



Ciddi varus dizilim bozukluğu olan dizlerde çift seviye (ikili) osteotomi

Double-level osteotomy in knees with severe varus alignment disorder

Kürşad Aytekin¹, Orhan Balta², Bora Bostan³

¹Giresun Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Giresun

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Tokat

³Özel Medical Palace Hastanesi, Kayseri, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Kayseri

Alt ekstremitelerde dizilim bozuklukları osteoartrite ilerlemeyi artırmaktadır. Bu amaçla biyolojik tedavi yöntemlerinden osteotomiler kullanılarak mekanik aks restorasyonu sağlanır ve deformite düzeltilir. İleri varus deformitesi hastalarında tek seviyeli osteotomi uygulamaları mekanik aksı düzeltebilir. Ancak eklem çizgisinin yere paralellliğini bozup eklem oblikliğine sebep olabilir. Eklem çizgisinin oblikitesi makaslama kuvvetlerinin etkisi ile osteoartrite ilerlemeyi hızlandırmaktadır. Dolayısıyla ileri varus deformitelerinde eklem çizgisinin horizontal plana paralellliğini sağlamak mekanik aksın restorasyonu kadar önemlidir. Eklem oblikliğini engelleme amacı ile diz çevresine ikili osteotomiler kullanılmaktadır. Bu yazıda alt ekstremitelerde fizyolojik dizilimi ve biyomekaniği ışığında, diz çevresine uygulanabilen ikili osteotomi tarihçesi, gereklilikleri, osteotomi seçenekleri, implant seçenekleri ve cerrahi seçenekler incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: ileri varus deformitesi; eklem oblikitesi; çift osteotomi

Lower limb malalignment contributes to the progression to osteoarthritis. Mechanical axes restoration by deformity correction is performed by osteotomies around the knee. Single osteotomy in patients with advanced varus deformity can correct the mechanical axis. However, it may cause joint line obliquity. The obliquity of the joint line accelerates progression of osteoarthritis due to shear forces on the cartilage. Therefore, in advanced varus deformities, ensuring parallelism of the joint line to the horizontal plane is as important as the restoration of the mechanical axis. Double osteotomies are used around the knee to prevent joint obliquity. In this article, in the light of the physiological alignment and biomechanics of the lower limbs; the history of double osteotomies, indications, osteotomy options and implants were discussed.

Key words: advanced varus deformity; joint obliquity; double osteotomy

Ekstremitelerin belirgin kozmetik deformitelerinin düzeltilmesinde veya osteoartritlik dizlerde eklem korunmasına yönelik biyolojik tedavide osteotomiler uzun yıllardır kullanılmaktadır. Osteotomi seçeneği tarihsel olarak öncelikle rikets sekellerinde, travma sonrası deformite varlığında ve ileri valgus dizilimi olan dizlerde uygulanmıştır. 1950'lerden itibaren Jackson^[1] tuberositas tibianın distalinden osteotomi uygulamış, Coventry^[2] ise fibula osteotomisi ile beraber yaptığı kapalı kama osteotomisini kullanmıştır. Proksimal tibiada açık kama osteotomisi ilk defa 1931 yılında kullanılmıştır.^[3] Bu osteotomilerden tuberositas tibianın distalinden osteotomi yapan Jackson, düzeltme sonrası tecrübelerini 1961 tarihli yayınında

şöyle aktarmıştır; genu varumda osteotomi sonrası eklem çizgisi yere paralel olmakta ancak genu valgumda osteotomi sonrası eklem çizgisi oblik olmaktadır.^[4] Bu durum çift osteotomileri gerektirmez. Deformite düzeltme temel prensipleri 1964'te Friedrich Pauwels ve 1976'da Paul Maquet tarafından tanımlandı. Çift seviye osteotomiyi ilk tanımlayan 1969 yılında Benjamin ve ark.'dır.^[5] Diz çevresinde gerçekleştirilen osteotomilerin amacı yük aktarım ekseninde değişiklik yaparak, hasarlı eklem yüzeyine gelen mekanik stresi eklem karşı tarafına aktararak diz eklemine sağ kalımını artırmaktır. Çift seviyeli osteotomilerde ise amaç etkilenmiş eklemi yükten kurtarmaktan başka, eklem uyum açısını düzelterek eklem hattını yere paralel hale getirmektir.

