



## Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu için tek veya çift tünel tekniklerine göre hazırlanan otogreftlerde tendon-kemik tünel temas yüzeylerinin karşılaştırılması

A comparison between tendon-bone contact areas of autografts prepared for single or double tunnel anterior cruciate ligament reconstructions

İlhan Özkan, Bülent Alparslan, Emre Çullu, Öner Şavk, Murat Muştu  
Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

**Amaç:** Hamstring tendonları ile tek bant (tek femoral-tibial tünel) ve çift bant (çift femoral-tibial tünel) ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonları varsayılarak hazırlanan greftlerde yüzey ölçümleri ile tendon-kemik tünel temas yüzeyleri hesaplandı.

**Gereç ve yöntem:** Çalışmada, artroskopik ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılan 24 hastada otogreft olarak alınan semitendinosus tendonu kullanıldı. Rekonstrüksiyon için kullanılabilir greft boyu belirlendikten sonra, greftler ortadan ikiye bölünerek iki ayrı bant elde edildi. Her bant ortadan ikiye katlanarak distal kısımlarına iki adet Ti-Cron dikiş konuldu. Ölçme tüpleri ile greft kalınlığı, greftlerin distal ve proksimal çapları, her iki bant birarada tutularak tek bant şeklinde ve ayrı ayrı ölçüldü. Greftlerin kemik tünel içersinde 10 mm ilerletileceği varsayılarak her iki bant birarada tutularak femoral ve tibial tünel temas yüzeyleri (FTY ve TTY); her iki bant için ayrı yapılan ölçümlerde de femoral ve tibial tünelin toplam temas yüzeyleri (TFTY ve TTTY) hesaplandı. Bulunan değerler karşılaştırıldı.

**Bulgular:** Tek bant tekniği için hesaplanan FTY ve TTY ortalamaları sırasıyla 280.8 mm<sup>2</sup> ve 305.6 mm<sup>2</sup> bulundu. İki bant tekniğinde, her bir bant için elde edilen TFTY ve TTTY ortalamaları ise sırasıyla 392.7 mm<sup>2</sup> (artış %39.9) ve 419.3 mm<sup>2</sup> (artış %37.2) idi. İstatistiksel değerlendirmede, FTY ile TFTY ve TTY ile TTTY ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görüldü (p=0.000).

**Sonuç:** İki bant tekniğinde, femoral ve tibial tünel temas yüzeylerindeki artışların greftin kemik tünel içersinde daha iyi tutunmasına katkıda bulunacağını, iyileşme sürecini hızlandıracağını ve rekonstrüksiyonu biyomekanik yönden sağlamlaştıracağını düşünüyoruz.

**Anahtar sözcükler:** Ön çapraz bağ/yaralanma/cerrahi; artroskopi; biyomekanik; diz yaralanması; dikiş teknikleri.

**Objectives:** We calculated tendon graft-bone contact areas of hamstring autografts prepared for single-bundle (single femoral-tibial tunnel) or double-bundle (double femoral-tibial tunnels) anterior cruciate ligament (ACL) reconstructions.

**Materials and methods:** Semitendinosus tendons were obtained from 24 patients during ACL reconstruction. After determination of the proper graft lengths for a presumable ACL reconstruction, the grafts were divided into two equal bundles and two Ti-Cron sutures were placed at the distal end of each bundle. The proximal and distal radii of the grafts were measured with the help of graft sizing tubes both separately for two individual bundles and then for two bundles placed together. The overall graft-bone tunnel contact areas were calculated assuming that a 10 mm of each bundle would be inserted into the bone tunnel; thereafter, total graft contact areas obtained in the femoral and tibial tunnels were compared between single- and double-bundle applications.

**Results:** The mean femoral and tibial contact areas in the single-bundle technique were 280.8 mm<sup>2</sup> and 305.6 mm<sup>2</sup>, respectively. The mean contact areas for double-bundle applications were 392.7 mm<sup>2</sup> for the femoral and 419.3 mm<sup>2</sup> for the tibial tunnels, with increases by 39.9% and 37.2%, respectively. Increases in the contact areas were significantly different for the double-bundle technique (p=0.000).

**Conclusion:** Increased graft contact areas both in the femoral and tibial tunnels by the use of the double-tunnel technique may provide a better graft-bone attachment, a more rapid healing, and promote the biomechanical strength of ACL reconstructions.

