



Modifiye transtibial metod

Modified transtibial method

Halit Pınar

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İzmir

Ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu son 30 yılda hızlı bir değişim ve gelişim göstermiştir. 90'lı yıllarda transtibial (izometrik, geleneksel) teknik yaygın olarak kullanılırken, 2000 yılının başlarından itibaren çift bant rekonstrüksiyon ön plana çıkmıştır; bu şekilde izometrik yerine anatomik rekonstrüksiyon kavramı da genel kabul görmeye başlamıştır. Anatomik çift bant tekniği takiben anatomik tek bant da uygulanmaya başladıktan sonra, iki teknik arasında yapılan pek çok kıyaslamalı çalışmalarla iki teknik arasında fark olmadığı bildirilmiştir. Böylece anatomik tek bant rekonstrüksiyon ön plana çıktıktan sonra femoral tarafta anatomik noktayı bulmak için femoral tünelin anteromedial girişten açılması gerektiği görüşü –pek çok çalışmanın da desteğiyle– yaygınlaşmış ve teknik popüler olmuştur. Bu arada transtibial (geleneksel) teknikte yapılacak bazı modifikasyonlarla da femurda anatomik tünelin açılabilceği görüşü de ileri sürülmüştür. Biyomekanik ve klinik pek çok kıyaslamalı çalışmalar sonucunda anteromedial ve modifiye transtibial teknikler arasında fark olmadığı görüşü –anteromedial teknik hala daha yaygın kullanılsa da– günümüzde geçerlilik kazanmıştır. Eşzamanlı olarak ÖÇB anatomisi ve yapışma yerleri de adeta yeniden tanımlanmıştır. Özellikle daha önemli kabul edilen femoral yapışma yerinde yakın zamanda tanımlanan direkt liflerin rekonstrükte edilmesi gerektiği vurgulanmaya başlamıştır. Bunun sonucunda anatomik olarak kabul edilen femoral noktanın çok inferiorda değil, biraz daha yukarıda (90° fleksiyondaki dizde) olması gerektiği gösterilmiştir. Yazar, tibial tüneli geleneksel tekniğe göre daha medalden açarak ve transtibial kılavuzu lateral femur duvarında daha laterale döndürerek anatomik femoral tünel elde edebilmektedir.

Anahtar sözcükler: ön çapraz bağ; modifiye transtibial

There has been rapid change and improvement in anterior cruciate ligament (ACL) during the past three decade. While transtibial (isometric, traditional) reconstruction has been popular in 90's, double-bundle reconstruction has become widely used with the beginning of the new millennium; hence anatomic concept, instead of isometricity has been stressed. Following the popular era of anatomic double-bundle reconstruction, anatomic single-bundle has been used by some. Later on, the use of the double-bundle technique became less due to many studies indicating similar results between the two techniques. Soon after that, placement of the femoral tunnel became the main topic. As a result of many studies, anteromedial portal (independent drilling) technique became popular for this purpose. Meanwhile, some studies found that anatomic femoral tunnel placement was possible with some modifications in the transtibial technique (modified transtibial, anatomic transtibial), and lots of biomechanical and clinical studies came out indicating similar results. Parallel to these studies, the anatomy of ACL and insertion points were re-discovered. The importance of reconstructing the direct fibers were emphasized, and thus anatomic femoral tunnel location was defined as being more superior (knee in 90 degrees of flexion). The author obtains anatomic femoral tunnel by starting the tibial tunnel more medially, and by rotating the transtibial guide laterally on lateral condylar wall.

Key words: anterior cruciate ligament, modified transtibial

Ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyon tekniği özellikle son 30 yılda hızlı değişim göstermiştir. Değişimlerin asıl amacı daha iyiye ulaşmak olmakla beraber, bu her zaman böyle olmamıştır. Bunca yıllık deneyimin bize öğrettiği en belli başlı

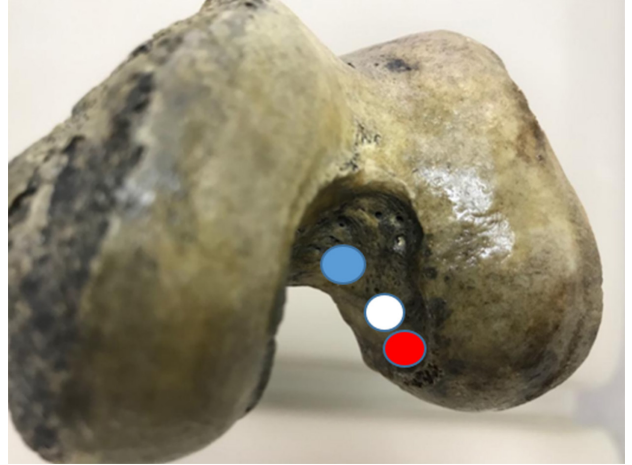
noktalardan birisi femoral tünel yerleşiminin önemi olmuştur. Dizin tam hareket açıklığı sırasında femur (lateral) kondilinin geniş hareketi nedeniyle burada, yani lateral duvarda açılacak tünelin yeri, greftin akibeti için asıl belirleyicidir.

- İletişim adresi: Prof. Dr. Halit Pınar, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Mithat Paşa Cad. Balçova, İzmir
Tel: 0532 - 416 55 46 e-posta: halit.pinar@deu.edu.tr
- Geliş tarihi: 30 Mart 2020 Kabul tarihi: 14 Nisan 2020

90'lı yıllarda tibial tünel bağı anatomik yapışma yerinin daha arkasında, tünelin merkezi arka çapraz bağı (AÇB) yaklaşık 7 mm. önünde olacak şekilde oluşturulurdu. Açılan tibial tünelin içinden geçirilen transtibial (TT) kılavuz ile femur arkasında 2 mm. kemik duvar kalacak şekilde sağ diz için saat 11:00, sol diz için 13:00 noktasında femoral tünel açılırdı (Şekil 1). Bu tünel yerleşimleri ile dizin tam hareket açıklığında tünelin ekleme açılan noktalardaki uzunluk değişiminin, yani greftin boyundaki değişimin minimum olması hedeflenirdi. Böylece greft aşırı gevşeme ve gerilmeye uğramıyor, izometrik bir rekonstrüksiyon yapılmış oluyordu. Femoral tünel tibial tünel içinden (kılavuz yardımıyla) açıldığı için tekniğe “Transtibial rekonstrüksiyon” denmiştir. Diğer bir adı da “İzometrik rekonstrüksiyon”dur. Günümüzde “Geleneksel teknik” olarak da anılmaktadır.^[1]

2000'lerin başında bağı iki ayrı banttı (anteromedial ve posterolateral bantlar) olduğu görüşü ön plana çıkılarak çift bant rekonstrüksiyonu vurgulanmaya başladı.^[2] Önceleri nonanatomik olarak tanımlanan teknik daha sonra her iki bantın tibia ve femurdaki yapışma yerleri gözetilerek “Anatomik çift bant rekonstrüksiyonu”na evrildi.^[3] Erken dönemde, tekniğin nonanatomik teknikten (90'lardaki transtibial teknik) daha iyi olduğunu gösteren bazı çalışmaların da etkisiyle anatomik çift bant teknik kısa sürede özellikle Avrupa ve Asya'da yaygın olarak kullanılmaya başladı.^[4,5] Bu arada, çift bant rekonstrüksiyonun yükseliş döneminde iki teknik arasında fark olmadığını gösteren de epey çalışma olduğunu, ancak bunların genellikle göz ardı edildiğini de belirtmemiz gerekir.^[6-12] Anatomik çift bant tekniği ile birlikte “Anatomik rekonstrüksiyon” kavramı ön plana çıktı; kısa sürede tek bant rekonstrüksiyonun da anatomik olarak yapılması fikri ortaya çıktı ve “Anatomik tek bant rekonstrüksiyonu” kavramı doğdu. Hem tek bant, hem çift bant teknikleri kıyaslayan –tümü olmasa da– pek çok çalışmaların iki teknik arasında genellikle fark olmadığını işaret etmesiyle tartışmalar tek bant lehine gündemden düşmeye başladı.^[6-12] Yakın zamanda çift bant tekniği popülerize eden ekibin de fark olmadığını göstermesi ve yayımlanan klinik uygulama kılavuzunda da aynı sonucu işaret edilmesi ile –yazara göre– tartışma son buldu.^[13,14]

