

Koronal düzlem dizilim bozuklukları ve yüksek tibial/distal femoral osteotomiler

Coronal plane alignment disorders and high tibial/distal femoral osteotomies

Nurzat Elmalı, Mustafa Şenyurt, Vahdet Uçan

Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası başarısızlık, multifaktöriyel nedenlere bağlı olarak gelişmektedir. Bu nedenlerin doğru şekilde analiz edilmesi tedavi başarısı açısından kritik önem taşır. Tedavi edilmeyen alt ekstremitenin koronal ve sagittal dizilim bozuklukları başarısızlıkta önemli rol oynar. Varus veya valgus dizilim bozukluğu bulunan hastalarda yalnızca revizyon bağ cerrahisinin uygulanması, greft üzerine tekrarlayan anormal yüklenmelere neden olarak greft gevşemesi, rezidüel instabilite, menisküs hasarı ve erken osteoartrit gelişimine yol açabilir. Bu nedenle, revizyon ön çapraz bağ (ÖÇB) cerrahisi planlanan hastalarda ayakta çekilmiş uzun bacak grafipleri ile mekanik aksın ve deformite kaynağının ayrıntılı şekilde değerlendirilmesi zorunludur. Revizyon ÖÇB cerrahisine yüksek tibial osteotomi veya distal femoral osteotomi eklenmesiyle koronal plandaki varus ya da valgus deformitesinin düzeltilmesi, ilgili kompartman yükünün azaltılması, greft üzerine binen streslerin düşürülmesi ve tibianın anterior translyasyon eğiliminin azaltılarak diz stabilitesinin artırılması hedeflenir. Bu derlemede, revizyon ÖÇB cerrahisinde osteotomi endikasyonları, ameliyat öncesi planlama prensipleri, cerrahi teknikler ve güncel klinik sonuçlar kapsamlı biçimde özetlenmiştir.

Anahtar sözcükler: ön çapraz bağ; revizyon; varus; dizilim bozukluğu; yüksek tibial osteotomi

Failure after anterior cruciate ligament reconstruction develops due to multifactorial causes. Accurate analysis of these factors is critical for treatment success. Untreated coronal and sagittal alignment abnormalities of the lower extremity play a significant role in failure. In patients with varus or valgus malalignment, performing revision ligament surgery alone may lead to repetitive abnormal loading on the graft, resulting in graft laxity, residual instability, meniscal damage, and early osteoarthritis. Therefore, in patients scheduled for revision anterior cruciate ligament (ACL) surgery, it is essential to perform a detailed evaluation of the mechanical axis and the origin of the deformity using weight-bearing long-leg radiographs. By combining revision ACL surgery with high tibial osteotomy or distal femoral osteotomy, the goals are to correct coronal plane varus or valgus deformity, reduce related compartment loading, decrease stress on the graft, and improve knee stability by reducing the tendency for anterior tibial translation. This review comprehensively summarizes the indications for osteotomy in revision ACL surgery, principles of preoperative planning, surgical techniques, and current clinical outcomes.

Key words: anterior cruciate ligament; revision; varus; malalignment; high tibial osteotomy

Alt ekstremitede dizilim bozukluğu, sıkça gözden kaçan revizyon ön çapraz bağ (ÖÇB) nedenlerinden biridir.^[1] Özellikle izole ÖÇB revizyonu yapılan ve altta yatan varus dizilim bozukluğu düzeltilmeyen hastalarda yüklenme hattının diz merkezinin medialine kayması, diz eklemindeki adduksiyon momentini artırarak yükün medial kompartmanda yoğunlaşmasına yol açar. Dinamik varus *thrust* (itme) varlığında bu risk daha da artmaktadır. Yürüyüş sırasında yük verme fazında dizin ani varusa kaçması, koronal planda instabiliteyi artırır. Tibianın femura göre anterior translyasyon eğilimi artar ve rekonstrüksiyon

grefti üzerindeki stres yükselir.^[2] Sonuç olarak greft gevşemesi, rezidüel instabilite ve yeniden rüptür gelişebilir. Bu nedenle dizilim bozukluğunun varlığında özellikle genç, aktif ve yüksek beklentili hastalarda yalnızca revizyon ÖÇB cerrahisi yetersiz kalabilir.^[3] Varus dizilim bozukluğu gibi posterior tibial slop (PTS) artışı da ÖÇB biyomekaniğinde kritik öneme sahiptir. Tibial slopun artması, yük altında tibianın anterior translyasyonunu artırarak greft üzerine ek yük bindirir. Özellikle PTS değerinin 12°'nin üzerinde olduğu hastalarda primer ve revizyon cerrahisinde başarısızlık riskinin arttığı bildirilmiştir.^[4-6]

Klinik Değerlendirme

Revizyon ÖÇB cerrahisi planlanan her hastada ayrıntılı öykü alınmalıdır. Hastanın temel yakınmasının instabilite mi yoksa ağrı mı olduğu belirlenmelidir. Cerrahi hedef bu ayrıma göre şekillenir. Genç ve sportif hastalarda instabilite ön planda iken orta yaş ve dejeneratif değişiklikleri bulunan hastalarda medial kompartman ağrısı daha baskın olabilir. Hastanın spor düzeyi, mesleki beklentileri, günlük aktivite seviyesi ve ameliyat beklentileri kaydedilmelidir. İlk cerrahide kullanılan greft tipi, tespit materyali, cerrahi teknik, travmatik yeniden yaralanma öyküsü, rehabilitasyon süreci ve mevcut yakınmalar sorgulanmalıdır. *Giving-way* atakları, güvensizlik, pivot hareketlerinde boşalma hissi ve kompartman kaynaklı ağrı önemli klinik ipuçlarıdır.^[7,8] Fiziksel muayenede her iki diz karşılaştırılmalı olarak incelenmelidir. Eklem hareket açıklığı, fleksiyon kontraktürü, genu rekurvatum ve patellofemoral ağrı değerlendirilmelidir. *Lachman* testi, *pivot-shift* testi, ön çekmece testi, varus-valgus stres testleri, arka çekmece testi, dial testi ve posterolateral köşe muayenesi mutlaka yapılmalıdır. Yürüyüşün değerlendirilmesi önemlidir.

Radyolojik Değerlendirme

Revizyon cerrahisi planlanan hastalarda standart ön-arka ve lateral diz grafileri yanında ayakta çekilmiş uzun bacak grafileri zorunludur. Erken dejenerasyonu belirlemek için yük altında 45° fleksiyonda Rosenberg grafisi yararlı olabilir.^[9] Tam uzunlukta yük vererek çekilen grafiler mekanik aksın ve deformite seviyesinin saptanmasında altın standarttır. Kalça merkezi, diz merkezi ve ayak bileği merkezi işaretlenerek mekanik aks belirlenir. *Hip-knee-ankle* açısı, mekanik aks deviasyonu, medial proksimal tibial açı (MPTA), mekanik lateral distal femoral açı (mLDFA) ve eklem hattı uyum açısı (joint line convergence angle, JLCA) ölçülmelidir. Bu ölçümler sayesinde deformitenin tibial, femoral veya kombine kaynaklı olduğu anlaşılır. Sagittal düzlem değerlendirmesinde PTS mutlaka ölçülmelidir. Artmış PTS, tibianın anterior transasyon eğilimini artırarak greft üzerine daha fazla yük bindirir.^[10] Patellar yükseklik ölçümleri de önemlidir. *Caton-Deschamps* ve modifiye *insall-salvati* indeksleri kullanılarak patella alta veya baja değerlendirilmelidir. Özellikle medial açık kama yüksek tibial osteotomi (YTO) sonrası patella baja gelişebileceğinden cerrahi planlama buna göre yapılmalıdır. Manyetik rezonans görüntüleme, yalnız bağın devamlılığını değerlendirmek için değil; menisküs yırtıkları, menisküs kök lezyonları, kıkırdak defektleri, kemik ödemi, osteokondral lezyonlar ve eşlik eden bağ yaralanmalarını değerlendirmek için gereklidir. Bilgisayarlı tomografi (BT), özellikle revizyon cerrahilerinde büyük önem taşır. Femoral ve tibial tünel pozisyonu, tünel genişlemesi, osteoliz, kemik stoku kaybı önceki

implantların yeri ve yeni tünel açılabilirliği BT ile daha doğru analiz edilebilir.

