



# Hemstring otogrefti ile ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası progresif eksentrik ve konsentrik egzersiz programının fonksiyonel performansa etkisi

Gizem İrem KINIKLI<sup>1</sup>, İnci YÜKSEL<sup>1</sup>, Gül BALTACI<sup>1</sup>, Özgür Ahmet ATAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara;

<sup>2</sup>Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, hemstring otogrefti ile ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu sonrası klasik rehabilitasyon programına eklenen eksentrik ve konsentrik egzersiz programının fonksiyonel sonuçlar üzerine etkisini incelemektir.

**Çalışma planı:** ÖÇB rekonstrüksiyonu olan 33 hasta, rastgele olarak çalışma (n=16; yaş ortalaması: 33.87±8.19) ve kontrol (n=17; yaş ortalaması: 32.64±8.21) gruplarına ayrılıp aynı ÖÇB rehabilitasyon programına alındı. Çalışma grubundaki hastalara ilave olarak cerrahiden sonra 3. haftadan başlayarak Monitörize Fonksiyonel Squat Sistemi ile 12 haftalık progresif eksentrik ve konsentrik bir egzersiz programı uygulandı. Gruplar cerrahi öncesi ve 16.hafta sonrasında diz ekstansör ve fleksörlerinin izokinetik kuvveti, fonksiyonel performans (dikey sıçrama, yatay sıçrama testi) ve Lysholm Diz Ölçeği, Ön Çapraz Bağ Yaşam Kalite Anketi (ÖÇB-YKA) skorları açısından karşılaştırıldı.

**Bulgular:** Dikey sıçrama testi (p=0.012), yatay sıçrama testi (p=0.027), Lysholm diz ölçeği (p=0.002) ve ÖÇB-YKA (p=0.000) sonuçları çalışma grubunda anlamlı derecede fazlaydı. Gruplar arasında diz ekstansör ve fleksör izokinetik kuvveti açısından fark kaydedilmedi (p>0.05).

**Çıkarımlar:** Hemstring otogrefti ile ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu sonrası klasik rehabilitasyon programına eklenen eksentrik ve konsentrik egzersiz programı fonksiyonel sonuçları olumlu etkilemektedir.

**Anahtar sözcükler:** Kuvvet; sıçrama performansı; diz fonksiyonu; ön çapraz bağ, yaralanma.

Hemstring otogrefti ile ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu sık uygulanan bir cerrahi girişimdir.<sup>[1]</sup> Rekonstrüksiyon sonrası genellikle 4 ila 9 aylık bir rehabilitasyon programı uygulanır. Bununla birlikte optimal rehabilitasyon programı konusunda farklı görüşler vardır.

Güncel protokollerin büyük bölümü fonksiyonel egzersizler üzerinde yoğunlaşırken, kuvvetlendirmeye

yönelik egzersizleri değerlendiren çalışmaların sayısı nispeten azdır.<sup>[2-5]</sup> Kas kuvvetinin sağlıklı ekstremiteye göre %90 oranında geri kazanıldığı başarılı bir rehabilitasyon programı sonrasında bile hastaların eski aktivite seviyelerine dönmede zorlandıkları bildirilmektedir.<sup>[6-9]</sup>

Standart rehabilitasyon egzersizleri hem konsentrik, hem de eksentrik egzersizleri içermektedir.<sup>[10]</sup> ÖÇB re-

**Yazışma adresi:** Dr. Fzt. Gizem İrem Kınıklı, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, 06100 Samanpazarı, Ankara.

Tel: +90 312 – 305 23 96 e-posta: gizemirem83@yahoo.com

**Başvuru tarihi:** 01.11.2013 **Kabul tarihi:** 18.03.2014

©2014 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu  
www.aott.org.tr adresinde  
doi: 10.3944/AOTT.2014.13.0111  
Karekod (Quick Response Code)



konstrüksiyonu sonrasında erken dönemde başlanan ve giderek arttırılan eksentrik ve konsentrik egzersiz programının fonksiyonel sonuçları olumlu yönde etkileyeceği varsayımını kurduk.

Çalışmada hemstring otogrefti ile ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu sonrası klasik rehabilitasyon programına eklenen eksentrik ve konsentrik egzersiz programının fonksiyonel sonuçlar üzerine etkisinin incelenmesi amaçlandı.

