

Tünel genişlemelerinde tek aşamalı ön çapraz bağ revizyonu

Single-stage anterior cruciate ligament revision in tunnel widening

Yavuz Kocabey¹, Hasan Ceylan², Gürkan Çalışkan³

¹Yavuz Kocabey Özel Kliniği, İstanbul

²Atlas Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

³SB. Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Revizyon ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonunda en önemli teknik sorunlardan biri, özellikle tibial tarafta gelişen tünel genişlemesidir. Geniş tüneller anatomik tünel yerleşimini güçleştirmekte, primer fiksasyon stabilitesini azaltmakta ve sıklıkla iki aşamalı cerrahi gerektirmektedir. Ancak son yıllarda gelişen biyolojik rekonstrüksiyon teknikleri ve yeni fiksasyon yöntemleri sayesinde tek aşamalı revizyon cerrahileri daha uygulanabilir hâle gelmiştir. Bu derlemede, öncelikle ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası tünel genişlemesinin mekanik ve biyolojik etiyopatogenezi güncel literatür eşliğinde gözden geçirilmiştir. Bu teknikte, periosteum-patellar tendon-tibial tüberkül otoplasti kullanılarak implant gerektirmeyen biyolojik *press-fit* tibial fiksasyon sağlanmaktadır. Böylece aynı seansta kemik stokunun restorasyonu, anatomik tibial tünelin yeniden oluşturulması ve güvenilir primer stabilize elde edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca tekniğin biyomekanik temelleri, klinik sonuçları ve geniş tibial tünellerde tek aşamalı revizyon cerrahisindeki potansiyel avantajları tartışılmıştır. Mevcut bulgular, uygun hasta seçimi ve dikkatli cerrahi planlama ile klasik olarak iki aşamalı tedavi gerektiren olgular da dahi tek aşamalı revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonunun başarılı orta dönem klinik sonuçlar sağlayabileceğini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: revizyon ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu; tünel genişlemesi; *press-fit* fiksasyon; periosteum-patellar tendon-kemik grefti; biyolojik fiksasyon

Tunnel enlargement, particularly on the tibial side, represents one of the most challenging technical issues in revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. Enlarged tunnels complicate anatomic tunnel placement, compromise primary fixation stability, and have traditionally necessitated a two-stage revision procedure. However, recent advances in biological reconstruction strategies and fixation techniques have expanded the indications for single-stage revision surgery. This review first reviews the current literature regarding the mechanical and biological mechanisms underlying tunnel enlargement following ACL reconstruction. This technique utilizes a periosteum-patellar tendon-tibial tubercle autograft to achieve implant-free biological press-fit tibial fixation. The primary objectives are to restore bone stock, reconstruct a new anatomic tibial tunnel, and provide reliable primary fixation within a single surgical procedure. In addition, the biomechanical rationale, clinical outcomes, and potential advantages of this technique for single-stage revision in the presence of severe tibial tunnel enlargement are discussed. Current evidence suggests that, with meticulous preoperative planning and appropriate patient selection, single-stage revision ACL reconstruction using this biological press-fit fixation technique can provide satisfactory mid-term clinical outcomes, even in patients who have traditionally been considered candidates for two-stage revision surgery.

Key words: revision anterior cruciate ligament reconstruction; tunnel enlargement; press-fit fixation; periosteum-patellar tendon-bone graft; biological fixation

Ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu, semptomatik diz instabilitesinin tedavisinde en başarılı ortopedik girişimlerden biri olarak kabul edilmekte olup uygun hasta seçimi ve doğru cerrahi teknikle yüksek

fonksiyonel başarı ve spora dönüş oranları sağlamaktadır.^[1] Primer ÖÇB rekonstrüksiyonlarının sayısındaki artışa paralel olarak revizyon cerrahilerine olan gereksinim de giderek artmaktadır. Revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonu;

daha düşük fonksiyonel sonuçlar, daha yüksek başarısızlık oranları ve daha karmaşık cerrahi planlama gerektirmesi nedeniyle primer cerrahiye kıyasla daha fazla önemli teknik zorluklar içermektedir.^[2-4]

Primer ÖÇB rekonstrüksiyonunun başarısızlığı; teknik hatalar, yeni travmalar, biyolojik iyileşme yetersizliği, enfeksiyon, greft rüptürü ve eşlik eden instabilitelerin gözden kaçması gibi çok sayıda nedene bağlı gelişebilir. Revizyon cerrahisinde en önemli teknik problemlerden biri ise femoral ve özellikle tibial tünellerde gelişen genişlemedir.^[5,6] Tünel genişlemesi anatomik yerleşimde yeni tünel açılmasını güçleştirmekte, primer fiksasyonun stabilitesini azaltmakta ve greftin biyolojik iyileşmesini olumsuz etkileyerek cerrahi başarısını sınırlandırmaktadır.^[7,8]

Tünel genişlemesi, multifaktöriyel bir süreçtir. Graftin tünel içerisinde oluşturduğu mikromobilite (*windshield-wiper* ve *bungee cord* etkileri), yetersiz fiksasyon, anatomik olmayan tünel yerleşimi ve erken yüklenme gibi mekanik faktörlerin yanı sıra sinovyal sıvının tünele penetrasyonu, inflamatuvar sitokin salınımı, osteoklastik aktivasyon ve yabancı cisim reaksiyonları gibi biyolojik mekanizmalar da kemik rezorbsiyonuna katkıda bulunmaktadır.^[9-12]

Uzun yıllar boyunca çapı 12-14 milimetre (mm)'nin üzerindeki geniş tüneller, iki aşamalı revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonu için klasik endikasyon olarak kabul edilmiştir.^[5,13,14] Bu yaklaşımda ilk aşamada tüneller kemik grefti ile doldurulmakta, greft kaynamasının tamamlanmasının ardından ikinci seansta yeni rekonstrüksiyon gerçekleştirilmektedir. Her ne kadar başarılı klinik sonuçlar bildirilmiş olsa da ikinci cerrahi gerektirmesi, rehabilitas-

