlı kalmış, genç hastalarda, ideal büyüklük olarak 25° ile 34° arasındaki eğrilere yönelik önerilmiştir.^[40] Murray ve ark. VBS uygulanan hastalarda vertebra gövdesi büyümesi, eğrinin zımbalanmış ve zımbalanmamış taraflarında benzer bir oranda olması, yüksek standart sapma göstermesi nedeniyle genç skolyotik omurgada güvenilir bir büyüme modülasyonu yöntemi olmadığı sonucuna varmıştır.^[41] Trupia ve ark. genç AIS'li 10 hastada VBS'nin etkinliğini araştırmış, VBS erken sonuçları korse sonuçlarıyla paralel görünse de, PSF ve enstrümantasyon gerektiren hastaların yüzdesini etkilemediği sonucuna varmışlardır. Özellikle büyüme beklenen genç hastalarda zamanla elde edilen ilk eğrilik düzeltilmesinin bozulduğu ve bu grupta, korseyle bile yüksek ilerleme oranları ortaya çıkması nedeniyle daha etkili tedavi stratejilerinin geliştirilip uygulanması gerektiği önerilmiştir.^[42]

Anterior vertebral body tethering (VBT)

Anterior vertebral body tethering (VBT) günümüzde klinik sonuçları ile umut verici yeni bir teknik olarak AIS'li genç hastalarda skolyoz eğriliğini ilerleyici olarak düzeltilmesini sağlamak için bir büyüme modülasyon tekniği olarak geliştirilmiştir. Samdani ve ark. 2014 yılında VBT uyguladıkları 11 hastada iki yıllık sonuçlarını yayınlamıştır. Bu çalışmaya göre VBT kararı verirken, 40°'den büyük torasik hiperkifoz ve 20°'den büyük rotasyonel belirginlik hariç, skolyoz eğriliği 35° ile 60° arasında değişen, esneme graflerinde eğriliği 30° altında esneklik gösteren torasik eğriliği olan, iskelet olarak olgunlaşmamış (Risser işaretis ≤ 2 , Sanders skor ≤ 4) hastalarda anterior VBT uygulamışlar, sonuçta düşük risk profiliyle omurga deformitelerinde kademeli bir iyileşme olduğunu göstermişlerdir.^[43] Büyüme modülasyon teknikleri (büyüyen çubuklar, Shilla prosedürü, VBS, VBT) deformasyonu düzeltmek için büyümeye rehberlik ederek Hueter-Volkman ilkesine göre davranır. *Anterior vertebral body tethering* (VBT)'in pediatrik hastalarda ilerleyici skolyoz için erken bir tedavi seçeneği olarak normal büyüme sırasında deformite üzerinde sürekli düzeltici etkiye izin verdiği bildirilmiştir. Hoernschemeyer ve ark.'nın çalışmasında VBT uyguladıkları 29 hastada %74'lük başarılı sonuç elde edilmiş, %21'inde (29 hastanın altısı) revizyon gerekmiş, iki hastaya PSF ve dört hastaya ip (*tether*) revizyonu uygulanmıştır. Başarılı sonuç için PSF geçirmeden iskelet olarak olgunlaşmış hastalarda kalan eğriliği $\leq 30^\circ$ tanımlanmış, hastaların %93'ünde PSF'den kaçınılarak VBT'nin iskelet olarak olgunlaşmamış bireylerde güvenilir bir tedavi seçeneği olduğu tespitinde bulunmuştur.^[20]

