



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

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**SAĞLIKLI BİREYLERDE FARKLI EKSENTRİK
HAMSTRİNG EGZERSİZLERİ SİRASINDAKİ
KASAL AKTİVASYONLARIN İNCELENMESİ**

SONAY GÜRÜHAN

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

ARALIK 2018



**SAĞLIKLI BİREYLERDE FARKLI EKSENTRİK HAMSTRİNG
EGZERSİZLERİ SIRASINDAKİ KASSAL AKTİVASYONLARIN
İNCELENMESİ**

Sonay GÜRÜHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2018

Sonay GÜRÜHAN tarafından hazırlanan “SAĞLIKLI BİREYLERDE FARKLI EKSENTRİK HAMSTRİNG EGZERSİZLERİ SIRASINDAKİ KASSAL AKTİVASYONLARIN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile Gazi Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Nevin A. GÜZEL
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Danışman: Doç. Dr. Nihan KAFA
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Üye: Doç. Dr. Aydan AYTAR
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Başkent Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Tez Savunma Tarihi: 28/12/2018

Jüri üyeleri tarafından YÜKSEK LİSANS tezi olarak uygun görülmüş olan bu tez Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.

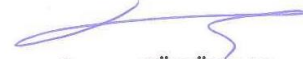
Prof. Dr. Mustafa ASLAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Sonay GÜRÜHAN

28/12/2018

SAĞLIKLI BİREYLERDE FARKLI EKSENTRİK HAMSTRİNG EGZERSİZLERİ SIRASINDAKİ KASSAL AKTİVASYONLARIN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sonay GÜRÜHAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2018

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, sağlıklı bireylerde farklı eksentrik hamstring egzersizleri sırasında biceps femoris (BF), semitendinosus (ST) ve semimembranosus (SM) kaslarının kassal aktivasyon düzeylerinin yüzeyel elektromyografi (yEMG) ile belirlenmesidir. Bu çalışmaya, çalışmaya katılmayı kabul eden, fiziksel aktivite düzeyleri Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi Kısa Formu (UFAA) ile belirlenmiş olan 18-35 yaş aralığındaki 31 sağlıklı birey dahil edildi. Test gününde hamstring kası için maksimum istemli izometrik kas kontraksiyonu (MİK) Cybex izokinetik dinamometre (Cybex NORM®, Humac, CA, USA) ile ölçüldü. Katılımcılardan çift Düz Bacak Uzanma egzersizi (Stiff-leg deadlift (SLDL)), Tek Bacak Düz Uzanma Egzersizi (Unilateral stiff-leg deadlift (USLDL)), Nordic Hamstring Egzersizi ve Top Yuvarlama Egzersizini (Ball leg curl (BLC)) 3 tekrarlı ve randomize bir şekilde yapmaları istendi. Egzersizler esnasında BF, ST ve SM kaslarının aktivasyonu yüzeyel elektromyografi (Noraxon Inc., USA) cihazı ile ölçüldü. Çalışmanın istatistiksel analizleri “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS) Versiyon 22.0 (SPSS inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak yapıldı. Her bir egzersizin kendi kas grupları üzerindeki etkilerini karşılaştırmak için ANOVA, her bir kas grubu için hangi egzersiz tipinin daha etkili olduğunu analiz edebilmek için Factorial ANOVA kullanıldı. İkili karşılaştırmalar için ise Dunnett T3 testi kullanıldı. Analizler sonucunda cinsiyetten bağımsız olarak, Nordic Hamstring Egzersizinin diğer egzersizlerden daha yüksek bir kassal aktivasyon sağladığı bulundu ($p<0.001$). Egzersiz tipi ve kas etkileşimi incelendiğinde ise Nordic Hamstring Egzersizi sırasında SM aktivasyonu hem BF hem de ST den anlamlı düzeyde daha düşük bulundu ($p<0.001$). Sonuç olarak, hamstring kaslarına yönelik eksentrik egzersiz seçiminde Nordic Hamstring Egzersizi, hem kadınlarda hem de erkeklerde en fazla oranda kassal aktivasyona neden olması sebebiyle, hamstring kaslarına yönelik uygulanan Düz Bacak Uzanma, Tek bacak Düz Uzanma ve Top Yuvarlama egzersizlerine nazaran daha etkilidir denebilir. Bu sebeple, hem alt ekstremitte yaralanmalarını önleme hem de yaralanma sonrası uygulanan rehabilitasyon programlarına dahil edilmelidir.

