



Proksimal bileşke kifoza, distal bileşke kifoza ve *adding on* kavramları: Önleme ve tedavi yöntemleri

Proximal junctional kyphosis, distal junctional kyphosis and adding on; prevention and treatment methods

Cem Albay

Metin Sabancı Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Adolesan idiyopatik skolyoz koronal, sagittal ve aksiyel planların üç boyutlu bir deformitesidir. Dolayısıyla skolyozun doğal hâli, cerrahinin sonuçları ve komplikasyonları da bu üç planda da görülebilir. Ayrıca omurga cerrahisinde kullanılan enstrümantasyon tekniklerindeki değişiklikler özellikle implant ilişkili komplikasyonlar üzerine etkili olmuştur. Son yıllarda omurga cerrahisinde segmental enstrümantasyon tekniklerinin özellikle de pedikül vidalarının kullanımıyla deformitenin düzeltilebilme başarısında artış sağlanmış; yalnızca posterior tekniklerle rijit ve yüksek dereceli deformitelerin cerrahi düzeltmesi mümkün hâle gelmiş, osteotomi ihtiyacı azalmıştır. Bu sayede omurga cerrahisi uygulaması yaygınlaşmıştır. Ancak bununla birlikte cerrahiye bağlı veya implantlarla ilişkili bazı komplikasyonlar daha fazla görülmeye başlamıştır. Omurga cerrahisi sonrasında komşu segmentlerin dejenerasyonu, proksimal, distal bileşkelerin kemik ya da yumuşak doku yetmezlikleri, buna bağlı enstrümantasyonun en proksimalinde veya distalinde gelişen kifoz artışları, skolyotik eğimin füzyon sahasının distaline ilerlemesi komplikasyon olarak görülebilir. Bu durumların tanım olarak bilinmesi, gelişmesini önlemek için risk faktörlerinin belirlenmesi ve doğru ameliyat öncesi planlama önemlidir.

Anahtar sözcükler: proksimal bileşke kifoza; distal bileşke kifoza; komplikasyon; adolesan idiyopatik skolyoz; *adding-on*

Adolescent idiopathic scoliosis is a three-dimensional deformity of the coronal, sagittal and axial planes. Therefore, the natural state of scoliosis, the results and complications of surgery can be seen in these three planes. In addition, the change of instrumentation techniques used in spine surgery has been especially effective on implant-related complications. In recent years, the success of correcting the deformity has increased with the use of segmental instrumentation techniques, especially with pedicle screws. Surgical correction of rigid and high-grade deformities have become possible via only posterior techniques and the need for osteotomies has reduced. In this way, the practice of spine surgery has become widespread. However, some complications related to surgery or implants have started to be seen more. After spine surgery, degeneration of adjacent segments, bone or soft tissue insufficiency of proximal and distal junctions, increase in kyphosis in the most proximal or distal part of the instrumentation and progression of the scoliotic curve to the distal unfused site can be seen as complications. Knowledge of these conditions, determination of risk factors and correct preoperative plan are important.

Key words: proximal junctional kyphosis; distal junctional kyphosis; complication; adolescent idiopathic scoliosis; adding-on

Segmental enstrümantasyon sistemlerinin kullanılmaya başlanmasıyla daha az segmentin füzyon sahasına katılmasına rağmen, koronal planda düzeltme imkanı %18'den %67'ye çıkmıştır.^[1] Bunda transpediküler vidaların kuvvetli yapısı ve pedikül içi spongioz kemiğe tutunmasının yanında, posterior

kolona ek olarak orta ve anterior kolonlara da hâkim olunarak eğriliğe üç planda da hâkimiyet kurulabilmesi etkindir.^[2] Ancak; omurga cerrahisindeki teknik ve becerilerin gelişmesi, torakal omurgada da pedikül vidalarının kullanılmasının yaygınlaşması, enstrümantasyonun omurga üzerinde oluşturduğu sağlam tespit

İletişim / Contact: Uzm. Dr. Cem Albay • E-posta / E-mail: cemalbay@hotmail.com

ORCID iD: Cem Albay, 0000-0002-4063-9883

Geliş / Received: 5 Mayıs 2022 • **Revizyon / Revised:** 15 Temmuz 2022, 22 Eylül 2022 • **Kabul / Accepted:** 28 Eylül 2022

etkisi ve eskiye kıyasla pek çok spinal deformitenin düzeltilmesiyle cerrahi tedaviye geçişin oransal olarak artması; beraberinde implant ilişkili komplikasyonların da görülmesiyle sonuçlanmıştır.^[3]

Skolyoz her ne kadar omurganın koronal planda orta hattan laterale doğru olan 10° ve üzerindeki eğrilikleri olarak tanımlansa da adolesan idiyoPATİK skolyoz (AIS) adolesan yaşta omurganın hem koronal, hem sagittal hem de aksiyel plandaki üç boyutlu deformitesidir ve eğriliğin doğal hâli, cerrahinin sonuçları ve dolayısıyla komplikasyonları da bu üç planda da görülebilir. Bununla birlikte yapının sertliğinin cerrahi alanın komşu segmentlerinde daha fazla yüklenme yapabileceği açıktır.^[4] Omurga cerrahisinden sonra komşu segmentlerde dejenerasyon görülebilir. Bu durum; cerrahi konstrüksiyonun distalinde görülebileceği gibi proksimalinde de karşımıza çıkabilir.

Adolesan idiyoPATİK skolyoz cerrahisinde mümkün olan en az seviyenin füzyonuyla cerrahi düzeltme sağlamak amaçlanır. Gereğinden fazla segmentin füzyonu omurga hareketinin kısıtlanmasına sebep olabilir. Gereğinden az seviyenin füzyonunda ise deformitenin yetersiz düzeltilmesi veya deformitenin füze edilmemiş alanlarda tekrarı ile karşılaşılabilir. Bu bağlamda konstrüksiyonun proksimalinde görülen proksimal bileşke kifozu [PBK, (proksimal *junctional* kifoz, PJK)], distalinde saptanabilen distal bileşke kifozu [DBK, (distal *junctional* kifoz, DJK)] ve füze edilmemiş alanlarda karşımıza çıkabilen *adding on* fenomeni tanımlarının kavramsal olarak bilinmesi, doğru planlama ile önlenmesi ve gelişmesi durumunda çözülebilmesi önemlidir. Bu bölümde bu kavramlara değinilecektir.