2000'lerin ilk on yılı geride kalırken bu kez femurda anatomik noktanın nasıl belirleneceği ve tünelin nasıl açılacağı tartışılmaya başlandı. Femoral tünelin tibial tünel içinden değil de anteromedial portalden açılması ile anatomik rekonstrüksiyonun mümkün olabileceği kanısı yaygınlaştı. Pek çok çalışmanın etkisiyle tibial tünelden bağımsız olan bu teknik yaygın olarak kullanılmaya başladı.^[15-18] O sırada bazıları tibial tünelin açılması ve kılavuzun kullanılmasında değişiklikler yaparak uygulayacakları transtibial teknik ile de (Modifiye



Şekil 1. Transtibial (İzometrik, geleneksel) teknik; sol dizde saat 13:00 hizası (mavi daire). Femurda “sözde” anatomik tünel ağzı (kırmızı daire). Anatomik tünel ağzı; sol dizde saat 14:00-14:30 hizası; güncel femoral tünel yerleşimi (beyaz nokta).

transtibial) femurda anatomik noktanın elde edilebileceğini savundular; bu, pek çok çalışma ile de desteklendi.^[19-25] Ancak anteromedial portal tekniğin daha yaygın kullanımı devam etti ve halen de daha popüler yöntem olma özelliğini korumaktadır. Bu arada aynı ekibin aynı dergide (AJSM [*American Journal of Sports Medicine*]) bir yıl ara ile yayımlanan iki ayrı makalesinde anatomik femoral tünel elde etmede anteromedial girişin daha iyi olduğu, diz laksitesi ve grefte binen yükler bakımından ise anteromedial giriş ile transtibial teknik arasında fark olmadığının bulunmuş olması ilginçtir.^[18,20]

Yakın zamanda ÖÇB'in anatomisi adeta yeniden tanımlandı.^[26-28] Bu bağlamda uzun zamandır femurda anatomik olarak bilinen noktanın (sözde anatomik nokta) aslında çok aşağıda (ekstansiyondaki dizde arkada) olduğu görülerek anatomik noktanın biraz daha yukarıda (ekstansiyondaki dizde önde) olduğu belirlendi (Şekil 1).^[29,30]

Özellikle son on yılda tibial tünelin daha medialden açılması, transtibial kılavuzun laterale doğru döndürülerek kılavuz telin gönderilmesi ile femurda anatomik noktanın elde edilmesi tekniği “Modifiye transtibial” veya “anatomik transtibial” teknik olarak anılmaktadır ki, bu bölümde sözü edilecek olan teknik budur.

TRANSTİBİAL KEMİK - PATELLAR TENDON - KEMİK ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU

Spinal veya, ek avantajlardan yararlanmak isteniyorsa epidural anestezi yeğlenir. Ameliyat öncesi anestezi altında muayene önemlidir. Önce normal dizde tüm

bağ testleri yapıp, sonra sakat diz muayene edilmelidir. Dizlerin hareket açıklıklarına da bakılmalı, özellikle mevcut bir ekstansiyon kısıtlılığı varsa ortaya konmalıdır.

Hasta supin pozisyonundadır. Uyluğa, dizin proksimalinde yeterli bir alan bırakacak şekilde yüksek bir turnike yerleştirilir. Ameliyat masasının alt tarafı diz fleksiyonda aşağı sarkıtılacak şekilde çıkartılır veya masanın özelliklerine göre tamamen arkaya doğru katlanır. Bizim yeğlediğimiz gibi bacak tutucu kullanılacaksa dizin 110°–120° fleksiyona gelebildiğinden emin olunmalıdır. Bacak tutucu yerine yan destek de yeğlenebilir. Karşı taraf alt ekstremité, kalça ve diz hafif fleksiyonda bir sağlam bacak tutucuya yerleştirilir. Masanın tipine göre bu mümkün olmuyorsa kalçadan abduksiyona getirilerek dizin altına yumuşak bir yastık konur.

Antibiyotik profilaksisi için 1 g Sefazolin intravenöz yapılır. Ameliyata turnike altında başlanacak ise antibiyotiğin turnike sıkılmadan en az 15–20 dk. önce yapılmasına dikkat edilmelidir. Tüm ekstremité boyandıktan sonra, tercihan tek kullanımlık örtülerle ameliyat sahası steril olarak hazırlanır.

Ameliyata başlamadan önce tibia platoları ve femur kondilleri (eklem aralığı), patella, patellar tendon ve tibial tüberkül steril kalem ile çizilir. İşaretlemeler kemik - patellar tendon - kemik (KPTK), hamstring veya kuadriseps tendon grefti almak ve olası ek cerrahi işlemler için yapılacak cilt kesi yerlerini belirlemek için yapılır.

Artroskopi

İşleme artroskopi ile başlanır.^[31] Standart girişlerden 30°'lik artroskop ile tanısıl artroskopi yapılır. Bu aşamada turnike henüz sıkılmadığı için pompa kullanımı eklem içi kanamayı azaltmada yararlıdır. Rutin artroskopik muayene ile ÖÇB kopması tanısı kesinleştirilir. Ek menisküs ve kırıldak lezyonları varsa gerekli girişimler rekonstrüksiyondan önce bu aşamada yapılır.

İnterkondiler çentiğin hazırlanması

ÖÇB güdüğünün eksize edilmesi veya korunması halen tartışmalı bir konudur. Yazar güdüğün tamamını eksize etmektedir. Skop anterolateralde, aletler anteromedialde olarak güdük eksizyonuna tibial taraftan başlanır. Femoral tarafın ve hipertrofik Hoffa'nın eksizyonu, kanamaya neden olacağı için bu aşamanın sonunda yapılır. Güdük arka çapraz bağa yapışmış ise prob ile sıyrılır. Güdük eksizyonu mekanik aletlerle daha hızlı yapılır. Sonra agresif yumuşak doku traşlayıcı uçları ile veya daha iyisi, olanak varsa bizim de yeğlediğimiz gibi radyofrekans ile eksizyon tamamlanır.

Anatomik rekonstrüksiyon kavramının yerleşmesiyle günümüzde tüneller ÖÇB'nin anatomik yapışma yerlerinden (ayak izi) açılmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla

cerrah bağın tibial ve femoral ayak izlerini eksize etmeyi yeğleyebilir; kemiğe yapışma yerlerinde güdüklerin bir kısmını –yaklaşık 2 mm kadar– bırakabilir. Özellikle femoral tünel, daha yaygın olduğu üzere anteromedial portalden kılavuz kullanılmadan açılacaksa burada kısa bir güdük bırakmak daha önem kazanır. Cerrah özellikle tibial güdüğün propriyoseptif işlevi olabileceğini düşünüyorsa güdük eksizyonunda daha ekonomik davranır. Bağın tibial güdüğünün uzun bırakıldığı durumda kılavuz Kirschner telinin (K-teli) eklem içinde görüldüğü yerin kemikten gerçek çıkış yeri olmadığı, dolayısıyla bunun hatalı tünele yol açabileceği göz önünde tutularak dikkatli olunmalıdır. Biz kılavuz telinin doğru yerden çıkmasını sağlamak için güdüğü tamamen eksize ediyoruz.