Osteotomi Endikasyonları

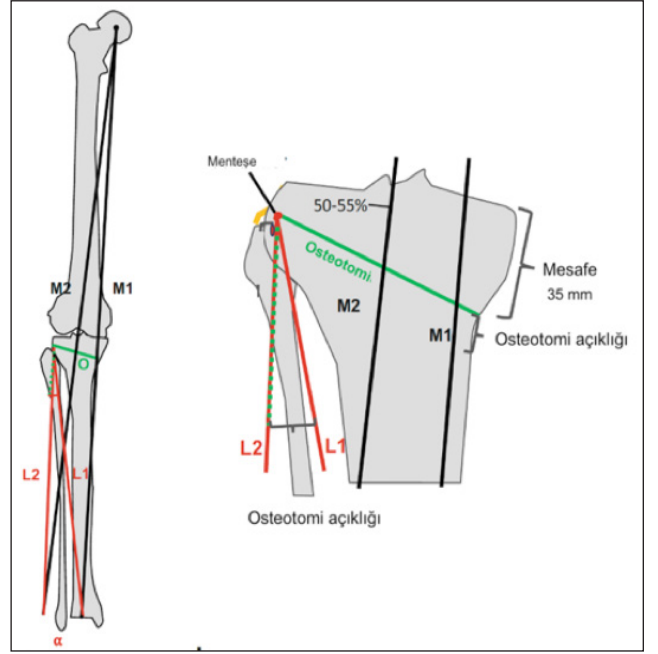
Semptomatik anteroposterior instabiliteye neden olan ÖÇB rüptürü veya başarısız ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (ÖÇBR) nedeniyle revizyon ÖÇB cerrahisi planlanan hastalarda eşlik eden medial osteoartriti (Ahlbäck I–III) ve varus dizilimi bozukluklarının (*primer, double* veya *triple* varus) varlığında osteotominin eklenmesi önemli bir tedavi seçeneği hâline gelmiştir.^[11] Varus açısının 5°'den büyük olması, medial kompartmanda aşırı yüklenme bulunması, dinamik varus *thrust* varlığı, MPTA değerinin 84°'nin altında olması veya mLDFA değerinin 90°'nin üzerinde bulunması durumlarında deformitenin kaynağına göre YTO veya distal femoral osteotomi (DFO) endikasyonu konulur.

Yüksek tibial osteotomi medial kompartman osteoartriti ve varus dizilimi bulunan genç ve aktif hastalarda deformiteyi düzeltmek, yük taşıma hattını medial kompartmandan daha laterale kaydırarak ağrıyı azaltmak, fonksiyonu iyileştirmek, bağ rekonstrüksiyonunu korumak ve total diz artroplastisi gereksinimini geciktirmek amacıyla sıklıkla uygulanan etkili bir eklem koruyucu cerrahi seçenektir.^[6] Geçmişte varus deformitelerinin tibial taraftan valgus deformitelerinin ise femoral taraftan düzeltilmesi gerektiği kabul edilmekteydi. Ancak güncel çalışmalar koronal plandaki deformitelerin çoğu zaman multifaktöriyel olduğunu ve tek bir kemik segmentine bağlı olmadığını göstermiştir. Mekanik varus açısı $\geq 3^\circ$ olan hastaların yalnızca %28'inde deformitenin tibial kaynaklı olduğu bildirilmiştir.^[11] Mekanik lateral distal femoral açısı $>90^\circ$ olan femoral deformitelerde distal femurda lateral kapalı kama osteotomisi tercih edilmelidir. Benzer şekilde valgus deformitesinde MPTA $>90^\circ$ ise düzeltmenin tibial düzeyde planlanması gerekir. Bu nedenle düzeltmenin deformitenin gerçek kaynağına göre planlanması esastır. Sonuç olarak tibial kaynaklı varus deformitelerinde YTO, femoral kaynaklı deformitelerde DFO, kombine deformitelerde ise çift seviyeli osteotomi etkili seçeneklerdir. Özellikle 15° üzerindeki belirgin deformitelerde çift seviyeli düzeltme gereklidir.^[12] Yüksek tibial osteotomi veya DFO için genel olarak kabul edilen kontrendikasyonlar; trikompartmantal artroz, ileri patellofemoral artroz, aktif enfeksiyon, ciddi hareket kısıtlılığı veya 5°'den fazla fleksiyon kontraktürü, 65 yaş üzeri hastalar, inflamatuvar hastalıklar, kontrolsüz sigara kullanımı ve rehabilitasyona uyumsuzluktur. Vücut kitle indeksinin etkisi tartışmalı olmakla birlikte, güncel literatür YTO'nun tek başına veya ÖÇBR ile kombine uygulanması için ideal vücut kitle indeksi aralığının 25–27,5 kg/m² olmasını önermektedir.^[12]

Yüksek Tibial Osteotomi

Günümüzde medial açık kama yüksek tibial osteotomi (MAKYTO) en yaygın kullanılan tekniktir. Bu tekniğin en önemli avantajları düzeltmenin kontrollü olarak yapılabilmesi, fibula osteotomisi gerektirmemesi ve gerektiğinde sagittal düzlemde slop modifikasyonuna izin vermesidir. Bununla birlikte MAKYTO'nun bazı dezavantajları vardır. Tibianın üç boyutlu geometrisi nedeniyle PTS artabilir, patella baja gelişebilir ve geniş açılmalarda kaynama gecikmesi görülebilir.^[13]