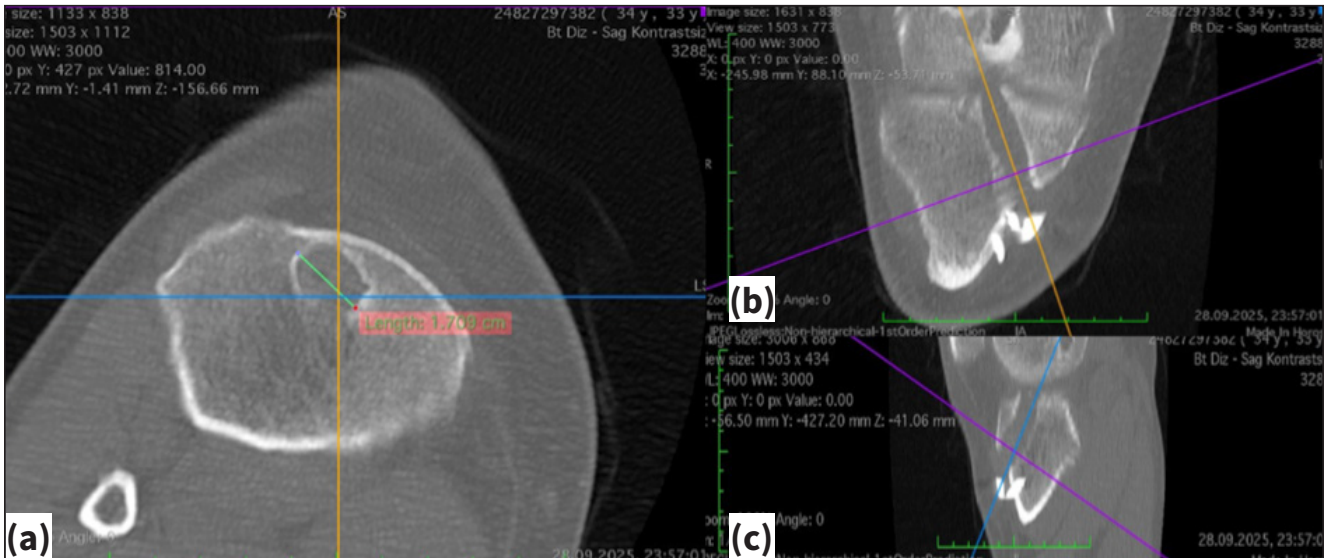
yon süresini uzatması, maliyeti artırması ve spora dönüşü geciktirmesi önemli dezavantajlar oluşturmaktadır.^[15,16]

Son yıllarda üç boyutlu bilgisayarlı tomografi ile yapılan ayrıntılı ameliyat öncesi planlama, biyolojik rekonstrüksiyon yöntemlerindeki gelişmeler ve yeni fiksasyon tekniklerinin tanımlanması sayesinde geniş tünellerde tek aşamalı revizyon cerrahisine olan ilgi belirgin şekilde artmıştır.^[4,17,18] Günümüzde cerrahi karar yalnızca tünel çapına göre değil; tünelin anatomik yerleşimi, kalan kemik stoku, yeni anatomik tünelin güvenli şekilde oluşturulabilmesi ve yeterli primer stabilitenin sağlanabilmesi gibi faktörlere göre verilmektedir (Şekil 1).

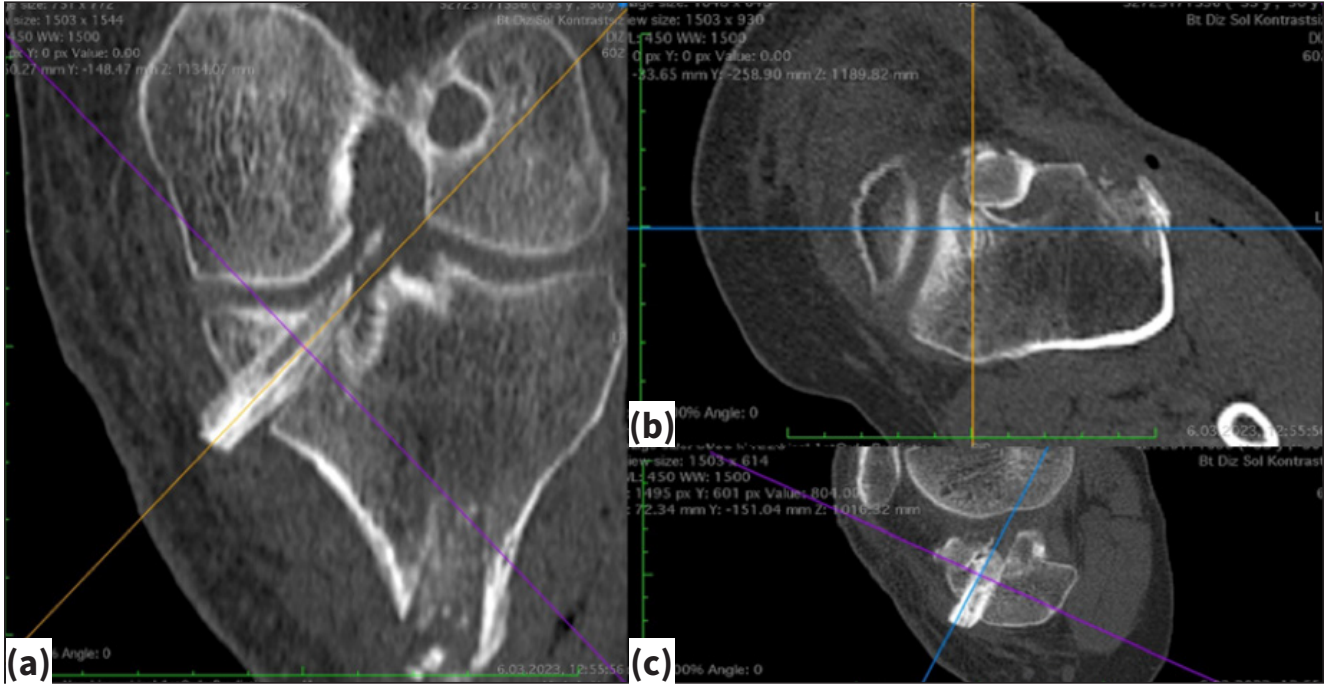
Kemik stokunun aynı seansta yeniden oluşturulmasına yönelik biyolojik rekonstrüksiyon teknikleri ile implanttan bağımsız *press-fit* fiksasyon yöntemlerinin birlikte uygulanması, geniş tibial tünellerde tek aşamalı revizyon cerrahisinin uygulanabilirliğini artırmıştır.^[19,20] Yazarların kullandığı Kocabey Distal *Press-Fit* Tekniği, trikortikal iliak kanat otogrefti ile kombine edilen periosteum-patellar tendon-tibial tüberkül otogrefti kullanılarak geniş tibial tünellerde tek seansta anatomik rekonstrüksiyon yapılmasına olanak sağlamaktadır (Şekil 2).