## Hastalar ve yöntem

Çalışma lokal etik komite tarafından onaylandı. Hastalar, çalışma öncesi çalışma konusunda bilgilendirildi ve tümünün yazılı onamı alındı.

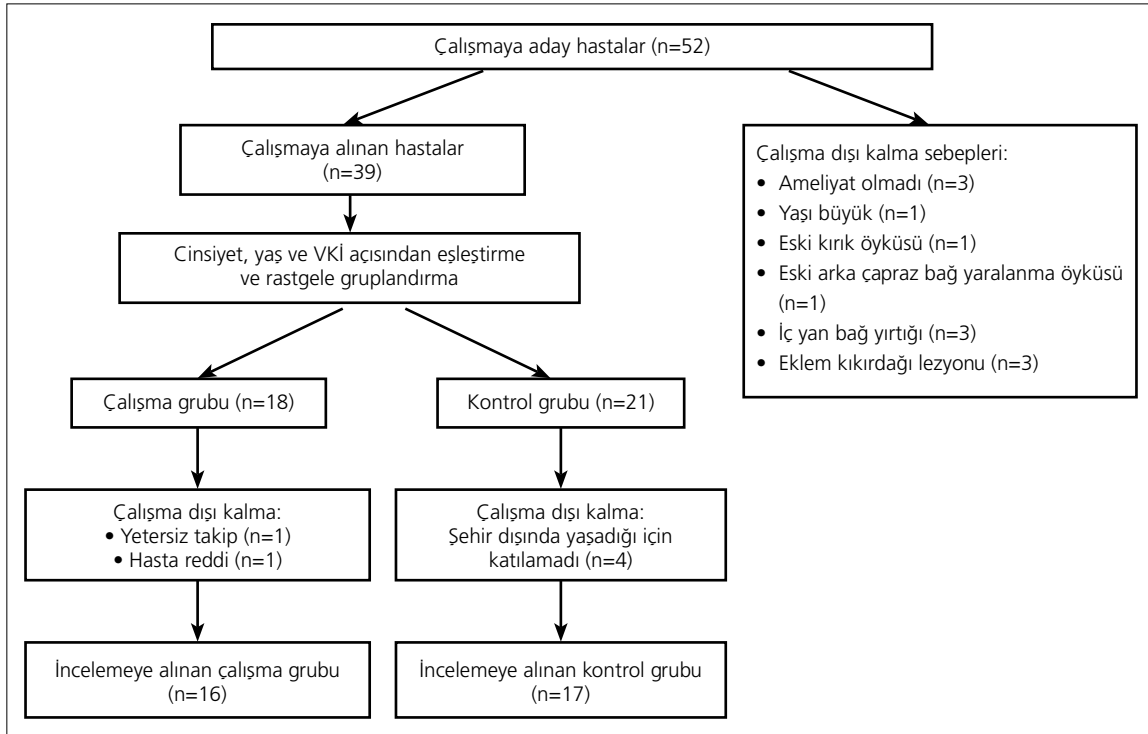
Şubat 2010 ve Mayıs 2012 tarihleri arasında aynı cerrah tarafından otolog semitendinosus ve grasilis tendon greftleri kullanılarak artroskopik tek tarafı ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılmış olan 33 hasta (31 erkek, 2 kadın; ort. yaş:  $33.24 \pm 8.10$ ) çalışma gruplarını oluşturdu. Çalışmaya yalnızca 18 ila 44 yaş arasında olup, son 40 gün ila 6 ay içinde ÖÇB yaralanması geçiren ve Tegner aktivite skoru 4 veya üzerinde olan hastalar alındı. Eşlik eden bağ veya menisküs yaralanması olan ve geçirilmiş diz cerrahisi hikayesi bulunan hastalar çalışma dışında tutuldu. Çalışmaya alınan 33 hasta rastgele sayılar yöntemi kullanılarak ve yaş, cinsiyet ve vücut kitle indeksi parametreleri açısından eşlenerek çalışma

( $n=16$ , ort. yaş:  $33.87 \pm 8.19$ ) ve kontrol ( $n=17$ , ort. yaş:  $32.64 \pm 8.21$ ) gruplarına ayrıldı.

Hastaların grup dağılımlarının belirlenme süreci Şekil 1'deki CONSORT şemasında görülmektedir. Çalışma boyunca hastalar çalışma veya kontrol gruplarında yer alma bilgileri gizlenerek kör tutuldu. Bununla birlikte fizyoterapist çalışmada kör tutulmadı ve hangi hastanın hangi grupta olduğunu bilerek çalıştı.

