






To cite this article: Okkaoğlu MC, Evren AT, Demirkale İ, Yaradılmış YU, Altay M. Adölesan İdiopatik Skolyozlu Hastalarda Uygulanan Eş Zamanlı Çift Rod Rotasyon Tekniğinin Torakal Kifoza Etkisi. Turk J Clin Lab 2022; 1: 71-75.

■ Orjinal Makale

Adölesan İdiopatik Skolyozlu Hastalarda Uygulanan Eş Zamanlı Çift Rod Rotasyon Tekniğinin Torakal Kifoza Etkisi

The Effect Of Simultaneous Dual-Rod Derotation Technique On Thoracal Kyphosis In Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis

Mustafa Caner OKKAOĞLU*¹ , Ali Teoman EVREN² , İsmail DEMİRKALE¹ , Yüksel Uğur YARADILMIŞ¹ ,
Murat ALTAY¹ 

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi Keçiören Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü, Ankara

²Ömer Halisdemir Üniversitesi Eğitim Ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü, Niğde

Öz

Amaç: Skolyoz, da koronal plan deformitesinin düzeltilmesi kadar, torakal kifozun sağlanması da önemlidir. Çalışmamızın amacı, kliniğimizde uygulanan eş zamanlı dual-rod rotasyon tekniğinin (EDRT), torakal kifoz üzerine etkisinin tespit edilmesidir.

Gereç ve Yöntemler: Kliniğimizde, Ağustos 2011-Eylül 2017 arasında EDRT ile düzeltme uygulanan ve posterior spinal füzyon yapılan 23 Adölesan İdiopatik Skolyoz (AİS) hastası çalışmaya dahil edildi. Hastaların demografik bilgileri, Lenke sınıflaması, ameliyat öncesi, 2. yıl ve son kontrol Cobb açıları (PT, MT, T/L), torakal kifozu (T5-T12), apikal vertebral rotasyon derecesi, C7 translasyonu (koronal denge parametresi) ve sagittal vertikal aksı (SVA) ölçüldü.

Bulgular: Hastaların ortalama yaşı 14.4, Kadın:Erkek oranı 2.8:1, ortalama takip süresi 4.24 yıl (4-10 yıl) olarak bulundu. Hastaların %47'si (n=10) Lenke tip 1, %26'sı (n=6) tip 5, %17'si (n=4) tip 3, %13'ü (n=3) tip 6 eğriliğe sahipti. MT eğrilik ameliyat öncesi ortalama 44.3±3,2 derece, ameliyat sonrası ikinci yıl 9.5±2,3 derece ve son kontrolde 12.3±3,6 derecedi. TL eğrilik ise ameliyat öncesi ortalama 54.3±2,9 derece, ameliyat sonrası ikinci yıl 7,4±5,1 derece ve son kontrolde 10,2±5,6 derecedi. Torakal kifoz ameliyat öncesi ortalama 29.6±4,8 derece, ameliyat sonrası ikinci yıl 26.4±4,3 derece ve son kontrolde 28.4±4,5 derecedi ve anlamlı değişiklik saptanmadı (p>0.05). C7 translasyonunun preop ortanca değeri 2,24 mm'yken, ikinci yıl ve son kontrolde sırasıyla 2,83 mm ve 1,32 mm; SVA'nın preop ortalama değeri -1,93 mm iken, ikinci yıl ve son kontrolde sırasıyla -2,81 mm ve -3,82 mm olarak bulundu. Apikal rotasyondaki değişim ise ameliyat öncesi 1,8 iken sonrası 1,6 olarak sabit kaldı.

Sonuç: EDRT koronal planda yeterince düzelmeye sağlamaktadır ancak torakal kifoza anlamlı etkisi yoktur.

Anahtar kelimeler: Skolyoz; idiyopatik; adölesan, dual-rod derotasyon; kifoz

Abstract

Aim: When correcting the coronal plane deformity, providing thoracic kyphosis is also very important in scoliosis. The aim of our study is to determine the effect of the simultaneous dual-rod rotation technique (SDRT) on thoracic kyphosis of patients.