Transtibial kılavuzun kullanıldığı teknikte femoral tünelin daha doğru yerleştirilmesi için *over-the-top* yerinin ortaya konması önem taşır. Yazar, transtibial kılavuzun aşağıda anlatılacak bazı modifikasyonlarla doğru yerleştirilmesi için *over-the-top* yerini ortaya koymak amacıyla ekonomik bir *notch*plasti yapmaktan çekinmemektedir. Bu amaçla kemik rezeke edici (*burr*) motorize traşlayıcı uçlardan yararlanılır. Motorize traşlayıcı sistem geri modunda çalıştırıldığında bu uçlarla daha kontrollü bir rezeksiyon sağlanır. Çok az kemik rezeksiyonu için, ileri modunda kullanılacak yumuşak doku eksize edici uçlar da yararlıdır. *Over-the-top* bölgesinde son olarak kılavuzun çentiğinin doğru yerleştirilmesi için eğri küret ile periost sıyrılır.

Bu aşamanın sonunda görüntüyü engelleyen Hoffa hipertrofisi ve anterior sinovit varsa, ki bu durum özellikle kronik olgularda görülebilmektedir, traşlayıcı uçlarla Hoffa eksizyonu ve sınırlı anterior sinovektomi yapılır. ÖÇB'nin femoral güdüğünün posteriorundan *notch* tavanına uzanan bölge eksizyonu sırasında fazla kanama ile görüntüyü bozabilir. Radyofrekansın önemli bir yararı koterizasyon da yapabilmesidir.

Greft alınması ve hazırlanması

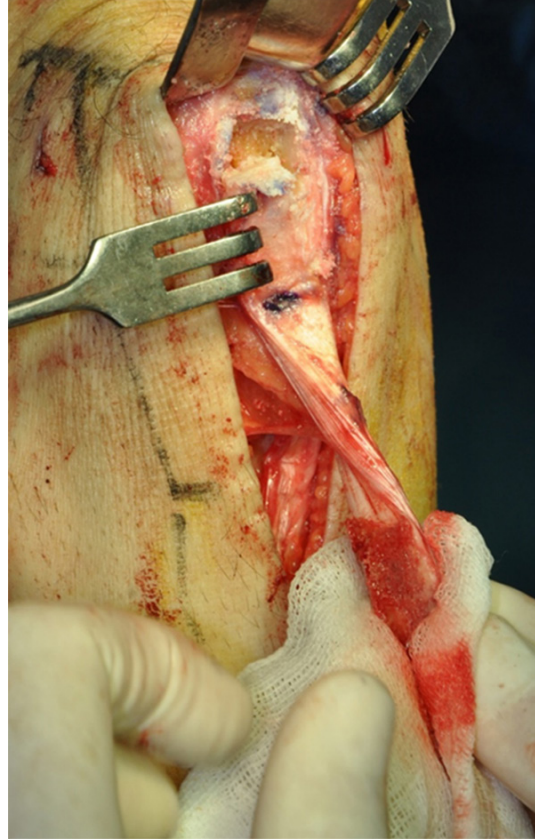
Artroskopi ve interkondiler çentiğin hazırlanmasından sonra turnike şişirilir. Patella alt ucu hizasından tibial tüberkülün 2 cm inferioruna tendonun medial kenarı boyunca longitudinal kesi yapılır. Kesinin orta hat yerine hafif medialden yapılması ile dizleme sırasında nedbe dokusunun yere temas yüzeyinde olmaması sağlanır. Bu kesinin bir avantajı da, tibial tünelin nispeten medialden açılması için rahatlık sağlamasıdır. Diz fleksiyonu azaltılarak ve cilt, ciltaltı proksimale ve distale kaydırılarak açığa çıkartılan alan (*exposure*) artırılabilirdiği için kesi bir miktar kısa tutulabilir. Cilt, ciltaltı geçilip disseksiyon ile tendon, uzunluğu boyunca ortaya konur. Greftin alınacağı orta 1/3'lük bölümün biraz medialinden peritenona kısa bir longitudinal kesi yapılır, buradan bir *mosquito* klemp ile tendon ve peritenon

arası proksimale ve distale doğru serbestleştirilerek 15 numara bistüri ile peritenon kesisi tamamlanarak mediale ve laterale ekarte edilir; paratenon işlemin sonunda tamir edilecektir. Tendon tam olarak ortaya konmuş olur. Buraya kadarki bölümde safen sinirin infrapatellar dallarına zarar vermemeye özen gösterilmelidir.

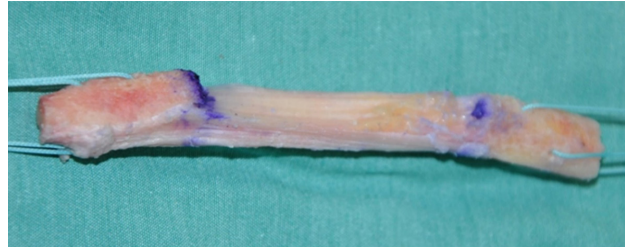
Tendon ve kemik blokları 10 mm eninde, kemik bloklarının uzunluğu 20–25 mm olacak şekilde bir kesi planlanır ve tendonun orta 1/3'ü üzerinde kalem ile işaretlenir. Tendonun ince olduğu durumlarda greft eninin tendon eninin üçte birinden fazla olmamasında yarar vardır; gerekirse 8–9 mm olabilir.

Greft alınırken diz 90° de olursa tendon gergin olur ve grefti almak için yapılan kesilerde yanılma payı azalır; 20 numara bistüri kullanılarak, kemik bloğun en proksimalinden en distal ucuna kadar kesi yapılır. Kesi, bistüri kaldırılmadan aşağıya kadar uzatılmalıdır. Sonra aynı şekilde ikinci kesi yapılır. Kemik kesiler en fazla 1 cm eninde olan testere uçları ile yapılır. Patella kırığı riskini azaltmak için burada kesici uç yan kesiler için dikey ile 30°–40° açı yapacak şekilde ve 6–7 mm derinlikte yapılmalıdır. Bu uzunluğun işaretli olduğu kesici uçlar kolaylık sağlar. Yine kırık riskini azaltmak için kesiler, kemik bloğun köşelerini geçmemelidir. Tüberküledeki kesiler dik açıya yakın yapılır. Testere ile yapılan kesiler en fazla 10 mm eninde ince osteotom veya eğri *güj* ile tamamlanır. Testere ile yapılan kesiler yeterli derinlikte olursa hafif çekiç darbeleri yeterli olacaktır. Patellar tarafta kırıkdağ zarar vermemek için sert çekiç darbelerinden kaçınılmalıdır. Greft serbestleşen kısımdan ıslak bir tampon ile tutularak, bistüri ile Hoffa ve periost tutunmalarından tamamen serbestleştirilir (Şekil 2). Genellikle patellar kemik bloğu trapezoid, tüberkül tarafındaki blok üçgen şeklindedir. Tendon ve kemik bloklarının uzunlukları ölçülür ve kaydedilir.

Greft 180° döndürülerek tespit edilecektir. Yani tüberkül tarafı femura, patellar tarafı tibiya tespit edilecek şekilde yerleştirilecektir. On milimetre tünelden geçirilecek şekilde bistüri, kemik kesme ve törpü yardımıyla kemik blokların boyutları ayarlanır. Bu esnada, cerrah uygun kemik blok çaplarına göre tünelleri açmaya başlamıştır. Grefti hazırlayan yardımcı femoral tarafa gelecek kemik bloğa motor ile ön-arka doğrultuda 5 numara emilmeyen suture materyali geçecek şekilde birbirine paralel iki delik açar. Tibial tarafa gelecek kemik bloktaki iki delik ise birbirine 90° açıda açılır (Şekil 3). Burada vidalama dışarıdan içeriye yapıldığı için, bir geçirici suture'nin vida ile kopması durumunda diğer suture sağlam kalacak, bu suture uygulanan çekme ile greftin vidalama ile içeri doğru yer değiştirmesi, dolayısıyla laksite önlenmiş olacaktır. Kemik blokta deliklerin açılması işlemi, greft alırken kemik kesiler yapıldıktan sonra greft henüz yerinde