PROKSİMAL BİLEŞKE KİFOZU

Proksimal bileşke kifozu erişkin spinal deformite cerrahisi sonrasında sık görülen bir komplikasyondur. Proksimal bileşke kifozu ilk defa Lowe ve Kasten tarafından Scheuermann kifozu hastalarında rapor edilmiştir.^[5] Glattes tarafından en üst enstrümanite edilen vertebranın (ÜEV) plağıyla iki üst seviyenin üst uç plağı arasında lateral spinal ortoröntgenogramda ölçülen Cobb açısının $\geq 10^\circ$ olması ve perioperatif ölçüme kıyasla $\geq 10^\circ$ artış olması olarak tanımlanmıştır (Şekil 1).^[6] Proksimal bileşke kifozu daha sonraları Helgeson ve ark.^[7] tarafından ÜEV ile bir üst seviye arasında $\geq 15^\circ$, Briedwell ve ark.^[8] tarafından ÜEV ile iki üst seviye arasında $\geq 20^\circ$ sagittal açılma olarak bildirilmiştir. Proksimal bileşke kifozu literatürde %4.3 ila %61.7 arasında bildirilmiştir.^[9,10] Proksimal bileşke kifozunun görülme sıklığının bu kadar geniş bir



Şekil 1. Proksimal bileşke kifozunun ölçülmesi.

aralıkta bildirilmesine hasta gruplarında yaşların ve PBK ölçümlerinde kullanılan tanı kriterlerinin farklı olması neden olmaktadır.

Proksimal bileşke kifozu, asemptomatik hastalardan; belirgin deformite, hatta ağrı, fonksiyonel kısıtlılık ve nörolojik defisit eşlik ettiği hastalara dek geniş bir klinik yelpazede yer almaktadır. Proksimal bileşke kifozu sonrası revizyon ihtiyacı çok nadir olsa da PBK'ya ağrının ve fonksiyonel etkilenimin eşlik ettiği farklı çalışmalarda bildirilmiştir.^[11] Nörolojik deformitenin veya revizyon ihtiyacının olduğu olgular proksimal bileşke yetmezliği [PBK, (*proximal junctional failure*, PJF)] olarak nitelendirilir ve PBK'nın vertebral subluksasyonla sonuçlanması nedeniyle gelişebilir.^[12] Bununla birlikte mevcut literatür PBK'nın tanı kriterleri ve tanımına yönelik yetersiz kalmakta veya fikir birliği oluşturamamaktadır.

Proksimal bileşke kifozu gelişimi üzerine cerrahi yöntemin şekli ve teknik detayları, radyografik özellikler, kullanılan implant ve hasta bazlı pek çok faktörün etki ettiği bildirilmiştir.^[13] Bu nedenle PBK gelişiminin sebebi çok faktörlü olarak tanımlanmaktadır.

ÜEV seviyesinin proksimalinde yer alan yumuşak dokunun özellikle de ÜEV proksimalindeki interspinöz ligament ve kas yapısının haraplanması ve ÜEV'nin bir üst seviyesinde (ÜEV+1) faset eklem kapsüllerinin yapısının bozulması, ÜEV ve proksimaline binen yük dağılımını değiştirerek PBK gelişimine katkıda bulunmaktadır.^[14]

Deformite cerrahisinde kullanılan implant rijiditesinin PBK gelişimine katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Günümüzde kullanılan ve üç kolona da hakimiyet sağlayan pedikül vidalarının konstrüksiyonel sertliğinin PBK gelişimini arttırdığı çalışmalarda rapor edilmiştir.^[7] Konstrüksiyonun sert yapısının omurganın kısıtlanmış esnekliğine bağlı olarak ÜEV seviyesinde normalden fazla yük birikimine sebep olarak PBK gelişimine katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte Luo ve ark. AIS hastalarında pedikül vidasıyla hibrid enstrümantasyonun etkilerini karşılaştırdıkları derlemelerinde iki grup arasında fark saptayamamışlardır.^[15]

Benzer şekilde füzyonun sakruma uzatıldığı hasta grubunda esnekliğin distalden sağlanamaması ve omurganın tüm kompansasyon mekanizmasını ÜEV seviyesinde gerçekleştirmesi PBK riskini arttırmaktadır. Yapılan çalışmalarda sakropelvik fiksasyonun PBK riskini arttırdığı bildirilse de; özellikle erişkin deformite cerrahisinde lumbosakral psödoartroz gelişme riskinin PBK riskinden daha fazla olması ve PBK'nın revizyon ihtimalinin sakropelvik fiksasyonun uygulanmamasına bağlı olan revizyon ihtimalinden daha düşük olması nedeniyle; özellikle erişkin hastalar bir bütün olarak değerlendirilmeli ve tek başına sakropelvik fiksasyonun PBK riskini arttırma ihtimali; olası bir pseudoartroza tercih edilmemelidir.^[13]

Kombine anterior ve posterior cerrahi uygulamaları da benzer şekilde implant sertliğini arttırarak PBK gelişimine katkıda bulunabilir.^[16] İzole posterior yaklaşımda izole anterior yaklaşım uygulanan hastalara kıyasla daha fazla PBK görülmesi de posterior yaklaşımda ligamentöz yapı ve kas yapısının daha fazla hasara uğramasına bağlanmaktadır.^[13,14]

ÜEV seviyesinin doğru tayini de PBK gelişimi ve önlenmesi ile doğrudan ilişkilidir. ÜEV'nin alt torasik vertebralarda sonlanması vertebral kırığa ve PBY'ye neden olmaktadır.^[17]