Material and Methods: 23 patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) who underwent posterior spinal fusion and correction with the SDRT method in our clinic between August 2011 and September 2017 were included in the study. Demographic information of patients, Lenke classification, preoperative, second year and last follow up Cobb angles (PT, MT, T/L), apical vertebral rotation, thoracic kyphosis (T5-T12), C7 translation (coronal balance parameter) and sagittal vertical axis (SVA) measured.

Results: The mean age of the patients was 14.4 years, the Female:Male ratio was 2.8:1, and the mean follow-up period was 4.24 (4-10) years. Of them, 47% (n=10) of the patients had Lenke type 1, 26% (n=6) type 5, 17% (n=4) type 3, 13% (n=3) had type 6 curve. The mean MT major curve was 44.3±3.2 degrees preoperatively, and 9.5±2.3 degrees and 12.3±3.6 degrees at the second year and last follow up. The mean major TL curvature was 54.3±2.9 degrees preoperatively, 7.4±5.1 degrees in the second year postoperatively, and 10.2±5.6 degrees at the last follow-up. The mean thoracic kyphosis was 29.6±4.8 degrees preoperatively, 26.4±4.3 degrees in the second year postoperatively, and 28.4±4.5 degrees at the last follow-up, while no statistically significant change was detected (p>0.05). The preoperative median value of C7 translation was 2.24 mm, 2.83 mm and 1.32 mm at the second year and at the last follow-up, respectively. While the mean preoperative value of SVA was -1.93 mm, it was -2.81 mm and -3.82 mm at the second year and at the last follow-up, respectively. The change in apical rotation was 1.8 before surgery and 1.6 there after.

Conclusion: SDRT provides adequate improvement in the coronal plane, but has no significant corrective effect on thoracic kyphosis.

Keywords: Scoliosis; idiopathic; adolescent, dual-rod derotation; kyphosis.

Giriş

Skolyoz, üç boyutlu bir deformite olup frontal düzlemde 10°'den fazla yan eğrilik ile birlikte her bir omurda kendi eksenini etrafında dönme ve yan planda doğal torakal kifozun azalması olarak tanımlanır [1]. Güncel araştırmalara rağmen, AIS'nin etyopatogenezi için önerilen teoriler konusunda karar birliği yoktur. Etiyolojik faktörler arasında genetik yatkınlık, göreceli anterior spinal aşırı büyüme, biyomekanik büyüme modülasyonu, dorsal makaslama kuvvetleri ve aksel rotasyon dengesizliği, bağlanmamış spinal nöro-osseöz büyüme, postural anomaliler ve arka beyin disfonksiyonu, motor kontrol sorunu, nöro-gelişimsel kavram, sistemik melatonin-sinyal yolu eksikliği ve sistemik trombosit kalmodulin disfonksiyonu sayılabilir [2].

Posterior elemanları nispi büyüme yetersizliğine bağlı olarak lordozla sonuçlanan nispi anterior spinal aşırı büyüme, birçok yazar tarafından AIS'nin gelişiminde ana başlatıcı faktörlerden biri olarak kabul edilmiştir. Sabit lordotik alan ve konkav peri-apikal kotlar üzerinde büyüme, eğrinin ilerlemesi için biyomekanik bir risk oluşturur. Sagittal düzlemde omurların geriye doğru eğilmesi ve dorsal makaslama kuvvetlerindeki artış aksel düzlem kararsızlığı ile Hueter-Volkman etkisine göre nöro-merkezi sinkondrozu içeren pediküllerde, vertebra gövdelerinde ve arklarda asimetrik büyümeye yol açan omurun arka kısmının asimetrik yüklenmesini arttırır [3].