Ameliyat Sonrası Yönetim

Skolyoz ameliyatı sonrası hastaların bakımı öncelikle pediatrik yoğun bakım ünitesinde veya servise transfer edilmeden önce anestezi sonrası bakım ünitesinde başlar. Hastanın ağrı yönetimi ve hemodinamik stabilizasyonu sağlanarak ameliyat sonrası komplikasyonların en aza indirilmesi amaçlanır. Ağrı yönetimi, hasta kontrollü anestezi ve uzun etkili oral ağrı kesici ilaçlardan oluşur. Cerrahi sırasında yerleştirilen drenler çıkış <20 ml/gün olana kadar kalır, gerekmedikçe 48 saatten fazla tutulmamaya çalışılır. Hastaların ameliyat sonrası birinci veya ikinci gün desteksiz yürümesi sağlanır. Ameliyat sonrası geçici korse uygulanabilir, korseye genellikle ihtiyaç duyulmamakla birlikte revizyon cerrahisi ve kötü kemik kalitesi gibi faktörlerin varlığında 6-8 hafta önerilmektedir.^[44,45] Ek bir şikâyeti yoksa 2-4 hafta içinde okula veya işine dönebilir ve 4-6 ay içinde ameliyat öncesi sportif aktivitelerine devam edebilir.^[45]

Cerrahi Sonuçlar ve Komplikasyonlar

Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahisinde kifoza veya erken başlangıçlı, nöromusküler veya konjenital skolyozdan farklı olarak komplikasyon insidansı düşüktür. Skolyoz eğriliğinin aşırlı düzeltilmesi sonucunda omurganın merkezi vertikal çizgisinin sakruma göre (CSVL) yer değiştirerek dekompanasyonuna neden olabilir. Bu durum genellikle komşu eğrilerde değişikliklerle zamanla düzelir, ancak disk açılanmalarına neden olabilir. Uzun vadeli sonuçları bilinmemektedir. Sırtta omuzlar arasındaki ağrı posterior enstrümantasyondan sonra nispeten yaygındır; genellikle omuz, trapezius kasının güçlendirilmesi ve gerilmesine yönelik çalışmalarla iyi yanıt alınır. Cerrahi sonrası enfeksiyonla yaklaşık %0,5 oranında karşılaşılır. Yeniden ameliyat oranları %5 ile %10 olarak görülmektedir, enfeksiyon veya enstrümantasyon başarısızlığı en yaygın nedenlerdir. Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahisi sonrası nörolojik defisit %0,5 oranında, tam omurilik yaralanmasıyla nadiren karşılaşılmaktadır.^[46,47]

Yakın zamanda AIS uygulanan hastaların cerrahi tedavisini takip eden komplikasyonları derleyen en az 10 yıllık verilerin prospektif olarak toplandığı çok merkezli bir takip çalışmasında genel major komplikasyon oranı %9,9 ve yeniden ameliyat oranı ise %6 olarak bildirilmiştir. Hariharan ve ark.'nın bu çalışmasında 282 hasta değerlendirilmiştir. Hastaların ortalama ameliyat yaşı $14,6 \pm 2,1$ yıl, ortalama takip süresi 10,6 (9,5-14) yıl olmuş, 87 hastaya anterior spinal füzyon (ASF), 195'ine PSF uygulanmıştır. Genel majör komplikasyon oranı %9,9 (27 hastada) görülürken, PSF hastaları arasında komplikasyon oranı %9,7 (18 hastada) olarak gerçekleşmiştir. Komplikasyon olarak cerrahi alan enfeksiyonu (%37), ilave eğrilik gelişimi (*adding on*) (%26), pulmoner (%16), nörolojik (%11), enstrümantasyon (%5) ve gastrointestinal (%5) ilişkili sorunlar görülmüştür. Anterior spinal füzyon hastalarında komplikasyon oranı %10,3 (dokuz hastada) olmuş, komplikasyonlar pulmoner (%44), psödoartroz (%22), nörolojik (%11), ilave eğrilik gelişimi (%11) ve gastrointestinal (%11) olarak gerçekleşmiştir. Tekrar ameliyat oranı %6 (17 hasta) olmuştur. Komplikasyonların çoğu ilk iki yıl içinde (%60,7) ortaya çıkmasına rağmen, ayrıca cerrahi alan enfeksiyonu ve ilave eğrilik gelişiminin 10 yıllık dönemin sonlarında da görüldüğü bildirilmiştir.^[48]

