

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU 4 AY SONRASI
İZOKİNETİK EGZERSİZ EĞİTİMİNİN DİZ KAS KUVVETİNE
ETKİSİ**

Uzm. Fzt. Ayşe UZUN

**Spor Fizyoterapistliği Programı
DOKTORA TEZİ**

ANKARA

2022

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU 4 AY SONRASI
İZOKİNETİK EGZERSİZ EĞİTİMİNİN DİZ KAS KUVVETİNE
ETKİSİ**

Uzm. Fzt. Ayşe UZUN

**Spor Fizyoterapistliği Programı
DOKTORA TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Nevin ERGUN**

ANKARA

2022

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU 4 AY SONRASI İZOKİNETİK EGZERSİZ
EĞİTİMİNİN DİZ KAS KUVVETİNE ETKİSİ

Ayşe Uzun

Danışman: Prof. Dr. Nevin Ergun

Bu tez çalışması 19/12/2022 tarihinde jürimiz tarafından "Spor Fizyoterapistliği Programı" nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

- Jüri Başkanı:** **Prof. Dr. İrem Düzgün**
(*Hacettepe Üniversitesi*)
- Üye:** **Prof. Dr. Hamza Özer**
(*Gazi Üniversitesi*)
- Üye:** **Doç. Dr. Gülcan Harput**
(*Hacettepe Üniversitesi*)
- Üye:** **Prof. Dr. Gül Baltacı**
(*Kıbrıs Sağlık ve Toplum Bilimleri Üniversitesi*)
- Üye:** **Prof. Dr. H. Baran Yosmaoğlu**
(*Başkent Üniversitesi*)

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

02 Ocak 2023

Prof. Dr. Müge YEMİŞÇİ ÖZKAN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren .. ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

02/01/2023

Uzm. Fzt. Ayşe UZUN

1 “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*”

- (1) *Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*
- (2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*
- (3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir. Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir*

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Tez Danışmanım Prof. Dr. Nevin ERGUN danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Uzm. Fzt. Ayşe UZUN

TEŞEKKÜR

Doktora eğitim sürecimde kıymetli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, tezimin her aşamasında katkı ve desteğini esirgemeyen, Prof. Dr. Nevin ERGUN'a,

Tez boyunca klinik tecrübelerinden yararlanma fırsatı bulduğum, tezimin her aşamasında, klinik problem çözmede bana destek veren Prof. Dr. Gül BALTACI'ya,

Tez ile ilgili görüş ve destekleriyle bana yardımcı olan ve deneyimlerini paylaşan Prof. Dr. İrem DÜZGÜN'e

Tez olgularına ulaşmamızdaki katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Hamza ÖZER'e

Tezin istatistiksel çalışmalarını yapan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Yavuz YAKUT'a, istatistiksel yorumlama da katkılarından dolayı Doç. Dr. Gülcan HARPUT'a

Tez izleme komitesinden Prof. Dr. H. Baran YOSMAOĞLU'na,

Tezimin düzenleme aşamasında bana destek veren Uzm. Fzt. Ayşenur ÖZCAN'a,

Bu zorlu süreçte her daim destekçim olan ve beni cesaretlendiren Güven Çayyolu Sağlıklı Yaşam Kampüsü Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon bölümü ekip arkadaşlarıma,

Manevi desteklerinin esirgemeyen Gülin BAĞIRSAKÇI ve Elif ÖDEMİŞ'e,

Her zaman destek ve sevgilerini hissettiğim canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

Uzun A. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu 4 Ay Sonrası İzokinetik Egzersiz Eğitiminin Diz Kas Kuvvetine Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Fizyoterapistliği Doktora Tezi, Ankara, 2022. Bu çalışmanın amacı, Ön Çapraz Bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu geçiren bireylerde, 4. ayda verilen ve 8 hafta devam eden, izokinetik egzersiz eğitiminin diz kas kuvvetine olan etkisini incelemektir. Çalışmaya hamstring grefti ile ÖÇB rekonstrüksiyonu geçiren 20 birey dahil edildi. (yaş: 30,85±9,10 yıl, boy uzunluğu: 178,90±9,38 cm, VKİ: 25,66±2,93 kg/m²). Bireyler rekonstrüksiyon sonrası 16. haftada izokinetik sistemde değerlendirilerek egzersiz eğitimine alındı ve 24. haftada test tekrar edildi. Kassal kuvvet değerlendirmesi izokinetik sistemde (ISOMED 2000), 60 °/sn (5 tekrar) ve 180 °/sn (10 tekrar) açısal hızlarda gerçekleştirildi. Zirve Tork Hamstring/Vücut ağırlığı, Zirve Tork Kuadriseps/Vücut ağırlığı, Hamstring/Kuadriseps oranı değerlendirildi. Hamstring konsentrik-kuadriseps konsentrik, hamstring izometrik, kuadriseps izometrik, stabilite-koordinasyon eğitimi, haftada 3 gün-8 hafta verildi. Tüm veriler SPSS 21 yazılımı kullanılarak analiz edildi. Eğitim öncesi ve sonrası farklılığı değerlendirmek için Eşleştirilmiş T testi kullanıldı. Çalışmanın sonucunda 60°/sn açısal hızda opere (p=0,000) ve non-opere dizde (p=0,003), 180°/sn açısal hızda non-opere dizde (p=0,000) konsentrik hamstring kuvveti, 24. haftada, 16. haftadaki kuvvet değerine göre daha fazla bulundu. 180°/sn. açısal hızda opere dizde konsentrik hamstring değerinde zamanlar arasında bir farklılık görülmedi (p>0,05). 60 °/sn açısal hızda, opere (p=0,000) ve non-opere (p>0,05) dizde, 180°/sn açısal hızda opere (p=0,000) ve non-opere (p=0,05) dizde konsentrik kuadriseps kuvveti, 24 haftada 16.haftaya göre daha fazla bulundu. 60°/sn. açısal hızda konsentrik hamstring/kuadriseps oranının opere dizde 16. haftaya göre 24. haftada azalırken, non-opere dizde ise bu oranın arttığı gözlemlendi (p>0,05). 180°/ sn. açısal hızda opere ve non-opere dizde H/Q oranının 16. haftaya göre 24. haftada azaldığı gözlemlendi (p>0,05). Sonuç olarak çalışmada 16. haftadan 24. haftaya kadar verilen izokinetik eğitimin ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası kassal kuvvetin arttırılmasında etkili olduğu bulundu.

Anahtar Kelimeler: Hamstring, izokinetik eğitim, kas kuvveti, kuadriseps, ön çapraz bağ.

ABSTRACT

Uzun A. The Effect of Isokinetic Exercise Training on Knee Muscle Strength After 4 Months of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Sports Physiotherapy PhD Thesis, Ankara, 2022. The aim of this study was to investigate the effect of isokinetic exercise training given in the 4th month and continued for 8 weeks on knee muscle strength in individuals undergoing anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. Twenty individuals who underwent ACL reconstruction with hamstring graft were included in the study (age: 30.85 ± 9.10 yrs, height: 178.90 ± 9.38 cm, bmi: 25.66 ± 2.93 kg/m²). Individuals were taken to exercise training by evaluating in the isokinetic system in the 16th weeks after the reconstruction and the test was repeated in the 24th weeks. Muscle strength assessment was performed in the isokinetic system (ISOMED 2000), at angular speeds of 60 °/sec (5 repetitions) and 180 °/sec (10 repetitions). Peak Torque Hamstring/Body weight, Peak Torque Quadriceps/Body weight, Hamstring/Quadriceps ratio were evaluated. Hamstring concentric-quadriceps concentric, hamstring isometric, quadriceps isometric, stability-coordination training was given 3 days a week for 8 weeks. All data were analyzed using SPSS 21 software. Paired T-test was used to determine the differences before and after training. As a result of the study, concentric hamstring strength was found to be greater at 24th weeks than at 16th weeks in the operated knee ($p=0,000$) and non-operated knee ($p=0,003$) at an angular speed of 60°/sec, and in the non-operated knee ($p=0,000$) at an angular speed of 180°/sec. There was no difference in concentric hamstring value between the times in the operated knee at 180 angular speeds ($p>0,05$). Concentric quadriceps strength was found to be greater at 24th weeks than 16th weeks in the operated ($p=0.000$) and non-operated ($p>0,05$) knee at an angular speed of 60 °/sec, in the operated ($p=0.000$) and non-operated knee ($p=0.05$) at an angular speed of 180°/sec. It was observed that the concentric hamstring/quadriceps ratio decreased at angular speed of 60°/sec in the operated knee in the 24th week compared to the 16th week, while this ratio increased in the non-operated knee ($p>0,05$). It was observed that concentric H/Q ratio in operated and non-operated knee, at an angular speed of 180°/sec. decreased in the 24th week compared to the 16th week ($p>0,05$). In conclusion, it was found that isokinetic training given from the 16th week to the 24th week was effective in increasing muscular strength after ACL reconstruction.

Keywords: Anterior cruciate ligament, hamstring, isokinetic training, muscle strength, quadriceps.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	iii
YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Ön Çapraz Bağ Anatomisi	3
2.1.1. Ön Çapraz Bağ İnervasyonu	5
2.1.2. Ön Çapraz Bağ Beslenmesi	5
2.2. Ön Çapraz Bağ Biyomekaniği	6
2.3. Ön Çapraz Bağ Yaralanma Mekanizması	6
2.4. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarına Neden Olan Risk Faktörleri	7
2.4.1. Çevresel Faktörler	7
2.4.2. Anatomik Faktörler	8
2.4.3. Hormonal Faktörler	10
2.4.4. Nöromüsküler Risk Faktörleri	11
2.5. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonunda Greft Seçimi	12
2.6. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Sonrası Kas Kuvvet Gelişimi ve Diz Eklem Stabilitesi	13
2.7. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonundan Sonra Rehabilitasyon	14
2.8. Rehabilitasyonda Egzersiz Eğitim Programları	16
2.8.1. İzokinetik Test ve Egzersiz	16
3. GEREÇ ve YÖNTEM	22
3.1. Bireyler	22

3.2. Yöntem	23
3.2.1. Ölçme ve Değerlendirmeler	23
3.2.2. Egzersiz Eğitimi	25
3.3. İstatistiksel Analiz	26
4. BULGULAR	27
4.1. Bireylerin Demografik Bilgileri	27
4.2. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Sonrası Konsentrik Zirve Tork Hamstring Kas Kuvvet Gelişimi	27
4.3. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Sonrası Konsentrik Zirve Tork Kuadriseps Kas Kuvvet Gelişimi	28
4.4. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Sonrası Konsentrik Hamstring/Kuadriseps Kuvvet Oranı	29
4.5. ÖÇB Rekonstrüksiyonu Sonrası Hamstring-Kuadriseps Defisit Farkı	30
5. TARTIŞMA	32
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	39
7. KAYNAKLAR	40
8. EKLER	
EK-1: Etik Kurul Onay Belgesi	
EK-2: Olgu Rapor Formu	
EK-3: Tez Çalışması Orijinallik Raporu	
EK-4: Orijinallik Raporu	
EK-5: Dijital Makbuz	
9. ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR

ACSM	American College of Sports Medicine
AM	Anteromedial
BMI	Body Mass Index
BPTB	Bone-Patellar-Tendon-Bone (Kemik-Patellar Tendon-Kemik)
°	Derece
°/sn	Derece/saniye
EHA	Eklem Hareket Açıklığı
H/Q	Hamstring/Kuadriseps Oranı
RM	Maksimum Tekrar
N	Newton
NMES	Nöromusküler Elektrik Stimulasyonu
Nm/kg	Newtonmetre/Kilogram
ÖÇB	Ön Çapraz Bağ
PL	Posterolateral

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Sağ diz ÖÇB anteromedial (AM) ve posterolateral demet (PL)	3
2.2.	Anterior tibial translasyon yönünde verilen 110 N'luk kuvvete karşı ÖÇB, AM ve PL'in göstermiş olduğu kuvvet	4
3.1.	Çalışmanın akış çizelgesi	23
3.2.	İzokinetik sistem	24

TABLÖLAR

Tablo		Sayfa
4.1.	Bireylerin demografik bilgileri	27
4.2.	ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası konsentrik zirve tork hamstring kas kuvvet gelişimi	28
4.3.	ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası konsentrik zirve tork kuadriseps kas kuvvet gelişimi	29
4.4.	ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası konsentrik Hamstring/Kuadriseps kuvvet oranı	30
4.5	ÖÇB Rekonstrüksiyonu Sonrası Hamstring-Kuadriseps Kaslarının Defisit Farkı	31

1.GİRİŞ

Diz ekleminin stabilizasyonunda önemli bir role sahip olan ön çapraz bağ (ÖÇB), sıklıkla fiziksel olarak aktif bireylerde, profesyonel, amatör ve rekreasyonel sporcularda yaralanmaktadır. Günümüzde ÖÇB yaralanmalarının tedavisinde, standart prosedür olarak konservatif tedavi ve/veya cerrahi uygulanmaktadır (1). Cerrahi uygulamalar diz ekleminin mekanik stabilitesini sağlamasına rağmen, post operatif dönemde kuadriseps kasının istemli aktivasyonunda inhibisyon ve kas kütlesinde kayıplar oluşturabilmektedir (2). Literatürde ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında gelişen kuvvet defisitlerini inceleyen birçok çalışma mevcuttur (3). Gelişen kuvvet defisitleri dizin biyomekanisinde değişimlere yol açarak fonksiyonel performansı etkilemekte ve kişinin günlük yaşama veya spor aktivitelerine dönüşünü geciktirmektedir. Bazı sporcular yaralanan ekstremitesindeki agonist ve antogonist kaslardaki kuvvet dengesizliği ve sağlam ekstremiteye göre ortaya çıkan kuvvet eşitsizliğine rağmen spora dönüş yapmak zorunda kalabilmektedirler. Rekonstrüksiyon sonrası kuvvet defisitleri 3 yıla kadar devam edebilmektedir (2). Bu kuvvet defisitleri dizin mekaniğinin değişmesine (4), fonksiyonel performansın azalmasına (5), sporcunun spora dönüş fazının gecikmesine (6) ve ileri dönemde rehabilitasyon programında egzersiz eğitiminin eksik kalmasına bağlı olarak diz ekleminde ikincil bir yaralanmaya neden olmakta ve osteoartrit gelişimine zemin hazırlamaktadır (7).

ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında kuadriseps ve hamstring kas kuvvet defisitleri, bireyleri ve klinisyenleri oldukça zorlamaktadır. Zamana bağlı olarak iyileşme sürelerinin gözlenmesi ve verilecek egzersiz programlarının belirlenmesine ışık tutması amacıyla rekonstrüksiyon sonrası kas kuvvetinin değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında kas kuvvetinin belirlenmesinde hem opere hem de sağlam ekstremiteye yapılan konsentrik ve/veya eksentrik kuvvet testleri ile ilgili araştırmalar mevcuttur (7). Bu testler özellikle 6. aydan sonra, spora dönüş safhasında sporcu için belirleyici olmaktadır (8).

Dirençli egzersiz eğitimi sportif performansın geliştirilmesi ve sağlık statüsünün iyileştirilmesi yönünden sıklıkla başvurulan bir eğitim yöntemidir. Dirençli

eğitim, serbest ağırlıklar kullanılarak veya egzersiz makineleriyle verilebilir; ancak kassal kuvveti geliştirmek için başka eğitim stratejileri de uygulanabilir. Bunlar arasında izokinetik dinamometrelerde uygulanan dirençli egzersiz eğitimi, hareket açıklığı boyunca sabit hızda maksimum eforu sağlama avantajı ile sportif amaçlar için kabul gören bir eğitim şeklidir (9).

