

Ön çapraz bağ revizyon cerrahisinde posterior tibial eğim düzeltici osteotomiler

Posterior tibial slope-correcting osteotomies in revision anterior cruciate ligament reconstruction

Alper Kaya¹, Özer Öztürk^{1,2}

¹Acıbadem Altunizade Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

²Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

Ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu sonrasında gelişen greft yetmezliği; cerrahi teknik, biyolojik iyileşme, rehabilitasyon ve hastaya ait anatomik faktörlerin etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Özellikle artmış posterior tibial eğim (PTE), anterior tibial translasyonu artırarak greft üzerindeki yüklenmeyi artıran ve revizyon cerrahilerinde yeniden başarısızlık riskini yükselten önemli bir anatomik risk faktörüdür. Son yıllarda, yüksek PTE'ye sahip hastalarda sagittal düzlem biyomekaniğini düzeltmek amacıyla uygulanan *slope* düzeltici osteotomiler, revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonunun önemli tamamlayıcı prosedürlerinden biri hâline gelmiştir. Bu derlemede, PTE'nin biyomekanik önemi, *slope* düzeltici osteotomilerin endikasyonları, radyografik değerlendirme yöntemleri ve cerrahi planlama prensipleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Ayrıca; tüberkül altı, tüberkül seviyesi ve tüberkül üzeri osteotomi teknikleri, cerrahi uygulama basamakları, greft seçimi, osteotomi tespiti ve eşlik eden ek prosedürler güncel literatür eşliğinde özetlenmiştir. Ameliyat sonrası rehabilitasyon süreci ile spora dönüş kriterleri de gözden geçirilmiştir. Güncel klinik çalışmalar ve sistematik derlemeler, *slope* düzeltici osteotominin PTE'yi ve anterior tibial translasyonu azaltarak diz stabilitesini artırdığını, hasta tarafından bildirilen fonksiyonel sonuçları iyileştirdiğini ve özellikle artmış PTE'ye sahip revizyon olgularında yeniden greft yetmezliği riskini azaltabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte; optimal hasta seçimi, cerrahi endikasyonlar ve uzun dönem klinik sonuçların daha net ortaya konulabilmesi için yüksek kanıt düzeyine sahip prospektif çalışmalara gereksinim devam etmektedir.

Anahtar sözcükler: ön çapraz bağ; revizyon rekonstrüksiyonu; posterior tibial eğim; *slope* düzeltici osteotomi; greft

Failure following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is a multifactorial problem influenced by surgical technique, biological healing, rehabilitation, and patient-specific anatomical characteristics. Increased posterior tibial slope (PTS) has emerged as one of the most important anatomical risk factors, as it increases anterior tibial translation and graft loading, thereby predisposing patients to recurrent graft failure, particularly after revision ACL reconstruction. In recent years, slope-correcting osteotomies have gained increasing attention as an adjunctive procedure to restore sagittal plane biomechanics in patients with excessive PTS undergoing revision ACL reconstruction. This review reviews the biomechanical significance of PTS, current indications for slope-correcting osteotomy, radiographic assessment methods, and principles of preoperative planning. Surgical techniques, including supratubercle, transtubercle, and infratubercle osteotomies, are described together with graft selection, osteotomy fixation strategies, and associated procedures. Postoperative rehabilitation principles and return-to-sport considerations are also summarized. Current clinical evidence suggests that slope-correcting osteotomy effectively reduces PTS and anterior tibial translation, improves knee stability, enhances patient-reported functional outcomes, and may decrease the risk of recurrent graft failure in appropriately selected patients with excessive PTS undergoing revision ACL reconstruction. Nevertheless, the available evidence is largely derived from retrospective case series with limited sample sizes. Further prospective studies with larger patient cohorts and long-term follow-up are required to better define surgical indications and optimize treatment algorithms.

Key words: anterior cruciate ligament; revision reconstruction; posterior tibial slope; slope-correcting osteotomy; graft

Ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu sonrasında görülen başarısızlıklar, cerrahi tekniğe bağlı faktörlerin yanı sıra rehabilitasyon süreci, biyomekanik özellikler ve hastaya özgü anatomik varyasyonlardan da etkilenmektedir. Cerrahi yöntemlerde kaydedilen önemli gelişmelere rağmen revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonlarının klinik sonuçları primer rekonstrüksiyonlara kıyasla daha düşük başarı oranlarına sahiptir ve yeniden greft rüptürü riski belirgin şekilde yüksektir. Bu durum, özellikle birden fazla revizyon cerrahisi geçiren hastalarda daha da önem kazanmaktadır.^[1,2]

Literatürde revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonları sonrasında yeniden greft rüptürü oranlarının %25'e, objektif klinik başarısızlık oranlarının ise %82'ye kadar ulaşabildiği bildirilmiştir.^[3] Ayrıca hasta tarafından bildirilen fonksiyonel sonuçlar da primer rekonstrüksiyonlara göre daha düşük düzeydedir. Mevcut çalışmaların büyük çoğunluğunun iki yıl veya daha kısa takip sürelerine sahip olması, revizyon cerrahilerinin uzun dönem başarısının güvenilir biçimde değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Başarısızlık riskini azaltmak amacıyla uygulanan kuadriseps ve hamstring kas kuvvetlendirme programları, nöromüsküler eğitim ve proprioseptif rehabilitasyon protokolleri önemli katkılar sağlasa da tek başına istenen düzeyde koruma sağlayamamaktadır.^[4]