Tüm hastalara Wijk ve ark. ve Majima ve ark. tarafından tanımlanan aynı ÖÇB rehabilitasyon programı uygulandı.<sup>[11,12]</sup> Hastaların ameliyat sonrası ilk 3 haftada tolere ettikleri ölçüde yük vermelerine izin verildi. Ameliyat sonrası 1. haftadan başlayıp, haftada 3 gün olmak üzere, 2 ila 3 hafta sürdürülen akut faz rehabilitasyonunda ağrı ve effüzyona yönelik bir program uygulandı. Eklem hareket açıklığına yönelik kuadriseps kapalı zincir ve yüzüstü diz ekstansiyon egzersizleri yanında düz bacak kaldırma, izometrik kuadriseps ve kalça abduksiyon ve addüksiyon egzersizleri ile kuadriseps kontrolünün artırılması amaçlandı. Bisiklet, teraband kuvvetlendirme egzersizleri, mini çömelmeler, koordinasyon ve denge egzersizlerine 3. haftadan itibaren başlanırken dirençli hareket açıklığı egzersizlerine ameliyattan 6 ila 8 hafta sonra başlatıldı.

Çalışma grubundaki hastalar kontrol grubundaki standart rehabilitasyon programı yanında çömelleme ve doğrulma sırasındaki hareket koordinasyonunu taklit



Şekil 1. Hastaların gruplara dağılımını gösteren şema.

eden, monitörize fonksiyonel çömelme sistemi (MFSS) (Monitörize Fonksiyonel Squat Sistemi, Haarlem, Hollanda) yardımıyla 12 haftalık bir progresif eksentrik ve konsentrik egzersiz programına alındı.<sup>[13-18]</sup> MFSS çömelme sırasında kuadriseps ve hamstring kaslarının eksentrik ve konsentrik olarak çalıştırılmasını ve aynı zamanda değerlendirilmesini sağlayan bir sistemdir. Hastalar monitördeki imleci takip ederek diz fleksiyon ve ekstansiyonu sırasında kaslarını koordineli olarak çalıştırırlar (Şekil 2a ve b). Uygulanan egzersiz programı "American College of Sports Medicine"nin (ACSM) dirençli egzersiz konusundaki kılavuzu dikkate alınarak hazırlandı.<sup>[10]</sup>

İlerleme için, belirli bir eklem hareket açıklığında birden fazla kaldırılamayan ağırlık olarak tanımlanan 1 maksimum tekrar (1 MT) yöntemi kullanıldı. Progresif eksentrik ve konsentrik eğitim egzersizlerine sağlam bacakla 1 MT'nin %5'i kaldırılarak başlanıp; her hafta kademeli olarak arttırılarak ameliyat sonrası 16. haftanın sonunda 1 MT'nin %50'sine ulaşıldı. Hastalara set aralarında 2-3 dakikalık dinlenme süresi verildi. Eksentrik ve konsentrik kuvvetlendirme egzersizleri her iki ekstremiteye çok eklemli kapalı kinetik sistemde bilateral eksentrik ve konsentrik olarak haftada 3 kez olmak üzere, 12 hafta boyunca uygulandı.

Bütün hastalar, cerrahi öncesi ve cerrahiden sonra 16. haftada, izokinetik ve fonksiyonel ölçümler [dikey sıçrama testi (DST), yatay sıçrama testi (YST)], Lysholm Diz Anketi (LDA) ve Ön Çapraz Bağ Yaşam Kalite Anketi (ÖÇB-YKA) açısından karşılaştırıldı. İzokinetik ve fonksiyonel testleri uygulamadan önce, hastalar 8 dakika; 65 rpm ve 0.8 watt'lık bisiklette ısındılar. Her bir hastanın yatay ve dikey sıçrama testleri 3'er kez yapıldı ve ortalamaları kaydedildi. Bütün ölçümlerde önce sağlam sonra etkilenen bacak test edildi. Test aralarında 2 dakikalık dinlenme süreleri verildi. Ekstremita Simetri İndeksi (ESİ), izokinetik ve fonksiyonel ölçümlerin hepsinde şu formüle göre hesaplandı: (etkilenen bacak/sağlam bacak)\*100.<sup>[19]</sup> Bu yöntemle, ameliyatlı taraf sağlam tarafla karşılaştırıla-

rak yetersizlik yüzde oran olarak belirlenebilir.

