



Beyin felcinde rotasyonel deformitenin değerlendirilmesi ve tedavisi

The evaluation and management of rotational deformity in cerebral palsy

Muharrem İNAN, Faik ALTINTAŞ, İlay DURU¹

Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı; ¹Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi

Rotasyonel deformiteler beyin felçli çocuklarda yaygın olarak görülen, içe dönük ve dışa dönük yürümeyi içeren alt ekstremite anormallikleridir. İçe dönük yürüme üç tür deformitenin birinden kaynaklanır: artmış femoral anteversiyon, internal tibial torsiyon ve metatarsus varus; daha nadir görülen dışa dönük yürüme ise femoral retroversiyon ve eksternal tibial torsiyondan kaynaklanır. Dikkatli fizik ve radyografik inceleme ile doğru tanı konmalıdır.

Anahtar sözcükler: Beyin felci; çocuk; femur/cerrahi; ayak; yürüme/fizyoloji; osteotomi/yöntem; tibia; torsiyon anormalliği/cerrahi.

Rotational deformities are common lower extremity abnormalities in children with cerebral palsy, which include intoeing and outtoeing. Intoeing is caused by one of the three types of deformity: increased femoral anteversion, internal tibial torsion, and metatarsus varus, while outtoeing, the less common form, is caused by femoral retroversion and external tibial torsion. An accurate diagnosis should be made with careful physical and radiographic examination.

Key words: Cerebral palsy; child; femur/surgery; foot; gait/physiology; osteotomy/methods; tibia; torsion abnormality/surgery.

Rotasyonel deformiteler, yürüme sırasında ayakta kaldıraç koluna etki ettiği için verimsiz yürüme şekline neden olur (Şekil 1). Tedavi genellikle konservatif olarak başlar. Özel ayakkabılar, alçı ve breysler nadiren yararlıdır ve kanıtlanmış bir etkinlikleri yoktur. Deformite yürüme bozukluğuna yol açıyorsa cerrahi tercih edilir. Cerrahi tedavi yumuşak doku gevşetmeleri^[1] veya femur ve tibia osteotomilerini içerir. Kalıcı kemik deformiteleri olan çocuklarda tedavi sıklıkla yürüme şeklini iyileştirmek için yapılan osteotomidir.^[1-3]

İçe dönük yürüme ile ilgili rotasyonel deformiteler

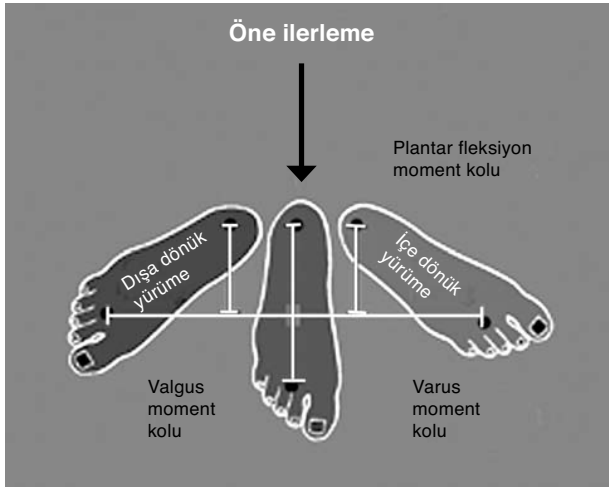
Artmış femoral anteversiyon

Femoral anteversiyon bebeklerde femurun normal bir pozisyonudur. Doğumda 40° ile 60° arasında başlar ve sonra büyüme ile 8 yaşında 10° ile 20° arasındaki normal anteversiyona ulaşıncaya dek yavaş ya-

vaş geriler.^[4] Beyin felçli (BF) çocuklarda spastisite ve zayıf motor kontrol, femurun kendi kendine derotasyon yapabileceği mekanik ortamı sağlayamaz. Bunun sonucunda, anteversiyonun normale gerilemesi gerçekleşmez.

Femoral anteversiyon, femur boynu eksenine femurun transkondiler eksenine arasındaki açısal fark, ya da daha basit olarak femurun torsiyonu olarak tanımlanır (Şekil 2). Bu torsiyon BF'li çocuklarda femur boyunca herhangi bir yerde oluşabilir. Anteversiyon, femurda femoral diz eklemi eksenine aynı hizadaki bir düzleme göre, femur başı ve boynunun anterior projeksiyonu olarak da tanımlanabilir.