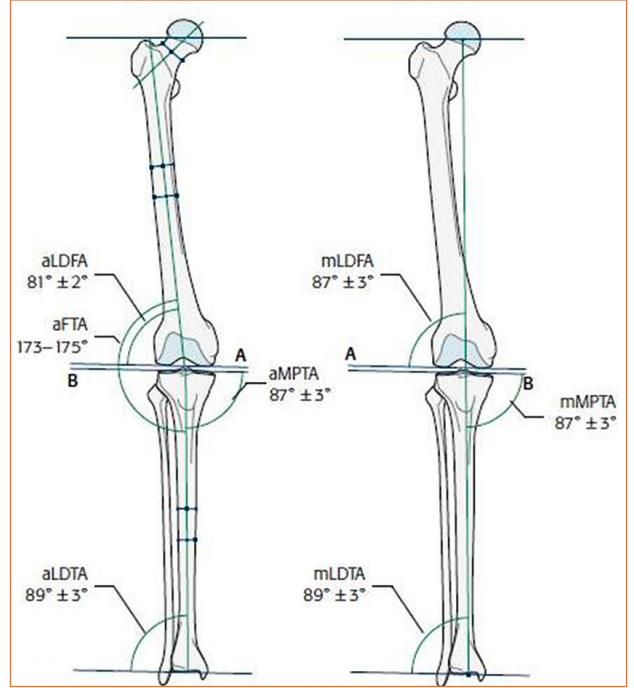
Günümüzde osteotomiler en sık diz çevresinde kullanılmaktadır. Temel olarak diz çevresi osteotomileri tek kompartmanlı osteoartrit tedavisinin yanında genu valgum, travma sonrası deformiteler, raşitizm, doğumsal deformiteler, büyüme plağı hastalıkları, metabolik sorunlar, osteopatiler (renal osteodistrofi vb.), miyopatik ve nörolojik hastalıklar, posttravmatik deformiteler, tümör, osteonekroz, ve diğer diz çevresi deformiteleri için kullanılmaktadır. Diz çevresi osteotomilerini frontal, sagittal ve aksiyel planda değerlendirmek gerekir. Femur ve tibia kombine deformitesinde her ikisinin de düzeltilmesi gerekir. Aksi takdirde yeni kemik deformiteleri yaratılır. Sadece bir segmentin düzeltilmesi (tibia veya femur) bacak eksenini düzeltirken eklem hattının patolojik değişimi ile sonuçlanır. Saragaglia ve ark. doğru dizilimi elde etmek için navigasyon kullanmışlardır.^[6] Ameliyat öncesi planlamada açık kama yüksek tibial osteotomi simülasyonunda mekanik aks düzeltmek için mMPTA $>93^\circ$ üzerine çıkılması gerekiyor ise ve mevcut mL DFA $>90^\circ$ ise distal femur osteotomisi için bir gösterge olup bu durumda çift seviyeli osteotomi akılda tutulmalıdır.^[6-8] Tek seviyeli osteotomi ile 4° 'den fazla eklem eğriliği oluşuyorsa çift seviyeli osteotomi daha iyi bir tercih olarak karşımıza çıkmaktadır.^[8] Yapılan çalışmalarda 5° 'den fazla eklem çizigisi eğikliği eklem kırırdağına yüklenen stresi artırmaktadır.^[9] Kamara ve ark., varus deformiteli dizlerde yüksek tibial osteotomi ve çift seviyeli osteotomi karşılaştırdıkları çalışmalarında, çift seviyeli osteotominin hem tibiada hem de femurda fizyolojik torsiyonu artırırken sadece yüksek tibial osteotominin rotasyonel dizilimi değiştirmediğini saptamışlardır.^[10]

Bu yazıda hedefimiz ortoröntgenografi ile alt ekstremitede dizilimini değerlendirmek, diz çevresinde çift osteotomi uygulama endikasyonlarını, hasta seçimini, preoperatif (ameliyat öncesi) planlamayı, osteotomi seçimini, osteotomi tekniklerini, tespit materyali seçimini, ameliyat sonrası rehabilitasyonu ve takiplerde gözlenebilecek olası komplikasyonları tartışmaktır.

