



## Pemberton perikapsüler osteotomisinde femur başının örtünmesi yeterli oluyor mu? Üç boyutlu bilgisayarlı tomografi rekonstrüksiyonu ile değerlendirme

### *Is sufficient femoral head coverage obtained after Pemberton's pericapsular osteotomy? Evaluation by three-dimensional computed tomographic reconstruction*

A. Erdem BAGATUR, Gazi ZORER, Y. Bilge SÜREL

*SSK İstanbul Eğitim Hastanesi 1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği*

**Amaç:** Açık redüksiyonla birlikte Pemberton perikapsüler osteotomisi yapılan gelişimsel kalça displazili olgularda, ameliyat sonrasında femur başının örtünmesinin yeterli olup olmadığı üç boyutlu bilgisayarlı tomografi rekonstrüksiyonu ile değerlendirildi.

**Çalışma planı:** Prospektif bir çalışma düzeneğinde, 15 ardışık hastanın (12 kız, 3 erkek; ort. yaş 26 ay; dağılım 18-34 ay) ameliyat öncesi ve altı ay sonrası rutin radyografileri çekildi. Üç boyutlu bilgisayarlı tomografi rekonstrüksiyonu yapıldı ve femur başının örtünmesi değerlendirildi.

**Sonuçlar:** Ameliyat öncesi dönemde 38° (dağılım 33-52°) olan asetabuler indeks ortalaması, sonraki dönemde 19 dereceye (dağılım 16-23°) indi. Üç boyutlu bilgisayarlı tomografilerin karşılaştırılması sonucunda, ameliyat sonrasında asetabulumların hepsinde addüksiyon ile ekstansiyon derecelerinde artış, asetabuler anteversiyon derecesinde ise azalma saptandı. Tüm hastalarda femur başının örtünmesi yeterli bulundu.

**Çıkanmlar:** Uygun olgularda, Pemberton perikapsüler osteotomisinin çok iyi sonuçlar verdiğini, osteotomi sonrası femur başı örtünmesinin yeterli olduğunu düşünüyoruz; ancak bu konuda kuşku var ise, konvansiyonel yöntemler yerine üç boyutlu rekonstrüksiyonu yapılan bilgisayarlı tomografi görüntülerini kullanmanın daha doğru olacağı görüşündeyiz.

**Anahtar sözcükler:** Asetabulum/cerrahi; kırık/dak, eklem/radyografi; çocuk; femur başı/cerrahi/radyografi; kalça çıkığı, doğuştan/cerrahi/radyografi; kalça eklemi/fizyoloji; görüntü işleme, bilgisayar destekli; osteotomi/yöntem; bilgisayarlı tomografi.

**Objectives:** We evaluated femoral head coverage by three-dimensional computed tomographic reconstruction after Pemberton's pericapsular osteotomy with open reduction in cases with developmental dysplasia of the hip.

**Methods:** In a prospective design, routine radiographs of 15 consecutive patients were obtained and three-dimensional computed tomographic reconstruction was performed preoperatively and six months after surgery. The mean age at the time of surgery was 26 months (range 18 to 34 months). Twelve patients were girls and three were boys.

**Results:** The mean acetabular index was 38° (range 33-52°) preoperatively, and 19° (range 16-23°) postoperatively. Comparison between pre- and postoperative three-dimensional computed tomographic reconstruction images revealed increased acetabular adduction and extension, and decreased acetabular anteversion in all cases. Sufficient coverage of the femoral head was documented in all patients.

**Conclusion:** Pemberton's pericapsular osteotomy provides successful results in appropriate cases, with sufficient coverage of the femoral head. However, if there is any doubt, utilization of three-dimensional computed tomographic reconstruction images may contribute to a more precise evaluation of the outcome.

**Key words:** Acetabulum/surgery; cartilage, articular/radiography; child; femur head/surgery/radiography; hip dislocation, congenital/surgery/radiography; hip joint/physiology; image processing, computer-assisted; osteotomy/methods; tomography, X-ray computed.

**Yazışma adresi:** Dr. A. Erdem Bagatur, Funda 07-01, No 37, 34850 Bahçeşehir - İstanbul.

Tel: 0212 - 588 44 00 / 1532 Faks: 0212 - 561 15 21 e-posta: bagatur@ixir.com

**Başvuru tarihi:** 12.02.2002 **Kabul tarihi:** 04.04.2002

Gelişimsel kalça displazisinin (GKD) asetabulumu içeren cerrahi tedavisindeki amaç, konsantrik reduksiyon sağlandıktan sonra asetabulumun yönünü değiştirerek, femur başının tam olarak örtünmesini sağlamak ve böylelikle uygun bir biyomekanik elde etmektir. Asetabulumun yönünü değiştiren ve endikasyonunda hastanın yaşının, asetabulum ile proksimal femurun patolojik anatomisinin ve cerrahın tercihinin rol oynadığı, farklı birçok cerrahi teknik tanımlanmıştır.<sup>[1-6]</sup>