Femoral anteversiyonu ölçmek için birkaç yöntem kullanılır, her birinin bazı avantajları ve dezavantajları vardır. Fizik muayene, radyografik ölçüm, bilgisayarlı tomografi (BT), ultrasonografi (USG), floroskopi ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) kullanılabilir. Anteversiyonun fizik muayeneyle ölçümü çocuk

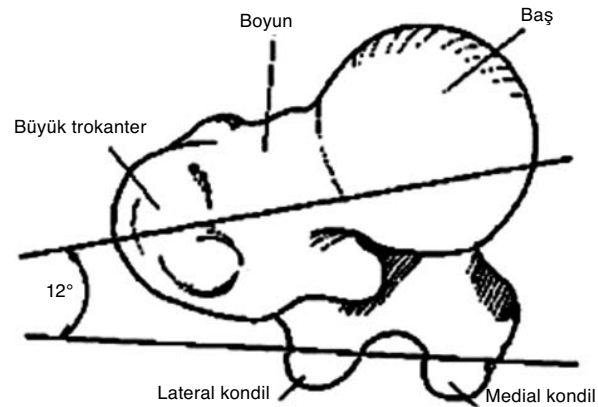


Şekil 1. Ayağın ilerleme yönüne göre ayakta kaldıraç kolları.

yüzüstü yatar pozisyonda yapılır; pelvis rotasyonu olmamasına dikkat edilerek, kalçanın iç ve dış rotasyonu ölçülür. Ancak, bu yöntemde, kasların iç rotasyon kontraktürünü kemik femoral anteversiyondan ayırt etmek güçtür. İç rotasyon derecesi tibianın dikey çizgi ile yaptığı açı olarak ölçülür (Şekil 3). Femoral anteversiyon, dizler fleksiyonda ve bacaklar yataktan aşağı sarkacak şekilde sırtüstü yatar pozisyondayken de ölçülebilir. Bu yöntem çok kolay ve basittir; ancak, kullanımı çok ince yapılı hastalarla ve kalça ameliyatı geçirmemiş hastalarla sınırlıdır; çünkü geçirilen ameliyat, palpasyonda bulunması gereken yer işaretlerinin kaybolmasına neden olur.

Radyografik ölçüm günümüzde neredeyse tarihsel bir bilgi olarak kullanılmaktadır; çünkü, femoral anteversiyonun niceliksel ölçümü ilk kez bu yöntemle yapılmıştır. Günümüzdeki kullanımı ise çok nadirdir.^[4] Bu yöntemde tanı daha çok dikkat ister; çünkü, koksa valga femur boynunun anterior projeksiyonunu kapatabilir. Bu yöntem sadece normal ya da görece düşük dereceli koksa valga varlığında, esasen 120 dereceden az koksa valgada kullanılmalıdır.

Bilgisayarlı tomografinin doğruluğu femur boynu şaft açısının normal olmasına bağlıdır. Femur boynunun diz eklemi eksenine göre, posterior kondil ile tanımlanan, anterior projeksiyonu ölçülür (Şekil 4). Bu iki düzlem arasındaki açı anteversiyon olarak ölçülür.^[5-8] Günümüzde BT, kalça ameliyatı geçirmiş olan ve femur boynu şaft açıları görece normal kalmış hastalarda anteversiyonu ölçmede kullanılacak en uygun yöntemdir.



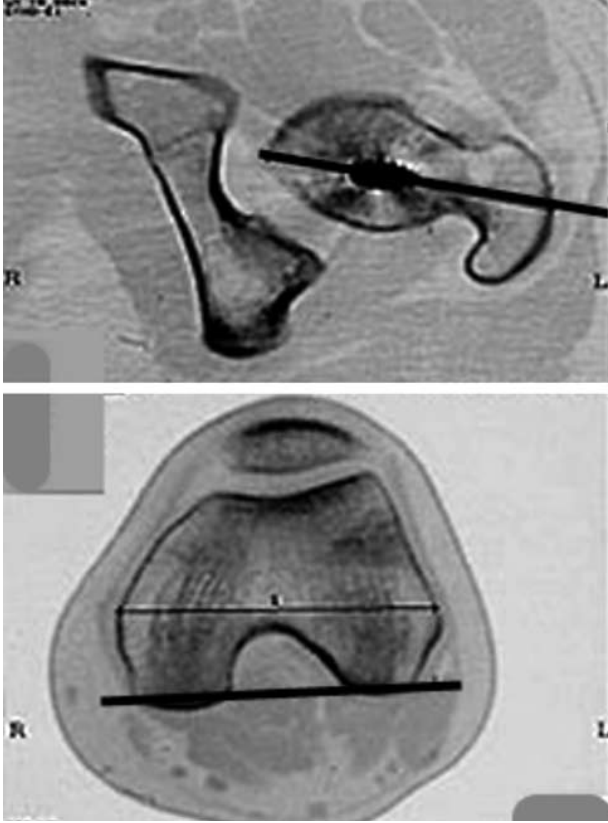
Şekil 2. Femoral anteversiyon, femur boynu eksenine femur transkondiler eksenine arasındaki açısal fark olarak tanımlanır.