Ortoröntgenografi ile Alt Ekstremitte Diziliminin Değerlendirmesi ve Deformitenin Tespiti

Alt ekstremitede dizilimi değerlendirmek için uygun bir ortoröntgenografi çekilmelidir. Bu amaçla hasta ayakta basarak alt ekstremitte yük altında olmalıdır. Kasetin röntgen tüpüne mesafesi 305 cm olmalıdır. Ayrıca alt ekstremitte pozisyonu önemlidir. Patella orta hatta iken çekim yapılmalıdır.

Ortoröntgenografinin değerlendirilebilmesi için çekilen grafide femur başı, diz eklemi, ayak bilek eklemi ayırta edilebilir olmalıdır (Şekil 1).^[11] Değerlendirmeye başlayınca femur başının orta noktasına ve talus kubbesinde eklem yüzünün orta noktasına işaret konular ve bu iki



Şekil 1. Alt ekstremitenin anatomik ve mekanik aksları ile fizyolojik açıların hesaplanması.^[11]

nokta bir çizgi ile birleştirilir. Bu vektörel çizgi alt ekstremitenin mekanik aksı (Mikulicz çizgisi) olarak isimlendirilir. Mekanik aks diz eklemine tibia platosunun ortasından geçer. Mekanik aks fizyolojik olarak diz eklemine merkezinden veya ortalama $4 (\pm 2)$ mm medialinden ya da lateralinden geçebilir.^[12] Mekanik aks bu sınırların dışından ilerliyorsa, valgus veya varus deformitesi mevcuttur. Alt ekstremitenin mekanik aksından (Mikulicz çizgisi) başka femurun ve tibianın da mekanik aksları mevcuttur (Tablo 1). Femur mekanik aksı, femur başının ortasından diz eklemine ortasına çekilen vektörel çizgi ile belirlenir. Diz eklemine ortasını hesaplamak için öncelikle femur kondillerinin en distalini teğet geçen eklem çizgisi çizilir. Kondillere temas noktalarının tam ortası eklem orta noktası kabul edilir. Femurun anatomik aksını belirlemek için femur gövdesinin en az iki farklı bölgesinde medial korteksten lateral kortekse horizontal planda düz bir çizgi çizilir. Bu çizgilerin orta noktasından başlayıp eklem ortasından geçen vektörel çizgi anatomik aksı oluşturur. Mekanik femur aksı ile anatomik femur aksı arasında $6^\circ \pm 1^\circ$ 'lik fark vardır ve bu açıya anatomik-mekanik femoral açı (amFA) denir. Radyolojik muayenede bu aksların eklem çizgisi ile lateralde yaptıkları açı kullanılır. Mekanik lateral distal femoral açı (mL DFA) ortalama $87^\circ \pm 3^\circ$, anatomik lateral distal femoral açı (aL DFA) ortalama $81^\circ \pm 2^\circ$ 'dir (Tablo 1).

Tablo 1. Sağlıklı alt ekstremitede yük altında çekilen ortoröntgenografilerde tanımlanan açılar ve normal değerleri

Açının adı	Kısaltma	Normal değerler
Anatomik femorotibial açı	aFTA	173–175°
Anatomik-mekanik femoral açı	amFA	6°±1°
Anatomik lateral distal femoral açı	aLDFA	81°±2°
Mekanik lateral distal femoral açı	mLDFA	87°±3°
Anatomik medial proksimal tibial açı	aMPTA	87°±3°
Mekanik medial proksimal tibial açı	mMPTA	87°±3°
Anatomik lateral distal tibial açı	aLDTA	89°±3°
Mekanik lateral distal tibial açı	mLDTA	89°±3°
Eklem çizgisi yakınsama açısı	JLCA	0°–2°