Kalça displazisinin ve femur başının örtünmesinin standart radyografik değerlendirme yöntemi, üç boyutlu, karmaşık bir anatomiye sahip olan pelvisin, görüntü olarak iki boyutlu bir yansıması olan ön-arka radyografidir.<sup>[7]</sup> Gelişimsel kalça displazisi nedeniyle ameliyat edilen hastaların ameliyat sonrası değerlendirmesinde de aynı yöntem kullanılmaktadır. Femur başının örtünmesi için yapılan osteotomi, geleneksel olarak yalnızca frontal planda yapılan bir inceleme ile değerlendirilmektedir. Pelvisin ön-arka grafisinde, asetabulumun superolateral kenarı ile femur başının en lateral kenarı dikkate alınarak, osteotomi sonrasındaki örtünme konusunda karar verilir.

Gelişimsel kalça displazisinde asıl patoloji, asetabulumun ön ve süperior duvarındaki yetersizliktir. Periasetabuler osteotomilerin birinci amacı da, asetabulumun yönünü bu yetersizliği giderecek biçimde değiştirmektir.<sup>[8]</sup> Ön-arka grafi ile, femur başının yandaki örtünmesini değerlendirmek olanaklı olmakla birlikte, önden ve arkadan örtünme tam olarak anlaşılabilir.<sup>[9]</sup>

Bilgisayarlı tomografinin gelişimi ve üç boyutlu rekonstrüksiyonun kullanıma girmesi, karışık anatomik yapıların üç boyutlu olarak ve çeşitli yönlerden görüntülenebilmesini sağlamıştır. Bu yöntemle, displazik kalçalardaki anatomik değişiklikler ile femur başının örtünmesi de incelenmiştir.<sup>[9-12]</sup> Ancak, asetabulumun yönünü değiştiren ameliyatlardan sonra, durumu kantitatif olarak değerlendiren çok az çalışma yapılmıştır.<sup>[7,10,12]</sup> Pemberton perikapsüler osteotomisinden sonra yapılmış bir üç boyutlu rekonstrüksiyon çalışması ise bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, GKD nedeniyle Pemberton perikapsüler osteotomisi yapılan hastalarda, ameliyat öncesi ve sonrası üç boyutlu bilgisayarlı tomografi rekonstrüksiyonu ile femur başının örtünmesini kantitatif olarak değerlendirmeyi ve ön-arka radyografi-

ler ile elde edilen iki boyutlu görüntülerle karşılaştırmayı amaçladık.

## Hastalar ve yöntem

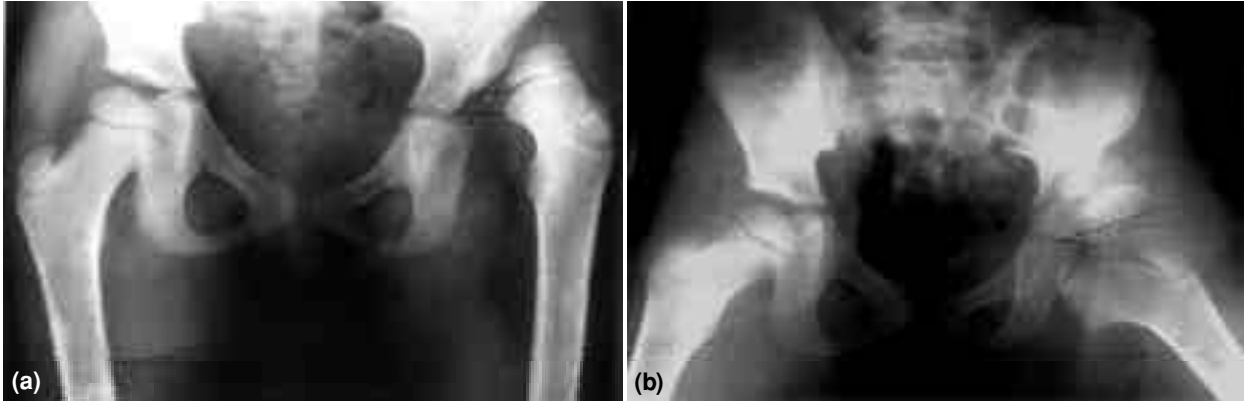
Gelişimsel kalça displazisi nedeniyle açık reduksiyonla birlikte Pemberton osteotomisi yapma endikasyonu konan 15 ardışık hasta, prospektif olarak çalışmaya alındı. Hastaların üçünde çift taraflı; beşinde sağ, altısında sol olmak üzere 11'inde tek taraflı GKD vardı. Çift taraflı olguların birinde bulunan tek taraflı asetabulum displazisi dışında, tüm kalçalarda çıkık vardı. Çift taraflı olguların birinde, sağ kalçaya bu çalışma başlamadan önce açık reduksiyon ve Pemberton perikapsüler osteotomisi yapılmıştı. Tüm hastalarda klasik iliofemoral insizyon kullanıldı ve özgün tekniğine bağlı kalınarak, açık reduksiyon ve Pemberton perikapsüler osteotomisi yapıldı.<sup>[1,8]</sup> Ameliyat sonunda hastaların tümüne altı hafta pelvipedal alçı, dört hafta pergel alçı uygulandı.