Son yıllarda anatomik risk faktörlerinin revizyon cerrahilerindeki önemi giderek daha fazla vurgulanmaktadır. Bu faktörler arasında posterior tibial eğim (PTE), ÖÇB grefti üzerine binen yükü doğrudan etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Özellikle 12°'nin üzerindeki PTE değerlerinin, greft üzerine uygulanan gerilimi artırarak yeniden yırtılma olasılığını yükselttiği ve tekrarlayan ÖÇB rekonstrüksiyonu başarısızlığı açısından bağımsız bir risk faktörü olduğu gösterilmiştir.^[5] Artmış PTE'nin anterior tibial translasyonu artırması sonucunda greft üzerindeki yüklenmenin artması, bu biyomekanik ilişkinin temel mekanizmasını oluşturmaktadır.^[6,7]

Artmış PTE'nin düzeltilmesi amacıyla uygulanan tibial defleksiyon osteotomisi (TDO), revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonunda giderek daha fazla ilgi gören cerrahi seçeneklerden biridir. Bu prosedürün temel amacı, PTE'yi yaklaşık 5° düzeyine indirerek greft üzerine etki eden anterior translasyon kuvvetlerini azaltmak ve diz stabilitesini iyileştirmektir. Özellikle tekrarlayan revizyon olgularında biyomekanik avantaj sağlayabileceği düşünülmekle birlikte, TDO'nun hangi hasta grubunda ve hangi durumlarda (primer rekonstrüksiyonlar, ilk revizyon cerrahileri veya yalnızca çoklu revizyon olguları) uygulanması gerektiği konusunda henüz ortak bir görüş bulunmamaktadır. Ayrıca tekniğin cerrahi olarak kompleks olması ve öğrenme eğrisinin uzun olması, yaygın kullanımını sınırlandıran önemli nedenler arasında yer almaktadır.^[8]

Erken dönem klinik sonuçlar, PTE'nin düzeltilmesinin revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonunun başarısını artırabileceğini göstermektedir. Özellikle TDO ile kombine edilen revizyon cerrahilerinde greft sağkalımının yüksek olduğu, diz stabilitesinin korunduğu ve osteoartrit progresyonunun sınırlı kaldığı bildirilmiştir. Bazı çalışmalarda yedi ile 15 yıllık takiplerde yeniden greft rüptürü görülmeden tatmin edici klinik sonuçlar elde edildiği belirtilmektedir.^[4] Bununla birlikte, mevcut kanıtların sınırlı hasta sayılarıyla elde edilmiş olması nedeniyle bu sonuçların daha geniş ve uzun süreli klinik çalışmalarla desteklenmesine ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak, revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonunda başarılı sonuçlar elde edebilmek için yalnızca cerrahi tekniğin değil, hastaya ait anatomik risk faktörlerinin de ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle artmış PTE'ye sahip hastalarda *slope* düzeltici osteotomiler, greft üzerindeki biyomekanik yükü azaltarak yeniden başarısızlık riskini düşürme potansiyeline sahiptir. Ancak bu yaklaşımın, hasta seçimi, optimal endikasyonları ve uzun dönem klinik etkinliği konusunda daha yüksek kanıt düzeyine sahip çalışmalara gereksinimi bulunmaktadır.

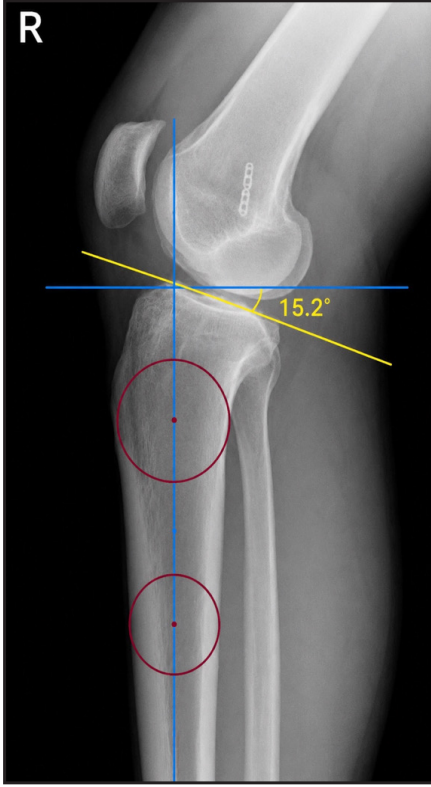
Radyolojik Değerlendirme

Posterior tibial eğimin doğru şekilde belirlenebilmesi için standart radyografik değerlendirme büyük önem taşır. Değerlendirme, yük vererek çekilmiş ön-arka grafiler ile femoral kondillerin tam süperpoze olduğu yaklaşık 30° diz fleksiyonunda elde edilen gerçek lateral grafiler üzerinden gerçekleştirilmelidir. Posterior tibial eğim, Dejour ve Bonnin tarafından tanımlanan yöntemle göre, tibial anatomik aksa dik çizgi ile medial tibial platonun anterior ve posterior en üst noktalarına teğet geçen çizgi arasındaki açı ölçülerek hesaplanır.^[9,10]

