

ORIGINAL ARTICLE

Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası pliometrik eğitimin kas kuvveti ve fonksiyon üzerine etkisi: randomize kontrollü çalışma

Serdar DEMİRCİ¹, Taha İbrahim YILDIZ², Gülcan HARPUR², Burak ULUSOY³, Leyla ERASLAN², Fatma Bilge ERGEN⁴, Egemen TURHAN⁵, Volga BAYRAKCI TUNAY²

Amaç: Bu çalışma, ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (ÖÇBR) sonrası pliometrik eğitimin kas kuvveti ve fonksiyon üzerine etkisini araştırmak amacıyla yapıldı.

Yöntem: Çalışmaya, ÖÇBR sonrası 12 haftalık rehabilitasyon programını tamamlayan 25 erkek birey dahil edildi. Katılımcılar randomize kontrollü olarak 2 gruba ayrıldı. Birinci gruba (n=13, yaş: 20,15±3,36 yıl) kuvvetlendirme programı ve buna ek olarak 8 hafta boyunca haftada 3 gün pliometrik eğitim programı verildi. İkinci gruba (n=12, yaş: 23,41±5,21 yıl) sadece kuvvetlendirme programı verildi. Her iki grubun da eğitim öncesi ve sonrası kas kuvveti ölçüldü. Ayrıca eğitim sonunda her iki gruba da tek bacak öne sıçrama testi, *International Knee Documentation Committee* (IKDC) ve Tampa Kinezyofobi Ölçeği uygulandı.

Bulgular: Her iki grupta da eğitim sonrası quadriceps kas kuvvetinde artış görülürken (p<0,05), hamstring kas kuvveti sadece pliometrik eğitim verilen grupta arttı (p=0,001). Kas kuvvetinin gelişimi, tek bacak öne sıçrama testi, IKDC anketi ve Tampa Kinezyofobi Ölçeği sonuçlarının gruplar arası karşılaştırılmasında, tüm ölçümlerde pliometrik eğitim verilen grup lehine istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0,05).

Sonuç: Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası pliometrik eğitimin kas kuvveti, dizle ilgili fonksiyonel sonuçlar ve psikososyal durum üzerine pozitif etkileri vardır.

Anahtar kelimeler: Pliometrik egzersiz, Ön çapraz bağ, Kuvvet, Fonksiyon.

The effect of plyometric training on muscle strength and function after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial

Purpose: The aim of this study was to investigate the effect of plyometric training on muscle strength and function after anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR).

Methods: Twenty-five male subjects who completed 12 weeks of rehabilitation after ACLR were included in the study. The participants were randomly divided into two groups. The first group (n=13, age: 20.15±3.36 year) received a strengthening program and an additional plyometric training program 3 days a week for 8 weeks. The second group (n=12, age: 23.41±5.21 year) received only the strengthening program. Muscle strength was measured before and after training in both groups. In addition, one leg hop test, the International Knee Documentation Committee (IKDC) and Tampa Kinesiphobia Scale were applied to both groups at the end of the training.

Results: In both groups, there was an increase in quadriceps muscle strength after training (p<0.05), whereas hamstring muscle strength increased only in plyometric training group (p=0.001). In the comparison of muscle strength improvement, one-leg hop test, IKDC questionnaire and Tampa Kinesiphobia Scale results between the groups, a statistically significant difference was found in favor of the plyometric training group in all measurements (p<0.05).

Conclusion: Plyometric training after anterior cruciate ligament reconstruction has positive effects on muscle strength, knee functional outcomes and psychosocial status.

Keywords: Plyometric exercise, Anterior cruciate ligament, Strength, Function.

1: Balıkesir University, Faculty of Health Science, Physiotherapy and Rehabilitation Department, Balıkesir, Turkey

2: Hacettepe University, Faculty of Physical Therapy and Rehabilitation, Ankara, Turkey

3: Karatekin University, Faculty of Health Science, Physiotherapy and Rehabilitation Department, Cankiri, Turkey

4: Hacettepe University, Faculty of Medicine, Department of Radiology, Ankara, Turkey

5: Hacettepe University, Faculty of Medicine, Department of Orthopedics and Traumatology, Ankara, Turkey

Corresponding Author: Serdar Demirci: fztserdar@hotmail.com

ORCID IDs (order of authors): 0000-0002-7296-7101; 0000-0002-1779-0219; 0000-0003-2298-0807; 0000-0003-2433-8199; 0000-0003-1136-8284; 0000-0002-6368-3959; 0000-0002-1971-704X; 0000-0002-0946-9484

Received: October 25, 2019. Accepted: November 13, 2019.



