

KONJENİTAL SKOLYOZ VE KİFOSKOLYOZUN ANTERİOR FÜZYON VE ENSTRÜMANTASYON İLE TEDAVİSİ

ANTERIOR INSTRUMENTATION AND FUSION FOR THE TREATMENT OF CONGENITAL SCOLIOSIS AND KYPHOSIS

Cenk ÖZKAN*, Mahir GÜLŞEN*, Kerim TÜRKOĞLU*

ÖZET:

Konjenital spinal deformiteli hastaların tedavisinde, yaygın kabul gören uygulama posterior füzyon ve enstrümantasyondur. Anterior füzyon ve enstrümantasyon idiopatik skolyoz hastalarında uygulanmasına karşın, konjenital deformitelerin tedavisinde kullanımı ile ilgili literatürde yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu çalışmada, anterior füzyon ve enstrümantasyonla tedavi edilen konjenital spinal deformiteli 16 hasta, retrospektif olarak incelenmiştir. Ameliyat sonrası ve son takipteki düzelme dereceleri, sagittal profildeki değişiklikler, spinal dizilim ve komplikasyonlar araştırılmıştır. 9 hastada skolyoz, 7 hastada ise kifoskolyoz deformitesi olduğu saptanmıştır. Hastaların ameliyat esnasındaki ortalama yaşları 12 (4-18) olduğu belirlenmiştir. Hastalar ortalama 52 (32-80) ay süreyle takip edilmiştir. Skolyoz hastalarında ameliyat öncesi koronal plan deformitesi ortalama 57° (44°-90°)'den,

son takipte 35° (20°-60°)'ye gerilediği saptanmıştır (% 39 düzelme). Kifoskolyozlu hastalarda, sagittal plan deformitesi, ameliyat öncesi ortalama 68° (47°-90°) idi ve son takipte 41° (22°-62°)'ye gerilediği belirlenmiştir (% 38 düzelme). Kifoskolyoz hastalarının ameliyat öncesi ortalama 51° (16°-80°) olan koronal plan deformitesi ise son takipte 29° (8°-65°)'ye gerilediği saptanmıştır (% 44 düzelme). İki hastada komplikasyon görülmüştür. Nörolojik komplikasyon izlenmemiştir. Bu verilerin ışığı altında konjenital spinal deformiteli hastalarda, tek aşamada anterior füzyon ve enstrümantasyonun daha düşük implant maliyeti ile güvenli ve etkin düzelme sağlayan bir yöntem olduğu fikri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konjenital skolyoz, konjenital kifoz, cerrahi tedavi, anterior enstrümantasyon

Kanıt düzeyi: Retrospektif Klinik Çalışma, Düzey III

(*) Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji ABD. Balcalı/ADANA

SUMMARY:

Common practice is posterior fusion and instrumentation for the treatment of congenital spinal deformities. Although anterior instrumented fusion has been used for idiopathic scoliosis, the literature lacks information about its use for the treatment of congenital deformities. In this study, 16 patients treated for congenital spinal deformities by anterior instrumented fusion were retrospectively reviewed. The amount of correction, changes in sagittal profile, spinal alignment and complications were assessed. The deformities were scoliosis in 9 and kyphoscoliosis in 7 patients. Average age at the time of surgery was 12 (4-18) years. Follow-up averaged 52 (32-80) months. In patients with scoliosis, average preoperative coronal curve changed from 57° (44°-90°) to

35° (20°-60°) at last follow-up (39 % correction). In patients with kyphoscoliosis, average preoperative kyphotic deformity changed from 68° (47°-90°) to 41° (22°-62°) (38 % correction) and average coronal deformity changed from 51° (16°-80°) to 29° (8°-65°) (44 % correction) at last follow-up. Complications were observed in two patients. No neurologic complication occurred. It was concluded that as a standalone procedure, anterior instrumented fusion is a safe and effective method of treatment for congenital spinal deformities with lower implant costs.

Key words: Congenital scoliosis, congenital kyphosis, surgical treatment, anterior instrumentation

Level of Evidence: LRetrospective Clinical Study, Level III

GİRİŞ:

Konjenital skolyoz ve kifoskolyoz, vertebral kolonun uzunlaması büyümesini etkileyen embriyonal gelişim anomalileri sonucu ortaya çıkar. Yapısal olarak sert ve ilerleyici olan deformiteler, genellikle cerrahi tedavi gerektirir. Literatürde, posterior artrodez, kombine anterior ve posterior artrodez, hemivertebral eksizyonu ve konveks epifizyodez gibi tedavi seçenekleri tanımlanmıştır⁽²¹⁾.