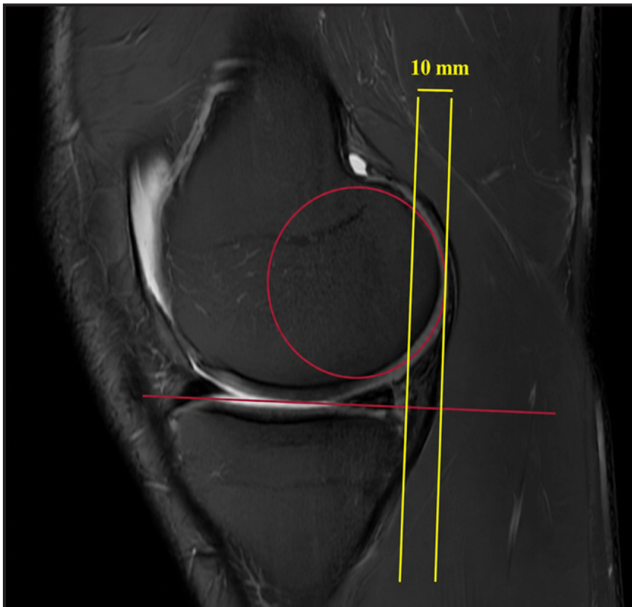
Tibial anatomik aksın belirlenmesi amacıyla tibia diafiz ve metafizinde anterior ve posterior kortekslere temas edecek şekilde iki çember çizilir. Bu çemberlerin merkezlerini birleştiren doğru tibianın anatomik eksenini oluşturur. Daha sonra bu eksene dik çizgi ile tibial plato eksenindeki açı hesaplanarak PTE değeri elde edilir (Şekil 1).^[11]

Sagittal anterior tibial translasyon ise femoral kondillerin posterior kenarı ile posterior tibial plato arasındaki mesafe olarak tanımlanır. Bu ölçüm sırasında posterior tibial korteks referans alınır ve femur ile tibia arasındaki sagittal düzlem ilişkisi değerlendirilir (Şekil 2).^[12,13]

Cerrahi planlama aşamasında hedeflenen PTE'ye ulaşabilmek için çıkarılması gereken kemik miktarı, ölçüklendirilmiş lateral diz grafileri üzerinde önceden hesaplanabilir.^[11] Tibial tüberkül proksimalinden gerçekleştirilecek kapalı kama osteotomilerinde, osteotominin proksimal hattı eklem hattının yaklaşık 1 santimetre (cm)



Şekil 1. Posterior tibial eğim açısının hesaplanma yöntemi [tibia diafiz ve metafizinde anterior ve posterior kortekslere temas edecek şekilde iki çember (kırmızı çember) merkezinin birleştirilmesiyle elde edilen tibia anatomik eksenine dik çizilen çizgi (mavi çizgi) ile tibia plato eklem yüzey çizgisi (sarı çizgi) arasındaki açı].



Şekil 2. Statik anterior tibial translasyonun ölçüm yöntemini gösteren sagittal manyetik rezonans kesiti.

distalinden başlayacak şekilde eklem yüzeyine paralel olarak posterior kortekse kadar uzatılır. Daha sonra posterior korteksten anterior kortekse doğru ikinci osteotomi hattı çizilir. Bu iki osteotomi hattı arasındaki açı, mevcut PTE ile ulaşılması planlanan hedef eğim arasındaki farkı yansıtmalıdır. Anterior kortekste ölçülen kama genişliği ise rezeke edilecek kemik miktarını belirler.

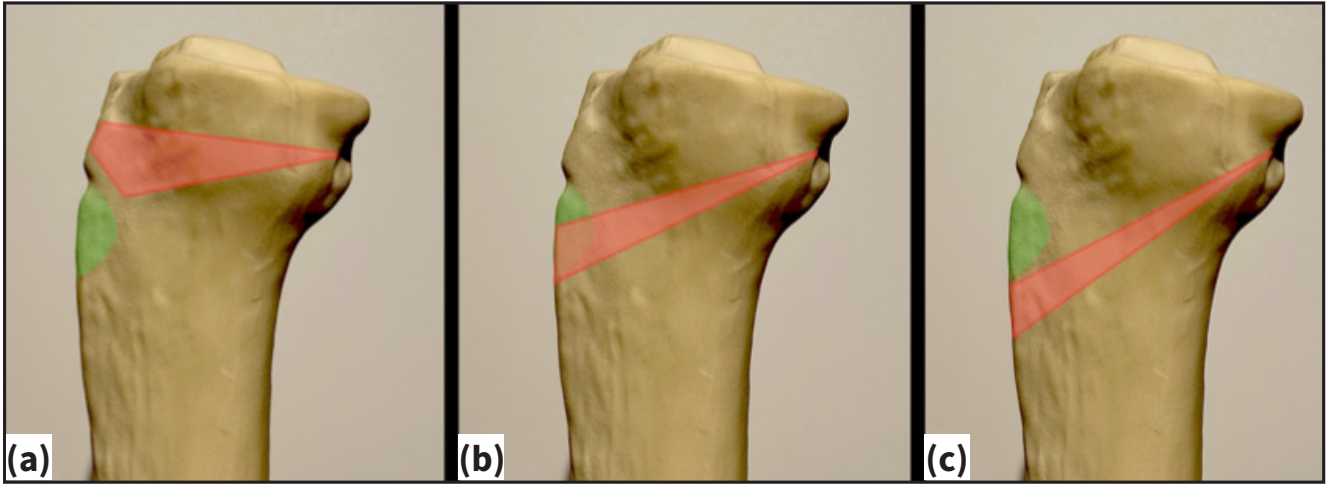
Tibial tüberosite seviyesinden uygulanacak osteotomilerde ise planlama farklılık gösterir. Bu teknikte üst osteotomi hattı tibial tüberositiden posterior kortekse uzanırken, posterior korteksteki sonlanma noktası yine eklem hattının yaklaşık 1 cm distalinde yer almalıdır. Alt osteotomi hattı ise bu noktadan başlayarak anterior kortekste daha distal seviyede sonlandırılır ve planlanan kama rezeksiyonu oluşturulur.