On iki kız, üç erkekten oluşan hasta grubunun yaş ortalaması ameliyat sırasında 26 ay (dağılım 18-34 ay), son takip sırasında ise 32 ay (dağılım 24-40 ay) idi.

Tüm hastaların, ameliyat öncesinde ve altı ay sonrasında, pelvis ön-arka grafilerinin yanı sıra, pelvis bilgisayarlı tomografileri çekildi ve üç boyutlu rekonstrüksiyon yapıldı. Ameliyat öncesi ve sonrası pelvis ön-arka grafiler ve üç boyutlu bilgisayarlı tomografiler karşılaştırıldı. Ameliyat öncesi dönemde kalçanın patolojik anatomisi incelendi ve Pemberton perikapsüler osteotomisinden sonraki değişiklikler değerlendirildi.

Direkt grafilerde, ameliyat öncesi ve sonrası asetabulumun femur başını örtmesi, frontal planda asetabuler indeksin ölçülmesi ile değerlendirildi. Asetabuler indeks, Y kırıkdağlarından geçen düz çizgi (Hilgenreiner hattı) ile asetabulum tavanının ossifiye olmuş ve skleroze görünümdeki en lateral kenarı arasındaki açının ölçülmesi ile hesaplandı (Şekil 1).

Bilgisayarlı tomografiler, Philips Tomoscan EG cihazı ile çekildi; aksiyel planda 3 mm'lik (120 kVp, 4 sn, 50 mA, 512 matriks kemik algoritması, DFOV) aralıksız kesitler alınarak Sun Microsystems bilgisayar programı kullanılarak üç boyutlu rekonstrüksiyon yapıldı. Ameliyat sonrası, asetabulumda frontal, sagittal ve transvers planlarda ortaya çıkan değişiklikler anterior, posterior, lateral ve inferior üç boyutlu görüntüler ile değerlendirildi.



**Şekil 1.** Solda gelişimsel kalça displazisi olan 28 aylık kız hastanın (a) ameliyat öncesi ön-arka pelvis grafisi. Asetabuler indeks sağda 21, solda 40 derece. (b) Hastanın ameliyat sonrası altıncı ayda ön-arka pelvis grafisi. Asetabuler indeks solda 22 derece.

Anterior görüntülerden elde edilen anterolateral asetabuler (Şekil 2) ve posterior görüntülerden elde edilen posterolateral asetabuler (Şekil 3) dudak açıları, asetabulumun frontal plandaki oryantasyonunu ve ameliyat sonrasında asetabulumun abduksiyon/addüksiyonunda ortaya çıkan değişiklikleri yorumlamakta kullanıldı.

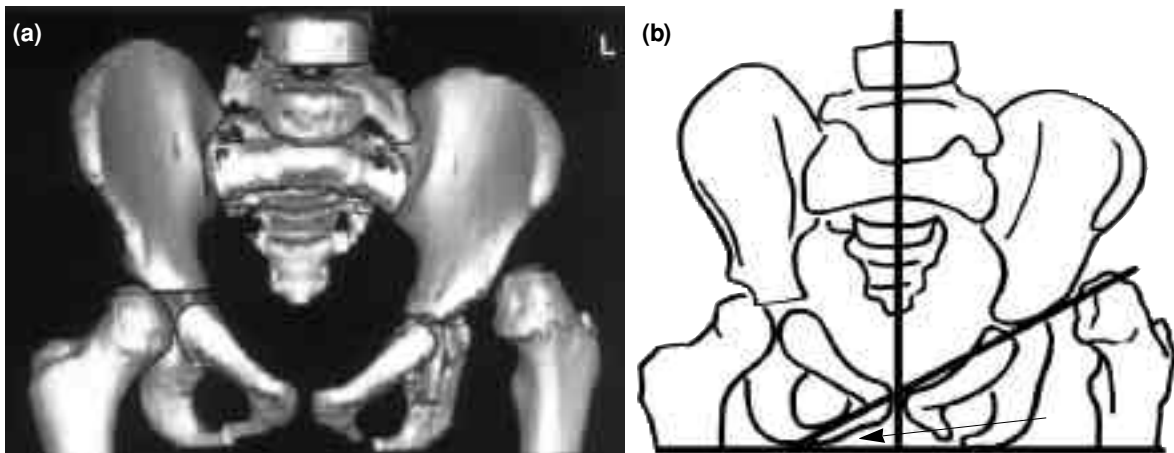
Lateral görüntülerden elde edilen lateral asetabuler inklinasyon açısı, asetabulumun sagittal plandaki pozisyonunu, yani ameliyat sonrasında asetabulumun fleksiyon/ekstansiyonunda ortaya çıkan değişiklikleri yorumlamakta kullanıldı (Şekil 4).