Ön çapraz bağ (ÖÇB) rüptürü, en sık görülen spor yaralanmalarından biridir.^{1,2} Yaralanma sonrası genellikle cerrahi prosedür yerine getirilmektedir. Yılda yaklaşık 200.000 ÖÇB cerrahisi yapıldığı rapor edilmiştir.³ Yaralanma sonrası hastalar ağrı, bozulmuş diz fonksiyonu ve özellikle quadriceps kas kuvvet zayıflığı ve atrofi gibi problemlerle karşılaşır.⁴ Quadriceps atrofisinin, rehabilitasyon programlarına rağmen yıllarca devam ettiği gösterilmiştir.^{5,6} Bir çalışmada spora dönüş evresi olarak tanımlanan cerrahi sonrası 6. ayda quadriceps kas kuvvet defisitinin %5-30 arasında, hamstring kas kuvvet defisitinin ise %9-13 arasında değiştiği rapor edilmiştir.⁷ Çalışmalar quadriceps kas kuvvetinin fonksiyonel performans ile de pozitif yönde ilişkili olduğunu göstermektedir.⁸ Cerrahi sonrası hastaların %35-60'ı yaralanma öncesi diz fonksiyonlarına dönememektedir.⁹⁻¹² Bu sebeple ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (ÖÇBR) sonrası rehabilitasyon programları spora dönüşü sağlamada ve cerrahi sonrası riskleri azaltmada önemli bir yer tutmaktadır. Cerrahi sonrası rehabilitasyonun en önemli hedeflerinden biri quadriceps ve hamstring kas kuvvetlerinin restorasyonudur.^{2,13}

Genel olarak ÖÇB rehabilitasyonu, erken ve geç olmak üzere iki döneme ayrılmaktadır. Erken dönemde dizle ilgili (ağrı, ödem, eklem hareket kısıtlılığı, quadriceps kas kuvvet zayıflığı ve antalgik yürüyüş gibi) birincil problemlerin çözümüne odaklanılırken, geç dönemde hastanın spor faaliyetlerine dönüş hazırlığına odaklanılır. Koşma, sıçrama ve çeviklik eğitimleri geç faz rehabilitasyonun egzersiz yaklaşımlarıdır.^{13,14} Bu egzersizler alt ekstremite ekstansör kaslarının gerilme-kısalma döngüsünü tetikleyen aktiviteleri içerir ve bu da pliometrik egzersizlerin belirleyici özelliğidir.¹⁵ Sağlıklı bireylerde alt ekstremite pliometrik egzersizlerinin motor ateşlemeyi geliştirdiği, kas kuvveti ve spora ilişkili performansı artırdığı gösterilmiştir.¹⁵⁻¹⁸ ÖÇBR sonrası pliometrik egzersizler alt ekstremite kas kuvvetini ve diz fonksiyonunu geliştirerek spora dönüş oranını artırabilir ancak bu alanda yeterli çalışma yoktur.

Bu çalışma, ÖÇBR sonrası pliometrik eğitimin kas kuvveti ve fonksiyon üzerine etkisini araştırmak amacıyla yapıldı. Hipotezimiz pliometrik eğitimin kas kuvvetini

artıracağı, buna paralel olarak fonksiyonel sonuçlarda da artış görüleceği yönündeydi.

YÖNTEM

Çalışmaya, ÖÇBR sonrası 12 haftalık rutin rehabilitasyon programını tamamlayan, Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Sporcu Sağlığı Ünitesine yönlendirilen 18-32 yaş arası 25 erkek gönüllü birey katıldı. Hamstring tendon otogrefti ile ÖÇBR yapılan, cerrahi sonrası 12 haftalık rehabilitasyon programını tamamlayan, tam aktif diz ekstansiyonu ve sağlam tarafla karşılaştırıldığında $5^\circ \leq$ diz fleksiyon defisiti olan, quadriceps indeksi $\geq 60\%$ sağlayan erkek hastalar çalışmaya dahil edildi. ÖÇB'ye ek bağ yaralanması olan (arka çapraz bağ, iç/dış yan bağ), eklem kıkırdak tamiri yapılan, çift ekstremite yaralanması olan, herhangi bir nörolojik hastalığa sahip bireyler çalışma dışı bırakıldı.¹⁴