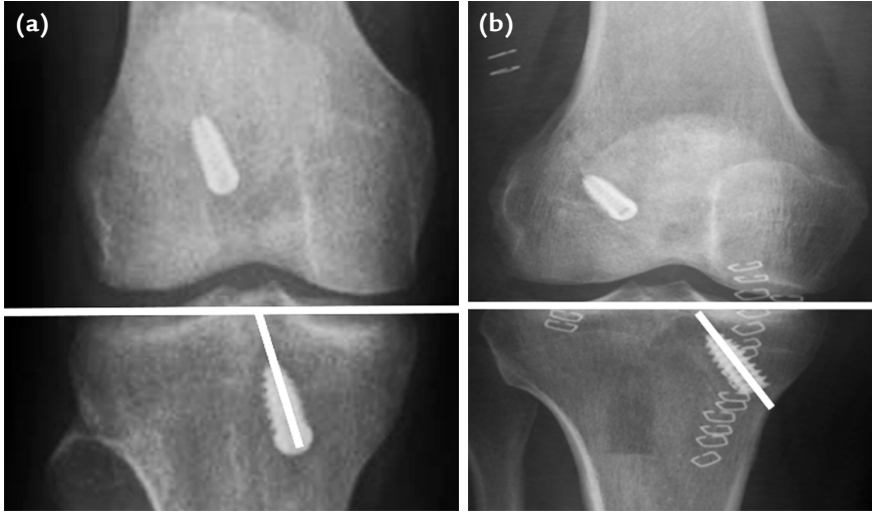


Şekil 2. Kemik-patellar tendon-kemik grefti distalden serbestleştirilmiş ve döndürülmüş (çift bant görüntüsü).



Şekil 3. Kemik-patellar tendon-kemik grefti. Sol taraftaki kemik tendon bileşkesi işaretlenmiş ve paralel iki taşıyıcı suture geçirilmiş; burası femoral tünele yerleşecek. Sağdaki kemik bloktan 90° açıda iki suture geçirilmiş; burası tibial tünele yerleşecek.

iken de yapılabilir. Biz, grefte son şeklini verdikten sonra yapmayı yeğlemekteyiz. Greft hazırlama aşamasının her anında yardımcı, grefti mutlaka ıslak bir tampon ile tutmalıdır; aksi halde greft elinden kayabilir. Greft cerraha verilmeden önce geçirici suturelerle çap ölçücüde prova edilir ve femoral tarafa gelecek kemik blok tendon bileşkesi işaret kalemi ile çizilir. Greft hemşirenin bilgisi dahilinde ıslak tempon ile sarılarak güvenli bir şekilde saklanır.



Şekil 4. a, b. Transtibial (geleneksel) teknikte tibial tünelin tibia ile yaptığı açısı (a). Modifiye transtibial teknikte tibial tünelin tibia ile yaptığı açısı daha yüksek, tibial tünel daha medialden açılmış (b).

Tünellerin açılması

Femoral tünelin saat kadranı ile tanımlanması günümüzde uygun olmamakla beraber, üç boyutlu bir tanımlama mevcut olmadığı için kullanılmaya devam etmektedir. İki boyutlu olduğu için tam olarak gerçeği yansıtmamakla birlikte, femoral anatomik noktayı sağ diz için saat 9:30–10:00 olarak kabul edebiliriz. Doksan derece fleksiyondaki dizde geleneksel teknikteki saat 11:00'den daha inferiorda ve ek olarak biraz da önde demek tanımlamayı netleştirir. Çok inferiorda (90° fleksiyondaki dizde), kırıldak sınırında açılan tünelin –yukarıda belirttiğimiz gibi– uzun süredir kabul edilenin tersine anatomik olmadığı yakın zamanda ortaya konmuştur (sözde anatomik). Anatomik femoral tünel yerleşimi bunun biraz daha superiorundadır. Transtibial teknikle “sözde anatomik” olarak tanımladığımız inferior noktaya ulaşım güç olmakla birlikte, bunun biraz daha yukarısına, yani güncel anatomik noktaya ulaşmak bazı manevralarla mümkün olabilmektedir.

Yazar anteromedial portalden anatomik femoral tünel için uygun bir kılavuz sistemi olmadığından ve tünel genellikle kılavuzsuz olarak açıldığından, femoral tüneli geleneksel teknikten bazı farklarla transtibial olarak açmaya devam etmektedir (Modifiye transtibial teknik). Tibial tünel içinden femoral anatomik noktayı bulmak için tibial tünelin dış başlangıç noktası daha medialde olmalıdır. Tibial tünel kılavuzu, kılavuz K-teli tibia cismi ile 35°–40° açı yapacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu şekilde tibiada anatomik noktada açılacak bir tünel elde etmek için, kemik blok dışarıda kalacak kadar kısa bir tibial tünel elde edilebilir ki bu durumda

tespit ancak *staple* ile yapılabilir; *staple* mutlaka ameliyatta hazır bulundurulmalıdır.

Tibial tünel kılavuzu, K-teli eklem içinde bağın ayak izinin, yani yapışma yerinin ortasından çıkacak şekilde yerleştirilir. Bu noktayı bulmak için farklı tiplerde kılavuzlar mevcuttur. K-telinin eklem içinde anatomik merkezden çıkması için bağın tibial güdüğü bir miktar bırakılarak cerraha kılavuzu yerleştirmede rehber olabilir; bu her zaman güvenilir değildir. Oblik doğrultu nedeniyle K-telinin güdükten değil, kemikten çıktığı nokta önemlidir. Bu ayrıntı önemli olup dikkat edilmelidir. Ayak izinin merkezi arka çapraz bağın yaklaşık 13–14 mm önüdür. Bu aşamada daha önceleri geleneksel olarak yapılan teknikte K-telinin arka çapraz bağın 7 mm önünden çıktığını anımsamakta yarar vardır. Pratik olarak, aynı mesafe kadar öne gelinmesiyle istenen noktanın bulunmuş olacağını söyleyebiliriz. Kalibrasyonlu prob yardımı ile de bu nokta bulunabilir. Lateral menisküsün ön tutunma yerinin ortasından mediale çekilecek kısa bir çizgi de kabaca merkezi gösterecektir.

Tibial tünel kılavuzunun yerleştirileceği anteromedial tibia metafizinin periostu açılır. Bu periost tibial vidalamadan sonra dikilecektir. Kılavuzun K-telinin içinden gönderileceği manşon kısmı anteromedial tibia metafizine iyi oturmalıdır yoksa kılavuz telin yönü, bazen saparak istenmeyen bir yerden çıkabilir. Tel sapmasının önüne geçmek için dikkat edilecek diğer bir nokta, uç kısmı yivli kılavuz teli kullanmaktır. Modifiye transtibial teknikte K-teli yukarıda belirtildiği gibi tibia uzun eksenine ile 35°–40° açıda gönderilmelidir (Şekil 4). Bu açının, femoral tünelin –sağ diz için– daha yukarıda,

saat 11:00'de açıldığı geleneksel teknikte 20° – 30° olduğunu anımsamakta yarar vardır. Kılavuz K-telinin sagittal plandaki gönderme açısı 45° – 55° arasındadır. Anatomik teknikte telin geleneksel tekniğe göre daha önden çıkması hedeflendiğinden tibial tünel daha kısa olacaktır. Bu nedenle yukarıda da belirttiğimiz gibi greft uzunluğunun ölçümü ile açılacak tibial tünel uzunluğunun ayarlanması bu teknikte daha güç olmakta, tünel istenenden daha kısa olabilmektedir.

