



Adolesan idiyopatik skolyozun cerrahi tedavisinde selektif füzyon stratejisi

Selective fusion strategy in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis

Yunus Atıcı, Mehmet Akif Aktaş

İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Adolesan idiyopatik skolyoz (AİS) karmaşık üç boyutlu bir deformitedir. Tedavisinde amaç sagittal ve koronal düzelenin sağlanması, ağrısız ve dengeli bir omurga elde etmek bunun yanında olası komplikasyonlardan uzak durmaktır. Enstrümantasyon sistemlerinin gelişimiyle selektif füzyon stratejisi yaygın olarak kabul görmüş olsa da uygun seviye seçimi konusunda tartışma devam etmektedir. Bu derlemede selektif füzyon seviyelerinin seçimi konusunda literatür bilgileri özetlenmiştir.

Anahtar sözcükler: skolyoz; selektif (seçici) füzyon; seçici olmayan füzyon

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is a three dimensional deformity. The main goal of treatment is correction of deformity in coronal and sagittal plane, to achieve painless and balanced spine while stand away from any possible complications. Despite selective fusion strategy being widely accepted as the instrumentation systems develop, the controversy still remains about selecting appropriate fusion levels. In this review, we summarize the literature about choosing selective fusion levels.

Key words: scoliosis; selective fusion; non-selective fusion

Adolesan idiyopatik skolyoz (AİS) 10 yaş üzeri çocuklarda görülen kompleks üç boyutlu bir deformitedir.^[1] En sık görülen spinal deformitedir. Literatürde sıklığı %0,47-5,2 arasında bildirilmektedir. Otuz derece altı eğriliklerde kız/erkek oranı birbirine yakın (1,4/1) iken eğrilik ilerledikçe kız hâkimiyeti artar. Kırk derece üzerinde kızlarda erkeklerden 7,2 kat daha fazla görülmektedir.^[2]

Tedavisinde ana amaç, koronal ve sagittal dengenin sağlanması, eşit omuz seviyeleri elde edilmesi, deformitenin düzeltilmesi ve bunların mümkün olan en fazla hareketli segmentin korunarak yapılmasıdır.^[3] Bu amaçlarla ilk kez spinal enstrümantasyon uygulamaları 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren başlamıştır. Harrington tarafından geliştirilen enstrümantasyon sistemi kullanılarak ilk kez AİS'de internal tespit uygulanmış non-selektif füzyon yapılmıştır.^[4] Yıllar içerisinde enstrümantasyon sistemlerinin gelişmesi ve cerrahi bilgi birikiminin artışıyla yeni sınıflama sistemleri geliştirilmiş ve daha kısa füzyonla güçlü enstrümantasyon uygulamaları mümkün hâle gelmiştir. Günümüzde AİS

tedavisinde selektif ve selektif olmayan enstrümantasyon uygulamaları yapılmakta ve sonuçları literatürde tartışılmaktadır.^[1,3]

Majör eğriliğin olduğu segmentin füzyon yapılmasıyla kompensatuvar eğriliğin kendiliğinden düzeldiği ilk kez Moe tarafından 1950'li yılların sonunda ortaya atılmıştır. Füzyonun nötral vertebrada sonlandırılmasının yeterli olduğu ileri sürülmüştür. Nötral vertebra tanım olarak anteroposterior grafilere her iki pedikülün spinöz çıkıntıya eşit mesafede olduğu bir diğer deyişle rotasyonel olarak nötr olan vertebradır.^[5] İlerleyen yıllarda King ve ark. stabil vertebra tanımlaması yaparak füzyon sahasının stabil vertebrada sonlandırılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Stabil vertebra traksiyon grafilere santral sakral vertikal çizgi çizildiğinde bu çizgi ile eşit iki parçaya bölünen en son vertebra olarak tanımlanır.^[6]