Bilim Kodu : 1024

Anahtar Kelimeler : Hamstring, Eksentrik, Yüzeyel elektromyografi, EMG

Sayfa Adedi : 74

Danışman : Doç. Dr. Nihan KAFA

INVESTIGATION OF MUSCULAR ACTIVATION DURING DIFFERENT
ECCENTRIC HAMSTRING EXERCISE IN THE HEALTHY INDIVIDUALS

(M. Sc. Thesis)

Sonay GÜRÜHAN

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF HEALTH SCIENCES

December 2018

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the levels of specific activation of biceps femoris (BF), semitendinosus (ST) and semimembranosus (SM) muscles by surface electromyography (sEMG) during different eccentric hamstring exercises in healthy individuals. The study included 31 healthy subjects aged 18-35 years, whose physical activity levels were determined by the International Physical Activity Survey Short Form (UFAA). On the day of the test, maximum voluntary isometric muscle contraction (MIC) for hamstring muscle was measured with Cybex isokinetic dynamometer (Cybex NORM®, Humac, CA, USA). The participants were asked to perform Stiff-leg Deadlift (SLDL), Unilateral Stiff-leg Deadlift (USLDL), Nordic hamstring exercise (NHE) and Ball Leg Curl (BLC) 3 times and randomly. Activation of BF, ST and SM muscles during exercise was measured by a surface electromyography (Noraxon Inc., USA) device. Statistical analysis of the study was performed using the SPSS version 22.0 (SPSS inc., Chicago, IL, USA). While, ANOVA was used to compare the effects of each exercise on its own muscle groups, Factorial ANOVA was used to analyze which exercise type was more effective for each muscle group. Dunnett T3 test was used for binary comparisons. As a result of the analyzes, Nordic exercise was found to provide a higher muscle activation than other exercises ($p < 0.001$). When exercise type and muscle interaction were examined, SM activation was found to be significantly lower than BF and ST during Nordic exercises ($p < 0.001$). Regardless of the muscle type, the effect of gender on the type of exercise was examined and the highest muscular activation level in both males and females was recorded during Nordic exercise. In conclusion, in the selection of eccentric exercise for hamstring muscles, Nordic hamstring exercise can be said to be the most effective exercise on hamstring muscles, since it leads to the most muscular activation in both men and women. For this reason, Nordic hamstring exercises should be included in both the prevention of lower extremity injuries and rehabilitation programs after injury.

Science Code : 1024

Key Words : Hamstring, Eccentric, Surface electromyography, EMG

Page Number : 74

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Nihan KAFA

TEŞEKKÜR

Sonsuz sabır ve hoşgörüyle her sorunumda yanımda olan, yol gösteren, tez çalışmamın oluşmasında ve sonuçlarının yorumlanmasında büyük katkıları olan sevgili tez danışmanım Doç. Dr. Nihan KAFA 'ya,

Yüksek lisans eğitimime başladığım ilk günden beri her konuda desteğini çok yakından hissettiğim, akademik kariyerime başlamamda ve bu yolda ilerleyebilmemde çok fazla emeği olan kıymetli hocam Prof. Dr. Nevin A. GÜZEL' e

Tez verilerimi toplamamdaki yardımlarından dolayı Uzm. Fzt. Zeynep Berfu ECEMİŞ' e,

Tezimle ilgili her konuda yardımını paylaştan Uzm. Fzt. Ömer Burak Tor, Uzm. Fzt. Gamze ÇOBANOĞLU ve Uzm. Fzt Şeyda ÖZAL'a