Yapılan güç analizi sonucunda (%80 güç ve %5 tip 1 hata) çalışmaya alınması gereken birey sayısı en az 22 kişi (her grupta 11 birey olacak şekilde) olarak belirlendi. Çalışma sırasında olası kayıplar göz önüne alınarak çalışmaya 25 kişi dahil edildi. Cerrahi sonrası 12 haftalık rehabilitasyon programını tamamlayan hastalar bilgisayar programı aracılığıyla, basit rastgele seçim yöntemiyle 2 gruba ayrıldı. Birinci gruba (N=13) kuvvetlendirme programı ve buna ek olarak 8 hafta boyunca haftada 3 gün pliometrik eğitim programı verildi (Tablo 1). İkinci gruba (N=12) sadece kuvvetlendirme programı verildi. Kuvvetlendirme programı olarak her iki gruba da aynı egzersizler verildi (Tablo 1). Hastalara program öncesinde sabit bisiklet ile 15 dakika ısınma, arkasından da germe egzersizleri yaptırıldı. Çalışmanın başlangıcında yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kütle indeksi gibi demografik bilgiler kayıt edildi. Çalışmaya katılan tüm olguların kas kuvveti izokinetik dinamometre ile, fonksiyon tek bacak öne sıçrama testi ve *International Knee Documentation Committee* (IKDC) anketi ile değerlendirildi. Hareket korkusu veya tekrar yaralanma korkusu spora dönüşü etkilemektedir. Bu durumu değerlendirmek için Tampa Kinezyofobi Ölçeği kullanıldı. Kas kuvvet ölçümleri eğitim öncesi ve 8 haftalık eğitim sonrasında yapılırken, diğer

Tablo 1. Pliometrik egzersiz ve kuvvetlendirme programı.

Pliometrik eğitim programı	
•	“Bilgisayarlı Fonksiyonel Squat Sistemi”nde yatay sıçrama (75 tekrar)
•	Çift ayak yana sıçrama (30 tekrar)
•	Hamle sıçrama (öne hamle yaparak makaslama sıçrama) (30 tekrar)
•	Öne, yana, arkaya ardışık sıçrama (15 tekrar)
<i>4 hafta sonra eklenen egzersizler;</i>	
•	30 cm yüksekliğinde basamağa çift ayak sıçrama (30 tekrar)
•	90° dönerek sıçrama (15 tekrar)
•	Yerinde sayıp 20 cm yüksekliğinde basamağa tek ayak sıçrama (30 tekrar)
•	Tek ayak yana sıçrama (30 tekrar)
Kuvvetlendirme programı	
•	Anterior ve lateral “plank” egzersizleri 3x10 tekrar
•	Açık kinetik quadriceps ve hamstring dirençli kuvvetlendirme egzersizi 3x10 tekrar
•	Farklı zeminlerde hamle egzersizi 3x10 tekrar
•	Farklı zeminlerde çift bacak ve tek bacak çömelme egzersizi 3x10 tekrar
•	Egzersiz lastiği ile çömelme pozisyonunda öne, yana yürüme egzersizi (40 adım)
•	Denge ve proprioseptif egzersizler

tüm ölçümler sadece 8 haftalık eğitim sonunda yapıldı.

Çalışma için gerekli etik kurul onayı Hacettepe Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu’ndan alındı (KA-180096 / 03.09.2018). Çalışma Ocak-Temmuz 2019 tarihleri arasında yapıldı ve çalışmaya katılan tüm bireylerden bilgilendirilmiş gönüllü olur formu alındı.

Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi

Quadriceps ve hamstring kas kuvveti 60°/sn açısal hızda izokinetik dinamometre (IsoMed2000 D&R GmbH, Almanya) ile değerlendirildi.¹⁹⁻²¹ Test öncesi sabit bisiklet ile 5 dakikalık bir ısınma ve 5 tekrarlı quadriceps ve hamstring germe programı verildi. Hastalar daha sonra izokinetik dinamometre koltuğuna gövde dik, kalça 90° fleksiyonda olacak şekilde oturtuldu. Test sırasında oluşabilecek kompensatuar hareketleri önlemek amacıyla sistemin bantları ile her iki omuzdan ve karından geçirilerek hastalar koltuğa sabitlendi. Dinamometrenin hareket merkezi lateral femoral kondil hizasında olacak şekilde ayarlandı. İzokinetik sistemin kuvvet kolu lateral malleolun 2 cm üzerinde olacak şekilde

sabitlendi. Konsentrik quadriceps ve hamstring kas testi 0-90° diz fleksiyon aralığında 60°/sn açısal hızda yapıldı. Teste başlamadan önce test prosedürü hastalara detaylı bir şekilde anlatıldı. Testi pratik etmek amacıyla hastalardan 5 tekrarlı olacak şekilde bacağına maksimum kuvvetle yukarı itmesi ve beklemeden hızlı ve kuvvetli bir şekilde aşağı çekmesi istendi. İki dakika dinlenme süresinden sonra 60°/sn açısal hızda 6 tekrarlı quadriceps ve hamstring konsentrik kas testi yapıldı.¹⁹⁻²²

Diz Fonksiyonunun Değerlendirilmesi

Hastaların diz fonksiyonunu değerlendirmek için, 8 haftalık eğitim sonunda tek bacak öne sıçrama testi ve IKDC anketi kullanıldı.

Tek Bacak Öne Sıçrama Testi: Hastadan test edilecek ayak üzerinde, başlangıç noktasından sıçrayabildiği kadar öne sıçraması ve kontrollü bir şekilde aynı ayak üzerinde yere inmesi istendi. Teste önce cerrahi geçirilmeyen tarafta başlandı. Sıçradığı mesafe mezura ile ölçüldü ve santimetre cinsinden kaydedildi. Test, her bacak için 3 kez tekrarlandı ve ortalaması kayıt edildi. Test sonunda bacak simetri indeksi hesaplandı ([cerrahi geçirilen ekstremite sıçrama mesafesi/sağlam taraf sıçrama mesafesi] x 100).²³ Tek bacak öne sıçrama testi 12. haftada riskli olduğu için, test sadece 8 haftalık eğitim sonunda uygulandı.

IKDC (International Knee Documentation Committee) anketi: Hastaların diz fonksiyonlarını değerlendirmek için ÖÇB yaralanmalarında geçerli güvenilir bir ölçüm olan IKDC (ICC 0,94) anketi kullanıldı. Anket, dizle ilgili semptomlar, spor ve fonksiyonel aktivitelerle ilgili 10 madde içerir. Skor 0-100 arasında değişmekte ve yüksek skor daha iyi diz fonksiyonunu göstermektedir.^{24,25}

Hareket Korkusunun Değerlendirilmesi

Tampa Kinezyofobi Ölçeği kronik kas-iskelet ağrısı olan bireylerde ağrıyla ilişkili hareket korkusunun araştırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Bireylerin harekete bağlı korku ve kaçınmasının değerlendirilmesi için Türkçe geçerlik ve güvenilirlik çalışması yapılmış olan Tampa Kinezyofobi Ölçeği kullanıldı.²⁶ Test, 17 soruluk Likert puanlaması ile hesaplanmaktadır. Birey 17-68 arası skor almakta ve puan arttıkça kinezyofobi seviyesi yükselmektedir. Bireylerden ölçeği kendilerinin doldurmaları istenerek her soru için “kesinlikle katılmıyorum”, “katılmıyorum”, “katılıyorum”,

“tamamen katılıyorum” ifadelerinden birini işaretlemeleri istendi.

İstatistiksel analiz

Verilerin analizi, “Statistical Processing For The Social Sciences Software 21.0” (SPSS Inc., Chicago, Illionis) programı kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel ve analitik yöntemler (Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk testleri) kullanılarak incelendi. Tüm bireylerin fiziksel özellikleri ortalama ve standart sapma olarak verildi. Hamstring ve quadriceps kas kuvvet sonuçlarının zamana bağlı gruplar arası değişiminin incelenmesinde tekrarlı ölçümlerde varyans analizi kullanıldı. Fonksiyonel testlerin gruplar arası analizinde Mann-Whitney U testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak alındı.