Kas kuvvetinin değerlendirilmesinde kullanılan izokinetik dinamometre, kuvvet defisitlerin saptanmasında ve kişiye özel program uygulanmasında tercih edilen bir metottur (10). İzokinetik sistem ile yapılan kas kuvveti değerlendirilmesinin altın standart olduğu düşünülmektedir (11) ve rekonstrüksiyon sonrasında kas kuvvetinin değerlendirilmesinde, geçerlilik ve güvenilirlik yönünden tercih edilmesi literatürde de desteklenmiştir (12). B rekonstrüksiyon sonrası izokinetik sistem ile verilen egzersizlerin kassal kuvvet oranına etkisi çalışmalarda gösterilmemiştir, bu sebepten bu çalışmada bu sorunun cevabını bulmayı hedefliyoruz.

Bu alışma, hamstring greftiyle gerçekleştirilen n apraz Bağ Rekonstrüksiyonu sonrası 16-24. haftalar arası verilen izokinetik egzersiz eğitiminin diz kas kuvveti üzerine olan etkisini incelemek amacıyla yapıldı.

Çalışmanın hipotezleri

H0: n apraz Bağ Rekonstrüksiyonu sonrası 16. ve 24. haftalarda verilen dirençli egzersiz eğitiminin izokinetik parametreler üzerine etkisi vardır.

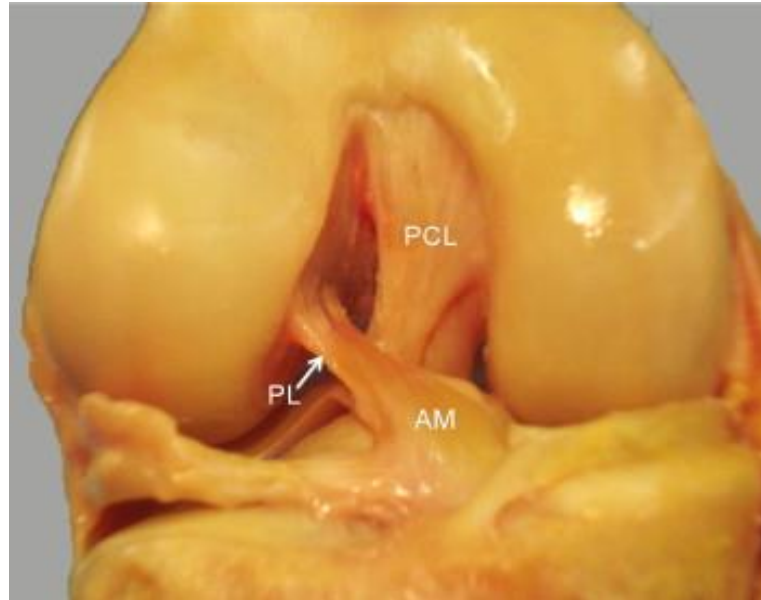
H1: n apraz Bağ Rekonstrüksiyonu sonrası 16. ve 24. haftalarda verilen dirençli egzersiz eğitiminin izokinetik parametreler üzerine etkisi yoktur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ön Çapraz Bağ Anatomisi

ÖÇB diz ekleminde anterior tibial translasyon ve rotasyonel yüklenmelere karşı koyan diz ekleminin temel yapı taşlarından en önemlisi ve temas sporlarında veya sportif aktivitelerde sıklıkla yaralanan bağlardan bir tanesidir. ÖÇB yaralanmasında rekonstrüksiyon standart bir tedavi yöntemidir. Rekonstrüksiyon sonrası temel amaç; yaralanmış dizin kinematiği ve stabilitesini yeniden restore ederek gelecekte oluşabilecek dejeneratif değişiklikleri önlemektir. Bu nedenle, ÖÇB anatomisi, işlevi ve biyomekaniğinin yeterli bir şekilde anlaşılması, yaralanma mekanizmalarını aydınlatılması, rekonstrüksiyonu iyileştirmek için kritik öneme sahiptir (13).

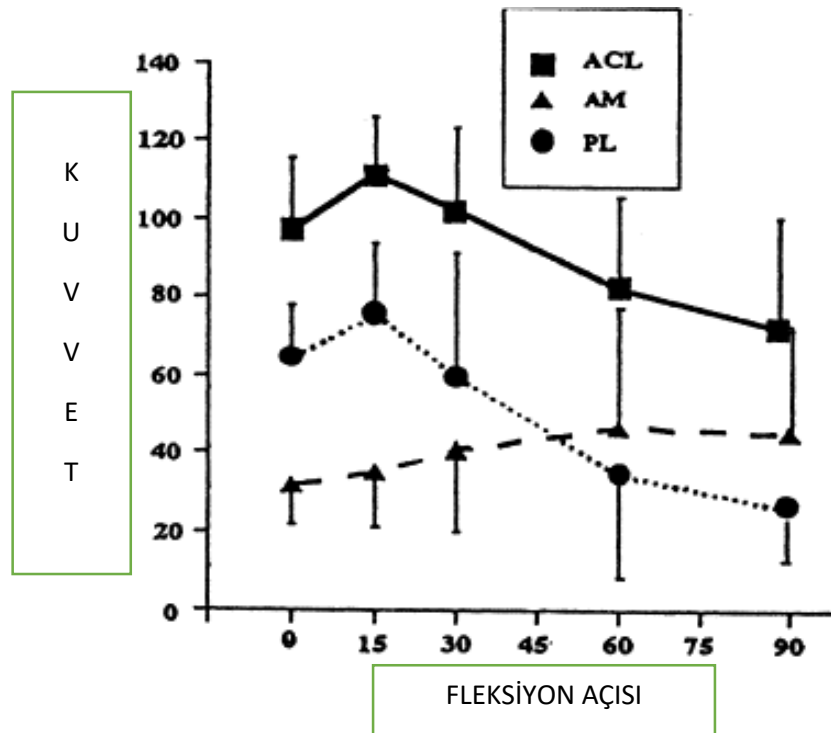
ÖÇB tibial platoda anterior ve intekondiller eminensiyadan orijin almaktadır. Bağ daha sonra posteriora doğru ilerleyerek lateral femoral kondilin postero-medial kısmına tutunmaktadır. Son araştırmalarda, dizin %26'sına kadar tek demetli ÖÇB'ye sahip olduğunu ve üçüncü bir ara demetinde olduğu söylenmiştir, ancak genellikle ÖÇB'nin 2 demetten oluştuğu kabul edilmektedir (14, 15).



Şekil 2.1. Sağ diz ÖÇB anteromedial (AM) ve posterolateral demet (PL) (16).

İki demet dizde yapışma yerlerine göre adlandırılmaktadır. Özellikle tibiyanın medial ve lateral interkondiller tüberkülleri her iki ÖÇB demetinin distal tutunma yeri

ile ilişkili olarak tarif edilmiştir (17, 18). Anteromedial(AM) ve Posterolateral(PL) demetleri lateral femoral kondilin posteromedial yüzünden orijin alır ve tibiannın interkondiller eminensiyası arasında ve biraz önünde oval, geniş tabanlı bir bölge üzerine yerleşir. ÖÇB demetinin büyüklüğü ile ilgili birçok çalışma yapılmasına rağmen, ortalama AM bandının uzunluğu yaklaşık 28-38 mm iken, PL bandı ortalama 17,8 mm uzunluğundadır. Her iki demette benzer çaplara sahiptir (Ortalama 7-17 mm). Femur ve tibia yapışma alanları kıyaslandığında ÖÇB'nin ortada, dar bir yüzeyde enine kesit alanda, erkeklerde 36mm² iken bayanlarda 44 mm² yüzeye yapıştığı gözlenmiştir. Tam ekstansiyonda her iki demet sagittal planda paraleldir. Diz fleksiyona geldikçe PL demeti femoral yapışma yerinden anteriora doğru hareket eder ve demetler çaprazlaşır. İki demetin tibia ve femur üzerinde yapışma noktaları ve uzunluk farklılıklarından dolayı, fonksiyonel diz hareketi boyunca değişken strese maruz kalırlar. AM demet 60° fazla fleksiyonda gerginken, PL demeti fleksiyonda gevşek, ekstansiyon ve internal-eksternal rotasyonda gergindir (19).



Şekil 2.2. Anterior tibial translasyon yönünde verilen 110 N' luk kuvvete karşı ÖÇB, AM ve PL'in göstermiş olduğu kuvvet (20).

2.1.1. Ön Çapraz Bağ İnervasyonu

ÖÇB sinir lifleri, tibial sinirin posterior artiküler dalından inerve olur. Bu lifler arka eklem kapsülüne penetre olur ve bağın etrafını saran sinovyal ve periligamentous damarlar boyunca ilerleyerek infrapatellar yağ yastığına kadar öne doğru uzanır (21). Sinir liflerinin çoğu endoligamentöz damarlanmayla birlikte seyreder ve vazomotor fonksiyonlara sahiptir. Fakat küçük miyelinli sinir lifleri (2-10 µm çapında) ve miyelinsiz sinir lifleri (1 µm çapında) damarlardan bağımsız olarak seyrederler ve ligament fasiküllerinin arasında tek başına uzanırlar (22). Sinir lifi reseptörleri, Ruffini, Pacini, Golgi-benzeri gerim reseptörleri ve serbest sinir ucu sonlanmaları olarak kategoriye ayrılır.

Ruffini: Ligament yüzeyinde lokalize olan ve gerilmeye karşı hassas olan reseptörlerdir. Predominant olarak deformasyonun büyüklüğüne bağlı olarak femoral parçada lokalize olurlar (23).

Pacini: ÖÇB'nin femoral ve tibial sonlanmalarında lokalize olan, hızlı hareketlerde hassas olan reseptörlerdir (23).

Golgi-benzeri reseptör: Golgi benzeri gerilim reseptörleri, ÖÇB'nin yapışma yerinin yanında ve yüzeyinde, sinovyal membranın altında bulunur (22).

Serbest sinir sonlanmaları (nosiseptörler): Vazoaktif fonksiyonlarda nöropeptiflerin salınımında lokal efektör olarak görev yaparlar. Bundan dolayı normal doku homeostazisinde veya greftlerin remodeling safhasında düzenleyici bir etkiye sahiptirler (24).

Yukarıda tanımlanan mekanoreseptörlerin propriyoseptif fonksiyonları vardır ve diz eklemine meydana gelen postural değişimler de afferent bir ark oluştururlar (13).

2.1.2. Ön Çapraz Bağ Beslenmesi

ÖÇB'nin vaskülarizasyonu orta genikular arter aracılığıyla sağlanmaktadır. Ligament yapısı içindeki kan damarlarının dağılımı homojen değildir. ÖÇB'nin proksimal kısmının vaskülarizasyonu, distal kısma göre daha iyi kan damarları ile

donatılmıştır, interkondiler çentiğın çatısına ve femurun lateral kondiline doğru yönelen arterlerin kollateral dalları tarafından vaskülarizasyon sağlanır. Yağ yastığı damarlanma yönünden zengindir ve ligamentum mukozumun beslenmesi küçük arteriyoller aracılığıyla olmaktadır. Distal kısmın vaskülarizasyonu, inferior geniküler arterlerin infrapatellar dalları tarafından az miktarda karşılanmaktadır. Tibial yapışmanın yaklaşık 5-10 mm proksimalindeki küçük bir bölgede damarların periligamentöz kıvrımı yoktur ve bu anterior fibrokartilajinöz doku kısım avaskülerdir (25). Damar vaskülaritesinin azalma olasılığı ve fibrokartilaj varlığı kayan tendonlarda da görülür ve kompresif yüklere maruz kalan bölgelerde ve bu iki faktörün bir arada olması, ÖÇB 'nin zayıf iyileşme potansiyelinde rol oynar (13).

2.2. Ön Çapraz Bağ Biyomekaniği

ÖÇB diz eklem stabilitesinde önemli bir rol oynamaktadır. Tibianın femurla ilişkili olarak anterior translasyonunda primer görev almaktadır. Normal koşullar altında ÖÇB anteriorda nötral pozisyonel kaymayı engellemektedir; fakat kronik ÖÇB defisitlerinde tibianın anterior translasyonu normal dize göre 4 kat daha büyük olmaktadır. Beynnon ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada ÖÇB gerilmelerinde 50N'dan daha fazla yük oluşturarak %6 yüklenmenin arttığını göstermişlerdir. ÖÇB, 30° fleksiyonda uygulanan ön yüke ortalama % 82-89 oranında kısıtlama sağlar, ancak 90° diz fleksiyonunda bu oran %74-85 azalmaktadır. Yapılan laboratuvar çalışmalarında, diz 20'den 90°'ye fleksiyonunda AM demetinin sabit bir ön çekme kuvvetine yanıt olarak artan doğal yerinde bir gerilime sahip olduğu gösterilmiştir. Tersine, PL demetin kuvveti diz ekstansiyona geldikçe artmaktadır. Bu bulguların ışığında, dizin anterior yer değiştirme esnasında AM ve PL demetleri farklı şekilde katkı gösterdiği görülmektedir (13).

2.3. Ön Çapraz Bağ Yaralanma Mekanizması

ÖÇB yaralanmaları sadece oyuncunun diğer oyuncuyla fiziksel teması halinde olmamaktadır. Temas olmadan gerçekleşen ÖÇB yaralanmaları hem erkek hem de kadın oyuncularında %70-84 civarındadır (26). ÖÇB ani yön değiştirme veya yavaşlama esnasında, dizin tam ekstansiyonunda veya tam ekstansiyona yakın bir sıçramadan yere iniş sırasında yaralanmaya maruz kalmaktadır (27). Diğer bir yaralanma

mekanizması ise dizin hiperekstansiyonu ve hiperfleksiyonu sırasında gelişmektedir (28). Bu yaralanmalar dizde valgus, varus, internal rotasyon ve eksternal moment, anterior translasyon kuvvetlerini içeren yüklenmeler esnasında gelişebilmektedir (29).

2.4. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarına Neden Olan Risk Faktörleri

Risk faktörleri, çevresel, anatomik, hormonal ve nöromusküler faktörler olarak sınıflandırılabilir (30).

2.4.1. Çevresel Faktörler

a. Hava

Avustralya futbolunda yapılan araştırmalarda doğal kuru çimen zeminin, ıslak zemine oranla daha fazla ÖÇB yaralanma riski oluşturduğunu bulmuşlardır. Orchard ve diğ. yaptığı bir araştırma da yüksek buharlaşmanın olduğu ve yağmurun düşmediği yıllarda ÖÇB riskinin daha fazla olduğu görülmüştür (31). Kuru zeminde maç esnasında ÖÇB yaralanma riski ayakkabı-zemin ilişkisine bağlı olarak gelişen sürtünme ve torsiyonel rezistansın artmasıyla ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde Orchard ve diğ. ÖÇB yırtığına bağlı yaralanmalarda, salon dışı sporlarda doğal ve yapay çim zeminde, soğuk havada alt ekstremitte ve ayak yaralanma riskini incelemişlerdir. Diğer risk faktörleri göz önüne alındığında, hava koşullarına ilişkin çalışmaların oldukça limitli olduğu görülmüştür (32).

b. Ayakkabı-zemin etkileşimi

Yüzey özellikleri hava koşullarına bakılmaksızın ÖÇB yaralanma riskini etkilemektedir. Ayakkabı-yüzey ilişkisini etkileyen faktörler sertlik, zemin sürtünme katsayısı, zemin kuruluğu, çim örtüsü ve yoğunluğu ve oyuncu botlarındaki çivilerin uzunluğu olarak sıralanabilir. Bu faktörler ÖÇB yaralanma mekanizmasını tetiklemektedir. Erkek ve kadın futbol oyuncularına ilişkin, son zamanlarda yapılan araştırmalarda, suni veya doğal çim zemin üzerinde yapılan karşılaştırmalarda yaralanma riski açısından bir farklılık bulunmamıştır (33).

c. Ayakkabı

Ayakkabı seçimi, oyun esnasında ayak stabilizasyonunu modüle ettiği için ÖÇB yırtıklarında potansiyel bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Ayakkabı da ki uzunluk ve kama yerinin yerleşiminin ÖÇB yaralanma insidansını etkilediği gösterilmiştir (34).