Femoral anteversiyon USG ile de ölçülebilir. Bu teknikte ekstremitelerin, tibialar dikey olacak şekilde konumlandırılması gerekir; bu durum posterior femoral kondili tanımlar. Ultrason kullanılarak ekstrakapsüler femur boynunun anterior düz düzlemi belirlenir. Ultrason başına bir eğimölçer bağlanarak, düz düzlem monitörde yatay hale geldiğinde açı okunur.^[6,9-11] Ultrason çabuk ve ucuz bir yöntemdir; ancak, bu tekniğe aşina ve eğitimli bir teknisyen ve tam ölçüm için bazı konumlandırma cihazları gerekir. İleri derecede kontraktürleri ve spastisitesi olan bazı çocukların tam konumlandırılması olanaksızdır. Ultrasonla ölçüm yöntemi daha önce femoral osteotomi ya da proksimal femur ameliyatı geçirmiş çocuklarda da uygun değildir; çünkü, ameliyattan kalan düzensizlikler uygun düzlemi ultrasonla belirlemeyi olanaksız kılar.

Femoral anteversiyon ölçümünde floroskopi de kullanılabilir. Hastanın konumu ultrasonografideki gibidir; dizler fleksiyonda olacak şekilde ayaklar sarkıtılır ve tibia tamamen dikey pozisyondaydır. Bu



Şekil 3. İç rotasyon derecesi: Tibianın dikey çizgi ile yaptığı açı.



Şekil 4. Bilgisayarlı tomografi kesitlerinde, femur boyununun diz ekleminin eksenine göre, posterior kondil ile tanımlanan anterior projeksiyonu ölçülür. İki düzlem arasındaki açı anteversiyonu gösterir.

durumda dizler fleksiyonda iken iç rotasyonun ölçülmesi femoral anteversiyonun derecesini gösterir.^[8] Floroskopi ek bir avantaj sağlamadığı gibi, ölçümden anlayan bir teknisyen ya da radyolog bulunmasını ve genellikle randevüyle çalışan floroskopi odasını gerektirir. Floroskopi, kalça rekonstrüksiyonu düşünüldüğünde ameliyat odasında anteversiyonu ölçmek için ideal bir yöntemdir. Standart ameliyat sürecinde floroskop kullanıma hazırdır ve anteversiyonun derecesinin kontrol edilmesi ve proksimal femoral koks valganın tam olarak belirlenmesi fazla zaman almaz.^[4]

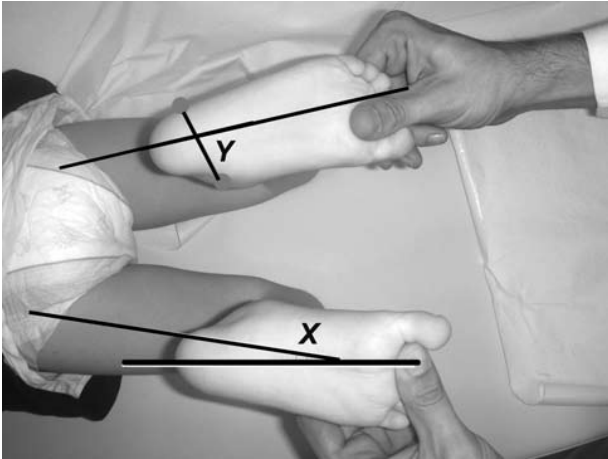
Manyetik rezonans görüntülemenin bilinen önemli bir avantajı yoktur; ancak, BT cihazı olmadığında ya da çocuğun başka bir nedenle MRG'si çekiliyor ve aynı zamanda femoral anteversiyonun ölçülmesi de isteniyorsa kullanılabilir.^[12]

Eğer radyografik ölçümlerde artmış femoral anteversiyonun sorun olmadığı belirlenmişse, spastik iç rotatör kaslar ya da kontrakte iç rotatör kasların

neden olduğu spastik iç rotasyonun tedavisi, en iyi şekilde düzgün çalışmayan kasların (kalça iç rotatörleri ve adduktörleri ve medial hamstringler) uzatılması ile yapılır.^[4] Yumuşak doku serbestleştirme ameliyatı, özellikle tüm anterior abduktörlerin gergin olduğu ve iç rotasyona neden olduğu yürüyemeyen çocuklarda yarar sağlar.^[4] Yürüyebilen çocuklarda ameliyat için en uygun zaman 5-7 yaşları arasındadır. Bu dönemde kemik anteversiyonunun tekrarlama riski düşüktür.^[4] Son zamanlarda Rethlefsen ve ark.^[13] içe doğru yürümenin aşırı kas çalışmasından çok neredeyse çoğunlukla osseöz deformite ile ilişkili olduğunu ileri sürmüşler; dolayısıyla, iç rotasyonda yürümeyi düzeltmek için hamstringlerde, kalça adduktörlerinde ya da iç rotatörlerde yumuşak doku ameliyatını önermemişlerdir.

Anteversiyonu düzeltmek için, femurun üç bölgesinde osteotomi yapılabilir: intertrokanterik, subtrokanterik veya suprakondiler femur. İntertrokanterik veya subtrokanterik derotasyon osteotomiler, derotasyona ek olarak proksimal femurun varizasyonunu gerektiren kalça subluksasyonu varsa tercih edilir. Cooke ve ark.na^[14] göre, suprakondiler femoral osteotomi basit bir işlemdir; subtrokanterik osteotomiden daha kolaydır, turnike kullanımına izin verir ve erken mobilizasyon sağlar. Kay ve ark.^[15] proksimal ve distal femoral osteotomileri karşılaştırmışlar ve seçimin tedaviyi uygulayan cerraha bırakılabileceğini bildirmişlerdir.