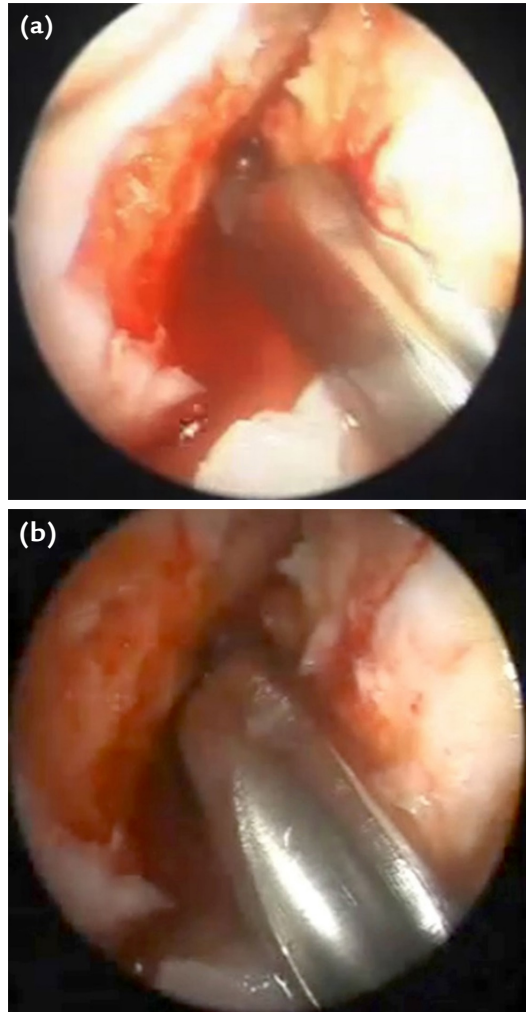
Alındıktan sonra başka masada hazırlanan greft, çap ölçücüde denendikten sonra hangi çaptan uygun olarak geçiyorsa o çapta bir dril K-teli üzerinden tibiya dayanır ki bu genellikle 10 mm'dir. Burada uzunluğunca yivli olan dril ucu kullanılmalıdır; sadece ucu yivli olan endoskopik uçlarla sapma olabilir. Motorla tünel açılırken tünel ağzından çıkan jel kıvamındaki kemik bir tamponla alınıp, ameliyat sonunda özellikle patellar kemik defektini greftlemede kullanılmak üzere saklanmalıdır. Drilin eklem girmek üzere olduğu, sert subkondral kemiğin hissedilmesi ve K-telinin dışarıya doğru çekilmesiyle anlaşılır. Bu aşamada daha kontrollü olunmalıdır. Tünel açılması tamamlandıktan sonra tünelin kenarından kalkan kırıkdak ve yumuşak doku parçaları mekanik aletler ve traşlayıcı ile eksizye edilir. Eğri bir raspa ile tünelin arka kenarı yumuşatılır. Tünel çapında bir buji, tünele yerleştirilerek tünel boyunca daha pürüzsüz ve kompakt bir yüzey elde edilir.

Femoral tüneli açma işlemini –zaman zaman eklem içini yıkamak şartıyla– kuru ortamda açmaktayız. Bu aşama sıvı ortamda yapılacak ise yeterli eklem içi basıncı elde etmek için bir tıkaç veya buji ile tibial tünel tıkanır. Üç boyutlu düşünüldüğünde, yukarıda belirtildiği gibi anatomik nokta lateral kondil duvarında inferiora ancak bir miktar da öndedir. Tünelin inferiora olmaksızın tavanda, yani saat 11:00 hizasından öne taşınması ise geleneksel teknikte yapılan en sık hata olup revizyonların da en sık nedeni olmuştur. Bu bölümde, femoral tüneli anatomik olarak açmak için –her ne kadar bu amaçla üretilmemiş olsa da– geleneksel teknikten bazı değişikliklerle transtibial kılavuzun kullanımı anlatılacaktır (Şekil 5).

On milimetrelük tünel için kullanılan klasik 7 mm'lik *offset* transtibial kılavuz, tibial tünelden geçirilerek çentdiği *over-the-top* bölgesinde kondilin arka kenarına oturacak şekilde yerleştirilir. Kılavuz yerleştirildikten sonra laterale doğru –başka bir deyişle inferiora doğru– döndürülür (Şekil 6). *Notch* arka kenarı dik ise kılavuzun döndürülmesi zor olabilir; kolaylaştırmak için Rue ve ark. bu kenarın küret veya *burr* yardımıyla yuvarlaklaştırılmasını önerirler.^[32] Gözlemlerimize göre kılavuzun nispeten medialden açılan bir tibial tünel içinden geçirilerek laterale döndürülmesi femoral tüneli inferiora ve bir miktar öne, yani anatomik



Şekil 5. Transtibial kılavuz tibial tünelde. Tünelden daha ince olduğu için, femoral tüneli daha inferiora açabilmek için tünelin medialine dayanmış (sol diz).



Şekil 6. a, b. Transtibial kılavuzun lateral femoral kondile yerleştirilmesi (sağ diz) (a). Transtibial kılavuzun –anatomik noktayı bulmak için– laterale döndürülmesi (sağ diz) (b).



Şekil 7. Femoral tünelin anatomik olarak yerleşimi. Kılavuz tel yerinde (sağ diz).

noktaya taşımaktadır. Kılavuzun 10 mm'lik tibial tünelden daha ince olması da, laterale doğru yatmasında esneklik sağlamaktadır. Kılavuz yerleştirildikten sonra kılavuz K-teli femura 3 cm kadar gönderilir. Tel gönderme sırasında diz 80°–90° fleksiyondadır. Transtibial kılavuz geri çekilerek telin yerinin uygunluğuna bakılır. Sadece delici uç kısmı 10 mm olan, gövdesi daha ince endoskopik dril tibial tüneldaki kılavuz telin üzerinden manuel olarak geçirilerek femur lateral duvarına dayanır. Önce 5–10 mm derinliğinde bir ayak izi açılır ve tünel ağzının yerleşimine bakılır; uygun ise drillemeye devam edilir ve tünel tamamlanır (Şekil 7). Femoral tünel kemik bloktan 3–4 mm daha uzun olmalıdır. Diz 110°–120° fleksiyona alınıp uygun çaplı bir buji, anteromedial girişten femoral tünele yerleştirilir. Bu şekilde tüneldaki kemik kırıntıları çepere sıkıştırılmış olur. Bunun bir yararı da bujinin tünele en iyi yerleştiği diz fleksiyon açısının görülmesidir. Femoral taraftaki kemik bloğun vidalanması daha sonra bu diz fleksiyonunda yapılacaktır. Tünel açıldıktan sonra hem anteromedial girişten, hem tibial tünel içinden artroskop yardımı ile yerleşimi farklı açılardan kontrol edilebilir, tünelin arka duvarında patlama varsa görülebilir. Arka duvar yetersizliği fark edilmezse interferans tespit yapılamayacak veya yetersiz olacaktır ki bu durumda tespit ancak taşıyıcı sütürlerin düğme üzerinden femur korteksine bağlanması ile olabilecektir. Arka duvarın patlaması geleneksel transtibial teknikte olabilen, modifiye teknikte tünel daha inferiorda ve arka duvardan biraz daha önde olduğundan rastlamadığımız bir komplikasyondur.

Greftin tünellerden geçirilmesi ve tespiti

Bu aşamanın da tespite kadar kuru ortamda gerçekleştirilmesi kanımızca kolaylık sağlamaktadır. Greftin taşıyıcı sütürlerinin geçirileceği deliği olan özel sütür taşıyıcı tel, motora takılarak tibial tünel içinden femoral tünele ilerletilir. Bu telin uç kısmı biraz daha geniş ve yivlidir. Tel lateral femur korteksinden çıkana kadar motorla gönderilir. Sonra el ile ilerletilerek ucu ciltten çıkarılır. Korteks delindiği anda motor durdurulmalıdır, aksi halde oradaki adaleleri sararak zarar verebilir. Diz bu aşamada yine femoral tünelin açıldığı 80°–90° fleksiyondadır. Telin tibial tünel dışında kalan delikli kısmına femoral kemik bloğunun (tibial tüberkül taraftaki kemik blok) sütürleri geçirilir. Tel yardımcı taraftan uyluktan çıktığı ucundan tutularak çekilir ve taşıyıcı sütürler uyluk lateralinden dışarı alınır. Greft, blokların spongiyöz yüzleri öne bakacak şekilde uyluktan çıkmış olan taşıyıcı sütürlerden çekilerek tibial tünelden eklem içine alınır. Kemik bloğun femoral tünele girmesi için bazen anteromedial girişten sokulan küçük bir hemostat yardımı ile pozisyon vermek gerekebilir. Femurda anatomik yapışmayı mümkün olduğunca taklit edebilmek amacıyla femoral kemik bloğu geleneksel teknikten farklı olarak bir miktar daha laterale doğru döndürerek tünele yerleştirmekteyiz. Tibial taraftaki kemik bloğu da geleneksel teknikten farklı olarak, femoral blok yerleştikten sonra bir miktar daha laterale döndürerek sagittal planda yerleştirmekteyiz. Bu şekilde greftin dizin hareket açıklığı boyunca normal yassı ÖÇB gibi davranmasını beklemekteyiz.