2.4.2. Anatomik Faktörler

a. Antropometrik Farklılıklar

ÖÇB yaralanmalarında risk faktörü olarak anatomik veya antropometrik ölçümler (tibia ve uyluk uzunluğu, yüksekliği) üzerinde odaklanılmıştır (35). Alt ekstremitte kemik uzunluğu ÖÇB yaralanmalarında risk faktörünü arttırabilir; bununla birlikte ÖÇB yaralanmalarında anatomik ölçümler ile dinamik yaralanma mekanizması arasında ilişki bulunmamıştır (36).

b. Biyomekanik Düzgünlük: Artmış Q Açısı/Pelvis Genişliği

Kadınlar erkelere göre daha farklı pelvis genişliği ve yapısına sahiptir. Bundan dolayı da Q açısı artmıştır. Artan Q açısı da yaralanma insidansını arttırmaktadır (37). ÖÇB yaralanmalarında statik pozisyonlar dışında dinamik hareketler esnasında yapılan değerlendirmeler tek başına risk analizini yapmak için yeterli bir ölçüt olarak kabul edilmemiştir. Riskin değerlendirilmesinde yere inme ve kesme (cutting) manevraları esnasında, diğer nöromusküler faktörlerin de rol oynadığı görüşü desteklenmektedir (36).

c. Azalmış Çentik (Notch) Genişliği

Kadın sporcular erkelere göre daha dar ve küçük femoral çentik yapısına sahiptir, bundan dolayı ÖÇB yapısı da daha zayıf olduğu görülmüştür, bu anatomik özellik kadınlarda ÖÇB yaralanmasında predispozan bir faktördür. Uhorchak ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, dar interkondiller çentiği (<13 mm) olan bireyler, geniş çentiği olan bireyler oranla 16,8 kat daha fazla risk altında olduğu gösterilmiştir (38).

d. Artmış Eklem Laksitesi

Kadın sporcuların eklem laksitesi erkeklere göre daha fazladır (26). Eklem laksitesi hem sagittal planda diz hareketini (hiperekstansiyon), hem de koronal planda ki diz hareketini (valgus) etkileyerek kadın sporcularda ÖÇB gerginliğini ve onunla ilişkili risk faktörünü arttırmaktadır (39).

e. Hamstring Esnekliği

ÖÇB yaralanması geçiren sporcularda, kontrol grubuna göre hamstring kaslarının daha gevşek olduğu görülmüştür (26). Erkek ve kadınların esneklik özellikleri doğum sırasında ve sonrasında birbirinden farklılık göstermeye başlamaktadır. Esneklik kronolojik yaşla ve büyüme çağındaki erkekler de azalırken, ergenlik sonrası kızlarda artış göstermektedir (40). Yapılan pilot bir çalışmada kadın sporcularda, artan hamstring esnekliğinin dizdeki dinamik kontrolün azalmasından sorumlu olduğu gösterilmiştir. Hamstring esnekliği, hamstring'te kas aktivasyonunun gecikmesine neden olarak, adım alma sırasında, kuadriseps ve hamstring arasındaki ko-kontraksiyonunu kaybolmasına neden olmaktadır (41).

f. Artmış Anterior Tibial Translasyon

ÖÇB femurla ilişkili olarak, tibial translasyonu limitlemektedir (42). Antero-posterior laksitesi artmış kadınlarda, ÖÇB yaralanma riski 2,7 kat daha fazla olduğu çalışmalarda gösterilmiştir (38). Tibial translasyon sadece ligament gevşekliği ile ilgili değildir, aynı zaman da kassal aktivite ile de ilgilidir. Tibial translasyon hamstring ve kuadriseps aktivitesi tarafından düzenlenmektedir. Hızlı deselerasyon ve akselasyon hareket paterni içeren, yere inme ve dönme hareketlerinde tibiyanın anteriora ve posteriyora itme ve çekme kuvvetine maruz kaldığından ÖÇB stres altında kalacaktır (43).

g. Artmış Ayak Pronasyonu ve Naviküler Düşme

Kadınlarda naviküler düşüşün nedenlerinden bir tanesi de eklem laksitesinin fazla olmasıdır. Naviküler düşüş, alt ekstremitte dizilim bozukluğunda ve tibial translasyonda rol oynamaktadır. Naviküler düşüş ile artmış subtalar eklem pronasyonu

ve tibial anterior translasyon arasında bir ilişki vardır. Bu ilişki postural mekanizma için belirleyici bir faktördür. Navikular dūřuřun artması, tibianın anterior translasyonuna engel olarak ÖB gerimini arttırmaktadır (44).

h. Vücut Kütle İndeksi (VKİ) ve Yaş

Vücut kütle indeksinin artması, yere inme esnasında daha az diz fleksiyonuna yol açarak alt ekstremitenin daha çok uzamış pozisyonda kalmasına neden olacaktır (30). Sporcuların dahil olduğu uzun dönem çalışmalar da vücut kütle indeksinin ÖB yaralanmaları üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı ya da sonuçların çelişkili olduğu gösterilmiştir (45).

2.4.3. Hormonal Faktörler

a. Seks Hormonları

İnsan ÖB'si hem östrojen hem de progesteron hormon reseptör sahaları içermektedir (46). Dahası ÖB yaralanmalarında cinsiyet farklılığı seksüel hormonlarla açıklanabilir. Özellikle hormonal risk faktörlerinin, kadın sporcular arasında temassız yaralanmalarda önemli bir rol oynadığına inanılmaktadır. Kadın sporcularla yapılan klinik çalışmalarda, ÖB yaralanması menstural siklusun pre-ovulatuvar fazı esnasında görüldüğü gösterilmiştir. Bu sonucun döngü esnasında görülen östrojen dalgalanmasıyla tutarlı olduğu da gösterilmiştir (47).

b. Östrojen Hormonunun Ön apraz Bağ Kuvveti Üzerine Etkisi

Kadın hormonlarındaki siklus değişimlerinden ötürü ligament gücündeki azalma, kadınlarda ÖB yaralanmalarında katkıda bulunmaktadır. Serum östrojen konsantrasyonları siklus esnasında birkaç kat artmaktadır. Hem östrojen hem de relaksin hormonunun ligamentin gerim kuvveti üzerine etkisi olduğu rapor edilmiştir. Booth ve Tipton'un yaptığı bir çalışma da östroidol'ün fizyolojik konsantrasyonun ligament gücünü azalttığı ve relaksin hormonunun yumuşak doku gerimini azalttığı rapor edilmiştir (48).

c. Hormonların Nöromusküler Fonksiyonlar Üzerine Etkisi

Nöromusküler fonksiyonlar seks hormonları tarafından etkilenmektedir. Ovulatuvar faz esnasında kuadriseps gücü artarken, kasın gevşeme süresinin azaldığı ve buna bağlı olarak genç, sağlıklı ve nispeten sedanter kadınlarda kasın yorgunluğunun arttığı gösterilmiştir. Seks hormonları ayrıca motor performansı da azalttığı ve kadın sporcularda izokinetik güç, anaerobik ve aerobik kapasite ve yüksek yoğunluklu endurans kapasitesi üzerinde etkileri yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (49).

2.4.4. Nöromusküler Risk Faktörleri

Nöromusküler kontrol, duyuşsal uyarılara karşı yanıt olarak bir eklemi çevreleyen dinamik yapıların bilinçaltı aktivitesi olarak tanımlanabilir. Nöromusküler Kontrol; motor hareketin gerçekleştirilmesi sırasında hedeflenen hareketin düzgün yapılabilmesidir. Nöromusküler sistem hareket üretir ve eylemlerin biyomekaniğini belirler (50).

a. Antagonist-Agonist İlişkisi

Hamstring ve kuadriseps kaslarının ko-aktivasyonu dizin hem aşırı anterior yer değiştirmesini hem de aşırı abduksiyon ve dinamik alt ekstermite valgusuna karşı korunmasını sağlamaktadır. Hamstring kasının ateşleme paterni bozulduğunda veya kas fonksiyonel olarak zayıfladığında, dizde fleksör momentin oluşabilmesi için kuadriseps kasının aktivasyonunu azaltması gerekmektedir. Hamstring kasının gücü ve aktivasyonunun azalması, dizi çevreleyen ligamentlerin korunması için gerekli olan kasların ko-kontraksiyonunu limitlemektedir. Eğer hamstring ateşlenmesi artarsa, bununla paralel olarak kuadriseps kası da yüksek derecede aktive olur ve diz fleksör kasların aktivasyonu daha baskın hale gelir (39).

b. Anterior Makaslama Artışı, Ko-Kontraksiyonun Azalması ve Kompresyon

Egzersiz sırasında dizin kas gücü ve koordinasyonunun, ÖÇB'nin mekanik yüklenmesi üzerine direkt etkisi vardır (36). Dizin 30°-45° den az fleksiyon açılarında

Kuadriseps tendonu, patellar tendonu anterior yönde çekerek ÖÇB yüklenmesine katkıda bulunmaktadır. Hamstring kontraksiyonu sonrasında eklemde kompresyon meydana gelir, bu kompresyon ÖÇB'yi anterior yer değiştirmeye karşı korumaktadır (51).

c. Kısmi Güç ve Ateşleme

Diz eklemi nöromüsküler sistem aracılığıyla oluşan dinamik stabilizasyon sayesinde yaralanmalara karşı korunmaktadır. Nöromüsküler sistemle birlikte kas aktivasyonunun da koordineli olması gerekmektedir. Eklem stabilizasyonunda agonist-antagonist kas ilişkisi oldukça önemlidir. Hamstring ateşlenmesi kuadrisepten gelen ÖÇB yüklerini azaltır ve bu ateşlenme sayesinde anterior ve lateral tibial transversiyon ve transvers tibial rotasyon engellenerek, dinamik diz stabilitesi sağlanmış olur (52).

d. Kısmi Eklem Sertliği ve Stabilitesi

Hamstring kası dizde anterior tibial translasyon esnasında, dizdeki hareketi limitleyerek, dizin önünü binen yükü azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Bir eklemi kat ederek geçen kaslar o eklemde stabilite sağlamaktadır. Diz eklemine yük bindiğinde kas sertliği veya dinamik gerime karşı oluşan direnç ligamentlerin korunmasını sağlamaktadır. Kuadriseps ve hamstring kasları antero-posterior eklem sertliğini sağlamaktadır (52).

e. Kas Yorgunluğu

Kas aktivasyonu, eklem stabilitesine katkıda bulunduğu için, kas yorgunluğu bağ yaralanmaları için bir risk faktörü olabilir. Yorgun kas daha az enerji absorbe ettiğinden dolayı kasın gerim derecesine ulaşmadan yaralanmaya maruz kalabilmektedir (52).

2.5. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu'nda Greft Seçimi

ÖÇB rekonstrüksiyonu yaygın olarak yapılan bir prosedürdür. Amaç, dizde fonksiyonel stabilitenin restore edilmesidir. Normal fonksiyonel bir dizde antero-posterior translasyon ve rotasyonel subluksasyon ÖÇB tarafından engellenmektedir.

ÖÇB rekonstrüksiyonu farklı tekniklerle ve greftler kullanılarak yapılmaktadır. Rekonstrüksiyonda yaygın olarak otogreftler, allogreftler ve sentetik greftler kullanılmaktadır. Otogreft olarak hamstring tendonu (HT) veya kemik-patellar tendon-kemik (BPTB) tercih edilmektedir. Allogreft olarak tibialis posterior tendonu, Aşil tendonu, tibialis anterior tendonu ve peroneus longus tendonu tercih edilmektedir (53). Rekonstrüksiyonda sıklıkla Patellar tendon (PT) veya Hamstring tendonu (HT) greftleri kullanılmaktadır. Her iki grefte de dizdeki fonksiyonel stabilite oranı %95'ten fazladır. PT greftinin faydaları fiksasyon özelliklerinin iyi olması, tendon-kemik iyileşmesinin iyi olmasıdır. Dezavantajları anterior diz ağrısı, patellar fraktür, inferior patellar fraktür, his kaybı olarak sayılabilir (54).

2.6. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Sonrası Kas Kuvvet Gelişimi ve Diz Eklem Stabilitesi

ÖÇB Rekonstrüksiyonu sonrası diz fonksiyonlarının restore edilmesi, bireylerin aktivite paternlerine dönüşünde psikolojik bariyerlerin aşılması ve tekrardan yaralanma ve osteoartrit riskinin azaltılması primer amaçlar arasında sayılabilir. Yaralanma sonrası kas kuvvet defisitleri, hareket paterninde değişim, eklem propriyosepsiyonunda azalma ve pasif eklem laksitesinde artış görülebilmektedir. Bu bozukluklar PL rekonstrüksiyonu sonrası dizin fonksiyonel stabilitesini etkilemektedir (55).

Rekonstrüksiyon sonrası diz kas gücünde meydana gelen defisitte kullanılan greft tipine göre altın bir standart belirtilmemiştir. ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası PT greftinde diz ekstansör kuvvet defisiti, HT greftinde diz fleksör kuvvet defisiti görülmektedir.

Son zamanlarda ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası spora dönüş aşamasında kuadriseps kas kuvvetinin 6. ve 9. aylarda yeterli seviyeye ulaşamadığına dair çalışmalar gösterilmiştir. Bazı araştırmacılar ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası minimum 2 yıla kadar uzamış rehabilitasyona ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. ACSM rehberine göre kuvvet eğitimi haftada 2-3 kez, 8-12 tekrar 1RM'in % 60-80 civarında olması önerilmektedir (56).

Bu veriler doğrultusunda izokinetik eğitimin post operatif dönemdeki kas kuvvet ve endüransını geliştirmedeki etkinliğini araştırmak ve literatürdeki bu tartışmalı konuda elde edilecek bilimsel verileri saptamak amacıyla bu çalışma planlanmıştır.

2.7. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonundan Sonra Rehabilitasyon

- Akut Faz

- Eklemde efüzyonun olmaması
- Aktif ve pasif EHA (eklem hareket açıklığı) tam olması
- Ekstansiyon kaybı olmaksızın düz bacak kaldırma

Amaç, akut dönemde tam diz ekstansiyonu ve kuadriseps kas fonksiyonunun kazanılmasıdır. Aktif ve pasif EHA egzersizleri (kuadriseps egzersizleri, aktif düz bacak kaldırma, topuk kaydırma vb.) ve uygun yük aktarımı ile efüzyonun kontrol altına alınması hedeflenmektedir. Ağrıyı minimize etmek için soğuk uygulama kullanılabilir; fakat efüzyonu kontrol altına almada efektif değildir. Kuadriseps kas gücünün geliştirilmesi için NMES (nöromusküler elektrik stimülasyonu) kullanılır. Postoperatif dönemde kanıta dayalı uygulamalar hastanın klinik durumuna göre kapalı ve açık kinetik halka egzersizlerini önermektedir (57).