BULGULAR

Değerlendirilen hastaların demografik bilgileri Tablo 2’de gösterildi. Pliometrik eğitim öncesi grupların quadriceps ($p=0,28$) ve hamstring kas kuvvetleri ($p=0,74$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$). Pliometrik eğitim verilen grup ve kontrol grubunun eğitim öncesi ve eğitim sonrası quadriceps kas kuvvetinde sırasıyla her iki grupta da artış görülürken ($p=0,001$, $p=0,026$), hamstring kas kuvveti sadece pliometrik eğitim verilen grupta arttı ($p=0,001$). Kas kuvvet gelişiminin gruplar arası karşılaştırılmasında hem quadriceps hem de hamstring kas kuvvetinde pliometrik eğitim verilen grup lehine anlamlı fark bulundu ($p<0,05$) (Tablo 3). Tek bacak öne sıçrama testi, IKDC anketi ve Tampa kinezyofobi ölçeği sonuçlarının gruplar arası karşılaştırılmasında, tüm ölçümlerde pliometrik eğitim verilen grup lehine istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$) (Tablo 3).

TARTIŞMA

Bu çalışmada ÖÇBR sonrası 12 haftalık rehabilitasyon programını tamamlayan hastalarda, pliometrik eğitimin kas kuvveti, fonksiyon ve diğer klinik ölçümler üzerine etkileri incelendi. Gruplar arası karşılaştırmada pliometrik eğitimin, quadriceps

ve hamstring kas kuvvetini artırmada daha etkili olduğu görüldü. Aynı zamanda pliometrik eğitim verilen grupta bacak simetri indeksi ve IKDC anketi skorları daha yüksekken, hareket ve tekrar yaralanma korkusu ile ilişkili Tampa Kinezyofobi ölçeği skoru daha düşük bulundu.

Ön çapraz bağ rehabilitasyonunda karşılaşılan en büyük problem, kas atrofisi ve aktivasyon yetersizliğidir. Bu problem uzun süre devam etmektedir.^{4,5,27} Kas kuvvet yetersizliğine bağlı olarak fonksiyonel sonuçlar da olumsuz etkilenmektedir.^{8,27} Pliometrik eğitim; sıçrama performansını, kas kuvvetini, çevikliği ve hızı geliştirmede aynı zamanda diz yaralanmalarının önlenmesinde kullanılan etkili bir antrenman metodudur.¹⁵⁻¹⁷ Spora dönüşe hazırlıkta pliometrik eğitim, rehabilitasyon programı içinde önemli bir yer tutmaktadır.^{17,18} ÖÇBR sonrası farklı şiddetteki pliometrik eğitimin etkilerini inceleyen bir çalışmada; yüksek ve düşük şiddette yapılan pliometrik eğitimler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Fakat her iki yoğunlukta yapılan egzersizlerde de kas kuvvetinde, diz fonksiyonunda ve spora dönüşü destekleyen psikososyal durumda olumlu değişiklikler rapor edilmiştir.¹⁴ Pliometrik eğitimin şiddetini ayarlarken bireyin yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı, aktivite düzeyi, yaptığı spor, uygulanan cerrahi yaklaşım gibi pek çok faktör göz önünde bulundurulmalıdır.²⁸ ÖÇBR sonrası pliometrik eğitimle ilgili net bir egzersiz reçetesi tanımlanmadığından, çalışmamızda grefte zarar vermemek için pliometrik egzersizlere düşük yoğunluktan başlanarak, gelişme kaydedildikçe egzersiz yoğunluğu artırıldı.^{14,15} Literatüre bakıldığında pliometrik eğitimle ilgili çalışmalar daha çok sağlıklı grup ya da sporcular üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmalarının sonuçlarında da kas kuvveti ve sıçrama performansında artış bulunmuştur.^{17,18} Bununla birlikte daha yeni araştırmalar, pliometrik eğitimin yaralanmaların önlenmesindeki rolüne odaklanmıştır.²⁹⁻³¹ Ön çapraz bağ yaralanmalarını önleme programları içine dahil edilen pliometrik egzersizlerin, kas kuvvet üretimini artırdığı ve özellikle hamstring kas aktivitesini artırmada etkili olduğu bildirilmiştir.^{31,32} Fonksiyonel aktiviteler sırasında, hızlı bir hamstring kas kontraksiyonu yaralanmaların önlenmesinde etkili olabilmektedir.³¹ Yaptığımız çalışmada pliometrik eğitim verilen grupta quadriceps kas

Tablo 2. Demografik özellikler.