Tedavinin amacı, deformiteler artmadan, erken evrede ilerlemeyi durdurmaktır. Bu amaçla, insitu posterior füzyon⁽⁶⁾ veya konveks epifizyodez⁽²⁰⁾ önerilmiştir. Ancak çoğu hasta erken dönemde tedavi edilememekte, ilerlemiş deformitelerin tedavisinde ise posterior enstrümantasyon^(7,15,22) anterior ve posterior kombine girişimler⁽¹⁴⁻¹⁶⁾ hemivertebraların kombine^(4,9,12) veya sadece posterior yaklaşım^(17,19) ile eksizyonu tanımlanmıştır. Anterior gevşetme, ileri derece deformitelerde daha iyi düzeltme elde edebilmek için önerilmektedir^(21,15). Anterior füzyon-enstrümantasyon distal segmentlerin füzyondan kurtarılması, üç boyutlu düzelme sağlanması gibi avantajları göz önünde bulundurularak idiopatik skolyoz tedavisinde uygulanmıştır⁽¹³⁾. Konjenital skolyoz ve kifoz tedavisinde hemivertebral eksizyonunu takiben anterior enstrümantasyon uygulaması ile ilgili sınırlı sayıda olgu bildirilmiş⁽⁶⁾, tek başına anterior füzyon ve enstrümantasyonla tedavi edilmiş konjenital spinal deformite serisine literatürde rastlanmamıştır.

HASTALAR VE YÖNTEM:

Bu çalışmaya, 1996-2001 yılları arasında kliniğimizde konjenital spinal deformite nedeniyle anterior füzyon ve enstrümantasyon ile tedavi edilen 16 hasta (10 kız, 6 erkek) dahil edilmiştir. 9 hastada skolyoz, 7 hastada ise kifoskolyoz

deformitesi mevcuttur. Hastaların cerrahi esnasındaki ortalama yaşları 12 (4-18) idi. Tüm hastaların ameliyat öncesi, sonrası ve son takipteki ayakta AP ve lateral omurga grafileri değerlendirilmiştir. Eşlik eden spinal anomaliler açısından ameliyat öncesi tüm spinal kanal MRG incelemeleri yapılmıştır. Deformite derecesi, koronal ve sagittal planda Cobb yöntemiyle değerlendirilmiştir. Skolyoz hastalarında torasik kifoz ve lumbal lordoz (T5-T12 ve L1-S1) ölçülmüştür. Enstrümantasyon uygulanan segmentlerinin sagittal profilleri ayrıca değerlendirilmiştir. Yedinci servikal omurganın spinöz çıkıntısından ve sakrum ortasından çizilen yere dik çizgiler arası mesafe gövde kayması olarak ölçülmüştür. Pelvik eğiklik ayakta AP grafilerde horizontal çizgi ile iliak kristalar seviyesinden geçen çizgi arasındaki açı olarak değerlendirilmiştir. MRG incelemelerinde diastematomiyeli saptanan 4 hastaya düzeltici cerrahi öncesi beyin cerrahisi ekibi tarafından nöral yapılara gerekli serbestleştirme uygulanmıştır. Eğriliklerin konveks tarafından standart transtorasik veya torakoabdominal retroperitoneal cerrahi yaklaşım uygulanmıştır. Eğriliğe dahil tüm intervertebral diskler çıkarılmış ve her vertebra gövdesine birer adet vida, transvers olarak lateral yüzden yerleştirilmiştir. Skolyoz hastalarında düzelme, konveks taraftan kompresyon ile sağlanmıştır. Kifoskolyozlu hastalarda, kifotik segment anterior longitudinal ligamentin eksizyonu ile gevşetilmiştir ve gerek görüldüğünde ayrışmamış kemik yapılar osteotomize edilmiştir. Bu aşamada posteriordan, kifozun apeksinden manuel olarak kuvvet uygulanıp düzelme sağlanmıştır. Elde edilen ön kolon yüksekliğini korumak için apikal bölgeye yapısal, otolog kosta greftleri yerleştirilmiştir. Diğer disk mesafelerine de kostalardan elde edilen otolog greftler (4 hastada allogreft ile karıştırılarak) yerleştirilmiştir. Bir hastada füzyon

seviyesinin en proksimal ve distal disk mesafesinde otolog greftler ile doldurulan titanyum kafesler kullanılmıştır. Genel uygulamada en üst ve en alt Cobb seviyelerine kadar enstrümantasyon yapılmıştır. Radyolojik füzyon gelişene kadar tüm hastalar 4 ila 6 ay arası korse ile korunmuştur.