- Ara Faz

- Ağırlık aktarma pozisyonlarında terminal diz kontrolü
- Kuadriseps gücünde %80 simetri
- Sıçrama testinde %80 simetri

Bu fazda hem nöromusküler eğitim hem de kas gücü eğitimi uygulanmaktadır. Nöromusküler eğitimde; propriyosepsiyonu geliştirerek ve motor kontrol stratejileri oluşturarak dinamik diz stabilitesinin gelişimi hedeflenmektedir. Nöromusküler eğitim, perturbasyon eğitimi, denge eğitimi, çeviklik egzersizleri ve piliometrik eğitimi kapsamaktadır. Egzersizlere internal odaklı başlanmalıdır. Egzersizler hastanın

linik statüsüne göre reçete edilmektedir. Perturbasyon, stabil olmayan yüzeyde denge egzersizleri gibi eksternal odaklı eğitimler hastanın progresyonuna göre programa dahil edilmektedir (58). Kas kuvvetlendirme programlarının amacı hastanın günlük yaşam aktiviteleri veya rekreasyonel aktivitelere dönüşte kas kuvveti ve gücünün yeniden kazanılmasıdır. Kas kuvvet egzersizlerinde düşük ağırlık-yüksek tekrardan, yüksek ağırlık-düşük tekrara doğru ilerlemek hedeflenir (59).

- İleri Faz

- Kuadriseps kuvvet simetrisi %90
- Sıçrama Testi %90 simetri

Bu fazda spora özgü spesifik amaçlar önem taşımaktadır. ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında spor tipi ve fiziksel aktivite değişiklik gösterebilmektedir. Hastanın tekrar günlük yaşama veya spor aktivitesine dönebilmesi için gerekli olan değerlendirmeler yapılmaktadır. Bu fazda ileri düzey kuvvetlendirme eğitimi, güç ve çeviklik eğitimi ve spora özgü egzersiz eğitimi verilmektedir. Bu fazın devamında spora dönüşte gerekli olan performans testler uygulanmaktadır.

ÖÇB tanısı sonrası, birçok hasta yaralanma öncesi fiziksel durumuna dönmekte ve yeterli düzeye gelemeyeceğini düşünmektedir. 5 yılı geçmiş ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında diz ağrısı ve buna bağlı gelişen semptomlar, rekreasyonel limitasyonlar ve yaşam kalitesinde değişiklikler görülebilmektedir. Ayrıca ÖÇB sonrası genç veya orta yetişkinlik döneminde semptomatik diz osteoartriti geliştirme olasılığı da yüksektir. Rekonstrüksiyon sonrası, spora dönüşte isteksizlik ve fiziksel olarak hareketsiz bir yaşam tarzını benimsenmesinde, yeniden yaralanma korkusunun önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir. ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası tedavi de diz fonksiyonlarının restore edilmesi, bireylerin günlük yaşam aktivitelerine katılımı için gerekli psikolojik bariyerin aşılması, dizde gelişebilecek osteoartrit riskinin önlenmesi ve uzun dönem yaşam kalitesinin artırılması hedeflenmektedir.

Diz fonksiyonlarının restore edilmesi temel amaçlardan bir tanesidir. Yaralanma sonrası farklı açılarda diz kuvvet defisitleri, hareket paternlerinin

değişmesi, dizde propriyosepsiyon hissinin azalması ve diz eklem laksitesinin artması rekonstrüksiyon sonrası farklı açılarda diz instabilitesine yol açmaktadır (55).

2.8. Rehabilitasyonda Egzersiz Eğitim Programları

Spor yaralanmalarında, birçok egzersiz programı rehabilitasyon amacıyla kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de dirençli egzersiz programlarıdır. Dirençli rehabilitasyon programları, izometrik, konsentrik ve eksentrik izotonik, konsentrik ve eksentrik izokinetik ve izoakselerasyon-izodeselasyon programları olarak kategorize edilebilir. Rehabilitasyonun son aşamalarında piliometrik ve nöromüsküler kontrol egzersizleri sıklıkla kullanılmaktadır. İleri dönem de izokinetik egzersiz programlarının uygulanmasının hastada veya sporcu da fonksiyonel olarak ne derece ilerleme gösterdiğinin araştırılması gerekmektedir (60).

2.8.1. İzokinetik Test ve Egzersiz

- İzokinetik Tanımı

İzokinetik egzersiz konsepti 1960'lı yıllarda Cybex 1 dinamometre konsepti geliştirildiği zaman tanıtılmıştır (61).

İzokinetik, egzersizin sabit bir hızda (1 °/sn ile yaklaşık 1000 °/sn arasında değişen) uygun bir dirençle gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir. İzokinetik eğitimde, eklem hareket sınırı boyunca her bir noktada, kas dinamik olarak maksimum kapasitede yüklenmektedir. Bu nedenle direnç, hasta veya sporcu tarafından eklem hareket sınırının her noktasında uygulanan kuvvetle tam olarak eşleşecek şekilde değişmektedir.

İzokinetik Egzersiz kasın hareket aralığı boyunca, tüm noktalarda dinamik olarak kasılarak maksimum kapasitesine yüklenmesine olanak tanınması yönünden avantajlıdır. Egzersiz sırasında alet tarafından verilen direnç, uygulanan kuvvete eşit olduğundan, eğitim esnasında hasta kaldırayabileceğinden daha fazla dirençle karşılaşmaz. Alet fonksiyonel ve sportif aktiviteleri gerçekleştirmek için farklı hızlarda eğitim yapılmasına olanak sağlamaktadır. Böyle bir eğitim, kasta nöral girdinin artışına ve kasın motor ateşleme paternlerinin gelişimine yol açmaktadır.

İzokinetik test, kas fonksiyonunun objektif kaydının belirlenmesinde, sporcunun yarışma öncesi veya rehabilitasyon sonrasında performansının saptanmasında, spora özel bir veri tabanı oluşturma, yeniden değerlendirme ve normatif verilerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. İzokinetik değerlendirme, klinisyenin hem güvenli hem de güvenilir bir şekilde kas performansı objektif olarak değerlendirme yapmasına olanak tanımaktadır (62).

İzokinetik test uygulamalarında dikkat edilecek hususlar:

- Test esnasında mutlak ve göreceli kontrendikasyonlar belirlenmelidir. Bu çerçevede bu test güvenilir olarak bireylere ve sporculara uygulanabilir. İzokinetik egzersiz uygulamasının kontraendikasyonları olarak yumuşak doku iyileşme süresi, ağrı, eklem hareket açıklığında limitasyon, efüzyon, akut dönem yaralanmalar yer almaktadır.
- Testin güvenilirliğini kolaylaştırmak için standart bir test protokolü oluşturulmalıdır.
- Testin uygulanmasından önce test hakkında hastaya eğitim verilmelidir.
- Test öncelikle sağlam ekstremiteye, sonrasında etkilenmiş tarafa uygulanmalıdır.

Test öncesi, ekstremitenin teste hazırlanması için ısınma protokolü uygulanmalıdır. İzokinetik değerlendirme, klinisyenin kas performansını hem geçerli hem de güvenilir bir şekilde objektif olarak değerlendirmesine olanak tanımaktadır (60).

- İzokinetik Parametreler

Maksimum Tork: İzokinetik hareket esnasında dinamik koşullarda uygulanan kassal kuvvetin ölçümüdür. Farklı test protokolleri, maksimum torku değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu protokoller arasındaki ana farklılık maksimum torku oluşturmak için kullanılan tekrar sayılarıdır. İzokinetik testler esnasında stabil ölçümlere ulaşabilmek için, gerekli tekrar sayılarının 200-400 %sn açısız hızlarda oluştuğunu Sawhill ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarda göstermişlerdir. Maksimum tork genellikle testin 2. ve 6. maksimal tekrarı esnasında değerlendirildiği ve

maksimum tek bir tork değerinin bu tekrarlar esnasında tanımlandığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (63).

Açısal Pozisyon: Kas fonksiyonunun değerlendirilmesi için oldukça önemli bir parametredir; çünkü kontraktıl kasın mekanik özellikleri hakkında bilgi verir. Açısal pozisyon maksimum kas gücü için gerekli optimum eklem açısını değerlendirir. Maksimum tork pozisyonu hareketin açısal hızından etkilenir (64).

Zirve Tork: Klinik ve bilimsel çalışmalarda sıklıkla ölçülen parametrelerden bir tanesidir. (newton metre, Nm). Zirve Tork ekstremitenin hareket sınırı boyunca kasları tarafından oluşturulan en yüksek tepe tork olarak tanımlanmaktadır. Zirve Tork doğruluk, tahmin ve klinik anlamlılık yönünden yapılan çalışmalarda altın standart olarak kabul edilmiştir. Zirve Tork 0-60 °/sn açısal hızlarda değişmemektedir; dahası açısal hızın artmasıyla linear olarak azalmaktadır (tork-hız ilişkisi). Açısal hızdaki azalmanın nedeni farklı kas gruplarının farklı ateşleme paternlerinin olmasından kaynaklanmaktadır. Düşük açısal hızlarda hem Tip 1, hem de Tip 2 lifleri maksimal ateşlenme kabiliyeti vardır. Açısal hız arttıkça hızlı kasılan Tip 2 liflerini takiben yavaş kasılan tip 1 lifleri pasif kalacaktır. Tip 3 lifleri ise en son ateşlenecektir, sonuçta çok yüksek açısal hızlarda tork verimi sıfır değerine yaklaşacaktır (64).

Spesifik Açısal Tork: Açısal spesifik tork zirve torkun ölçümünü yapıldığı açısal hızın dışında, eklem farklı bir açısal derecesinde ölçülmektedir. Dolayısıyla eklem ait tork parametrelerine ek bir bilgi vermektedir. Klinik kullanımı daha azdır ve rutin olarak kullanılan bir değer değildir (64).

Total ve Zirve İş: Kassal iş yapılan oluşan mekanik enerjinin ölçümü olarak tanımlanmaktadır. İzokinetik sistemde iş, torka karşılık açısal yer değiştirme eğrisinin altında kalan alan olarak tarif edilmektedir (iş=tork x mesafe). Total iş tüm test tekrarı boyunca gerçekleşen işin toplamı olarak tarif edilmektedir ve zirve iş (PW) en iyi test tekrarı sırasında yapılan iş olarak tanımlanmaktadır (64).

Zirve Tork Akselerasyon Enerji: Test tekrarları esnasında ilk 125 msn'de gerçekleşen iş miktarının en büyüğü olarak tanımlanmaktadır. Kaslarda patlayıcı kuvvetin bir göstergesi ve tork oluşum hızı hakkında bilgi vermektedir. Bu ölçüm

temelde uzun atlayış, sırtla atlama veya kayakla atlama gibi spor yapan sporcularda performansı değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (64).

- İzokinetik Test Verilerinin Yorumlanması

İzokinetik testin avantajlarından bir tanesi de bireylerin veya sporcuların performanslarının analiz etmek veya değerlendirmek amacıyla kullanabilmesidir. İzokinetik test verileri sıklıkla zirve tork, tork gelişim zaman oranı, akselerasyon, hareket sınırı, total iş ve ortalama güç parametrelerini içeren kassal performansı analiz etmek amacıyla kullanılmaktadır. Testte yorumlanan veriler:

- Bilateral Karşılaştırma: Etkilenmiş tarafın sağlam tarafla kıyaslanması. Bilateral iki ekstremitenin arasındaki farklılığın %10-15 civarında olması asimetriyi düşündürmektedir.
- Unilateral kas kuvvet oranı: Agonist-antagonist kas gruplarının karşılaştırılması için kullanılmaktadır. Antagonist-agonist kas grubunun karşılaştırması zayıf kas grubu, kassal kuvvet ve güç dengesi hakkında bilgi vermektedir.
- Zirve Tork/ Vücut Ağırlığı, Total İş/ Vücut Ağırlığı: Bilateral simetri veya unilateral kuvvet oranlarının normal değerde olmasına rağmen değişebilen parametrelerdir. Tork-vücut ağırlığı veya iş-vücut ağırlığı oranları gibi normalleştirilmiş bir ölçümün kullanılması, benzer test popülasyonları içinde farklı boyut ve morfolojik yapıdaki bireyler arasında karşılaştırma yapılmasına olanak tanır.
- Normatif Veri: Belirli bir hasta popülasyonunda ve dinamometre sisteminde test ve rehabilitasyon için rehber oluşturması amacıyla bu verilere başvurulmaktadır.
- Rölatif yorgunluk oranları: Bu oran, tipik olarak, belirli bir tekrar sayısının ikinci yarısındaki işin, belirtilen tekrar sayısının ilk yarısındaki çalışmaya bölünmesiyle hesaplanır. Bu oran, test edilen kas gruplarının dayanıklılığını veya yorulma direncini belirlemek için kullanılır.

- İzokinetik Eğitimde Kullanılan Egzersiz Programları

Hasta Progresyon Kriterleri

Dirençli egzersiz programında ilerleme, hastanın klinik statüsüne, semptom ve belirtilerine, cerrahi bölgenin iyileşme sürelerine ve yumuşak doku iyileşmesinin engelleyen faktörlere bağlıdır. Klinikte verilen egzersiz programında ilerlemeyi hastanın klinik statüsü göz önüne alınarak düzenlenmelidir. Sporunun dirençli egzersiz programının çeşitli seviyelerindeki ilerlemesi, subjektif ve objektif değerlendirmeler doğrultusunda belirlenmektedir. Programlar güvenli eklem aralığında başlayarak (submaksimal çok açılı izometrik), eklem daha fazla yük bindiren (tam eklem hareket sınırı, maksimal izokinetik) açılara doğru ilerlemelidir. Eğitim esnasında istenmeyen bir yan etki görüldüğü zaman, bir önceki egzersiz seviyesindeki set sayısı, süre kriterlerine dönülerek eğitime devam edilmelidir. Eğitim esnasında hastanın tolerasyonunda bir sıkıntısı yoksa, daha üst seviyedeki programa da devam edebilir.

Kısa Ark Egzersizleri

Statik izometrik egzersizlerden dinamik egzersizlere geçiş yapılarak progresyon sağlanır. Eklem hareket sınırını etkileyen semptomlar ve doku iyileşme süreci göz önüne alındığında, dinamik egzersizlere kısa ark egzersizleri ile başlanabilir. Kısa ark egzersizlerinde 60-90-120-150-180°/sn. açısal hızlar kullanılmaktadır (65). 60°/sn.'den daha düşük açısal hızlarda eklemde gelişen kompresif kuvvetler kasta inhibisyon cevabı oluşturmaktadır. 180°/sn'den fazla olan açısal hızlar eklemde geniş, serbest bir ekstremitte akselerasyonuna yol açarak kaslar üzerinde yetersiz yüklenmeye neden olmaktadır. Bireylere dirençli egzersiz programı çizilirken bu nokta göz önünde bulundurulmalıdır. Kısa ark izokinetik egzersiz programlarında, akselerasyon ve deselerasyon cevabından ötürü, yavaş kontraktıl hızlar seçilmektedir (60-180 °/sn). İzokinetik egzersizler akselerasyon, deselerasyon ve yüklenme aralığı olmak üzere 3 major komponenti içermektedir. Yük aralığı, önceden ayarlanmış açısal hızın hasta tarafından karşılandığı ve hastaya gerçek bir izokinetik yükün verildiği hareket aralığının gerçek kısmıdır. Akselerasyon hastanın ekstremitelerinin, önceden ayarlanmış açısal hızı "yakalamak" için hızlandığı hareket

aralığı kısmını oluştururken, deselasyon ekstremitesinin hareket tekrarının bitiminden önce yavaşladığı kısımdır. Yük aralığı izokinetik hız seçimi ile ters orantılıdır. Daha yavaş kasılma hızlarında daha geniş bir yük aralığı, daha hızlı kasılma hızlarında istatistiksel olarak daha kısa bir yük aralığı bulunmuştur (66).