	Pliometrik Grup (N=13)		Kontrol Grubu (N=12)		p
	X±SD		X±SD		
Yaş (yıl)	20,15±3,36		23,41±5,21		0,071
Boy uzunluğu (cm)	178,92±7,56		175,25±6,98		0,313
Vücut ağırlığı (kg)	72,23±14,47		74,33±15,45		0,892
Vücut kütle indeksi (kg/m ²)	22,43±3,14		24,32±3,99		0,265

Tablo 3. Gruplar arası karşılaştırma sonuçları.

	Pliometrik Grup (N=13)		Kontrol Grup (N=12)		p
	Eğitim öncesi	Eğitim sonrası	Eğitim öncesi	Eğitim sonrası	
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	
Kas kuvveti (Nm/kg)					
Quadriceps	2,06±0,46	2,47±0,59	1,85±0,42	2,02±0,45	0,029*
Hamstring	1,41±0,23	1,71±0,34	1,39±0,24	1,46±0,20	0,011*
Fonksiyonel test					
Bacak Simetri İndeksi (%)	92,7±6,65		80,14±10,87		0,009*
IKDC anketi (skor)	86,77±8,66		76,07±9,49		0,012*
Tampa Kinezyofobi Ölçeği (skor)	31,3±4,78		36,5±4,7		0,003*

*p<0,05, Gruplar arası eğitim sonrası. IKDC: International Knee Documentation Committee.

kuvvetinde %19,9, hamstring kas kuvvetinde %21'lik bir artış elde edilirken; kuvvetlendirme eğitimi verilen grupta quadriceps kas kuvvetinde %9,1, hamstring kas kuvvetinde %5 gibi daha düşük bir artış elde edildi. Bu sonuçlara bakıldığında, literatürde yapılan çalışmalarla benzer şekilde pliometrik eğitimin kas kuvvetini artırmada etkili bir egzersiz yöntemi olduğunu söylenebilir. Pliometrik eğitimin tanımlayıcı özelliği, kas tendon ünitesinin uzaması ve bunu takiben kısılmasıdır. Buradaki kuvvet kazanımı, fizyolojik olarak kasılmadan hemen önce kasları germenin daha fazla kuvvet üretimine neden olması ile açıklanmaktadır.^{31,33} Pliometrik gruba verilen sıçrama egzersizleri sırasında quadriceps kasına bakıldığında, sıçramadan hemen önce hazırlık aşamasında gerilmekte (diz, kalça fleksiyonu) ve kasılıp boyunu kısaltarak maksimum kuvvet ortaya çıkarmaktadır. Yine sıçramadan yere iniş sırasında aynı mekanizmalar hamstring kası

için de geçerlidir. Özellikle yere inişte hamstring kası eksentrik olarak kasılarak quadriceps kasının tibiaya uyguladığı kuvveti kontrol eder ve dizin stabilizasyonunu sağlar.³² Çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında tüm bu egzersizler sırasındaki eksentrik kasılmaların kas kuvvetini artırmada etkili olduğu düşünülebilir. Daha önce yapılan çalışmalarda eksentrik kasılmaların, izometrik ve konsentrik kasılmalara göre kas kuvvetini artırmada daha etkili olduğu gösterilmiştir.^{34,35}

Tek bacak öne sıçrama test indeksine bakıldığında; gruplar arası karşılaştırmada pliometrik eğitim verilen grupta bu oran %92,7 iken, sadece kuvvetlendirme eğitimi verilen grupta bu oran %80,14 bulundu. Pliometrik eğitim verilen gruptaki oran, spora dönüşle ilgili kullanılan kriterinde üzerindedir.²⁰ Daha önce yapılan çalışmalarda pliometrik eğitimle erkeklerde, kadınlara oranla kas kuvveti ve dikey sıçrama performansında daha fazla kazanç elde edildiği gösterilmiştir.^{17,36} Yapılan

bir meta analizde ise, 10 hafta ve üzerindeki pliometrik eğitimin sıçrama performansını artırmada etkili bir antrenman şekli olduğu ve süre uzadıkça kazanımlarında artacağı rapor edilmiştir.²⁸ Çalışmamızda ise, erkek bireylere uygulanan 8 haftalık programın sonuçları olumlu bulunmuştur. Süre uzadıkça literatürle benzer şekilde kazanımların artacağı söylenebilir.