Tünel Genişlemesinin Etiyopatogenezi

Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrasında görülen tünel genişlemesi, ilk kez 1990'lı yılların başında tanımlanmış olup günümüzde hâlen tam olarak açıklanamayan multifaktöriyel bir süreç olarak kabul edilmektedir.^[9,10] Çeşitli klinik çalışmalarda tünel genişlemesi görülme oranı kullanılan greft tipine, fiksasyon yöntemine, görüntüleme tekniğine ve takip süresine bağlı olarak %25 ile %100



Şekil 1.a-c. Ön çapraz bağ cerrahisi uygulanmış hastasının bilgisayarlı tomografi aksiyel (a), koronal (b) ve sagittal (c) kesitlerde tibial tünel genişlemesinin gösterilmesi.



Şekil 2.a-c. Ön çapraz bağ revizyonu yapılan hastanın bilgisayarlı tomografide koronal (a), transvers (b) ve sagittal (c) kesitlerde Kocabey Distal Press-Fit Tekniği ile tibial tüberkül otogrefti uygulamasının ardından erken ameliyat sonrası görüntüleri.

arasında değişmektedir.^[7,8,10-12] Bununla birlikte, tünel genişlemesinin her zaman kötü klinik sonuçlarla ilişkili olmadığı gösterilmiş olsa da özellikle revizyon cerrahisi planlanan hastalarda yeni anatomik tünelin oluşturulmasını güçleştirmesi nedeniyle klinik önemi oldukça büyüktür.^[5,6]

Günümüzde tünel genişlemesinin oluşumunda mekanik ve biyolojik faktörlerin birlikte rol oynadığı kabul edilmektedir. Bu iki mekanizma birbirini tetikleyerek kemik rezorbsiyonunu artırmakta ve zamanla progresif tünel genişlemesine yol açmaktadır.^[7,11]

Mekanik Faktörler

Mekanik teoriye göre tünel genişlemesinin temel nedeni, greft ile kemik tüneli arasındaki mikromobilitedir. Özellikle süspansiyon tipi femoral fiksasyonlarda greftin tünel içerisinde meydana getirdiği tekrarlayıcı hareketler kemik rezorbsiyonuna neden olmaktadır.^[21]

Bu hareketler iki temel mekanizma ile açıklanmaktadır.

Windshield-wiper etkisi

Greftin tünel girişinde transvers yönde yaptığı salınım hareketi *windshield-wiper* etkisi olarak tanımlanmaktadır. Her diz hareketi sırasında greft, tünel duvarına sürtünmekte ve özellikle tünel girişinde kortikal kemikte mikrot travmalara neden olmaktadır. Bu süreç zaman içerisinde huni şeklinde tünel genişlemesi ile sonuçlanmaktadır.^[10,22]

Bungee Cord etkisi

Greftin longitudinal ekseninde ileri-geri hareket etmesi ise *bungee cord* etkisi olarak adlandırılır. Özellikle femoral tarafta süspansiyon sistemleri kullanıldığında greft ile fiksasyon noktası arasında oluşan serbest mesafe artmakta ve aksiyel mikromobilité belirginleşmektedir. Bu hareket, kemik-greft temasını azaltarak osteointegrasyonu geciktirmekte ve tünel genişlemesine hız kazandırmaktadır.^[10,12]

Bunun yanında;

- Anatomik olmayan tünel yerleşimi,
- Yetersiz greft gerginliği,
- Yetersiz primer fiksasyon,
- Erken agresif rehabilitasyon,
- Tekrarlayan mikrotravmalar da

Mekanik yüklenmeyi artırarak tünel genişlemesini hızlandırmaktadır.^[3,6]

Biyolojik faktörler

Tek başına mekanik teori, tünel genişlemesini açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Günümüzde biyolojik mekanizmaların da en az mekanik faktörler kadar önemli olduğu kabul edilmektedir.^[7]

Rekonstrüksiyon sonrasında sinovyal sıvının tünel içerisine infiltrasyonu, inflamatuvar sitokinlerin kemik-greft

arayüzüne ulaşmasına neden olur. İnterlökin-1 β (IL-1 β), İnterlökin-6 (IL-6), tümör nekroz faktör- α (TNF- α) ve prostaglandin E2 gibi mediyatörler osteoklast aktivitesini artırarak kemik rezorbsiyonunu hızlandırmaktadır.^[23,24]

Ayrıca greft nekrozu sırasında gelişen yeniden yapılanma süreci boyunca oluşan hücresel enzimler de osteolitik cevabı artırmaktadır. Bazı çalışmalarda matriks metalloproteinazlarının (MMP-1, MMP-3 ve MMP-13) ekspresyonunda artış gösterilmiş ve bunun tünel genişlemesini tetiklediği bildirilmiştir.^[25]