Osteotominin stabilizasyonu K-teli, açılı plak, intramedüller çivi ya da eksternal fiksator kullanılarak yapılabilir.^[16] Literatürde, bazı avantajları nedeniyle, büyüme plağı kapanmasından önce açılı plak kullanımı tercih edilmiştir.^[17-19] İntramedüller çivileme iskeleti olgunlaşmış hastalarda çoğu uzun kemik kırıklarında tercih edilen yöntem olmuştur. Bu yaş grubunda bu işlemin avantajı, daha az invaziv bir yaklaşımla yeterli stabilite sağlanması ve ameliyattan sonra alçılama gerekmediğinde erken rehabilitasyona olanak vermesidir. Ferri-de-Barros ve ark.^[20] iskelet gelişimini tamamlamış BF'li 15 olguda, tespiti intramedüller çivi ile yapılan 20 rotasyonel perkütan osteotominin sonuçlarını yayımlamışlardır. Perkütan osteotomi ve intramedüller çivilemenin ergenlerde alt ekstremitelerdeki rotasyonel deformiteleri düzeltmek için güvenli bir seçenek olduğu sonucuna varmışlardır. Bu yöntemde mid-diyafizer osteotomi uygulanmakta ve osteotomi boyunca distal metafizer bölgeye gönderilen çivi proksimal ve distalde kilitlenmekte-



Şekil 5. Klinik olarak, bacak rotasyonel profili, yüzüstü pozisyonda ve diz 90° fleksiyonda iken değerlendirilir. Uylu-ayak dizilimi (X), bacak ve ayağın genel dizilim ölçüsünü verir. Transmalleolar eksen (Y) de tibial torsiyonu tanımlamak için kullanılır. Ayak bileği eklemi ekseninin uyluk longitudinal eksenine ilişkisi tibial torsiyonun derecesini verir.

dir. Stabilitayı sağlamak için alçılama gerekmemekte; femoral deformitenin düzeltilmesinde hedef, kalça ekstansiyonda iken dış ve iç rotasyonları eşit hale getirmektir.

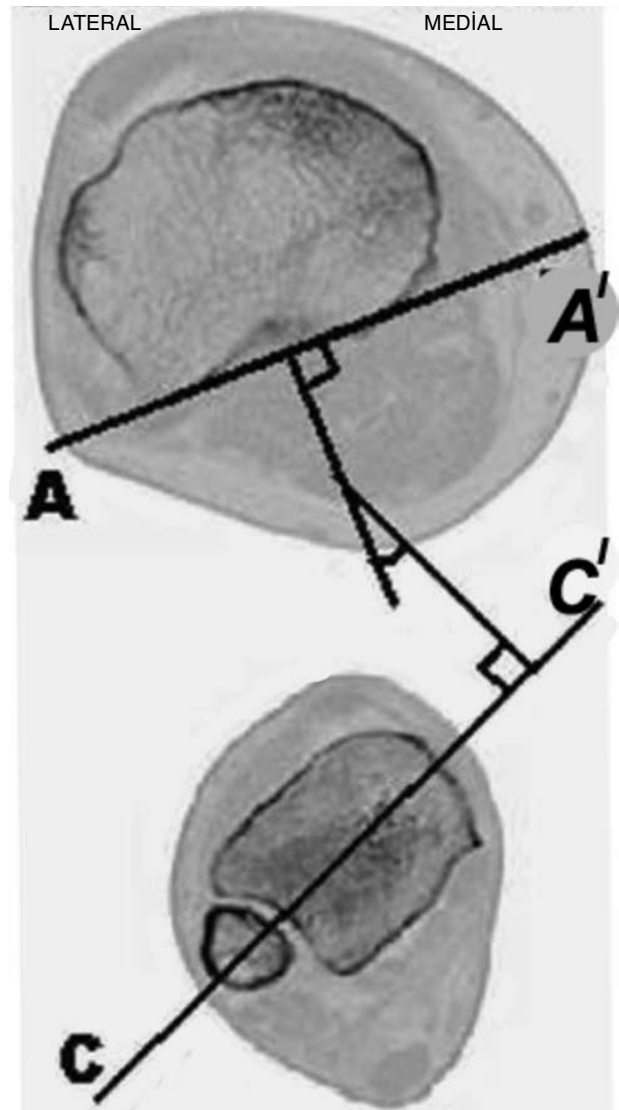
İnternal tibial rotasyon

İnternal tibial rotasyon embriyonik gelişimin bir parçasıdır ve sonrasında da devam eder;^[21] normal çocuklarda alt ekstremitenin büyüme süresince kendiliğinden düzelen zararsız rotasyonel varyasyonunu temsil eder.^[22-26] Ancak, motor kontrolü bozuk olan çocuklarda bu anormal torsiyon yaşla birlikte (8-10 yaş) ilerleyebilir. Bu çocuklar hantal olsalar da, işlevleri iyi olabilir. Görünüşte, BF'li çocuklarda tibial torsiyon sıklığı normal çocuklardan daha fazla değildir. Ancak, BF'li çocuklarda önemli bir fark vardır; bunların tibial torsiyon deformiteleri büyüme ile yeterince düzelmez ve sıklıkla tibial torsiyondan dolayı cerrahi girişim gerektiren önemli sorunları olur.^[4]

