



Hamstring ÖÇB rekonstrüksiyonunda transtibial ve transportal TransFix® ile femoral tespitin kısa dönem klinik sonuçlarının karşılaştırılması

Fardin MIRZATOLOOEI

Urumiye Tıbbi Bilimler Üniversitesi, Ortopedi Anabilim Dalı, Urumiye, İran

Amaç: Bu çalışmanın amacı ÖÇB rekonstrüksiyonunda transtibial ve transportal TransFix® metotlarının klinik sonuçlarını karşılaştırmaktır.

Çalışma planı: Hamstring ÖÇB rekonstrüksiyonu için 168 hasta transtibial (n=88) ve transportal (n=80) TransFix® femoral tespit gruplarına ayrıldı. Hastalar klinik geçmiş ve fiziksel muayenenin yanı sıra Uluslararası Diz Dokümantasyon Komitesi (IKDC) ve Lysholm skorlaması ile 18 aylık bir zaman dilimi içinde rolimetre ile değerlendirildi.

Bulgular: IKDC skorlamasına göre transtibial gruba göre (25) transportal grupta daha fazla (37) normal diz vardı. Ortalama Lysholm skoru transtibial grupta 78.32 ± 10.7 , transportal grupta 81.41 ± 8.2 idi ($p=0.037$). Ortalama rolimetre değeri transtibial grupta 2.2 ± 1.13 mm, transportal grupta ise 1.73 ± 0.85 mm olarak kaydedildi ($p=0.002$). Son kontrolde, transtibial gruptan 20 hasta ve transportal gruptan 10 hastanın Lachman testinden 2 ya da 3 puan aldılar. Transportal grupta greft geçiş zorluğu ve posterior duvarın kırılması açısından daha fazla intraoperatif komplikasyon görüldü.

Çıkarımlar: Transportal TransFix® tekniği geleneksel transtibial tekniğine göre daha iyi klinik sonuçlar vermektedir.

Anahtar sözcükler: Ön çapraz bağ; rekonstrüksiyon; TransFix®.

TransFix® (Arthrex Inc., Naples, FL, ABD) kullanarak çapraz-pin ile tespit ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonunda giderek daha yaygın hale gelmiş ve literatürde kabul edilebilir sonuçlar veren bir tekniktir.^[1,2] Buna ek olarak, in vitro çalışmalar TransFix® süspansiyon tespit sisteminin uzama, tespit gücü ve sertlik açısından en iyi ve tahmin edilebilir sonuçları sunduğunu göstermektedir.^[3]

Geleneksel olarak, cerrahlara, femoral tünelin açılması için transtibial tekniği kullanmaları öğretilmektedir.^[4,5] Bununla birlikte, çeşitli çalışmalar tibial tünelin

dayattığı kısıtlamalardan dolayı transtibial tekniğin grefti ÖÇB'nin anatomik merkezinin yakınına merkezleyemeyeceğini savunmaktadır.^[6,7] Anatomik ÖÇB greft konumlandırma, cerrahi sonrası diz fonksiyonunun sağlanması ve ÖÇB rekonstrüksiyonunda femoro-tibial eklemin fizyolojik kinematik restorasyonu için önemli bir faktör olarak kabul edilir.^[8-10]

Literatürde transportal TransFix® tekniğinden son zamanlarda bahsedilmiş olmakla birlikte tekniğin uygulanabilirliği ve tekrarlanabilirliği ile ilgili bazı kaygılar mevcuttur. Ayrıca, nörovasküler yaralanmalar ve fe-

Yazışma adresi: Dr. Fardin Mirzatoloei, Urmia University of Medical Sciences, No. 34, Asghari Ave., Emamat Blvd., Urmia, 57199, Iran.