Çıkarımlar

Segmental enstrümantasyonun 20 yıl ve üzeri geç sonuçları olumlu bulunmuştur.^[49] Sistemantik incelemelere göre enstrümantasyon seviyelerinin daha alt segmentleri içermesi ve engelliliğin artışı ile ilişki gösterilememiştir. Sonuç olarak dengeli bir omurga elde ederken mümkün olduğu kadar yukarıda özetlenen temel pren-

siplere göre davranarak daha çok hareketli segment bırakılması uzun dönemli sonuçlar açısından kesin kanıtları olmamakla birlikte önerilmektedir. Modern anlamda Harrington distraksiyon çubuklarından kancalar, teller ve sonuçta pedikül vidaları ile üç boyutlu segmental enstrümantasyon tekniklerine doğru ilerlemeler sayesinde skolyoz eğriliklerinin daha iyi düzelmesi sağlanabilmiştir. Öncelikle eğriliğin düzeltilmesine odaklanılmasına rağmen kalan füzyonsuz omurgaların pozisyonu ve hareketli segmentlerin sayısı, koronal ve sagittal denge, füzyon uç seviyeleriyle füzyonsuz komşu segmentlerin uyumlu ilişkisi, dejeneratif disk hastalığına eğilimi gibi diğer faktörler uzun dönem sonuçlar üzerinde daha önemli olmaktadır. Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahisi sonrası 10 yıllık süre boyunca ortaya çıkan komplikasyonlar hastalığın seyrinin daha iyi değerlendirilebilmesi için uzun süreli takipleri çok önemli kılmaktadır.^[48] Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahisi sonuçları üzerinde hasta seçimi, cerrahi zamanlama, uygun tekniklerin kullanılması, doğru seviyeler ve cerrahi risk faktörlerinin azaltılması etkili olmaktadır. Normal koronal ve sagittal dizilimi yeniden sağlayarak, hareket ve işlevi korumak veya daha iyi hâle getirmek amaçlanmalıdır. Günümüzde mevcut tedavi teknikleri bu amaca kısmen ulaşmaya imkân sağlamaktadır. Hareket koruyucu cerrahi yöntemler yanı sıra skolyoza neden olan genetik, biyolojik ve fonksiyonel nedenlere yönelik çözümler için araştırmaların artarak devamı gelecekte tedavide yeni fırsatlar sunabilir.

KAYNAKLAR

1. Weinstein SL. Adolescent idiopathic scoliosis: Prevalence and natural history. Instr Course Lect 1989;38:115-28.
2. Rogala EJ, Drummond DS, Gurr J. Scoliosis. J Bone Joint Surg Am 1978;60(2):173-76. **Crossref**
3. Lonstein JE. Adolescent idiopathic scoliosis. Lancet 1994;344(8934):1407-12. **Crossref**
4. Lonstein JE, Carlson JM. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. J Bone Joint Surg Am 1984;66(7):1061-71. **Crossref**
5. Beauchamp EC, Anderson RCE, Vitale MG. Modern surgical management of early onset and adolescent idiopathic scoliosis. Neurosurgery 2019;84(2):291-304. **Crossref**
6. Jada A, Mackel CE, Hwang SW, Samdani AF, Stephen JH, Bennett JT, et al. Evaluation and management of adolescent idiopathic scoliosis: A review. Neurosurg Focus 2017;43(4):E2. **Crossref**
7. Bridwell K. Surgical treatment of idiopathic adolescent scoliosis. Spine 1999;24:2607-16. **Crossref**
8. Majdouline YA, Robitaille M, Sarwark JF, Labelle H. Scoliosis correction objectives in adolescent idiopathic scoliosis. J Pediatric Orthop 2007;27:775-81. **Crossref**