Biyobozunur interferans vidalarının parçalanması sonucu oluşan yabancı cisim reaksiyonu da lokal inflamasyonu artırmaktadır. Özellikle Poli-L-laktik asit esaslı implantların kullanıldığı bazı serilerde daha fazla tünel genişlemesi rapor edilmiştir.^[11]

Greft tipinin etkisi

Tünel genişlemesinin derecesi, kullanılan greft tipine göre de değişmektedir. Kemik-patellar tendon-kemik greftlerinde kemik-kemik iyileşmesi nedeniyle tünel genişlemesi daha az görülürken, hamstring tendon greftlerinde tendon-kemik iyileşmesi daha uzun sürdüğünden genişleme daha sık bildirilmektedir.^[8,26]

Kemik bloklu greftlerde osteointegrasyon yaklaşık altı ile sekiz hafta içerisinde gerçekleşirken, tendon-kemik iyileşmesinin 10–12 haftaya kadar uzayabilmesi mikrohareket süresini artırmaktadır.^[7,21]

Fiksasyon yönteminin etkisi

Fiksasyon sistemi de tünel genişlemesinde önemli rol oynar. Kortikal askı (süspansiyon) sistemlerinde greft ile tünel girişi arasında oluşan serbest mesafe nedeniyle mikromobilitate artmaktadır. Buna karşın interferans vidası veya *press-fit* fiksasyonlarında greft ile kemik arasındaki temas daha fazla olduğundan mikromobilitate azalmaktadır.^[21,27]

İmplant kullanılmadan uygulanan *press-fit* tekniklerinde greft ile kemik arasında doğrudan kompresyon sağlanması, biyolojik iyileşmeyi hızlandırmakta ve sinovyal sıvının tünel içerisine geçişini azaltmaktadır. Bu nedenle implant kullanılmayan biyolojik fiksasyon yöntemlerinin tünel genişlemesini azaltabileceği düşünülmektedir.^[19,20]

Revizyon cerrahisi açısından önemi

Primer rekonstrüksiyondan sonra gelişen tünel genişlemesi çoğu zaman klinik instabilite ile doğrudan ilişkili değildir. Ancak tünel genişlemesi revizyon cerrahisinde yeni anatomik tünel oluşturulmasını güçleştirmekte, birincil stabilite azaltmakta ve kemik stok kaybına neden olmaktadır. Bu durumlar cerrahlar açısından önemli sorunlara neden olabilmektedir.^[5,6,15]

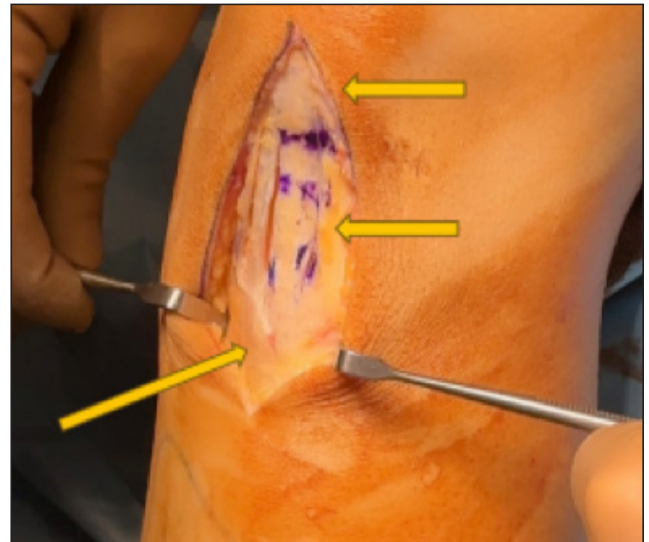
Bu nedenle günümüzde revizyon planlanan her hasta da üç boyutlu bilgisayarlı tomografi ile tünel morfolojisinin ayrıntılı olarak değerlendirilmesi ve cerrahi planlamanın buna göre yapılması önerilmektedir.

Cerrahi Teknik

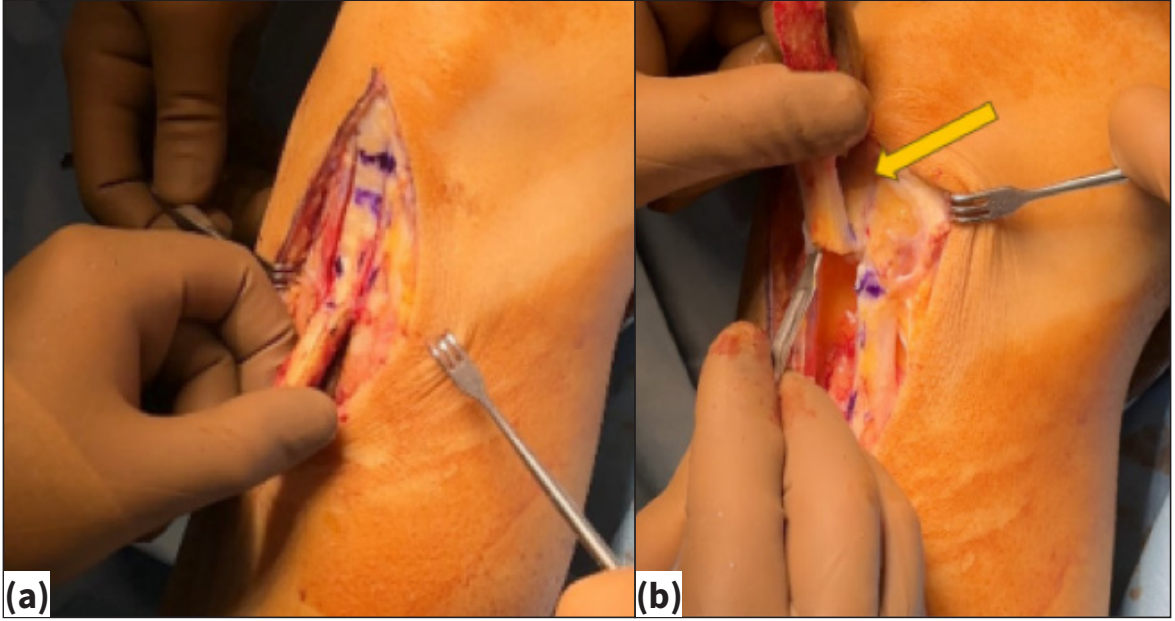
Tek aşamalı revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonunda temel amaç, aynı seansta anatomik bağ rekonstrüksiyonunu gerçekleştirirken mevcut kemik kaybını güvenilir şekilde restore etmek ve yeni greft için yeterli primer stabilite sağlamaktır. Kliniğimizde uygulanan cerrahi teknik, eski tünelin biyolojik olarak yeniden yapılandırılması ile implant kullanılmadan uygulanan *press-fit* tibial fiksasyonun kombinasyonuna dayanmaktadır. Bu yaklaşım, geniş tibial tünellerde ikinci bir cerrahi gereksinimini ortadan kaldırmayı ve erken rehabilitasyona olanak sağlamayı amaçlamaktadır.^[19,20]