Açıyı ölçmek için fizik muayene ve BT kullanılabilir. Klinik olarak, bacak rotasyonel profili, çocuk yüzüstü yatar pozisyonda ve diz 90° fleksiyonda iken değerlendirilir. Uyluk-ayak dizilimi (X), bacak ve ayağın genel dizilim ölçüsünü verir (Şekil 5). Benzer şekilde, transmalleolar eksen (Y) de tibial torsiyonu tanımlamak için kullanılır. Ayak bileği eklemi ekseninin diz eklemi eksenine ilişkisi tibial torsiyonun derecesini verir.^[27]

Bilgisayarlı tomografi ile tibial torsiyon ölçümü tüm ekstremitenin torsiyonal değerlendirmesi ile birlikte yapılabilir. Kesit üzerinde tibiada proksimal ve distal transvers kesileri işaretlenir. Referans çizgileri posterior femoral kondiller, tibial platonun posterior sınırı ve fibula ile distal tibianın merkezidir (Şekil 6). Bu kesiler, femoral anteversiyon ile birlikte, diz eklemi rotasyonu ve tibial torsiyon ölçümlerini de verir.^[28]

Son zamanlarda, geliştirdiğimiz bir radyografik ölçüm tekniğini kullanıyoruz. Bu teknikte radyografiler iki pozisyonda çekilmektedir. İlk pozisyonda çocuk



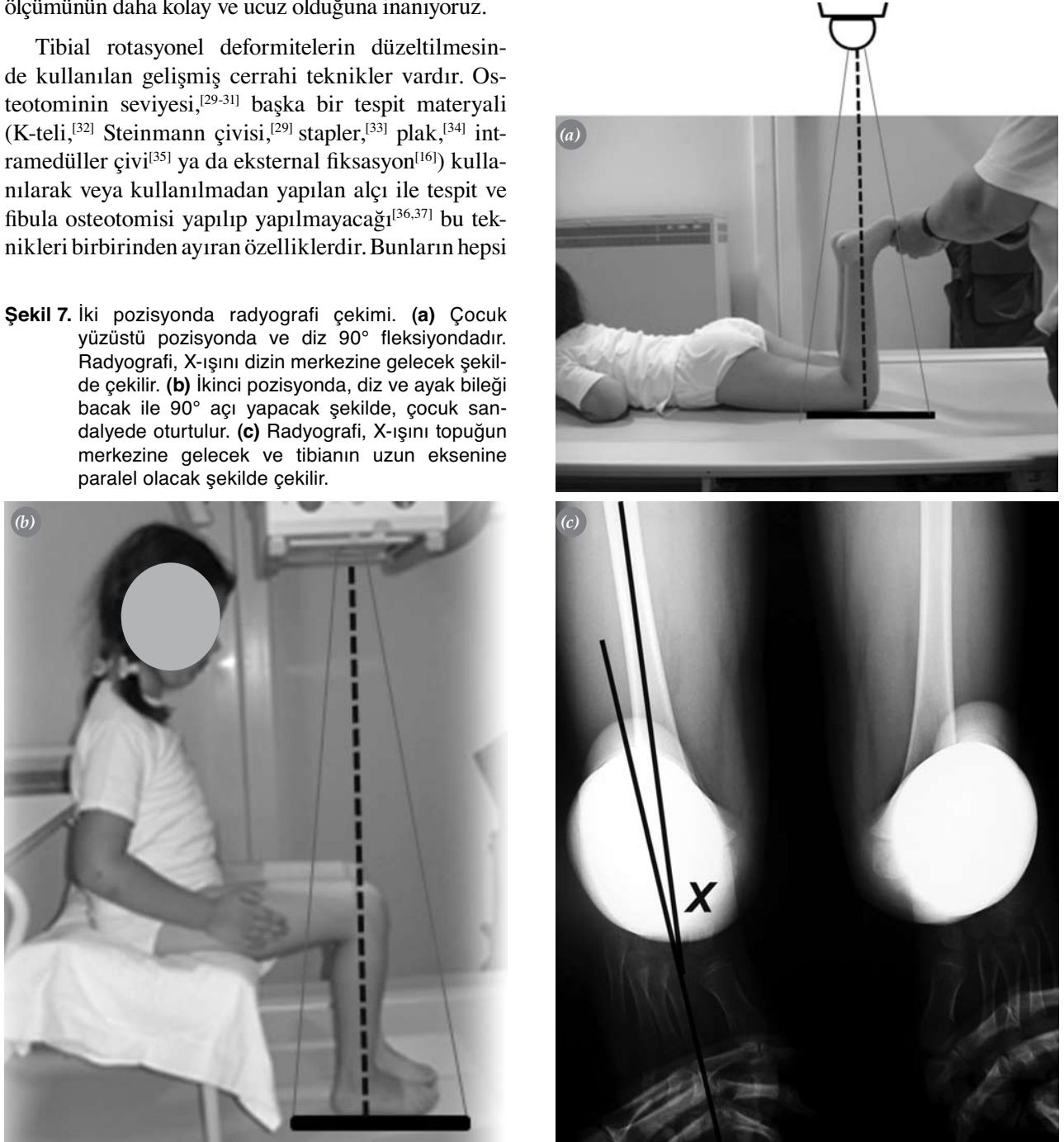
Şekil 6. Bilgisayarlı tomografi ile tibial torsiyon ölçümü. Kesit üzerinde tibiada proksimal ve distal transvers kesileri işaretlenir. Referans çizgileri tibial platonun posterior sınırı ve fibula ile distal tibianın merkezidir.