Ciddi eğriliklerde skolyozun düzeltilmesi ve omurganın düzeltilmiş pozisyonda stabilize edilmesi adolesan idiyopatik skolyo-

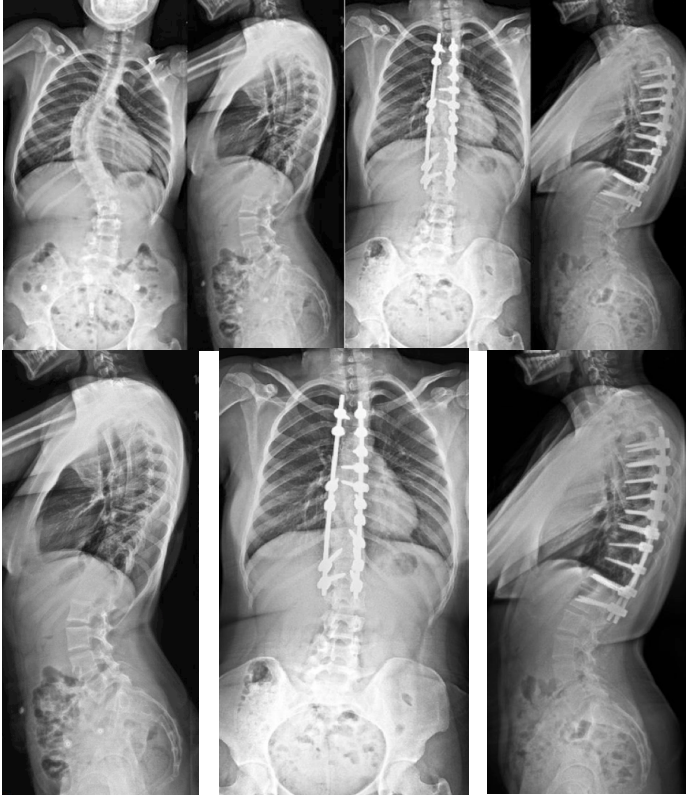
zun (AIS) tedavisinin temelidir. Spinal enstrümantasyon ve derotasyon, herhangi bir AIS tipi için cerrahinin temel adımlarıdır. Derotasyon manevraları, konkav rod derotasyonu, konveks rod derotasyonu ve eş zamanlı dual-rod derotasyon tekniklerini içerir. Konkav derotasyon manevrasının kullanımı bu manevranın öncüsü olsa da, implant teknolojisindeki son gelişmeler ile pedikül vidalarını dışbükey tarafa uygulamak daha kolay, güvenli ve daha güvenli olduğu için konveks rod derotasyon metodu bir olasılık haline geldi. Böylece konveks derotasyon pedikül üzerine fazla yük bindirmez [4]. Yine de bu tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir. Bu çalışmanın amacı, kliniğimizde uygulanan eş zamanlı dual-rod rotasyon tekniğinin (EDRT), hastaların torakal kifozu üzerine etkisinin tespit edilmesidir.

Gereç ve Yöntemler

Bu çalışma Sağlık Bilimleri Üniversitesi Keçiören Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Etik Kurul Komitesi tarafından onaylanmıştır. Çalışma, Helsinki İlkeler Deklarasyonuna (www.wma.net/e/policy/b3.htm) uyularak gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen tüm hastalar bilgilendirilmiş onam formunu imzalamıştır.

Bu retrospektif ancak prospektif düzenlenen verilerden oluşan çalışmaya Ağustos 2011 ile Eylül 2017 arasında kliniğimizde EDRT yöntemiyle düzeltme uygulanan ve posterior spinal füzyon yapılan 23 AIS hastası çalışmaya dahil edildi. Özel redüksiyon manevraları, kompresyon-distaksiyon ile translasyon uygulanan Lenke tip 2 eğrilikler hariç diğer tüm idiyopatik eğrilikler ile en az 4 yıl takibi olanlar dahil edildi.

