

CİDDİ KORONAL VE SAGİTTAL OMURGA DEFORMİTELERİNDE POSTERİOR TAM VERTEBRAL KAMA REZEKSİYONU (DOMANIÇ OSTEOTOMİSİ) SONUÇLARI

THE RESULTS OF POSTERIOR TOTAL WEDGE OSTEOTOMY (DOMANIÇ'S OSTEOTOMY) FOR CORONAL AND SAGITTAL SPINAL DEFORMITIES

Metin ÖZALAY*, Alparslan ŞENKÖYLÜ**, İ. Teoman BENLİ***, Mustafa UYSAL****, Alihan DERİNÇEK****, Necdet ALTUN*****

ÖZET:

Giriş: Omurganın dengesini sağlamak ve deformiteleri düzeltmek için çeşitli osteotomiler literatürde tanımlanmıştır. Ciddi koronal ve sagittal deformitelerin özellikle torakal ve torakolomber bölgede, düzeltici osteotomilerle düzeltilmesi zordur. Pedikül vidalarının omurga cerrahisinde yaygınlaşması ile birlikte daha kompleks girişimlerin yapılması mümkün olmuştur. Son zamanlara kadar, 2 evreli cerrahi-anterior gevşetme ve dekompresyon ve posterior düzeltme tercih ediliyordu. Son yıllarda ise, sadece posterior girişimle düzeltici osteotomi popülerize olmuştur.

Materyal ve Metod: Çalışmada torakal, torakolomber ve lomber bölgede sadece posterior yolla total vertebral kama rezeksiyonu (TVKR) yapılan 14 vakanın koronal ve sagittal dengelerinin preoperatif ve postoperatif değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yaş, cinsiyet, deformitenin etiyojisi,

deformitenin lokalizasyonu, preoperatif ve postoperatif lokal kifoz açısı ve sagittal şakül çizgisi, preoperatif ve postoperatif Cobb açısı, kanama miktarı, ameliyat süresi ve nörolojik durum değerlendirilmiştir. Ortalama yaşları 24.8 (12-77) olan 14 hasta (9 kadın, 5 erkek) çalışmaya alınmıştır. Hastaların ortalama takip süresi 25.3 ay (6-104) olarak bulunmuştur. 4 hastada posttravmatik kifoz, 4 hastada konjenital kifoskolyoz, 2 hastada metastaza bağlı (1 hasta meme-ca ve diğer hasta mide-ca) kifoz, 1 hastada konjenital hemivertebral, 1 hastada tümör rezeksiyonu sonrası kifoz, 1 hastada konjenital kifoz ve 1 hastada lokalize plazmasitom mevcuttur. Deformitenin 7 hastada torakal bölgede, 1 hastada lomber bölgede ve 6 hastada torakolomber bölgede yer aldığı saptanmıştır. 9 hastada kifoz ve 5 hastada ise kifoskolyoz olduğu belirlenmiştir. Ortalama ameliyat süresi 5,5 saat (4-7 saat). Ortalama kan kaybı 2684 cc (1800-3600cc) olarak bulunmuştur.

(*) Doç. Dr., Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Başkent Üniversitesi Adana Uygulama ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Adana.

(**) Doç. Dr., Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara.

(***) Prof. Dr., Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara.

(****) Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Başkent Üniversitesi Adana Uygulama ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Adana.

(*****) Prof. Dr., Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara.

Sonuçlar: Hastaların ameliyat öncesi kifoz açıları 12°-75° arasında iken, postoperatif dönemde -20° ile 44° arasında ölçülmüştür. Ortalama düzeltme miktarı 26.3° (8-46°) olduğu belirlenmiştir. Kifoskolyoz mevcut olan hastaların ameliyat öncesi Cobb açıları, 25°-97° iken, postoperatif dönemde 10°-52° derece olarak bulunmuştur. Koronal düzlemdeki düzeltme miktarı ortalama 28.8° (9-45°) olarak saptanmıştır. Ameliyat öncesi 13 hastada değerlendirilen sagittal şakül çizgisi +110 ile -33 mm arasında değişmekte olup, ameliyat sonrası dönemde ise +12 ile -7 mm arasında olduğu belirlenmiştir. 4 hastada ameliyat öncesi dönemde nörolojik problem olduğu, buna karşın sadece 1 hasta dışında hastaların tümünde nörolojik durumda iyileşme tespit edilmiştir.

Tartışma ve Sonuç: Bu verilerin ışığı altında total vertebral kama rezeksiyonu ile sagittal ve koronal düzlemdeki ciddi deformiteler ile bunların kombinasyonlarında yeterli düzeltme elde edilmesinin mümkün olduğu fikri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kifoz, cerrahi tedavi, tam posterior kama osteotomisi

Kanıt Düzeyi: Retrospektif Klinik Çalışma, Düzey III

SUMMARY:

Introduction: In the literature, in order to preserve balance of the spine and to correct deformities, different types of osteotomies were described. The treatment of severe coronal and sagittal deformity using corrective osteotomies is a demanding surgical challenge especially in thoracic and thoracolumbar area. With advancement of using pedicle screws in spine surgery, more complex surgeries have become increasingly elaborate. Two staged surgery-anterior release and decompression and posterior correction was chosen as a treatment in the past. Recently, corrective osteotomies by posterior only approach has been popularized.