Inferior görüntülerden elde edilen asetabulumun transvers rotasyon açısı ile asetabulumun transvers planda anteversiyon/retroversiyonu ölçüldü (Şekil 5).

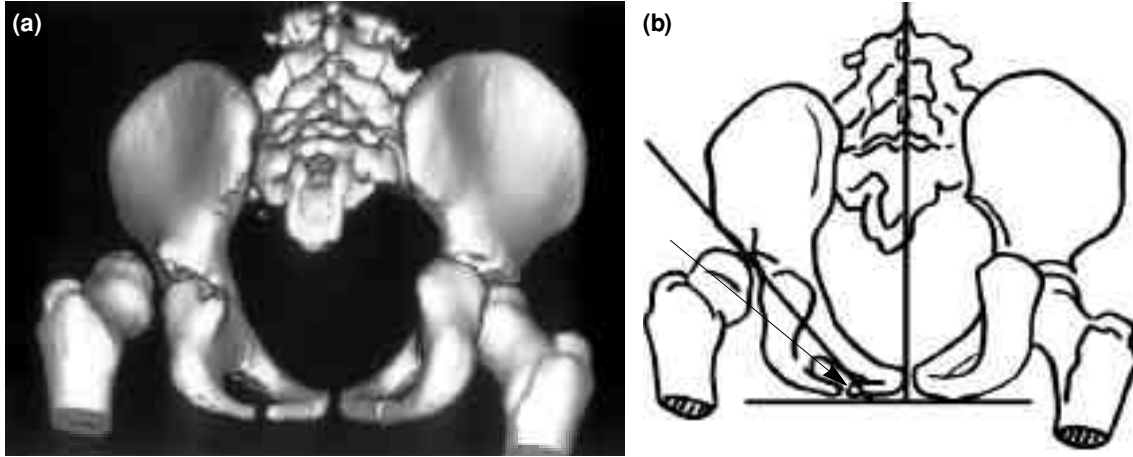
Ayrıca, üç boyutlu anterior ve posterior görüntüler kullanılarak, femur başının örtünmesi Azuma ve ark.nın<sup>[9]</sup> ölçütlerine göre sınıflandırıldı. Femur başının anteriordan 1/3'ünün ve posteriordan 3/4'ünün örtünmesi 1. evre, anteriordan 1/3 ile 1/4 arasında ve posteriordan 3/4'ü ile 1/2 arasında örtünmesi 2. evre, anteriordan 1/4'ten az ve posteriordan 1/2'den az örtünmesi 3. evre olarak sınıflandırıldı.

## Sonuçlar

Hiçbir olguda komplikasyonla karşılaşılmadı. Hastaların hiçbirinde greft rezorpsiyonu, osteotomi hattında kaynamama, reluksasyon ya da femur başında avasküler nekrozun erken radyografik belirtileri görülmedi.



**Şekil 2.** (a) Hastanın ameliyat öncesi üç boyutlu bilgisayarlı tomografi rekonstrüksiyonunda anterior görüntüden elde edilen sol anterolateral asetabuler dudak açısı 29 derece. (b) Anterolateral asetabuler dudak açısının ( ) ölçülmesi.



**Şekil 3.** (a) Posterior görüntüden elde edilen sol posterolateral asetabuler dudak açısı 50 derece. (b) Posterolateral asetabuler dudak açısının ( ) ölçülmesi.