İzokinetik dinamometrede (Isomed 2000®, Gewerbing, Almanya), 60°/sn'lik hızda 3 submaksimal ekstansiyon ve fleksiyon konsentrik denemesini 3 maksimal deneme takip etti. Ardından 30 sn'lik dinlenme sonrası, 180°/sn'lik hızda, 3 submaksimal ve 3 maksimal deneme uygulandı. 3 denemenin ortalaması, her bir açısal velositede alınarak, diz ekstansiyon ve fleksiyonu için maksimum tork hesaplandı.

DST'de hastalar ayakları çıplak olarak etkilenen bacak duvara en yakın olacak şekilde pozisyonlandı. Diğer ayakları duvardan uzak olacak şekilde, 80°-90°'lik bir diz fleksiyonu sonrası sıçrayabildikleri kadar dikey bir şekilde yükseğe sıçrayıp ellerindeki kalemle duvarı işaretlediler. Hastaların her iki ayağı üzerine inmelerine izin verildi. Tabanla kalemin duvarda işaretlediği nokta arasındaki mesafe cm cinsinden kaydedildi.<sup>[20,21]</sup>

Yatay sıçrama testinin, ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası rehabilitasyon alan hastalarda performansı değerlendiren geçerli ve güvenilir bir test olduğu bildirilmiştir.<sup>[22,23]</sup> Hastalar test edilecek bacak üzerinde tek ayak üstünde durur, sıçrar ve aynı bacakla yere iner. Her iki başparmak hizası arasında kalan mesafe cm cinsinden yere sabitlenen bir mezura üzerinden ölçülür.

Hastalar fonksiyonlarına yönelik öz bildirimini kaydetmek için LDA ve ÖÇB-YKA anketlerini doldurdular.<sup>[24-26]</sup>

Tüm veriler SPSS 19.0 yazılımı (IBM Software, Armonk, NY, ABD) ile incelendi. Örneklem büyüklüğü ekstremita simetri indeksinin güvenilirlik katsayısı temel alınarak, en az 0.85'lik güven aralığında 1-alfa (=0.05) olarak hesaplandı. Buna göre uygun örneklem büyüklüğü 36 hasta olarak bulundu. Başlangıçtaki 52 hastanın %25'lik kaybı göz önünde bulunduruldu. Cerrahi öncesi ve cerrahiden sonra 16. haftada gruplar arasındaki fonksiyonel sonuçların ortalama farkları bağımsız örneklem t testi ile karşılaştırıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak kabul edildi.



**Şekil 2.** (a) Yarım diz bükme pozisyonunda fleksiyon. (b) Yarım diz bükme pozisyonunda ekstansiyon. [Bu şekil, derginin [www.aott.org.tr](http://www.aott.org.tr) adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

## Bulgular

Her iki grubun fiziksel özellikleri karşılaştırıldığında, gruplar arasında yaş, VKİ ve yaralanma süresi açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0.05$ ) (Tablo 1). Tanımlayıcı veriler: a) Lysholm diz ölçeği, b) İzokinetik değişkenler (diz ekstansör ve fleksörlerinin  $60^\circ/\text{sn'de}$  ve  $180^\circ/\text{sn'deki}$  zirve torkları), c) Fonksiyonel testler (dikey ve yatay sıçrama ölçümlerinin ekstremite simetri indeksleri) ve ÖÇB-YKA olarak verildi. Çalışma grubunda Lysholm diz ölçeği, dikey ve yatay sıçrama ölçümlerinin ekstremite simetri indeksleri ve ÖÇB-YKA skorlarında tedavi sonucunda sağlanan artış, kontrol grubuna göre

anlamlı olarak fazla bulundu ( $p<0.05$ ). İzokinetik kas kuvvetinde sağlanan artış açısından ise gruplar arasında bir fark bulunamadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 2).

## Tartışma

Bu çalışma varsayımımızı destekleyerek progresif ek-sentrik ve konsentrik egzersiz programının ÖÇB rehabilitasyon programına eklenmesinin Lysholm diz ölçeği, dikey ve yatay sıçrama ve ÖÇB-YKA skorları açısından tek başına ÖÇB rehabilitasyon programına göre izokinetik kas kuvveti dışındaki fonksiyonel sonuçları olumlu yönde etkilediğini göstermiştir.