SONUÇLAR:

Hastalara ait veriler Tablo-1 ve 2'de özetlenmiştir. Skolyoz hastalarında eğrilik, 4 hastada torokolomber, 3'ünde torasik ve 2 hastada lumbal bölgede yerleşimli olduğu belirlenmiştir. Kifoskolyozlu tüm hastalarda torokolomber bölge etkilenmiştir. Hastaların ortalama takip süresi 52 (32-80) aydır. Skolyoz hastalarında ameliyat öncesi koronal plan deformitesi ortalama 57° (44°-90°)'den son

takipte 35° (20°-60°)'ye gerilediği (% 39 düzelme) saptanmıştır. Ortalama ameliyat öncesi torasik kifoz ve lumbal lordoz sırasıyla 27° (20°-40°) ve -41° [(-54°)-(-20°)]'den, ameliyat sonrası 29° (24°-45°) ve -42° [(-25°)-(-63°)]'ye değiştiği belirlenmiştir. 9 skolyoz olgusunun 7'sinde elde edilen düzelme, yana eğilme grafilerindeki ölçümlerden daha fazla olduğu saptanmıştır (Şekil-1).

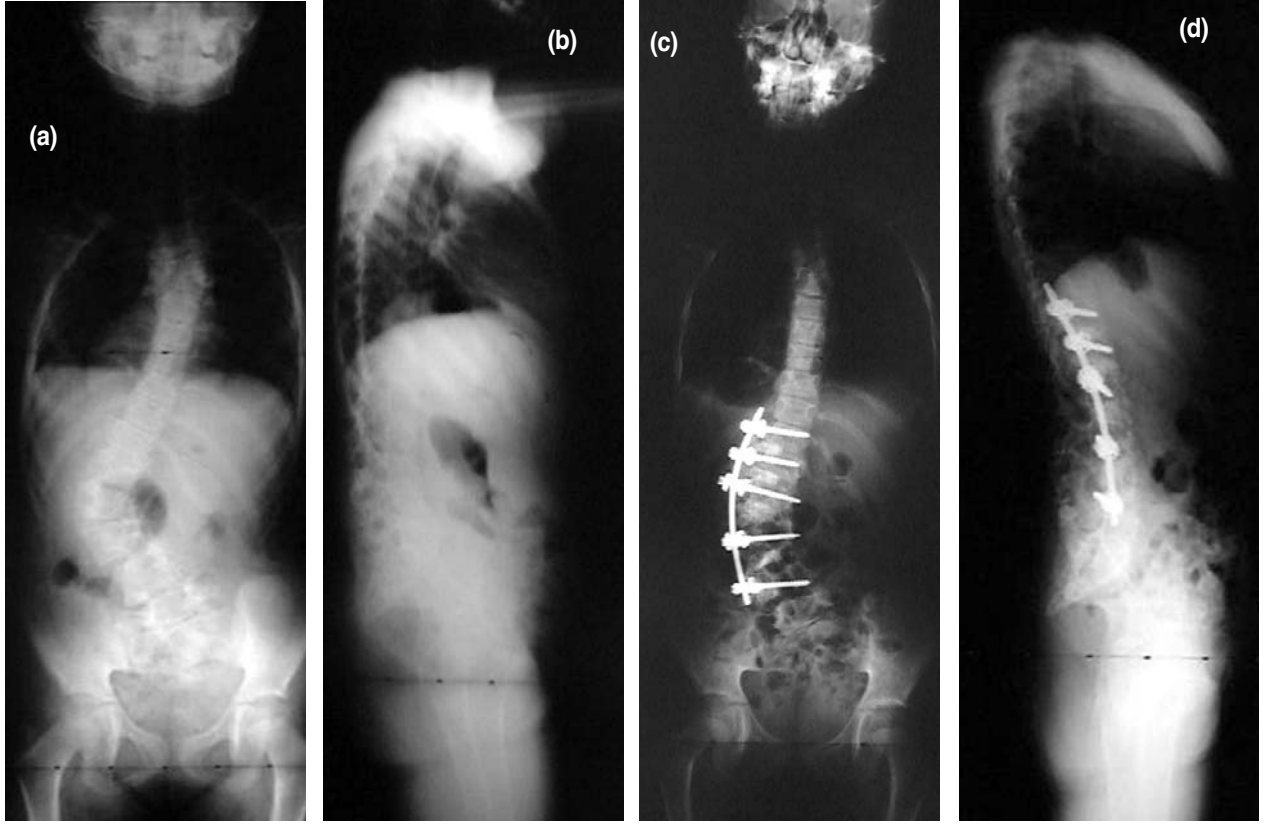
Kifoskolyozlu hastalarda, sagittal plan deformitesi, ameliyat öncesi ortalama 68° (47°-90°) olduğu ve son kontrolde 41° (22°-62°)'ye gerilediği (% 38 düzelme) belirlenmiştir (Şekil-2). Kifoskolyoz hastalarının ameliyat öncesi ortalama 51° (16°-80°) olan koronal plan deformitesi son takipte 29° (8°-65°)'ye gerilediği (% 44 düzelme) görülmüştür. Ameliyat öncesi 9 hastada mevcut olan 9.9° (3°-20°) pelvik eğiklik, ameliyat sonrası