Gruplar arası karşılaştırmada, pliometrik eğitim verilen grubun ortalama IKDC anketi skoru daha yüksek bulundu ve minimal klinik anlamlılık seviyesine yakın bir fark olduğu tespit edildi.³⁷ Aynı zamanda pliometrik eğitim verilen grupta ortalama skorun, cerrahiden 1 yıl sonra spora dönen hastaların sonuçlarına yakın olduğu görüldü.^{20,38} Pliometrik eğitim verilen grupta kuvvet ve sıçrama performansındaki artış göz önüne alındığında, IKDC anketi skorları arasındaki farka bu sonuçların etki ettiği düşünülebilir. Tampa kinezyofobi ölçeği skoruna bakıldığında ise, pliometrik eğitim verilen grupta sonuçların daha düşük olduğu görüldü. Literatürde yapılan çalışmalar ÖÇBR sonrası hareket veya tekrar yaralanma korkusunun, fonksiyonel sonuçları ve spora geri dönüşü olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir.^{39,40} Pliometrik eğitimin spora dönüşle ilgili aktiviteleri içermesi ve bu aktivitelerin dereceli ve kontrollü bir şekilde uygulanmasının, bu grupta hareket ya da tekrar yaralanma korkusuyla ilgili spora dönüşü etkileyecek parametrelerde olumlu değişiklikler yarattığını söyleyebiliriz. Literatür de göz önüne alındığında düşük Tampa skorunun performanstaki pozitif artışla yakından ilişkili olduğunu düşünüyoruz.

Limitasyonlar

Çalışmaya sadece erkek bireylerin dahil edilmesi bu çalışmanın limitasyonlarından biridir. Aynı zamanda sadece 8 haftalık eğitim sonuçları paylaşılmıştır. Uzun dönem sonuçların olmaması da limitasyon olarak düşünülebilir.

Sonuç

Sonuç olarak ÖÇB rehabilitasyonu süresince kuvvetlendirme programına ek olarak verilen 8 haftalık pliometrik eğitimin kas kuvveti, dizle ilgili fonksiyonel sonuçlar ve psikososyal durum üzerine olumlu etkileri vardır. Bu sonuçlara göre; ÖÇBR sonrası planlanacak olan rehabilitasyon programı içerisine pliometrik eğitimin dahil edilmesi,

yaralanma öncesi fonksiyonel seviyeye ulaşma ve spora dönüş oranını artırmada etkili olabilir. Gelecekte ÖÇBR sonrası her iki cinsiyetin de dahil edildiği, spora dönüş oranlarının belirlendiği ve farklı tip pliometrik eğitimlerin etkilerinin araştırıldığı uzun dönem takipli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Teşekkür: Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne destekleri için teşekkür ederiz.

Finans: Çalışma hızlı destek projesi kapsamında, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (proje no: 18120).

Çıkar Çatışması: Yok

Etik Onay: Bu araştırma protokolü Hacettepe Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (sayı: KA-180096, tarih: 03.09.2018) tarafından onaylandı.

KAYNAKLAR

1. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, et al. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury–reduction regimen. *Arthroscopy*. 2007;23:1320-1325.
2. Cheatham SA, Johnson DL. Current concepts in ACL Injuries. *Phys Sportsmed*. 2010;38:61-68.
3. Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2011;27:1697-1705.
4. Van Grinsven S, Van Cingel R, Holla C, et al. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18:1128-1244.
5. Snyder-Mackler L, Delitto A, Bailey SL, et al. Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77:1166-1173.
6. Di Stasi SL, Logerstedt D, Gardinier ES, et al. Gait patterns differ between ACL-reconstructed athletes who pass return-to-sport criteria and those who fail. *Am J Sports Med*. 2013;41:1310-1318.
7. Thomas AC, Villwock M, Wojtyś EM, et al. Lower extremity muscle strength after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *J Athl Train*. 2013;48:610-620.