**Key words:** Anterior cruciate ligament/injuries/surgery; arthroscopy; biomechanics; knee injuries; suture techniques.

• Geliş tarihi: 19.11.2004 Kabul tarihi: 29.11.2004

• İletişim adresi: Dr. İlhan Özkan, Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, 09100, Aydın.  
Tel: 0256 -212 00 20 / 124 Faks: 0256 - 214 59 88 e-posta: iozkan@superonline.com

• (Özkan, Çullu) Doç. Dr.; (Alparslan) Prof. Dr.; (Muştu) Asist. Dr.

Günümüzde ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonlarında en sık kullanılan otolog greft, kemik-patellar tendon-kemik ve hamstring tendonlarıdır.<sup>[1,2]</sup> Kemik-patellar tendon-kemik otogrefti uygulanan olgularda tibial ve femoral tünellerde kemik-kemiğe bir iyileşme söz konusu iken, hamstring tendonu kullanılan olgularda tendonun kemik tünel içerisinde iyileşmesi söz konusudur. Kemik-kemiğe iyileşmenin yaklaşık altı hafta sürdüğü, kemik tünelde tendon iyileşmesinin ise bu süreden biraz daha uzun olduğu (6-8 hafta) bildirilmiştir.<sup>[2]</sup> Bu durum, iyileşme süreci açısından kemik-patellar tendon-kemik otogreftlerine bir avantaj sağlamaktadır.

Ön çapraz bağ, anatomik olarak tek bir bağ gibi görülmesine karşın anteromedial ve posterolateral olmak üzere iki ayrı fonksiyonel banttandır. Femur ve tibia yapışma bölgelerindeki anatomik özellikleri göz önüne alındığında, tek tibial ve tek femoral tünel ile yapılan ÖÇB rekonstrüksiyonlarında hiçbir zaman gerçek ÖÇB yapışma özellikleri tam olarak sağlanamamaktadır. Tek bant tekniği ile yapılan ÖÇB rekonstrüksiyonlarında temelde anteromedial bant rekonstrüksiyonunda edilmektedir. Cerrahi alet ve tekniklerdeki gelişmeler artroskopik ÖÇB rekonstrüksiyonunun iki ayrı bant halinde yapılmasını olası kılmıştır.<sup>[3-5]</sup> Çift tibial ve çift femoral tünel açılarak yapılacak bir rekonstrüksiyon, ÖÇB'nin çift bantlı anatomik yapısına daha fazla benzerlik gösterecektir. Çift bant tekniği ile ÖÇB rekonstrüksiyonunun biyomekanik yönden de avantajlı olduğu ortaya konmuştur.<sup>[6]</sup>

Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonlarında, tibial ve femoral kemik tünellerde greftin iyileşme sürecini etkileyen etkenlerden biri de greftin tünel içinde temas ettiği yüzeyin genişliğidir.

Çalışmamızda greft hazırlama aşamasında, hamstring tendon greftlerinin yüzey ölçümleri ÖÇB rekonstrüksiyonu tek bant (tek femoral-tek tibial tünel) veya çift bant (çift tibial-çift femoral tünel) teknikleri uygulanabilecek şekilde ayrı ayrı yapıldı. Kemik tünel ile tendon temas yüzeyi açısından iki teknik arasındaki farklar araştırıldı.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada, artroskopik ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılan 24 olguda (23 erkek, 1 kadın; ort. yaş 29) otogreft olarak semitendinosus tendonu kullanıldı. Tendonlar tüberositas tibianın yaklaşık 3

cm medialinde oblik olarak yapılan 3 cm'lik insizyondan alındı.