Tablo - 1. Skolyoz hastalarının yaş, cinsiyet ve eğrilik bölgeleri, koronal ve sagittal plan değerleri (TK: Torakal kifoz, LL: Lomber lordoz).

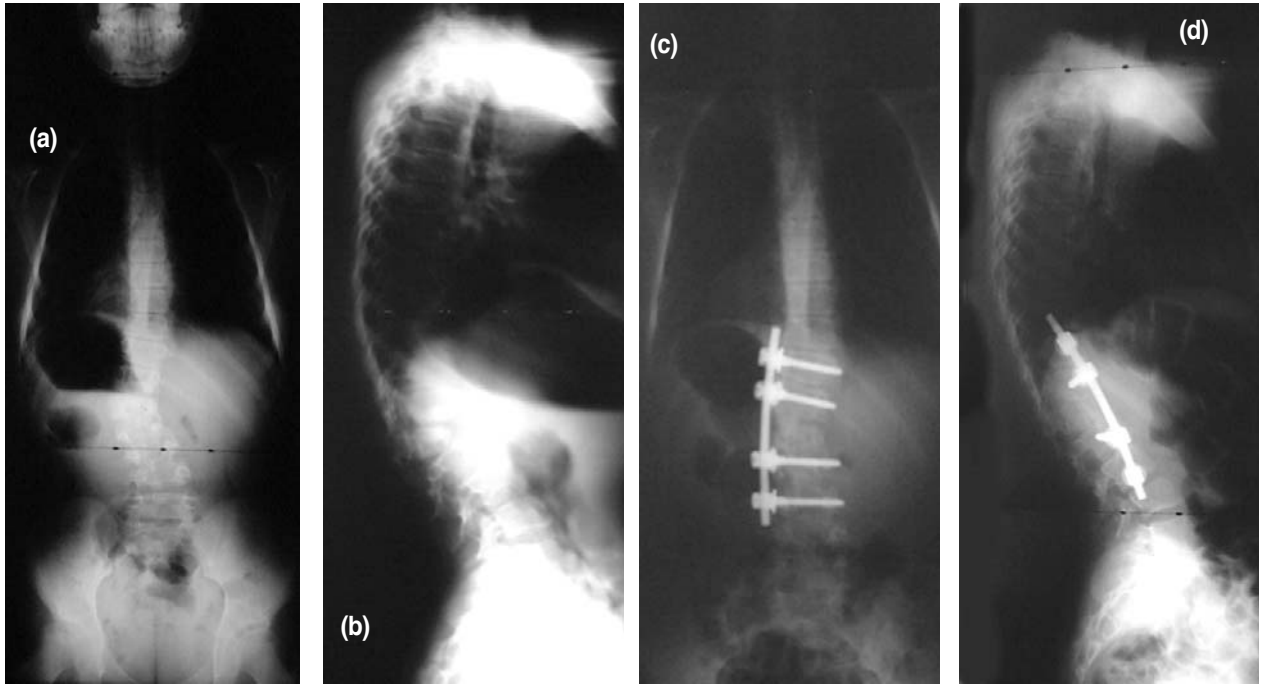
HASTA	YAŞ Yıl+ay	CINS	TANI	EĞRİLİK	TIP	PREOP. EĞİLME		FINAL DÜZELME		PREOP.TK	POSTOP.TK	PREOP.LL	PO.LL
						COBB	COBB	COBB	%				
1	8+4	K	SKOLYOZ	T4-T9	I	60	32	20	66	28	32	-38	-38
2	12+8	E	SKOLYOZ	T4-T9	II	45	24	28	44	40	45	-58	-63
3	10+7	K	SKOLYOZ	T8-T12	II	50	34	38	28	26	30	-50	-42
4	14+5	E	SKOLYOZ	T5-L2	II	70	65	46	34	28	35	-54	-58
5	17+3	E	SKOLYOZ	T10-L2	I	44	40	28	36	27	28	-46	-42
6	11+10	K	SKOLYOZ	T11-L3	I	50	40	25	60	20	24	-30	-34
7	10+5	K	SKOLYOZ	T12-L4	I	62	46	40	35	20	20	-20	-25
8	17+10	K	SKOLYOZ	L1-L4	III	45	36	30	44	22	26	-50	-42
9	4+2	E	SKOLYOZ	L1-L5	I	90	65	60	33	30	25	-35	-40
ORTALAMA	12					57	42	35	39	27	29	-41	-42