Lateral kapalı kama osteotomi daha rijit bir yapı sağlayabilir ve tibial slopun kontrolü açısından avantajlı olabilir. Ancak proksimal tibiofibular bölge diseksiyon gerektirmesi, peroneal sinir yaralanma riski taşıması ve kemik rezeksiyonu gerektirmesi başlıca dezavantajlarıdır.^[14] Hastanın ana şikâyetinin instabilite (güvensizlik) mi yoksa medial kompartman artrozu (ağrı) mı olduğu netleştirilmelidir. Mekanik aks hedefi hastanın temel klinik sorununa göre bireyselleştirilmelidir. Ağrının ön planda olduğu izole medial kompartman dejenerasyonu veya menisektomi sonrası *overload* bulunan ve instabilitesi belirgin olmayan hastalarda klasik yaklaşım, yük taşıma hattının tibia platosunun daha lateral kısmına taşınması (hafif valgus düzeltme) iken; instabilite şikâyetlerinin baskın olduğu genç ve aktif hastalarda nötrale yakın düzeltme çoğu zaman yeterlidir.^[15] Koronal düzlem düzeltme planlaması Miniaci ve ark. tarafından tarif edilen yöntemle yapılır.^[16] Fujisawa noktasına kadar (%62,5) lateralize etmenin lateral kompartmanda aşırı yüklenmeye neden olduğu izole medial osteoartrit olgularında yük hattının tibia platosunun %55–60 seviyesinden geçirilmesi hem medial kompartman yükünü azaltır hem de aşırı lateralizasyonun olumsuz etkilerinden kaçınmayı sağlar.^[15,17] Buna karşın ÖÇB yetmezliği ile birlikte kemiksel varus ve posterolateral gevşeklik bulunan (*double varus*), instabilite semptomlarının baskın olduğu genç aktif hastalarda aşırı valgus düzeltme bazı sorunlara yol açabilir. Bunlar arasında lateral kompartmanda gereksiz yük artışı, patellofemoral ağrı, anormal yürüyüş paterni ve doğal diz kinematiğinin bozulması sayılabilir. Bu hasta grubunda sorun yalnızca medial kompartman yüklenmesi değildir; aynı zamanda tibianın anterior translasyonu, rotasyonel instabilite, greft üzerine tekrarlayan stres ve yürüyüş sırasında gelişen dinamik varus *thrust* söz konusudur. Yük hattının daha fizyolojik bir hedefi olan tibia platosunun yaklaşık %50–55 seviyesinden geçirilmesi, yani nötrale yakın düzeltme önerilmektedir. Amaç lateral eklem aralığı açılmasını azaltmak, varus *thrust*'ı düzeltmek ve bağ rekonstrüksiyonu için daha dengeli biyomekanik ortam oluşturmaktır (Şekil 1).^[10,16]



Şekil 1. Ön çapraz bağ yetersizliği ile birlikte varus deformitesi bulunan hastada Miniaci ve ark.^[17] tarafından tanımlanan yöntemle ameliyat öncesi planlama. M1: Mevcut mekanik aks M2: Tibial plato üzerinde %50–55 arasında planlanan mekanik aks. L1: osteotomi menteşe (*hinge*) noktasından, planlanan (hedef) distal tibia/ayak bileği pozisyonuna uzanan mesafe, L2: aynı menteşe noktasından, mevcut (ameliyat öncesi) distal tibia/ayak bileği pozisyonuna uzanan mesafedir. Aradaki mesafe açılması gereken osteotomi miktarını verir.

Eğer JLCA > 2° ise, aşırı düzeltmeyi önlemek amacıyla düzeltme açısı modifiye edilmelidir. Klinik pratikte kullanılan bir düzeltme yöntemi Micicci ve ark. tarafından tanımlanmıştır. Buna göre, planlanan düzeltmeden çıkarılacak değer şu formülle hesaplanır: Düzeltme açısı = (JLCA – 2) / 2.^[18] Posterior tibial slop artışı bulunan revizyon olgularında slop azaltıcı modifiye osteotomi teknikleri düşünülmelidir. Özellikle PTS değerinin 12° nin üzerinde olduğu hastalarda anterior kapalı kama veya modifiye açık kama osteotomi uygulanabilir.^[4] Hedef genellikle slopu 6°–8° seviyesine indirmektir. Aşırı düzeltme ise arka çapraz bağ üzerine aşırı yük bindirebilir.^[4] Kaçınılması gereken önemli noktalar; her hastada Fujisawa noktasını tercih etmek (%62,5–67,5), slopu istemeden artırmak ya da revizyonda slopu göz ardı etmek, tibial *tunnel*/plak uyumsuzluğu ve varus *thrust* varken sadece ÖÇBR yapmaktır.

Distal Femoral Osteotomi

Revizyon ÖÇB cerrahisinde femoral kaynaklı koronal deformitelerde yalnızca tibial düzeltme yapılması, eklem hattı oblikliğini artırabilir ve biyomekanik olarak istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle femoral deformitenin dikkatle tanımlanması gerekir.^[19] Femoral osteotomilerde amaç fizyolojik eklem hattını koruyarak mekanik

aksı düzeltmektir. Femoral kaynaklı valgus deformitesinde ÖÇBR veya revizyonu ile birlikte DFO etkili bir seçenektir. Lateral açık kama ya da medial kapalı kama teknikleri uygulanabilir.^[20] Femur kaynaklı varus deformitesinde ise *medial opening wedge* veya lateral kapalı kama yöntemleri kullanılabilir.

Çift Seviyeli Osteotomi

Hem tibial hem femoral kaynaklı deformitenin bulunduğu ileri deformitelerde tek seviyeden aşırı düzeltme yapılması eklem hattının oblikliğini bozabilir. Bu hastalarda çift seviyeli osteotomi ile düzeltmenin iki segmente dağıtılması daha fizyolojik sonuç verir.^[21] Çift seviyeli osteotomi teknik olarak daha zor olmakla birlikte daha doğal eklem hattı oluşturur, aşırı tibial veya femoral açı değişikliklerini önler, patellofemoral biyomekaniği korur ve daha dengeli yük dağılımı sağlar. Bu nedenle özellikle kompleks multiplanar deformitelerde değerli bir seçenektir.^[21]

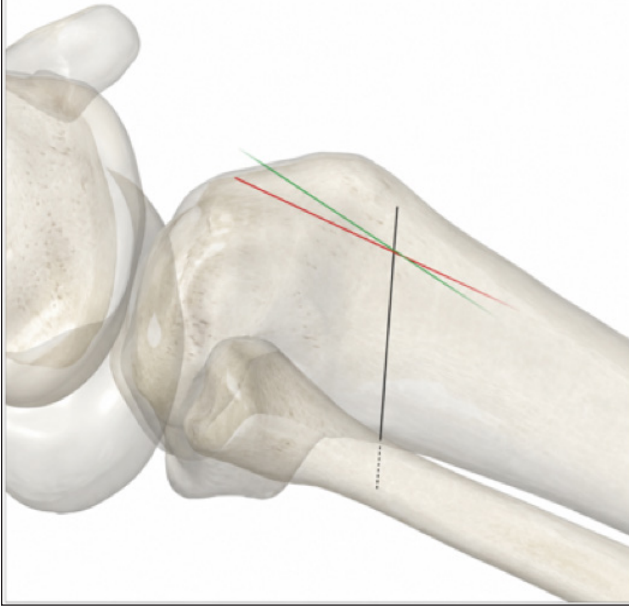
Kombine Medial Açık Kama Yüksek Tibial Osteotomi ve Revizyon Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu

Cerrahi teknik

Medial açık kama yüksek tibial osteotomi ile kombine revizyon ÖÇB cerrahisinde uygulanacak teknik; deformitenin kaynağı, önceki tünellerin yeri, kemik stoku, PTS, eşlik eden menisküs veya kıkırdak patolojileri ve kullanılacak greft seçimine göre bireyselleştirilmelidir. Kombine MAKYTO + ÖÇB cerrahisinde tünel ve plak çakışması önemli teknik sorunlardan biridir. Bu nedenle ameliyat öncesi planlamada tibial tünel açısı, tünel çıkış noktası, plak yerleşimi, vida yönleri, osteotomi seviyesi ve kullanılacak greft tipi önceden belirlenmelidir.^[21] Cerrahinin aşamalarında önce femoral tünelin hazırlanması önerilir. Bunun nedeni osteotomi sonrasında proksimal tibia anatomisinde oluşabilecek değişikliklerin tibial tünel planlamasını etkilemesidir. Önce femoral tünelin hazırlanması, daha sonra osteotomi uygulanması ve tibial tünelin son aşamada açılması teknik olarak avantaj sağlar.^[22]