Hasta ameliyat masasına supin pozisyonunda yatırılır ve cerrahi ekstremité yaklaşık 90° diz fleksiyonunda serbest bırakılır. Kanamasız cerrahi saha sağlamak amacıyla rutin olarak pnömatik turnike uygulanır. Standart cilt hazırlığı ve steril örtme tamamlandıktan sonra tanısal artroskopi yapılarak ÖÇB rüptürü doğrulanır, eşlik eden intraartiküler patolojiler değerlendirilir ve greft alınmasına geçilir.

Greft olarak periosteum–patellar tendon–kemik otoplasti kullanılır. Patellanın orta kısmından tibial tüberküle uzanan longitudinal bir insizyon yapıldıktan sonra paratenon dikkatlice disseke edilerek orta hattan açılır ve ekarte edilir. Patellar tendonun santral 10 mm’lik kısmı işaretlenirken, proksimalde patellar periost ve distalde trapezoidal şekilli tibial kemik bloku planlanır (Şekil 3). Patellar tendon keskin diseksiyon ile serbestleştirilerek



Şekil 3. Patella orta hattan tibial tüberküle uzanan longitudinal bir insizyon yapıldıktan sonra paratenonun dikkatlice disseke edilip, orta hattan açılıp ekarte edilmesi (sarı oklar).



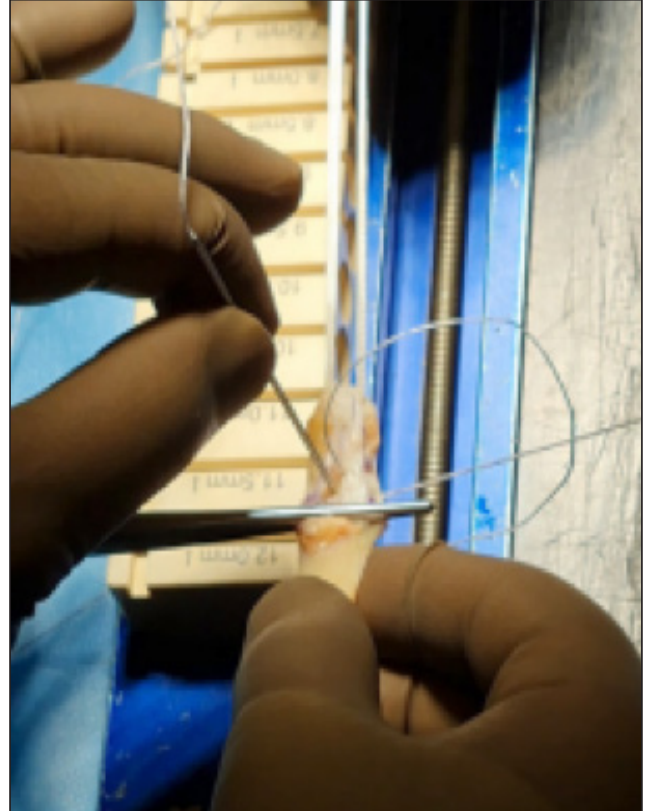
Şekil 4.a,b. Ossilasyon yapan motorlu testere yardımıyla tibial tüberkülün osteotomize edilmesi (a) ve greftin proksimale doğru kaldırılarak periostun işaretlenmesi ve disseke edilmesi (b).

ten sonra tibial kemik bloku osilatuar testere yardımıyla osteotomize edilir ve dikkatlice çıkarılır (Şekil 4).Greft proksimale doğru kaldırılarak işaretlenen periost disseke edilir ve tek parça hâlinde periosteum-patellar tendon-kemik grefti elde edilir (Şekil 4). Daha sonra greft ayrı bir masada hazırlanır; yumuşak doku artıkları temizlenir, kemik bloku uygun boyutlara şekillendirilir ve greft germe cihazına yerleştirilir.

Greft hazırlığı sırasında ayarlanabilir kortikal askı sisteminin halkası, greftin proksimal ucuna yerleştirilir. Periost, askı sistemi üzerinden çevrilerek patellar tendon ile birlikte güçlendirilmiş çift iğneli *loop* sütür kullanılarak *whipstitch* tekniği ile tespit edilir (Şekil 5). Tendon uzunluğu yaklaşık 45 mm olacak şekilde düzenlenir ve femoral tünelde yer alacak bölüm işaretlenir. Ardından kemik bloku, tibial tünelde *press-fit* fiksasyona uygun olacak şekilde biçimlendirilerek greft implantasyona hazır hâle getirilir (Şekil 6).