Kısa ark veya hareket sınırında limitasyonu olan bireylerde izokinetik egzersizin etkinliği ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Çalışma da, değişken hareket açıklığı (VROM) eğitiminin nöromüsküler performans ve eksternal yüklerin kontrolü üzerindeki etkisini incelenmiştir. Bireyler eklem hareketinin tam olduğu ve limitli olduğu koşullarda egzersiz programına alınmışlar. Belirlenmiş EHA aralığında yapılan egzersizde (terminal izokinetik egzersiz) sonuçların anlamlı olduğu görülmüştür (67).

Tam Eklem Hareket Açıklığı Egzersizleri

Submaksimal egzersizlerden sonra tam eklem hareket açıklığı egzersizlerine geçilmektedir. İzokinetik alette hızlı kasılma özelliği için 180° ve üstü açılar tercih edilmektedir. Açısız hızın fazla olması ekleme binen stresin de azalmasında yol açacaktır (68).

Dinlenme Aralığı

İzokinetik eğitimler de iş-dinlenme döngüsünü belirleme de yapılan aktivasyon veya spora yönelik rehber oluşturulması gerektiği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (60). Submaksimal veya maksimal kısa ark izokinetik egzersiz uygulamasında dinlenme aralığı 90 sn. olarak belirtilmektedir. Ancak bu sürenin klinikte rehabilitasyon protokolunu tamamlama açısından uzun olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak dinlenme aralığı semptomla sınırlı olarak uygulanmalıdır. Eğer hasta kısa ark egzersizini tamamlayamıyorsa dinlenme aralığı uzun tutulmalıdır. Fleck'in çalışmasına göre kas aktivasyonunun akut safhasında adenozintrifosfat ve kreatin fosfat 20 sn. içinde restore olmaktadır. İntramüsküler depoların %75-%87'i 40-60 sn içinde yenilenmektedir (69).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Bireyler

Bu çalışmaya aynı doktor tarafından hamstring otogrefti ile ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılmış ve rehabilitasyon almış bireyler dahil edildi. 30 hasta çalışma için değerlendirildi ve çalışma kriterlerine uyan 20 hasta çalışmaya dahil edildi.

697 kayıt numaralı doktora tezi araştırma projesi, Gazi Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından etik açısından uygun bulundu [EK-1]. Araştırmaya katılan bireylerden bilgilendirilmiş gönüllü onam formu alındı.

Bireylerin çalışmaya dahil edilme ve edilmeme kriterleri aşağıdaki gibidir.

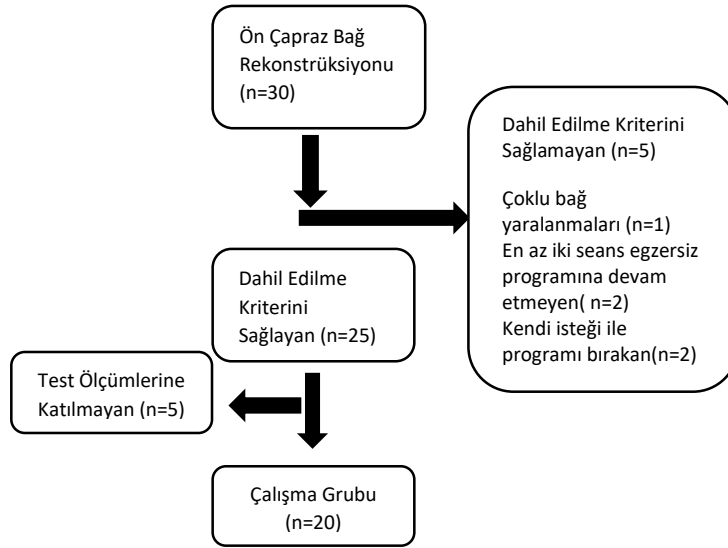
Çalışmaya dahil edilme kriterleri

- 18-45 yaş arasında olmak
- Tek taraflı ÖÇB yaralanmasının olması
- Hamstring greftli hastaların olması
- ÖÇB’de tam yırtığa eşlik eden minimal kollateral bağ ve birinci derece meniskal yırtıkların olmaması
- Rekonstrüksiyon sonrası bir hafta içinde rehabilitasyon programına başlanması
- Sağlam ekstremitede en az altı ay herhangi bir yaralanmanın olmaması
- Araştırmaya katılım için gönüllü olması
- Kas-iskelet sistemi rahatsızlığının olmaması
- Sistemik herhangi bir probleminin olmaması

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri

- Rüptür sonrası revizyon cerrahisi geçirmek
- Sistemik ve nörolojik problemin olması
- Lateral ve medial kollateral bağlarda üçüncü derece yırtık ve belirgin eklem kıkırdak lezyonunun olması

- Rekonstrüksiyon sonrası 16, haftada takipten itibaren verilen rehabilitasyon programına katılamaması



Şekil 3.1. Çalışmanın akış çizelgesi.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ölçme ve Değerlendirmeler

- **Demografik Bilgiler:** Çalışmaya dahil edilen bireylerin demografik özellikleri (yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu, vücut kütle indeksi, dominant ve etkilenen ekstremitte) kaydedildi. Dominant ekstremitte, bireylerin topa vuruş bacakları veya sıçrama bacakları olarak tanımlandı.

- **Değerlendirme:** Kas kuvveti izokinetik dinamometre (IsoMED 2000 Ferstl GmbH Almanya) ile ölçüldü. İzokinetik kas kuvveti testlerinin güvenilirliği 0,81 ile 0,97 arasında sınıf içi korelasyon katsayılarıyla yüksek olduğu kanıtlanmıştır (70) bu nedenle ölçümde hamstring ve kuadriseps kaslarına rekonstrüksiyon sonrası 16. ve 24. hafta'larda izokinetik test yapıldı. Testte 60°/sn ve 180°/sn. açısal hızlar kullanıldı. Her iki kasın konsentrik kasılma esnasında ortaya çıkardığı kuvvet ve endurans parametreleri ölçüldü. Test öncesi bireyler 5 dk.'lık ısınma programına alındı. Isınmada, sıfır dirençli bisiklet ergometresi kullanıldı. Bireyler ısındıktan sonra, izokinetik dinamometrenin sandalyesine kalça ve diz 90° olacak şekilde oturtularak kollarını gövdenin iki yanında tutmaları istendi ve omuz hareketliliğini engellemek amacıyla omuz barları her iki omuz seviyesine indirildi. Test sırasında gövdenin öne

doğru eğilmesini önlemek amacıyla bel kemeri pelvis hizasından bağlandı. Aletin diz hizasında ki pivot noktası olan femurun lateral kondili, aletin laser ışığı kullanılarak ayarlandı. Aletin bacak parametresi ayağın lateral kondilinin 2 cm üzerine gelecek şekilde ayarlanarak test için bacağına bağlandı. Kontralateral bacağın serbest kalmasına izin verildi (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. İzokinetik sistem.

Test başlamadan önce bireylere yapılacak test hakkında bilgi verildi. Test esnasında bireyler maksimum güçlerini kullanmaları için teşvik edildi. Test sırasında fizyoterapistin sözlü uyarıları ve izokinetik dinamometreden gelen görsel geri bildirimle bireyler cesaretlendirildi. Değerlendirmenin standardize olması için test önce sağlam, sonra ameliyatlı ekstremiteye uygulandı. 60 °/sn açısal hızda bireylerden dinamometrenin kuvvet kolunu mümkün olduğunca kuvvetli bir şekilde aşağıya indirmesi ve beklemeden aynı kuvvetle yukarıya itmesi istendi. Dinlenme periyodundan sonra aynı işlemi 180°/ sn. açısal hızda tekrarlaması istendi. 60 °/sn açısal hızda 5 tekrar ve 180 °/sn açısal hızda 10 tekrarda test uygulandı. Test öncesi bu açısal hızlarda 3 tekrarlı alıştırmaya verildi. Test sonucunda etkilenmiş taraf ve sağlam taraf değerler karşılaştırıldı ve zirve tork hamstring/vücut ağırlığı (Nm./kg), zirve tork

kuadriseps/vücut ağırlığı (Nm./kg), zirve tork (hamstring/kuadriseps) oranı ile ilgili veriler çalışmaya dahil edildi. Bireylere test sonrası kassal kuvvet değerleri hakkında bilgi verildi.

3.2.2. Egzersiz Eğitimi

Çalışmaya ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılan bireyler dahil edildi. Kliniğe yönlendirilen bireylerden çalışmaya katılmak isteyenler araştırma grubuna dahil edildi.

Egzersiz Eğitimi: Bireyler standart rehabilitasyon programından sonra, 16. haftada, izokinetik dinamometrede egzersiz eğitimine alındı. Egzersiz eğitimi, haftada 3 gün / 8 hafta boyunca verildi. Hamstring konsentrik-kuadriseps konsentrik, hamstring izometrik, kuadriseps izometrik kas kuvveti eğitim ve stabilite-koordinasyon için eğitim verildi. Bireyler dinamometre sandalyesine kalça ve diz 90 derece pozisyonda olacak şekilde oturtuldu. Hamstring konsentrik-kuadriseps konsentrik eğitimde, açısal hız ayarlandıktan sonra dinamometrenin kuvvet kolunu mümkün olduğunca kuvvetli bir şekilde aşağıya indirmesi ve beklemeden aynı kuvvetle yukarıya itmesi istendi. **Hamstring konsentrik/ kuadriseps konsentrik eğitimde** 60 °/sn, 90 °/sn, 120 °/sn ve 180 °/sn açısal hızlar kullanıldı. 4. ayda gelen bireylerde, ilk 1-4. haftalarda 60°/sn ve 90 °/sn açısal hızlarda 5 tekrar-3 set, 120 °/sn ve 180 °/sn açısal hızlarda 10 tekrar 3 set eğitim verildi. 4-8. haftalarda 120°/sn ve 180 °/sn. açısal hızlarda tekrar sayısı 15'e çıkartıldı. Set aralarında 30 sn. egzersiz aralarında 1 dk. dinlenme periyodu verildi. Hamstring izometrik, kuadriseps izometrik ve stabilite koordinasyon eğitiminde 3 set-3 tekrar yapıldı. Set aralarında 30 sn. egzersiz aralarında 1 dk. dinlenme verildi. **Hamstring izometrik eğitim:** Bireylerden izokinetik dinamometrenin ekranda gösterdiği 30°-80° açısal değerlerde, 10 sn. boyunca dizini mümkün olduğunca aşağıya çekmesi istendi. Bu aşağıya yönlü harekette dinamometrenin kolunun hareket etmeyeceği bilgisi bireylere verildi. **Kuadriseps izometrik eğitim:** Bireylerden izokinetik dinamometrenin ekranda gösterdiği 30°-80° açısal değerlerde, 10 sn. boyunca dizini mümkün olduğunca yukarıya itmesi istendi. Bu yukarıya yönlü harekette dinamometrenin kolunun hareket etmeyeceği bilgisi bireylere verildi. **Stabilite-koordinasyon eğitimi:** Bireylerden hamstring ve kuadriseps kaslarının kontrollü aktivasyonunu kullanarak, ekranda

belirlenen çizgi üst ve alt seviye hizasını geçirmeden 10 sn. boyunca dizin pozisyonunu korumaları istendi.

3.3. İstatistiksel Analiz

Verilerin analizi SPSS 21 versiyon programı kullanıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemlerle (Kolmogrov-Smirnov/ Shapiro- Wilk testleri) incelendi. Tanımlayıcı analizler normal dağılan değişkenler için ortalama ve standart sapmalar kullanılarak verildi. Veriler normal dağılıma uygun olduğu için, analizde parametrik testler kullanıldı. P değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar olarak değerlendirildi. İzokinetik eğitim öncesi ve sonrası, hamstring konsentrik, kuadriseps konsentrik, hamstring/kuadriseps oranını karşılaştırmak için Eşleştirilmiş T testi kullanıldı. Etki büyüklüğü 0,05 alınarak, 0,05 α hata katsayısı ve %80 güçle, ile 27 bireyin çalışmaya dahil olacak şekilde örneklem büyüklüğü hesaplandı.

4. BULGULAR

4.1. Bireylerin Demografik Bilgileri ve Fiziksel Özellikleri

Bireylerin fiziksel özellikleri (yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi) Tablo 4. 1.'de verildi.

Tablo 4. 1. Bireylerin demografik bilgileri

ÖÇB (n=20)	X±SS
Yaş (yıl)	30,85±9,10
Boy Uzunluğu (cm)	178,90±9,38
Vücut ağırlığı (kg)	82,45±13,81
Vücut Kütle İndeksi (kg/m ²)	25,66±2,93

4.2. ÖÇB Rekonstrüksiyon Sonrası Konsentrik Zirve Tork Hamstring Kas Kuvvet Gelişimi

Rekonstrüksiyon sonrası 24. haftada, 60°/sn açısal hızdaki konsentrik hamstring kuvveti opere ve non-opere dizde, 16. haftadaki kuvvet değerine göre daha büyüktü (p<0,05). 24.haftada 180°/sn açısal hızda, konsentrik hamstring kuvveti non-opere dizde, 16.haftadaki kuvvet değerine göre daha büyüktü (p<0,05). 180°/sn. açısal hızda opere dizde konsentrik hamstring değerinde zamanlar arasında bir farklılık görülmedi. Sonuçlar Tablo 4. 2'de verildi.

Tablo 4. 2. ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası 16.-24. hafta hamstring zirve tork değerleri

Zirve Tork (Nm/kg)		16.hafta X±SS	24.hafta X±SS	T değeri	P değeri	Cohen d
60°/sn. Konsentrik	Opere	1,35±0.48	1,56±0,42	-5,775	<0,001*	-1,291
	Non-opere	1,51±0.43	1,65±0,45	-3,414	<0,003*	-0,763
180°/sn. Konsentrik	Opere	1,06±0,39	1,48±0,82	-2,018	0,058	-0,451
	Non-opere	1,13±0,41	1,32±0,40	-4,529	<0,000*	-1,012

*: p<0,05; Eşleştirilmiş T testi.

4.3. ÖÇB Rekonstrüksiyonu Sonrası Konsentrik Zirve Tork Kuadriseps Kas Kuvvet Gelişimi

Rekonstrüksiyon sonrası 24.haftada, 60°/sn açısal hızda konsentrik kuadriseps kuvveti, opere (p<0,05) ve non-opere (p>0,05) dizde 16.haftaya göre daha büyüktü. 24.haftada 180°/sn. açısal hızda konsentrik kuadriseps kuvveti opere (p<0,05) ve non-opere (p<0,05) dizde 16.haftaya göre daha büyüktü. Sonuçlar Tablo 4.3’de verildi.