8. 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;42:750-759.
9. Spindler KP, Huston LJ, Wright RW, et al. The prognosis and predictors of sports function and activity at minimum six years after ACLR: a population cohort study. *Am J Sports Med.* 2011;39:348-359.
10. Morris RC, Hulstyn MJ, Fleming BC, et al. Return to play following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med.* 2016;35:655-668.
11. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, et al. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br. J. Sports Med.* 2011;45:596-606.
12. Gobbi A, Francisco R. Factors affecting return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring graft: a prospective clinical investigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:1021-1028.
13. Adams D, Logerstedt D, Hunter-Giordano A, et al. Current concepts for anterior cruciate ligament reconstruction: a criterion-based rehabilitation progression. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:601-614.
14. Chmielewski TL, George SZ, Tillman SM, et al. Low-versus high-intensity plyometric exercise during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44:609-617.
15. Chmielewski TL, Myer GD, Kauffman D, et al. Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36:308-319.
16. Behrens M, Mau-Moeller A, Bruhn S. Effect of plyometric training on neural and mechanical properties of the knee extensor muscles. *Int J Sports Med.* 2014;35:101-119.
17. De Villarreal ES-S, Requena B, Newton RU. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2010;13:513-522.
18. Hill J, Leiszler M. Review and role of plyometrics and core rehabilitation in competitive sport. *Curr Sports Med Rep.* 2011;10:345-351.
19. Zwolski C, Schmitt LC, Quatman-Yates C, et al. The influence of quadriceps strength asymmetry on patient-reported function at time of return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2015;43:2242-2249.
20. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, et al. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19:1669-1798.
21. Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, et al. Contralateral limb strength deficits after anterior cruciate ligament reconstruction using a hamstring tendon graft. *Clin Biomech.* 2007;22:543-550.
22. Harput G, Ulusoy B, Yildiz TI, et al. Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27:68-75.
23. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, et al. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys. Ther.* 2007;87:337-349.
24. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, et al. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med.* 2001;29:600-613.
25. Çelik D, Coşkunsu D, Kılıçoğlu Ö, et al. Translation and cross-cultural adaptation of the international knee documentation committee subjective knee form into Turkish. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2014;44:899-909.
26. Yılmaz ÖT, Yakut Y, Uygur F, et al. Tampa Kinezyofobi Ölçeği'nin Türkçe versiyonu ve test-tekrar test güvenilirliği. *Turk J Physiother Rehabil.* 2011;22:44-49.
27. Ageberg E, Roos HP, Silbernagel KG, et al. 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;17:162-169.
28. Stojanović E, Ristić V, McMaster DT, et al. Effect of plyometric training on vertical jump performance in female athletes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2017;47:975-986.
29. Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, et al. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med.* 2008;36:1476-1483.
30. Vescovi J, VanHeest JL. Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20:394-402.
31. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, et al. Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med.* 1996;24:765-773.
32. Tsang KK, DiPasquale AA. Improving the Q:H strength ratio in women using plyometric exercises. *J Strength Cond Res.* 2011;25:2740-

- 2745.
33. Chu DA. Jumping into plyometrics. Champaign: Hum Kinet; 1998.
 34. Hakkinen K. Effect of different combined concentric and eccentric muscle work regimens on maximal strength development. *J Hum Mov Stud*. 1981;7:33-44.
 35. Doss WS, Karpovich PV. A comparison of concentric, eccentric, and isometric strength of elbow flexors. *J Appl Physiol*. 1965;20:351-353.
 36. De Villarreal ES-S, Kellis E, Kraemer WJ, et al. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res*. 2009;23:495-506.
 37. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, et al. Responsiveness of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med*. 2006;34:1567-1573.
 38. Lentz TA, Zeppieri Jr G, George SZ, et al. Comparison of physical impairment, functional, and psychosocial measures based on fear of reinjury/lack of confidence and return-to-sport status after ACL reconstruction. *Am J Sports Med*. 2015;43:345-353.
 39. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, et al. A systematic review of the psychological factors associated with returning to sport following injury. *Br J Sports Med*. 2013;47:1120-1126.
 40. Morrey MA, Stuart MJ, Smith AM, et al. A longitudinal examination of athletes' emotional and cognitive responses to anterior cruciate ligament injury. *Clin J Sport Med*. 1999;9:63-69.