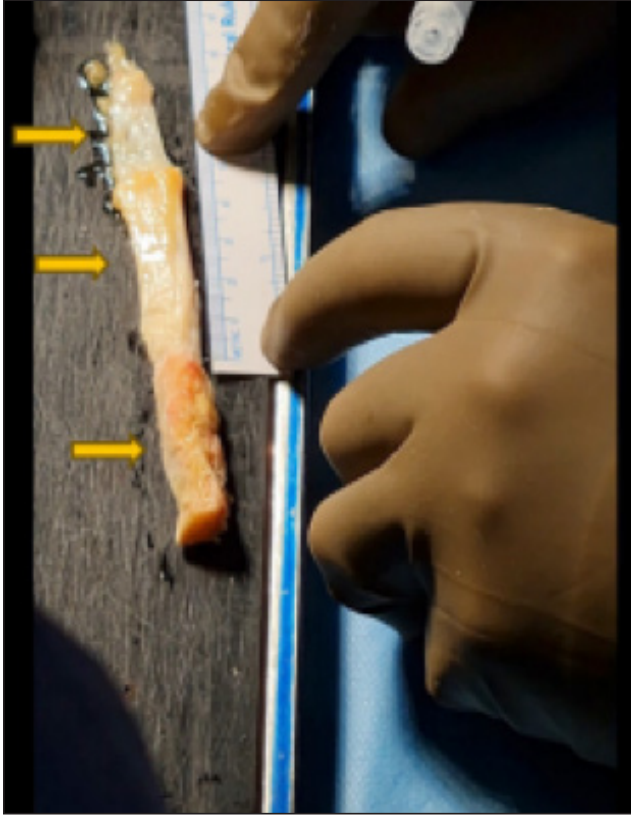
Femoral tünel, ÖÇB'nin anteromedial demetinin anatomik ayak izi esas alınarak hazırlanır. Tibial tünel ise kemik blokunun *press-fit* yerleşimine olanak sağlayacak şekilde oluşturulur ve distal kısmı kemik blokunun sıkı oturmasını sağlayacak biçimde genişletilir. Hazırlanan greft, tibial tünel içerisinden geçirilerek femoral tünele yönlendirilir.

Femoral tarafta ayarlanabilir kortikal askı sistemi, lateral femoral korteks üzerine tam oturduğu kontrol edilerek güvenli şekilde tespit edilir. Daha sonra greftin tendinöz ucu çekilirken kemik bloku küçük bir cerrahi tokmak



Şekil 5. Periostun askı sistemi üzerinden çevrilerek patellar tendon ile birlikte güçlendirilmiş çift iğneli *loop* sütür kullanılarak tespit edilmesi.

yardımla tibial tünel içerisine kontrollü olarak impakte edilir ve böylece tibial tarafta implant kullanılmaksızın



Şekil 6. Kemik bloğun tibial tünelde *press-fit* fiksasyona uygun olacak şekilde hazır hâle getirilmesi.

press-fit fiksasyon sağlanır. Femoral askı sistemi aracılığıyla greft gerginliği kademeli olarak ayarlanır ve kemik bloku istenilen seviyeye kadar ilerletilir. Uygun intraartiküler gerginlik elde edildikten sonra tibial korteks dışında kalan kemik bloku rezeke edilir. Diz pasif fleksiyon-eksansiyon hareketleri birkaç kez yapılarak greftin yerleşimi ve gerginliği yeniden değerlendirilir. Son olarak artroskopik portaller ve cilt insizyonu, standart yöntemle tek tek sütürler kullanılarak kapatılır.

Cerrahi tekniğin temel avantajları

Bu yaklaşımın temel amacı genişlemiş tibial tüneli kemik doku ile doldurmaya ek olarak;

- Kemik stokunun yeniden oluşturulması,
- Anatomik yeni tibial tünelin hazırlanabilmesi,
- İmplantsız tibial fiksasyon sağlanması,
- Kemik-kemik iyileşmesinin desteklenmesi,
- İkinci seans cerrahiye gerek olmaması,
- Rehabilitasyon süresinin kısaltılmasıdır.^[19,20]

Yazarların deneyimine göre dikkatli hasta seçimi ve doğru cerrahi planlama ile 15–21 mm çapındaki tibial tünellerde dahi tek aşamalı revizyon güvenle uygulanabilmektedir.

Klinik deneyimimiz

İlk olarak primer ÖÇB rekonstrüksiyonlarında kullanılan bu teknik daha sonra biyomekanik çalışmalarla desteklenmiş ve geniş tibial tünellerde tek aşamalı revizyon cerrahisine adapte edilmiştir. Bu yaklaşımın temel amacı, aynı seansta yeni kemik stok oluştururken implant kullanmadan güvenilir tibial fiksasyon sağlamaktır.^[19,20]

Çalışmaya dâhil edilen hastaların özellikleri

Bu çalışmada, tibial tünel çapı 15–21 mm arasında değişen 14 hasta ardışık olarak tek aşamalı revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonu ile tedavi edilmiştir. Ortalama takip süresi $26,4 \pm 7,9$ ay olup bütün hastalarda Uluslararası Diz Dökümantasyon Komitesi (IKDC), Lysholm, Tegner ve Diz Yaralanması ve Osteoartrit Sonuç Skoru (KOOS) skorlarında istatistiksel olarak anlamlı iyileşme elde edilmiştir. Ortalama IKDC skoru 52,4'ten 73,2'ye, Lysholm skoru 58,6'dan 79,1'e ve KOOS skoru 59,3'ten 79,8'e yükselmiştir. Hastaların büyük çoğunluğu minimal klinik anlamlı değişim değerlerini aşmıştır.^[28–32]