2000'li yılların başında Lenke ve ark. günümüzde kullanılan, tedavi yaklaşımına yönelik yeni AİS sınıflaması geliştirmişler ve yapısal eğriliklerin füzyona dâhil edilmesini savunmuşlardır.^[7] Hastaya ayakta ön-arka,

İletişim / Contact: Doç. Dr. Yunus Atıcı • **E-posta / E-mail:** yunatici@hotmail.com

ORCID iD: Yunus Atıcı, 0000-0002-9661-4618 • Mehmet Akif Aktaş, 0000-0003-3224-1952

Geliş / Received: 14 Mayıs 2022 • **Revizyon / Revised:** 7 Temmuz 2022, 30 Eylül 2022 • **Kabul / Accepted:** 4 Ekim 2022

yan ve supin pozisyonda yana eğilme grafileri çekilerek sınıflama yapılır. Altı eğrilik tipi (1,2,3,4,5,6), lomber düzenleyici (*modifier*) (A,B,C) ve torasik sagittal düzenleyici (+,0,-) ile kombine edilir. Spinal kolon bu sınıflama sisteminde proksimal torasik, ana torasik ve torakolomber olmak üzere üç ana bölümde ele alınır. Yapısal olmayan eğriliklerin füzyona dâhil edilmesi gerekmez (Yapısal eğrilik, eğilme grafilerinde 25°'nin altına inmeyen ve/veya torakal 2-torakal 5. vetebralar (T2-T5) torakal 10.- lomber 2. vetebralar (T10-L2) aralığında 20° altına inmeyen kifozun olduğu durum olarak tanımlanır).^[7]

SELEKTİF TORASİK FÜZYON

Majör eğriliğin torakal segmentte olduğu durumda selektif torasik füzyon uygulaması yapılabilir (Şekil 1). Planlama sırasında enstrümantasyonun üst seviyesi (EÜS) ve enstrümantasyonun alt seviyesinin (EAS) seçimi cerrahi tedavinin başarısı açısından önem taşır.^[1]

Enstrümantasyonun Üst Seviyesi (EÜS) Seçimi

Torakal bölge yapısı gereği sternum ve kostaların stabilizasyon etkisiyle lomber bölgeye göre daha rijit ve az hareketlidir. Enstrüman edilecek segmentin üst seviyesinin seçiminde dikkat edilmesi gereken hareketi korumaktan ziyade omuz dengesinin sağlanması, eğriliğin proksimale ilerlemesinin ve proksimal kavşak kifozu gelişiminin önlenmesidir.^[8,10]



Şekil 1.a-b. Selektif torasik füzyon: Ameliyat öncesine (a) ve sonrasına ait (b) ön-arka plandaki röntgen görüntüleri.

Enstrümantasyonun üst seviyesi seçimi konusunda yapılan çalışmalar ve literatür derlemelerinde proksimal torasik eğrilik yapısal ise:

- Ameliyat öncesi sol omuz yüksekliğinde T2,
- Ameliyat öncesi eşit omuz seviyesinde T3,
- Ameliyat öncesi sağ omuz yüksekliğinde T4 seviyesinde durulması önerilmektedir.

Eğer proksimal torasik eğrilik yapısal değil ise, EÜS;

- Sol omuz yüksekliğinde majör torasik eğriliğin üst son vertebra +2 vertebra proksimal,
- Eşit omuz yüksekliğinde majör torasik eğriliğin üst son vertebra +1 vertebra proksimal,
- Sağ omuz yüksekliğinde majör torasik eğriliğin üst son vertebra olarak önerilmesine karşın bu konuda bir ortak görüş sağlanamamıştır.^[3,8-10]

Selektif füzyonda en uygun EÜS seçimi konusunda uzun dönem sonuçları olan yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

Enstrümantasyonun Alt Seviyesi (EAS) Seçimi

Enstrümantasyonun alt seviyesi seçiminde genel anlayış enstrümantasyonun olabildiğince üst seviyede sonlandırılarak bu mümkün olan en fazla hareketli segmentin bırakılmasıdır. Uygun seviyenin seçimi distal kavşak kifozu ve eğriliğin ilerlemesi gibi problemler açısından önem arz etmektedir.^[11]