Materials and methods: Retrospectively, 14 patients with kyphosis or kyphoscoliosis who underwent to total vertebral wedge resection by posterior approach were reviewed. Sagittal and coronal balance of the patients was evaluated. Age, sex, etiology of deformity, localization of deformity, preoperative and postoperative local kyphosis angle, correction magnitude in sagittal axis, preoperative and postoperative Cobb angle, intraoperative blood loss, duration of operation and neurological status were evaluated. A total of 14 patients, 9 female and 5 male, were included in this study. The average age was 24.8 (12-77). The average follow-up of the patients was 25,3 months (6-104 months). The patients who diagnosed post-traumatic kyphosis in 4 patients, congenital kyphoscoliosis in 4 patients, metastasis (breast carcinoma and gastric carcinoma) in two patients, congenital kyphosis in 1 patient, iatrogenic kyphosis in 1 patient and localized plasmacytoma in 1 patient were involved in this study. Deformity was localized to thoracic

area in 7 patient, lumbar area in 1 patient, thoracolumbar area in 6 patient. Nine patients had kyphosis and 5 patients had kyphoscoliosis. Average operation time was 5,5 hour (4-7 hour). Average blood loss was 2684cc (1800-3600cc).

Results: The kyphosis angle was between 12°-75° preoperatively and -20°-44° postoperatively. Average correction was 26.3°(8-46°). Patients with kyphoscoliosis, the Cobb angle was between 25-97° preoperatively and 10-52° postoperatively. The coronal correction was average 28.8°(9-45°). Sagittal plumb line was (+)110- (-)33 mm preoperatively, (+)12- (-) 7mm

postoperatively. Neurologic deficit was found in 4 patients preoperatively. At most recent follow-up, the preoperative neurological compromise was improved in all patients except one.

Discussion and Conclusion: In this study, we concluded that, with using of total vertebral wedge resection, enough correction could be obtained in combined sagittal coronal deformities.

Key words: Kyphosis, surgical treatment, posterior total wedge osteotomy

Level of Evidence: Retrospective Clinical Study, Level III

GİRİŞ:

Ciddi koronal ve sagittal deformitelerin özellikle torakal ve torakolomber bölgede düzeltici osteotomilerle düzeltilmesi zordur. Pedikül vidalarının omurga cerrahisinde yaygınlaşması ile birlikte daha kompleks girişimlerin yapılması mümkün olmuştur. Kifoz ve kifoskolyozun cerrahi tedavisinde sadece tek evreli posterior ⁽¹⁵⁾, iki evreli posterior ⁽¹²⁾, kombine posterior-anterior, kombine iki evreli posterior ve sonra anteroposterior girişimler ⁽¹³⁾ yapılmaktadır. Son zamanlara kadar 2 evreli cerrahi- anterior gevşetme ve dekompresyon ve posterior düzeltme tercih ediliyordu ^(2,10). Son yıllarda ise sadece posterior girişimle düzeltici osteotomi popülerize olmuştur ^(5,6,9,11,16). Vertebral kolon rezeksiyonu (VKR) ilk kez tümör ⁽¹¹⁾ ve spondilopitoz ^(12,13 8) vakalarında tarif edilmiştir. Ayrıca VKR ciddi rijid deformitelerde, kombine anterior ve posterior ⁽³⁴⁾ ve sadece posterior ⁽¹⁴⁾ girişimlerde de kullanılmıştır. Hemivertebra eksizyonu bir tür VKR olup vertebra üst ve alttaki disk ile birlikte rezekt edilmektedir. Total vertebral kama rezeksiyonu (TVKR) ise VKR'nun bir modifikasyonu olup, literatürde Domaniç ve arkadaşları tarafından tarif edilmiştir (Şekil-1) ⁽⁷⁾. TVKR sadece posteriordan uygulanan tek evreli bir yöntem olup, keskin açılı özellikle kifotik deformitelerde kullanılmaktadır.



Şekil 1. Total vertebral kama rezeksiyonunun şematik görünümü

Bu çalışmada torakal veya torakolomber bölgede sadece posterior yolla TVKR yapılan 14 vakanın koronal ve sagittal dengelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