Tibiada mekanik ile anatomik akslar paraleldir ancak mekanik aks birkaç milimetre daha medialde yer alır. Eminenslerin orta noktasından talus kubbesinin ortasına çekilen çizgi mekanik aksı gösterir. Bu aksın tibia platosu ile medialde yaptığı açıya mekanik proksimal tibial açı (mMPTA) veya anatomik proksimal tibial açı (aMPTA) denilir. Normal değerleri 87°±3° olarak bildirilmiştir. Aksın ayak bileğinden geçen eklem çizgi ile lateralde yaptığı açıya ise mekanik/anatomik lateral distal tibial açı (mLDTA/aLDTA) denilir ve ortalama olarak normal değeri 89°±3°'dir (Tablo 1).

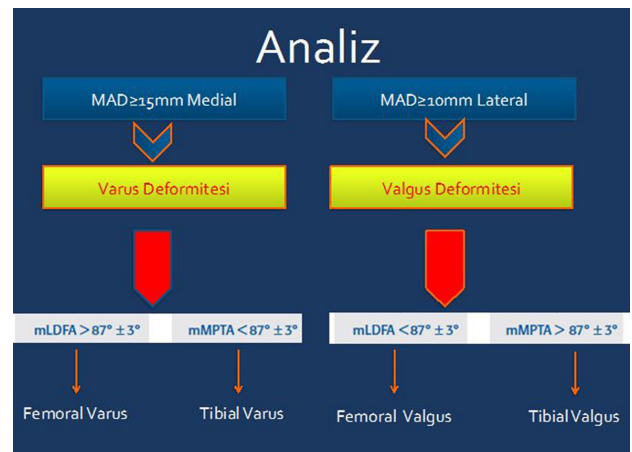
Eklemde femur kondillerinin en distalinden teğet geçen çizgi ile tibia platosundan geçen teğet çizgi arasındaki açıya eklem çizgisi yakınsama açısı (JLCA) denilir ve normal sınırları 0°–2°'dir (Tablo 1).

Alt ekstremitede mekanik aksının diz eklemi merkezine olan mesafesine mekanik aks deviasyonu (MAD) denilir. MAD'nin 15 mm'den daha mediale fazla sapması genu varum olarak isimlendirilirken, MAD'nin 10 mm den daha fazla laterale sapması genu valgum olarak isimlendirilir. Ayrıca femur ile tibianın mekanik aksları arasındaki fark da mekanik femorotibial açı (mFTA) adı altında varus/valgus açısını verir (Şekil 2).^[11]

Hasta Seçimi ve Ameliyat Öncesi Planlama

Başarının en önemli faktörü ideal hasta seçimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çift seviyeli osteotomi unikompartmantal diz artritli, özellikle genç, aktif ve ciddi düzeltme gerektiren diz deformiteleri bulunan hastalarda başarılı bir tedavidir. Genel olarak literatürde çift seviyeli osteotomi endikasyonu şiddetli

varus şekil bozukluğu (deformitesi) bulunan semptomatik ve medial kompartman osteoartritli hastalardır.^[7,13] Yüksek tibial osteotomi tek kompartman artritli ve diğer kompartmanı sağlam olan, 20°'den az fleksiyon kontraktürü olan, 100°'den fazla fleksiyon yapabilen ve vücut kitle indeksi 30'dan küçük olan hastalarda yaygın olarak kullanılır. Genel olarak erkeklerde 65 yaş altı, kadınlarda 55 yaş altı hastalara önerilmesine rağmen, daha yaşlı hastalarda da başarılı sonuçlar vermektedir.^[14,15] Ön çapraz bağın sağlam olma zorunluluğu yoktur. Sigara ve yüksek vücut kitle indeksi komplikasyon ihtimalini artırır.