Deformite düzeltme miktarının ve sagittal vertikal aksın (SVA) düzeltilme miktarının da ÜEV seviyesine

aşırı yüklenme yaptığı; omurganın füzyon sağlanana dek eski postürünü yakalama eğiliminde olmasından dolayı, ÜEV seviyesindeki anormal ve orantısız yük dağılımının PBK riskini arttırdığı bildirilmiştir.^[13] Lomber lordozda ve torakal kifoz açılarında 30°'den fazla değişim olması PBK ile sonuçlanabilir.^[18] Ameliyat sonrası dizilim optimum seviyede tutulmalıdır. Bu bilgiler eşliğinde hastaların ameliyat öncesi radyografik ölçümleri de PBK gelişimine katkıda bulunabilir. Mendoza-Lattes ve ark. torasik kifozun lomber lordozda göre daha yüksek açılı kalmasına rağmen sagittal dengenin pelvik retroversiyona ikincil olarak düzeltilmiş görüldüğü hastalarda PBK riskinin arttığını bildirmiştir.^[19] Ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası yüksek torakal kifoz açısı, yüksek ameliyat öncesi sagittal balans ve yüksek postoperatif sakral slop açısının PBK ile korele olduğu bildirilmiştir.^[20]

Cerrahi öncesinde proksimal bileşke açısının 5°'den fazla olduğu saptanan hastalarda PBK ve PBY riskinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir.^[21] Ancak Hollenbeck ve ark. çalışma grubunda bu durumu saptayamamıştır.^[22]

Hastalarda osteopeni ve osteoporoz varlığı ÜEV seviyesinde kırık gelişimi ve *pull out* riskinin daha fazla olması nedeniyle PBK oluşumuna neden olabilir. Artan yaş ile birlikte PBK'nın artması ile de benzer ilişki kurulabilir. Sebaaly ve ark. ileri yaş ve yüksek vücut kitle indeksine sahip hastalarda PBK'nın daha fazla görüldüğünü bildirmiştir.^[23] Sigara ve tütün kullanımı da PBK ile ilişkilendirilmiştir.^[11]

PROKSİMAL BİLEŞKE YETMEZLİĞİ

Proksimal bileşke yetmezliği revizyon cerrahisine ihtiyaç duyulan semptomatik herhangi bir PBK olarak yorumlanmıştır.^[24] Hastaların %1,4'ünde PBY bildirilmiş ve revizyon gerekçesi olarak sıklık sırasına göre ağrı, nörolojik defisit ve baş pitozu sıralanmıştır.^[24] Bununla birlikte Hart^[25] ve Hostin^[17] PBY'yi PBK'ya ek olarak ÜEV veya bir üst seviyede kırık, posterior interossöz ligament kopması ve ÜEV vida geri gelmesi (*pull-out*) gibi durumlardan en az birinin eşlik etmesi olarak yorumlamıştır. Buna göre Hart erişkin hasta grubunda bu kriterlerin %4,67 oranında görüldüğünü sıklık sırasına göre kırık, yumuşak doku yetmezliği ve vida sıyrılmasının PBY etkeni olduğunu bildirmiştir.^[25] Proksimal bileşke yetmezliği gerçek insidansının belirlenmesi ve tam tanımlanıp tedavi edilmesi için doğru tanı kriterlerine sahip olması ve PBK'dan ayırt edilmesi gerekliliği açıktır. *Hart-International Spine Study Group* (ISSG) tarafınca bildirilen *PBY Severity Score* altı alt başlık ile PBY şiddetini belirlemeye yardımcı olmaktadır.^[26]

Hart-ISSG PBY Severity Score;

- Nörolojik defisit varlığı (yok: 0 puan, radiküler ağrı: 2 puan, miyelopati/motor defisit: 4 puan),
- Aksiyel ağrı (yok: 0 puan, Vizüel Analog Skala (VAS) 4 ve altı: 1 puan, VAS: 5 ve üstü: 3 puan),
- Enstrümantasyon yetmezliği (yok: 0 puan, kısmi fiksasyon kaybı: 1 puan, enstrüman belirginliği: 1 puan, tam fiksasyon kaybı: 2 puan),
- Kifoz açısı değişimi (0-10°: 0 puan, 10-20°: 1 puan, >20°: 2 puan, posterior ligamentöz kompleks yetmezliği: 2 puan)
- ÜEV/ÜEV+1 seviyesinde kırık gelişimi (yok: 0 puan, kompresyon kırığı: 1 puan, burst/chance kırığı: 2 puan, translasyon: 3 puan)
- ÜEV seviyesi (torakolomber: 0 puan, üst torakal: 1 puan) şeklinde puanlanmaktadır.

Lau ve ark. dokuz ve üstü puanın revizyon cerrahisiyle %96 ilişkili olduğunu bildirmiştir.^[27]

Proksimal bileşke yetmezliğinin progresif bir süreç olduğu unutulmamalıdır. Hart ve ark. PBY'nin çoğunlukla erken postoperatif dönemde ortaya çıktığını, revizyon süresinin vakaların yaklaşık yarısında ilk ameliyattan sonra altı ay içinde gerçekleştirdiğini bildirmiştir.^[25] Proksimal bileşke kifozu ve proksimal bileşke yetmezliğinin hasta fonksiyonları ve SRS-22r ağrı skorları üzerine olan olumsuz etkileri nedeniyle PBK gelişimine etki edecek faktörler minimize edilmeli ve uygun cerrahi planlama yapılmalıdır.^[11] Buna göre Lau ve ark. tarafından bazı stratejiler geliştirilmiştir:^[28]

1. Enstrüman sertliği azaltılmalıdır. Bunu sağlamak için karışık materyaller kullanılmalıdır.
2. Kullanılacak materyal miktarı azaltılmalıdır.
3. Ameliyat öncesi segmental kifoz açıları $\geq 5^\circ$ olan segmentler füzyon hattına dâhil edilmelidir.
4. ÜEV seviyesinde yumuşak doku distraksiyonundan kaçınılmalıdır. Deformitenin düzeltilmesi için zorlu kuvvet uygulamalarından kaçınılmalıdır.
5. Koronal ve sagittal düzeltme miktarı optimum seviyede yapılmalıdır.
6. Osteotomiler mümkün olan en distal seviyelerden yapılmalı, geçiş rodları kullanılmalıdır.
7. Tamamen pedikül vidası kullanımı yerine ÜEV seviyesinde çengel kullanımı düşünülmelidir.
8. ÜEV seviyesinin tayininde dikkatli olunmalıdır.