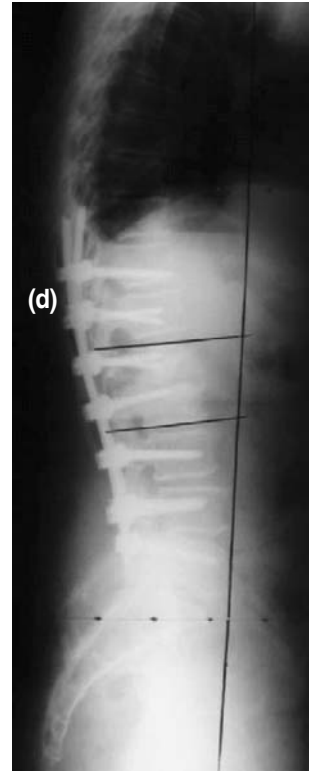
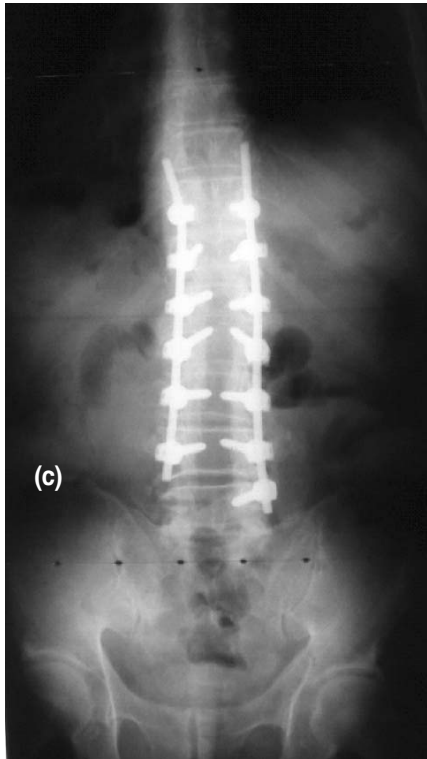
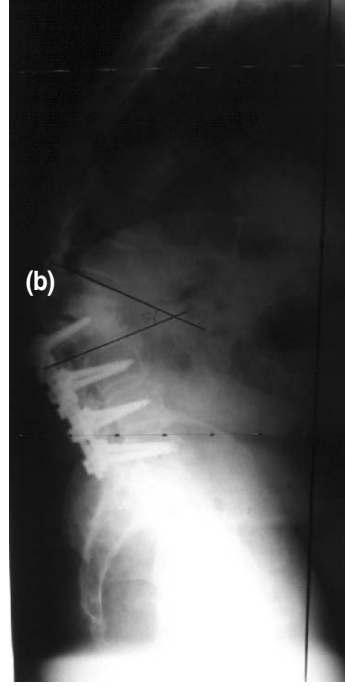
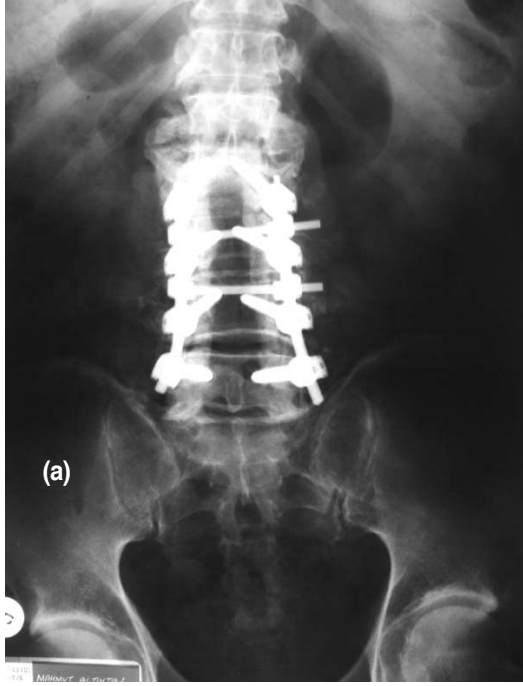
HASTALAR VE METOD:

Çalışmaya torakal / torakolomber / lomber bölgede angüler deformitesi olan ve posterior girişim ile TVKR uygulanan 14 hasta alınmıştır. Yaş, cinsiyet, deformitenin etiolojisi, deformitenin lokalizasyonu, sagittal şakül çizgisi -S1'in posterosuperior köşesi ilişkisi (pozitif : eğer anteriorda ise, negatif: eğer posteriorda ise), preoperatif ve postoperatif lokal kifoz açısı, sagittal planda düzeltme miktarı, preoperatif ve postoperatif Cobb açısı, kanama miktarı, ameliyat süresi ve nörolojik durum değerlendirilmiştir. Hastaların koronal ve sagittal dizilimine 36 inç kaset kullanılarak bakılmıştır.