Enstrümantasyon sistemlerinin gelişimiyle birlikte EAS seçimi de yıllar içinde değişiklikler göstermiştir. Önceleri eğriliğin alt son vertebra EAS olarak kullanılırken^[11,12] King ve ark. Harrington rodları kullanılan dönemde stabil vertebra EAS olarak seçilmesini önermişlerdir.^[4] Günümüzde torasik pedikül vidalarının yaygın kullanımıyla daha güçlü segmental enstrümantasyon sistemleri mümkün hâle gelmiş ve EAS seçim kriterleri bununla paralel olarak değişim göstermiştir. Bu konuda birçok yazarın farklı önerileri bulunmaktadır. Suk ve ark., nötral vertebra son vertebra ile arasında bir veya daha az seviye olması durumunda EAS olarak seçilebileceğini, iki veya daha fazla seviye olması durumunda EAS'nin nötral vertebra -1 olarak seçilebileceğini öne sürmüşlerdir.^[12] Parisini ve ark. eğriliğin alt son vertebra son bir sonraki vertebra rotasyonunun önemine dikkat çekmiştir. Eğer alt son vertebra bir alt seviyedeki vertebra rotasyonu ana torasik eğrilikle aynı yönde ve son vertebra ile stabil vertebra arasında ikiden daha fazla seviye farkı varsa L2 veya L3 seviyesine kadar füzyon yapılmasını önermişlerdir. Ancak son vertebra bir alt seviyedeki vertebra rotasyonu aynı yönde değil ve son vertebra ile stabil vertebra arasındaki seviye farkı iki veya daha azsa EAS olarak stabil

vertebra-1 veya stabil vertebra-2'nin kullanılmasını önermişlerdir.^[13] Wang ve ark. EAS seçiminin *adding-on* fenomeni gelişimiyle yakın ilişkisi olduğunu ileri sürerek sakrumdan başlanarak kranial yönde incelendiğinde santral sakral vertikal çizgiye (CSVL) 10 mm uzaklıktaki ilk vertebra'nın EAS olarak seçilmesini önermişlerdir.^[14] Bu sayede hem *adding-on* fenomeni gelişiminin azalacağı hem de daha fazla lomber segment hareketi sağlanacağını öne sürmüşlerdir. Matsumoto ve ark. Lenke tip 1A eğriliği olan hastalarda *adding-on* gelişimine sebep olan faktörleri incelemiş ve EAS'nin LTV'ye (LTV: CSVL çizgisi kranial yönde takip edildiğinde son değdiği vertebral segment olarak tanımlanır) veya daha alt seviyelere kadar uzatılması gerektiğini öne sürmüşlerdir.^[15] Qin ve ark., L4 vertebra'nın eğrilik yönüne göre Lenke tip 2 eğriliklerin tip 2A-R (L4 sağa eğimli) ve tip 2A-L (L4 sola eğimli) olarak sınıflandırılabilceğini söylemişler ve tip 2A-R eğrilikte LSVT (CSVL çizgisi kraniale takip edildiğinde pediküller arasından veya pediküller üzerinden geçen son vertebra), tip 2A-L de ise LSTV -1 seviyesinin EAS olarak seçilmesinin *adding-on* fenomeni gelişimini önleyeceğini öne sürmüşlerdir.^[16]

Özet olarak literatürde EAS seçim stratejisi yazarlar arasında farklılık göstermektedir. Komplikasyonlardan kaçınmak ve daha fazla spinal segmenti hareketli bırakmak arasında denge kurulması amacıyla yazarlar farklı görüşler öne sürmektedir. Enstrümantasyonun alt seviyesi seçimi konusunda cerrahi planlamada yol gösterici kılavuzlar oluşturabilmek için karşılaştırmalı uzun dönem sonuçları olan yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