Tablo - 2. Kifoskolyoz hastalarının yaş, cinsiyet ve eğrilik bölgeleri, koronal ve sagittal plan değerleri (TK: Torakal kifoz).

HASTA	YAŞ Yıl+ay	CINS	TANI	EĞRİLİK	TIP	PREOP.	FINAL	DÜZELME	PREOP.TK	FINAL.TK	DÜZELME
						COBB	COBB				
1	14+5	E	KIFOSKOLYOZ	T11-L3	I	30	18	40	50	50	0
2	10+7	K	KIFOSKOLYOZ	T11-L4	I	62	32	48	90	22	76
3	13+4	K	KIFOSKOLYOZ	T11-L3	I	34	10	70	47	25	47
4	7+8	K	KIFOSKOLYOZ	T8-L3	I	88	27	69	82	42	49
5	10+2	K	KIFOSKOLYOZ	T11-L4	I	50	45	10	90	55	39
6	8+9	E	KIFOSKOLYOZ	T8-L1	II	80	65	18	49	28	43
7	13+3	K	KIFOSKOLYOZ	T9-L2	II	16	8	50	68	62	9
ORTALAMA	11					51	29	44	68	41	38



Şekil 1. Şekil-1. 10 yaşında kız hasta (Hasta-7), lomber skolyoz nedeniyle T12-L4 arası anterior enstrümantasyonla deformite düzeltilip, lumbal lordoz korunmuştur. Hastanın ameliyat öncesi (a) ön-arka ve (b) yan ile kontrol (c) ön-arka ve (d) yan grafileri.



Şekil 2. 13 yaşında kız hasta (Hasta-3), L1 hemivertebraya bağlı kifoskolyoz nedeniyle opere edilmiş ve apikal bölge yapısal kaburga greftleri ile desteklenip, tek rod anterior enstrümantasyonla belirgin düzelme sağlanmıştır. Hastanın ameliyat öncesi (a) ön-arka ve (b) yan ile kontrol (c) ön-arka ve (d) yan grafileri.

5.5° (0°-13°)'ye gerilediği saptanmıştır. Ameliyat öncesi 11 hastada mevcut olan 2.14 (0.5-9) cm lateral gövde kayması, ameliyat sonrası ortalama 1.07 (0-4.5) cm'ye gerilediği belirlenmiştir. 2 hastada (% 12.5) komplikasyon görülmüştür. Torakolomber kifozu sagittal planda 90° den 27° ye düzelen bir hastada enstrümantasyon proksimalinden (T-12) geçiş bölgesi kifozu ortaya çıktığı saptanmıştır. Bu hasta, enstrümantasyon daha proksimale uzatılarak posterior füzyon ve enstrümantasyon ile tedavi edilmiştir. Bir skolyoz hastasının takibinde ise implant kırılması ve psödoartroz gelişmiştir. Bu hasta da posterior füzyon ve enstrümantasyon ile tedavi edilmiştir. Enfeksiyon ve nörolojik komplikasyon görülmemiştir.