Tibial defleksiyon osteotomisi planlanırken anterior tibial metafizin yüksekliğinin değerlendirilmesi ayrı bir önem taşır. Özellikle tibial tüberkül proksimalinden uygulanacak osteotomilerde, patellar tendon insersiyonunun korunabilmesi için yeterli miktarda metafizyal kemiğin mevcut olması gerekmektedir. Bu nedenle ileri derecede PTE'ye sahip hastalarda anterior tibial metafizyal yüksekliğin ölçülmesi, osteotominin tibial tüberosite osteotomisi gerektirmeden güvenli şekilde uygulanıp uygulanamayacağını belirlemede önemli bir basamaktır.

Ameliyat öncesi görüntüleme yalnızca radyografilerle sınırlı kalmamalıdır. Bilgisayarlı tomografi, önceki cerrahilerde oluşturulan femoral ve tibial tünellerin yerleşimini, genişliğini ve kemik stokunu ayrıntılı olarak değerlendirmek açısından önemli bilgiler sağlar. Manyetik rezonans görüntüleme ise menisküsler, eklem kıkırdığı ve eşlik eden yumuşak doku patolojilerinin değerlendirilmesine olanak tanıyarak, gerekli ek cerrahi girişimlerin planlanmasına katkıda bulunur. Bu kapsamlı ameliyat öncesi değerlendirme sayesinde cerrahi strateji hastanın anatomik özelliklerine göre kişiselleştirilebilir ve tedavi başarusı artırılabilir.

Cerrahi Öncesi Planlama

Tibial defleksiyon osteotomisi, özellikle PTE'nin 12° veya üzerinde olduğu ve statik anterior tibial translasyonun 5 milimetre (mm)'den fazla ölçüldüğü hastalarda değerlendirilen bir cerrahi seçenektir.^[14] Cerrahi planlama sürecinde amaç, PTE'yi fizyolojik sınırlara indirerek anterior tibial translasyonu azaltmak, greft üzerine etki eden yükleri düşürmek ve diz biyomekaniğini yeniden optimize etmektir. Osteotomi tekniğinin seçimi; tibial tüberositenin konumu, anterior metafizyal kemik stoku ve patellar tendon insersiyonunun korunma gerekliliği gibi anatomik özellikler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.



Şekil 3.a-c. Tibial defleksiyon osteotomisi çeşitleri; tibial tüberkül üzeri (a), tibia tüberkül seviyesi (b), tibial tüberkül altı osteotomi (c) (yeşil alan tibial tüberkülü, kırmızı alan osteotomi hattını göstermektedir).

Osteotominin tibial tüberositeye göre konumuna bağlı olarak üç temel TDO tekniği tanımlanmıştır (Şekil 3). Tüberkül altı, tüberkül seviyesi ve tüberkül üzeri osteotomiler. Her yöntemin kendine özgü biyomekanik avantajları, teknik özellikleri ve komplikasyon profili bulunmaktadır.

Tüberkül altı TDO: Osteotomi hattı tibial tüberositenin distalinden geçirilir ve patellar tendonun tibial insersiyonu korunur. Bununla birlikte, osteotomi hattının ekstansör mekanizmanın oluşturduğu çekme kuvvetlerine maruz kalması nedeniyle kaynamama veya gecikmiş kaynama riski diğer tekniklere göre daha yüksek olabilir.

Tüberkül seviyesi TDO: Osteotomi tibial tüberosite seviyesinden gerçekleştirilir ve işlem sırasında tibial tüberositenin ayrılması gerekir. Bu yaklaşım cerrahi ekspozuru kolaylaştırabilmekle birlikte, ekstansör mekanizmanın geçici olarak bozulmasına ve iyileşme sürecinde diz ekstansiyon fonksiyonunun etkilenmesine neden olabilir.

Tüberkül üzeri TDO: Osteotomi hattı tibial tüberositenin proksimalinden oluşturulur ve patellar tendonun distal insersiyonu korunur. Ancak bu tekniğin uygulanabilmesi için yeterli anterior metafizyal kemik yüksekliğinin bulunması zorunludur. Ayrıca osteotomi sonrasında ekstansör mekanizmada meydana gelen göreceli kısalma nedeniyle kuadriseps mekanizmasının biyomekanik etkilenilebilir ve ekstansiyon kuvvetinde azalma görülebilir.

Uygulanacak teknikten bağımsız olarak, TDO'nun temel hedefi PTE'yi yaklaşık 5° düzeyine indirerek dizin sagittal düzlem biyomekanikini düzeltmek ve revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonunun uzun dönem başarısını artırmaktır.

Cerrahi Teknik

Cerrahi işlem, hasta sırtüstü pozisyonda yatırılarak, diz yaklaşık 80° fleksiyonda ve pnömatik turnike eşliğinde

genel veya rejyonel anestezi altında gerçekleştirilir. Cerrahi yaklaşım olarak, tibial tüberositenin medial kenarı boyunca eklem hattının yaklaşık 4 cm distalinden başlayan longitudinal anterior insizyon tercih edilir. Bu insizyon hem *slope* düzeltici osteotominin uygulanmasına hem de seçilecek greftin hazırlanmasına olanak sağlar. Greft seçimi, önceki rekonstrüksiyonda kullanılan greft tipine göre planlanmalıdır. Primer cerrahide hamstring otogrefti kullanılmışsa revizyon rekonstrüksiyonunda kemik-patellar tendon-kemik otogrefti ön planda düşünülmelidir. Daha önce her iki greftin de kullanıldığı olgularda ise kuadriseps tendon otogrefti veya karşı ekstremiteden alınacak hamstring tendon grefti uygun alternatifler arasında yer almaktadır.^[15]