Greft yerleştikten sonra, diz 110°–120° fleksiyona alınıp, vidanın kılavuz teli anteromedial girişten sokulur ve greft ile tünelin ön kenarı arasından proksimale doğru ilerletilerek yerleştirilir. Dizin aynı pozisyonu dikkatle korunarak 7×20 mm interferans vidası, kılavuz telin üzerinden ekleme sokulur ve uygun doğrultuda greft vidalanır. Kemik blok 25 mm bile olsa 20 mm'lik vida kullanmaktayız; böylelikle grefti hasarlama riskinin daha az olabileceğini düşünmekteyiz. Pratiğimiz metal interferans vidası kullanmak şeklinde olmakla beraber uygulama ilkelerine bağlı kalmak şartıyla biyobozunur ve biyokompozit vidalar da kullanılabilir. Vidalama sırasında greft her iki uçtaki taşıyıcı sütürlerden çekilerek gergin tutulmalıdır. Kuru ortamda vidalarken görüş optimal olmuyorsa sıvı ortama geçilebilir; bu durumda diz fazla fleksiyonda olduğundan sıvı basıncı normalde kullanılan basıncın üzerine çıkarılmalıdır. Femoral tarafta kullanılan vidanın yivleri künt, tabanı yivsiz ve yuvaraktır. Bu özellikler sayesinde vidalama esnasında grefte olası hasar azaltılmakla birlikte yine de dikkatli olunmalıdır. Vidalamanın sonuna doğru tornavidanın sıkılmasıyla işitilen ses ve hissedilen direnç, güçlü bir tespite işaret eder. Tespit gücünden emin olunmadığı

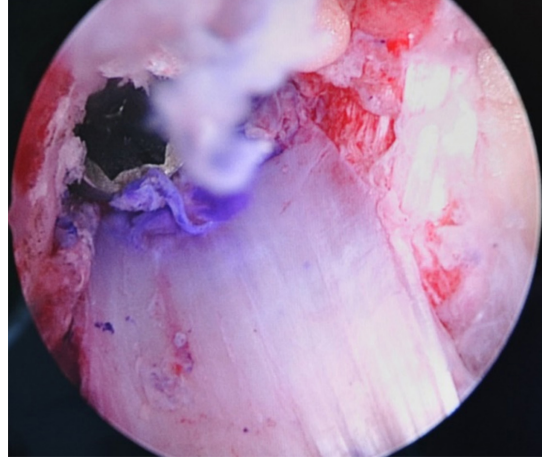
durumda 2 adet 5 numara taşıyıcı sütür, uylukta çıktıkları yerden kısa bir kesi yapılarak düğme ile femur korteksinde bağlanarak ek stabilite sağlanır. Vidanın tamamının tünel içinde olduğu, eklem içine taşmadığı görülmelidir (Şekil 8). Tibial sütürlerden aşağı çekilirken dize 20 kez tam fleksiyon-ekstansiyon yaptırılması ile greftin hazırlanırken uğramış olabileceği çekme yenilerek, greftin sonrasında eklem içindeki olası uzaması ve gevşekliğinin önüne geçilir. Bu, allogreftlerde daha önemli olup, otoplastlerde gerekliliği tam bilinmemektedir.

Greftin tibiadaki tespiti diz 0° - 20° 'de iken olur. Biz 10° fleksiyonu yeğlemekteyiz. Bu pozisyonda cerrah taşıyıcı sütürlerden kuvvetle çekerken greftin spongiyöz yüzeyi tarafına vidanın kılavuz telini yerleştirir ve üzerinden vidalar. Burada kullanılan vidanın tamamı yivli ve yivleri keskindir. Vida boyu kemik blok boyuna uygun olarak 20 mm veya 25 mm'dir. Vida eni genellikle 9 mm'dir; kemik bloğun tüneli tamamen doldurduğu durumlarda 8 mm de olabilir. Yirmi milimetre uzunluğundaki kemik blok 5 mm kadar tünelden dışarı taşıyorsa bloğa rotasyon yaptırılarak biraz kısalma sağlanıp yine interferans tespiti yapılabilir. Tünel içindeki kemik blok 20 mm'den daha kısa olmamalıdır. Vidanın da boyu bloğun boyundan daha uzun olmamalıdır, yoksa tünel içinde tendona hasar verebilir. Greftin tünelden dışarı taşan kısmının uzunluğu daha fazla ise tünel ağzının inferioru bir *guy* ile şekillendirilir ve iki adet dişli *staple* ile tespit sağlanır. Bu şekilde de uygun tespit elde edilir. Tespit materyalleri çıkıntı yapmamalıdır, yoksa ağrı nedeni olur. Tespitten sonra artroskop ekleme sokularak greft dizin hareket açıklığı boyunca gözlemlenir ve kontrol edilir.

Tendon defektinin kapatılması

Ameliyat sahası bol tampon ile kapatılarak turnike açılır ve kanama kontrolü yapılır. Tendon defekti açık bırakılmamalıdır. Defektin kapatılmasında 2 numara emilebilir sütür materyali kullanılır. Sütür paratenondan kalın, tendondan ince olarak geçirilir, yani aslında paratenon kapatılır, tendon ise yaklaşılmış olur. Böylece tendonun kısalarak kontrakte olma riski azaltılmış olur.

Önce tendonun patellaya yapışma yeri kapatılır. Patellar kemik defekti saklanan kemik parçaları ile greftlenir; kemik parçalarının aşağıya yumuşak doku içine düşmesi önlenmiş olur. Greftler yerleştirildikten sonra prepatellar fasya ile üzeri kapatılır, sonra distale doğru defektin kapatılmasına devam edilir. Artan greft varsa tibial tüberkül defektinin de greftlenmesi yararlıdır; dizleme ağrısı komplikasyon riskini azaltır. Tibial tünelin dış ağzında kesilip sıyrılmış olan periosot kapatılır. Ciltaltı ve cilt uygun şekilde kapatılarak işlem sonlandırılır. Tamponların üzerinden sadece diz bölgesine pamuk, sargı bezi ve elastik bandaj uygulanır. Uzun süre kullandığımız dreni son yıllarda



Şekil 8. Kemik bloğun femoral tünelde metal interferans vidası ile tespiti.

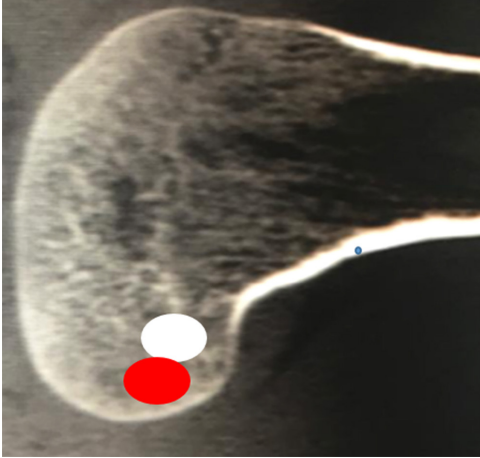
kullanmamaktayız, ancak tamponlar kanlanabileceği için ertesi gün pansumanı yenilemekteyiz.