Şekil 2. Mekanik aks deviasyonu ve diz çevresi açı ölçüm sonuçlarına göre deformitenin yerinin tanımlanması.^[11]

Diz çevresi deformitelerinde düzeltme hedefleri; artrozu olmayan dizlerde normal fizyolojik dizilimin sağlanması, medial kompartman artrozu varlığında Fujisawa noktası, artritik valgus dizlerde ise nötral veya hafif varus dizilimi elde etmektir.

Alt ekstremitede frontal plandaki deformiteleri düzeltmek ve MAD/mFTA'nın restorasyonu tek başına yeterli olmayabilir. Diz eklemine yere paralel olması bir mecburiyettir. Oblik bir eklem hattı makaslama kuvvetleri nedeniyle diz eklemine instabilite ile beraber osteoartrite neden olabilir.^[7,16] Preoperatif (Ameliyat öncesi) planlamada osteotomi sonrası elde edilecek açılar göz önünde bulundurulmalıdır. Şayet ölçülen mMPTA ve mL DFA normal sınırlarının dışında ise diz çevresine çift osteotomi gerekir (Şekil 2).^[11] Bunlardan bir tanesi distal femurda mL DFA açısının restorasyonu için diğeri ise proksimal tibiada mMPTA açısının restorasyonu için yapılıdır. Kaynama sonrası elde edeceğimiz dizilim ile diz eklem çizgisi horizontal plana paralel kalmalıdır. Çift seviyeli deformite olmasına rağmen deformite tek seviye ve genellikle tibiadan düzeltilirse eklemde obliklik, kıkırdak üzerinde makaslama kuvvetinde artış ve artroz ile sonuçlanması kaçınılmazdır.^[7] Bu durumda bir diğer problem ise daha sonra yapılacak diz protezi için ciddi kemik stok kaybıdır.^[8]

Çift seviyeli (femur ve tibia) osteotomisi için ideal endikasyonlardan bir tanesi düşük mMPTA, düşük mL DFA ve yüksek JLCA ile seyreden ve belirgin lateral thrust yürüyüşü yaratan deformitedir.

Genel olarak ileri derecede varus dizlerde en sık kullanılan yöntem lateral kapalı kama femur osteotomisi ve açık kama yüksek tibia osteotomisi iken ileri

derece valgus deformitelerinde medial distal femur kapalı kama ve proksimal tibia kapalı kama osteotomisi'dir. Aşağıdaki tabloda muhtemel senaryolarda uygulanabilecek kombine osteotomi seçenekleri sunulmaktadır (Tablo 2).^[11]

Cerrahi Teknik

Diz çevresindeki düzeltme kabaca femoral veya tibial deformitenin türüne bağlı olarak medial veya lateral olarak ve açık veya kapalı kama tekniğinde yapılabilmektedir. Tibial düzeltme için son zamanlarda medial girişimler ön plana çıksa da literatürde lateral kapalı kama osteotomisi, dome osteotomisi, medial açık hemikallotazis, tek planda oblik osteotomi, tek planda transvers osteotomi, biplanar açık kama osteotomisi ve tibial tüberkülün proksimal fragmanda bırakıldığı biplanar osteotomiler gibi birçok osteotomi tanımlanmıştır.