Hasta radyolusent masada sırtüstü pozisyonda yatırılır. Cerrahi öncesi bağ muayenesi anestezi altında tekrar değerlendirilir. Masanın distal kısmı artroskopi sırasında ve femoral tünel açılırken dizin hiperfleksiyona gelmesine izin verilecek şekilde katlanmalıdır. Osteotomi yapılırken floroskopi cihazının rahat girmesi için bacak boşta kalır ve ayak, el masasına yerleştirilir. Proksimal uyluk laterali-ne destek yerleştirilir ve turnike uygulanır. Cerrahi, genel veya spinal anestezi altında gerçekleştirilebilir. Ameliyat öncesi osteotomi aralığından kaynaklanabilecek kanamayı önlemek amacıyla hastaya 1 gram traneksamik asit uygulanır.^[23] Medial proksimal tibia üzerinde, eklem hattının yaklaşık 1 santimetre (cm) distalinden, medial

tüberkül ile posteromedial tibial korteks arasında olacak şekilde yaklaşık 7–8 cm vertikal cilt insizyonu yapılır. Eğer greft olarak otolog hamstring tendonları kullanılacaksa aynı insizyon kullanılarak greft alınır. Çoğu olguda bu aşamada artroskopi uygulanır. Eklem içi yapılar sistematik olarak değerlendirilir; greft durumu, menisküs lezyonları, kıkırdak hasarı ve önceki tünellerin konumu gözden geçirilir. Gerekğinde menisküs tamiri, parsiyel menisektomi, kıkırdak debridmanı veya ek işlemler aynı seansta yapılabilir. Ön çapraz bağ güdüğü tamamen temizlenir ve interkondiler çentikte lateral femoral kondilin medial duvarı dikkatli şekilde debride edilir. Ön çapraz bağ femoral tüneli anatomik pozisyonda açılmalıdır. Revizyon cerrahisinde önceki tünellerin konumuna göre *over-the-top* veya *outside-in* teknikleri kullanılabilir. Ekstrakortikal askı sistemi kullanıldığında femoral *offset guide* yardımıyla kılavuz tel yerleştirilir, ardından kanüllü oyucu ile uygun çap ve uzunlukta femoral tünel hazırlanır. Sonrasında femoral tünele *shuttle suture* yerleştirilir ve bu *suture* lateral uyluktan ve anteromedial portaldan dışarı alınır. Bundan sonra osteotomi aşamasına geçilir. Özellikle revizyon ÖÇB cerrahisinde PTS artışı istenmeyen bir durumdur. Hem varus deformitesini (primer veya *double*) hem de artmış slopu aynı anda düzeltebilen modifiye bir MAKYTO tekniği de geliştirilmiştir.^[24] Bu yöntemde önce yüzeysel medial kollateral ligament subperiosteal olarak gevşetilir ve posteromedial korteks ortaya konur. Anterolateral menteşeyi korumak için ek olarak *hinge* teli kullanılabilir. Patellar tendon altındaki infrapatellar bursa içine ve posterior nörovasküler yapıların korunması için posterior tibial korteksin arkasına radyolusen hohmann ekartörleri yerleştirilir. Tibial slopu korumak veya azaltmak için kılavuz olarak anteriordan osteotomi hattının proksimal ve distalinde olacak şekilde schanz vidası yerleştirilir. Ardından radyografik kontrol altında medial eklem hattının 3,5 cm distalinden, genellikle tibial tüberkül distalinden, başlayarak planlanan osteotomi hattı boyunca medialden laterale ve distalden proksimale doğru, fibula başı ucuna yönelen iki adet 2,5 milimetre (mm) kirschner teli yerleştirilir. Floroskopi eşliğinde osteotominin kılavuz telleri yerleştirildikten sonra osilasyonlu testere ve osteotomlarla kontrollü osteotomi tamamlanır. İnce osilasyon testeresi ve osteotomlar kullanılarak medial korteks, anterior korteks ve posteromedial korteks kesilir. Testere bıçağı işlem sırasında irrigasyon ile soğutulmalıdır; böylece kemikte termal hasar önlenir. Tibial slop artışını önlemek için osteotomi hattı plato düzlemine göre ön-arka planda yaklaşık 10° kaudale eğimli, tibial slopa paralel olmalı ve lateral tibial kortekse yaklaşık 1 cm kala sonlandırılmalıdır. Bu mesafe, lateral menteşenin korunması ve osteotomi hattının eklem içine uzanmasını önlemek için lateral eklem hattı ile osteotomi hattı arasındaki mesafeden daha kısa olmalıdır. Lateral menteşenin osteotomi düzleminde



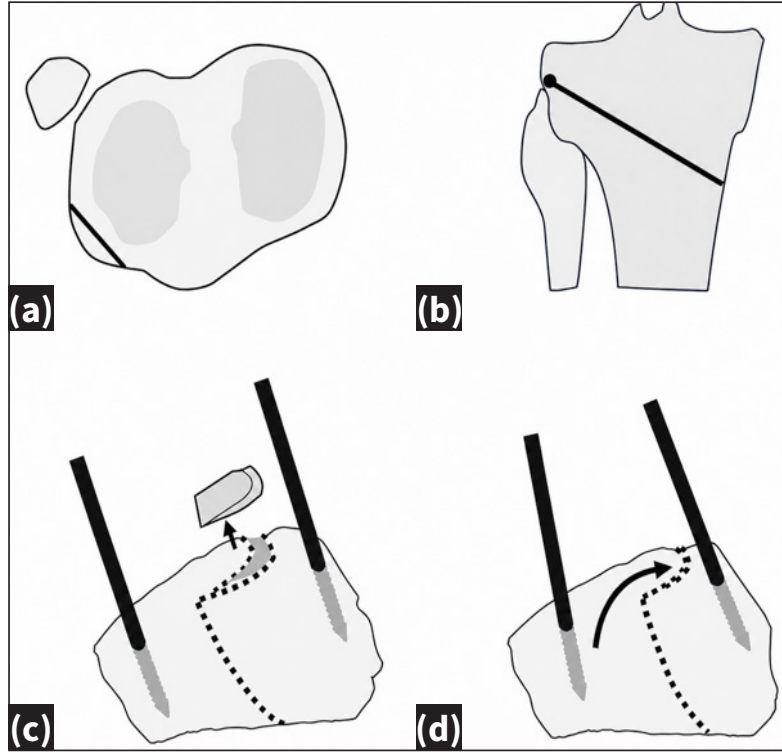
Şekil 2. Tibial slop artışı önlemek için tibial tüberkülün yaklaşık 1,5 cm arkasından iki düzlemli osteotomi. Yeşil çizgi: Tibial tüberkül arkasındaki yükselen osteotomi hattı. Kırmızı çizgi: Kama osteotomi hattı. İki hat arasından yaklaşık 5 mm'lik kemik kama çıkarıldıktan sonra kapatılarak PTS azaltılabilir.