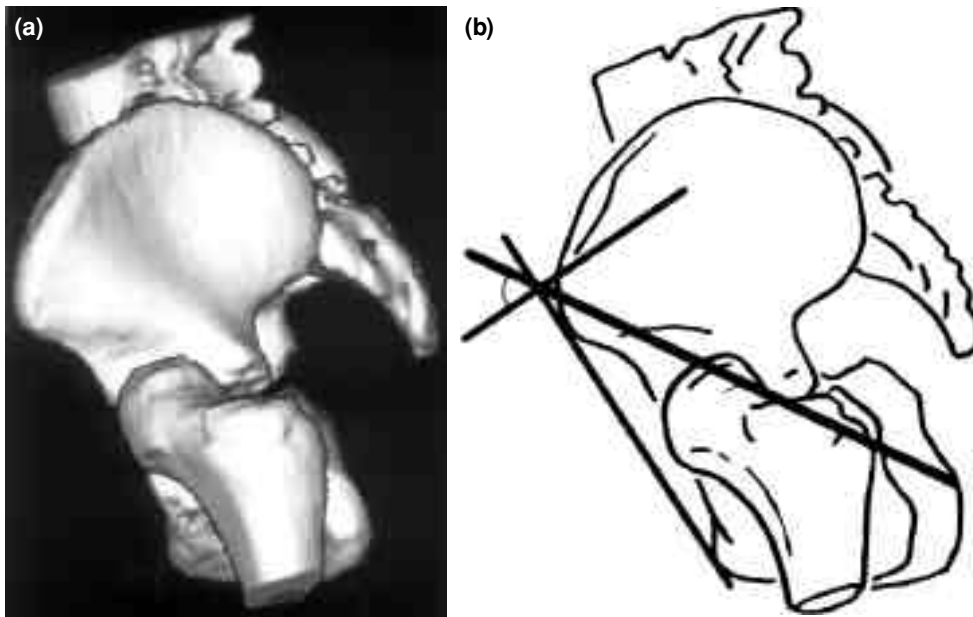
Tüm kalçalarda konsantrik redüksiyon sağlandı ve korundu. Bütün hastalar en geç üç ay içinde desteksiz yürüdü. Tüm kalçalar, klinik olarak stabildi. Pelvis ön-arka grafiler üzerinde frontal planda yapılan ölçümlerde, ameliyat öncesi dönemde ortalama  $38^\circ$  (dağılım  $33-52^\circ$ ) olan asetabuler indeks, ameliyat sonrası dönemde 19 dereceye (dağılım  $16-23^\circ$ ) indi. Ameliyat öncesi dönemde tüm kalçalarda kırık olan Shenton-Ménard hattı ameliyat sonrası dönemde sağlam bulundu.

Üç boyutlu bilgisayarlı tomografilerin karşılaştırılması sonucunda, ameliyat sonrasında asetabulum-

ların hepsinde addüksiyon ile ekstansiyon derecelerinde artış, asetabuler anteversiyon derecesinde ise azalma görüldü.

Anterior görüntülerden elde edilen anterolateral asetabuler dudak açısı, ameliyat öncesinde ortalama  $33^\circ$  (dağılım  $29-40^\circ$ ) iken, frontal planda ortalama  $17^\circ$  (dağılım  $14-20^\circ$ ) addüksiyon artışı elde edilerek, ortalama 16 dereceye (dağılım  $14-20^\circ$ ) indi.

Posterior görüntülerden elde edilen posterolateral asetabuler dudak açısı, ameliyat öncesinde ortalama  $49^\circ$  (dağılım  $46-52^\circ$ ) iken, frontal planda ortalama



**Şekil 4.** (a) Lateral görüntüden elde edilen sol lateral asetabuler inklinasyon açısı 60 derece. (b) Lateral asetabuler inklinasyon açısının ( ) ölçülmesi.

20° (dağılım 18-22°) addüksiyon artışı elde edilerek, ortalama 29 dereceye (dağılım 26-31°) indi.

Lateral görüntülerden elde edilen lateral asetabuler inklinasyon açısı, ameliyat öncesinde ortalama 48° (dağılım 40-64°) iken, asetabulumun sagittal plandaki pozisyonunda ortalama 21° (dağılım 19-24°) ekstansiyon artışı elde edilmesi üzerine ortalama 27 dereceye (dağılım 25-30°) indi.

Inferior görüntülerden elde edilen transvers rotasyon açısı, ameliyat öncesinde ortalama 13° (dağılım 9-15°) iken, asetabulumun transvers plandaki pozisyonunda ortalama 7° (dağılım 5-9°) anteversiyon artışı elde edilerek ortalama 6 dereceye (dağılım 5-10°) indi. Uygulamalara ait ameliyat öncesi görüntüler Şekil 1-5'te, ameliyat sonrası görüntüler Şekil 6-9'da verildi.

Azuma kriterlerine göre femur başının örtünmesi tüm hastalarda 1. evre bulundu.

## Tartışma

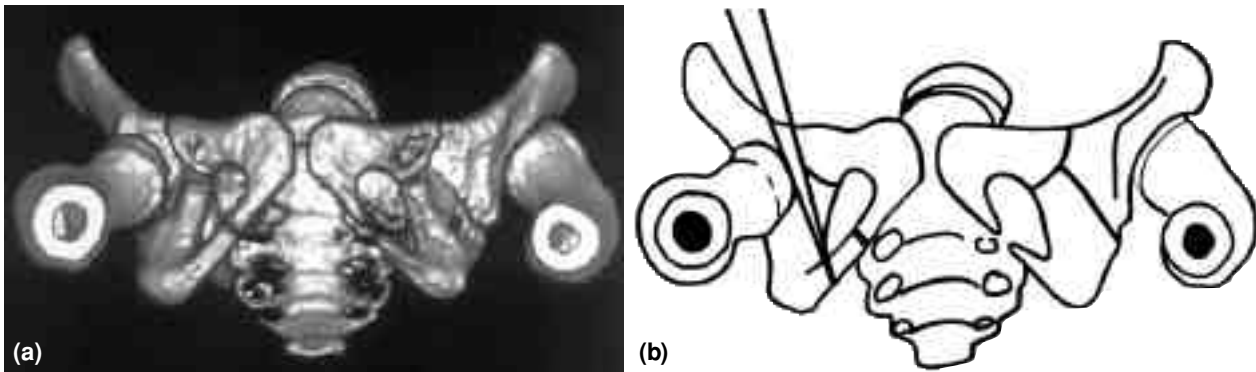
Gelişimsel kalça displazili hastalarda tedavinin amacı, yaşam boyu normal bir kalça fonksiyonu sağlamaktır. Çok hafif bir asetabulum displazisi ile buna eşlik eden tam konsantrik olmayan bir kalça eklemi ilişkisi, adölesan çağdan başlayarak erken erişkinlik döneminde koksartrozun ortaya çıkmasına yol açacaktır.<sup>[11]</sup> Bu nedenle, hasta hangi yaşta olursa olsun, GKD tedavisi eksiksiz olmalı ve özellikle ameliyat sonrasında planlanan düzelmenin sağlandığından emin olunmalıdır.