**Tablo 1.** Hastaların demografik özellikleri.

	Çalışma grubu (n=16)	Kontrol grubu (n=17)	p*
Yaş (yıl)	33.87±8.19	32.64±8.21	n.s.
Vücut ağırlığı indeksi (kg/m <sup>2</sup> )	24.50±2.36	24.52±0.94	
Ameliyat bekleme süresi (ay)	2.93±2.76	3.35±2.95	

\*Bağımsız t testi, n.s. anlamlı fark yok

**Tablo 2.** Gruplardaki ameliyat öncesi ve rehabilitasyon sonrası ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.

Ölçüm sonuçları	Çalışma grubu (n=16)	Kontrol grubu (n=17)	p
Lysholm skoru (0–100)			
Cerrahi öncesi	58.25±13.84	63.29±9.80	0.240
Rehabilitasyon sonrası	88.31±3.53	80.76±8.30	0.002*
Diz fleksiyonu $60^\circ/\text{sn}$ (Nm/kg)			
Cerrahi öncesi	87.93±37.60	74.30±40.29	0.324
Rehabilitasyon sonrası	96.99±32.81	81.19±35.85	0.197
Diz fleksiyonu $180^\circ/\text{sn}$ (Nm/kg)			
Cerrahi öncesi	83.10±37.45	73.29±33.31	0.432
Rehabilitasyon sonrası	103.89±40.29	86.31±34.35	0.434
Diz ekstansiyonu $60^\circ/\text{sn}$ (Nm/kg)			
Cerrahi öncesi	60.50±26.22	64.61±27.55	0.664
Rehabilitasyon sonrası	68.82±26.58	69.54±26.27	0.664
Diz ekstansiyonu $180^\circ/\text{sn}$ (Nm/kg)			
Cerrahi öncesi	58.61±28.22	56.38±27.67	0.820
Rehabilitasyon sonrası	77.59±23.28	63.51±28.18	0.127
YST LSI (%)			
Cerrahi öncesi	76.71±7.8	75.27±9.8	0.644
Rehabilitasyon sonrası	91.14±8.6	84.58±7.4	0.027*
DST LSI (%)			
Cerrahi öncesi	60.27±9.5	69.17±23.07	0.157
Rehabilitasyon sonrası	89.18±10.36	77.25±14.98	0.012*
ÖÇB-YK			
Cerrahi öncesi	24.28±8.60	36.19±10.92	0.002*
Rehabilitasyon sonrası	56.79±1.97	51.95±3.60	0.000*

Bağımsız t testi, \* $p<0.05$ ; YST: Yatay sıçrama testi; DST: Dikey sıçrama testi; LSI: Ekstremitte Simetri İndeksi; ÖÇB-YK: Ön Çapraz Bağ-Yaşam Kalitesi Anketi.

Kuvvet yetersizliği, ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası sıklıkla karşılaşılan bir sorundur.<sup>[27,28]</sup> Bu çalışmada da farklı rehabilitasyon programlarından bağımsız olarak kuadriseps zayıflığı saptanmıştır. İzokinetik ölçümlerdeki kuvvet yetersizlikleri, uygulanan popülasyon ve yöntem dışında cerrahiden sonra geçen zamana da bağlıdır. Bilateral tedaviye bağlı olarak çalışmamızdaki hastalar, erken rehabilitasyon fazında her iki tarafta birbirine yakın kas kuvveti geliştirmiş olabilir. Yine de bulunan fonksiyonel sonuçlar izokinetik ölçümdeki kuvvet yetersizliklerini tespit etmede yeterince hassas değildir.

ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında yatay sıçrama yeteneği ile değerlendirilebilen yeterli diz kas kuvvetinin eski aktivite seviyesine dönebilme açısından önemli olduğu düşünülmektedir.<sup>[29-31]</sup> Fitzgerald ve ark. sıçrama performansının hastanın tedaviye cevabındaki değişikliğin gösterilmesinde uygun bir değerlendirme ölçütü olduğunu belirtmiştir.<sup>[32]</sup> Bu yüzden, çalışmamızda, fonksiyonel sonuçları karşılaştırmak için dikey ve yatay sıçrama testini kullandık. Ayrıca ESİ, sağlam ve ameliyatlı ekstremite-lerin karşılaştırmasında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.<sup>[7]</sup> Literatürle uyumlu olarak çalışmamızda yatay ve dikey sıçrama performanslarındaki ESİ her iki gruptaki fonksiyonel düzelmeleri göstermiştir. Bununla birlikte çalışma grubunda, dikey ve yatay sıçrama testinde sadece ÖÇB rehabilitasyonu alan kontrol grubuna oranla daha anlamlı gelişme kaydedilmiştir. Her iki grupta Lysholm diz skoru başlangıçta ortalama %61'den son ölçümde %84'e yükselmiştir. ÖÇB-YKA skorları da her iki grupta anlamlı derecede artmıştır. Çalışmamızdaki hastalarda sağlanan fonksiyonel düzelmeler literatür verileriyle de uyumludur.<sup>[33-37]</sup>