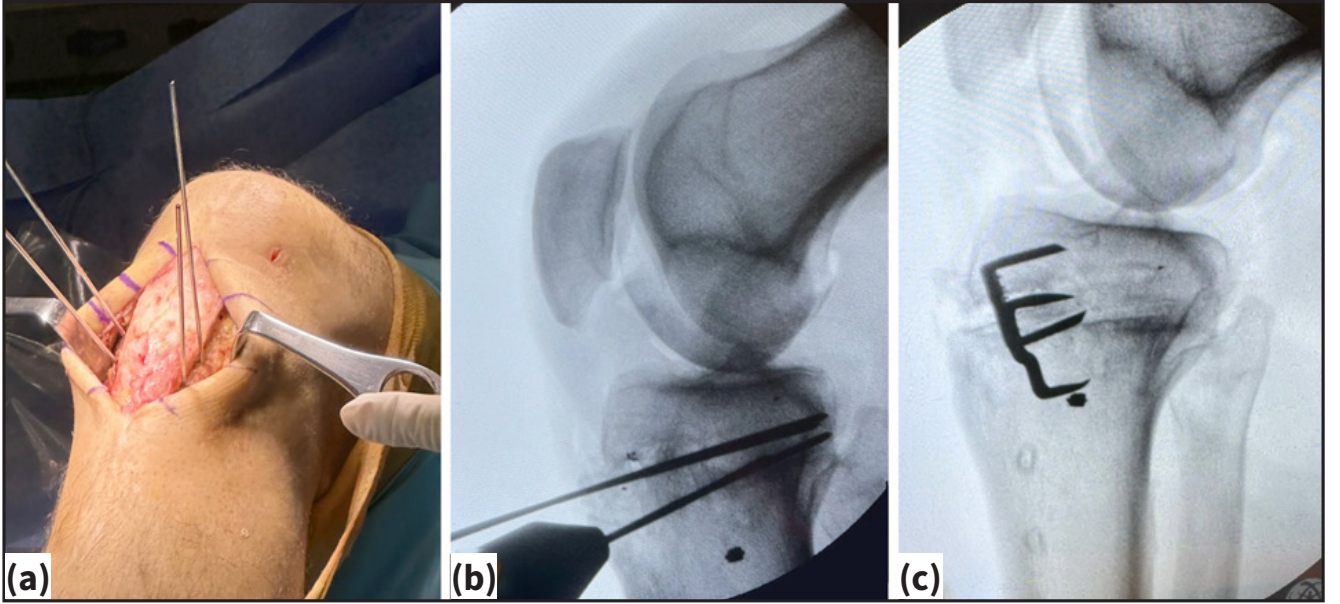
Osteotomiye başlamadan önce artroskopik değerlendirme yapılması önerilir. Bu aşamada önceki femoral ve tibial tünellerin yerleşimi ile genişlikleri değerlendirilir, eşlik eden menisküs ve kondral patolojiler tespit edilerek gerekli tedavileri uygulanır. Revizyon rekonstrüksiyonu için yeni femoral ve tibial tüneller hazırlanabilir ancak osteotomi tamamlanıncaya kadar greft yerleştirilmez. Alternatif olarak bazı cerrahlar, tünellerin osteotomi sonrasında açılmasını tercih etmektedir.

Osteotomi aşamasında aynı cilt insizyonu kullanılarak patellar tendonun tibial insersiyosu ortaya konur. Ardından derin medial kollateral bağ ile *gerdy* tüberkülü seviyesindeki *tensor fascia lata* dikkatli şekilde serbestleştirilerek posterior korteks güvenli biçimde ekspozite edilir ve uygun retraktörlerle korunur. Floroskopi eşliğinde, patellar tendon referans alınarak tendonun her iki yanına proksimalde iki adet, tibial tüberosite seviyesinde iki adet distal K-teli yerleştirilir. Bu teller, planlanan rezeksiyon kamasının genişliğini belirlemek amacıyla steril cetvel yardımıyla hizalanır. Proksimal ve distal Kirschner (K-telleri)

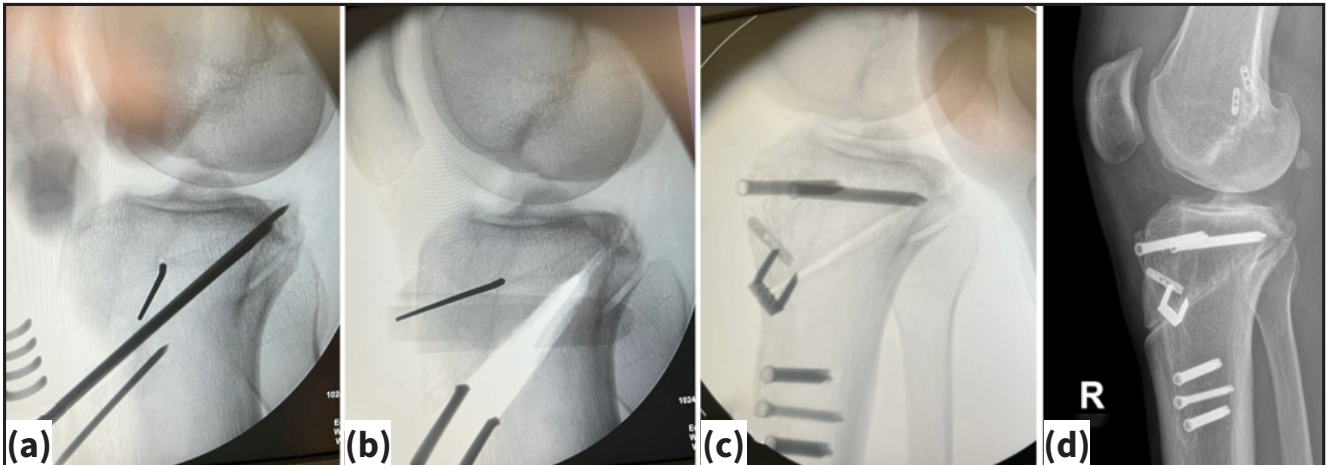
posterior kortekste, eklem hattının yaklaşık 1 cm distalinde birleşecek şekilde konumlandırılmalıdır.