yönelimi önemlidir. Menteşenin anterolaterale kaydırılması PTS'de azalma sağlar. Osteotomi menteşesinin anterolaterale taşınabilmesi için posterior tibia korteksi tamamen kesilmelidir. Bu aşamada popliteal fossadaki nörovasküler yapıların radyolusen hohman ekartörü ile korunduğundan emin olunmalıdır. Bu nedenle osilasyonlu testere ile yalnızca yaklaşık %70 oranında kesi yapılması önerilir. Posterior korteksin tamamlanması daha güvenli şekilde osteotom ile gerçekleştirilir. Daha sonra infrapatellar bursaya doğru hafif diverjan iki yükselen osteotomi yapılarak küçük bir anterior kemik kama çıkarılır. Bunun için daha dar testere bıçağı kullanılması yararlıdır. Bu kama çıkarıldıktan sonra proksimal fragmanın istenirse anterior rotasyonu mümkün hâle gelir (Şekil 2).^[24]

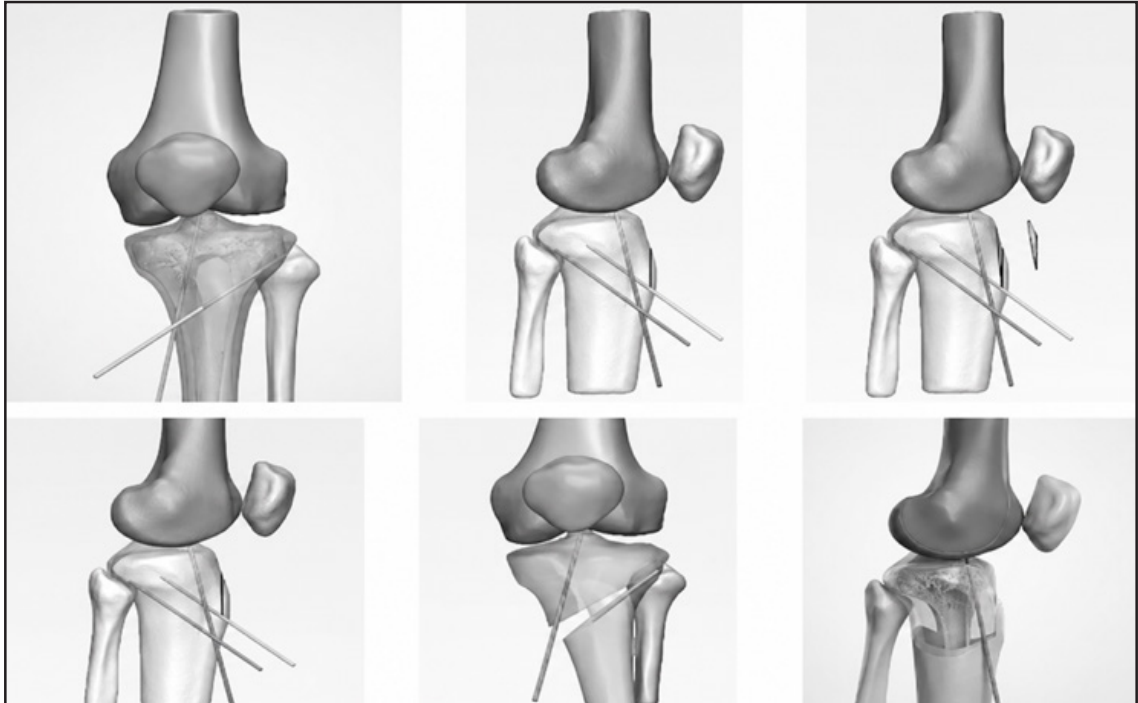
Osteotomi aralığı, posterior üçte birlik kısımdan üst üste kullanılan üç geniş osteotom ile kademeli olarak yavaşça açılır. Açıklık artırılırken lateral korteks korunmalıdır. Yeterli açıklık sağlandığında osteotomlar çıkarılır ve yerine *lamina spreader*, diz tam ekstansiyonda iken posterior korteks bölgesine yerleştirilir. Skopi kontrolünde uzun hizalama çubuğu femur başı merkezinden ayak bileği merkezine uzatılarak mekanik aks değerlendirilir. Bu aşamada yalnız koronal düzeltme değil sagittal düzeltme kontrolü de önemlidir. Tibianın üçgen geometrisi nedeniyle MAKYTO sırasında anterior ve posterior açıklık oranı slop üzerinde doğrudan etkilidir. Bu sırada önceden osteotomiye proksimal ve distal anteriordan schanz vidaları yerleştirilmişse elle birbirine yaklaştırılarak proksimal fragman öne doğru döndürülür. Böylece tibial slop kont-

rol edilebilir. Osteotominin anterior açıklığının fazla olması da PTS artışına yol açabilir. Medial açık kama yüksek tibial osteotomi sırasında PTS'nin korunması için Noyes ve ark. anterior açıklığın posterior açıklığın yarısı kadar olması gerektiğini bildirmiştir.^[25] Osteotominin tespitinde plak kullanıldığında, plak yerleşimi de PTS üzerinde etkilidir. Plagın pozisyonuna göre trigonometrik prensiplerle PTS kolayca artırılabilir veya azaltılabilir. Plak çok anterior yerleştirilirse slop artışı meydana gelir.^[26] Anteromedial plak kullanımı ortalama 5,5° slop artışına yol açabilir. Ayrıca her 10° valgus düzeltmede ortalama 2,7° PTS artışı bildirilmiştir.^[26] Kombine YTO + ÖÇB cerrahilerinde plak, izole YTO'ya kıyasla tibial slopu azaltmak, ÖÇB üzerindeki gerilim kuvvetlerini düşürmek ve anteromedial tibia üzerinde tibial tünel için daha fazla alan bırakmak amacıyla genellikle daha posterior konumlandırılır.^[27] Sagittal ve frontal düzlemde düzeltme sağlandıktan sonra, yeni mekanik aks ve tibial eğim metal bir çubuk ve görüntü yoğunlaştırıcı ile kontrol edilir. Hedef, yeni mekanik aksın tibial eklem hattının %50–55'inden geçecek şekilde düzeltilmesidir. Bu modifiye yöntemde Stäubli tekniğine göre dört temel değişiklik vardır; menteşenin anterolaterale taşınması, menteşe seviyesinin fibula başı üzerine alınması, küçük anterior kemik kama çıkarılması, asıl osteotomi hattının anteriora doğru eğimlendirilmesi ve slop düzeltilmesini kolaylaştırmak için schanz vidalarının kullanılmasıdır (Şekil 3 ve 4).^[24,28]