Çalışmamızın birtakım zayıf yönleri de vardır. Katılımcı sayısı örneklem sayısındaki kayba bağlı olarak azdı. Örneklem büyüklüğünün azlığı, yüksek standart sapma değerleriyle birlikte büyük bir ihtimalle gruplar arasındaki kuvvet farklılıklarının tespit edilememesine neden olmuş olabilir. Tedavi uygulamasının doğası gereği fizyoterapistin her iki gruba da kör olması sağlanamamıştır.

ÖÇB yaralanmaları alanında yeni rehabilitasyon protokollerine ihtiyaç olmadığı düşünülebilir. Birçok çalışma bu hastaların eski aktivite seviyelerine veya spora geri dönemediğini bildirmektedir.<sup>[33-37]</sup> Bu durum, ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında erken dönemde fonksiyonel performans gibi başka faktörlerin geliştirilmesinin önemini açığa çıkarır.

Çalışmamız Monitörize Fonksiyonel Squat Sistemi'nin ÖÇB rehabilitasyon programlarına eklenmesinin tek başına ÖÇB rehabilitasyon programından daha iyi fonksiyonel sonuçlar sağlayabileceğini göstermiştir.

Sonuç olarak hamstring otogrefti ile ön çapraz bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu sonrası klasik rehabilitasyon programına eklenen eksentrik ve konsentrik egzersiz programı fonksiyonel sonuçları olumlu etkilemektedir.

**Teşekkür:** Yazarlar olarak, Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı'na üniversitemize bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde sağladığı ekipmanlar açısından teşekkür ederiz.

**Çıkar örtüşmesi:** Bu çalışma, Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından desteklenmiştir (09 T12 102 001).

## Kaynaklar

1. Goldblatt JP, Fitzsimmons SE, Balk E, Richmond JC. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft. *Arthroscopy* 2005;21:791-803.
2. Thomeé R, Neeter C, Gustavsson A, Thomeé P, Augustsson J, Eriksson B, et al. Variability in leg muscle power and hop performance after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20:1143-51.
3. Neeter C, Gustavsson A, Thomeé P, Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. Development of a strength test battery for evaluating leg muscle power after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:571-80.
4. Lautamies R, Harilainen A, Kettunen J, Sandelin J, Kujala UM. Isokinetic quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008;16:1009-16.
5. Ageberg E, Roos HP, Silbernagel KG, Thomeé R, Roos EM. Knee extension and flexion muscle power after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon graft or hamstring tendons graft: a cross-sectional comparison 3 years post surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:162-9.
6. Ageberg E, Thomeé R, Neeter C, Silbernagel KG, Roos EM. Muscle strength and functional performance in patients with anterior cruciate ligament injury treated with training and surgical reconstruction or training only: a two to five-year followup. *Arthritis Rheum* 2008;59:1773-9.
7. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D, et al. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011;19:1798-805.
8. Neuman P, Kostogiannis I, Fridén T, Roos H, Dahlberg LE, Englund M. Patellofemoral osteoarthritis 15 years after anterior cruciate ligament injury--a prospective cohort study. *Osteoarthritis Cartilage* 2009;17:284-90.
9. Oiestad BE, Holm I, Aune AK, Gunderson R, Myklebust