Osteotomi kesileri, K-telleri rehberliğinde osilasyonlu testere ile gerçekleştirilirken posterior kortikal menteşe korunmalıdır. Patellar tendonun hemen posteriorunda kısa bir biplanar osteotomi tamamlandıktan sonra planlanan kemik kaması çıkarılır. Osteotominin kapatılmasını kolaylaştırmak amacıyla posterior kortikal menteşe kontrollü şekilde zayıflatılır, proksimal tibia distale doğru bastırılarak diz tam ekstansiyona getirilir. Geçici stabilizasyon amacıyla ilk *staple*, patellar tendonun yaklaşık 2 cm laterale yerleştirilir ve floroskopi ile PTE yeniden değerlendirilir. Düzeltmenin yeterli olduğu doğrulandıktan sonra ikinci *staple*, patellar tendonun yaklaşık 2 cm medialine uygulanarak osteotomi geçici olarak stabilize edilir (Şekil 4).^[16]

Tibial tüberosite seviyesinden veya distalinden gerçekleştirilen osteotomilerde temel cerrahi prensipler benzer olmakla birlikte osteotomi hattının lokalizasyonu farklılık gösterir. Her iki teknikte de osteotomi kesileri K-telleri rehberliğinde testere ve osteotom yardımıyla tamamlanır ve planlanan kemik kaması çıkarıldıktan sonra osteotomi kapatılır. Fiksasyon *staple* ile yapılabilir de özellikle patellar tendonun oluşturduğu çekme kuvvetlerine karşı daha yüksek stabilize sağlamak amacıyla plak-vida tespiti tercih edilmesi önerilmektedir (Şekil 5).



Şekil 4.a-c. Tibial tüberkül üzeri osteotomi uygulanacak hastasının patellar tendonunun ortaya konması ve kılavuz tellerinin yerleştirilmesi (a), osteotomi hatlarının belirleyen kılavuz tellerin kontrolü (b) sonrası uygulanan osteotominin tespiti gösteren floroskopi görüntüleri (c).



Şekil 5.a-d. Tüberkül altı seviyesi osteotomi uygulanan hastanın radyolojik görüntüleri; osteotomi hatlarını belirleyen kılavuz tellerin yerleştirilmesi (a), testere ve osteotom yardımı ile kapalı kama osteotominin tamamlanması (b), osteotomi hattının karbon plak ve vidalar ile tespiti (c) ameliyat sonrası altıncı ay diz lateral direkt grafisinde osteotomi hattında tam kaynamanın elde edilmesi (d).

Osteotomi tamamlandıktan sonra tibial tünel, silindirik geometrisi korunacak şekilde manuel veya motorize oyucular kullanılarak yeniden hazırlanır. Hazırlanan greft, femoral tünelden tibial tünele geçirilir ve yaklaşık 15° diz fleksiyonunda askı sistemleri veya interferans vidaları ile tespit edilir. Cerrahin tercihine bağlı olarak rekonstrüksiyon tamamen artroskopik *all-inside* teknik kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Posterior tibial eğimin düzeltilmesi sonrasında çoğu hastada ilave ekstra-artiküler stabilizasyon gereksinimi ortadan kalkmaktadır. Bununla birlikte belirgin rotasyonel instabilitenin devam ettiği olgularda lateral ekstra-artiküler tenodes (LET) veya anterolateral ligament rekonstrüksiyonu kombine edilebilir.^[17]

Ameliyat Sonrası Rehabilitasyon Programı

Ameliyat sonrasında diz, hiperekstansiyonu engellemek amacıyla yaklaşık altı hafta süreyle ekstansiyon breysi ile korunur. Breys, fizik tedavi uygulamaları ve kişisel bakım sırasında kontrollü olarak çıkarılabilir. İlk üç hafta boyunca hastaların ekstremiteye yük vermemesi önerilir. Rehabilitasyon programına erken ameliyat sonrası dönemde başlanmalı ve bu dönemde temel hedefler; tam diz ekstansiyonunun korunması, greft ile osteotomi sahasının korunması ve hiperekstansiyondan kaçınılması olmalıdır. Hareket açıklığı egzersizleri, kontrollü pasif mobilizasyon ile başlatılır ve hastanın klinik durumuna göre aktif egzersizlerle kademeli olarak ilerletilir.^[7]

Ameliyatın üçüncü ile dördüncü haftaları arasında ekstansiyon breysi eşliğinde kısmi yük vermeye başlanabilir. Takip eden haftalarda klinik ve radyografik iyileşme bulguları doğrultusunda yük verme miktarı artırılarak tam yük vermeye geçilir. Altıncı haftadan itibaren ise hastalar standart ÖÇB rehabilitasyon protokolüne yönlendirilir. Bu dönemde rehabilitasyonun temel amacı diz eklem hareket açıklığının yeniden kazanılması, kuadriseps ve hamstring kas kuvvetinin artırılması, nöromusküler kontrolün geliştirilmesi ve fonksiyonel stabilitenin yeniden sağlanmasıdır.