SELEKTİF TORAKOLOMBER/LOMBER FÜZYON

Enstrümantasyonun Üst Seviyesi (EÜS) Seçimi

Torakolomber/lomber eğriliklerde EÜS seçiminde selektif torasik füzyondaki EÜS seçiminin aksine fikir birliği mevcuttur. Lenke ve ark. eğriliğe katılan üst son vertebra'nın EÜS olarak seçilmesini önermişlerdir.^[7] Shufflebarger ve ark. üst son vertebra ve alt son vertebra arasında pedikül vidaları kullanılarak posterior füzyon yapılan hastalarda iyi sonuçlar bildirmişlerdir.^[17] Bennett ve ark. üst son vertebra'nın EÜS olarak seçildiği hastalarda uzun dönem sonuçların iyi olduğunu bildirmişlerdir.^[18] Trobisch ve ark. Lenke 5C hastalar için yayınladıkları kılavuzda torasik kifozun apeksi olmamak koşuluyla üst son vertebra'nın EÜS olarak kullanılmasını önermişlerdir.^[8]

2014 yılına gelindiğinde Okada ve ark., kısa füzyon stratejisinin Lenke 5C eğriliği olan hastalarda uygulanabilirliği alanında ilk karşılaştırmalı çalışmalarını yayınlamış ve EÜS olarak üst son vertebra yerine bir alt seviyesinin seçil-

mesinin bir alternatif olabileceğini öne sürmüşlerdir.^[19] 2016'da Sudo ve ark. yaptıkları çalışmada EÜS'nin üst son vertebra-1 olarak seçilmesinin klinik ve radyolojik sonuçları değiştirmedeğini bildirmişlerdir.^[20]

Özet olarak torakolomber/lomber eğriliği olan selektif füzyona aday olgularda EÜS olarak üst son vertebra veya alternatif olarak bir seviye altının seçilmesi yazarların ortak görüşü olarak ortaya çıkmaktadır.^[1]

Enstrümantasyonun Alt Seviyesi (EAS) Seçimi

Torakolomber/lomber adolesan idiyopatik skolyozda kısa füzyon stratejisinin ana amacı distalde hareketli segmentlerin korunması, disk dejenerasyonu ve bel ağrısının önlenmesidir. Bazı yazarlar tarafından distal füzyon seviyesinin klinik ve radyolojik olarak sonuçları etkilemediğine sürülse de genel kanı distalde bırakılan her bir hareketli segmentin uzun dönem prognoz açısından çok önemli olduğu şeklindedir.^[21,22]

2014 yılında Kim ve ark. yaptıkları çalışmada ameliyat öncesi grafilerde CSVL'nin L3'ü kesmesi ve eğilme grafilerinde rotasyonun grade 2'den az olması şeklinde L3'ün EAS olarak seçilebileceğini bu kriterleri sağlamaması durumunda füzyonun L4'e uzatılması gerektiğini söylemişlerdir.^[23] Cheng ve ark., torakolomber eğriliği fleksibilitesine göre sınıflandırmıştır. Buna göre eğer eğrilik fleksibl ise (L3 CSVL'yi kesiyor ve rotasyon <grade 2) EAS olarak L3 (alt son vertebra) seçilmeli, eğer eğrilik rijit ise (L3 CSVL'yi kesmiyor ve rotasyon >grade 2) EAS L4 (alt son vertebra +1) olmalıdır.^[24] Lee ve ark., LTV'nin optimal düzelme oranı ve komşu segment hastalığı gelişimindeki önemine dikkat çekmişlerdir. Alt son vertebra L3 veya daha üst segmentte ve LTV L4 veya daha üst segmentte olması durumunda L3'ün EAS olarak seçilmesini önermişlerdir. Alt son vertebra'nın L4≤ ve LTV= L5 olması durumunda alt füzyon seviyesi seçiminde dikkatli olunması gerektiğini bildirmişlerdir.^[25] Güncel çalışmalarda distal enstrümantasyonun L3 seviyesinde bırakılmasının veya 1-2 hareketli segment bırakılmasının daha uzun seviye implantasyonu arasında klinik ve radyolojik olarak fark olmadığı bildirilmiş ve enstrümantasyonu L3 seviyesinde bırakmanın lomber bölgede hareketli segmentlerin korunması açısından uygun olabileceği bildirilmiştir.^[26,27]