TARTIŞMA :

Konjenital spinal deformitelerin tedavisi, hızlı ilerlemeleri ve eğriliklerin sertliği nedeniyle zordur. Konservatif tedavilerle genellikle sonuç alınamaması cerrahi tedaviyi zorunlu kılmaktadır. Deformiteler ilerlemeden, erken dönemde uygulanan in situ füzyonların uzun vadede etkili olamaması ⁽⁶⁾, aynı düşünceden hareketle uygulanan konveks epifizyodezin, hastaların ancak yarısından azında gerçek bir epifizyodez etkisi göstermesi ⁽²⁰⁾ ve bir çok hastanın deformiteler ileri derecelere ulaştıktan sonra başvurması gibi nedenlerle daha radikal girişimlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde, posterior füzyon ile tedavi edilen konjenital skolyoz hastalarında Harrington rodlarıyla uygulanan enstrümantasyonun düzelmeyi anlamlı olarak arttırdığı bildirilmektedir ^(7,22). Hedequist ve arkadaşları ⁽⁸⁾ tarafından yakın zamanda yapılan bir çalışmada, posterior enstrümantasyon, konjenital spinal deformiteli hastalarda etkin düzelmeye sağlayan, güvenli bir yöntem olarak tanımlanmakla beraber, düşük profilli pediatrik enstrümanlarla tedavi edilen 40

hastanın 9'unda bölgesel ağrı veya enfeksiyon gibi nedenlerle implantların çıkarılması gerekmiştir. Ayvaz ve arkadaşlarının ¹ konjenital skolyoz ve spinal disrafizimli 22 hastalık çalışmasında ise posterior enstrümantasyon anlamlı düzelmeye sağlamış, ancak 2 olguda nörolojik araz olmak üzere 7 (% 31) hastada çeşitli komplikasyonlar görülmüştür. Posterior enstrümantasyonla ilgili problemler halen çözüm beklemektedir.

Konjenital spinal deformiteli hastalarda, gelişimsel veya daha önce geçirilmiş cerrahilere bağlı posterior elemanların anomali ve yoklukları, nörolojik yaralanmaya zemin hazırlamakta, posterior enstrümantasyonu zorlaştırmaktadır. Anterior girişimlerde ise vidalar spinal kanaldan uzak, doğrudan korpus içerisine yerleştirildiği için enstrümantasyon daha kolay ve nörolojik hasar açısından daha az riskli olmaktadır. Bunun yanında implantların toraks veya karın boşluğu içerisinde yerleşik olması, çoğu zaman gelişme geriliği de olan hastalardaki yara problemleri veya implantların sebep olduğu rahatsızlıkları önleyebilmektedir.

Kifoz ve kifoskolyoz hastalarında ise enstrümanlı veya enstrümansız posterior füzyon ile yüksek oranda psödoartroz ve düzelmeye kaybı görülmekte, deformitelerin pasif olarak düzelmediği olgular başta olmak üzere, tedavide anterior gevşetme ve yapısal greftler ile desteğin de eklendiği kombine girişimler önerilmektedir ⁽¹⁴⁻¹⁶⁾. Hemivertebraya bağlı keskin açılı deformitelerde de kombine anterior-posterior ^(4,9,12) veya sadece posterior yaklaşımla hemivertebra eksizyonu ^(17,19) 360° füzyon uygulanmaktadır. Gelişimsel anomalilere bağlı ortaya çıkan anterior kolonun yapısal eksikliklerinin giderilmesi için bu bölgeye uygulanan gevşetme ve greftlerle destekleme, başarı şansını arttırmaktadır. Bu girişimlerde ameliyat esnasında anterior yaklaşım yapılmasına rağmen enstrümantasyon için

posterior yaklaşım tercih edilmiş, anterior enstrümantasyon tek başına uygulanmamıştır. Spinal osteotomiler ile uzun olan posterior kolonun kısaltılarak ön kolona uydurulması seçkin bir tedavi yöntemi olmakla beraber deformitelerin uzun segmentleri ilgilendirdiği olgularda çoklu spinal osteotomiler gerekli olabilmektedir. Ayrıca, spinal kordun her yönden serbestleştirilmesi ve kısaltma esnasında kordun kendi üzerine katlanması veya posterior elemanlar arasına sıkışması gibi teknik sorunlara yol açabilmekte ve bu durum nörolojik hasar riskini arttırmaktadır. Ayrıca, bizim serimizde uyguladığımız yöntemde anterior gevşetme sonrası posteriodan manuel olarak uygulanan kuvvet yardımıyla kifotik deformite düzeltilmiş, oluşan boşluğa yapısal greftler yerleştirilip vida ve rod bağlantıları sıkılarak elde edilen düzelme korunmuş, implantlar yardımıyla distraksiyondan kaçınılmıştır. Nörolojik problem ile karşılaşmadığı için yöntemin güvenli olduğunu düşünülmüştür.