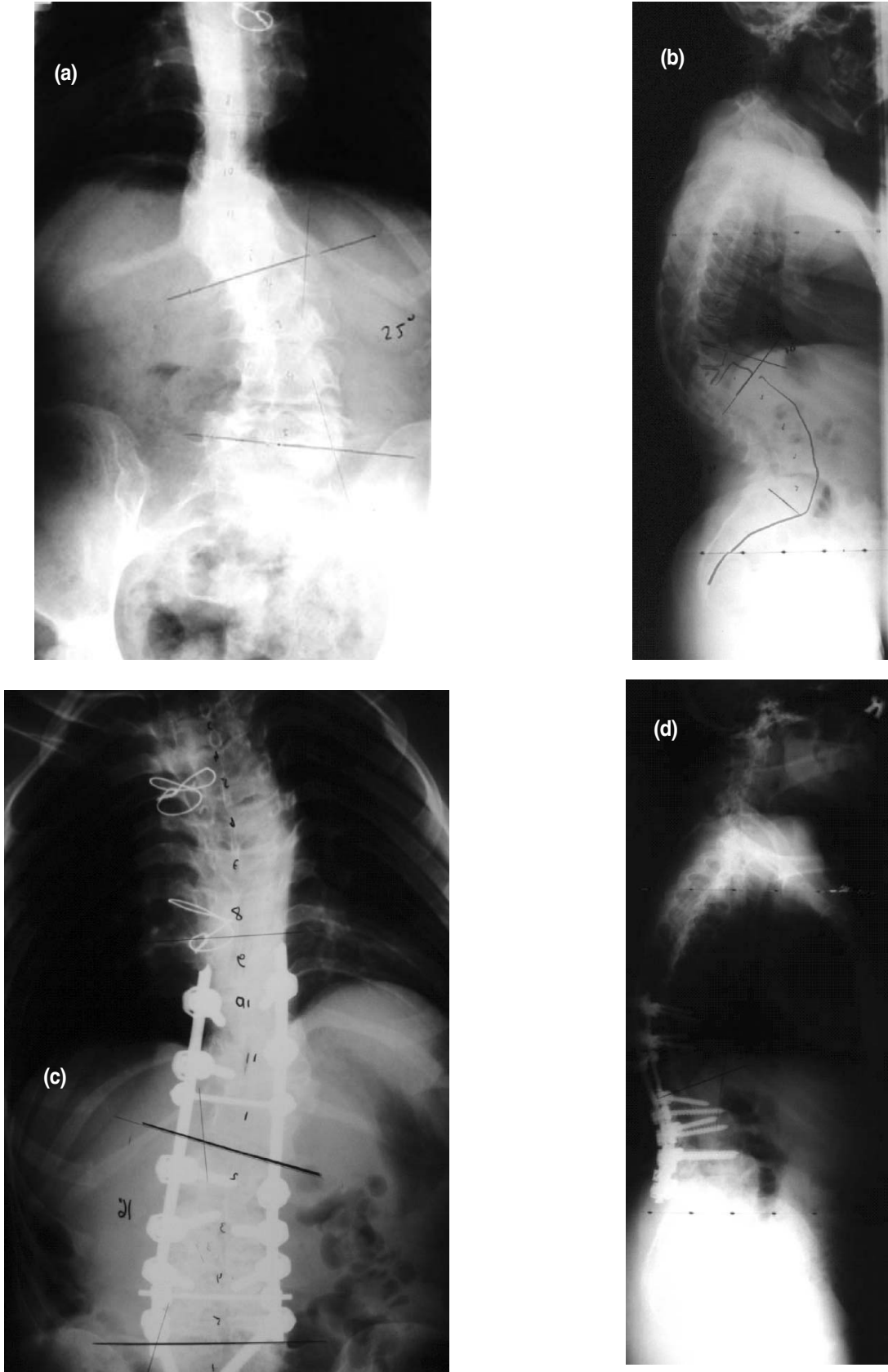
Yaş, cinsiyet, deformitenin etiolojisi, apeks vertebra, kifoz açısı (preoperatif ve postoperatif), Cobb açısı (preoperatif ve postoperatif) ve hastaların takip süresi Tablo-1'de görülmektedir. Ortalama yaşları 24.8 (12-77) olan 14 hasta (9 kadın, 5 erkek) çalışmaya alınmıştır. Ortalama takip süresi 25.3 ay (6-104) olarak bulunmuştur. 4 hastada posttravmatik kifoz, 4 hastada konjenital kifoskolyoz, 2 hastada metastaza bağlı (1 hasta meme-ca ve diğer hasta mide-ca) kifoz, 1 hastada konjenital hemivertebra, 1 hastada tümör rezeksiyonu sonrası kifoz, 1 hastada konjenital kifoz ve 1 hastada lokalize plazmasitom olduğu belirlenmiştir. Deformite 7 hastada torakal bölgede, 1 hastada lomber bölgede ve 6 hastada torakolomber bölgede görülmüştür. 9 hastada kifoz ve 5 hastada ise kifoskolyoz saptanmıştır. Posttravmatik kifoz (Hasta-1) olan hastaya daha önce lomber dar kanal nedeniyle L2-5 arasına dekompresyon, enstrümantasyon ve füzyon uygulanmıştır. Postoperatif 1. günde yataktan düşen hastada L1 alt son plak ve L2 üst son plak kırığı gelişmesi üzerine torakolumbosakral ortez (TLSO) ile tedavi edilmiştir. Posttravmatik kifoz gelişmesi üzerine daha sonra hastaya TVKR uygulanmıştır

(Şekil-2). Konjenital kifoskolyoz nedeniyle ameliyat edilen hastada (Hasta-2) T12'de hemivertebral, diğer vertebralarda karışık tipte anomaliler mevcut olup, TVKR uygulanmıştır (Şekil-3). 2 yıl önce T9'da kondromiksoid fibroma ve paraparezi nedeniyle