Tez çalışmam süresince bana destek olan ünite arkadaşlarım Uzm. Fzt. Fuat YÜKSEL, Uzm. Fzt. Çağatay GÖKDOĞAN, Uzm. Fzt. Esedullah AKARAS, Uzm. Fzt. Ali ZORLULAR ve tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Hayatımın her anında olduğu gibi tez çalışmam süresince her türlü desteklerini hissettiğim babam Fahri GÜRÜHAN, annem Münire GÜRÜHAN ve canım kardeşlerime en derinden saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Diz Anatomisi	5
2.1.1. Diz eklemi ligamentleri.....	6
2.1.2. Diz ekleminin kasları	8
2.1.3. Diz eklemi biyomekaniği	10
2.2. Hamstring Kaslarının Mimari ve Morfolojik Özellikleri.....	11
2.2.1. Semimembranosus kası.....	11
2.2.2. Semitendinosus kası.....	12
2.2.3. Biceps femoris kası uzun başı	13
2.2.4. Biceps femoris kası kısa başı	14
2.3. Spor Yaralanmaları ve Hamstring Kaslarının Önemi	14
2.4. Eksentrik Kuvvetlendirme	18
2.5. Elektromyografi	21
2.5.1. Yüzeyel elektromyografi.....	22
2.5.2. Maksimum istemli kasılma	24

	Sayfa
2.5.3. EMG sinyal analizi.....	25
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	27
3.1. Bireyler.....	27
3.1.1. Çalışmaya dahil edilme kriterleri.....	27
3.1.2. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri.....	27
3.2. Çalışma Planı	27
3.3. Değerlendirme Yöntemleri.....	28
3.3.1. Fiziksel aktivite düzeyinin değerlendirilmesi	28
3.3.2. Modifiye borg skalası.....	28
3.3.3. Kassal aktivasyonun değerlendirilmesi.....	29
3.3.4. Maksimum istemli izometrik kontraksiyon	31
3.4. Egzersiz Uygulamaları	32
3.4.1. 1 Maksimum tekrar testi	32
3.4.2. Nordic hamstring egzersizi	32
3.4.3. Düz bacak uzanma egzersizi	33
3.4.4. Tek bacak düz uzanma egzersizi.....	34
3.4.5. Top yuvarlama egzersizi	34
3.5. İstatistiksel Analiz.....	35
4. BULGULAR	37
4.1. Bireylerin Demografik Bilgileri.....	37
4.2. Her Bir Kas Grubunda Egzersiz Tiplerinin Etkilerinin Karşılaştırılması	37
4.3. Egzersiz Tipi, Kas Adı ve Cinsiyetin Aktivasyon Düzeyleri Üzerindeki Ana Etkisi.....	38
4.4. Egzersiz Tipi*Kas Etkileşim Etkisinin İkili Karşılaştırmaları.....	39
4.5. Egzersiz*Kas Etkileşim Etkisinin Her Bir Egzersiz Tipinde Kas Tiplerine Göre İkili Karşılaştırması	40

Sayfa

4.6. Egzersiz Tipi*Cinsiyet Etkileşim Etkisinin Cinsiyet Yönünden İkili Karşılaştırmaları	41
4.7. Egzersiz tipi*Cinsiyet Etkileşim Etkisinin Egzersiz Tipleri Arasında Cinsiyet Bakımından İkili Karşılaştırmaları	41
4.8. Kas*Cinsiyet Etkileşim Etkisinin Kas Tipine Göre İkili Karşılaştırmaları	42
4.9. Kas*Cinsiyet Etkileşim Etkisinin Kas Grupları Arasında Cinsiyet Bakımından İkili Karşılaştırmaları.....	43
4.10. Egzersiz Tipi*Kas*Cinsiyet Etkileşimine Kas Grupları Üzerinde Egzersiz Tipi ve Cinsiyet Olarak İkili Karşılaştırmaları.....	43
5. TARTIŞMA	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	57
EKLER.....	65
EK-1. Etik Komisyon Onayı.....	66
EK-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu	69
EK-3. Değerlendirme Formu	71
ÖZGEÇMİŞ.....	74