Tablo 4. 3. ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası 16.-24. hafta kuadriseps zirve tork değerleri

Zirve Tork (Nm/kg)		16.hafta X±SS	24.hafta X±SS	T değeri	P değeri	Cohen d
60°/sn. Konsentrik	Opere	1,68±0,91	2,02±0,92	-4,852	<0,001*	-1,084
	Non-opere	2,23±0,70	2,34±0,73	-1,792	0,089	-0,400
180°/sn. Konsentrik	Opere	1,22±0,60	1,47±0,67	-4,370	<0,000*	-0,977
	Non-opere	1,38±0,46	1,61±0,46	-3,213	<0,005*	-0,718

*: p<0,05; Eşleştirilmiş T testi.

4.4. ÖÇB Rekonstrüksiyonu Sonrası Konsentrik Hamstring/ Kuadriseps kuvvet oranı

Rekonstrüksiyon sonrası 60°/sn. açısal hızda konsentrik hamstring/kuadriseps oranı opere dizde 16. haftaya kıyasla 24. haftada azalırken, non-opere dizde ise 24. haftada oranın arttığı gözlemlendi (p>0,05). 180°/ sn. açısal hızda konsentrik hamstring/kuadriseps oranı opere ve non-opere dizde 16. haftaya kıyasla 24. haftada azaldığı gözlemlendi (p>0,05). Sonuçlar Tablo 4.4.'de verildi.

Tablo 4.4. ÖÇB rekonstrüksiyon sonrası Hamstring/ Kuadriseps oran gelişimi

Zirve Tork (Nm/kg)		16.hafta X±SS	24.hafta X±SS	T değeri	P değeri	Cohen d
60°/sn. Konsentrik	Opere	89,71±29,71	86,19±29,78	0,682	0,504	0,152
	Non-opere	70,28±11,28	72,06±11,85	-0,658	0,519	-0,147
180°/sn. Konsentrik	Opere	94,43±27,76	93,79±28,48	0,176	0,862	0,039
	Non-opere	82,66±16,72	81,63±11,57	0,262	0,796	0,058

*: p<0,05; Eşleştirilmiş T test

4.5. ÖÇB Rekonstrüksiyonu Sonrası Hamstring-Kuadriseps Defisit Farkı

Rekonstrüksiyon sonrası 60°/sn. açısal hızda hamstring ($p>0,05$) ve kuadriseps ($p<0,05$) kaslarının defisit yüzdesinin 16. haftaya kıyasla 24. haftada azaldığı gözlemlendi. 180°/sn açısal hızda hamstring ve kuadriseps kaslarının defisit yüzdesi 16. haftaya kıyasla 24. haftada azaldığı gözlemlendi ($p>0,05$). Sonuçlar Tablo 4.5.'de verildi.

Tablo 4.5. ÖÇB rekonstrüksiyon sonrası Hamstring-Kuadriseps defisit farkı

Defisit farkı(%)		16.hafta X±SS	24.hafta X±SS	T değeri	P değeri	Cohen d
60°/sn.	Hamstring	16,60±28,97	9,05±29,50	1,192	0,248	0,266
	Kuadriseps	54,80±45,03	31,60±52,60	2,459	0,024*	0,549
180°/sn.	Hamstring	7,30±19,60	1,59±9,87	2,005	0,059	0,448
	Kuadriseps	15,85±39,05	13,75±35,34	1,402	0,059	0,313

*: p<0,05; Eşleştirilmiş T test

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, hamstring otogrefti ile ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılmış ve rehabilitasyon almış bireylere 16. haftadan itibaren 8 hafta boyunca verilen izokinetik eğitimin, 16 ve 24. haftalarda yapılan test sonrası, kuadriseps ve hamstring kassal kuvvetlerinin gelişiminde etkili olduğu bulundu.

ÖÇB rekonstrüksiyonundan sonra kuadriseps kasındaki kuvvet kaybının sebebi (71) cerrahi sonrası inflamatuvar süreç (72) immobilizasyon (73) ve yaralanmanın bir sonucu olarak gelişen nöromüsküler inhibisyonudur. Rehabilitasyonun başlangıç aşamasında ağrı, ödem, eklem sertliği, greft iyileşme dönemi bireylerin dinamik egzersiz performansını limitleyebilmektedir. Bu aşamada bireyler nöromüsküler elektrik stimülasyonundan ve izometrik egzersizlerden fayda görmektedir. Akut dönem sonrası, ligament ve tendonun iyileşme sürelerini göze alarak kontrollü bir şekilde yüklenme yapılması gerekmektedir. Aşırı yüklenme greftin iyileşmesini geciktirerek antero-posterior diz laksitesinin artmasına yol açacaktır (74). ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası kuadriseps kasında kuvvet defisitleri (75) (76) (77) dizin yetersiz biyomekanik dizilimi, (78) 6 aydan 1 yıla kadar devam etmektedir. ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası dinamik egzersizlere başlama zamanı ile ilgili fikir birliğine varılamamıştır; fakat greftin iyileşmeye başladığı dönem olarak 4. ay kabul edilmektedir. Rekonstrüksiyon sonrası rehabilitasyon egzersizlerinde yüksek yük/patlayıcı kuvvet ve güç eğitimi ile ilgili egzersizlere geçiş sürecinde greft sahasının iyileşme sürecinin tamamlanması gerekmektedir (79). Bu amaçla izokinetik dinamometrelerde verilen egzersiz eğitimi, güvenli eklem aralığında egzersiz yapılmasına olanak sağlamaktadır (80). Literatürdeki bu veriler doğrultusunda çalışmamızda ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası bireylere 4.aydan itibaren 8 hafta boyunca verilen izokinetik egzersiz eğitiminin kuvvet artışında etkili olduğu gösterilmiştir.

Literatür ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası 6.aydan sonra spora dönüşün uygun olduğunu belirtmiştir (81). Erken dönem, 4 aydan önce ve 6 ay ve sonrası dönemde izokinetik eğitim verilerek bireylerin spora dönüş aşamasına daha güvenli geçiş yapabilecekleri düşünülmektedir.

ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası izokinetik kuvvetin değerlendirilmesinde hem konsentrik hem de eksentrik mod kullanılabilir (82). Daha önce yapılan çalışmalarda eksentrik hareketin, konsentrik harekete oranla daha fazla motor kontrol ve beceri gerektirdiği için, testlerde konsentrik modun kullanımının daha uygun olacağı belirtilmiştir (83). Spora dönüş kriterlerinde kasın tork ve iş verimini saptamak için kullanılan açısal hız genellikle 60°/sn. ve 180°/ sn olarak belirtilmiştir. Bu parametrelerin, diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvvetinin değerlendirilmesinde güvenilirliği oldukça yüksek olduğu literatürde gösterilmiştir (10). 60°/sn.'nin üstündeki açısal hızlar tork verimini düşürmektedir. Maksimum tork veriminin 0-60°/sn. arasında oluşmaktadır. Kassal kuvvetin değerlendirilmesinde 60°/sn üzerindeki açısal hızların kullanılması kuvvet defisitlerin yanlış yorumlanmasına neden olacaktır (84).

İzokinetik kuvvet antrenmanının kas kuvveti üzerine, farklı açısal hızlarda oluşan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada açısal hız arttıkça tip 1, tip 2a liflerinin pasif hale geçtiği, buna karşın tip 2b liflerinin aktifleştiği gösterilmiştir. 60°/sn. açısal hızdaki kuvvet artışında üç kas lifinin de hareketi oluşturmak için gerekli zirve torka katkıda bulunduğu belirtilmiştir (85) (86). Çalışmamızda bireyler 16. haftada egzersiz eğitimine alındı ve egzersiz programına başladıkları süreçte, ağrı, ödem ve hareket limitasyonu şikayetleri yoktu. Donör sahayı koruyarak kassal kuvvet artışını sağlamak için 60°/sn. ve 180°/ sn açısal hızlar kullanıldı. Bundan dolayı bireyler, eğitim programı boyunca verilen açısal hızlardaki programı rahat tolere etmişlerdir.

Cardone ve arkadaşları patellar tendon greftiyle yapılan ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası kuvvet defisitlerini inceledikleri çalışmalarında, 8 haftalık rehabilitasyon programını takiben 8, 16 ve 24. haftalarda kuadriseps kasında opere ve non-opere dizde kuvvet defisitlerini araştırmışlardır. 16. haftada 60°/sn. açısal hızda %33, 180°/sn. açısal hızda %24 olan defisit, 24. haftada sırasıyla %25 ve %17'ye düştüğünü ve kuvvet artışı olduğunu gözlemlemişlerdir. Kuvvet defisitlerini inceledikleri çalışmalarının sonucunda zirve tork ve total iş değerleri için 60-180°/ sn. ve 240°/ sn. 'deki açısal hızı kullanmayı tavsiye etmişlerdir (87). Çalışmamızdaki bireyler rekonstrüksiyon sonrası rehabilitasyon programına ilaveten 16. haftadan sonra izokinetik egzersiz eğitimine alındı. Çalışmamızda opere ve non-opere dizde zirve tork

kuvvet değerleri 16. ve 24. haftalarda karşılaştırıldığında 60°/sn. açısız hızda kuadriseps kas kuvvetinde opere dizde %20, non-opere dizde %4'lik kuvvet artışı, 180°/sn. açısız hızda ise opere dizde %20, non-opere dizde %16'lık kuvvet artışı gözlemlendi. Dolayısıyla erken dönemde verilen rehabilitasyon programına ilave olarak, farklı egzersiz ekipmalarından özellikle izokinetik dinamometre ile yapılan egzersiz eğitiminin rehabilitasyon sürecinin devam ettirilmesinde kas kuvvetinin artışında etkili olacağını düşünmekteyiz.

İzokinetik Eğitim

Dirençli egzersiz eğitiminin fizyolojik cevabı, nöral aktivasyonun artması ve kasta hipertrofinin oluşmasıdır (88). Egzersizde nöral adaptasyon, eğitimin erken aşamalarında oluşurken, geç dönemde kasta hipertrofi gelişmektedir (89). İzokinetik konsentrik eğitim sırasında kas kuvvetinin kazanılmasında yeterli nöral uyarı oluşturduğu düşünülmektedir (90).

ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası kuadriseps kasında meydana gelen kuvvet defisitleri, hamstring defisitlerine oranla daha uzun sürede toparlanmaktadır. Kuadriseps kasındaki defisit, rekonstrüksiyon sonrası artrojenik kas inhibisyonuna bağlı olarak gelişmektedir ve uzun dönem kas kuvveti kaybına yol açmaktadır. Artrojenik kas inhibisyonu yaralanma sonrası kasta sinir veya kas hasarı olmaksızın refleks cevap olarak ortaya çıkmaktadır. Postoperatif fazda ağrı, kullanılmama atrofisi ve afferent-efferent yoldaki sinyallerin değişimi kuadriseps kasının kasılma mekanizmasını etkilemektedir. Kuadriseps kuvveti ve fonksiyonel performans arasında pozitif korelasyon gösterilmiştir. Bu sebepten dolayı rekonstrüksiyon sonrası kuadriseps kuvvetinin en kısa zamanda geliştirilmesi gerekmektedir (8). İzokinetik dinamometreler güvenli bir eklem hareket açıklığında harekete izin vermesinden dolayı, rehabilitasyon sonrası ve spora dönüş öncesi ÖÇB bireylerinde bu kuvvet defisitlerini gidermek için tercih edilen egzersiz ekipmanlarıdır. İzokinetik dinamometreler; maksimal yoğunlukta egzersizin gerçekleşmesini ve tam eklem hareket açıklığında sabit bir açısız hız sağlayarak (91) ve her bir eklem açısında maksimal seviyede kas gücü oluşturarak egzersizin yapılmasına olanak sağlamaktadırlar (64).

Baltacı ve arkadaşları hamstring oto greftiyle ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılan hastalarda, klasik rehabilitasyon programına ilaveten, 3. haftadan başlayarak uygulanan 12 haftalık progresif eksentrik ve konsentrik egzersiz programının, fonksiyonel performans skorları ve diz kas kuvveti üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, verilen eğitimin diz ekstansör ve fleksör kas kuvvetinde değişiklik yapmadığını fakat fonksiyonel sonuçları olumlu yönde etkilediğini bulmuşlardır (92).

Anderson'ın yaptığı bir çalışmada patellar tendon ve hamstring tendon grefti ile yapılan ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası, postoperatif 6. ve 12. aylarda konsentrik ve eksentrik tork değerlerini karşılaştırılmıştır. Hem opere hem de non-opere dizde fonksiyonel iyileşme kaydedildiği göstermiştir. Preoperatif dönemden, 6. aya kadar kas kuvvetinde minimal bir değişim gözlenirken, 6 ay sonunda kas kuvvetinin preoperatif değerlere yaklaştığı belirtilmiştir. PT greftinde kuadriseps kasındaki tork kaybının, donör sahaya bağlı olarak düştüğü gözlenmiş ve hamstring greft grubunda ise hamstring kasında tork kayıpları görülmüştür. Kullanılan greftlere bağlı olarak kuvvet kayıpları görülse de bir prosedürün diğerinden üstünlüğü gösterilmemiştir (93). Çalışmamızda 16. haftadan sonra bireyler konsentrik egzersiz eğitimine alınarak verilen eğitim sonrasında 60°/sn. açısız hızda, opere dizde hamstring kas kuvvetinde %15 kuadriseps kas kuvvetinde %20 kuvvet artışı gözlemlendi. Çalışmaya alınan bireylerin tümü hamstring greftliydi. Erken dönem hamstring kuvvet artışının kuadriseps kuvvetinden az olması donör saha ile ilişkilendirilebilir. Çalışmamızda hem kuadriseps hem hamstring kaslarına izokinetik eğitim verildi. Klinikte farklı bir egzersiz programı uygulanmadı.

Rehabilitasyonda izokinetik eğitimin kassal kuvveti arttırmadaki rolünün yanında, farklı eğitim modellerini içeren (pliometrik egzersizler, denge egzersizleri gibi) programların dahil edildiği egzersiz programlarıyla, fonksiyonel rehabilitasyon zincirinin tamamlanması gerekliliğini düşündürmektedir.

Hamstring-Kuadriceps Oranı(H/Q)

ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası kuadriseps kas kuvvet zayıflığı birçok çalışmada rapor edilmiştir (94). Rekonstrüksiyon sonrası kassal kuvvetteki azalmanın nedeni, donör saha morbiditesinden ziyade, reseptör ve nöromüsküler aktivasyon paternlerinin bozulması olarak açıklanabilir (95) ÖÇB patolojilerinde hamstring kasının eklem stabilizasyonunda önemli rol oynadığı bilinmektedir. ÖÇB rekonstrüksiyonu olan bireylerde, maksimal diz ekstansiyonu sırasında hamstring kasının aktivasyonu değişmektedir. Bu değişim dizin stabilizasyonunu etkilemektedir (96).