9. Hamzaoglu A, Ozturk C, Enercan M, Alanay A. Traction X-ray under general anesthesia helps to save motion segment in treatment of Lenke type 3C and 6C curves. *Spine J* 2013;13(8):845-52. [Crossref](#)
10. King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1983;65(9):1302-13. [Crossref](#)
11. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, Blanke K. Adolescent idiopathic scoliosis: A new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83(8):1169-81. [Crossref](#)
12. Trobisch PD, Ducoffe AR, Lonner BS, Errico TJ. Choosing fusion levels in adolescent idiopathic scoliosis. *J Am Acad Orthop Surg* 2013;21:519-28. [Crossref](#)
13. Hibbs RA. The classic: An operation for progressive spinal deformities: a preliminary report of three cases from the service of the orthopaedic hospital. *Clin Orthop Relat Res* 2007;460:17-20. [Crossref](#)
14. Harrington PR. Treatment of scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1962;44-A(4):591-634. [Crossref](#)
15. Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Chung YJ, Park YB. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 1995;20(12):1399-405. [Crossref](#)
16. Suk SI, Kim WJ, Lee SM, Kim JH, Chung ER. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities. *Spine* 2001;26(18):2049-57. [Crossref](#)
17. Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ, Luhmann SJ, Bridwell KH. Anterior/posterior spinal instrumentation versus posterior instrumentation alone for the treatment of adolescent idiopathic scoliotic curves more than 90°. *Spine* 2006;31(20):2386-91. [Crossref](#)
18. Cheng I, Kim Y, Gupta MC, Bridwell KH, Hurford RK, Lee SS, et al. Apical sublaminar wires versus pedicle screws-which provides better results for surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis? *Spine* 2005;30(18):2104-12. [Crossref](#)
19. Kim YJ, Lenke LG, Kim J, Bridwell KH, Cho SK, Cheh G, et al. Comparative analysis of pedicle screw versus hybrid instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2006;31(3):291-98. [Crossref](#)
20. Hoernschemeyer DG, Boeyer ME, Robertson ME, Loftis CM, Worley JR, Tweedy NM, et al. Anterior vertebral body tethering for adolescent scoliosis with growth remaining: A retrospective review of 2 to 5-Year Postoperative Results. *J Bone Joint Surg Am* 2020;102(13):1169-76. [Crossref](#)
21. Senkoylu A, Cetinkaya M. Correction manoeuvres in the surgical treatment of spinal deformities. *EFORT Open Rev* 2017;2(5):135-40. [Crossref](#)
22. Rose PS, Lenke LG. Classification of operative adolescent idiopathic scoliosis: Treatment guidelines. *Orthop Clin North Am* 2007;38:521-29. [Crossref](#)
23. Lenke LG, Edwards CC, Bridwell KH. The Lenke classification of adolescent idiopathic scoliosis: How it organizes curve patterns as a template to perform selective fusions of the spine. *Spine* 2003;28:S199-S207. [Crossref](#)
24. Sud A, Tsirikos AI. Current concepts and controversies on adolescent idiopathic scoliosis: Part I. *Indian J Orthop* 2013;47:117-28. [Crossref](#)
25. Suk SI, Kim WJ, Lee CS, Lee SM, Kim JH, Chung ER, et al. Indications of proximal thoracic curve fusion in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: Recognition and treatment of double thoracic curve pattern in adolescent idiopathic scoliosis treated with segmental instrumentation. *Spine* 2000;25:2342-49. [Crossref](#)
26. Cho RH, Yaszay B, Bartley CE, Bastrom TP, Newton PO. Which Lenke 1A curves are at the greatest risk for adding-on... and why? *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37:1384-90. [Crossref](#)
27. Takahashi J, Newton PO, Ugrinow VL, Bastrom TP. Selective thoracic fusion in adolescent idiopathic scoliosis: Factors influencing the selection of the optimal lowest instrumented vertebra. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36:1131-41. [Crossref](#)
28. Crawford CH 3rd, Lenke LG, Sucato DJ, Richards BS 3rd, Emans JB, Vitale MG, et al. Selective thoracic fusion in Lenke 1C Curves: Prevalence and criteria. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38:1380-85. [Crossref](#)
29. Larson AN, Fletcher ND, Daniel C, Richards BS. Lumbar curve is stable after selective thoracic fusion for adolescent idiopathic scoliosis: A 20-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37:833-39. [Crossref](#)
30. Imrie M, Yaszay B, Bastrom TP, Wenger DR, Newton PO. Adolescent idiopathic scoliosis: Should 100% correction be the goal? *J Pediatr Orthop* 2011;31:S9-13. [Crossref](#)
31. Demura S, Yaszay B, Bastrom TP, Carreau J, Newton PO. Is decompensation preoperatively a risk in Lenke 1C curves? *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38:E649-55. [Crossref](#)
32. Wang Y, Bunger CE, Zhang Y, Wu C, Hansen ES. Postoperative spinal alignment remodeling in Lenke 1C scoliosis treated with selective thoracic fusion. *Spine J* 2012;12:73-80. [Crossref](#)
33. Marks MC, Bastrom TP, Petcharaporn M, Shah SA, Betz RR, Samdani A, et al. The effect of time and fusion length on motion of the unfused lumbar segments in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform*. 2015;3(6):549-53. [Crossref](#)
34. Kepler CK, Meredith DS, Green DW, Widmann RF. Long-term outcomes after posterior spine fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Curr Opin Pediatr* 2012;24(1):68-75. [Crossref](#)
35. Green DW, Lawhorne TW 3rd, Widmann RF, Kepler CK, Ahern C, Mintz DN, et al. Long-term magnetic resonance imaging follow-up demonstrates minimal transitional level lumbar disc degeneration after posterior spine fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36(23):1948-54. [Crossref](#)
36. Newton PO, O'Brien MF, Shufflebarger HL, Betz RR, Dickson RA, Harms J (eds): *Idiopathic scoliosis: The Harms Study Group treatment guide*. New York: Thieme, 2010. [Crossref](#)
37. Fricka KB, Mahar AT, Newton PO. Biomechanical analysis of anterior scoliosis instrumentation: Differences between single and dual rod systems with and without interbody structural support. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27:702-06. [Crossref](#)