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Katılımcıların demografik ve klinik verileri.....	37
Çizelge 4.2. Her bir kas grubunda egzersiz tiplerinin etkilerinin karşılaştırılması.....	38
Çizelge 4.3. Egzersiz tipi, kas adı ve cinsiyetin aktivasyon düzeyleri üzerindeki ana etkisi	38
Çizelge 4.4. Egzersiz tipi*Kas etkileşim etkisinin ikili karşılaştırmaları	39
Çizelge 4.5. Egzersiz*Kas etkileşim etkisinin her bir egzersiz tipinde kas tiplerine göre ikili karşılaştırması	40
Çizelge 4.6. Egzersiz tipi*cinsiyet etkileşim etkisinin cinsiyet yönünden ikili karşılaştırmaları	41
Çizelge 4.7. Egzersiz tipi*Cinsiyet etkileşim etkisinin egzersiz tipleri arasında cinsiyet bakımından ikili karşılaştırmaları.	42
Çizelge 4.8. Kas*Cinsiyet etkileşim etkisinin kas tipine göre ikili karşılaştırmaları	42
Çizelge 4.9. Kas*Cinsiyet etkileşim etkisinin kas grupları arasında cinsiyet bakımından ikili karşılaştırması	43
Çizelge 4.10. Egzersiz tipi*Kas*Cinsiyet etkileşimine kas grupları üzerinde egzersiz tipi ve cinsiyet olarak ikili karşılaştırmaları.....	44
Çizelge 4.11. Egzersiz tipi*Kas*Cinsiyet etkileşimine kas grupları üzerinde egzersiz tipi ve cinsiyet olarak ikili karşılaştırmaları.....	45

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. BF, ST ve SM kasları için elektrot yerleşimi	30
Resim 3.2. BF, ST ve SM kaslarına yönelik MİK ölçümü	31
Resim 3.3. Nordic Egzersizi	33
Resim 3.4. Düz Bacak Uzanma Egzersizi	33
Resim 3.5. Tek Bacak Düz Uzanma Egzersizi	34
Resim 3.6. Top Yuvarlama Egzersizi	35

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Egzersiz tipi, kas ve cinsiyetin % MİK (aktivasyon düzeyi) değerleri üzerine etkileri.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler Açıklamalar

cm	Santimetre (Centimeter)
dB	Desibel
dk	Dakika
Hz	Hertz
kg	Kilogram
kΩ	Kilo-ohm
mm	Milimetre
mΩ	Milli-ohm
n	Olgu sayısı
p	Tip hata düzeyi
sn	Saniye

Kısaltmalar Açıklamalar

BF	Biceps Femoris
BFl	Biceps Femoris Uzun Başı
BFs	Biceps Femoris Kısa Başı
BLC	Top Yuvarlama Egzersizi (Ball Leg Curl)
Eks	Eksentrik Kasılma
EMG	Elektromyografi
FEKA	Fizyolojik Enine Kesit Alanı
fMRI	Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme
H-Q	Hamstring- Kuadriseps oranı
ISEK	Uluslararası Elektromyografi ve Kinezyoloji Derneği
Kon	Konsentrik Kasılma
Lig.	Ligament
LLL	Yatarken Bacak Bükme Egzersizi (Lying Leg Curl)

Kısaltmalar	Açıklamalar
M.	Kas (Muscle)
MBS	Modifiye Borg Skalası
MH	Medial hamstring
MİK	Maksimal İstemli İzometrik Kontraksiyon
MU	Motor Ünite
MUAP	Motor Ünite Aksiyon Potansiyelleri
NHE	Nordic Hamstring Egzersizi
SENIAM	European Recommendations for Surface Electromyography
SLDL	Düz Bacak Uzanma Egzersizi (Stiff Leg Deadlift)
SM	Semimembranozus
ST	Semitendinozus
TAT	Tibial Anterior Translasyon
USLDL	Düz Tek Bacak Uzanma Egzersizi (Unilateral Stiff Leg Deadlift)
VKI	Vücut Kitle İndeksi
yEMG	Yüzeyel Elektromyografi