9. ÜEV'nin seviyelerinde yumuşak dokuların harabiye-tinden kaçınılmalı, ÜEV'nin bir üst seviyesine faset eklem kapsülünün korunması için özen gösterilmelidir.

10. Mümkünse anterior ve posterior kombine yaklaşımlardan uzak durulmalıdır.

11. Hastalar kilo vermesi açısından desteklenmeli gerekirse diyetisyene yönlendirilmelidir.

12. Osteopeni ya da osteoporoz varlığında teriparatid kullanımı düşünülmelidir. Bu tip hastaların cerrahi tedavisinde ÜEV ve bir üst seviyeye çimentolamayla vertebral augmentasyon uygulanabilir.

DİSTAL BİLEŞKE KİFOZU

Distal bileşke kifozu 2006'da Lowe ve ark. tarafınca füzyonun distalindeki segmentte en alt enstrümantate vertebranın (AEV) üst uç plağıyla bir alt vertebranın alt uç plağı arasında $\geq 10^\circ$ lik bir sagittal açı olarak tanımlanmıştır (Şekil 1).^[29] Denis ise daha sonra DBK'yı; en alt enstrümantate vertebranın kaudal uç plağıyla bir aşağıdaki omurun kaudal uç plağı arasında 10° ve üzeri bir açılanma veya ameliyat öncesi ölçüme kıyasla 10° 'den fazla artış olarak tanımlandı.^[30] Cho ve ark. ise DBK'yı AEV'nin hemen distalindeki lomber disk alanında kifotik bir değişiklik olarak tanımlamıştır.^[31] Fikse edilmiş ve mobil segmentler arasında kopukluk anlamına gelir.^[1] Distal bileşke kifozu; distal bileşke segmentinde fleksiyon momentinin mekanik direnci aşması nedeniyle oluşur.^[32]

Distal bileşke kifozunun insidansı da literatürde değişken olarak görülmektedir. Ameri ve ark.^[1] 130 sıralı AIS hastasında bu oranı %6,9 olarak bulmuştur. Richards ve ark.^[33] Cotrel-Dubouset ile enstrümantate edilen 53 hastanın 16'sında, McCance ve ark.^[34] 67 hastanın bir tanesinde DBK saptamıştır.

Distal bileşke kifozunun etiyojisi incelendiğinde de PBK'da olduğu gibi çok faktörlü olduğu görülmektedir. Distal bileşke kifozu gelişmesi üzerine cerrahi füzyonun yöntemi etkilidir. Lowe ve ark. çalışma gruplarında posterior füzyon uygulanan grupta %14,6, anterior füzyon grubunda ise %7,1 DBK bildirdiler.^[29]

Distal bileşke kifozunun gelişimi üzerine PBK'da olduğu gibi enstrümantasyon seviyelerinin yanlış seçimi ve yumuşak doku ve faset eklem yapılarının cerrahi esnasında hasarlanması etkili olmaktadır.^[35] Ayrıca yine ameliyat öncesi sagittal denge bozukluklarıyla korreksiyonun optimal gerçekleştirilmemesinin de etken olduğu bildirilmiştir.^[30] Ancak Ameri ve ark. %50'den fazla eğrilik düzeltmesi ve bileşke bölgesinde yumuşak doku hasarının çalışma

gruplarında bileşke kifozu gelişmesine etki etmediğini bildirdiler.^[1]

Skolyoz cerrahisinde AEV seçiminde ön arka grafide eğrilik paternine göre end vertebra, stabil vertebra veya santral sakral vertikal hattın (*Central Sacral Vertical Line*, CSVL) temas ettiği son vertebra ön plana çıkmış olsa da yakın dönemde sagittal balans ve bileşke bölgesindeki deformite de dikkat çekerek önem kazanmıştır. Distal bileşke kifozu gelişiminde en önemli risk faktörü olarak yanlış AEV seçimi ön plana çıkmıştır. Bu anlamda ilk lomber lordotik diskin distalinde yer alan seviyenin [ilk lordotik vertebra (İLV), *first lordotic vertebra*, FLV] AEV için seçilmesi önerilmiştir.^[36]

Sagittal stabil vertebranın (SSV) AEV seçiminde kullanımı kifoz hastalarında DBK'nın önlenmesi için daha önce kullanılmış ve önerilmiştir.^[31,37] Cho ve ark. füzyon hattının distalde SSV uzatılması durumunda DBK'nın daha az görüldüğünü savunmuşlardır.^[31] Bu amaçla posterior sakral vertikal hattın temas ettiği en proksimal vertebranın seçilmesini önermiştir. Wang ve ark., SSV'nin füzyon sahasına katılmadığı AEV'nin L1 veya üzerinde olduğu hasta grubunda torakal kifoz açısının ameliyat sonrası 25°'nin altında tutulması ve torakolomber bileşke kifoz açısının 10°'nin altına indirilmesi gerektiğini bildirmiştir.^[38] Yang ve ark. da AİS cerrahisinde SSV'nin füzyona katıldığı hasta grubunda DBK saptamadıklarını bildirdiler.^[39] Wang ve ark. çalışma gruplarında AİS hastalarında SSV'nin füzyon sahasına girdiği hasta grubunda DBK'nın %19 olduğunu bildirdi.^[38] Bununla birlikte Zhu ve ark. DBK üzerine kifotik eğriliğin konumunun da etkili olduğunu; Scheuermann kifozunun torakolomber tipinde İLV'nin AEV için yeterli olduğunu, torasik kifoz tipi için ise SSV'nin en iyi seviye olacağını bildirmiştir.^[40]