Literatürde posterior füzyon ile tedavi edilen konjenital spinal deformiteli 290 hastalık bir çalışmada Winter ve arkadaşları⁽²²⁾ hastaların 40 (% 14)'ünde füzyon kitlesinde 10°nin üzerinde eğilme, en sık görülen ikinci komplikasyon ise 20 (% 9) hastada psödoartroz olarak bildirilmiştir. Krankşaft fenomeni cerrahi olarak posterior büyümenin durdurulmasına karşın devam etmekte olan anterior büyümenin yol açtığı bir problemdir. 10 yaş altı ve Risser derecesi 0 olan hastaların % 15'inde bildirilmiş, cerrahi esnasındaki yaş ve eğrilik derecesinin krankşaft fenomeninin oluşması açısından önemli faktörler olarak tanımlanmıştır⁽¹⁰⁾. İmmatür köpeklerde yapılan deneysel bir çalışmada yeni nesil tespit sistemlerinin mekanik epifizyodez etkisiyle anterior büyümeyi de durdurduğu gösterilmiştir⁽¹¹⁾. Diğer yandan idiopatik skolyozda uygulanan anterior cerrahilerle ilgili olarak ön kolonun kısalmasına bağlı torasik kifozda artış olduğu bildirilmektedir⁽⁹⁾. Bizim serimizdeki skolyoz hastalarında enstrüman-

edilen torakal segmentlerde ilerleyici hiperkifoz görülmemiştir. Çalışmadaki hastaların başlangıçta göreceli olarak hipokifotik olmaları, 4 hastada düzeltici anterior cerrahi öncesinde, posterior yaklaşımla uygulanan nörolojik serbestleştirme işlemleri ve hastaların ortalama yaşlarının yüksek olması kifozda anlamlı bir artışı önlemiş olabilir. Omurgadaki yapısal anomaliler de posterior yapıların büyüme potansiyelini etkileyebilmektedir. Çalışmada, anterior enstrümantasyon ve disk aralıkları otojen greftler ile desteklenen hastaların sagittal profil değişiklerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu gözlemlenmiştir.

Gizli kalmış intraspinal anomaliler konjenital spinal deformitelerde sıkça görülmektedir. Olguların üçte biri bu tip patolojilere sahip olmasına rağmen hastaların çok az bir bölümü düz radyografilerde ve fizik muayenede spinal anomalileri düşündürülen bulgulara sahiptir^(1-2,18). Tüm konjenital spinal deformiteli hastalarda eşlik eden anomaliler ameliyat öncesi MRG incelemesi ile saptanmalı ve düzeltici cerrahi öncesi nöral yapılaraya yönelik rezeksiyon ve gevşetmelerin yapılması gereklidir. Gevşetme ve düzeltici girişim uygulamaları ile ilgili zamanlama konusu halen tartışmalıdır. Anterior yaklaşım ile spinal kord üzerindeki basılar ortadan kaldırılabilmeyle beraber aynı seansta nöral yapılaraya gevşetme uygulanmasına imkan vermemektedir. Aynı seansta gevşetme, düzeltici girişim ve tespitlerin yapılması uygun gibi görünmekle beraber cerrahi süresini uzatmakta ve oluşabilecek nörolojik lezyonlarla ilgili karmaşaya sebep olabilmektedir.

Çalışma, tek merkezde, ardışık hastalara standart yöntem uygulanan literatürdeki ilk seridir. Ancak retrospektif, yaş dağılımı geniş ve az sayıda hasta ile yapılmış olması nedeniyle yöntemin başarısı ile ilgili kesin çıkarımlara varmak mümkün değildir.