Spora dönüş süreci; hastanın klinik iyileşme düzeyi, osteotominin kaynaması ve rekonstrüksiyonun fonksiyonel başarısı dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir. Uygun olgularda yaklaşık altıncı ayda düşük etkili sportif aktivitelere izin verilebilirken, ani yön değiştirme ve pivot hareketleri içeren sporlara dönüş genellikle dokuzuncu ile on ikinci aylar arasında planlanmaktadır. Nihai spora dönüş kararı yalnızca geçen süreye göre verilmemelidir; kas kuvveti, dinamik diz stabilitesi, fonksiyonel performans testleri ve hastanın spora hazır oluşunu değerlendiren objektif kriterler birlikte göz önünde bulundurulmalıdır.

Klinik Sonuçlar

Posterior tibial eğimi azaltmaya yönelik anterior kapalı kama tibial osteotomisi ilk kez 1994 yılında Henri Dejour tarafından tanımlanmıştır.^[9,18,19] İlk yıllarda sınırlı sayıda merkez tarafından uygulanan bu teknik, özellikle son on yılda yayımlanan orta ve uzun dönem klinik sonuçların başarılı bulunmasıyla birlikte revizyon ÖÇB cerrahisinde giderek daha fazla ilgi görmeye başlamıştır.^[18]

Bu konudaki ilk klinik çalışmalardan birinde, TDO ile birlikte ÖÇB rekonstrüksiyonu uygulanan dokuz hastanın ortalama dört yıllık takip sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda hiçbir hastada ek cerrahi girişim gereksinimi gelişmemiş, klinik ve fonksiyonel değerlendirme skorlarında belirgin iyileşme elde edilmiştir. Ayrıca ortalama PTE 13,2°'den 4,4°'ye, statik anterior tibial translasyon ise 11,7 mm'den 4,3 mm'ye gerilemiştir.^[19] Aynı hasta grubunun yaklaşık 9,9 yıllık takip sonuçlarının paylaşıldığı sonraki çalışmada ise yeniden greft rüptürü bildirilmemiş, yalnızca primer cerrahi sırasında parsiyel menisektomi uygulanan bir hastada osteoartrit progresyonu gözlenmiştir.^[4]

Tibial defleksiyon osteotomisi başlangıçta daha çok ikinci veya çoklu revizyon olgularında önerilmiş olsa da son yıllarda ilk revizyon cerrahilerinde de başarılı sonuçlar vermektedir. Ortalama 4,4 yıllık takip süresine sahip 15 hastalık bir seride, ilk revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonu ile kombine edilen osteotomi sonrasında hiçbir hastada yeniden greft rüptürü veya radyografik osteoartrit gelişmediği bildirilmiştir.^[20]

Akoto ve ark., artmış anterior tibial translasyonu bulunan 20 hastada TDO'yu LET ile kombine ederek uygulamıştır. Ortalama 30 aylık takip süresinde yeniden greft yetersizliği izlenmezken, anterior tibial translasyonda anlamlı azalma elde edilmiştir. Bu çalışmada hedef PTE 8°-10° olarak belirlenmiş ve aşırı düzeltmeden kaçınılarak gerçekleştirilen osteotomilerin LET ile birlikte başarılı klinik sonuçlar sağlayabileceği vurgulanmıştır.^[21]

Bununla birlikte, TDO tamamen komplikasyonsuz bir girişim değildir. Yirmi üç hastanın değerlendirildiği bir seride altı olgu yeniden cerrahi gerektirmiştir. Bunlardan birinde kompleks bölgesel ağrı sendromu, ikisinde implant irritasyonu gelişirken, üç hastada takiplerde +2 pivot-shift testi saptanması üzerine rekürren ÖÇB yetersizliği düşünüülerek revizyon cerrahisi uygulanmıştır.^[22]

Güncel literatürdeki verileri özetleyen ve altı çalışmayı kapsayan sistematik bir derlemede toplam 133 hasta değerlendirilmiştir. İncelenen olguların yalnızca üçünde (%2,25) greft yetersizliği nedeniyle yeniden revizyon cerrahisi gerekmiştir. Ayrıca *International Knee Documentation Committee*, Lysholm ve Tegner skorlarındaki ortalama-

larda sırasıyla 42,5'ten 71,8'e, 46,4'ten 89,0'a ve 4,2'den 6,7'ye yükselme bildirilmiştir. Aynı derlemede ortalama PTE'nin 15,2"den 7,1"ye gerilediği gösterilmiş ve osteotominin sagittal düzlem biyomekaniğini etkin şekilde düzelttiği ortaya konmuştur.^[23]