Torakolomber bileşke hattında $\geq 20^\circ$ açılanma yapısal eğrilik olarak yorumlanır ve füzyon sahasına katılmalıdır. Lowe ve ark.^[29] da T10-L2 hattında kifoz artışının DBK gelişmesine katkıda bulunduğunu göstermiştir. AİS'te DBK ve DBY ile ilgili literatür bilgisi sınırlı sayıdadır.^[1,29]

En alt enstrümante vertebra'nın distalinde spinal füzyon sonrasında kifoz artışı; komşu segmentte mekanik stres yaratarak ağrı, imbalans, kozmetik bozukluk ve dejeneratif disk bozukluklarına neden olabilir.^[29,33]

Buna yönelik olarak Berjano ve ark.^[32] DBK gelişimine engel olmak adına cerrahi planlamada bazı stratejilerin gerektiğini bildirmişlerdir. Buna göre:

1. Alt enstrümante vertebra, sagittal stabil zonda seçilmelidir. Yeterli düzeltme planlanmalıdır.

2. Distal bileşke segmentinde önemli bir dejenerasyon, kifoz veya instabilite olmamalıdır.

3. Distal bileşke segmentinin posterior ligamentöz kompleksi korunmalıdır.

4. Ameliyat öncesi füzyon varlığında uygun teknikler ile normal dizilim elde edilmeye çalışılmalıdır.

5. Füzyon S1'de sonlanırsa, bilateral diverjan iliak vidalar ve L5-S1 anterior cisimler arası füzyonla yapı kuvvetlendirilmelidir.

6. Sakropelvik füzyon gereken vakalarda pelvik insidans ameliyat öncesi ve intraoperatif olarak planlanmalıdır.

7. Eski bir füzyonun pelvise uzatılması gerektiğinde kemik morfojenik protein kullanımından faydalanılabilir.

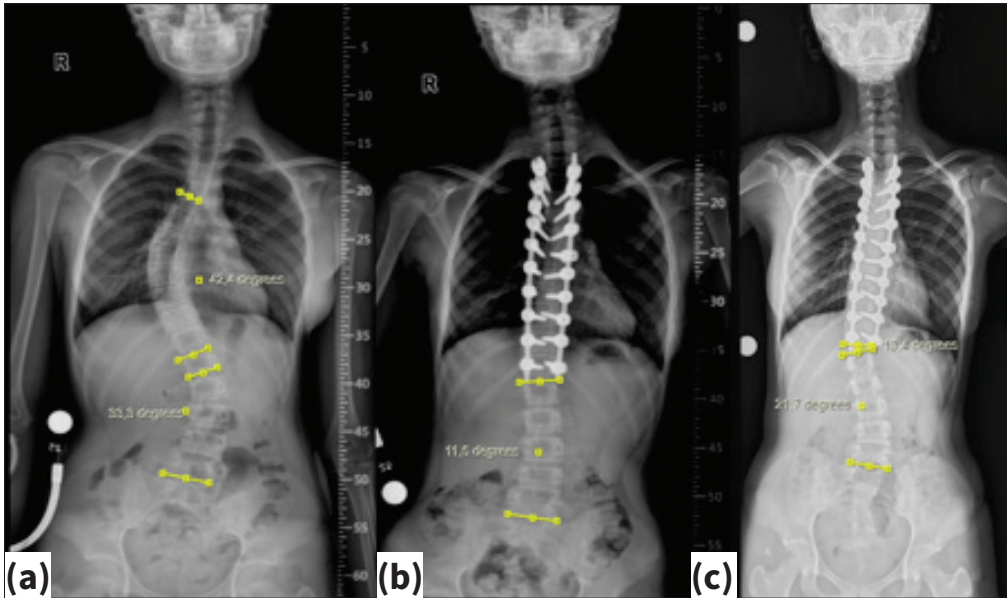
Adolesan idiyopatik skolyoz hastalarında sıklıkla semptomsuz olarak tolere edilse de; DBK veya DBY'ye bağlı ilerleyici deformite veya semptomlar saptandığında distal segmentteki dejenerasyonun ilerleyici olması nedeni ile revizyon cerrahisi endikedir. Tedavisinde dizilimin restorasyonu ve füzyon distalinde stabil bir segmentin füzyona dâhil edilmesi uygulanmalıdır.^[32]

ADDING ON

Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahisinde temel amaç mümkün olan en fazla mobil segment korunarak; başın pelvis üzerinde dengeli konumda olduğu, gövde kaymasına neden olmayan koronal ve sagittal düzlemlerde dengeli bir omurga elde etmektir. Burada en üst ve en alt uç plakların yere paralel hâle getirilmesi amaçlanır. Cerrahi sonrasında tedrici olarak düzeltmede kaybın ortaya çıktığı, füzyon distalinde vertebraların ve disklerin deviasyonunun gözlemlendiği durum distal *adding on* olarak adlandırılır. (Şekil 2) İlk defa Suk ve ark. tarafından ana torasik eğriliğin füzyonu sonrasında torasik eğriliğin aşırı düzelen kompensatuvar lomber eğriliğe doğru uzanması olarak bildirilmiştir.^[41]

Distal *adding on* spinal füzyon cerrahisi sonrasında majör eğrilik içinde yer alan vertebra sayısının distale doğru artması ve AEV distalinde kalan ilk vertebranın bir yıl içinde CSVL'den 5 mm'den fazla deviasyonu veya AEV distalinde yer alan ilk diskte 5°'nin üzerinde açılanma saptanması olarak tanımlanır.^[42]