Özet olarak tartışmalar devam etse de belirli kriterlerin sağlanması durumunda enstrümantasyonun L3 seviyesinde sonlandırılması konusunda bir fikir birliği mevcuttur.^[1] Adolesan idiyopatik skolyozda torakolomber/lomber eğriliği olan olgularda selektif füzyonun alt seviyesinin seçimi konusunda kesin kılavuzlar oluşturabilmek için karşılaştırmalı, uzun dönem sonuçları olan ileri çalışmalara ihtiyaç vardır (Şekil 2).



Şekil 2.a-b. Selektif torakolomber/lomber füzyon: Ameliyat öncesine (a) ve sonrasına (b) ait ön-arka plandaki röntgen görüntüleri.

SELEKTİF FÜZYONDA EĞRİLİĞİN DÜZELTİLME MİKTARI

Selektif füzyon yapılan hastalarda kendiliğinden lomber bölgedeki eğriliğin ve koronal dengesizliğin düzelmesi sadece distal füzyon seviyesine bağlı olmamakla birlikte; deformite şekline, düzeltme miktarına, mekanizmasına ve stratejisine de bağlıdır.^[28] Atıcı ve ark., torasik skolyozlarda stabil vertebraya göre farklı alt son vertebra seçimleri sonrasında koronal dengeyle distal füzyon seviyesi arasında önemli ilişki olmadığını gözlemlediklerini bildirdiler.^[29] Selektif füzyonların ne kadar düzeltileceğiyle ilgili ortak bir görüş birliği mevcut değildir. Imrie ve ark. tarafından %80'in üzerinde eğriliğin düzeltilmesi aşırı düzeltme olarak belirtilmiş, aşırı düzeltme sonrası koronal dengede dengesizlik riski; Lenke tip 1A ve tip 1B vakalarında daha düşükken, tip 1C vakalarında dengesizlik gelişme riskinin daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır.^[30] Wang ve ark. ise Lenke tip 1C vakalarında selektif füzyon uygulanan hasta gruplarında düzeltme miktarıyla koronal dengesizlik arasında ilişki olmadığını belirtmişlerdir.^[31] Atıcı ve ark.'nın yaptıkları çalışmada, aşırı düzeltme yapılan selektif füzyonlu 34 hastanın beşinde (3 Lenke tip 1B ve 2 Lenke tip 1C) dekompansement oluştuğu belirtilmiştir. Bu nedenle selektif füzyon uygulanan Lenke tip 1B ve tip 1C vakalarında aşırı düzeltme uygulanırken koronal dengesizlik gelişebileceği konusunda dikkatli olunması gerektiği yazarlarca önerilmiştir.^[29]