Tüm hastalar iki omurga cerrahisi (ID ve MA) tarafından opere edildi. Ameliyat öncesi eğilme grafileri ile üst ve alt füzyon seviyeleri belirlendikten ve intraoperatif nöromonitorizasyon (IONM) başlatıldıktan sonra orta hat yaklaşım ile paravertebral sketilizasyon uygulandı. Standard fasetektomiler sonrası bilateral pedikül vidaları Kim ve ark.'nın tekniğine göre posterior kemik elemanları temelinde serbest el tekniği ile yerleştirildi [5]. Konveks tarafta apikal vertebra ve proksimal ve distal en az ikişer seviye olmak üzere konkav tarafa nazaran daha az vida yoğunluğu olacak şekilde pedikül vidaları yerleştirildi. Her hastada apikal üç seviye Smith Petersen osteotomileri yapıldıktan sonra konkav tarafta torakal kifoza daha fazla olacak şekilde 6 mm çapında prebend titanyum rodlar hem konkav hem de konveks tarafa yerleştirildi. Konkav taraf güçlü rod tutucular konveks taraf ise altıgen anahtar ile distalden roda yerleştirilip aynı anda derotasyon manevrası yapıldı (Şekil 1). L3'e uzatılan füzyon gereken çift majör eğriliklerde önce sol konveks lomber eğrilik geçici rod ile düzeltildikten sonra torakal eğrilik aynı yöntem kullanılarak düzeltildi. Redüksiyon sonrası konveks kompresyon ile konkav distraksiyon manevraları ile balans sağlanmaya çalışıldı. 'In-situ bending' ile nazikçe ek torakal kifoz elde edilmeye çalışılmıştır. Hastalarda füzyon için lokal elde edilen otojen greft kullanılmıştır. Postop bir hasta hariç hiçbirisine brace verilmedi.



Şekil 1. 16 yaş 9 ay kadın hastanın ameliyat öncesi ve son kontrol grafileri. Ameliyat öncesi 58 derece MT eğriliğe ve 34 derece torakal kifoza sahip Lenke tip 1BN hastanın aynı zamanda kozmetik olarak kabul edilmeyen ciddi omuz imbalansı ve sol gövde shift'i mevcuttu. Hastaya EDRT düzeltme tekniği uygulandıktan sonraki son kontrol grafisinde MT eğrilik 12 derece iken torakal kifozda ciddi bir değişim olmamış. Ancak omuz dengesi sağlanıp gövde shift'i düzeltilmiş.

Hastaların demografik bilgileri, Lenke sınıflaması, ameliyat öncesi, ameliyat sonrası ikinci yıl ve son takip Cobb açıları (PT, MT, T/L), apikal vertebra Nash-Moe rotasyon derecesi, torakal kifoza (T5-T12), C7 translasyonu (koronal denge parametresi), sagittal vertikal aksı (SVA) ölçüldü. Tüm ölçümler dijital olarak PACS sisteminde iki farklı cerrah tarafından üçer hafta arayla ölçüldü. Ölçümler arası ve ölçenler arası değerler Cohen's kappa istatistiği ile kontrol edildi ve tüm ölçümlerde gözlemler arası ilişkinin >0.80 olduğu tespit edildi. İstatistiksel analiz için ortalama değerler kullanıldı.

İstatistiksel analiz

Karşılaştırmalar SPSS Statistics 17.0 yazılımı (IBM, Armonk, New York) kullanılarak yapılmıştır. Tüm radyografik parametreler ve düzeltme oranları ortalama ve standart sapma olarak tanımlandı. Ancak hastaların ikinci yıl ve son kontroldeki açısal değerleri arasındaki karşılaştırmalar için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Farklılıklar P <.05 ise anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Hastaların ortalama yaşı 14.4, Kadın:Erkek oranı 2.8/1, ortalama takip süresi 4.24 yıl (4-10 yıl) idi. Hastaların %47'si (n=10) Lenke tip 1, %26'sı (n=6) tip 5, %17'si (n=4) tip3, %13'ü (n=3) tip 6'ydi. Lenke tip 1 eğriliğe sahip hastaların üçü Lomber modifier tip A, birisi tip B ve ikisi tip C eğriliğe sahipti. Hastaların ortalama Risser skoru 2,8±2,4 idi. Süpin eğilme grafilerinde ortalama fleksibilite %28,6 idi.