yüzüstü pozisyonda ve diz 90° fleksiyondadır (Şekil 7a). Daha sonra, plantar yüzey tavanla paralel duruma gelecek şekilde, ayak ve ayak bileği nötral pozisyona getirilir. Radyografi, X-ışını dizin merkezine gelecek şekilde çekilir. İkinci pozisyonda, diz ve ayak bileği bacak ile 90° açı yapacak şekilde, çocuk sandalyede oturtulur (Şekil 7b). Radyografi, X-ışını topuğun merkezine gelecek ve tibianın uzun eksenine paralel olacak şekilde çekilir (Şekil 7c). Bu teknikle tibial anteversiyon ölçümünün daha kolay ve ucuz olduğunu inanıyoruz.

Tibial rotasyonel deformitelerin düzeltilmesinde kullanılan gelişmiş cerrahi teknikler vardır. Osteotominin seviyesi,^[29-31] başka bir tespit materyali (K-teli,^[32] Steinmann çivisi,^[29] stapler,^[33] plak,^[34] intramedüller çivi^[35] ya da eksternal fiksasyon^[16]) kullanılarak veya kullanılmadan yapılan alçı ile tespit ve fibula osteotomisi yapıp yapılmayacağı^[36,37] bu teknikleri birbirinden ayıran özelliklerdir. Bunların hepsi

Şekil 7. İki pozisyonda radyografi çekimi. (a) Çocuk yüzüstü pozisyonda ve diz 90° fleksiyondadır. Radyografi, X-ışını dizin merkezine gelecek şekilde çekilir. (b) İkinci pozisyonda, diz ve ayak bileği bacak ile 90° açı yapacak şekilde, çocuk sandalyede oturtulur. (c) Radyografi, X-ışını topuğun merkezine gelecek ve tibianın uzun eksenine paralel olacak şekilde çekilir.

de başarılıdır ve her birinin farklı komplikasyonları, düşük derecede cerrahi travması vardır.^[38,39] İnan ve ark.^[40] BF'de tibia rotasyonel deformitesinin düzeltilmesinde perkütan supramalleolar osteotominin ideal yöntem olduğunu savunmuşlardır. Tibianın medial tarafına 0.5-1 cm uzunluğunda cilt kesisi ardından, 3.2 mm'lik matkap ucu ile birden çok delik (genellikle 6-10 delik) açarak osteotomi yapmışlar ve kemiği an-



teroposterior yönde eğerek işlemi tamamlamışlardır. Oblik osteotomi oluşmasını önlemek için rotasyonel bükme uygulanmamıştır. Ayağı, uyluk-ayak açısı 0° olana kadar döndürmek suretiyle derotasyon uygulanmıştır. Düzeltmeyi korumak için, proksimal tibial K-teli yerleştirilerek kısa bacak alçısı yapılmıştır. Yazarlar, birden çok delik açılarak yapılan perkütan supramalleolar osteotominin güvenilir ve basit bir cerrahi işlem olduğu sonucuna varmışlardır.

Metatars varusu

Metatars varusu en çok iki yaşın altındaki çocuklarda görülür. Rahim içi pozisyonundan kaynaklanır, esnektir ve çocukların %90'ından fazlasında kendiliğinden düzelir. Ön ayak pasif olarak düzeltilebilirse ve arka ayak da normale radyografiye genellikle ihtiyaç duyulmaz. Metatarsus, kuneiformdaki metatarsların mediale yer değiştirmeleri durumudur. Ön ayak tarsal metatarsal ekleme adduksiyondadır. Radyografide, orta tarsal eksen ilk metatarsalın tabanına denk düşer ya da lateralinde kalır. Fizik muayene tanı için yeterlidir.