Bandajdan sonra dizi tam ekstansiyonda tespit etmek için basit *immobilizer* kullanmayı yeğliyoruz; menteşeli diz breysini uzun süredir kullanmıyoruz. Dizin özellikle ilk birkaç günde tam ekstansiyonu elde etmesi son derece önemlidir, ancak *immobilizer* bunu garanti etmemektedir. Bu nedenle kontrollü olmak şartıyla yatağında zaman zaman topuğu altına yükselti koyarak ve dizin altını boş bırakarak dizin tam ekstansiyonunun sağlanması gerekir. Epidural kateter uygulandıysa 2-3 gün tutulması dizin 0° - 90° hareket açıklığının daha ağrısız olarak elde edilmesine yardımcı olur.

Ameliyat sonrası ilk 5 gün %10, sonra %50 yüklenmeyi takiben 2. hafta sonunda dikişler alındıktan sonra tek değneğe geçilir ve bir hafta sonra o da bırakılır. İlk 2 hafta yürüme sırasında *immobilizer*'ın kullanılmasında yarar vardır. Yine 2. hafta bittikten sonra 90° 'den fazla fleksiyona izin verilir ve tedricen artırılır. Altıncı hafta sonundan itibaren güçlendirme ve propriyosepsiyon egzersizlerine yoğunlaşılır. On iki hafta sonunda düz koşular, 4. aydan itibaren spora özgü egzersizler başlar. Adale gücü 6.-9. ayda sağlam dizin %90'ına ulaşmışsa ve takiben fonksiyonel testler iyi ise spora dönebilir.

YAZAR NEDEN MODİFİYE TRANSTİBİAL TEKNİĞİ TERCİH EDİYOR?

Anatomik çift bant tekniğin kısa bir süre için de olsa yaygın kullanım alanı bulması anatomik rekonstrüksiyon kavramı üzerinde farkındalık yarattı ve bunun tek bant şeklinde de uygulanabileceği fikrini doğurdu. Aslında normal gelişim içinde izometrik nonanatomik teknikten sonra, anatomik tek bant rekonstrüksiyonu



Şekil 9. “Sözde” anatomik tünel; indirekt liflerin yapışma yeri (kırmızı). Anatomik tünel; direkt liflerin yapışma yeri (beyaz).

ortaya çıkmalı, olası bir anatomik çift bant kavramının onu izlemesi gerekirdi.

Bu arada anatomik tek ve çift bant tekniklerinin arasında bir fark olmadığı net olarak anlaşıldı.^[6-14] Sonrasında anatomik tek bant rekonstrüksiyonunun nasıl daha iyi yapılacağı yönünde çalışmalar ortaya çıktı. Femurda anatomik tünelin transtibial olarak açılacağı, anteromedial veya aksesuar anteromedial giriş gerektiği, bu teknik ile sonuçların da daha iyi olduğu yönündeki çalışmaların etkisi ile bu teknik hızla yaygınlaştı ve günümüzde en popüler teknik oldu.^[15-18]

Anteromedial giriş tekniği anatomik teknik olarak kabul edilse de bazı çalışmalar transtibial tekniğin modifikasyonu ile de anatomik rekonstrüksiyonun mümkün olduğunu gösterdiler.^[21] Hatta bazılarıncı “anatomik transtibial” kavramı ortaya atıldı. Hem transtibial (nonanatomik), hem modifiye transtibial (anatomik) teknik ile anteromedial giriş tekniğinin klinik sonuçları arasında fark olmadığını gösteren de pek çok çalışma ortaya çıktı.^[19,20,22-25]

Bu arada ön çapraz bağın anatomisi ve yapışma yerleri de yeniden tanımlandı; bağın yassı ve tek bant yapısı görüntülenerek yapışma yerleri adeta yeniden belirlendi.^[26-28] Tek bant yapının “direkt” ve indirekt” liflerden oluştuğu öne sürüldü. Bağın işlevi için daha önemli olduğu gösterilen direkt liflerin yapışma yerinin tanımlanmış olan anatomik yerleşimin (sözde anatomik) daha yukarısında (90°, ameliyat esnasındaki pozisyonunda) olduğu gösterildi (Şekil 9).^[29,30] Böylece inferiorda açılacak femoral tünellerden vazgeçilmesi gerektiği savunulmaya başlandı.^[33] Yazara göre bu yeni anatomi tanımlamasının önemi büyüktür. Şöyle ki, anatomik olarak tanımlanmış önceki nokta çok aşağıda idi, o

kadar ki kırıldak sınıra kadar iniyordu. Bu kadar alçak noktaya ulaşmak transtibial teknik ile olanaksız olmasa da güç idi. Günümüzde önerilen daha yukarıdaki noktaya ulaşmak modifiye transtibial teknik ile kolaydır. Modifiye transtibial teknik ile –kılavuz kullanıldığı için– femurda açılan tüneller daha standart olacaktır. Cerrahların transtibial tekniğe alışkın olmaları da bir avantajdır. Anteromedial giriş tekniğinde femoral tünellerin genellikle kılavuzdan bağımsız açılmaları kanımızca bir dezavantajdır. Anteromedial giriş tekniğinin bir diğer olumsuzluğu femoral tüneli açmak için dizin ileri derecede fleksiyona getirilmesi gerekliliğidir ki bu pozisyon interkondiler çentiği yıllarca 80°–90° fleksiyonda görmeye alışmış cerrahlar için yanıltıcı olabilmektedir.

Özetle, aşağıdaki avantajlarından ötürü yazar günümüzde modifiye transtibial teknik ile kemik - patellar tendon - kemik ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu uygulamaktadır:

Hem anatomik, hem de mümkün olduğunca izometrik olan yeni tanımlanan femoral tünel yerleşimi daha yukarıda^[34] (90° fleksiyondaki dizde) olduğu için, geleneksel transtibial tekniğin basit iki modifikasyonu ile kolayca elde edilebilir.

Patellar tendonun yassı yapısı onu ön çapraz bağa benzer kılar. Greftin yassı yapısı nedeniyle femoral ve tibial tünel ağzlarındaki tutunmaları da ön çapraz bağa benzerlik gösterir.

Dizin 90° fleksiyon pozisyonu ve transtibial kılavuz kullanımına olan alışkanlık işlemi kolaylaştırır ve daha standart tüneller elde edilmesini sağlar. Anteromedial girişte genellikle kılavuz kullanılmaz; dizin alışkın olunmayan ileri derecede fleksiyon pozisyonu da ek güçlük nedenidir ve yanılma olasılığı daha yüksektir.

Modifiye transtibial tekniğin sonuçları, daha yoğun olarak kullanılan anteromedial teknik ile benzerdir. Hangi teknik ile açılırsa açılın tünellerin doğru yerde olmaları en önemli noktadır. Doğru tünel yerleşimi yanında tünellerin yinelenebilir olması da önemlidir ve bu konuda modifiye TT –yazara göre– daha avantajlıdır.

Teşekkür

Şekil 1 ve 9’daki görseller için Prof. Dr. İrfan Esenkaya’ya teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Sgaglione NA, Schwartz RE. Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament: initial clinical experience and minimal 2-year follow-up comparing endoscopic transtibial and two-incision techniques. *Arthroscopy* 1997;13(2):156–65. [Crossref](#)
2. Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Res* 2007;454:35–47. [Crossref](#)