Dinamik eklem stabilizasyonunda kas kuvvetinin yanısıra agonist- antagonist kuvvet dengesi de önemlidir (97) (98). Literatürde hamstring/kuadriseps kuvvet oranlarıyla ilgili araştırmalar mevcuttur. Diz ekstansiyonu esnasında ko-kontraksiyonun sağlanmasında hamstring kas kuvveti, kuadriseps kas kuvvetinden daha az olursa iki kas arasında kuvvet dengesizliğine yol açılacaktır. Hamstring kasının agonisti olan ön çapraz bağ, dizi stabilize ederek tibianın femur üzerinde anterior translasyonunu engellemektedir (99). Kuadriseps kas kuvvetinin, hamstring kas kuvvetinden fazla olduğu dinamik aktiviteler esnasında, meydana gelen anterior translasyon dizde tibial platoya yük aktarımının fazla olmasına sebep olmaktadır. Bu kuvvet fazlalığına karşı hamstring kas kuvveti yetersiz olursa ön çapraz bağda yaralanma olasılığı artacaktır. Tüm bu sebeplerden dolayı rekonstrüksiyon sonrası rehabilitasyonunda operatif veya non-operatif koşullarda hamstring ve kuadriseps kaslarındaki defisitlerin giderilmesi ve eş zamanlı kuvveti açığa çıkarabilmeleri için verilen dirençli egzersiz eğitimi önem kazanmaktadır.

ÖÇB rekonstrüksiyonu geçirmiş 3. aydan sonra kas kuvvetinin incelendiği bir çalışmada, bireyler izokinetik egzersiz ve kontrol olmak üzere iki gruba ayrılmış. İzokinetik grubunda bireylere izokinetik egzersiz eğitimi verilirken, kontrol grubunda klasik egzersiz programı verilmiştir. Egzersiz eğitimi sonrasında değerlendirme izokinetik test ile yapılmış. Zirve Tork, H/Q oranı 3. 6. ve 12. aylarda kaydedilmiş. Rekonstrüksiyondan 3 ay sonra diz ekstansiyon ve fleksiyon zirve tork değerlerinde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. 6. ve 12. aylarda izokinetik grupta zirve tork diz ekstansiyon ve fleksiyon değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek ve anlamlı

bulunmuştur. H/Q oranı da 6. ve 12. aylarda kontrol grubuna göre yüksek ve anlamlı bulunmuştur (100).

Standart olarak H/Q oranı, izokinetik dinamometrede, tepe izometrik (101) veya konsentrik ölçümle (102) bakılmaktadır. Tipik bir H/Q oranı sağlıklı bir dizde diz açısı ve açısal hıza bağlı olarak %50-80 civarında olmaktadır (103) ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası kuadriseps ve hamstring kuvvet simetrisinin incelendiği bir çalışmada, bireyler ilk 6 ay boyunca opere ve non-opere dizde, kuadriseps ve hamstring kuvvet ve simetri indeksleri incelenmiş. Bireylere 1, 2, 3 ve 4. aylarda izometrik kuvvet testleri uygulanmış. Opere dizde kuadriseps ve hamstring kas kuvvetinin zamanla birlikte artış gösterdiği, non-opere dizde herhangi bir kuvvet artışının olmadığı gösterilmiştir (104). Yapılan araştırmalarda fonksiyonel H/Q oranı (H eksentrik/Q konsentrik veya H konsentrik/Q eksentrik) incelenmesinin kassal kuvvet değerlendirmesi açısından daha net bilgi verdiği gösterilmiştir (105). Çalışmamızda konsentrik H/Q oranı 16. ve 24. haftada incelendi ve donör sahanın iyileşme süreci göz önüne alındığında eksentrik eğitimin bu dönemde verilmedi. Konsentrik eğitim sonucunda, 60 °/sn. açısal hızda H/Q oranının 24.haftada zamana bağlı opere dizde %4 azaldığı görüldü. Hamstring ve Kuadriseps kaslarının zamana bağlı zirve tork değerlerine bakıldığında, her iki kasta da kuvvet artışının olduğu gözlemlendi; ancak bu artış kuadriseps kasında daha fazla olduğu görüldü. H/Q oranındaki azalmanın verilen izokinetik eğitimin kuadriseps kas kuvvetinin gelişiminde daha etkili olduğunu düşündürmektedir.

Non-opere diz

ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası bilateral kas kuvvetindeki değişimleri inceleyen çalışmalar mevcuttur. Rekonstrüksiyon sonrası ekstremitenin kuvvetlendirilmesi, kontrolateral ekstremiteninde buna adapte olmasına yol açmaktadır. Scripture ve arkadaşları tarafından tanımlanan kontrolateral eğitim, hem sağlıklı hem de hasta bireyler için tarif edilmiştir; fakat eğitimin fizyolojik mekanizması net olarak açıklanmamıştır. Hiemstra ve arkadaşlarının hamstring tendon greftiyle ÖÇB rekonstrüksiyonu geçiren hastalarda, bilateral diz fleksör ve ekstansör kuvvetini karşılaştırdıkları bir çalışmada sağlam dizle kıyaslandığında opere dizde ekstansör kuvvette %28, fleksör kuvvette %26,8 kuvvet defisiti saptamışlardır.

Rekonstrüksiyon sonrası kondüsyon eksikliği, rehabilitasyon sürecindeki eksiklikler ve çapraz nöral inhibisyon gibi faktörler postoperatif dönemde kontrolateral ekstremitede bu kuvvet defisitlerine yol açmaktadır (106). ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası %2-4 bireyde yıllar içinde kontrolateral tarafta ÖÇB yaralanması görülebilmektedir. Harput ve arkadaşları ÖÇB rehabilitasyonunun erken döneminde sağlıklı ekstremitede konsentrik ve eksentrik kuvvet eğitiminin rekonstrüksiyon sonrası opere dizde kuvvet artışına yol açtığını bulmuşlardır (107). Çalışmamızda izokinetik eğitim sadece opere dize uygulandı. Sağlam dize herhangi bir egzersiz programı verilmedi. Buna rağmen hamstring ve kuadriseps kas kuvvetinde zamana bağlı artış görüldü. Sağlam dizde 60°/sn.'de hamstring kuvvet artışı %7, kuadriseps kuvvet artışının %4 olduğu gözlemlendi. Bireylerin izokinetik egzersiz esnasında kontrolateral ekstremiteleri sabitlenmedi. Dolayısıyla opere dizin izokinetik eğitimi esnasında, sağlam dizde minimal olsa harekete katıldı. Bu sebepten dolayı eğitimin sağlam dizde de kontrolateral etkiye bağlı olarak kuvvet artışı yaptığını düşünmekteyiz.

Çalışmanın limitasyonları

Çalışma randomize kontrollü bir çalışma değildi. Çalışma başlangıcında bireylerin alt ekstremitte fonksiyonelliğini belirleyici testler uygulanabilirdi. Böylece eğitim başlangıcı ve sonucunda dizin ne derece fonksiyonellik kazanabildiği gösterilerek, eğitimin etkinliği bir başka açıdan değerlendirilebilirdi. Çalışmaya sadece hamstring grefti bireyler dahil edildi. Dolayısıyla çalışma sonucunda elde edilen çıkarımlar sadece hamstring grefti için yapılabilir; bir genelleme yapılamadı. Çalışma daha büyük bir popülasyonla gerçekleştirilebilirdi.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmanın sonuçları aşağıda belirtildiği gibidir.

1-Konsentrik hamstring kuvveti, 24. haftada, 60°/sn açısal hızda opere ve non-opere dizde, 180°/sn açısal hızda non-opere dizde, 16. haftadaki kuvvet değerine göre daha büyük bulundu.

2-Konsentrik kuadriseps kuvveti 24.haftada, 60°/sn açısal hızda, opere ve non-opere dizde, 180°/sn açısal hızda opere ve non-opere dizde 16.haftaya göre büyük bulundu.

3-16. haftadaki 60°/sn. açısal hızda konsentrik hamstring/kuadriseps oranı opere dizde 24. haftada azalırken, non-opere dizde ise bu oranın arttığı gözlemlendi.

4-180°/ sn. açısal hızda konsentrik hamstring/kuadriseps oranı opere ve non-opere dizde, 16. haftaya göre 24. haftada azaldığı gözlemlendi.

ÖÇB rekonstrüksiyonunda operatif teknikler ve rehabilitasyon programları kapsamlı olarak uygulanmasına rağmen, uzun dönemde kuvvet defisitleri görülebilmektedir. Verilen egzersiz eğitimleri ile bu kuvvet dengesizlikleri ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. İzokinetik kas kuvveti eğitimi de bu sürecin bir parçasıdır. Bu çalışma ile rekonstrüksiyon sonrası, 4. aydan sonra kişinin spora veya aktif yaşamına dönmeden önce hareket etme ve tekrardan fonksiyonellik kazanma aşamasında izokinetik kassal kuvvet eğitiminin etkili olacağı ve rehabilitasyon programlarında kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

7. KAYNAKLAR

1. Kiapour AM, Murray MM. Basic science of anterior cruciate ligament injury and repair. *Bone Joint Res.* 2014;3(2):20-31.
2. Otzel DM, Chow JW, Tillman MD. Long-term deficits in quadriceps strength and activation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther Sport.* 2015;16(1):22-8.
3. Lim JM, Cho JJ, Kim TY, Yoon BC. Isokinetic knee strength and proprioception before and after anterior cruciate ligament reconstruction: A comparison between home-based and supervised rehabilitation. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2019;32(3):421-9.
4. Di Stasi SL, Logerstedt D, Gardinier ES, Snyder-Mackler L. Gait patterns differ between ACL-reconstructed athletes who pass return-to-sport criteria and those who fail. *Am J Sports Med.* 2013;41(6):1310-8.
5. 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(9):750-9.
6. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *Am J Sports Med.* 2011;39(3):538-43.
7. Vidmar MF, Baroni BM, Michelin AF, Mezzomo M, Lugokenski R, Pimentel GL, et al. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2020;24(5):424-32.
8. Harput G, Kilinc HE, Ozer H, Baltaci G, Mattacola CG. Quadriceps and hamstring strength recovery during early neuromuscular rehabilitation after ACL hamstring-tendon autograft reconstruction. *Journal of sport rehabilitation.* 2015;24(4):398-404.
9. Frost DM, Cronin J, Newton RU. A biomechanical evaluation of resistance: fundamental concepts for training and sports performance. *Sports Med.* 2010;40(4):303-26.
10. Undheim MB, Cosgrave C, King E, Strike S, Marshall B, Falvey É, et al. Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. *Br J Sports Med.* 2015;49(20):1305-10.
11. Drouin JM, Valovich-mcLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91(1):22-9.
12. Feiring DC, Ellenbecker TS, Derscheid GL. Test-retest reliability of the biodex isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1990;11(7):298-300.
13. Duthon V, Barea C, Abrassart S, Fasel J, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy.* 2006;14(3):204-13.

14. Harner CD, Baek GH, Vogrin TM, Carlin GJ, Kashiwaguchi S, Woo SL. Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 1999;15(7):741-9.
15. Takahashi M, Doi M, Abe M, Suzuki D, Nagano A. Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of human anterior cruciate ligament. *The American journal of sports medicine*. 2006;34(5):787-92.
16. van Eck CF, Lesniak BP, Schreiber VM, Fu FH. Anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction flowchart. *Arthroscopy*. 2010;26(2):258-68.
17. Chhabra A, Starman JS, Ferretti M, Vidal AF, Zantop T, Fu FH. Anatomic, radiographic, biomechanical, and kinematic evaluation of the anterior cruciate ligament and its two functional bundles. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(suppl_4):2-10.
18. Forsythe B, Kopf S, Wong AK, Martins CA, Anderst W, Tashman S, et al. The location of femoral and tibial tunnels in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction analyzed by three-dimensional computed tomography models. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(6):1418-26.
19. Giuliani JR, Kilcoyne KG, Rue JP. Anterior cruciate ligament anatomy: a review of the anteromedial and posterolateral bundles. *J Knee Surg*. 2009;22(2):148-54.
20. Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G, Fu FH. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res*. 1997;15(2):285-93.
21. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med*. 1982;10(6):329-35.
22. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg Am*. 1984;66(7):1072-6.
23. Zimny ML, Schutte M, Dabezies E. Mechanoreceptors in the human anterior cruciate ligament. *Anat Rec*. 1986;214(2):204-9.
24. Hogervorst T, Brand RA. Mechanoreceptors in joint function. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(9):1365-78.
25. Petersen W, Tillmann B. Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint. *Anat Embryol (Berl)*. 1999;200(3):325-34.
26. Boden B, Dean G, Feagin JAJr & Garrett WEJr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*. 2000;23(6):573-8.
27. Faunø P, Jakobsen BW. Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *International journal of sports medicine*. 2006;27(01):75-9.
28. Hame SL, Oakes DA, Markolf KL. Injury to the anterior cruciate ligament during alpine skiing: a biomechanical analysis of tibial torque and knee flexion angle. *The American journal of sports medicine*. 2002;30(4):537-40.
29. Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slauterbeck JL. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *J Orthop Res*. 1995;13(6):930-5.
30. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, Demaio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med*. 2006;34(9):1512-32.

31. Orchard J, Seward H, McGivern J, Hood S. Rainfall, evaporation and the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury in the Australian Football League. *Med J Aust.* 1999;170(7):304-6.
32. Orchard JW, Powell JW. Risk of knee and ankle sprains under various weather conditions in American football. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(7):1118-23.
33. Fuller CW, Dick RW, Corlette J, Schmalz R. Comparison of the incidence, nature and cause of injuries sustained on grass and new generation artificial turf by male and female football players. Part 2: training injuries. *Br J Sports Med.* 2007;41 Suppl 1(Suppl 1):i27-32.
34. Ryder SH, Johnson RJ, Beynnon BD, Ettlinger CF. Prevention of ACL injuries. *Journal of Sport Rehabilitation.* 1997;6(2):80-96.
35. Beynnon B, Slauterbeck J, Padua D, Hewett T, editors. Update on ACL risk factors and prevention strategies in the female athlete. *Journal of Sports Medicine.* 2006;34(2):299-311
36. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. The effects of gender on quadriceps muscle activation strategies during a maneuver that mimics a high ACL injury risk position. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(2):181-9.
37. Haycock CE, Gillette JV. Susceptibility of women athletes to injury. Myths vs reality. *Jama.* 1976;236(2):163-5.
38. Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, Arciero RA, St Pierre P, Taylor DC. Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament: a prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *Am J Sports Med.* 2003;31(6):831-42.
39. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Jr., Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005;33(4):492-501.
40. Malina R. Timing and sequence of changes in growth, maturation, and performance during adolescence. Growth, maturation, and physical activity. Human Kinetics Publishers American Journal of Physical Anthropology. 199;91(1):134-135.
41. Huston LJ, Wojtys EM. Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. *Am J Sports Med.* 1996;24(4):427-36.
42. Markolf KL, Graff-Radford A, Amstutz HC. In vivo knee stability. A quantitative assessment using an instrumented clinical testing apparatus. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60(5):664-74.
43. Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, Shoji H, Bose W, Beck C, et al. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med.* 1987;15(3):207-13.
44. Trimble MH, Bishop MD, Buckley BD, Fields LC, Rozea GD. The relationship between clinical measurements of lower extremity posture and tibial translation. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002;17(4):286-90.
45. Ostenberg A, Roos H. Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports.* 2000;10(5):279-85.
46. Liu SH, al-Shaikh R, Panossian V, Yang RS, Nelson SD, Soleiman N, et al. Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cells in the human anterior cruciate ligament. *J Orthop Res.* 1996;14(4):526-33.