Tel: +98 441 - 337 36 06 e-posta: fardin_tolouei@yahoo.com

Başvuru tarihi: 13.05.2011 **Kabul tarihi:** 14.05.2012

©2012 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu
www.aott.org.tr adresinde
doi:10.3944/AOTT.2012.2679
Karekod (Quick Response Code):



moral tünelin yeterli uzunluğa ulaşması güvenlik açısından araştırılması gereken konulardır.^[11,12]

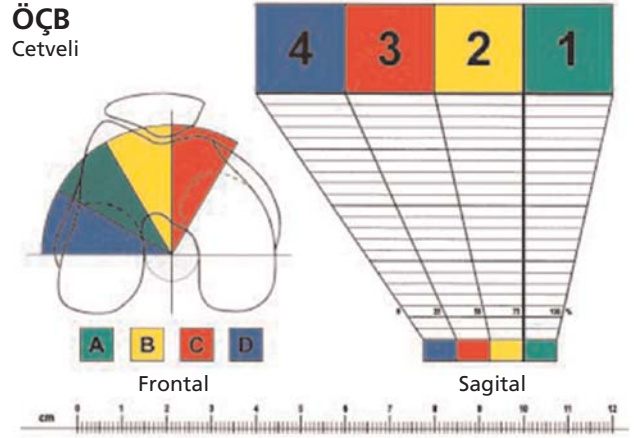
Bu çalışmanın amacı transportal TransFix® ile daha popüler olan transtibial TransFix® ÖÇB rekonstrüksiyon metodlarının kısa dönem sonuçlarını karşılaştırmaktı.

Hastalar ve yöntem

Ocak 2007 – Şubat 2009 tarihleri arasında transtibial veya transportal TransFix® tekniği kullanılarak ardışık 223 hastaya ÖÇB rekonstrüksiyonu uygulandı. Etik onay Urumiye Tıbbi Bilimler Üniversitesi Etik Komitesi tarafından verildi. Çalışmanın amacı ve prosedürleri ile ilgili sözlü ve yazılı olarak bilgilendirilen katılımcıların yazılı onamı alındı. Tüm ameliyatlar ÖÇB rekonstrüksiyonu konusunda geniş deneyime sahip aynı cerrah tarafından yapıldı.

Diz instabilitesi gösteren ÖÇB yırtığı olan ve 2 yıllık takip süresi tamamlanan genç, aktif hastalar çalışmaya dahil edilme kriterlerini oluşturdu. Eşlik eden menisküs yaralanması ve osteokondral lezyonları olan hastalar da çalışmaya katıldı. Enfeksiyonu olan, daha önce cerrahi operasyon geçiren, rekonstrüksiyon gerektiren bilateral yaralanması veya diğer bağ yaralanması olan ve 40 yaş üzeri hastalar çalışma kapsamı dışında kaldı.

Dahil edilme kriterlerini karşılayan 223 hastadan, cerrahi sonrası en az 18 aylık takibi tamamlanan 168 hastanın klinik sonuçları istatistiksel olarak analiz edildi. Seksen sekiz hastaya transtibial TransFix® ve 80 hastaya transportal TransFix® rekonstrüksiyonu uygulandı. Hastalar Uluslararası Diz Dokümantasyon Komitesi (*International Knee Documentation Committee, IKDC*) değerlendirme sistemi, Lysholm skoru ve Tegner aktivite ölçekleri kullanılarak cerrahi sonrası 2 yıl boyunca değerlendirildi. Diz stabilitesi fiziksel muayene ile kontrol edildi. Anterior gevşekliğin enstrümantal ölçümü rolimetre kullanılarak yapıldı ve normal taraf ile karşılaştırıldı. Tüm hastaların ameliyat öncesi ve sonrası standart AP çentik ve diz lateral radyografileri alındı. Tünellerin konumu Sommer'ın radyolojik parametreler yöntemi^[13] ve AP görüntüde cetvel kullanılarak değerlendirildi (Şekil 1). Tüm ölçümler bu çalışmayla ilgili olmayan iki ortopedi asistanı tarafından yapıldı. Göz-



Şekil 1. Düz radyografilerde femoral ÖÇB greft konumlamasına karar vermek için kullanılan ÖÇB cetveli. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir]

lemciler arasında anlaşmazlık olan durumlarda, kıdemli bir asistan ölçüm yaptı ve gözlemciler arası güvenilirlik kaydedildi. Dizin hareket aralığındaki herhangi bir değişiklik açölçer ile ölçüldü ve kaydedildi. Hastalar ölçeklendirme sistemlerine dayalı soruları yanıtladı ve bir hemşire soruların ardındaki kavramları açıklamak için hazır bulundu.

Transportal TransFix® tekniği Hantes ve ark.'nın^[14] tarif ettiği şekilde uygulandı (Şekil 2). Transtibial teknik orijinal üretim talimatlarına göre yapıldı. Cerrahi sonrası her iki tedavi grubuna aynı rehabilitasyon programı verildi.