MT eğrilik ameliyat öncesi ortalama 44.3±3,2 derecedeydi. Ameliyat sonrası MT eğrilik ikinci yıl 9.5±2,3 derece ve son kontrolde 12.3±3,6 derecedeydi (p>0.05). Düzeltme oranları ise ikinci yıl sonunda %78,1 iken son kontrolde %71,6 olarak bulundu. Torakal kifoza ameliyat öncesi ortalama 29.6±4,8 derece, ameliyat sonrası ikinci yıl 26.4±4,3 derece ve son kontrolde 28.4±4,5 derecedeydi (p>0.05). Apikal vertebral rotasyonda preop ve postop fark gözlenmedi (p>0.05). C7 translasyonunun ortanca değeri 2,24 mm'ken (2,1-3,2 mm), ikinci yıl 2,83 mm (2,4-3,1 mm) ve son kontrolde 1,32 mm (0,8-1,7 mm) olarak tespit edildi. SVA'nın ortalama değeri ameliyat öncesi -1,93 mm iken, ikinci yıl -2,81 mm ve son kontrolde -3,82 mm olarak bulundu (Tablo 1).

Tablo 1. Hastaların radyolojik ölçümleri (Ortalama ± Standart Sapma)

Değişkenler	Preop	2. Yıl	Son kontrol	p
MT Cobb açısı	44.3±3,2	9.5±2,3	12.3±3,6	=0.071
TL Cobb açısı	54.3±2,9	7,4±5,1	10,2±5,6	=0.062
Düzelme oranı		%78,1	%71,6	=0.067
Torakal kifoza açısı	29.6±4,8	26.4±4,3	28.4±4,5	=0.063
Apikal rotasyon	1,8 mm	1,6 mm	1,6 mm	=0.08
C7 translasyon	2,24 mm	2,83 mm	1,32 mm	=0.09
SVA	-1,93 mm	-2,81 mm	-3,82 mm	>0.05

Onbeş ve 16 yaşında iki erkek hastada düzeltme aşaması sırasında İONM'da motor amplitüdüde $>50\%$ düşüş gözlemlendi. Bunun üzerine ortalama arteriyel basınçlar 85 mmHg üzerine çıkartıldı ve sinyaller normale döndüğü için cerrahiye devam edildi. Bu iki hastada ve diğerlerinde postop nörolojik komplikasyon gözlenmedi. Hastaların hiçbirisinde enfeksiyon gözlenmedi. Bir hastada postop ilk ay takibinde 4 cm kadar gövde deviasyonu gözlemlendi ve geçici brace ile takip edildi ve düzeltildi. Hastalarda psödoartroz ya da komşu segment dejenerasyonu ile adding-on gözlenmedi.

Tartışma

Yanal eğriliği tranlasyon ile orta hatta getiren ve bunu başlatırken skolyozu kifoza dönüştüren ve böylece sagittal profilin normale getirilmesini sağlayan prebend konkav rodun derotasyonu, skolyoz cerrahisi sırasında deformitenin düzeltilmesi için temel adımdır. Bununla birlikte, önce konveks rodun derotasyonu, insitu bending, vertebral eş düzlemsel hizalama, kantilever düzeltme, direkt translasyon ve sublaminar telleme gibi çeşitli teknikler bireysel tercihlere ve koşullara göre implant biyomekaniğindeki ilerleme sayesinde farklı düzeltme imkanı da sağlamaktadır. Bununla birlikte konkav derotasyon manevrası esas olarak, aynı anda konveks tarafın beraber döndürülmesi ile sağlanan düzelmenin incelendiği bu çalışmada yukarıdaki tekniklerden farklı olarak enblok total vertebral derotasyon ile torakal kifozda hedeflenen düzelmenin derecesi araştırılmıştır. Omurga cerrahileri arasında Lenke sınıflamasında örneklenen üst ve alt segment füzyon seviyelerine rağmen bu seviyeler konusunda tam görüş birliği olmadığı gibi vida yoğunluğu, düzeltme miktarı ve düzeltme yöntemlerinde de ortak görüş sağlanamamıştır. Bu çalışmada konkav taraftan birincil ama aynı anda konveks taraftan da düzeltme yapıldı ama konveks taraf vida yoğunluğu konkav tarafa göre daha azdı. Hedeflediğimiz düzeltme konkav rodu daha fazla eğerek sagittal balansı sağlarken her iki rodu eş zamanlı derotate ederek koronal balansı da sağlamaktı. Bu kullandığımız yöntem koronal düzeltmeyi fleksibilitenin ötesinde düzeltilmiş ancak torakal kifozda istenilen düzeyde iyileşme sağlanamamıştır.