Son yıllarda teknolojinin gelişmesine paralel olarak, görüntüleme yöntemlerinde büyük aşamalar kaydedilmiş ve üç boyutlu bilgisayarlı tomografi rekonstrüksiyonunun kullanılmaya başlanması-

la, kalça displazilerinin son derece ayrıntılı, gerçek anatomilerine çok yakın bir şekilde anlaşılması olanaklı olmuştur.<sup>[7,9,10,13,14]</sup> Ayrıca, asetabulum ile ilgili derinlik, hacim, anteversiyon gibi parametreleri kantitatif olarak ölçmek de olanaklıdır.<sup>[15]</sup> Günümüzde, üç boyutlu bilgisayarlı tomografi rekonstrüksiyonu özellikle adölesanların ve erişkinlerin primer ya da rezidüel kalça displazilerinin ameliyat öncesi değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.<sup>[7,10,12,16-18]</sup> Ayrıca, nöromusküler hastalıklarda görülen GKD'de, bu tekniğin özel bir yeri vardır.<sup>[19]</sup>

Bilgisayarlı tomografi çalışmalarında en önemli sorunlardan biri, hastalara verilen X-ışını miktarıdır. Daha önceki bir çalışmada, 2 mm'lik kesitlerle yapılan pelvis bilgisayarlı tomografileri ile gonadlara, erkeklerde 2.0 ve kızlarda 1.5 cGy'den daha az radyasyon verildiği ve bunun 7-10 adet direkt grafiye eşit ışın verdiği saptanmıştır.<sup>[10]</sup> Bir başka çalışmada ise, kesitler tüm pelvis yerine asetabulumun tavanı ile trokanter minör arasında alındığında, toplam ışının daha az olduğu vurgulanmıştır.<sup>[11]</sup> Kalça anatomisini kantitatif olarak inceleyen bir başka çalışmada da femoral anteversiyon, asetabuler anteversiyon ve femur boynu-diafiz açılarının ölçülebilmesi için gereken grafilerde, hastaların aldığı ışının daha fazla olduğu bildirilmiştir.<sup>[13]</sup> Çalışmamızda, hastaların yaşları küçük olduğu ve 3 mm'lik kesitler kullanıldığı için daha da az ışın alındığını söyleyebiliriz. Ayrıca, GKD'li hastalara çekirtilen direkt grafilerin sayısı göz önüne alındığında, bilgisayarlı tomografi incelemelerinin düşünüldüğü kadar sakıncalı olmadığı anlaşılabacaktır.

Üç boyutlu rekonstrüksiyonu yapılmış görüntülerle ölçüm yapmanın bir avantajı da, pelvik tilt ne-



Şekil 5. (a) Inferior görüntüden elde edilen sol asetabulumun transvers rotasyon açısı 9 derece. (b) Asetabulumun transvers rotasyon açısının ( ) ölçülmesi.

deniyle özellikle asetabulum ile ilgili ölçümlerde, bilgisayar programının hata yapma olasılığını ortadan kaldırmıştır. Pelvik tiltin, asetabulum ölçümlerinde, yalnızca asetabuler retroversiyon izlenimi verdiği gösterilmiştir.<sup>[13]</sup> Pelvik osteotomi sonrasında, kalçası fleksiyonda pelvipedal alçı yapılmış hastaların pelvik tilti olacağı göz önüne alındığında, bu durum özel önem taşımaktadır.