1. GİRİŞ

Fiziksel olarak aktif bir yaşam sürmek bireylerin sistemik hastalıklara yakalanma riskini en aza indirir de, düzenli spor yapmak kişilerin yaralanma riskini artırabilmektedir. Genel olarak ‘spor yaralanmaları’ sportif aktiviteler sırasında oluşabilecek her türlü yaralanmayı kapsamaktadır ve her spor dalı için farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Murray ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada sporda en sık yaralanan vücut bölümlerinin diz (29%) ve ayak bileği (23%) olduğu gösterilmiştir [1]. Türkiyede futbol oynayan popülasyondaki spor yaralanma sıklığını araştıran bir çalışmada, en yüksek spor yaralanma oranının alt ekstremitte yaralanmaları (82,1%) olduğu bildirilmiştir. Bu yaralanmalar içerisinde uyluğu ilgilendiren yaralanmaların oranı %28,9 iken, dizi içeren yaralanmaların oranı %14,2 dir. Yine futboldaki oranı %39,9 olan kas strainlerinin %20,2 lik kısmını hamstring kas strainlerinin oluşturduğu görülmektedir. %19,7 oranına sahip ligament yaralanmalarının %7,3’ nü ise ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanmaları oluşturmaktadır [2]. 2001-2008 yılları arasında UEFA ligindeki spor yaralanma insidansını araştıran başka bir çalışmada ise; uyluk bölgesini içine alan yaralanmalar tüm yaralanmaların %23’nü oluştururken, diz yaralanmalarının tüm yaralanmaların %18’ni oluşturduğu gözlenmiştir. Maç sezonunda en sık görülen yaralanmanın ise hamstring kas strainleri olduğu gösterilmiştir [3]. Bu çalışmalar ışığında spor yaralanmaları içerisinde özellikle hamstring kas strainleri ve ön çapraz bağ gibi ligament yaralanmalarının sıklıkla görüldüğü anlaşılmaktadır.

Hamstring kaslarının kuvvetsizliği, kısalığı, kasın farklı parçaları arasındaki aktivasyon düzeyindeki dengesizlikler, nöral inhibisyon ve hamstring/kuadriseps kuvvet oranının düşüklüğü gibi faktörler alt ekstremitte yaralanmalarına sebep olan başlıca faktörlerdir [4]. Saha sporlarında sık görülen yaralanmalardan bir tanesi olan hamstring strain yaralanmaları daha çok kasın uzadığı eksentrik kasılmalar sırasında oluşur. Futbolda hamstring yaralanmaları hızlı bir şekilde kalça fleksiyonu ve diz ekstansiyonu ile birlikte topa vuruş sırasında, ani ve hızlı yana kesme ve yön değiştirme manevraları sırasında ve koşunun erken temas ve sallanma fazının sonlarında meydana gelir [5, 6]. Hamstring strain yaralanmalarına sebep olabilecek risk faktörlerinden bazıları ise; kas zayıflığı, kas imbalansı, hamstring kasındaki gerginlik, kas yorgunluğu, zayıf lumbopelvik stabilite/kontrol, yetersiz ısınma, eğitim programındaki yanlış veya fazla yüklenme, yaralanma sonrası kas fibrillerinin kompozisyonlarındaki farklılaşma, nöral gelişim ve ırktır [5, 7]. Bu risk faktörleri arasında özellikle hamstring kuvvetinin yetersizliği ve eksentrik hareket yeteneğinin yeterli olmaması