İstatistiksel analiz için SPSS yazılımı kullanıldı. Farklı ölçeklendirme sistemlerinin ortalamaları ve standart sapmaları parametrik olmayan metodlarla Mann-Whitney U testi kullanılarak karşılaştırıldı. 0.05'ten düşük p değerleri anlamlı sayıldı.

Bulgular

Tablo 1, her iki grubun demografik verilerini göstermektedir. Eşlik eden menisküs yırtığı olan 36 olgudan 16'sının medial menisküsünde kova sapı yırtık vardı. Geri kalan 20 yırtığın 8'i medial menisküsün arka boynuzunda, 12'si ise lateral menisküste idi. İki grup arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark yoktu (p=0.16).

Tablo 1. Hastaların cerrahi öncesi demografik verileri.

	Yaş	Cinsiyet	Menisküs yaralanması	MRG osteokondral lezyon	Artroskopik osteokondral lezyon	Ortalama Tegner aktivite düzeyi
Transtibial	26.8	84 E, 4 K	22	40	6	5.1±0.99
Transporta	26.6	79 E, 1 K	14	32	6	5.08±1.12

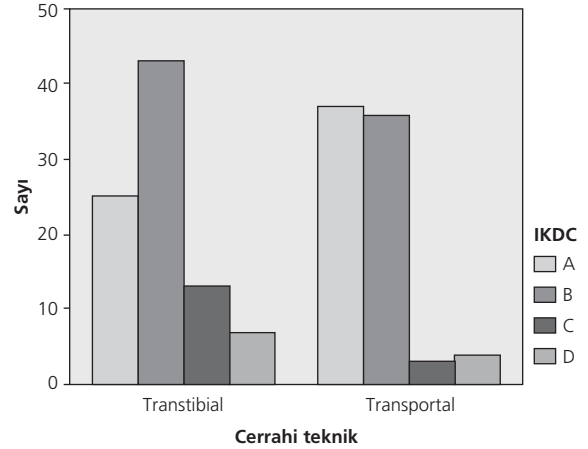


Şekil 2. U-kılavuzun anteromedial portaldan yerleştirilmesi görülmüyor. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir]

Transtibial grupta bacağı anteromedial yüzünde dizestezi ile sonuçlanan 3, transportal grupta ise 2 adet safen sinir yaralanması vardı. Başka hiçbir majör nörovasküler komplikasyon görülmedi. Transtibial grupta bir olguda implant ve greftin çıkarılması sonrası septik artrit gelişti. Bu hastanın son kontrolünde kayda değer gevşeklik ve ağrı saptandı. Transportal grupta 12 hasta TransFix® pininin uygulanma noktası üzerinde hafif ağrı ve hassasiyet şikayetinde bulundu. Pin 2 ay kadar sonra palpe edilebilmekteydi ve bir hastada pinin ikinci bir operasyonla tekrar yerleştirilmesi gerekti. Cerrahi sırasında görülen komplikasyonlar Tablo 2’de verilmiştir. Tekrarlı girişimlerle tedavi edilen komplikasyonlar daha sonra tekrar görülmedi. Transportal teknikte kaydedilen operasyon süresi (100 dk; dağılım: 70-150 dk.) transtibial tekniğe göre 20 dakika daha fazla idi (80 dk; dağılım: 60-120 dk.).

Transtibial gruptan 20, transportal gruptan 10 hastanın cerrahi sonrası birinci yıl Lachman test sonuçları pozitif 2 veya 3 çıktı. Lachman testi pozitif olan hastalarda MRG uygulandı. Transportal grupta ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası revizyon cerrahisi geçiren bir hastada greftin tam rüptürü görüldü. Lachman testi pozitif olan diğer hastalarda ise greft gevşekliği MRG ile doğrulandı. Transtibial grupta 18 hasta ve transportal grupta 10 hastanın pivot şift testleri pozitif. Rolimetre ile gerçekleştirilen gevşeklik ölçüm testinde normal taraf ile etkilenen taraf arasında transtibial grupta 2.2 ± 1.13 mm, transportal grupta ise 1.73 ± 0.85 mm’lik fark kaydedildi ($p=0.002$).