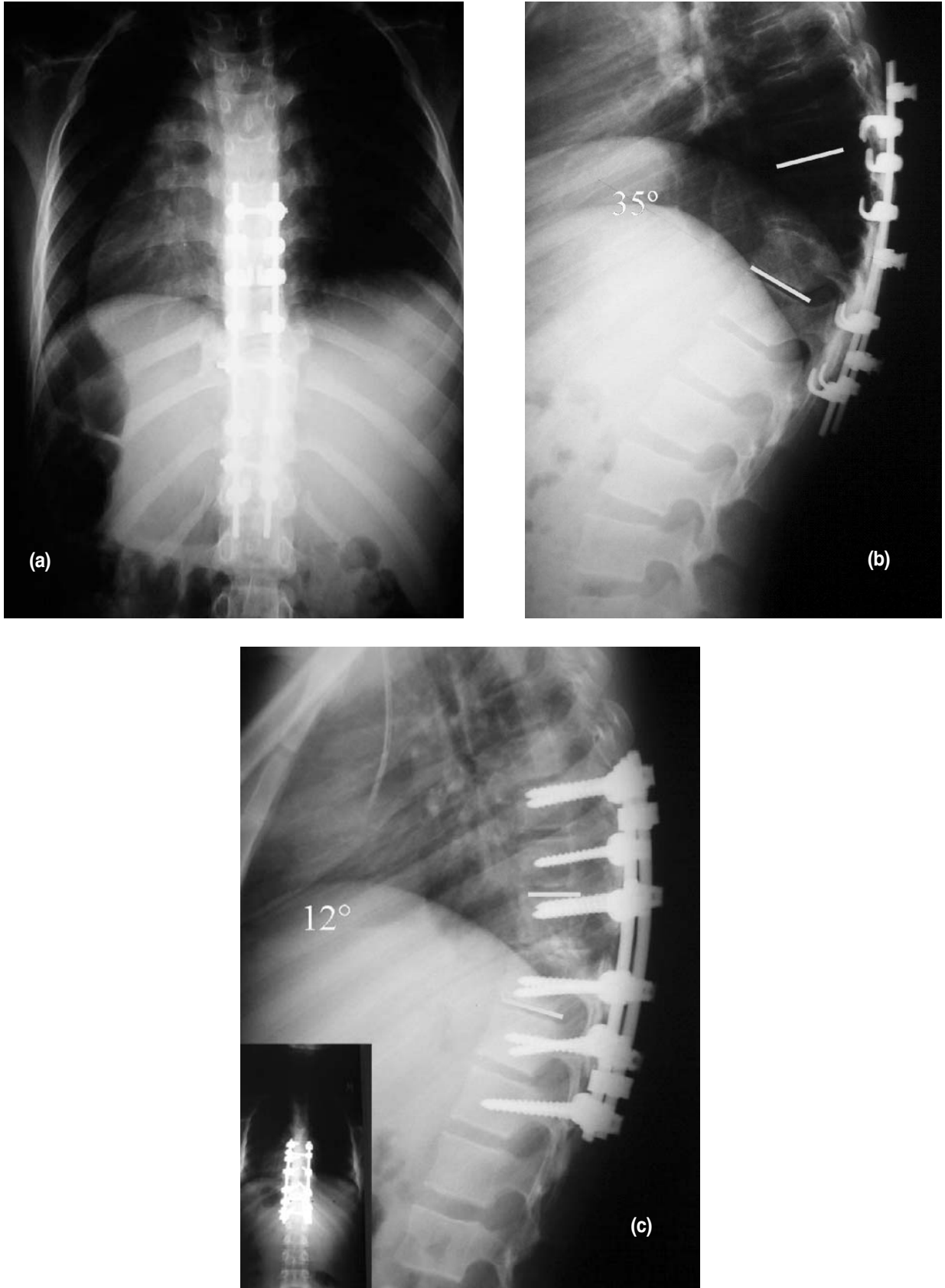
posterior yolla rezeksiyon, dekompresyon ve posteriorda enstrümantasyon uygulanmış (Hasta-3). Paraparezisi düzelen hastada implant yetmezliği nedeniyle kifoz gelişmiş ve daha sonra hastaya TVKR uygulanmıştır (Şekil-4).



Şekil 2. Posttravmatik kifozu olan Hasta-1'in (a,b) preoperatif ve (c,d) postoperatif grafileri



Şekil 3. Konjenital kifoskolyozu olan Hasta-2'nin (a,b) preoperatif ve (c,d) postoperatif grafileri