Klinik muayenede de belirgin stabilite artışı gözlenmiştir. Son kontrolde hastaların %78,6'sında Lachman, ön çekmece ve *pivot-shift* testleri negatif bulunmuştur. Ayrıca olguların sekizinde anatomik yerleşimli femoral tünel korunmuş, yalnızca altı hastada yeni femoral tünel oluşturulmuştur. Hiçbir hastada femoral kemik greftlemesine ihtiyaç duyulmamıştır. Bu bulgu dikkatli ameliyat öncesi planlamanın ve üç boyutlu bilgisayarlı tomografinin önemini göstermektedir.^[5,8,33]

İntraoperatif gözlemlerimiz, tünel genişlemesinin en sık tibial tünelin orta bölümünde geliştiğini göstermiştir. Bu dağılım yalnızca *windshield-wiper* veya *bungee cord* mekanizmaları ile açıklanamayacak kadar karakteristiktir. Bulgularımız, mekanik etkilerin yanı sıra biyolojik faktörlerin ve özellikle biyobozunur interferans vidalarına bağlı inflamatuvar cevabın da önemli rol oynadığını düşündürmektedir.^[16,34–37]

Tekniğimizde trikortikal iliak kanat otogrefti ile eski tibial tünel doldurulduktan sonra yeni anatomik tibial tünel hazırlanmakta ve tibial kemik bloku implant kullanılmaksızın *press-fit* prensibi ile tespit edilmektedir. Bu sayede kemik-kemik teması artırılmakta, sinovyal sıvının tünel içerisine ilerlemesi azaltılmakta ve biyolojik iyileşme desteklenmektedir. Erken tam yük vermeye rağmen hiçbir hastada primer fiksasyon kaybı gözlenmemiştir. Bu

sonuçlar daha önce yayımladığımız biyomekanik çalışmalarla uyumludur.^[19,20]

Tartışma

Genişlemiş tibial tüneller, revizyon ÖÇB cerrahisinin en önemli teknik problemlerinden biridir. Uzun yıllar boyunca 12 mm'nin üzerindeki kemik tünelleri için iki aşamalı revizyon önerilmiş, European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy uzlaş raporu da bu yaklaşımı desteklemiştir.^[38] Buna karşın Pache ve ark., uygun anatomik koşullar sağlandığında 14 mm'ye kadar olan tünellerde tek aşamalı revizyonun güvenle uygulanabileceğini bildirmiştir.^[33] Giannakis ve ark.'nın güncel derlemesinde ise kararın yalnızca tünel çapına göre değil; kemik stoku, tünel yerleşimi ve primer stabiliteye göre verilmesi gerektiği vurgulanmıştır.^[8]

Tünel genişlemelerinde uygulanabilen tek aşamalı ön çapraz bağ revizyon tekniğinin, yalnızca 15–21 mm arasında ciddi tibial tünel genişlemesi bulunan hastaların değerlendirilmiş olmasıdır. Bu yönüyle mevcut literatürde yer alan birçok seriden ayrılmaktadır. Tekniğin sonuçları, dikkatli hasta seçimi ve uygun cerrahi teknik ile klasik olarak iki aşamalı cerrahi önerilen olgularda bile tek aşamalı revizyonun uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Tünel genişlemelerinde uygulanabilen tek aşamalı ön çapraz bağ revizyon tekniğinin, yalnızca iliak kanat otogrefti ile kemik stokunun restore edilmesi değil, aynı zamanda implant kullanılmayan Kocabey *Press-Fit* Tekniği ile biyolojik tibial fiksasyonun sağlanmasıdır. Biyomekanik çalışmalarda kortikal tibial *press-fit* fiksasyonunun yük taşıma kapasitesi ve rijiditesinin, interferans vidası ile karşılaştırılabilir olduğu gösterilmiştir.^[19,20] Bu biyomekanik avantajın klinik sonuçlara da yansıdığı düşünülmektedir.

Ayrıca *press-fit* tekniğinde tibial kemik bloğunun eklem yüzeyine daha yakın yerleştirilmesi, tendon kısmının tünel içerisindeki hareketini azaltarak sinovyal sıvının tünel içerisine ilerlemesini sınırlandırabilir. Böylece yeniden tünel genişlemesi açısından daha elverişli biyolojik bir ortam oluşturulabilir. Bu hipotezin uzun dönem görüntüleme çalışmaları ile doğrulanması gerekmektedir.^[16,34,37]

Sonuç

Sonuç olarak, ciddi tibial tünel genişlemesi bulunan olgularda uygun cerrahi teknikle uygulanan tek aşamalı revizyonun hem uygulanabilir olduğunu hem de başarılı orta dönem sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bununla birlikte bu sonuçların çok merkezli, karşılaştırmalı ve uzun dönem takip çalışmalarında doğrulanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: A 21-year population-based study. *Am J Sports Med* 2016;44(6):1502-7. [Crossref](#)
2. Wright RW, Huston LJ, Spindler KP, Dunn WR, Haas AK, Allen CR, et al. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(22):2106-14.
3. Morgan JA, Dahm D, Levy B, Stuart MJ; MARS Study Group. Femoral tunnel malposition in ACL revision reconstruction. *J Knee Surg* 2012;25(5):361-8. [Crossref](#)
4. Musahl V, Karlsson J. Anterior cruciate ligament tear. *N Engl J Med* 2019;380(24):2341-8. [Crossref](#)
5. Noyes FR, Barber-Westin SD. Revision anterior cruciate ligament surgery with use of bone-patellar tendon-bone autogenous grafts. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83(8):1131-43. [Crossref](#)
6. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2019;33(1):33-47. [Crossref](#)
7. MARS Group; Wright RW, Huston LJ, Spindler KP, Dunn WR, Haas AK, Allen CR, et al. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *Am J Sports Med* 2010;38(10):1979-86. <https://doi.org/10.1177/0363546510378645>
8. Clatworthy MG, Anear P, Bulow JU, Bartlett RJ. Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective evaluation of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med* 1999;27(5):639-45. [Crossref](#)
9. Fahey M, Indelicato PA. Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament replacement. *Am J Sports Med* 1994;22(3):410-4. [Crossref](#)
10. Höher J, Möller HD, Fu FH. Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1998. [Crossref](#)
11. Zysk SP, Fraunberger P, Veihelmann A, Dörger M, Kalteis T, Maier M, et al. Tunnel enlargement and changes in synovial fluid cytokine profile following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004;12(2):98-103. [Crossref](#)
12. Nebelung W, Becker R, Urbach D, Röpke M, Roessner A. Histological findings of tendon-bone healing following anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring grafts. *Arch Orthop Trauma Surg* 2003;123(4):158-63. [Crossref](#)
13. McMellen CJ, Sinkler MA, Calcei JG, Hobson TE, Karns MR, Voos JE. Management of Bone Loss and Tunnel Widening in Revision ACL Reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*. 2023 Sep 20;105(18):1458-71. [Crossref](#)
14. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Am J Sports Med*. 2007;35:1487-92. [Crossref](#)