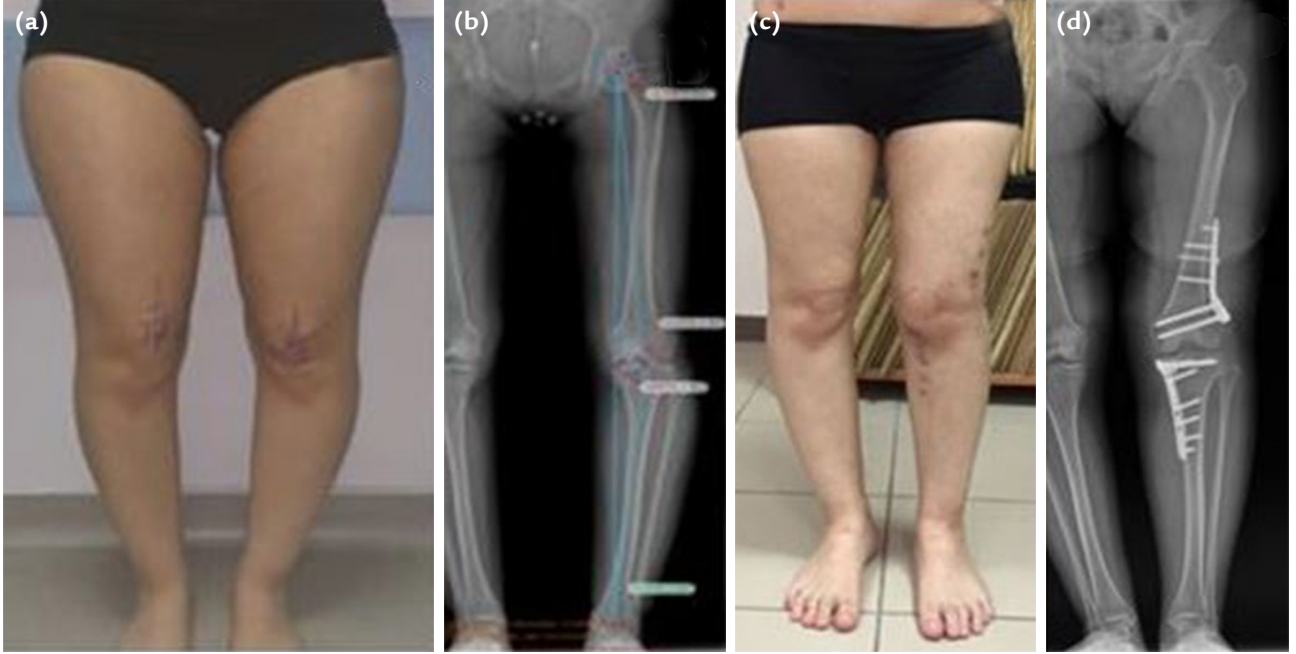
Genel olarak ileri varus deformitesi olan dizlerde son zamanlarda kemik stok temasını fazla olduğu lateral femoral kapalı kama ve medial açık kama tibia osteotomisi tercih edilmektedir. Biplanar distal femur medial kapalı kama osteotomisinde suprapatellar yağ dokusu sağlam olduğu için erken hareket kazanımı, kemik teması fazla olduğu için erken kaynama ve stabilite sağlamaktadır. Lobenhoffer ve ark.'nın^[17] popülerize ettikleri tibial tüberkülün distal fragmanda bırakıldığı biplanar medial açık kama osteotomisi avantajı ise greft gerektirmiyor olması ve erken yük verme olarak karşımıza çıkmaktadır.

Cilt insizyonundan 30 dakika önce tek doz antibiyotik profilaksisi uygulanır. Eşlik eden eklem içi patolojileri

Tablo 2. Çift osteotomi gerektiren vakalarda deformiteye göre olası kombine osteotomi seçenekleri^[11]

Mekanik aks deviasyonu	Eklem çizgisi yakınsama açısı (JLCA)		
	Varus (JLCA >2°)	Nötral (JLCA: 0°-2°)	Valgus (JLCA <0°)
Varus	F: Medial kapalı kama DFO * + T: Medial açık kama HTO * * Alternatif: Lateral açık kama DFO	F: Lateral kapalı kama DFO * + T: Medial açık kama HTO	F: Lateral kapalı kama DFO + T: Medial kapalı kama HTO * * Alternatif: Lateral açık kama HTO
Nötral	F: Medial kapalı kama DFO * + T: Medial açık kama HTO * Alternatif: Lateral açık kama DFO		F: Lateral kapalı kama DFO + T: Medial kapalı kama HTO * * Alternatif: Lateral açık kama HTO
Valgus	F: Medial kapalı kama DFO * + T: Medial açık kama HTO * Alternatif: Lateral açık kama DFO	F: Medial kapalı kama DFO * + T: Medial kapalı kama HTO ** * Alternatif: Lateral açık kama DFO ** Alternatif: Lateral açık kama HTO	F: Lateral kapalı kama DFO + T: Medial kapalı kama HTO * * Alternatif: Lateral açık kama HTO

DFO, distal femoral (suprakondiler) osteotomi; HTO, yüksek tibial osteotomi.