Pemberton perikapsüler osteotomisinin en başta gelen endikasyonu, asetabulumun anterior ve suprolateral duvarlarında belirgin bir defektin olduğu GKD'li hastalardır. Gelişimsel kalça displazilerinde uygulanan diğer ameliyatlara karşı en önemli üstün-

lüğü, rotasyon merkezinin kalça eklemine çok yakın olması nedeniyle femur başında daha iyi bir örtünme elde edilmesidir.<sup>[1,8,20]</sup> Salter osteotomisinde asetabuler indekste ortalama 10° iyileşme elde edilirken,<sup>[21]</sup> Pemberton perikapsüler osteotomisi ile çok daha yüksek derecelerde iyileşme elde etmek olasıdır.<sup>[8,20,21]</sup> Salter osteotomisinin, asetabuler indeksin en fazla 30° olduğu olgularda uygulanmasının doğ-



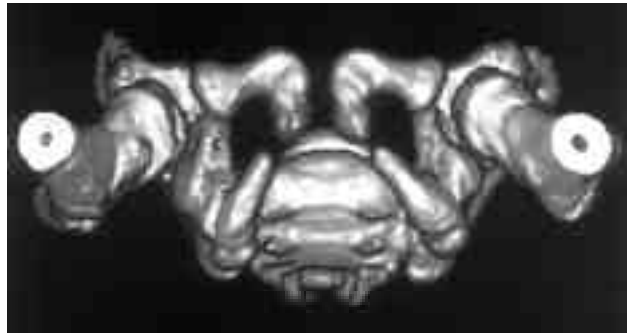
**Şekil 6.** Ameliyat sonrası altıncı ayda üç boyutlu rekonstrüksiyonu yapılmış pelvis bilgisayarlı tomografisinin anterior görüntüsünde, sol anterolateral asetabuler dudak açısı 19 derece. Frontal planda anteriorda 16 derece addüksiyon artışı elde edildi.



**Şekil 8.** Lateral asetabuler inklinasyon açısı 12 derece. Asetabulumun sagittal plandaki pozisyonunda 20 derece ekstansiyon artışı elde edildi.



**Şekil 7.** Posterolateral asetabuler dudak açısı 19 derece. Frontal planda posteriorda 15 derece addüksiyon artışı elde edildi.



**Şekil 9.** Asetabulumun transvers rotasyon açısı 9 derece. Asetabulumun transvers plandaki pozisyonunda 8 derece anteversiyon artışı elde edildi.

ru olacağı savunulmuş,<sup>[22]</sup> 40 dereceden yüksek olgularda ise mutlaka Pemberton osteotomisi gibi bir asetabuloplasti yapılmasının gerekliliği vurgulanmıştır.<sup>[8,20]</sup> Pemberton osteotomisi ile geç dönemde de son derece başarılı sonuçlar alındığı bilinmektedir.<sup>[1,13,20,23]</sup>

Olgularımızda, asetabuler indekste ortalama 19° iyileşme elde edildi. Ancak bu, yalnızca iki boyutlu bir görüntü üzerinde yapılan tek boyutlu bir ölçümdür ve kalça eklemine özellikle anterior ve posterior örtünmeleri konusunda bilgi vermemektedir.<sup>[10,13-16,24]</sup> Anterior ve posterior örtünmelerin görüntülenmesi için geliştirilmiş yöntemlerden olan Lequesne'nin vertikal-merkez-anterior kenar açısı<sup>[9,10]</sup> gibi parametreleri, kemikleşmenin yetersizliği nedeniyle küçük çocuklarda kullanmak olanaklı değildir. Bu parametreler, ancak erişkinlerin rezidüel asetabuler displazilerinde değer taşır.

Ameliyattan önce çekilen ve üç boyutlu rekonstrüksiyonu yapılan bilgisayarlı tomografiler ile displazinin derecesi ile yönünü saptamak ve ameliyatta elde edilmesi gereken düzelleme derecesini hesaplamak olanaklıdır. Bu verilerle, ameliyattan sonra elde edilen düzelleme derecesi görülebilir ve karşı kalça ile karşılaştırılabilir.<sup>[7,9,25]</sup> Olgularımızın tümünde de ameliyat öncesi çekilen ve üç boyutlu rekonstrüksiyonu yapılan bilgisayarlı tomografiler ile displazinin derecesi ve yönü saptandı. Tüm olgularda, asetabulumun özellikle anterior ve süperior duvarlarında belirgin defekt vardı. Ameliyat sonrasında çekilen tomografiler ile bu defektlerin giderildiği ve Pemberton osteotomisi yoluyla kalça eklemine yeterli örtünmenin sağlandığı görüldü. Ayrıca, anterior ve posterior görüntüler kullanılarak Azuma ölçütlerine göre tüm hastalarda femur başının örtünmesi 1. evre olarak değerlendirildi.

Sonuç olarak, uygun olgularda Pemberton perikapsüler osteotomisinin çok iyi sonuçlar verdiğini ve osteotomi sonrası femur başı örtünmesinin yeterli olduğunu düşünüyoruz. Bununla birlikte, bu konuda kuşku duyuluyorsa, konvansiyonel yöntemler yerine üç boyutlu rekonstrüksiyonu yapılan bilgisayarlı tomografi görüntülerinin kullanılmasının daha doğru olacağı görüşündeyiz.

### Teşekkür

Bu çalışmanın yapılmasında büyük yardımlarını gördüğümüz radyoloji uzmanları Dr. Birol Oral ile Dr.