Mevcut klinik kanıtlar birlikte değerlendirildiğinde; ÖÇB rekonstrüksiyonu ile kombine edilen TDO'nun özellikle artmış PTE'ye sahip hastalarda yeniden greft yetersizliği riskini azaltabildiği, sagittal düzlem stabilitesini iyileştirdiği ve hasta tarafından bildirilen fonksiyonel sonuçları anlamlı ölçüde artırdığı görülmektedir. Bununla birlikte, mevcut çalışmaların büyük bölümü düşük hasta sayısına sahip retrospektif serilerden oluşmaktadır. Bu nedenle, cerrahi endikasyonların daha net ortaya konulabilmesi için daha geniş hasta serileri ve uzun dönem takip sonuçlarını içeren prospektif çalışmalara gereksinim bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Salmon LJ, Heath E, Akrawi H, Roe JP, Linklater J, Pinczewski LA. 20-Year Outcomes of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Hamstring Tendon Autograft: The Catastrophic Effect of Age and Posterior Tibial Slope. *Am J Sports Med* 2018;46(3):531-43. <https://doi.org/10.1177/0363546517741497>
- Sonnery-Cottet B, Archbold P, Cucurulo T, Fayard JM, Bortolotto J, Thauinat M, et al. The influence of the tibial slope and the size of the intercondylar notch on rupture of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93(11):1475-8. [Crossref](#)
- Grassi A, Kim C, Marcheggiani Muccioli GM, Zaffagnini S, Amendola A. What Is the Mid-term Failure Rate of Revision ACL Reconstruction? A Systematic Review. *Clin Orthop Relat Res* 2017;475(10):2484-99. [Crossref](#)
- Rozinthe A, van Rooij F, Demey G, Saffarini M, Dejour D. Tibial slope correction combined with second revision ACLR grants good clinical outcomes and prevents graft rupture at 7-15-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022;30(7):2336-41. [Crossref](#)
- Marouane H, Shirazi-Adl A, Adouni M, Hashemi J. Steeper posterior tibial slope markedly increases ACL force in both active gait and passive knee joint under compression. *J Biomech* 2014;47(6):1353-9. [Crossref](#)
- Nelson JA, Richter DL, Treme G, Wascher D, Nardin L, Schenck RC. Tibial Supra-tubercular Deflexion Osteotomy in the Management of Failed Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Surgical Technique. *Arthrosc Tech* 2022;11(8):e1425-e30. [Crossref](#)
- DePhillipo NN, Kennedy MI, Dekker TJ, Aman ZS, Grantham WJ, LaPrade RF. Anterior Closing Wedge Proximal Tibial Osteotomy for Slope Correction in Failed ACL Reconstructions. *Arthrosc Tech* 2019;8(5):e451-e7. [Crossref](#)
- Feucht MJ, Mauro CS, Brucker PU, Imhoff AB, Hinterwimmer S. The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(1):134-45. [Crossref](#)
- Dejour H, Bonnin M. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared. *J Bone Joint Surg Br* 1994;76(5):745-9. [Crossref](#)
- Gaj E, Monaco E, De Carli A, Wolf MR, Massafra C, Redler A, et al. Measurement technique for posterior tibial slope on radiographs can affect its relationship to the risk of anterior cruciate ligament rupture. *Int Orthop* 2021;45(6):1469-75. [Crossref](#)
- Utzschneider S, Goettinger M, Weber P, Horng A, Glaser C, Jansson V, et al. Development and validation of a new method for the radiologic measurement of the tibial slope. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011;19(10):1643-8. [Crossref](#)
- Demey G, Giovannetti de Sanctis E, Mesnard G, Müller JH, Saffarini M, Dejour DH. Sufficient Metaphyseal Bone for Wedge Removal and Fixation Hardware During Supratuberosity Tibial Deflexion Osteotomy in Knees With Excessive Posterior Tibial Slope. *Am J Sports Med* 2023;51(8):2091-7. [Crossref](#)
- Dejour D, La Barbera G, Pasqualotto S, Valoroso M, Nover L, Reynolds R, et al. Sagittal Plane Corrections around the Knee. *J Knee Surg* 2017;30(8):736-45. [Crossref](#)
- Song GY, Ni QK, Zheng T, Zhang ZJ, Feng H, Zhang H. Slope-Reducing Tibial Osteotomy Combined With Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Produces Improved Knee Stability in Patients With Steep Posterior Tibial Slope, Excessive Anterior Tibial Subluxation in Extension, and Chronic Meniscal Posterior Horn Tears. *Am J Sports Med* 2020;48(14):3486-94. [Crossref](#)
- Guarino A, Pineda T, Giovannetti de Sanctis E, van Rooij F, Saffarini M, Dejour D. The Original Technique for Tibial Deflexion Osteotomy During Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Surgical Technique. *Arthrosc Tech* 2024;13(1):102824. [Crossref](#)
- Vadhera AS, Knapik DM, Gursoy S, Farivar D, Perry AK, Cole BJ, et al. Current Concepts in Anterior Tibial Closing Wedge Osteotomies for Anterior Cruciate Ligament Deficient Knees. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2021;14(6):485-92. [Crossref](#)
- Zsidai B, Engler ID, Pujol O, Lucidi GA, Curley AJ, Zaffagnini S, et al. Over-The-Top Technique for Revision ACL Reconstruction with Achilles Allograft and Associated Lateral Extra-articular Tenodesis. *Arthrosc Tech* 2022;11(9):e1633-e40. [Crossref](#)
- Sonnery-Cottet B, Mogos S, Thauinat M, Archbold P, Fayard JM, Freychet B, et al. Proximal Tibial Anterior Closing Wedge Osteotomy in Repeat Revision of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2014;42(8):1873-80. [Crossref](#)
- Dejour D, Saffarini M, Demey G, Baverel L. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23(10):2846-52. [Crossref](#)
- Dejour D, Rozinthe A, Demey G. First revision ACL reconstruction combined with tibial deflexion osteotomy improves clinical scores at 2 to 7 years follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2023;31(10):4467-73. [Crossref](#)
- Akoto R, Alm L, Drenck TC, Frings J, Krause M, Frosch KH. Slope-Correction Osteotomy with Lateral Extra-articular Tenodesis and Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Is Highly Effective in Treating High-Grade Anterior Knee Laxity. *Am J Sports Med* 2020;48(14):3478-85. [Crossref](#)

22. Vivacqua T, Thomassen S, Winkler PW, Lucidi GA, Rousseau-Saine A, Firth AD, et al. Closing-Wedge Posterior Tibial Slope-Reducing Osteotomy in Complex Revision ACL Reconstruction. Orthop J Sports Med 2023;11(1):23259671221144786. [Crossref](#)
23. Moran TE, Driskill EK, Tagliero AJ, Klosterman EL, Ramamurti P, Reahl GB, et al. Combined tibial deflexion osteotomy and anterior cruciate ligament reconstruction improves knee function and stability: A systematic review. J isakos 2024;9(4):709-16. [Crossref](#)