Tendon grefti Acufex seti kullanılarak (Acufex Microsurgical, Mansfield, MA, ABD) rekonstrüksiyona hazırlandı. İlk olarak, tendonların boyları ölçülerek kullanılabilir greft boyu belirlendi; sonra, greftler tam ortadan kesilerek eşit uzunlukta iki ayrı bant elde edildi. Her bir bant orta noktadan kendi üzerinde ikiye katlanarak serbest olan uçlara, 2 numara Ti-Cron (Sherwood Medical, St. Louis, MO, ABD) kullanılarak Krackow tekniği ile iki adet dikiş konuldu. Daha sonra, greftin serbest olan ucunun 1.5 cm proksimalinden başlayarak distale doğru 0.5 cm aralıkla Ti-Cron ile, üç adet Krackow dikişi konuldu. İkinci Ti-Cron için kullanılan üç adet Krackow dikişi, greftin diğer yüzünden ve ilk konulan dikişin proksimal kısmının 3-4 mm proksimalinden başlatıldı. Yukarıda anlatılan hazırlıklar sonunda, uçlarında iki adet 2 numara Ti-Cron dikiş bulunan iki ayrı greft elde edildi. Greftlerin kapalı halka olan üst uçlarından bir adet 5 numara Ti-Cron dikiş geçirildi. Çift bant şeklinde ÖÇB rekonstrüksiyonu için planlanan greftlerin proksimal ve distal uçlarının kalınlıkları greft kalınlığı ölçme tüpleri ile ölçülerek kaydedildi (Şekil 1a). Bu tüplerin çapları 5 mm'den başlayarak, 0.5 mm artışla 10 mm'ye kadar değişmektedir. Daha sonra, tek bant ÖÇB rekonstrüksiyonu için planlanan iki ayrı bant yan yana getirilerek proksimal ve distal uçların kalınlıkları aynı yöntemle ölçüldü (Şekil 1b). Tüm ölçümler aynı araştırmacı tarafından yapıldı.

Bu şekilde, tek bir olgudan alınan greftler ile, çift bant veya tek bant teknikleri uygulanacakmış gibi, hem iki tibial ve iki femoral tünelin çapları; hem de tek bant tekniği için tek femoral ve tibial tünel çapları hesaplandı. Daha sonra, tek ve çift tünel uygulamalarında greft-kemik tünel temas yüzeyini karşılaştırabilmek amacıyla, tüm tendonların kemik tünel içinde 1 cm uzunlukta yerleştirileceği varsayılarak temas yüzeyleri hesaplandı. Silindir şeklindeki greftin çevresi, çapının  $\pi$  (3.14) sayısı ile çarpılmasıyla bulundu. Greftin tünel içindeki uzunluğu 10 mm kabul edildiğinden, silindir şeklindeki greft yüksekliği de 10 mm olarak kabul edildi. Böylece dairesel alan 10 mm ile çarpılarak greftin tünel içindeki temas yüzeyi milimetre kare cinsinden hesaplandı.

Çift bant tekniği için hazırlanan greftlerde, iki femoral temas yüzeyi toplanarak "toplam femoral

temas yüzeyi" (TFTY); iki tibial temas yüzeyi toplanarak "toplam tibial temas yüzeyi" (TTTTY) bulundu.

Çift bant tekniği düşünülerek hazırlanmış greftlerde hesaplanan TFTY ve TTTTTY ortalamaları, sırasıyla tek bant tekniği düşünülerek hazırlanmış greftlerde elde edilen femoral temas yüzeyi (FTY) ve tibial temas yüzeyi (TTY) ortalamaları ile karşılaştırıldı. İstatistiksel değerlendirmelerde t-testi kullanıldı.

### BULGULAR

Her bir olguda greftin tek veya çift bant tekniklerine göre yapılan proksimal ve distal çap ölçümlerinde, tek bant tekniği için hesaplanan FTY ve TTY ortalamaları sırasıyla 280.8 mm<sup>2</sup> ve 305.6 mm<sup>2</sup> bulundu. İki bant tekniğinde, her bir bant için elde edilen TFTY ve TTTTTY ortalamaları ise sırasıyla 392.7 mm<sup>2</sup> ve 419.3 mm<sup>2</sup> idi. İki bant tekniği için hazırlanan tünellerde, femoral ve tibial temas yüzey alanlarının sırasıyla ortalama %39.9 ve %37.2 arttığı saptandı. İstatistiksel değerlendirmede, FTY ile TFTY ve TTY ile TTTTTY ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu görüldü (p=0.000).