Progresif korreksiyon kaybıyla karakterizedir. *Adding on* insidansı yayınlarda %0,8 ile %51,1 arasında bildirilmiştir.^[42-44] Bununla birlikte Yang ve ark. meta-analizlerinde *adding on* prevelansının eğrilik tiplerinde farklı seyrettiğini, Lenke 1A'da %15 (%11-19), Lenke 2'de, %12 (%7-16), Lenke 5'te %9 (%5-13) ve diğer AİS tiplerinde %16 (%10-21) oranında görüldüğünü bildirmiştir.^[44] Lenke tip 3, 4, 5 ve 6'da lomber eğriliğin zaten yapısal olması



Şekil 2.a-c. Adding-on gelişen hastanın; ameliyat öncesi (a), ameliyat sonrası erken dönem (b) ve ameliyat sonrası birinci yıl (c) spinal ortoröntgenogram görüntüleri.

ve Lenke tip 1A ve 2'de ise Lomber eğriliklerin kompan-satuvar olup daha fazla mobil segmentin korunması için füzyon sahasına katılmaması eğilimi nedeniyle Lenke tip 1A ve 2 hastalarında daha sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Wang ve ark. selektif torasik füzyon sonrasında yapısal olmayan lomber eğriliğin de bir miktar düzeldiğini ancak enstrümantasyon çok kısa olduğunda lomber vertebranın eski konumuna dönmeye yatkınlaşmasının *adding on* fenomeniyle sonuçlandığını bildirmiştir.^[42]

Adding on sonrası hasta memnuniyetinin azalması revizyon cerrahisi ihtiyacı ile sonuçlanacaktır. Koronal dekompanasyon ve disk kamalaşması, dejeneratif değişiklikler ve sonrasındaki cerrahi gereksinimden sorumludur.^[45,46] *Adding on* gelişen hasta grubunun %6-7'lik kısmı revizyon cerrahisine ihtiyaç duymaktadır.^[47] *Adding on* progresyonu; kötü ameliyat sonrası sonuç ve tedavi memnuniyetsizliğiyle sonuçlanacağı için risk faktörlerinin belirlenmesi önemlidir.^[45]

Distal *adding on* gelişiminde de PBK ve DBK'da olduğu gibi yanlış AEV seçimi önemli rol oynar. Ayrıca; apikal translasyonun giderilememesi, büyüme potansiyelinin devam ettiği hasta grubunda erken cerrahi uygulanması, omuz dengesinin ve pelvik dengenin sağlanamaması ve apikal translasyonun giderilememesi durumunda gözlenir.^[48]

Yang ve ark. daha küçük proksimal torasik eğrilik açısı, ana torasik eğrilik açısı, klavikula açısı, T1 tilt açısının ve koronal ve sagittal aşırı düzelme uygulamasının *adding on* ile ilişkili olduğunu bildirmiştir.^[44]

Özellikle triradiat kırıkdağı açık olan iskelet maturitesi tamamlanmamış hasta grubunda selektif torakal füzyon cerrahisinde büyüme potansiyeli nedeni ile füzyon sahasını kısa tutma eğilimi ve AEV seçim hatalarından sonra gözlenebileceği bildirilmiştir.^[42,44,49]

Adding on gelişiminde en önemli risk faktörü yanlış AEV seçimidir. Alt enstrümanlı vertebra seçiminde Suk ve ark. nötral vertebranın konumunu değerlendirmişlerdir.^[41] Buna göre nötral vertebranın end vertebraya uzaklığı iki vertebradan az olduğunda artrodezi nötral vertebraya uzatmanın riski azalttığını bildirdiler.

Alt enstrümanlı vertebra-CSVL mesafesinin *adding on* ile korele olduğu gösterilmiştir.^[42,44] Wang ve ark.; stabil vertebra-AEV mesafesi, end vertebra-AEV mesafesi ve AEV+1'in (AEV'in kaudalindeki ilk omur) CSVL'den deviasyonunun *adding on* üzerine etkili olduğunu ve AEV+1'in CSVL'den ≥ 10 mm deviasyonu durumunda distal *adding on* gelişme ihtimalinin çok yüksek olduğunu; sakrumdan proksimale doğru CSVL'den deviasyonu 10 mm'den fazla olan ilk vertebranın AEV olarak seçilmesi gerektiğini bildirmiştir.^[42]

Füzyon hattına karar vermede AEV tilt açısı da göz önünde bulundurulmalıdır. Li ve ark. ameliyat öncesi AEV tilt açısının 25° ve üzeri olduğu ve ameliyat sonrası 8° 'nin altına indirilemediği hasta grubunda koronal imbalansın daha olası olduğunu göstermiştir.^[50]

Torasik vertebraların füzyonu sonrasında omuz dengesizliğin devam etmesi durumunda lomber omurganın

omuz dengesizliğini kompanse etmeye çalışması *adding on* fenomeninin ortaya çıkmasına neden olabilir.^[44] Qin ve ark. postoperatif sol omuz yüksekliğinin *adding on*'da progresyona yatkınlık oluşturduğunu bildirmiştir.^[45]

Yang ve ark. *adding on* fenomeninin gelişmesine engel olmak adına bazı önerilerde bulunmuşlardır.^[44] Buna göre:

1) Alt enstrümante vertebra, end vertebradan birden fazla seviye distalde olmalıdır;

2) Alt enstrümante vertebra ayrıca stabil vertebraya iki seviyeden fazla uzak olmamalıdır;