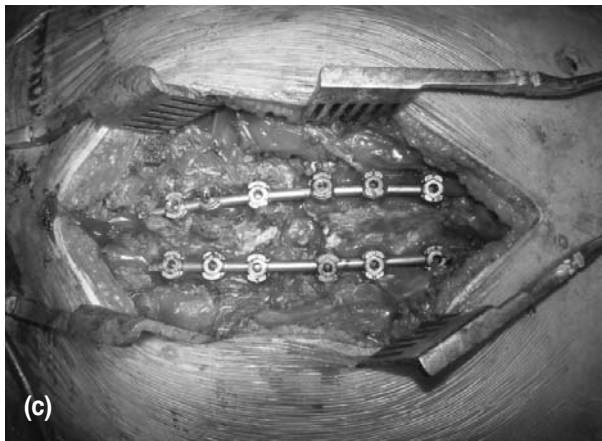
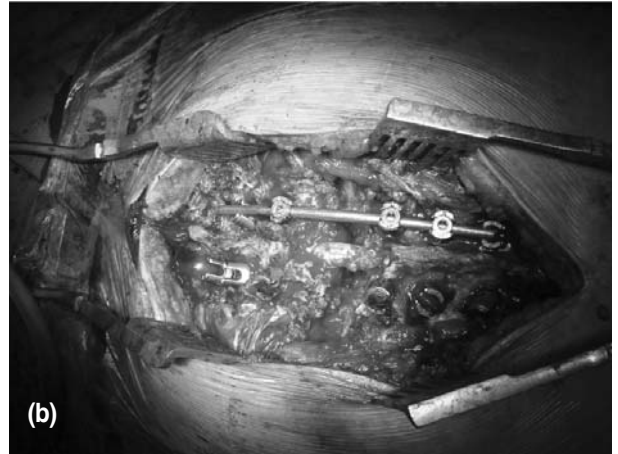
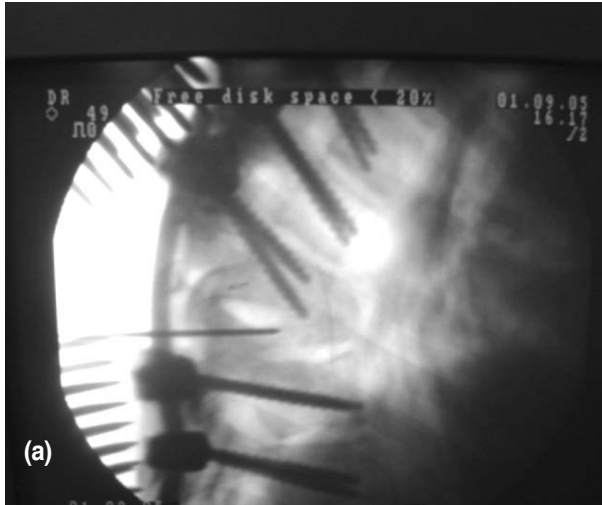


Şekil 4. Tümör rezeksiyonu sonrası kifoz gelişen Hasta-3'ün (a,b) preoperatif ve (c,d) postoperatif grafileri

- Cerrahi teknik:

Ameliyatlarda hipotansif anestezi tekniği kullanılmıştır. Hastalar altına rulo konarak yüzüstü yatırılmıştır. Posterior orta hat insizyonla girilmiştir. Paraspinal kaslar subperiosteal olarak diseke edilmiştir. Hedef vertebra skopide belirlenmiş ve spinöz proçes eksize edilmiştir. Ayrıca üst vertebranın alt ve alt vertebranın üst spinöz proçesi eksize edilmiştir. 2 veya 3 üst ve alt seviyeye pedikül vidası bilateral olarak konmuştur. Tek tarafa çalışma rodu yerleştirilerek bölge distrakte edilmiştir. Bilateral laminektomiye takiben her iki taraftaki kotların posterior ucu 3-4 cm kesilmiştir. Bir üst ve bir alt interkostal sinir bulunmuş, ameliyat bölgesini genişletmek üzere sinirler kesilmiş ve

bağlanmıştır. Plevra künt olarak diseke edilmiştir. Vertebra korpusunun laterale ve anterioruna kadar subperiosteal veya ekstraplevral olarak ulaşılmış ve anteriordaki vasküler yapılar ve anterolateraldeki akciğer künt bir ekartör yardımıyla korunmuştur. Planlanan osteotomi seviyeleri, Kirschner teli (K-Teli) konarak skopide kontrol edilmiştir (Şekil-5.a). Osteotomi kifotik deformitenin apeksine uygulanmıştır (Şekil-5.b). Anteriordaki defekt 5mm'den az ise greft / TCP ve eğer fazla ise mesh kafes uygulanmıştır. Daha sonra karşı rod yerleştirilmiş, vidalarla posteriordan kompresyon sağlanarak ve her iki omuzdan yukarıya kaldırılarak deformite düzeltilmiştir (Şekil-5.c ve d).



Şekil 5. (a,b) TVKR'nin skopi altındaki görünümü ve (c,d) TVKR intraoperatif görünümü

Tüm hastalarda poliaksiyel pedikül vidaları enstrümantasyon için kullanılmış ve ameliyat esnasında Stagnara uyandırma testi ile nörolojik durum kontrol edilmiştir. Ameliyat esnasında komplikasyon gelişmemiştir. Ameliyat sonrası 48 saat antibiyotik profilaksisi yapılmış ve 1. günde TLSO korse ile mobilizasyon sağlanmıştır.