Bu tür çocuklarda metatars varusunun sıklığı (%26), tek başına ayak ve ayak bileğinde yapılan tendon transferlerinin içe dönük yürümeyi tam olarak düzeltmeyebileceğini düşündürür.^[41] Literatürdeki çalışmalar, varus ayak pozisyonuna posterior tibialis disfonksiyonunun, anterior tibialis disfonksiyonundan daha fazla eşlik ettiğini göstermiştir. Fleksör hallucis longus yanı sıra, fleksör digitorum longus, gastrocnemius ve soleusun da bu tür bir ayak postürüne katkısı olabilir.^[42]

Dinamik varus deformitelerinin düzeltilmesinde, tibialis anterior veya posterior tendonun split veya tam transferi kullanılabilir. Abdüktör hallucis gevşetmesi, kapsülotomi ve/veya metatarsal osteotomi, sabit varus deformitesinde kullanılacak cerrahi seçeneklerdir.

Dışa dönük yürüme ile ilgili rotasyonel deformiteler

Femoral retroversiyon

Femoral retroversiyonda, femur boynu eksenini, transkondiler eksenin posteriorundadır; bu durum femur boynu ve başınının femurun koronal düzleminin arkasında kalmasına neden olur. Asetabuler anteversiyon ile birlikte, 10-20 derecelik femoral anteversiyon kalça eklemine doğal bir stabilite sağlar.^[43] Eksternal torsiyon, özellikle çocuk ayakta durmaya ve yürümeye başladıktan sonra, çoğu zaman kendiliğinden dü-

zelir; ancak sekiz yaşından sonra aşırı torsiyon hala varsa ortopedik girişim gerekir.^[43]

Eksternal tibial torsiyon

Eksternal tibial torsiyonun sıklıkla artmış femoral anteversiyona katkıda bulunduğu görülür. Genellikle iki taraflıdır. Cerrahi düzeltme gerektirmesi için deformitenin 40 dereceden fazla uyluk-ayak açısıyla ileri derecede olması gerekir.^[44] Lateral tibial torsiyondan kaynaklanan sakatlığa çoğunlukla kaldıraç kolu disfonksiyonu, patellofemoral instabilite ve ağrı neden olur. Cerrahi teknikler internal tibial torsiyonda anlatılanlar ile aynıdır.^[40]

Kaynaklar

1. Steinwender G, Saraph V, Zwick EB, Uitz C, Linhart W. Assessment of hip rotation after gait improvement surgery in cerebral palsy. Acta Orthop Belg 2000;66:259-64.
2. Chapman ME, Duwelius PJ, Bray TJ, Gordon JE. Closed intramedullary femoral osteotomy. Shortening and derotation procedures. Clin Orthop Relat Res 1993;(287):245-51.
3. Mollica Q, Leonardi W, Travaglianti G. Correction of lower limb deformity using external fixation. Ital J Orthop Traumatol 1992;18:297-302.
4. Miller F. Gait. In: Cerebral palsy. New York: Springer; 2005. p. 251-386.
5. Mahboubi S, Horstmann H. Femoral torsion: CT measurement. Radiology 1986;160:843-4.
6. Miller F, Liang Y, Merlo M, Harcke HT. Measuring anteversion and femoral neck-shaft angle in cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 1997;39:113-8.
7. Laplaza FJ, Root L. Femoral anteversion and neck-shaft angles in hip instability in cerebral palsy. J Pediatr Orthop 1994;14:719-23.
8. LaGasse DJ, Staheli LT. The measurement of femoral anteversion. A comparison of the fluoroscopic and biplane roentgenographic methods of measurement. Clin Orthop Relat Res 1972;86:13-5.
9. Perlmutter MN, Synder M, Miller F, Bisbal R. Proximal femoral resection for older children with spastic hip disease. Dev Med Child Neurol 1993;35:525-31.
10. Kolban M. Variability of the femoral head and neck anteversion angle in ultrasonographic measurements of healthy children and in selected diseases with hip disorders treated surgically. Ann Acad Med Stetin 1999;Suppl 51:1-99.
11. Elke R, Ebnetter A, Dick W, Fliegel C, Morscher E. Ultrasound measurement of femur neck anteversion. Z Orthop Ihre Grenzgeb 1991;129:156-63. [Abstract]
12. Tomczak RJ, Guenther KP, Rieber A, Mergo P, Ros PR, Brambs HJ. MR imaging measurement of the femoral anteversion angle as a new technique: comparison with CT in children and adults. AJR Am J Roentgenol 1997;168:791-4.
13. Rethlefsen SA, Healy BS, Wren TA, Skaggs DL, Kay RM.