Sonuçların IKDC derecelendirmesine göre kalitatif değerlendirildi ve iki gruptaki subjektif kriter-



A: normal diz, B: normale yakın diz, C: anormal diz, D: ciddi anormal diz

Şekil 3. Cerrahi tekniğe göre IKDC skorlarının dağılımı.

ler arasında anlamlı farklar saptandı. Transportal gruptaki dizlerin %37’si, transtibial gruptakilerin ise %21’i normaldi. Transportal grupta anormal (C sınıfı) ve ciddi anormal (D sınıfı) diz sayısı daha azdı (Şekil 3). IKDC skoruna daha dikkatli bakıldığında transtibial grupta daha fazla yumuşak uç noktaları olduğu görüldü. IKDC skorundan elde edilen ağrı profili iki grup arasında anlamlı fark göstermemekteydi.

Modifiye Lysholm günlük aktivite skoru transportal teknik grubunda (ortalama: 81.41) transtibial teknik grubuna (ortalama: 78.32) göre daha iyi sonuç vermişti ($p=0.037$). Tegner skoru transportal grupta aktivite düzeyinde daha büyük artışa işaret etmekteydi de, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (Şekil 4).

Tablo 2. Transtibial ve transportal teknikte ÖÇB rekonstrüksiyon cerrahisi sırasında yaşanan komplikasyonlar.

	Bükülen tel sonucu greft geçiş yetmezliği	Posterior korteks kırılması
Transtibial grup	5	0
Transportal grup	8	5

Tablo 3. IKDC skorlarına göre gruplardaki yumuşak ve rijit uç noktalarının dağılımı.

	Yumuşak uç noktaları	Rijit uç noktaları
Transtibial grup	47	41
Transportal grup	22	58

Tablo 4. Sommer'in radyolojik parametrelerine göre femoral tarafta AP çentikte tünelin konumu.

		Girişim		Toplam
		Transtibial	Transportal	
Tünelin konumu	A Bölgesi	39	28	67
	B Bölgesi	8	20	28
	D Bölgesi		10	10
Toplam	47	58	105	

Transtibial hastaların 47'sinde transportal hastaların da 58'inde femoral tünelin yeri belirlendi (Tablo 4). Kalan olgularda femurun AP çentik görüntüsünde femoral tünelin parlaklığı yerinin belirlenmesinin tahmini için yeterli değildi. Sommer'in cetvel tekniği ile (Şekil 1), transtibial gruptaki femoral tünellerin %90'ınının B Bölgesi'nde (saat 11-12 arası) olduğu saptandı. Transportal gruptaki tünellerin %80'i ise A Bölgesi'nde iken (interkondiler çentiğe göre saat 10-11 yönünde), kalan tüneller B ve D Bölgesi'nde (saat 9 yönünde) idi (Şekil 5). Transitibal gruptaki hiçbir olguda tünel femoral çentiğe göre saat 10 yönünden daha aşağıda değildi. Gözlemciler arası güvenilirlik %85 olarak saptandı.

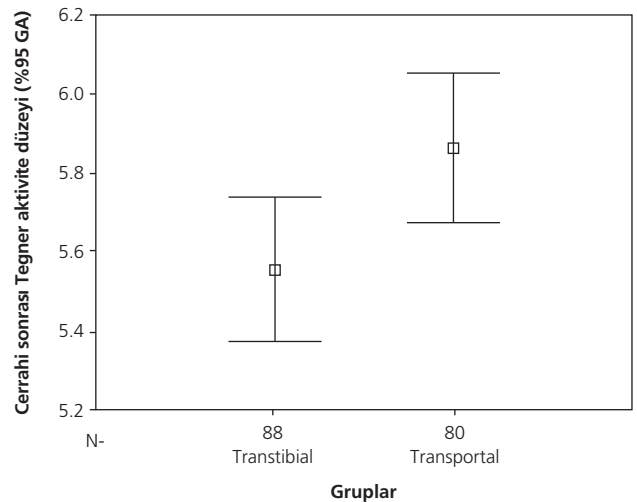
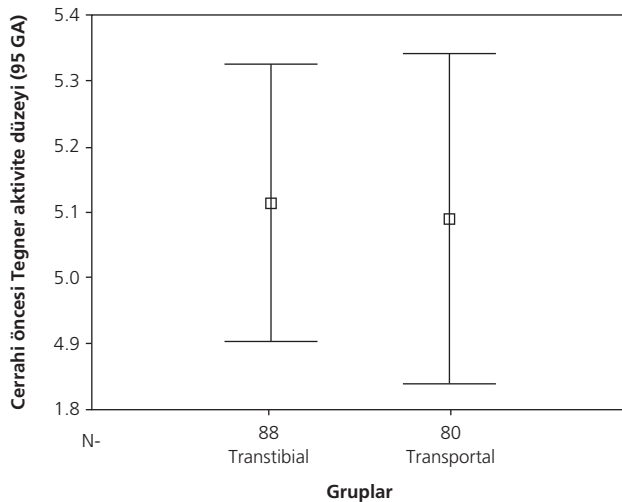
Tartışma