SONUÇ

Adolesan idiyopatik skolyozu olan hastalarda cerrahi tedavinin amacı dengeli bir düzeltme sağlamak ve mümkün olan en fazla hareketli segmentin bırakılmasıdır. Yıllar içinde sınıflama sistemleri değişmiş, enstrümantasyon sistemleri geliştirilmiş ve ameliyat teknikleri ilerlemiş olmasına karşın selektif füzyon seviyesi seçimi hâlen tartışmalı, ortak bir görüş sağlanamamış, kompleks bir konu olarak kalmıştır. Yapılan çalışmalar ele alındığında torasik majör eğrilikte EAS seviyesi ile torakolomber/lomber eğrilikte EAS ve EÜS seviyesi seçimi konusunda kesin bir görüş birliği olmasa da yazarların benzer fikirde olduğu görülmektedir. Diğer yandan selektif torasik füzyonda EAS seçimi konusunda yazarların birbirinden oldukça farklı fikirde olduğu ve tartışmanın devam ettiği görülmektedir. Selektif füzyon seviyeleri seçimi konusunda standardize edilmiş, üzerinde uzlaşmış bir kılavuz oluşturulabilmesi için ileri, uzun dönem sonuçları olan, karşılaştırmalı çalışmalara ihtiyaç vardır. Aynı zamanda selektif füzyon uygulayacağımız birbirinden farklı eğriliğe sahip hasta gruplarının hangisine ne kadar koreksiyon uygulayacağımız konusunda karşılaştırmalı, uzun dönem sonuçları olan ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Kim DH, Hyun SJ, Kim KJ. Selection of fusion level for adolescent idiopathic scoliosis surgery: Selective fusion versus postoperative decompensation. J Korean Neurosurg Soc 2021;64(4):473-85. [Crossref](#)
2. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. J Child Orthop 2013;7(1):3-9. [Crossref](#)
3. Fischer CR, Kim Y. Selective fusion for adolescent idiopathic scoliosis: A review of current operative strategy. Eur Spine J 2011;20(7):1048-57. [Crossref](#)
4. Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. J Bone Joint Surg Am 1962;44-A:591-610. [Crossref](#)
5. Moe JH. A critical analysis of methods of fusion for scoliosis; An evaluation in two hundred and sixty-six patients. J Bone Joint Surg Am 1958;40-A(3). [Crossref](#)
6. 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](#)
7. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. A new classification to determine extent of spinal arthrodesis. J Bone Joint Surg Am 2001;83(8):1169-81. [Crossref](#)
8. Trosch PD, Ducoffe AR, Lonner BS, Errico TJ. Choosing fusion levels in adolescent idiopathic scoliosis. JAAOS 2013;21(9):519-28. [Crossref](#)