- G, Engebretsen L, et al. Knee function and prevalence of knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study with 10 to 15 years of follow-up. *Am J Sports Med* 2010;38:2201-10.
10. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:364-80.
  11. Wilk KE, Reinold MM, Hooks TR. Recent advances in the rehabilitation of isolated and combined anterior cruciate ligament injuries. *Orthop Clin North Am* 2003;34:107-37.
  12. Majima T, Yasuda K, Tago H, Tanabe Y, Minami A. Rehabilitation after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 2002;397:370-80.
  13. Maffiuletti NA, Bizzini M, Schatt S, Munzinger U. A multi-joint lower-limb tracking-trajectory test for the assessment of motor coordination. *Neurosci Lett* 2005;384:106-11.
  14. Ozer D, Senbursa G, Baltacı G, Hayran M. The effect on neuromuscular stability, performance, multi-joint coordination and proprioception of barefoot, taping or preventative bracing. *Foot (Edinb)* 2009;19:205-10.
  15. Balci P, Tunay VB, Baltacı G, Atay AO. The effects of two different closed kinetic chain exercises on muscle strength and proprioception in patients with patellofemoral pain syndrome. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2009;43:419-25.
  16. Tunay VB, Baltacı G, Atay AO. Hospital-based versus home-based proprioceptive and strengthening exercise programs in knee osteoarthritis. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2010;44:270-7.
  17. Yosmaoğlu HB, Baltacı G, Kaya D, Ozer H, Atay A. Comparison of functional outcomes of two anterior cruciate ligament reconstruction methods with hamstring tendon graft. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2011;45:240-7.
  18. Yosmaoğlu HB, Kaya D, Guney H, Nyland J, Baltacı G, Yuksel I, et al. Is there a relationship between tracking ability, joint position sense, and functional level in patellofemoral pain syndrome? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21:2564-71.
  19. Myer GD, Schmitt LC, Brent JL, Ford KR, Barber Foss KD, Scherer BJ, et al. Utilization of modified NFL combine testing to identify functional deficits in athletes following ACL reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 2011;41:377-87.
  20. Järvelä T, Kannus P, Latvala K, Järvinen M. Simple measurements in assessing muscle performance after an ACL reconstruction. *Int J Sports Med* 2002;23:196-201.
  21. Risberg MA, Ekland A. Assessment of functional tests after anterior cruciate ligament surgery. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;19:212-7.
  22. Daniel DM, Malcom L, Stone ML, Perth H, Morgan J, Riehl B. Quantification of knee stability and function. *Contemp Orthop* 1982;5:83-91.
  23. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther* 2007;87:337-49.
  24. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 1982;10:150-4.
  25. Celik D, Coşkunsu D, Kiliçoğlu O. Translation and cultural adaptation of the Turkish Lysholm knee scale: ease of use, validity, and reliability. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471:2602-10.
  26. Mohtadi N. Development and validation of the quality of life outcome measure (questionnaire) for chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Am J Sports Med* 1998;26:350-9.
  27. Bizzini M, Gorelick M, Munzinger U, Drobny T. Joint laxity and isokinetic thigh muscle strength characteristics after anterior cruciate ligament reconstruction: bone patellar tendon bone versus quadrupled hamstring autografts. *Clin J Sport Med* 2006;16:4-9.
  28. de Jong SN, van Caspel DR, van Haeff MJ, Saris DB. Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions. *Arthroscopy* 2007;23:21-8.
  29. Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. Ability of a new hop test to determine functional deficits after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004;12:350-6.
  30. Eitzen I, Holm I, Risberg MA. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med* 2009;43:371-6.
  31. Pinczewski LA, Lyman J, Salmon LJ, Russell VJ, Roe J, Linklater J. A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. *Am J Sports Med* 2007;35:564-74.
  32. Fitzgerald GK, Lephart SM, Hwang JH, Wainner RS. Hop tests as predictors of dynamic knee stability. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001;31:588-97.
  33. Petschnig R, Baron R, Albrecht M. The relationship between isokinetic quadriceps strength test and hop tests for distance and one-legged vertical jump test following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;28:23-31.
  34. Dauty M, Tortellier L, Rochcongar P. Isokinetic and anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings or patella tendon graft: analysis of literature. *Int J Sports Med* 2005;26:599-606.
  35. Schmitt LC, Paterno MV, Hewett TE. The impact of quadriceps femoris strength asymmetry on functional

- performance at return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012;42:750-9.
36. Xergia SA, Pappas E, Zampeli F, Georgiou S, Georgoulis AD. Asymmetries in functional hop tests, lower extremity kinematics, and isokinetic strength persist 6 to 9 months following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 2013;43:154-62.
37. Lentz TA, Zeppieri G Jr, Tillman SM, Indelicato PA, Moser MW, George SZ, et al. Return to preinjury sports participation following anterior cruciate ligament reconstruction: contributions of demographic, knee impairment, and self-report measures. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012;42:893-901.