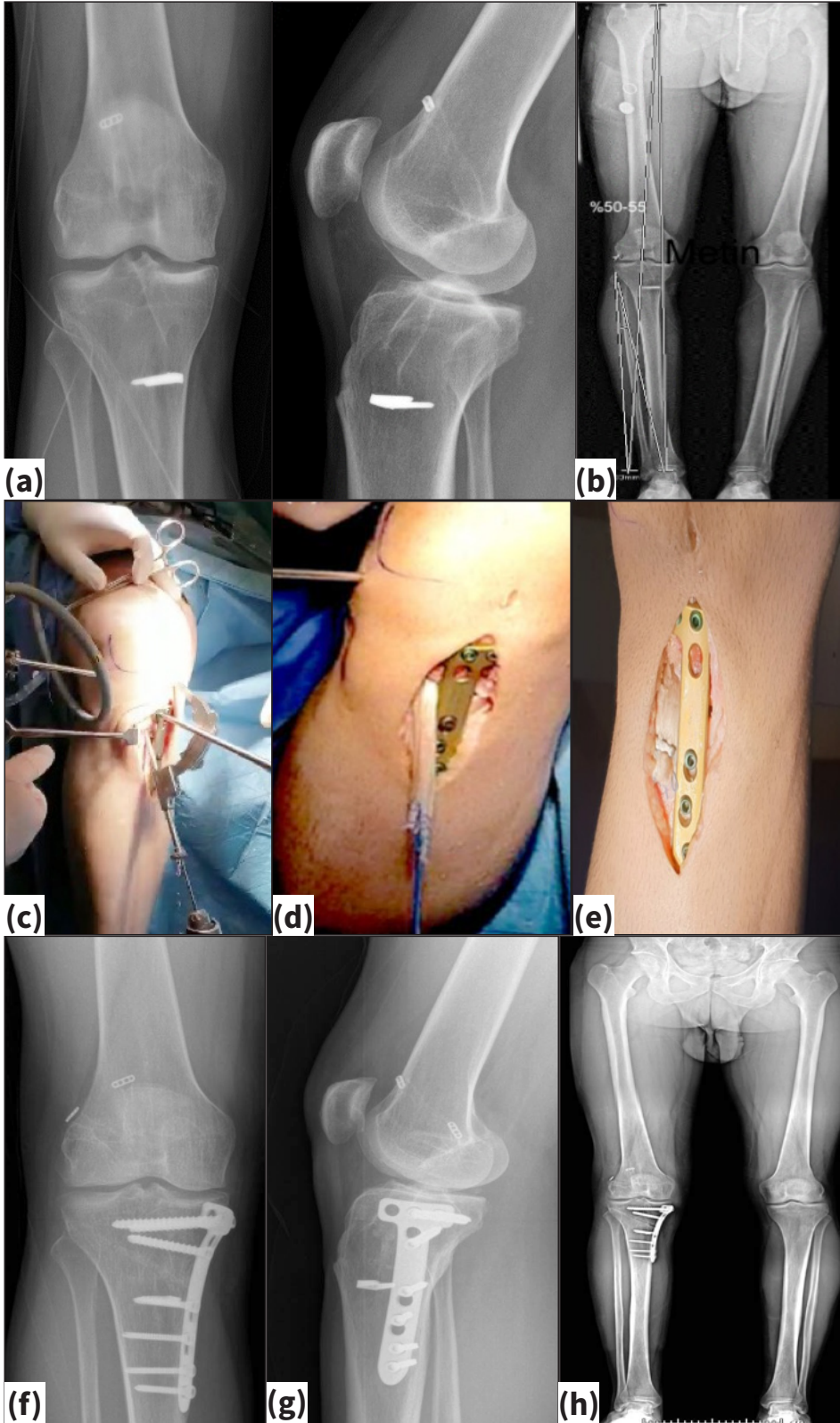
Günümüzde açılı stabilite sağlayan anatomik plaklar yaygın olarak kullanılmaktadır. Hedef düzeltme sağlandığında uygun yükseklikteki kilitli plak osteotomi alanına yerleştirilir. Önce üstteki vidalar yerleştirilir. Bu vidalar tibia platosunun yaklaşık 10 mm altında olmalı ve tibia platosunun medial iki-üçte birlik kısmına uzanmalıdır. Ancak proksimal anterior spongioz vida tibial tünel açılana kadar yerleştirilmez. Bu vida tibial tünel açıldıktan sonra çakışma yoksa yerleştirilir. Distal vidalar en proksimal vida bikortikal, diğer distal vidalar monokortikal yerleştirilir. Tibial tünelin eklem dışı girişi noktası, plagın hemen anteriorunda ve proksimal tibial fragman üzerinde olmalıdır. Kılavuz tel üzerinden uygun çapta kanüllü oyuncu ile tibial tünel hazırlanır. Tünel ile proksimal anterior vida arasında çakışmayı önlemek için aynı çapta metal tünel dilatörü tünele yerleştirilir ve içeride bırakılır.^[29] Anteriordaki son vida yerleştirilir, dilatör çıkarılır ve daha önce femoral tünele bırakılan *shuttle suture* tibial tünelinden dışarı alınır. Graft, *shuttle suture* yardımıyla eklem içine ve femoral tünele taşınır. Uygun gerginlik sağlandıktan sonra tibial fiksasyon diz 20° fleksiyonda iken, tibial tünelinden 1–2 mm daha büyük interferans vidası ile yapılır. Son olarak greft uçlarındaki güçlendirme *sutureleri* plağa bağlanarak ek fiksasyon sağlanır. Rijit açılabilir stabilite sağlayan kilitli vida sistemli plak kullanıldığında 10–12 mm'ye kadar açıklıklar da greft kullanımı zorunlu değildir (Şekil 5).^[30]



Şekil 3.a-d. Hinge'in anterolateral yönde kaydırılması (a), hinge'in fibula başı üzerinde konumlandırılması (b), küçük bir anterior kemik kamasının çıkarılması (c) ve eğim düzeltmesini kolaylaştırmak amacıyla schanz vidalarının kullanılması (d).



Şekil 4. Önce femoral tünel açılır, ardından tibial tünel yeri için anteromedialden bir kirschner teli yerleştirilir. Skopi kontrolünde osteotomi hattını belirleyen iki kirschner teli yerleştirilir. Biplanar osteotomi, tibial tüberkülün 1,5 cm arkasından osilasyon testeresi ile iki kez gerçekleştirilir. Anterior kemik kama çıkarılır ve kama hattı kapatılır. Plak ve vidalar ile osteotomi tespiti yapılır. Tibial tünel açılır, greft geçirilir ve işlem tamamlanır. Deng ve ark.'nın çalışmasından uyarlanmıştır.^[40]



Şekil 5.a-h. Kombine YTO ve revizyon ÖÇBR yapılan hastanın ameliyat öncesi grafileri (a-b), intraoperatif görüntüler (c-e) ve ameliyat sonrası grafileri (f-h).

Ameliyat Sonrası Protokol

Ameliyat sonrası yaklaşım, büyük ölçüde kullanılan tespit yöntemine ve eşlik eden cerrahilere (menisküs veya kıkırdak işlemleri gibi) bağlıdır. Hareket açıklığı egzersizlerine ameliyat sonrası ilk günden başlanabilir. İkinci haftada parsiyel yük vermeye ve altıncı haftada tam yük vermeye izin verilir ve standart ÖÇB rehabilitasyon programına devam edilir.

Tek Aşamalı ve İki Aşamalı Yaklaşım

Revizyon ÖÇB cerrahisinde osteotomi ile birlikte uygulanacak yaklaşım tek aşamalı veya iki aşamalı olabilir. Tek aşamalı cerrahi; önceki tünellerin kabul edilebilir pozisyonunda olduğu, ciddi tünel genişlemesinin bulunmadığı, aktif enfeksiyonun olmadığı, hareket açıklığının yeterli olduğu ve yeni tünellerin güvenle açılabilirdiği hastalarda tercih edilir.^[29] İyi konumlandırılmış ve çapı 12–14 mm'den küçük olan bir tünel, tek aşamalı revizyon ile kullanılabilir. Eğer önceki fiksasyon materyali veya greft donanımı anatomik tünel yerleşimini engelliyorsa çıkarılmalıdır. Tek aşamalı yaklaşımın en önemli avantajları tek anestezi ile tedavinin tamamlanması, toplam rehabilitasyon süresinin kısalması ve hastanın spora veya günlük yaşama daha erken dönmesidir.