15. Salem HS, Axibal DP, Wolcott ML, Vidal AF, McCarty EC, Bravman JT, Frank RM. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Bone Graft Options for Tunnel Augmentation. *Am J Sports Med* 2020;48(3):767-77. [Crossref](#)
16. Anand BS, Feller JA, Richmond AK, Webster KE. Return-to-Sport Outcomes After Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery. *The American Journal of Sports Medicine* 2016;44(3):580-4. [Crossref](#)
17. Groves C, Chandramohan M, Chew C, Subedi N. Use of CT in the management of anterior cruciate ligament revision surgery. *Clin Radiol* 2013;68(10):e552-9. [Crossref](#)
18. Sonnery-Cottet B, Saithna A, Cavalier M, Kajetanek C, Temponi EF, Daggett M, et al. Anterolateral Ligament Reconstruction Is Associated With Significantly Reduced ACL Graft Rupture Rates at a Minimum Follow-up of 2 Years: A Prospective Comparative Study of 502 Patients From the SANTI Study Group. *Am J Sports Med* 2017;45(7):1547-57. [Crossref](#)
19. Kocabay Y, Yıldırım C, Mahirogulları M, Kaya A. Tibial Press-Fit Fixation Technique in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery. *Arthrosc Tech* 2023;12(11):e2071-e6. [Crossref](#)
20. Kocabay Y, Fırat A, Yıldırım A, Paksoy AE, Öner K, Veizi E. The Periosteum-Patellar Tendon-Bone Autograft for Anatomic, Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Press-Fit Tibial Fixation. *Arthrosc Tech* 2024;13(8):103021. [Crossref](#)
21. Rodeo SA, Arnoczky SP, Torzilli PA, Hidaka C, Warren RF. Tendon-healing in a bone tunnel: A biomechanical and histological study in the dog. *J Bone Joint Surg Am* 1993;75:1795-803. [Crossref](#)
22. Webster KE, Feller JA, Hameister KA. Bone tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction: A randomised comparison of hamstring and patellar tendon grafts with 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001;9(2):86-91. [Crossref](#)
23. Terkawi MA, Matsumae G, Shimizu T, Takahashi D, Kadoya K, Iwasaki N. Interplay between Inflammation and Pathological Bone Resorption: Insights into Recent Mechanisms and Pathways in Related Diseases for Future Perspectives. *Int J Mol Sci* 2022;23(3):1786. [Crossref](#)
24. Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007;127:687-93. [Crossref](#)
25. Yoshiya S, Nagano M, Kurosaka M, Muratsu H, Mizuno K. Graft healing in the bone tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 2000;(376):278-86. [Crossref](#)
26. Beynon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:223-35.
27. Milano G, Mulas PD, Ziranu F, Manunta A, Fabbriani C. Comparison between different femoral fixation devices in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2006;22:660-8. [Crossref](#)
28. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, et al. Development and validation of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form. *Am J Sports Med* 2001;29(5):600-13. [Crossref](#)
29. Briggs KK, Steadman JR, Hay CJ, Hines SL. Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. *Am J Sports Med* 2009;37(5):898-901. [Crossref](#)
30. Roos EM, Roos HP, Lohmander LS, Ekdahl C, Beynon BD. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): Development of a self-administered outcome measure. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;28(2):88-96. [Crossref](#)
31. Beletsky A, Cancelmo JJ, Memon M, Kay J, Simunovic N, Ayeni OR. Minimal clinically important difference and patient acceptable symptom state after anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopedics* 2021;44(2):e252-e9.
32. Walsh MP, Boland MA, McCarthy T, Boyle E. Patient-reported outcome measures after revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2009;37(5):889-97.
33. Pache S, Aman ZS, Kennedy MI, Nakama GY, Moatshe G, Ziegler CG, et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *J ISAKOS* 2020;5(1):38-45. [Crossref](#)
34. Eichinger M, Hirschmann MT, Amsler F, Rasch H, Arnold MP. Tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction: Current concepts and clinical implications. *Arch Orthop Trauma Surg* 2023;143:3389-401.
35. Lind M, Menhert F, Pedersen AB. Incidence and outcome after revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20(8):1571-7. [Crossref](#)
36. Wright RW, Huston LJ, Spindler KP, Dunn WR, Haas AK, Allen CR, et al. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *Am J Sports Med* 2010;38(10):1979-86. [Crossref](#)
37. Wilson TC, Kantaras A, Atay A, Johnson DL. Tunnel enlargement after anterior cruciate ligament surgery. *Am J Sports Med* 2004;32(2):543-9. [Crossref](#)
38. Tischer T, Andriolo L, Beaufils P, Ahmad SS, Bait C, Bonomo M, et al. Management of anterior cruciate ligament revision in adults: the 2022 ESSKA consensus part III-indications for different clinical scenarios using the RAND/UCLA appropriateness method. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2023;31(11):4662-72. [Crossref](#)