47. Hewett TE, Zazulak BT, Myer GD. Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *The American journal of sports medicine*. 2007;35(4):659-68.
48. Booth FW, Tipton CM. Ligamentous strength measurements in pre-pubescent and pubescent rats. *Growth*. 1970;34(2):177-85.
49. Posthuma BW, Bass MJ, Bull SB, Nisker JA. Detecting changes in functional ability in women with premenstrual syndrome. *Am J Obstet Gynecol*. 1987;156(2):275-8.
50. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000;8(3):141-50.
51. Imran A, O'Connor J. Theoretical estimates of cruciate ligament forces: effects of tibial surface geometry and ligament orientations. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 1997;211(6):425-39.
52. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med*. 2006;34(2):299-311.
53. Shaerf DA, Pastides PS, Sarraf KM, Willis-Owen CA. Anterior cruciate ligament reconstruction best practice: A review of graft choice. *World J Orthop*. 2014;5(1):23-9.
54. Siegel L, Vandenaeker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med*. 2012;22(4):349-55.
55. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019;33(1):33-47.
56. Welling W, Benjaminse A, Lemmink K, Dingenen B, Gokeler A. Progressive strength training restores quadriceps and hamstring muscle strength within 7 months after ACL reconstruction in amateur male soccer players. *Phys Ther Sport*. 2019;40:10-8.
57. van Melick N, van Cingel RE, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *British Journal of Sports Medicine*. 2016;50(24):1506-15.
58. Blanchard S, Glasgow P. A theoretical model to describe progressions and regressions for exercise rehabilitation. *Phys Ther Sport*. 2014;15(3):131-5.
59. Bieler T, Sobol NA, Andersen LL, Kiel P, Løfholm P, Aagaard P, et al. The effects of high-intensity versus low-intensity resistance training on leg extensor power and recovery of knee function after ACL-reconstruction. *Biomed Res Int*. 2014;2014:278512. doi: 10.1155/2014/278512.
60. Ellenbecker TS, Davies GJ. The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *J Athl Train*. 2000;35(3):338-50.
61. Hislop HJ, Perrine J. The isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy*. 1967;47(1):114-7.
62. Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, Arrigo CA, Andrews JR. The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994;20(2):60-73.

63. Kannus P, Järvinen M. Prediction of torque acceleration energy and power of thigh muscles from peak torque. *Med Sci Sports Exerc.* 1989;21(3):304-7.
64. Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *Int J Sports Med.* 1994;15 Suppl 1:S11-8.
65. Clark RA, Humphries B, Hohmann E, Bryant AL. The influence of variable range of motion training on neuromuscular performance and control of external loads. *J Strength Cond Res.* 2011;25(3):704-11.
66. Brown LE, Whitehurst M, Findley BW, Gilbert R, Buchalter DN. Isokinetic load range during shoulder rotation exercise in elite male junior tennis players. *J Strength and Cond Res.* 1995;9(3):160-64.
67. Clark RA, Humphries B, Hohmann E, Bryant AL. The influence of variable range of motion training on neuromuscular performance and control of external loads. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2011;25(3):704-11.
68. Davies GJ. A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques: S & S Publishers; 4th edition (January 1, 1992):1-21
69. Fleck SJ. Periodized strength training: a critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 1999;13(1):82-9.
70. Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, et al. Normative Quadriceps and Hamstring Muscle Strength Values for Female, Healthy, Elite Handball and Football Players. *J Strength Cond Res.* 2018;32(8):2314-23.
71. Johnson AK, Palmieri-Smith RM, Lepley LK. Contribution of Neuromuscular Factors to Quadriceps Asymmetry After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Athl Train.* 2018;53(4):347-54.
72. Mendias CL, Lynch EB, Davis ME, Sibilsky Enselman ER, Harning JA, Dewolf PD, et al. Changes in circulating biomarkers of muscle atrophy, inflammation, and cartilage turnover in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med.* 2013;41(8):1819-26.
73. Brooks NE, Myburgh KH. Skeletal muscle wasting with disuse atrophy is multi-dimensional: the response and interaction of myonuclei, satellite cells and signaling pathways. *Front Physiol.* 2014 Mar 17;5:99.
74. Beynon BD, Johnson RJ, Fleming BC. The science of anterior cruciate ligament rehabilitation. *Clin Orthop Relat Res.* 2002(402):9-20.
75. 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(1):21-8.
76. Eitzen I, Holm I, Risberg MA. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *British journal of sports medicine.* 2009;43(5):371-6.
77. 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. *journal of orthopaedic & sports physical therapy.* 2012;42(9):750-9.
78. Myer GD, Martin Jr L, Ford KR, Paterno MV, Schmitt LC, Heidt Jr RS, et al. No association of time from surgery with functional deficits in athletes after anterior

- cruciate ligament reconstruction: evidence for objective return-to-sport criteria. *The American journal of sports medicine*. 2012;40(10):2256-63.
79. Houglum P. *Therapeutic exercise for musculoskeletal injuries* 3rd. ed. Champaign, USA, Human Kinetics Thomson-Shore Inc. 2010:199-254.
 80. Kartus J, Movin T, Karlsson J. Donor-site morbidity and anterior knee problems after anterior cruciate ligament reconstruction using autografts. *Arthroscopy*. 2001;17(9):971-80.
 81. Harris JD, Abrams GD, Bach BR, Williams D, Heidloff D, Bush-Joseph CA, et al. Return to sport after ACL reconstruction. *Orthopedics*. 2014;37(2):e103-8.
 82. Kellis E, Baltzopoulos V. Isokinetic eccentric exercise. *Sports Med*. 1995;19(3):202-22.
 83. Sole G, Hamrén J, Milosavljevic S, Nicholson H, Sullivan SJ. Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(5):626-31.
 84. Baltzopoulos V, Brodie DA. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sports Med*. 1989;8(2):101-16.
 85. Clamann HP, Broecker KT. Relation between force and fatigability of red and pale skeletal muscles in man. *Am J Phys Med*. 1979;58(2):70-85.
 86. Impellizzeri FM, Bizzini M, Rampinini E, Cereda F, Maffiuletti NA. Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2008;28(2):113-9.
 87. Cardone C, Menegassi Z, Emygdio R. Isokinetic assessment of muscle strength following anterior cruciate ligament reconstruction. *Isokinetics and exercise science*. 2004;12(3):173-7.
 88. Ozmun JC, Mikesky AE, Surburg PR. Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26(4):510-4.
 89. Suman OE, Spies RJ, Celis MM, Mlcak RP, Herndon DN. Effects of a 12-wk resistance exercise program on skeletal muscle strength in children with burn injuries. *J Appl Physiol (1985)*. 2001;91(3):1168-75.
 90. Esselman PC, de Lateur BJ, Alquist AD, Questad KA, Giaconi RM. Torque development in isokinetic training. *Arch Phys Med Rehabil*. 1991;72(10):723-8.
 91. Wernbom M, Augustsson J, Thomeé R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med*. 2007;37(3):225-64.
 92. Kınıklı GI, Yüksel I, Baltacı G, Atay OA. The effect of progressive eccentric and concentric training on functional performance after autogenous hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled study. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2014;48(3):283-9.
 93. Anderson JL, Lamb SE, Barker KL, Davies S, Dodd CA, Beard DJ. Changes in muscle torque following anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between hamstrings and patella tendon graft procedures on 45 patients. *Acta Orthop Scand*. 2002;73(5):546-52.
 94. Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Wojtys EM. Maximizing quadriceps strength after ACL reconstruction. *Clin Sports Med*. 2008;27(3):405-24.
 95. Krogsgaard MR, Dyhre-Poulsen P, Fischer-Rasmussen T. Cruciate ligament reflexes. *J Electromyogr Kinesiol*. 2002;12(3):177-82.

96. Tibone JE, Antich TJ. Electromyographic analysis of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1993(288):35-9.
97. Clanton TO, Coupe KJ. Hamstring strains in athletes: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 1998;6(4):237-48.
98. Orchard J, Marsden J, Lord S, Garlick D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med.* 1997;25(1):81-5.
99. More RC, Karras BT, Neiman R, Fritschy D, Woo SL, Daniel DM. Hamstrings--an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. *Am J Sports Med.* 1993;21(2):231-7.
100. Liu H, Lu W, Liang D, Geng H, Zhu W, Ouyang K, et al. Effect of isokinetic training of thigh muscle group on graft remodeling after anterior cruciate ligament reconstruction. *Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery.* 2019;33(9):1088-94.
101. Kannus P. Ratio of hamstring to quadriceps femoris muscles' strength in the anterior cruciate ligament insufficient knee. Relationship to long-term recovery. *Phys Ther.* 1988;68(6):961-5.
102. Kong PW, Burns SF. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Phys Ther Sport.* 2010;11(1):12-7.
103. Calmels PM, Nellen M, van der Borne I, Jourdin P, Minaire P. Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexor-extensor torque ratios at the hip, knee, and ankle in a sample population of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(11):1224-30.
104. Harput G, Tunay VB, Ithurburn MP. Quadriceps and Hamstring Strength Symmetry After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Study. *J Sport Rehabil.* 2020;30(1):1-8.
105. Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiol Scand.* 1995;154(4):421-7.
106. Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ. Contralateral limb strength deficits after anterior cruciate ligament reconstruction using a hamstring tendon graft. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007;22(5):543-50.
107. Harput G, Ulusoy B, Yildiz TI, Demirci S, Eraslan L, Turhan E, et al. Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2019;27(1):68-75.

8. EKLER**EK-1: Etik Kurul Onay Belgesi**

Sayı 26
Konu: Toplantı Kararları

Tarih: 11.11.2020

Sayın Prof. Dr. Hanza ÖZER
Proje Yürütücüsü

Üniversitemiz Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 02 Kasım 2020 tarihinde yapmış olduğu toplantı kararı ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim

Prof. Dr. D. Berrin GÜNAYDIN
GÜ Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
Başkanı

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR KARAR FORMU**

ETİK KURUL İLETİŞİM BİLGİLERİ	ETİK KURULUNUN ADI	Gazi Üniversitesi (GÜ) Klinik Araştırmalar Etik Kurulu			
	AÇIK ADRES	Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlık (GÜTF) Binası 06500 Beşevler/Ankara			
	TELEFON				
	FAKS				
	E-POSTA				
BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu sonrası 16 ve 24. hafta rehabilitasyonda Dirençli Egzersiz Eğitiminin İzokinetik Parametreleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Hamza ÖZER			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI /UZMANLIK ALANI/ BULUNDUĞU MERKEZ	Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı / GÜTF			
	DESTEKLEYİCİ (Varsa)				
	ARAŞTIRMANIN TÜRÜ	Egzersiz gibi vücut fizyolojisi ile ilgili araştırmalar-Doktora tezi			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Ver.No	Dili	
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	22.09.2020	2	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU	22.09.2020	2	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı			Açıklama	
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input checked="" type="checkbox"/>			
	BIYOLOJİK MATERYAL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>			
	DİĞER	<input type="checkbox"/>			
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 697	Toplantı tarihi: 02.11.2020			
	Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu sonrası 16 ve 24. hafta rehabilitasyonda Dirençli Egzersiz Eğitiminin İzokinetik Parametreleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi başlıklı başvuru dosyası ile ilgili düzeltilmiş olan belgeler araştırmanın gerekçe amaç, yaklaşım ve yöntemleri ile incelenerek uygun bulunduğuna GÜ Klinik Araştırmalar Etik Kurulu üyelerinin oybirliği ile karar verilmiştir.				
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI		İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu			
BAŞKANIN ÜNVANI / ADI / SOYADI		Prof. Dr. D. Berrin GÜNAYDIN			
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırmayla ilişkisi	Katılım
Prof. Dr. D. Berrin GÜNAYDIN BAŞKAN	Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı Farmakoloji Bilim Dr.	GÜTF	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>
Prof. Dr. Gülten TAÇOY BAŞKAN YARD.	Kardiyoloji Anabilim Dalı	GÜTF	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>

Doç. Dr. Murat UÇAR BİLDİRİMDEN SORUMLU ÜYE	Radyoloji Anabilim Dalı	GÜTF	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Nevzat YÜKSEL ÜYE	Psikiyatri Anabilim Dalı	GÜTF	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Nesrin ÇOBANOĞLU ÜYE	Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı	GÜTF	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Mehmet Ali ERGÜN ÜYE	Tıbbi Genetik Anabilim Dalı	GÜTF	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Ö. Sezai LEVENTOĞLU ÜYE	Genel Cerrahi Anabilim Dalı	GÜTF	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Nuriye ÖZDEMİR ÜYE	İç Hastalıkları Anabilim Dalı Tıbbi Onkoloji Bilim Dalı	GÜTF	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	Katılmadı
Prof. Dr. Aylin SEPİCİ DİNÇEL ÜYE	Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	GÜTF	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Ebru ARHAN ÜYE	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Çocuk Nöroloji Bilim Dalı	GÜTF	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Gökçe S. ÖZTÜRK FİNCAN ÜYE	Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	GÜTF	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Elçin ÖZGÜR BÜYÜKATALAY ÜYE	Biyofizik Anabilim Dalı	GÜTF	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Uzm. Dr. Emine AVCI ÜYE	Halk Sağlığı	Halk Sağlığı Genel Müd.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Araş. Gör. Dr. Fahri Erdem KAŞAK ÜYE	Hukukçu	Hacı Bayram Veli Üniv.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
İ. Nüket EKŞİ ÜYE	Sivil Temsilci	-	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

EK-2: Olgu Rapor Formu

Hasta Adı-soyadı:

Yaş:

Boy uzunluğu:

Vücut ağırlığı:

VKİ:

Özgeçmiş:

Soygeçmiş:

EK-3: Orijinallik Raporu

ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU 4 AY SONRASI İZOKİNETİK EGZERSİZ EĞİTİMİNİN DİZ KAS KUUVETİNE ETKİSİ


ORJİNALLİK RAPORU

%7	%6	%2	%3
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%2
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
3	Submitted to Hacettepe University Öğrenci Ödevi	<%1
4	Ali H. Alnahdi, Joseph A. Zeni, Lynn Snyder-Mackler. "Gait after unilateral total knee arthroplasty: Frontal plane analysis", Journal of Orthopaedic Research, 2011 Yayın	<%1
5	9lib.net İnternet Kaynağı	<%1
6	Bihter AKINOĞLU, Tuğba KOCAHAN, Ender KAYA, Erkan TORTU, Gökhan DELİCEOĞLU, Adnan HASANOĞLU. "Comparison of Vertical Jump Performance and Knee Joint Isokinetic Muscle Strength of Elite Male Beach Volleyball	<%1

EK-4: Dijital Makbuz



Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen:	Ayşe Uzun
Ödev başlığı:	ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU 4 AY SONRASI İZOKİN...
Gönderi Başlığı:	ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU 4 AY SONRASI İZOKİN...
Dosya adı:	AY_E_UZUN_doktora_TEZ_2_OCAK_2023_turnitin.docx
Dosya boyutu:	328.48K
Sayfa sayısı:	42
Kelime sayısı:	8,761
Karakter sayısı:	63,425
Gönderim Tarihi:	02-Oca-2023 11:06ÖÖ (UTC+0300)
Gönderim Numarası:	1987909948

ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU 4 AY SONRASI
İZOKİNETİK EGZERSİZ EĞİTİMİNİN DİZ KAS KUUVETİNE
ETKİSİ

Uzm. Fzt. Ayşe UZUN

Copyright 2023 Turnitin. Tüm hakları saklıdır.

9. ÖZGEÇMİŞ