Kadavralar üzerinde yaptıkları çalışmada Markolf ve ark., saat 11 yönünde uzanan femoral tünellerle daha oblik olanlar arasında anlamlı fark bildirmemişlerdir.^[15] Diğer in vitro çalışmalar da greftin daha dikey konumlandığı durumlarda rotasyonel stabilitede artışa işaret etmişlerdir.^[16-18] Piasecki ve ark.^[19] grefti tibial tünelden daha oblik bir konuma yerleştirmeye çalışmış-

lardır. Laboratuvar koşullarında başarılı olmakla birlikte, gerçekte bunu başarabilmek tibia üzerinde daha titiz ve kesin başlangıç noktasına gereksinim vardır. Bunun özellikle obez hastalarda klinik uygulanabilirliğinin pek olası olmadığını düşünüyoruz. Alentorn-Geli ve ark. klinik çalışmalarında, anteromedial portalin (AMP) kullanımı ile dizde daha iyi bir stabilite ve hareket açıklığı değerlerinin elde edilebileceği ve bunun koşu sporuna dönmeyi transtibial tekniğe göre daha hızlandıracağı sonucuna varmışlardır.^[20] Bu sonuçlar çalışmamızdakilerle uyumludur.

Literatürü gözden geçirdiğimizde, bugünkü tekniklerle yapılan tek-bant ÖÇB rekonstrüksiyonunun %75-%90 arasında iyi ve mükemmel sonuç verdiğini görüyoruz.^[21-24] Çalışmamızda normal ve normale yakın IKDC sonuçları transportal grupta %91, transtibial grupta %77 oranındaydı. Transportal grupta elde etmiş olduğumuz sonuçlar, literatürde bugüne dek bildirilen en iyi ÖÇB rekonstrüksiyonu sonuçları arasındadır.

Cerrahi sonrası 24. ayda transportal grupta tekrar ameliyat edilmiş hasta oranı %2.5 (n=2) idi. Cerrahi nedeni olgulardan birinde TransFix® pininin laterale

**Şekil 4.** Cerrahi öncesi ve sonrası Tegner aktivite düzeyleri.

kayması idi. Pinin daha derine çekişilmesiyle sorun kolaylıkla çözüldü. Pinin laterale kayması TransFix® sisteminin karakteristik komplikasyonlarından biridir.^[11,12] Hasta için can sıkıcı olmasına rağmen kendi içinde yıkıcı bir komplikasyon değildir. Bununla birlikte, iliotibial bant ile lokalize ödemin sürtünmesine, bunun sonucunda da pinin yerinden çıkmasına neden olabilir. Diğer hasta ise belirgin bir travma olmadan gerçekleşen greft yetersizliğinden dolayı ÖÇB revizyonu geçirdi. Transtibial grupta ise sadece bir hasta septik artrit nedeniyle tekrar ameliyat edildi.

Transportal tekniği kullanırken karşılaşılan en önemli zorluklardan biri lateral ve postlateral yapılara zarar verme riskidir. Kadavra üzerinde yaptıkları çalışmada Pujol ve ark., lateral pinin yerleştirilmesi sırasında lateral kollateral bağın orijininin hasarlanma riskinin yüksek olduğunu ve bu riskin transportal teknik kullanımı ile arttığını göstermişlerdir.^[11] Klinik çalışmamızda bu komplikasyonla karşılaşmadık.

Hatalı pin yerleştirilmesi sonucu posterior femoral korteksin kırılması ve implant için yeterli medial kemik desteğinin olmaması da TransFix® uygulamalarında bildirilmiştir.^[26,27] Bizim serimizde buna benzer 5 komplikasyona rastlandı ve bunların tamamı transportal gruptaydı. Komplikasyonlar TransFix® U-kılavuzunun 5 mm geri çekilmesi ve TransFix® kılavuzunun daha dikine dönmüş şekilde yerleştirilmesiyle giderildi. Bu hastaların cerrahi sonrası döneminde greft yetersizliği dahil bir komplikasyon görülmedi.