Şekil 3. a–d. Ameliyat öncesi klinik görüntü (a). Ameliyat öncesi ortoröntgenografi (b). Ameliyat sonrası klinik görüntü (c). Ameliyat sonrası ortoröntgenografi (d).

değerlendirmek için osteotomiden önce artroskopi yapılabilir. Artroskopik girişim bize eklem içerisindeki bağ, menisküs, kırıldak patolojilerinin saptanmasını ve tedavisini sağlar. Hasta radyolüsent (ışın geçirgen) bir ameliyat masasında sırtüstü pozisyonda opere edilir.

Femurda da tibiada da osteotomi seçiminin ne olacağı, deformitenin CORA'sının (*Central of Rotation Angle*) nerede olduğuna bağlıdır. Örneğin femurda CORA troklea seviyesinde ise suprakondiler biplanar osteotomi kullanılabilir. Kalça hareketleri serbest ve kalça altı yükseltilerek, patella orta hatta olacak şekilde hastaya pozisyon verilir. Kombine osteotomi yapılarırken özellikle kapalı kama femur ve açık kama tibia osteotomisi yapılacak ise önce femur osteotomisi yapılır. Böylece çıkarılan kama tibiadaki osteotomi alanına konulabilir. Yapılan preoperatif planlamaya göre gönderilen K telleri üzerinden femurda biplanar osteotomi yapılır ve stabil plak osteosentezi gerçekleştirilir. Tibiadaki varus deformitesi genellikle medial açık kama osteotomisi ile gerçekleştirilir. Biplanar açık kama osteotomisi iyi bir seçenektir. Biplanar tibia açık kama osteotomisi tibial tüberkülün distalde bırakıldığı retrotüberkül^[17] osteotomisi şeklinde olabileceği gibi, tibial tüberkülün proksimalde^[18] bırakıldığı biplanar osteotomi şeklinde de olabilir. Biz kendi pratiğimizde tibia açık kama osteotomisinde Lobenhoffer'in popülerize ettiği tibial tüberkülün distalde bırakıldığı biplanar osteotomiyi tercih etmekteyiz.

Şayet CORA metafizer bölgeden uzakta kemiğin diafiz (cisim) seviyesinde ise perkütan osteotomi uygulamak kaynama gecikmesi ile enfeksiyon gibi riskleri azaltabilir.

Osteotomi sonrası tespit amacı ile kullanılacak implant, kaynama sonuçlanana kadar erken harekete izin verecek şekilde stabiliteyi sağlamalıdır. Osteotomi hatlarının tespiti için son yıllarda sık kullanılan sabit açılı plak fiksatorler iyi sonuçlar vermektedir.

Hem femuru hem tibiayı içeren çift seviyeli osteotomiler hastanın hareket aralığı kaybına neden olma eğiliminde olduğundan ameliyat sonrası istirahatte bile kalça ve diz 90° fleksiyon pozisyonunda olmalıdır. Ameliyat sonrası 1. gün dren çekilir. 15 kg kısmi ağırlık vererek koltuk altı değnekleri ile mobilize edilir. Diz hareketlerini artırıcı ve diz çevresi kasları güçlendirici günlük fizyoterapi egzersizleri başlanır. Genellikle diz hareket aralığını kısıtlamak veya destek için breys uygulamak gerekli değildir. Ameliyat sonrası 1. hafta ve 6. haftalarda anteroposterior ve lateral grafi ile radyolojik değerlendirme yapılır. Haftalık yük artırımı yapılarak tam yüke ortalama 6. haftada geçilir. Hastalar genellikle yaklaşık 10–12 hafta sonra işe dönebilirler.

Diz çevresine çift osteotomi uyguladığımız bir hastanın ameliyat öncesi, ameliyat esnası ve ameliyat sonrası klinik ve radyolojik görüntüleri aşağıda paylaşılmıştır (Şekil 3–5).