Mehmet Bayar'a ve tıbbi çizimleri yapan Dr. Hasan Gez'e teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

1. Pemberton PA. Pericapsular osteotomy of the ilium for the treatment of congenitally dislocated hips. *Clin Orthop* 1974; 98:41-54.
2. Salter RB. Innominate osteotomy in the treatment of congenital hip dislocation and subluxation of the hip. *J Bone Joint Surg [Br]* 1961;43:518-39.
3. Steel HH. Triple osteotomy of the innominate bone. *J Bone Joint Surg [Am]* 1973;55:343-50.
4. Ganz R, Klaue K, Vinh TS, Mast JW. A new periacetabular osteotomy for the treatment of hip dysplasias. Technique and preliminary results. *Clin Orthop* 1988;(232):26-36.
5. Kumar SJ, MacEwen GD, Jaykumar AS. Triple osteotomy of the innominate bone for the treatment of congenital hip dysplasia. *J Pediatr Orthop* 1986;6:393-8.
6. Millis MB, Kaelin AJ, Schluntz K, Curtis B, Hey L, Hall JE. Spherical acetabular osteotomy for treatment of hip dysplasia in adolescents and young adults. *J Pediatr Orthop [Br]* 1994;3:47-53.
7. Frick SL, Kim SS, Wenger DR. Pre- and postoperative three-dimensional computed tomography analysis of triple innominate osteotomy for hip dysplasia. *J Pediatr Orthop* 2000; 20:116-23.
8. Tachdjian MO. *Pediatric orthopedics*. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 1990. p. 297-549.
9. Azuma H, Taneda H, Igarashi H. Evaluation of acetabular coverage: three-dimensional CT imaging and modified pelvic inlet view. *J Pediatr Orthop* 1991;11:765-9.
10. Azuma H, Taneda H, Igarashi H, Fujioka M. Preoperative and postoperative assessment of rotational acetabular osteotomy for dysplastic hips in children by three-dimensional surface reconstruction computed tomography imaging. *J Pediatr Orthop* 1990;10:33-8.
11. Kim HT, Wenger DR. The morphology of residual acetabular deficiency in childhood hip dysplasia: three-dimensional computed tomographic analysis. *J Pediatr Orthop* 1997;17: 637-47.
12. Klaue K, Wallin A, Ganz R. CT evaluation of coverage and congruency of the hip prior to osteotomy. *Clin Orthop* 1988; (232):15-25.
13. Abel MF, Sutherland DH, Wenger DR, Mubarak SJ. Evaluation of CT scans and 3-D reformatted images for quantitative assessment of the hip. *J Pediatr Orthop* 1994;14:48-53.
14. Lee DY, Choi IH, Lee CK, Cho TJ. Assessment of complex hip deformity using three-dimensional CT image. *J Pediatr Orthop* 1991;11:13-9.
15. Lin CJ, Romanus B, Sutherland DH, Kaufman K, Campbell K, Wenger DR. Three-dimensional characteristics of cartilaginous and bony components of dysplastic hips in children: three-dimensional computed tomography quantitative analysis. *J Pediatr Orthop* 1997;17:152-7.
16. Johnston CE 2nd, Wenger DR, Roberts JM, Burke SW, Roach JW. Acetabular coverage: three-dimensional anatomy and radiographic evaluation. *J Pediatr Orthop* 1986;6:548-58.
17. Roach JW, Hobatho MC, Baker KJ, Ashman RB. Three-dimensional computer analysis of complex acetabular insufficiency. *J Pediatr Orthop* 1997;17:158-64.
18. Millis MB, Murphy SB. Use of computed tomographic reconstruction in planning osteotomies of the hip. *Clin Orthop* 1992;(274):154-9.
19. Kim HT, Wenger DR. Location of acetabular deficiency and

- associated hip dislocation in neuromuscular hip dysplasia: three-dimensional computed tomographic analysis. *J Pediatr Orthop* 1997;17:143-51.
20. Faciszewski T, Kiefer GN, Coleman SS. Pemberton osteotomy for residual acetabular dysplasia in children who have congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg [Am]* 1993;75:643-9.
  21. Utterback JD, MacEwen GD. Comparison of pelvic osteotomies for the surgical correction of the congenital hip. *Clin Orthop* 1974;98:104-10.
  22. Chapchal G. Indications for the various types of pelvic osteotomy. *Clin Orthop* 1974;98:111-5.
  23. Weinstein SL. Congenital hip dislocation. Long-range problems, residual signs, and symptoms after successful treatment. *Clin Orthop* 1992;(281):69-74.
  24. Tonnis D. Normal values of the hip joint for the evaluation of X-rays in children and adults. *Clin Orthop* 1976;(119):39-47.
  25. Haddad FS, Garbuz DS, Duncan CP, Janzen DL, Munk PL. CT evaluation of periacetabular osteotomies. *J Bone Joint Surg [Br]* 2000;82:526-31.