Pedikül vidaları kullanılarak yapılan derotasyon manevrası translasyon ile eğriliği orta hatta getirirken torasik kifozu düzleştirme eğilimine sahiptir ki ancak son zamanlarda direkt vertebral rotasyon (DVR) ile bu istenmeyen etki azaltılmaya çalışılmıştır. Aksine son çalışmalar DVR'siz yöntemlere kıyasla daha fazla artırmadığını göstermektedir [6]. Delikaris A ve ark. nın her seviyeye uygulanan vida yöntemi ile daha az vida yoğunluğunun sağlandığı ve DVR ile kombine ettikleri yöntemi

karşılaştırdıkları çalışmalarında artan vida yoğunluğunun MT Cobb açısı düzeltme oranında ciddi etkisi olduğu tespit edilmiş ancak T4-T12 torakal kifozda total, konkav ya da konveks ve apikal vida yoğunluklarının etkisinin olmadığı görülmüştür [7]. Torasik skolyozun üç boyutlu düzeltilmesi sırasında ortaya çıkabilecek bir fenomen olan hipokifoza konveks rod derotasyon tekniğine nazaran konkav rod derotasyonunun daha az agresif şekilde engelleyebileceğini Cotrel ve ark. iddia etmiştir [8]. Bununla birlikte skolyoz hastalarında konveks taraftaki pedikül çapı hem ön-arka hem de sagittal planda daha büyüktür; çoğu serbest-el vida yerleştiren omurga cerrahinin daha güvenli olan konveks rod derotasyon yöntemini tercihi bu sebeptendir [9,10]. Ayrıca, konkav vida yerleştirme ve rod derotasyonu, skolyoz eğrisinin konkav tarafındaki pediküller, dışbükey taraftakilere göre daha küçük ve omuriliğe ve torasik büyük damarlara daha yakın olduğundan, içe doğru döndüğünden, konkav tarafta derotasyon omuriliği uzatma eğilimine neden olduğundan ve son olarak konkav vidalar aorta daha yakın olduğundan aort ve nörolojik yaralanma riski teorik olarak konveks tarafa nazaran daha yüksektir. Zifang H ve ark. konveks ve konkav rod derotasyon tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında dokuz radyografik parametrenin karşılaştırılmasında, vida yanlış yerleşim insidansı, ameliyat sonrası ana eğri açısı ve düzeltme oranında gruplar arasında anlamlı farklılıklar bulmuşlardır [11]. Tüm hastaların konveks ve konkav taraftaki yanlış vida yerleşimi insidansı sırasıyla 1.8% ve 3.7% ($P=0.047$) olarak tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada bildirilen düzeltme miktarları ise konveks ve konkav rod derotasyon gruplarındaki major Cobb açıları ameliyat öncesi $54.0^\circ \pm 10.6^\circ$ ve $53.0^\circ \pm 11.1^\circ$ iken ameliyat sonrası $8.5^\circ \pm 6.9^\circ$ ve $12.9^\circ \pm 6.8^\circ$ ve sırasıyla düzeltme oranları 85.3% ve 76.0% olarak bildirilmiştir. Bizim uyguladığımız eş zamanlı derotasyon tekniği nihayetinde 70% 'in üzerinde koronal düzeltme sağlamış ancak sagittal balansı istenilen düzeyde normalleştirmemiştir. Üstteki çalışmada konveks ve konkav-rod derotasyon gruplarının torasik kifozu son kontrolde $21,1^\circ \pm 8,5^\circ$ olarak ölçülmüş ve erken postop ve son kontrol arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilememiştir.