Şekil 4. Ameliyat esnasında çekilen fluoroskopi görüntüleri.



Şekil 5. a-d. Ameliyat esnasında klinik görüntüler (a, b). Distal femur osteotomisi (c) ve proksimal tibia osteotomisi (d).

KAYNAKLAR

1. Jackson JP, Waugh W. Osteotomy for Osteoarthritis of the Knee. In: Proceedings of the Sheffield Regional Orthopaedic Club. *J Bone Joint Surg* 1958;40-B:826.
2. Coventry MB. Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee. A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am* 1965; 47(5):984–90. [Crossref](#)
3. Lexer E. Revascularization Osteotomy 1931, 2nd ed. Barth JA.
4. Jackson JP, Waugh W. Tibial Osteotomy for Osteoarthritis of the Knee. *J Bone and Joint Surg Br* 1961;43-B:746–51.
5. Benjamin A. Double osteotomy for the painful knee in rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Br* 1969;51-B(4):694–9. [Crossref](#)
6. Saragaglia D, Mercier N, Colle PE. Computer-assisted osteotomies for genu varum deformity: which osteotomy for which varus? *Int Orthop* 2010;34(2):185–90. [Crossref](#)
7. Babis GC, An KN, Chao EY, Rand JA, Sim FH. Double level osteotomy of the knee: a method to retain joint-line obliquity. Clinical results. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84(8):1380–8. [Crossref](#)
8. Saragaglia D, Blaysat M, Mercier N, Grimaldi M. Results of forty-two computer-assisted double level osteotomies for severe genu varum deformity. *Int Orthop* 2012, 36(5):999–1003. [Crossref](#)
9. Nakayama H, Schroter S, Yamamoto C, Iseki T, Kanto R, Kurosaka K, Kambara S, Yoshiya S, Higa M. Large correction in opening wedge high tibial osteotomy with resultant joint-line obliquity induces excessive shear stress on the articular cartilage. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018;26(6):1873–8. [Crossref](#)
10. Kambara S, Nakayama H, Kanto R, Yoshiya S. Comparative analysis of change in rotational alignment after double level osteotomy and opening wedge high tibial osteotomy. *Asia-Pacific J Sports Med Arthrosc Rehab Tech* 2017;9:38. [Crossref](#)
11. Lobenhoffer P, Van Heerwaarden RJ, Staubli AE, Jacob RP. Osteotomies around the knee: indications-planning-surgical techniques using plate fixators. Thieme; 2011.
12. Paley D, Pfeil J. Principles of deformity corrections around the knee. *Orthopäde* 2000;29(1):18–38. [Crossref](#)
13. Schroter S, Nakayama H, Yoshiya S, Stockle U, Ateschrang A, Gruhn J. Development of the double level osteotomy in severe varus osteoarthritis showed good outcome by preventing oblique joint line. *Arch Orthop Trauma Surg* 2019;139(4):519–27. [Crossref](#)
14. Yasuda K, Majima T, Tsuchida T, Kaneda K. A ten-to 15-year follow-up observation of high tibial osteotomy in medial compartment osteoarthrosis. *Clin Orthop Relat Res* 1992;(282):186–95. [Crossref](#)
15. Trieb K, Grohs J, Hanslik-Schnabel B, Stulnig T, Panotopoulos J, Waniwenhaus A. Age predicts outcome of high-tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;1;14(2):149–52. [Crossref](#)
16. Saragaglia D, Chedal-Bornu B, Rouchy RC, Rubens-Duval B, Mader R, Pailhe R. Role of computer-assisted surgery in osteotomies around the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(11):3387–95. [Crossref](#)
17. Lobenhoffer P. Importance of osteotomy around to the knee for medial gonarthrosis. Indications, technique and results. *Orthopäde* 2014;43(5):425–31. [Crossref](#)
18. Elmalı N, Esenkaya I, Can M, Karakaplan M. Monoplanar versus biplanar medial open-wedge proximal tibial osteotomy for varus gonarthrosis: a comparison of clinical and radiological outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;1;21(12):2689–95. [Crossref](#)