İki aşamalı ÖÇB revizyon prosedürü endikasyonları; yeni revizyon için planlanan tünelin yerleşimini engelleyecek şekilde malpozisyonunda kemik tünellerin bulunması veya tünel çaplarının çok büyük (14 mm ve üzeri) olması nedeniyle yeni rekonstrüksiyon greftinin güvenli şekilde yerleştiremeyeceği tünel osteolizi varlığıdır. Çevre kemik ile greft dokusu arasında sınırlı temas varsa greft biyolojik entegrasyonu riske girebilir.^[31] İlk aşamada eski tünellerin küretajı, kemik greftleme, implant çıkarılması veya osteotomi ile biyomekanik ortamın düzeltilmesi yapılabilir. Genellikle dört ile altı ay geçip kemik iyileşmesi sağlandıktan sonra ikinci aşamada revizyon bağ rekonstrüksiyonu uygulanır. İki aşamalı yaklaşım cerrahi süreci uzatmasına rağmen daha güvenli tünel yerleşimi, daha iyi greft entegrasyonu ve zor revizyon olgularında daha öngörülebilir sonuçlar sağlayabilir.

Klinik Sonuçlar

Revizyon ÖÇB cerrahisinde osteotomi uygulanan hasta serileri sınırlı olmakla birlikte, mevcut literatür uygun endikasyon konulan hastalarda ağrı skorlarında azalma, subjektif stabilitede artış, fonksiyonel sonuçlarda iyileşme ve aktivite düzeyinde yükselme olduğunu göstermektedir.^[32] Koronal ve sagittal düzlem biyomekanik düzeltilmesi ile birlikte greft üzerine binen yüklerin azalması, kombine cerrahinin temel avantajlarından biridir.

Ifarraguerri ve ark., kronik instabilite ve varus dizilimi bulunan hastaların beş yıllık izlemlerinde kombine YTO ve ÖÇBR sonrası ağrı, şişlik, boşalma hissi ve hasta memnuniyetinde belirgin düzelme bildirmiştir.^[31] Benzer şekilde Zaffagnini ve ark., kapalı kama osteotomisi ile kombine ÖÇBR sonrası orta dönem takipte klinik skorların anlamlı düzeyde arttığını bildirmiştir.^[33] Medial açık kama yüksek tibial osteotomi ile kombine ÖÇBR uygulanan 30 hastanın en az iki yıllık takip sonuçlarını değerlendiren bir çalışmada, artmış PTS değerine sahip revizyon hastalarında slop azaltıcı osteotomi ile PTS değerinde 5°'den fazla azalma sağlanan hastalarda daha iyi fonksiyonel sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Bu bulgular, sagittal düzlemde yapılan düzeltmenin greft üzerindeki anterior translasyon kuvvetlerini azalttığını bu yüzden klinik sonuçlar açısından koronal düzeltme kadar önemli olduğunu göstermektedir.^[34]

Kombine YTO ve ÖÇBR cerrahisi, çoğunlukla genç ve aktif hastalarda uygulandığından; spora dönüş yapabilme ve yaralanma öncesi aktivite düzeyine ulaşabilmeleri önemli sonuç ölçütleridir. Trojani ve ark., 29 hastalık serilerinde hastaların %80'inin spor aktivitelerine geri döndüğünü, bunların %50'sinin rekabetçi spora yeniden katıldığını bildirmiştir.^[35] Itthipanichpong ve ark. ise hastaların çoğunda spor aktivite düzeyinin ameliyat öncesi-ne göre arttığını ancak tüm hastalarda bu düzeyin yaralanma öncesi seviyenin altında kaldığını rapor etmiştir.^[36] Schneider ve ark. ÖÇBR ile birlikte medial açık kama YTO uygulamış 35 hastanın 10 yıllık takibinde hastaların yaklaşık %80'inin spora döndüğünü, rekürrens oranının düşük olduğunu ve osteoartrit progresyonunun hızlı olmadığını bildirmiştir.^[37] Bu sonuçlar fonksiyonel iyileşmenin genellikle iyi olduğunu söylese de özellikle yüksek düzey sportif performansla dönüşün daha sınırlı olabileceğini göstermektedir.

Komplikasyon oranları seriler arasında değişken olmakla birlikte kaynama gecikmesi, kaynamama, nörovasküler yaralanma, enfeksiyon, sertlik, implant irritasyonu, aşırı veya yetersiz düzeltme ve tromboembolik olaylar bildirilen başlıca sorunlardır.^[13]

Sonuç

Revizyon ÖÇB cerrahisinde koronal ve sagittal düzlem dizilim bozukluklarının değerlendirilmesi başarılı sonuçun anahtar bileşenlerindendir. Varus veya valgus dizilim bozukluğunun varlığında yalnızca bağ rekonstrüksiyonuna odaklanmak başarısızlığa neden olabilir. Bu nedenle, revizyon cerrahisi planlanan her hastada alt ekstremit biyomekanik düzeltilmesi kapsamlı biçimde değerlendirilmesi gereklidir. Kombine YTO ile ÖÇBR veya revizyonu; dikkatli hasta seçimi, ayrıntılı deformite analizi ve titiz cerrahi

teknikle uygulandığında mekanik aksın düzeltilmesine ek olarak greft üzerindeki yükleri azaltır, diz stabilitesini artırır ve fonksiyonel sonuçları iyileştirir.