Bu çalışmada sunulan yöntem, AIS düzeltmesine uygulanan yöntemlerden birisidir ve düzeltme oranları ve nörovasküler risk incelendiğinde başarılı bir yöntem olarak kabul edilebilir. Ancak, bu çalışmanın sonuçları yorumlanırken çeşitli sınırlamalar göz önünde bulundurulmalıdır. Birincisi, her ne kadar prospektif dizayn edilmiş veri toplama yöntemi kullanılsa da tek bir merkezde geriye dönük bir vaka serisi araştırmasıdır. İkincisi, nispeten küçük bir örneklem büyüklüğüne sahiptir. Üçüncüsü ve belki de en önemlisi vakalarda Titanyum rod kul-

lanılmasıdır. En azından konkav tarafta CoCr rodların kullanıldığı vakalarla yapılacak karşılaştırmanın daha değerli veriler sunacağı aşikardır.

Sonuç

Bu retrospektif olgu serisi çalışmasında AIS hastalarının cerrahi tedavisinde uyguladığımız EDRT'nin sonuçlarını değerlendirdik. Kozmetik olarak frontal ve sagittal plan ile omuz ve gövde dengesinde ciddi kazanım elde edilse de ameliyat öncesi torakal kifozda belirgin değişikliğe neden olmamıştır. DVR gibi güncel tekniklerle yapılacak teknik modifikasyonlar EDRT yönteminin değerini arttırabilir.

Maddi Destek ve Çıkar İlişkisi

Çalışmayı maddi olarak destekleyen kişi/kuruluş yoktur ve yazarların herhangi bir çıkar dayalı ilişkisi yoktur.

Referanslar

1. Cobb JR. American Academy of Orthopaedic Surgeons, ed Instructional Course Lectures. Vol. 5. Ann Arbor, MI: JW Edwards; 1948. Outline for the study of scoliosis; pp. 261–75
2. Burwell RG. Aetiology of idiopathic scoliosis: Current concepts. *Pediatr Rehabil.* 2003; 6: 137–70.
3. Castelein RM, van Dieen JH, Smit TH. The role of dorsal shear forces in the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis—a hypothesis. *Med Hypotheses.* 2005; 65: 501–8.
4. Anekstein Y, Mirovsky Y, Arnabitsky V, et al. Reversing the concept: Correction of adolescent idiopathic scoliosis using the convex rod de-rotation maneuver. *Eur Spine J* 2012; 21: 1942–9.
5. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine. Is it safe? *Spine* 2004; 29: 333–42.
6. Hwang SW, Samdani AF, Gressot LV, et al. Effect of direct vertebral body derotation on the sagittal profile in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2012; 21: 31–9.
7. Delikaris A, Wang X, Boyer L, et al. Implant Density at the Apex Is More Important Than Overall Implant Density for 3D Correction in Thoracic Adolescent Idiopathic Scoliosis Using Rod Derotation and En Bloc Vertebral Derotation Technique. *Spine* 2018; 43: 639–47.
8. Cotrel Y, Dubousset J, Guillaumat M. New universal instrumentation in spinal surgery. *Clin Orthop.* 1988; 227: 10–23.
9. Liljenqvist UR, Halm HF, Link TM. Pedicle screw instrumentation of the thoracic spine in idiopathic scoliosis. *Spine.* 1997; 22: 2239–45
10. Xiong B, Sevastik B, Willers U, et al. Structural vertebral changes in the horizontal plane in idiopathic scoliosis and the long-term corrective effect of spine instrumentation. *Eur Spine J.* 1995; 4: 11–4.
11. Zifang H, Hengwei F, Yaolong D, et al. Convex-Rod Derotation Maneuver on Lenke Type I Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Neurosurgery.* 2017; 81: 844–51.