38. Nambiar M, Yang Y, Liew S, Turner PL, Torode IP. Single-versus dual-rod anterior instrumentation of thoracolumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2016;25:3249-55. **Crossref**
39. Lenke LG. Anterior endoscopic discectomy and fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003;28(15 Suppl):S36-S43. **Crossref**
40. Cuddihy L, Danielsson AJ, Cahill PJ, Samdani AF, Grewal H, Richmond JM, et al. Vertebral body stapling versus bracing for patients with high-risk moderate idiopathic scoliosis. *Biomed Res Int* 2015;438-52. **Crossref**
41. Murray E, Tung R, Sherman A, Schwend RM. Continued vertebral body growth in patients with juvenile idiopathic scoliosis following vertebral body stapling. *Spine Deform* 2020;8(2):221-6. **Crossref**
42. Trupia E, Hsu AC, Mueller JD, Matsumoto H, Bodenstein L, Vitale M. Treatment of idiopathic scoliosis with vertebral body stapling. *Spine Deform* 2019;7(5):720-28. **Crossref**
43. Samdani AF, Ames RJ, Kimball JS, Pahys JM, Grewal H, Pelletier GJ, et al. Anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis: two-year results. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39(20):1688-93. **Crossref**
44. Errico TJ, Lonner BS, Moulton AW (eds): *Surgical Management of Spinal Deformities*. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2009.
45. Vaccaro AR, Baron EM: *Operative Techniques: Spine Surgery*, ed 2. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2012.
46. Pahys JM, Guille JT, D'Andrea LP, Samdani AF, Beck J, Betz RR. Neurologic injury in the surgical treatment of idiopathic scoliosis: guidelines for assessment and management. *J Am Acad Orthop Surg* 2009;17:426-34. **Crossref**
47. Danielsson AJ, Wiklund I, Pehrsson K, Nachemson AL. Health-related quality of life in patients with adolescent idiopathic scoliosis: A matched follow-up at least 20 years after treatment with brace or surgery. *Eur Spine J* 2001;10:278-88. **Crossref**
48. Hariharan AR, Shah SA, Petfield J, Baldwin M, Yaszay B, Newton PO, et al; Harms Study Group. Complications following surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis: A 10-year prospective follow-up study. *Spine Deform* 2022;10(5):1097-105. **Crossref**
49. Remes V, Helenius I, Schlenzka D, Yrjonen T, Ylikoski M, Poussa M. Cotrel-Dubousset (CD) or Universal Spine System (USS) instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis (AIS). comparison of midterm clinical, functional, and radiologic outcomes. *Spine* 2004;29:2024-30. **Crossref**