Tünelin pozisyonu ÖÇB rekonstrüksiyonunun sonucunu belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Sürekli diz gevşekliği veya kısıtlı diz hareketi ile sonuçlanan başarısız ÖÇB rekonstrüksiyonu greftin uygunsuz yerleştirilmesi ile ilişkilendirilmiş, femoral tünelin lateral kondilin medial duvarının daha yakınına, saat 10 yönünde konumlanmasının tünelin interkondiler çentiğin tavanı yakınına konumlanmasına kıyasla rotatör yüklerle karşı daha dirençli olacağı literatürde gösterilmiştir.^[28] Transportal grupta aldığımız iyi sonuçları bu gruptaki femoral tünellerin daha distal konumda olmasına bağlıyoruz.

Çalışmamızın bazı kısıtlamaları bulunmaktaydı. İlk olarak, literatürde hastaların sportif aktivitelerine tam dönüşü sonrası uzun dönemde greftin tekrar yırtılabileceğine dair kaygılar bulunmaktayken, çalışmamız uzun dönem sonuçlara değinmemektedir. İkinci olarak, femoral tünellerin konumu hakkında radyolojik veri kaybına uğradık. BT taramasının yapıldığı ikinci bir çalışma her iki gruptaki tünellerin yerinin tam olarak belirlenmesine yardımcı olabilir. Son olarak, hem transtibial hem transportal grupta femoral tünel için üniform bir konum elde edebileceğimizi düşünmedik, bu da



Şekil 5. Siyah çizgi transportal teknikte B pozisyonunu (saat 10 yönü) gösteriyor.

Sommer kriterlerine göre tünellerin hastalarda farklı konumlarda olmasına yol açtı.

Sonuç olarak, Transfix® tespiti ile ÖÇB rekonstrüksiyonunda transportal metot ile transtibial metoda göre kısa dönemde daha başarılı klinik sonuçlar alınmaktadır. Transportal metottaki yüksek komplikasyon oranına rağmen, hastaların genel memnuniyet düzeyi normal dizlerin subjektif değerlendirmesi açısından daha iyiydi.

Teşekkür

Proje boyunca vermiş olduğu tavsiyeler için Dr. S. Salary'ye müteşekkirimiz. Dr. M. Tafkiki'ye teknik asistanlığı için teşekkür ederiz. Bu çalışmada kullanılan cerrahi ekipmanın temini Zomar (Arthrex Inc. firmasının distribütörü) tarafından nezaketen gerçekleştirilmiştir.

Çıkar Örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Cuomo P, Edwards A, Giron F, Bull AM, Amis AA, Aglietti P. Validation of the 65 degrees Howell guide for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2006;22:70-5.
2. Simmons R, Howell S, Hull ML. Effect of the angle of the femoral and tibial tunnels in the coronal plane and incremental excision of the posterior cruciate ligament on tension of an anterior cruciate ligament graft: an in vitro study. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85:1018-29.