tedaviyi planlarken en fazla üzerinde durulması gereken noktalardır. Dolayısıyla hamstring kasına yönelik kuvvetlendirme eğitimlerine, yaralanmaları önleme ve yaralanma sonrası rehabilitasyon programında yer verilmelidir. Özellikle de yaralanmanın eksentrik kasılma sırasında meydana geldiği düşünüldüğünde eksentrik eğitim tercih edilmelidir. Literatürde eksentrik eğitim ile birlikte hamstring yaralanma sıklığı arasındaki ilişkiyi araştıran ve eksentrik eğitim sonrasında hamstring yaralanma riskinin azaldığını gösteren çalışmalar mevcuttur [8, 9]. Spor yaralanmalarında çok sık görülen diğer bir patoloji de ÖÇB yaralanmalarıdır. ÖÇB yaralanmaları hem çok yüksek tedavi maliyetleri gerektirmesi hem de yaralanmış sporcu ve takımı için zaman kaybı yaratmasının yanı sıra erken osteoartroza sebep olabileceği için endişe yaratmaktadır [10]. ÖÇB yaralanmalarının çoğu temassız sporlar sırasında meydana gelmektedir ve futbolcular bu yaralanma için en muhtemel aday olarak gösterilmektedirler. Ön çapraz bağın en sık görülen yaralanma mekanizmaları ani hızlanma ve yavaşlama içeren dönüş hareketleri, ayak sabit pozisyonda iken yapılan ani yön değiştirmeler ve spor sırasında dize dışarıdan gelen darbelerdir [11]. Hamstring kaslarının statik ve dinamik genu rekurvatumu ve tibial anterior translasyonu (TAT) kontrol ettiği bilinmekte dolayısıyla bu kas grubunun zayıflaması ÖÇB yaralanma riskini arttırmaktadır. Ayrıca kesme ve yere düşme manevralarında kuadrisepsin hamstringlere göre dominant aktivasyonunun ÖÇB yaralanması için büyük risk oluşturduğu düşünülmektedir [6]. Kuadriseps aktivasyonunun artması ve hamstring aktivasyonunun düşmesi özellikle eksentrik aktiviteler sırasında TAT'ı artırabilmektedir [10].

Alt ekstremitte yaralanmalarındaki rolü nedeniyle hamstringler (biceps femoris uzun başı [BF], semitendinosus [ST] ve semimembranosus [SM]) hem spor yaralanmalarını önlemede hem de yaralanma sonrası rehabilitasyon programları için kilit nokta olmalıdır. Daha önceleri klinisyenler, ÖÇB tamiri sonrasındaki rehabilitasyon yaklaşımlarında diz ekleminin temel stabilizeri olarak gördükleri kuadriseps kasına yönelmekteydiler. Fakat izole kuadriseps aktivasyonunun diz ekleminde TAT' ı artırdığı ve daha fazla ÖÇB gerilimine sebep olabileceği bilinmektedir [12]. Öte yandan hamstringlerin ÖÇB' nin sinerjisti olması ve bu kasın cerrahi sonrası kuvvetlendirilmesi sonucunda iyileşmekte olan grefte olan yüklenmeleri azaltılabileceği bilinmektedir [13]. Ayrıca kuadrisepse kıyasla azalmış hamstring aktivasyonunun alt ekstremitte yaralanmalarında yüksek bir risk faktörü olduğu düşünüldüğünde bu kasın doğru ve yeterli aktivasyonu yaralanmaları önlemek adına da oldukça önemlidir [14]. Dolayısıyla bu kasın kuvvetlendirilmesi alt ekstremitte yaralanma programlarına mutlaka dahil edilmelidir.

Son zamanlarda kuvvetlendirme eğitimleri arasında eksentrik eğitimler oldukça popüler olmaya başlamıştır. Bunun sebeplerinden birincisi, eksentrik eğitimin konsentrik eğitimle kıyaslandığında daha fazla kuvvet kazanımı sağlamasıdır. Mjølunes ve diğerleri (2004), 10 haftalık eksentrik kuvvet eğitim programının klasik konsentrik kuvvetlendirme eğitim programına göre daha etkili olduğunu bulmuşlardır [15]. İkinci sebep ise, eksentrik kasılma sırasında daha fazla kas hasarı ve protein yıkımı meydana gelmesi fakat bu hücre hasarı devamında daha fazla hücre infiltrasyonu ve daha fazla onarım cevabı meydana getirmesidir. Sonuç olarak eksentrik eğitim konsentrik eğitime kıyasla daha fazla hipertrofi açığa çıkarmaktadır [16]. Eksentrik eğitimin başka bir avantajı da çok düşük miktarlarda enerji tüketimi ile yüksek düzeyde kuvvet üretebiliyor olmasıdır. Dolayısıyla konsentrik kasılmaya göre daha verimlidir [17]. Eksentrik eğitimin tüm bu avantajlarına ek olarak spor yaralanmalarının çoğunlukla aktivitenin eksentrik fazında meydana gelmesinden dolayı hamstringlere yönelik eksentrik eğitim programları alt ekstremitte koruyucu ve yaralanma sonrası rehabilitasyon programlarında oldukça önemlidir.