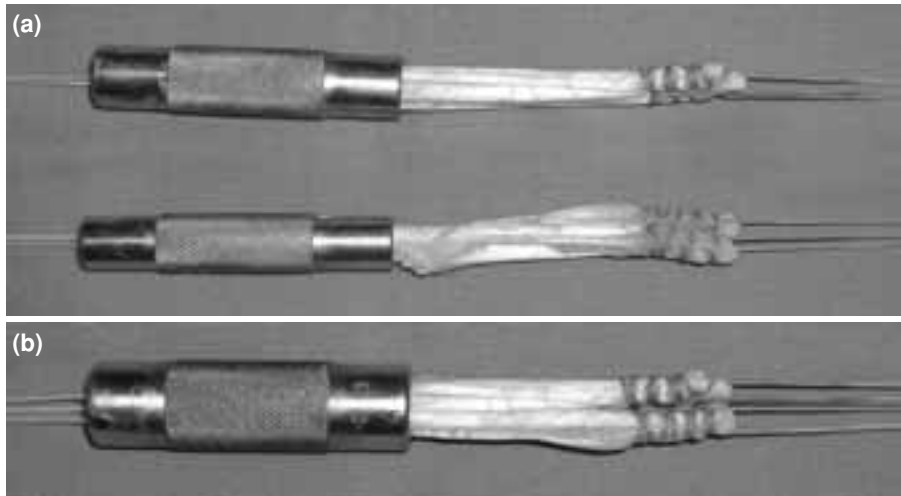
### TARTIŞMA

Günümüzde ÖÇB cerrahisinde en çok kullanılan greftler, otolog kemik-patellar tendon-kemik grefti ve hamstring tendon greftleridir.<sup>[1,2]</sup> Hamstring tendon otogrefti kullanılan olgularda tendonun kemik tünel içerisindeki iyileşme süreci cerrahi girişimin başarısında önemli bir yer tutmaktadır.<sup>[7]</sup> Kemik tünelde tendon iyileşmesi üzerine et-

kili olan birçok parametre vardır. Greftin çapı, kemik tünelin çapı, greft-kemik tünel arası mesafe, kemik tünel içindeki greftin boyu ve temas yüzeyi, greftin fiksasyon tekniği, greftin gerginliği gibi etkenler, değişik oranlarda kemik tünelde kemik-tendon iyileşmesi üzerine etkide bulunmaktadır.<sup>[8-11]</sup> Bunların en önemlilerinden biri, greftin kemik tünel içindeki temas yüzeyidir. Bu açıdan, tendon greftlerinin kemik tünel içinde en az 1.5 cm uzunluğunda olması önerilmiştir.<sup>[12]</sup>

Çalışmamızda, çift bant ÖÇB rekonstrüksiyonunda greft-kemik tünel arası temas yüzeyi, tek bant tekniği ile karşılaştırıldığında femoral ve tibial tünellerde sırasıyla %39.9 ve %37.2 oranında artış göstermiştir. Bu artışın, greftin kemik tünel içinde daha iyi tutunmasını sağlayarak iyileşme sürecini hızlandıracağını ve rekonstrüksiyonu biyomekanik yönden daha sağlam hale getireceğini düşünüyoruz.

Kemik tünel içine yerleştirilen tendon ile kemik yüzeyi arasında ikinci haftadan itibaren fibröz doku oluşmaya başlamakta ve 4. ve 6. haftadan itibaren bağ dokusunda kollajen liflerin oluşumu gözlenmektedir. Bu kollajen liflerin, 12. haftada tendonu tümüyle sararak tendon ve kemik yüzey arasındaki dokuda devamlılığı sağladığı bilinmektedir. Bu bölgelerde Sharpey lifleri benzeri oluşumların meydana geldiği gösterilmiştir.<sup>[7]</sup> Sharpey lifleri, tendonların kemiğe tutunma bölgelerinde tendonun kemiğe tutunmasından sorumlu olan, kollajen yönünden zengin sağlam bağ dokusu yapılarıdır. Tendon-kemik arasındaki temas yüzeyinin art-



**Şekil 1.** (a) Çift bant şeklinde ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu için, her bir greftin proksimal ve distal uçlarının kalınlıkları greft kalınlığı ölçme tüpü ile ölçüldü. (b) Tek bant tekniği için hazırlanan iki bant yan yana getirilerek greft çapı ölçüldü.

masının, aynı zamanda tendon ile kemik arasında tutunmayı sağlayan Sharpey liflerinin sayısının da artması anlamına geleceğinden, tendon ile kemik arasında daha iyi bir tutunma sağlayacağı açıktır.