3. Zantop T, Diermann N, Schumacher T, Schanz S, Fu FH, Petersen W. Anatomical and nonanatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: importance of femoral tunnel location on knee kinematics. *Am J Sports Med* 2008;36(4):678–85. [Crossref](#)
4. van Eck CF, Kopf S, Irrgang JJ, Blankevoort L, Bhandari M, Fu FH, Poolman RW. Single-Bundle Versus Double-Bundle Reconstruction for Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Meta-Analysis –Does Anatomy Matter? *Arthroscopy* 2012;28(3):405–24. [Crossref](#)
5. Zhu Y, Tang RK, Zhao P, Zhu SS, Li YG, Li JB. Double-bundle reconstruction results in superior clinical outcome than single-bundle reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(5):1085–96. [Crossref](#)
6. Aga C, Risberg MA, Fagerland MW, Johansen S, Trøan I, Heir S, Engebretsen L. No Difference in the KOOS Quality of Life Subscore Between Anatomic Double-Bundle and Anatomic Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction of the Knee: A Prospective Randomized Controlled Trial with 2 Years' Follow-up. *Am J Sports Med* 2018;46(10):2341–54. [Crossref](#)
7. Bohn MB, Sørensen H, Petersen MK, Søballe K, Lind M. Rotational laxity after anatomical ACL reconstruction measured by 3-D motion analysis: a prospective randomized clinical trial comparing anatomic and nonanatomic ACL reconstruction techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23(12):3473–81. [Crossref](#)
8. Ahldén M, Sernert N, Karlsson J, Kartus J. A Prospective Randomized Study Comparing Double- and Single-Bundle Techniques for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2013;41(11):2484–91. [Crossref](#)
9. Xu Y, Ao Y, Wang J, Cui G. Prospective randomized comparison of anatomic single and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;22(2):308–16. [Crossref](#)
10. Mayr HO, Bruder S, Hube R, Bernstein A, Suedkamp NP, Stoehr A. Single-Bundle Versus Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction-5-Year Results. *Arthroscopy* 2018;34(9):2647–53. [Crossref](#)
11. Sasaki S, Tsuda E, Hiraga Y, Yamamoto Y, Maeda S, Sasaki E, Ishibashi Y. Prospective Randomized Study of Objective and Subjective Clinical Results Between Double-Bundle and Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2016;44(4):855–64. [Crossref](#)
12. Karikis I, Desai N, Sernert N, Rostgard-Christensen L, Kartus J. Comparison of Anatomic Double and Single-Bundle Techniques for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Hamstring Tendon Autografts. A Prospective Randomized Study With The 5-Year Clinical and Radiographic Follow-up. *Am J Sports Med* 2016;44(5):1225–36. [Crossref](#)
13. Herbolt M, Domnick C, Raschke MJ, Lenschow S, Forster T, Petersen W, Zantop T. Comparison of Knee Kinematics After Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction via the Medial Portal Technique with a Central Femoral Tunnel and an Eccentric Femoral Tunnel and After Anatomic Double-Bundle Reconstruction. A Human Cadaveric Study. *Am J Sports Med* 2016;44(1):126–32. [Crossref](#)
14. Shea KG, Carey JL, Richmond J, Sandmeier R, Pitts RT, Polousky JD, Chu C, Shultz SJ, Ellen M, Smith A, LaBella CR, Anderson AF, Musahl V, Myer GD, Jevsevar D, Bozic KJ, Shaffer W, Cummins D, Murray JN, Patel N, Shores P, Woznica A, Martinez Y, Gross L, Sevarino K; American Academy of Orthopaedic Surgeons. The American Academy of Orthopaedic Surgeons evidence-based guideline on management of anterior cruciate ligament injuries. *J Bone Joint Surg* 2015;97-A(8):672–4. [Crossref](#)
15. Liu A, Sun M, Ma C, Chen Y, Xue X, Guo P, Shi Z, Yan S. Clinical outcomes of transtibial versus anteromedial drilling techniques to prepare the femoral tunnel during anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(9):2751–9. [Crossref](#)
16. Chen H, Tie K, Qi Y, Li B, Chen B, Chen L. Anteromedial versus transtibial technique in single-bundle autologous hamstring ACL reconstruction: a meta-analysis of prospective randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res* 2017;12(1):1–10. [Crossref](#)
17. Ro KH, Kim HJ, Lee DH. The transportal technique shows better clinical results than the transtibial techniques for single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018;26(8):2371–80. [Crossref](#)
18. Gadikota HR, Sim JA, Hosseini A, Gill TJ, Li G. The Relationship Between Femoral Tunnels Created by the Transtibial, Anteromedial Portal, and Outside-In Techniques and the Anterior Cruciate Ligament Footprint. *Am J Sports Med* 2012;40(4):882–8. [Crossref](#)
19. Riboh JC, Hasselblad V, Godin JA, Mather RC 3rd. Transtibial Versus Independent Drilling Techniques for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. A Systematic Review, Meta-analysis, and Meta-regression. *Am J Sports Med* 2013;41(11):2693–702. [Crossref](#)
20. Sim JA, Gadikota HR, Li J-S, Li G, Gill TJ. Biomechanical Evaluation of Knee Joint Laxities and Graft Forces After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction by Anteromedial Portal, Outside-In, and Transtibial Techniques. *Am J Sports Med* 2011;39(12):2604–10. [Crossref](#)
21. Lee JK, Lee S, Seong SC, Lee MC. Anatomic Single-Bundle ACL Reconstruction Is Possible with Use of the Modified Transtibial Technique. A Comparison with the Anteromedial Transportal Technique. *J Bone Joint Surg* 2014;96-A(8):664–72. [Crossref](#)
22. Yoon YS, Cho SD, Lee SH, Youn CH. Modified transtibial versus anteromedial portal technique in anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of femoral tunnel position and clinical results. *Am J Sports Med* 2014;42(12):2941–7. [Crossref](#)
23. Han JK, Chun KC, Lee SI, Kim S, Chun CH. Comparison of Modified Transtibial and Anteromedial Portal Techniques in Anatomic Single-Bundle ACL Reconstruction. *Orthopedics* 2019;42(2):83–9. [Crossref](#)
24. Lee DW, Kim JG, Lee JH, Park JH, Kim DH. Comparison of Modified Transtibial and Outside-In Techniques in Anatomic Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 2018;34(10):2857–70. [Crossref](#)
25. Zhang Q, Kou Y, Yuan Z. A meta-analysis on anterior cruciate ligament reconstruction: Is modified transtibial technique inferior to independent drilling techniques? *Exp Ther Med* 2018;16(3):1790–99. [Crossref](#)
26. Smigielski R, Zdanowicz U, Drwiega M, Ciszek B, Williams A. The anatomy of the anterior cruciate ligament and its relevance to the technique of reconstruction. *Bone Joint J* 2016;98-B(8):1020–6. [Crossref](#)
27. Siebold R. Editorial: Flat ACL anatomy: fact no fiction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23(11):3133–35. [Crossref](#)
28. Smigielski R, Zdanowicz U, Drwiega M, Ciszek B, Ciszewska-Lyson B, Siebold R. Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23(11):3143–50. [Crossref](#)

29. Nawabi DH, Tucker S, Schafer KA, Zuiderbaan HA, Nguyen JT, Wickiewicz TL, Imhauser CW, Pearle AD. ACL Fibers Near the Lateral Intercondylar Ridge Are the Most Load Bearing During Stability Examinations and Isometric Through Passive Flexion. *Am J Sports Med* 2016;44(10):2563–71. [Crossref](#)
30. Araujo PH, Asai S, Pinto M, Protta T, Middleton K, Linde-Rosen M, Irrgang J, Smolinski P, Fu FH. ACL graft position affects in situ graft force following ACL reconstruction. *J Bone Joint Surg* 2015;97-A(21):1767–73. [Crossref](#)
31. Pınar H, Tatari H. Tek demet ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu. İçinde: Tandoğan NR, Kayaalp A, editörler. *Ön Çapraz Bağ Cerrahisinde Güncel Kavramlar*. Ankara: Yeni Fersa Matbaası; 2014; ss.71–92.
32. Rue JPH, Lewis PB, Parameswaran AD, Bach BR Jr. Single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: Technique overview and comprehensive review of results. *J Bone Joint Surg* 2008;90(Suppl 4):67–74. [Crossref](#)
33. Moulton SG, Steineman BD, Haut Donahue TL, Fontboté CA, Cram TR, LaPrade RF. Direct versus indirect ACL femoral attachment fibres and their implications on ACL graft placement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(1):165–71. [Crossref](#)
34. Forsythe B, Lansdown D, Zuke WA, Verma NN, Cole BJ, Bach BR Jr, Inoue N. Dynamic 3-Dimensional Mapping of Isometric Anterior Cruciate Ligament Attachment Sites on the Tibia and Femur: Is Anatomic Also Isometric? *Arthroscopy* 2018;34(8):2466–75. [Crossref](#)