Konjenital skolyoz ve kifoskolyozlu hastalarda, anterior enstrümantasyonla belirgin düzelme sağlanabilmektedir. Eğriliğin üst ve alt seviyeleri arası tek rod ile uygulanan anterior

enstrümantasyon implant maliyetini de düşürmektedir. Yöntemin diğer önemli avantajları ise karmaşık anatomik yapılardan uzak çalışılması nedeniyle nörolojik yaralanma riskinin az ve teknik olarak daha kolay uygulanabilir olması ve yerleştirilen implant materyallerinin çıkarılmasını gerektirecek bölgesel problemlere yol açmamasıdır.

KAYNAKLAR

1. Ayvaz M, Alanay A, Yazici M, Acaroglu E, Akalan N, Aksoy C. Safety and efficacy of posterior instrumentation for patients with congenital scoliosis and spinal dysraphism. *J Pediatr Orthop* 2007; 27(4): 380-386.
2. Basu PS, Elsebaie H, Nordeen MHH. Congenital spinal deformity. A comprehensive assessment at presentation. *Spine* 2002; 27: 2255-2259.
3. Betz RR, Shufflebarger H. Controversies in spine anterior versus posterior instrumentation for the correction of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 2001; 26: 1095-1100.
4. Bradford DS, Boachie AO. One-stage anterior and posterior hemivertebral resection and arthrodesis for congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1990; 72-B: 536-540.
5. Elsebaie H, Basu P, Nordeen MHH. Anterior instrumentation in congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg* 2003; 85-B (Supp III): 198.
6. Goldberg CJ, Moore DP, Fogarty EE. Long term results from in situ fusion for congenital vertebral deformity. *Spine* 2002; 27: 619-628.
7. Hall JE, Herndon WA, Levine CR. Surgical treatment of congenital scoliosis with or without Harrington instrumentation. *J Bone Joint Surg* 1981; 63-A: 608-619.
8. Hedequist DJ, Hall JE, Emans JB. The safety and efficacy of spinal instrumentation in children with congenital spine deformities. *Spine* 2004; 29: 2081-2086.
9. Holte D, Winter RB, Lonstein JE et al. Excision of hemivertebrae and wedge resection in the treatment of congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1995; 77: 159-171.
10. Kesling KL, Lonstein JE, Denis F et al. The crankshaft phenomenon after posterior spinal arthrodesis for congenital scoliosis. *Spine* 2003; 28: 267-271.
11. Kioschos HC, Asher MA, Lark RG. Overpowering the crankshaft mechanism. *Spine* 1996; 21: 1169-1173.
12. Lazar RD, Hall JE. Simultaneous anterior and posterior hemivertebral excision. *Clin Orthop* 1999; 364: 76-84.
13. Lowe TG, Betz R, Lenke L et al. Anterior single-rod instrumentation of the thoracic and lumbar spine: saving levels. *Spine* 2003; 28: 208-216.
14. Mayfield JK, Winter RB, Bradford DS et al. Congenital kyphosis due to defects of anterior segmentation. *J Bone Joint Surg* 1980; 62-A: 1291-1301.
15. McMaster MJ, Singh H. The surgical management of congenital kyphosis and kyphoscoliosis. *Spine* 2001; 26: 2146-2155
16. McMaster MJ, Singh H. Natural history of congenital kyphosis and kyphoscoliosis. *J Bone Joint Surg* 1999; 81-A: 1367-1383.
17. Nakamura H, Matsuda H, Konishi S et al. Single-stage excision of hemivertebrae via the posterior approach alone for congenital spine deformity. *Spine* 2002; 27:110-115.
18. Prahinski JR, Polly DW, McHale KA. Occult intraspinal anomalies in congenital scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2000; 20: 59-63.
19. Shimode M, Kojima T, Sowa K. Spinal wedge osteotomy by a single posterior approach for correction of severe and rigid kyphosis or kyphoscoliosis. *Spine* 2002; 27: 2260-2267.
20. Uzumcugil A, Cil A, Yazici M et al. Convex growth arrest in the treatment of congenital spinal deformities, revisited. *J Pediatr Orthop* 2004; 24: 658-666.
21. Winter RB, Lonstein JE, Boachie-Adjei O. Congenital spinal deformity. *J Bone Joint Surg* 1996; 78-A: 300-311.
22. Winter RB, Moe JH, Lonstein JE. Posterior spinal arthrodesis for congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1984; 66-A: 1188-1197.