3) Sakrumdan proksimale doğru CSVL'den 10 mm'den fazla sapma gösteren ilk omur AEV olarak seçilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ameri E, Behtash H, Mobini B, Ghandhari H, Vahid Tari H, Khakinahad M. The prevalence of distal junctional kyphosis following posterior instrumentation and arthrodesis for adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Med Iran* 2011;49(6):357-63.
- Lehman RA Jr, Lenke LG, Keeler KA, Kim YJ, Buchowski JM, Cheh G, et al. Operative treatment of adolescent idiopathic scoliosis with posterior pedicle screw-only constructs: Minimum three-year follow-up of one hundred fourteen cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33(14):1598-604. [Crossref](#)
- Reames DL, Smith JS, Fu KM, Polly DW Jr, Ames CP, Berven SH, et al. Complications in the surgical treatment of 19,360 cases of pediatric scoliosis: a review of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36(18):1484-91. [Crossref](#)
- Nguyen NL, Kong CY, Hart RA. Proximal junctional kyphosis and failure-diagnosis, prevention, and treatment. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2016;9(3):299-308. [Crossref](#)
- Lowe TG, Kasten MD. An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease. A review of 32 patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 1994; 19(15):1680-5. [Crossref](#)
- Glattes RC, Bridwell KH, Lenke LG, Kim YJ, Rinella A, Edwards C 2nd. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes, and risk factor analysis. *Spine (PhilaPa1976)* 2005;30(14):1643-9. [Crossref](#)
- Helgeson MD, Shah SA, Newton PO, Clements DH 3rd, Betz RR, Marks MC, et al. Evaluation of proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following pedicle screw, çengel, or hybrid instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(2):177-81. [Crossref](#)
- Bridwell KH, Lenke LG, Cho SK, Pahys JM, Zebala LP, Dorward IG, et al. Proximal junctional kyphosis in primary adult deformity surgery: Evaluation of 20 degrees as a critical angle. *Neurosurgery* 2013;72(6):899-906. [Crossref](#)
- Ogura Y, Glassman SD, Sucato D, Hresko MT, Carreon LY. Incidence of proximal junctional kyphosis with pedicle screws at upper instrumented vertebrae in posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Global Spine J* 2021;11(7):1019-24. [Crossref](#)
- Lee JH, Kim JU, Jang JS, Lee SH. Analysis of the incidence and risk factors for the progression of proximal junctional kyphosis following surgical treatment for lumbar degenerative kyphosis: Minimum 2-year follow-up. *Br J Neurosurg* 2014;28:252-8. [Crossref](#)
- Kim HJ, Bridwell KH, Lenke LG, Park MS, Ahmad A, Song KS, et al. Proximal junctional kyphosis results in inferior SRS pain subscores in adult deformity patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38(11):896-901. [Crossref](#)
- Ha KY, Kim YH, Oh IS, Seo JY, Chang DG, Park HY, et al. Clinical and radiographic features of subtypes of acute proximal junctional failures following correction surgery for degenerative sagittal imbalance. *World Neurosurg* 2019;125:304-12. [Crossref](#)
- Mika AP, Mesfin A, Rubery PT, Molinari R, Kebaish KM, Menga EN. Proximal junctional kyphosis: A pediatric and adult spinal deformity surgery dilemma. *JBJS Rev* 2019;7(4):4. [Crossref](#)
- Kim HJ, Iyer S. Proximal junctional kyphosis. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016 May;24(5):318-26. [Crossref](#)
- Luo M, Li N, Shen M, Xia L. Pedicle screw versus hybrid instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review and meta-analysis with emphasis on complications and reoperations. *Medicine (Baltimore)* 2017;96:7337. [Crossref](#)
- Kim HJ, Yagi M, Nyugen J, Cunningham ME, Boachie-Adjei O. Combined anterior-posterior surgery is the most important risk factor for developing proximal junctional kyphosis in idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470(6):1633-9. [Crossref](#)
- Hostin R, McCarthy I, O'Brien M, Bess S, Line B, Boachie-Adjei O, et al. Incidence, mode, and location of acute proximal junctional failures after surgical treatment of adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38(12):1008-15. [Crossref](#)
- Maruo K, Ha Y, Inoue S, Samuel S, Okada E, Hu SS, et al. Predictive factors for proximal junctional kyphosis in long fusions to the sacrum in adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38(23):E1469-76. [Crossref](#)
- Mendoza-Lattes S, Ries Z, Gao Y, Weinstein SL. Proximal junctional kyphosis in adult reconstructive spine surgery results from incomplete restoration of the lumbar lordosis relative to the magnitude of the thoracic kyphosis. *Iowa Orthop J* 2011;31:199-206.
- Albay C, Kaygusuz MA, Kargin D, Öner A. Correlations of proximal junctional kyphosis with radiographic measurements, spinopelvic parameters, and health-related quality of life in Lenke type V adolescent idiopathic scoliosis. *Jt Dis Relat Surg* 2022;33(1):162-71. [Crossref](#)
- Lee GA, Betz RR, Clements DH 3rd, Huss GK. Proximal kyphosis after posterior spinal fusion in patients with idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999;24(8):795-9. [Crossref](#)