SONUÇLAR:

Hastaların ameliyat öncesi kifoz açıları 12°-75° arasında iken, postoperatif dönemde -20° ile 44 derece arasında bulunmuştur. Ortalama düzeltme miktarı 26.3° (8°-46°) olduğu belirlenmiştir. Kifoskolyoz mevcut olan hastaların ameliyat öncesi Cobb açıları 25°-97° iken, postoperatif dönemde 10°-52° derece olarak bulunmuştur. Koronal düzeltme miktarı ortalama 28.8° (9°-45°) olarak bulunmuştur. Ameliyat öncesi 13 hastada bakılan sagittal şakül çizgisi +110 ile -33 mm arasında değişmekte olduğu saptanmıştır. Ameliyat sonrası dönemde ise +12 ile -7 mm arasında bulunmuştur.

4 hastada ameliyat öncesi nörolojik defisit tespit edilmiştir. Posttravmatik kifoz (Hasta-6) nedeniyle ameliyat olan hastanın ameliyat öncesi Frankel A olan nörolojik durumunun postoperatif dönemde değişmediği belirlenmiştir. Lokalize plazmasitom nedeniyle ameliyat edilen hastanın (Hasta-11) ameliyat öncesi nörolojik durumu Frankel C iken ameliyat sonrası nörolojik durum intakt (Frankel E) olarak değerlendirilmiştir. Mide-ca metastazı nedeniyle ameliyat edilen hastanın (Hasta-12) nörolojik durumu ameliyat öncesi Frankel C, ameliyat sonrası ise Frankel D olarak bulunmuştur. Postravmatik kifoz nedeniyle ameliyat uygulanan hastanın (Hasta-13) nörolojik durumu ameliyat öncesi Frankel D iken ameliyat sonrası düzelme

göstererek Frankel E olduğu belirlenmiştir. Hiçbir hastada erken veya geç komplikasyon gelişmediği saptanmıştır.

TARTIŞMA:

Pedikül vidalarının omurga cerrahisinde yaygınlaşması ile birlikte daha kompleks girişimlerin yapılması mümkün olmuştur. Pedikül vidaları nöral kanal içerisine girmeyen, penetran tipte ankorlardır. Pedikül vidalarının güvenilirliği bazı çalışmalarda gösterilmiştir⁽⁶⁾. Bizim serimizde de hiçbir hastada pedikül vidasına bağlı komplikasyon gelişmemiştir.

Omurganın dengesini sağlamak ve deformitelerin düzeltilmesinde çeşitli osteotomiler literatürde tarif edilmiştir. Smith-Peterson osteotomisi (SPO), Pedikül subtraksiyon osteotomisi (PSO) ve vertebral kolon rezeksiyonu (VKR) bunlardan bazılarıdır. SPO posterior elemanlara faset eklem seviyesinden uygulanan kapalı kama osteotomidir. Scheuerman hastalığı gibi global kifoz durumlarında tercih edilmektedir. PSO'da ise pedikül içine alan kama şeklinde anteriora uzanan osteotomi yapılmaktadır. Total vertebral kama rezeksiyonu (TVKR) VKR'nun bir formu olup, literatürde Domaniç ve arkadaşları tarafından tarif edilmiştir⁽⁷⁾. TVKR'nin SPO'dan avantajı, posterior kolonu kısaltarak kord üzerinde oluşabilecek gerginliği ortadan kaldırması ve ayrıca bu girişimle anterior kolon rezeksiyonu ve kısaltılması yapılabilmesidir.

Bridwell, erişkinde sagittal dengeyi 2 gruba ayırmıştır. Tip-1'de sağlıklı üstteki veya alttaki segmentler tarafından kompanse edilen hiperkifotik segment bulunur ve C7 şakül çizgisinin sakrumun üzerine düşmesi sağlanır. Tip-2'de ise kompanse eden segmentler yoktur ve C7 şakül çizgisi sakrum üzerinde değildir. C7 şakül çizgisinin anterior

sakrumdan 2 cm ve posterior L5-S1 disk aralığından ise 6 cm öne düşmesi 'sagittal dengesi bozuk omurga' olarak adlandırılır ⁽⁴⁾.

Girişimin anterior-posteriordan veya sadece posteriordan yapılması literatürde tartışma konusu olmuştur. Anterior-posterior VKR'nun yeterli kolon translasyonu ile beraber anterior ve posterior kolona kontrollü manipulasyon yapma avantajı vardır. Fakat, bu girişimin hasta için ciddi morbidite oluşturduğu aşikardır. Sadece posterior girişimin ise; tek evreli cerrahi olması, deformitenin apeksine direkt yaklaşımının sağlanması ve rezeksiyon boşluğuna kontrollü kapatma uygulanması avantajlarıdır ^(1,3,16).