3. Milano G, Mulas PD, Ziranu F, Piras S, Manunta A, Fabbriani C. Comparison between different femoral fixation devices for ACL reconstruction with doubled hamstring tendon graft: a biomechanical analysis. *Arthroscopy* 2006;22:660-8.
4. Clark R, Olsen RE, Larson BJ, Goble EM, Farrer RP. Cross-pin femoral fixation: a new technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *Arthroscopy* 1998;14:258-67.
5. Arnold MP, Kooloos J, vanKampen A. Single-incision technique misses the anatomical femoral anterior cruciate ligament insertion: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001;9:194-9.
6. Cain EL Jr, Clancy WG Jr. Anatomic endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patella tendon autograft. *Orthop Clin North Am* 2002;33:717-25.
7. Kohn D, Busche T, Carls J. Drill hole position in endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction. Results of an advanced arthroscopy course. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1998;6 Suppl 1:S13-5.
8. Hefzy MS, Grood ES, Noyes FR. Factors affecting the region of most isometric femoral attachments. Part II: the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1989;17:208-16.
9. Klos TV, Harman MK, Habets RJ, Devilee RJ, Banks SA. Locating femoral graft placement from lateral radiographs in anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of 3 methods of measuring radiographic images. *Arthroscopy* 2000;16:499-504.
10. Musahl V, Plakseychuk A, VanScyoc A, Sasaki T, Debski RE, Mc Mahon PJ, et al. Varying femoral tunnels between the anatomical foot print and isometric positions: effect on kinematics of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee. *Am J Sports Med* 2005;33:712-8.
11. Pujol N, David T, Bauer T, Hardy P. Transverse femoral fixation in anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with hamstrings grafts: an anatomic study about the relationships between the transcondylar device and the posterolateral structures of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:724-9.
12. Kokkinakis M, Ashmore A, El-Guindi M. Intraoperative complications using the Bio-Transfix femoral fixation implant in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:375-9.
13. Sommer C, Friederich NF, Müller W. Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000;8:207-13.
14. Hantes ME, Dailiana Z, Zachos VC, Varitimidis SE. Anterior cruciate ligament reconstruction using the Bio-TransFix femoral fixation device and anteromedial portal technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:497-501.
15. Markolf KL, Jackson SR, McAllister DR. A comparison of 11 o'clock versus oblique femoral tunnels in the anterior cruciate ligament-reconstructed knee: knee kinematics during a simulated pivot test. *Am J Sports Med* 2010;38:912-7.
16. Abebe ES, Kim JP, Utturkar GM, Taylor DC, Spritzer CE, Moorman CT 3rd, et al. The effect of femoral tunnel placement on ACL graft orientation and length during in vivo knee flexion. *J Biomech* 2011;44:1914-20.
17. Bowers AL, Bedi A, Lipman JD, Potter HG, Rodeo SA, Pearle AD, et al. Comparison of anterior cruciate ligament tunnel position and graft obliquity with transtibial and anteromedial portal femoral tunnel reaming techniques using high-resolution magnetic resonance imaging. *Arthroscopy* 2011;27:1511-22.
18. Brophy RH, Voos JE, Shannon FJ, Granchi CC, Wickiewicz TL, Warren RF, et al. Changes in the length of virtual anterior cruciate ligament fibers during stability testing: a comparison of conventional single-bundle reconstruction and native anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 2008;36:2196-203.
19. Piasecki DP, Bach BR Jr, Espinoza Orias AA, Verma NN. Anterior cruciate ligament reconstruction: can anatomic femoral placement be achieved with a transtibial technique? *Am J Sports Med* 2011;39:1306-15.
20. Alentorn-Geli E, Lajara F, Samitier G, Cugat R. The transtibial versus the anteromedial portal technique in the arthroscopic bone-patellar tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18:1013-37.
21. Aglietti P, Buzzi R, Giron F, Simeone AJ, Zaccherotti G. Arthroscopic-assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the central third patellar tendon. A 5-8-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997;5:138-44.
22. Hui C, Salmon LJ, Kok A, Maeno S, Linklater J, Pinczewski LA. Fifteen-year outcome of endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft for "isolated" anterior cruciate ligament tear. *Am J Sports Med* 2010;39:89-98.
23. Biau DJ, Katsahian S, Kartus J, Harilainen A, Feller JA, Sajovic M, et al. Patellar tendon versus hamstring tendon autografts for reconstructing the anterior cruciate ligament: a meta-analysis based on individual patient data. *Am J Sports Med* 2009;37:2470-8.
24. Brophy RH, Pearle AD. Single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of conventional, central, and horizontal single-bundle virtual graft positions. *Am J Sports Med* 2009;37:1317-23.
25. Fabbriani C, Milano G, Mulas PD, Ziranu F, Severini G. Anterior cruciate ligament reconstruction with doubled semitendinosus and gracilis tendon graft in rugby players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005;13:2-7.
26. Choi NH, Lee JH, Victoroff BN. Do broken cross-pins compromise stability after anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendons? *Arthroscopy* 2007;23:1334-40.
27. Chen NC, Boykin RE, Millett PJ. Broken femoral cross pin after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a case report. *J Knee Surg* 2007;20:245-8.
28. Dargel J, Schmidt-Wiethoff R, Fischer S, Mader K, Koebke J, Schneider T. Femoral bone tunnel placement using the transtibial tunnel or the anteromedial portal in ACL reconstruction: a radiographic evaluation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:220-7.