KAYNAKLAR

- Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2016;44:1861-76. [Crossref](#)
- Ahmad Hassanein MM, Mohamed Nassar WA, Abdelrahman AA, Khater AH, Mahmoud Khalil Gendya AG. Short term outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction with and without high tibial osteotomy in knees with mild degree varus malalignment. Comparative study. *Knee* 2026;61:104424. [Crossref](#)
- Rossi R, Bonasia DE, Amendola A. The role of high tibial osteotomy in the varus knee. *J Am Acad Orthop Surg* 2011;19(10):590-9. [Crossref](#)
- Liu Z, Jiang J, Yi Q, Teng Y, Liu X, He J, et al. An increased posterior tibial slope is associated with a higher risk of graft failure following ACL reconstruction: A systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022;30(7):2377-87. [Crossref](#)
- Chan WL, Wan KH, Ng EP, Lai CY, Lee RH, Wong KK, et al. Increased posterior tibial slope leads to increased risk of graft rupture in anterior cruciate reconstruction: A retrospective matched case-control study. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol* 2025;42:81-5. [Crossref](#)
- Bonasia DE, Dettoni F, Sisto G, Blonna D, Marmotti A, Bruzzone M, et al. Medial opening wedge high tibial osteotomy for medial compartment overload/arthritis in the varus knee: Prognostic factors. *Am J Sports Med* 2014;42(3):690-8. [Crossref](#)
- Nguyen LT, Truong SV, Nguyen UTP. Value of Clinical Tests in Diagnosing Anterior Cruciate Ligament Tears: What Is New? *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*. 2025;60(5):s00451813005. [Crossref](#)
- Noyes FR, Barber-Westin SD, Ch. 31 - Primary, Double, and Triple Varus Knee Syndromes: Diagnosis, Osteotomy Techniques, and Clinical Outcomes, Editor: Frank R. Noyes, In book: *Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes*, W.B. Saunders, 2010;821-95. [Crossref](#)
- Strecker W. Planning Analysis of Knee-Adjacent Deformities: I. Frontal Plane Deformities. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2007;33(6):662-8. [Crossref](#)
- Capece G, Sagliocco RJ, Bocchino G, De Fazio A, Di Gialleonardo E, Motassime AE, et al. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Failure: Etiology, Classification, and Revision Strategies-A Narrative Review. *J Funct Morphol Kinesiol* 2026;11(1):77. [Crossref](#)
- Feucht MJ, Winkler PW, Mehl J, Bode G, Forkel P, Imhoff AB, et al. Isolated high tibial osteotomy is appropriate in less than two-thirds of varus knees if excessive overcorrection of the medial proximal tibial angle should be avoided. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2021;29(10):3299-309. [Crossref](#)
- Yu J, Cao G, Wang X, Wang S, Wang P, Shi X, et al. Clinical effect of double level osteotomy combined with arthroscopy in the treatment of severe varus deformity of knee joint. *J Orthop* 2025;73:296-302. [Crossref](#)
- Lin CC, Kaplan D, Golant A, Strauss E, Alaia M, Jazrawi L. Complications of osteotomies around the knee. *Bull Hosp Jt Dis* (2013). 2026. [Crossref](#)
- Rocca MS, Grandberg C, Lucidi GA, Thiel B, Runer A, Zaffagnini S, et al. Lateral Closing Wedge High Tibial Osteotomy-Technique and Outcomes. *Clin Sports Med* 2026;45(1):113-25. [Crossref](#)
- Badhe NP, Forster IW. High tibial osteotomy in knee instability: The rationale of treatment and early results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002;10(1):38-43. [Crossref](#)
- Miniaci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP. Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. *Clin Orthop Relat Res* 1989;246:250-9. [Crossref](#)
- Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *Orthop Clin North Am* 1979;10(3):585-608. [Crossref](#)
- Micicoi G, Khakha R, Kley K, Wilson A, Cerciello S, Ollivier M. Managing intra-articular deformity in high Tibial osteotomy: A narrative review. *J Exp Orthop* 2020;7(1):65. [Crossref](#)
- Rosso F, Margheritini F. Distal femoral osteotomy. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2014;7(4):302-11. [Crossref](#)
- Feucht MJ, Mehl J, Forkel P, Imhoff AB, Hinterwimmer S. Distale Femurosteotomie in lateraler Open-wedge-Technik [Distal femoral osteotomy using a lateral opening wedge technique]. *Oper Orthop Traumatol* 2017;29(4):320-9. [Crossref](#)
- Lezak BA, Mercer NP, Lin CC, Rynecki ND, Strauss EJ. Tips and Tricks for Combined Tibial-Based Procedures. *Clin Sports Med* 2026;45(1):169-88. [Crossref](#)
- Shah DA, Vishwakarma N, Gunay S. One-stage Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Medial Open Wedge High Tibial Osteotomy - A Surgical Technique. *J Orthop Case Rep* 2025;15(10):242-8. [Crossref](#)
- Bierke S, Häner M, Bentzin M, Park HU, Petersen W. The use of tranexamic acid reduces blood loss in osteotomy at knee level: A systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022;30:4104-14. [Crossref](#)
- Petersen W, Ge Y, Klaumünzer A, Häner M. Medial Open-Wedge High Tibial Osteotomy for Double Varus Deformity and an Increased Tibial Slope. *Arthrosc Tech* 2025;14(12):103969. [Crossref](#)
- Noyes FR, Goebel SX, West J. Opening wedge tibial osteotomy: The 3-triangle method to correct axial alignment and tibial slope. *Am J Sports Med* 2005;33(3):378-87. [Crossref](#)
- Rodner CM, Adams DJ, Diaz-Doran V, Tate JP, Santangelo SA, Mazzocca AD, et al. Medial opening wedge tibial osteotomy and the sagittal plane: The effect of increasing tibial slope on tibiofemoral contact pressure. *Am J Sports Med* 2006;34(9):1431-41. [Crossref](#)
- Ozalay M, Ozkoc G, Circi E, Akpınar S, Hersekli MA, Uysal M, et al. The correlation of correction magnitude and tibial slope changes following open wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008;16(10):948-51. [Crossref](#)

28. Staubli AE, Jacob HA. Evolution of open-wedge high-tibial osteotomy: Experience with a special angular stable device for internal fixation without interposition material. *Int Orthop* 2010;34(2):167-72. [Crossref](#)
29. Giannakis P, Zhuang ST, Rosenstadt JL, Marx RG. One-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction: Preoperative evaluation, planning and surgical techniques. A review of current concepts. *J Exp Orthop* 2025;12(1):e70111. [Crossref](#)
30. Wackerle AM, Marcaccio S, Apseloff N, Getgood A, Musahl V, Tapasvi S. Posterior Tibial Slope Consensus Group. Assessment and surgical correction of posterior tibial slope in revision anterior cruciate ligament surgery: An international expert Delphi consensus statement. *J ISAKOS* 2025;13:100900. [Crossref](#)
31. Ifarraguerri AM, Graham GD, White AB, Berk AN, Gachigi KK, Siparsky PN, et al. Two-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction reduces failure risk but leads to lesser clinical outcomes than single-stage revision after primary anterior cruciate ligament graft failure: A retrospective cohort study. *Knee Surg Relat Res* 2025;37(1):5. [Crossref](#)
32. Deng FY, Liu JC, Li Z. Osteotomy combined with anterior cruciate ligament reconstruction for anterior cruciate ligament injury and biplanar deformity. *World J Clin Cases*. 2024;12(22):4897-904. [Crossref](#)
33. Zaffagnini S, Bonanzinga T, Grassi A, Marcheggiani Muccioli GM, Musiani C, Raggi F, et al. Combined ACL reconstruction and closing-wedge HTO for varus angulated ACL-deficient knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(4):934-41. [Crossref](#)
34. Arun GR, Kumaraswamy V, Rajan D, Vinodh K, Singh AK, Kumar P, et al. Long-term follow up of single-stage anterior cruciate ligament reconstruction and high tibial osteotomy and its relation with posterior tibial slope. *Arch Orthop Trauma Surg* 2016;136(4):505-11. [Crossref](#)
35. Trojani C, Elhor H, Carles M, Boileau P. Anterior cruciate ligament reconstruction combined with valgus high tibial osteotomy allows return to sports. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014;100(2):209-12. [Crossref](#)
36. Itthipanichpong T, Uppstrom TJ, V Menta S, Ranawat AS. Systematic Review of Clinical Outcomes After Proximal Tibia Anterior Closing-Wedge Osteotomy With ACL Reconstruction. *Orthop J Sports Med* 2023;11(12):23259671231210549. [Crossref](#)
37. Schneider A, Gaillard R, Gunst S, Batailler C, Neyret P, Lustig S, et al. Combined ACL reconstruction and opening wedge high tibial osteotomy at 10-year follow-up: Excellent laxity control but uncertain return to high level sport. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2020;28:960-8. [Crossref](#)