Global kifoz vakalarında, örneğin Scheuermann hastalığında, SPO ile her seviyede 10° düzeltme sağlanabilir. SPO'nun ön şartı anteriorda kemik köprünün olmamasıdır. SPO'nun en önemli dezavantajı, posterior longitudinal ligamanın menteşe görevi görmesi sonucunda anterior kolonun istenmeyen derecede açılmasıdır. Kısa, lokal kifoz açılanmalarında ise PSO veya VKR yapılabilir. PSO literatürde, Thomasen osteotomisi 17 veya PSO'nun bir modifikasyonu olan Heinig ve Boyd'un ⁽¹⁴⁾ tarif ettiği egg-shell dekanselasyon girişimi olarak bilinmektedir. PSO ile anterior longitudinal ligament menteşe görevi görerek anterior kolonun yüksekliği korunur. Bu osteotomi ile, ciddi sagittal ve koronal kombine

deformitelerde yeterli korreksiyon elde etmek mümkündür. Literatürde torakal bölgede 25° ve lomber bölgede 35° düzeltme PSO ile sağlandığı bildirilmektedir. PSO vakalarında ise nörolojik defisit gelişme riski vardır (% 8) ve genellikle bu durum, hafif sublüksasyon, duranın katlantı yapması, dorsal kök kompresyonu veya distal kök kompresyonu sonucunda oluşabilir ⁽⁴⁾. Özellikle kifoza koronal planda deformite eşlik ediyorsa tranlasyon özelliğinden yararlanmak için VKR tercih edilmesinde fayda vardır. VKR konjenital kifoz / hemivertebra, koronal imbalans durumlarında, keskin açılı torakal deformitelerde, L5 spondilopitozda ve rezekte edilebilen spinal tümörlerde kullanılabilir ⁽⁴⁾. TVKR'da yazarlar, bu işlemin disk seviyesinden uygulandığı için PSO'ya göre daha fazla düzeltme sağladıklarını bildirmişlerdir. Tek seviye için ortalama 49 derece düzeltme sağlamışlardır ⁽⁷⁾. Bizim bu çalışmamızda ise literatür ile uyumlu olarak ortalama 26° düzeltme elde edilmiştir. Posteriordan bir seviye üste ve alta geniş laminektomi yapıldığı için spinal kord üzerindeki baskı da ortadan kalkmaktadır.

Sonuç olarak, sadece posterior yolla uygulanan TVKR, anterior-posterior girişime göre morbiditesi daha düşük olan bir yöntem olup, TVKR ile ciddi sagittal düzlem deformitelerin düzeltilmesi bu yöntemle mümkündür.

KAYNAKLAR:

1. Berven SH, Deviren V, Smith JA, Emami A, Hu SS, Bradford DS. Management of fixed sagittal plane deformity: results of the transpedicular wedge resection osteotomy. *Spine* 2001; 26 (18): 2036-2043.
2. Bradford DS, Boachie-Adjei O. One-stage anterior and posterior hemivertebral resection and arthrodesis for congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1990; 72 (4): 536-540.
3. Bradford DS, Tribus CB. Vertebral column resection for the treatment of rigid coronal decompensation. *Spine* 1997; 22 (14): 1590-1599.
4. Bridwell KH. Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity. *Spine* 2006; 31 (19 Suppl): S171-S178.
5. Bridwell KH, Lewis SJ, Rinella A, Lenke LG, Baldus C, Blanke K. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. Surgical technique. *J Bone Joint Surg* 2004; 86-A (Suppl 1): 44-50.
6. Cho KJ, Bridwell KH, Lenke LG, Berra A, Baldus C. Comparison of Smith-Petersen versus pedicle subtraction osteotomy for the correction of fixed sagittal imbalance. *Spine* 2005; 30 (18): 2030-2037; discussion 2038.
7. Domanic U, Talu U, Dikici F, Hamzaoglu A. Surgical correction of kyphosis: posterior total wedge resection osteotomy in 32 patients. *Acta Orthop Scand* 2004; 75 (4): 449-455, 2004.
8. Gaines RW. L5 vertebrectomy for the surgical treatment of spondyloptosis: thirty cases in 25 years. *Spine* 2005; 30 (6 Suppl): S66-S70.
9. Gertzbein SD, Harris MB. Wedge osteotomy for the correction of post-traumatic kyphosis. A new technique and a report of three cases. *Spine* 1992; 17 (3): 374-379.
10. Leatherman KD, Dickson RA. Two-stage corrective surgery for congenital deformities of the spine. *J Bone Joint Surg* 1979; 61-B (3): 324-328.
11. Lehmer SM, Keppler L, Biscup RS, Enker P, Miller SD, Steffee AD. Posterior transvertebral osteotomy for adult thoracolumbar kyphosis. *Spine* 1994; 19 (18): 2060-2067.
12. Rhee JM, Bridwell KH, Lenke LG, Baldus C, Blanke K, Edwards C, Berra A. Staged posterior surgery for severe adult spinal deformity. *Spine* 2003; 28 (18): 2116-2121.
13. Sar C, Eralp L. Three-stage surgery in the management of severe rigid angular kyphosis. *Eur Spine J* 2002; 11 (2): 107-114.
14. Suk SI, Chung ER, Kim JH, Kim SS, Lee JS, Choi WK. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis. *Spine* 2005; 30 (14): 1682-1687.
15. Suk SI, Chung ER, Lee SM, Lee JH, Kim SS, Kim JH. Posterior vertebral column resection in fixed lumbosacral deformity. *Spine* 2005; 30 (23): E703-E710.
16. Suk SI, Kim J H, Kim WJ, Lee S M, Chung ER, Nah KH. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities. *Spine* 2002; 27 (21): 2374-2382.
17. Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis. *Clin Orthop Relat Res* 1985; 194: 142-152.