22. Hollenbeck SM, Glattes RC, Asher MA, Lai SM, Burton DC. The prevalence of increased proximal junctional flexion following posterior instrumentation and arthrodesis for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33:1675-81. [Crossref](#)
23. Sebaaly A, Sylvestre C, El Quehtani Y, Riouallon G, Larrieu D, Boissiere L, et al. Incidence and risk factors for proximal junctional kyphosis: Results of a multicentric study of adult scoliosis. *Clin Spine Surg* 2018;31(3):E178-83. [Crossref](#)
24. Yagi M, Rahm M, Gaines R, Maziad A, Ross T, Kim HJ, et al. Characterization and surgical outcomes of proximal junctional failure in surgically treated patients with adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39(10):607-14. [Crossref](#)
25. Hart R, McCarthy I, O'brien M, Bess S, Line B, Adjei OB, et al. Identification of decision criteria for revision surgery among patients with proximal junctional failure after surgical treatment of spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38(19):1223-7. [Crossref](#)
26. Hart RA, Rastegar F, Contag A, Kane M, Daniels A, Klineberg E, et al. Inter- and Intra-rater Reliability of the Hart-ISSG Proximal Junctional Failure Severity Scale. *Spine (Phila Pa 1976)* 2018;43(8):461-7. [Crossref](#)
27. Lau D, Funao H, Clark AJ, Nicholls F, Smith J, Bess S, et al. The clinical correlation of the hart-ISSG proximal junctional kyphosis severity scale with health-related quality-of-life outcomes and need for revision surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2016;41(3):213-23. [Crossref](#)
28. Lau D, Clark AJ, Scheer JK, Daubs MD, Coe JD, Paonessa KJ, et al. Proximal junctional kyphosis and failure after spinal deformity surgery: a systematic review of the literature as a background to classification development. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39(25):2093-102. [Crossref](#)
29. Lowe TG, Lenke L, Betz R, Newton P, Clements D, Hafer T, et al. Distal junctional kyphosis of adolescent idiopathic thoracic curves following anterior or posterior instrumented fusion: incidence, risk factors, and prevention. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31(3):299-302. [Crossref](#)
30. Denis F, Sun EC, Winter RB. Winter, incidence and risk factors for proximal and distal junctional kyphosis following surgical treatment for Scheuermann kyphosis: Minimum five-year follow-up. *Spine* 2009;34:729-34. [Crossref](#)
31. Cho KJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kamiya M, Sides B. Selection of the optimal distal fusion level in posterior instrumentation and fusion for thoracic hyperkyphosis: The sagittal stable vertebra concept. *Spine* 2009;34:765-70. [Crossref](#)
32. Berjano P, Damilano M, Pejrona M, Langella F, Lamartina C. Revision surgery in distal junctional kyphosis. *Eur Spine J* 2020;29(1):86-102. [Crossref](#)
33. Richards BS, Birch JG, Herring JA, Johnston CE, Roach JW. Frontal plane and sagittal plane balance following Cotrel-Dubousset instrumentation for idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1989;14(7):733-7. [Crossref](#)
34. McCance SE, Denis F, Lonstein JE, Winter RB. Coronal and sagittal balance in surgically treated adolescent idiopathic scoliosis with the King II curve pattern. A review of 67 consecutive cases having selective thoracic arthrodesis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998;23(19):2063-73. [Crossref](#)
35. Floccari LV, Su AW, McIntosh AL, Rathjen K, Shaughnessy WJ, Larson AN. Distal junctional failure following pediatric spinal fusion. *J Pediatr Orthop* 2019;39(4):202-8. [Crossref](#)
36. Yanik HS, Ketenci IE, Coşkun T, Ulusoy A, Erdem S. Selection of distal fusion level in posterior instrumentation and fusion of Scheuermann kyphosis: Is fusion to sagittal stable vertebra necessary? *Eur Spine J* 2016;25:65-70. [Crossref](#)
37. Gong Y, Yuan L, He M, Yu M, Zeng Y, Liu X, et al. Comparison between stable sagittal vertebra and first lordotic vertebra instrumentation for prevention of distal junctional kyphosis in Scheuermann disease: Systematic review and meta-analysis. *Clin Spine Surg* 2019;32(8):330-6. [Crossref](#)
38. Wang PY, Chen CW, Lee YF, Hu MH, Wang TM, Lai PL, et al. Distal junctional kyphosis after posterior spinal fusion in lenke 1 and 2 adolescent idiopathic scoliosis-exploring detailed features of the sagittal stable vertebra concept. *Global Spine J* 2021;21925682211019692. [Crossref](#)
39. Yang J, Andras LM, Broom AM, Gonsalves NR, Barrett KK, Georgiadis AG, et al. Preventing distal junctional kyphosis by applying the stable sagittal vertebra concept to selective thoracic fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform* 2018;6(1):38-42. [Crossref](#)
40. Zhu W, Sun X, Pan W, Yan H, Liu Z, Qiu Y, et al. Curve patterns deserve attention when determining the optimal distal fusion level in correction surgery for Scheuermann kyphosis. *Spine J* 2019;19(9):1529-39. [Crossref](#)
41. 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 (Phila Pa 1976)* 2003;28(5):484-91. [Crossref](#)
42. 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 (Phila Pa 1976)* 2011;36(14):1113-22. [Crossref](#)
43. Li M, Zhao YC, Zhu XD, He SS, Wang CF, Yang CW. Analysis of posterior pedicle screw-only constructs in surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis with a minimum three-year follow-up. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 2010;48(6):410-4.
44. Yang M, Zhao Y, Yin X, Chen Z, Yang C, Li L, et al. Prevalence, risk factors, and characteristics of the "Adding-On" phenomenon in idiopathic scoliosis after correction surgery: A systematic review and meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2018;43(11):780-90. [Crossref](#)
45. Qin X, Xia C, Xu L, Sheng F, Yan H, Qiu Y, et al. Natural history of postoperative adding-on in adolescent idiopathic scoliosis: What are the risk factors for progressive adding-on? *Biomed Res Int* 2018;3247010. [Crossref](#)

46. Meir AR, Fairbank JC, Jones DA, McNally DS, Urban JP. High pressures and asymmetrical stresses in the scoliotic disc in the absence of muscle loading. *Scoliosis* 2007;2:4. [Crossref](#)
47. Cao K, Watanabe K, Kawakami N, Tsuji T, Hosogane N, Yonezawa I, et al. Selection of lower instrumented vertebra in treating Lenke type 2A adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39(4):E253-61. [Crossref](#)
48. Siala M, N'Dele D, Accadbled F, De Gauzy JS. Post-operative adding-on in adolescent idiopathic scoliosis, a particular etiology: Conflict between the upper articular process and the instrumentation material: A case report. *J Spine* 2018;7:415. [Crossref](#)
49. Sponseller PD, Betz R, Newton PO, Lenke LG, Lowe T, Crawford A, et al. Differences in curve behavior after fusion in adolescent idiopathic scoliosis patients with open triradiate cartilages. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34(8):827-31. [Crossref](#)
50. Li J, Hwang SW, Shi Z, Yan N, Yang C, Wang C, et al. Analysis of radiographic parameters relevant to the lowest instrumented vertebrae and postoperative coronal balance in Lenke 5C patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36(20):1673-8. [Crossref](#)