9. Kim YJ, Hyun SJ, Cheh G, Cho SK, Rhim SC. Decision making algorithm for adult spinal deformity surgery. *J Korean Neurosurg Soc* 2016;59(4):327-33. [Crossref](#)
10. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Kim J, Cho SK. Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following segmental posterior spinal instrumentation and fusion: Minimum 5-year follow-up. *Spine* 2005;30(18):2045-50. [Crossref](#)
11. Fischer CR, Lenke LG, Bridwell KH, Boachie-Adjei O, Gupta M, Kim YJ. Optimal lowest instrumented vertebra for thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform* 2018;6(3):250-6. [Crossref](#)
12. Suk SI, Lee SM, Chung ER, Kim JH, Kim WJ, Sohn HM. Determination of distal fusion level with segmental pedicle screw fixation in single thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 2003;28(5):484-91. [Crossref](#)
13. Parisini P, di Silvestre M, Lolli F, Bakaloudis G. Selective thoracic surgery in the Lenke type 1A: King III and King IV type curves. *Eur Spine J* 2009;18(SUPPL. 1):82-8. [Crossref](#)
14. Wang Y, Hansen ES, Høy K, Wu C, Bünger CE. Distal adding-on phenomenon in Lenke 1A scoliosis: Risk factor identification and treatment strategy comparison. *Spine* 2011;36(14):1113-22. [Crossref](#)
15. Matsumoto M, Watanabe K, Kawakami N, Tsuji T, Uno K, Suzuki T, et al. Postoperative shoulder imbalance in Lenke Type 1A adolescent idiopathic scoliosis and related factors. *BMC Musculoskelet Disord* 2014;15(1). [Crossref](#)
16. Qin X, He Z, Yin R, Qiu Y, Zhu Z. Selecting the last substantially touching vertebra as lowest instrumented vertebra in Lenke type 2A-R and 2A-L curves. *Spine* 2020;45(5):309-18. [Crossref](#)
17. Shufflebarger HL, Geck MJ, Clark CE. The posterior approach for Lumbar and Thoracolumbar adolescent idiopathic scoliosis: Posterior shortening and pedicle screws. *Spine* 2004;29(3):269-76. [Crossref](#)
18. Bennett JT, Hoashi JS, Ames RJ, Kimball JS, Pahys JM, Samdani AF. The posterior pedicle screw construct: 5-Year results for thoracolumbar and lumbar curves: Presented at the 2013 Joint Spine Section Meeting - Clinical article. *J Neurosurg Spine* 2013;19(6):658-63. [Crossref](#)
19. Okada E, Watanabe K, Pang L, Ogura Y, Takahashi Y, Hosogane N, et al. Posterior correction and fusion surgery using pedicle-screw constructs for Lenke type 5c adolescent idiopathic scoliosis: A preliminary report. *Spine* 2015;40(1):25-30. [Crossref](#)
20. Sudo H, Kaneda K, Shono Y, Iwasaki N. Selection of the upper vertebra to be instrumented in the treatment of thoracolumbar and lumbar adolescent idiopathic scoliosis by anterior correction and fusion surgery using dual-rod instrumentation: A minimum 12-year follow-up study. *Spine J* 2016;16(3):281-7. [Crossref](#)
21. Ding R, Liang J, Qiu G, Shen J, Li Z. Evaluation of quality of life in adolescent idiopathic scoliosis with different distal fusion level: A comparison of L3 versus L4. *J Spinal Disord Tech* 2014;27(5). [Crossref](#)
22. Sun Z, Qiu G, Zhao Y, Wang Y, Zhang J, Shen J. Lowest instrumented vertebrae selection for selective posterior fusion of moderate thoracolumbar/lumbar idiopathic scoliosis: Lower-end vertebra or lower-end vertebra+1? *Eur Spine J* 2014;23(6):1251-7. [Crossref](#)
23. Kim SS, Lim DJ, Kim JH, Kim JW, Um KS, Ahn SH, et al. Determination of the distal fusion level in the management of thoracolumbar and lumbar adolescent idiopathic scoliosis using pedicle screw instrumentation. *Asian Spine J* 2014;8(6):804-12. [Crossref](#)
24. Chang DG, Yang JH, Suk S il, Suh SW, Kim YH, Cho W, et al. Importance of distal fusion level in major thoracolumbar and lumbar adolescent idiopathic scoliosis treated by rod derotation and direct vertebral rotation following pedicle screw instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017;42(15):E890-E898. [Crossref](#)
25. Lee CS, Ha JK, Hwang CJ, Lee DH, Kim TH, Cho JH. Is it enough to stop distal fusion at L3 in adolescent idiopathic scoliosis with major thoracolumbar/lumbar curves? *Eur Spine J* 2016;25(10):3256-64. [Crossref](#)
26. Ilharreborde B, Ferrero E, Angelliaume A, Lefevre Y, Accadbled F, Simon AL, et al. Selective versus hyperselective posterior fusions in Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis: Comparison of radiological and clinical outcomes. *Eur Spine J* 2017;26(6):1739-47. [Crossref](#)
27. Tavares Daher M, Carrijo Melo N, Nunes Nascimento Vinício, et al. L3 Or L4? What is the best distal level of arthrodesis in lumbar fusion in patients with adolescent idiopathic scoliosis: L3 or L4. 2019;18(3):200-4. [Crossref](#)
28. 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* 2011;36(14):1131-41. [Crossref](#)
29. Atıcı Y, Erdoğan S, Akman YE, Mert M, Çarkçı E, Tüzüner T. The surgical overcorrection of Lenke Type 1 deformities with selective fusion segments: What happens to the coronal balance? *Korean J Spine* 2016;13(3):151. [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(1 Suppl). [Crossref](#)
31. Wang Y, Bünger CE, Wu C, Zhang Y, Hansen ES. Postoperative trunk shift in Lenke 1C scoliosis: What causes it? How can it be prevented? *Spine* 2012;37(19):1676-82. [Crossref](#)