Çift bant yöntemi ile rekonstrüksiyonun ÖÇB'nin anatomik yapısına biyomekanik olarak daha fazla uyacağı robotlarla yapılan simülasyon çalışmalarında gösterilmiştir.<sup>[6]</sup> Anılan çalışmada, çift bant ÖÇB rekonstrüksiyonlarında anteromedial ve posteromedial bantlara binen yükün diz eklemi- nin farklı fleksiyon derecelerinde değiştiği gösterilmiştir.<sup>[6]</sup> Aynı çalışmada, tek ve çift bant ÖÇB rekonstrüksiyonları karşılaştırıldığında, çift bant tekniğinde diz eklemi- nin antero-posterior stabilitesinin daha iyi olduğu vurgulanmıştır.<sup>[6]</sup> Bu bulgular, çift bant tekniğinin tek bant tekniğine göre biyomekanik olarak daha avantajlı olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda, temas yüzeyinde hesaplanan artış da, biyomekanik avantajının yanında çift bant tekniğinin diğer bir avantajı olarak düşünülebilir.

Kemik tünelde tendon iyileşmesini olumlu etkileyecek yöntemler üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Amaç, kemik tünelde tendon iyileşmesinin hızlandırılması yanı sıra erken hareket ve spora erken dönüşü sağlamaktır. Çift bantlı ÖÇB rekonstrüksiyonları ile ilgili bulgularımız, ÖÇB'nin doğal iki bantlı yapısının yeniden oluşturulması yanı sıra klinik olarak hastaya daha hızlı rehabilitasyon programlarını uygulama açısından da avantaj sağlayabileceği yönündedir.

Sonuç olarak, çift tünel ÖÇB rekonstrüksiyonu tekniğinin tek tünel tekniğine göre daha fazla greft-kemik temas yüzeyi sağladığını ve bu durumun greft-kemik arasındaki iyileşme sürecini olumlu etkileyeceğini düşünüyoruz.

#### KAYNAKLAR

1. Miller SL, Gladstone JN. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin North Am* 2002;33:675-83.
2. Özkan İ, Şavk Ö, Çullu E, Alparslan B. Ön çapraz bağ cerrahisinde otogreftler. *Acta Orthop Traumatol Turc* 1997;31:269-74.
3. Marcacci M, Molgora AP, Zaffagnini S, Vascellari A, Iacono F, Presti ML. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Arthroscopy* 2003;19:540-6.
4. Takeuchi R, Saito T, Mituhashi S, Suzuki E, Yamada I, Koshino T. Double-bundle anatomic anterior cruciate ligament reconstruction using bone-hamstring-bone composite graft. *Arthroscopy* 2002;18:550-5.
5. Bellier G, Christel P, Colombet P, Djian P, Franceschi JP, Sbihi A. Double-stranded hamstring graft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2004; 20:890-4.
6. Mae T, Shino K, Miyama T, Shinjo H, Ochi T, Yoshikawa H, et al. Single- versus two-femoral socket anterior cruciate ligament reconstruction technique: Biomechanical analysis using a robotic simulator. *Arthroscopy* 2001; 17:708-16.
7. Tomita F, Yasuda K, Mikami S, Sakai T, Yamazaki S, Tohyama H. Comparisons of intraosseous graft healing between the Trauma Ocalclexor tendon graft and the bone-patellar tendon-bone graft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2001;17:461-76.
8. Yoshiya S, Kurosaka M, Ouchi K, Kuroda R, Mizuno K. Graft tension and knee stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop* 2002;(394): 154-60.
9. Grana WA, Egle DM, Mahnken R, Goodhart CW. An analysis of autograft fixation after anterior cruciate ligament reconstruction in a rabbit model. *Am J Sports Med* 1994;22:344-51.
10. O'Neill DB. Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective randomized analysis of three techniques. *J Bone Joint Surg [Am]* 1996;78:803-13.
11. Holden JP, Grood ES, Butler DL, Noyes FR, Mendenhall HV, Van Kampen CL, et al. Biomechanics of fascia lata ligament replacements: early postoperative changes in the goat. *J Orthop Res* 1988;6:639-47.
12. Shrock KB, Jackson DW. Arthroscopic management of anterior cruciate ligament-deficient knee. In: McGinty JB, Caspari RB, Jackson RW, Poehling GG, editors. *Operative arthroscopy*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1996. p. 511-30.