- Causes of intoeing gait in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg [Am]* 2006;88:2175-80.
14. Cooke PH, Carey RP, Williams PF. Lower femoral osteotomy in cerebral palsy: brief report. *J Bone Joint Surg [Br]* 1989;71:146-7.
 15. Kay RM, Rethlefsen SA, Hale JM, Skaggs DL, Tolo VT. Comparison of proximal and distal rotational femoral osteotomy in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2003;23:150-4.
 16. Mylle J, Lammens J, Fabry G. Derotation osteotomy to correct rotational deformities of the lower extremities in children. A comparison of three methods. *Acta Orthop Belg* 1993;59:287-92.
 17. Lampropulos M, Puigdevall MH, Zapozko D, Malvárez HR. Proximal femoral resection and articulated hip distraction with an external fixator for the treatment of painful spastic hip dislocations in pediatric patients with spastic quadriplegia. *J Pediatr Orthop B* 2008;17:27-31.
 18. Stout JL, Gage JR, Schwartz MH, Novacheck TF. Distal femoral extension osteotomy and patellar tendon advancement to treat persistent crouch gait in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg [Am]* 2008;90:2470-84.
 19. Klatt J, Stevens PM. Guided growth for fixed knee flexion deformity. *J Pediatr Orthop* 2008;28:626-31.
 20. Ferri-de-Barros F, İnan M, Miller F. Intramedullary nail fixation of femoral and tibial percutaneous rotational osteotomy in skeletally mature adolescents with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2006;26:115-8.
 21. Guidera KJ, Ganey TM, Keneally CR, Ogden JA. The embryology of lower-extremity torsion. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(302):17-21.
 22. Knight RA. Developmental deformities of the lower extremities. *J Bone Joint Surg [Am]* 1954;36:521-7.
 23. Bruce RW Jr. Torsional and angular deformities. *Pediatr Clin North Am* 1996;43:867-81.
 24. Staheli LT, Corbett M, Wyss C, King H. Lower-extremity rotational problems in children. Normal values to guide management. *J Bone Joint Surg [Am]* 1985;67:39-47.
 25. Price CT. Lower-extremity rotational problems in children. Normal values to guide management. *J Bone Joint Surg [Am]* 1985;67:823-4.
 26. Stanton RP. Torsional variations in the lower extremities of normal children. *Del Med J* 1993;65:313-6.
 27. Stefko RM, de Swart RJ, Dodgin DA, Wyatt MP, Kaufman KR, Sutherland DH, et al. Kinematic and kinetic analysis of distal derotational osteotomy of the leg in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1998;18:81-7.
 28. Villani C, Billi A, Morico G, Calvisi V, Romanini L. Considerations on deformity of the foot and suprasegmental pathology in infantile cerebral palsy. *Ital J Orthop Traumatol* 1989;15:197-207.
 29. Staheli LT. Torsion-treatment indications. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(247):61-6.
 30. El-Said NS. Osteotomy of the tibia for correction of complex deformity. *J Bone Joint Surg [Br]* 1999;81:780-2.
 31. Steel HH, Sandrow RE, Sullivan PD. Complications of tibial osteotomy in children for genu varum or valgum. Evidence that neurological changes are due to ischemia. *J Bone Joint Surg [Am]* 1971;53:1629-35.
 32. Dodgin DA, De Swart RJ, Stefko RM, Wenger DR, Ko JY. Distal tibial/fibular derotation osteotomy for correction of tibial torsion: review of technique and results in 63 cases. *J Pediatr Orthop* 1998;18:95-101.
 33. McNicol D, Leong JC, Hsu LC. Supramalleolar derotation osteotomy for lateral tibial torsion and associated equinovarus deformity of the foot. *J Bone Joint Surg [Br]* 1983;65:166-70.
 34. Selber P, Filho ER, Dallalana R, Pirpiris M, Nattrass GR, Graham HK. Supramalleolar derotation osteotomy of the tibia, with T plate fixation. Technique and results in patients with neuromuscular disease. *J Bone Joint Surg [Br]* 2004;86:1170-5.
 35. Kempf I, Dagenat D, Kloos M. Correction osteotomy and stabilization with the interlocking nail. *Unfallchirurg* 1990;93:499-505. [Abstract]
 36. Rattey T, Hyndman J. Rotational osteotomies of the leg: tibia alone versus both tibia and fibula. *J Pediatr Orthop* 1994;14:615-8.
 37. Manouel M, Johnson LO. The role of fibular osteotomy in rotational osteotomy of the distal tibia. *J Pediatr Orthop* 1994;14:611-4.
 38. Banks SW, Evans EA. Simple transverse osteotomy and threaded-pin fixation for controlled correction of torsion deformities of the tibia. *J Bone Joint Surg [Am]* 1955;37:193-5.
 39. Payman KR, Patenall V, Borden P, Green T, Otsuka NY. Complications of tibial osteotomies in children with comorbidities. *J Pediatr Orthop* 2002;22:642-4.
 40. İnan M, Ferri-de Baros F, Chan G, Dabney K, Miller F. Correction of rotational deformity of the tibia in cerebral palsy by percutaneous supramalleolar osteotomy. *J Bone Joint Surg [Br]* 2005;87:1411-5.
 41. Ponseti IV, Becker JR. Congenital metatarsus adductus: the results of treatment. *J Bone Joint Surg [Am]* 1966;48:702-11.
 42. Perry J. Pathologic gait. *Instr Course Lect* 1990;39:325-31.
 43. Staheli LT. Medial femoral torsion. *Orthop Clin North Am* 1980;11:39-50.
 44. Renshaw TS, Deluca PA. Cerebral palsy. In: Morrissy RT, Weinstein SL, editors. *Lovell and Winter's pediatric orthopaedics*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 551-604.