Literatürde birçok farklı hamstring eksentrik egzersiz tanımlanmasına rağmen hangisinin daha etkili olduğuna dair çok az sayıda çalışma vardır. Yapılan çalışmalarda, hamstringlere yönelik egzersizlerin ya sadece konsentrik fazı dikkate alınmış ya da konsentrik- eksentrik fazlar belirtilmeden aktivasyon düzeyleri karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışmalar arasında ise tam bir fikir birliği yoktur. Bazı çalışmalarda; BF kasının, Prone Lying Leg Curl, Kalça Hiperekstansiyon ve Single Leg Roman Dead-lift T-drop egzersizleri sırasında ST kasına göre daha çok aktivasyon açığa çıkardığı açıklanmıştır [18, 19]. Aksine McAllister ve diğerleri (2014), değerlendirdikleri diz dominant (Prone Leg Curl ve Glute-Ham Raise) ve kalça dominant (Good Morning ve Roman Dead Lift) tüm egzersizlerde ST kasının BF kasına göre daha fazla aktivasyon gösterdiğini bulmuşlardır [20]. Bu sonuçlardan farklı olarak, Iga ve diğerleri (2012) ise, Nordic egzersizi sırasında BF ve ST aktivasyonları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir [21].

Hamstring kaslarına yönelik eksentrik eğitimin kıymetli olması ve literatürde bu konu ile bir fikir birliğinin olmaması, hamstring kaslarına yönelik seçilecek olan en etkili eksentrik egzersiz seçimi konusunda kafa karışıklığı yaratmaktadır. Klinikte çok sıklıkla kullanılan fakat etkinlikleri daha önceki çalışmalarda tam olarak karşılaştırılmamış eksentrik egzersizleri dahil ettiğimiz çalışmamızda amacımız sağlıklı bireylerde farklı eksentrik

hamstring egzersizleri sırasında BF, ST ve SM kaslarının kassal aktivasyonlarını değerlendirmek ve karşılaştırmaktır.

Çalışmanın hipotezleri řu şekildedir:

H0: Sağlıklı bireylerde farklı eksentrik hamstring egzersizleri sırasında BF, ST ve SM' nin kassal aktivasyonları arasında fark yoktur.

H1: Sağlıklı bireylerde farklı eksentrik hamstring egzersizleri sırasında BF, ST ve SM' nin kassal aktivasyonları arasında fark vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diz Anatomisi

Diz eklemi vücuttaki en büyük ve en karmaşık eklemdir. Diz eklemi üst kısmında femur, alt kısmında tibianın medial ve lateral kondilleri, menisküsler ve ön kısmında patella olmak üzere üç kemikten ve tibiofemoral eklem, patellofemoral eklem ve süperior tibiofibular eklemden oluşmaktadır. Diz eklemi vücuttaki en uzun kaldıraç kollarından birine sahip olması nedeniyle çok fazla yük taşıyabilmektedir ve ayrıca travmalara oldukça açıktır. Diz ekleminde hareket iki farklı düzlemde gerçekleşmektedir. Sagittal planda fleksiyon ve ekstansiyon, horizontal düzlemde ise internal ve eksternal rotasyon meydana gelmektedir. Bazı kaynaklarda ise bir miktar varus ve valgus hareketlerine de izin verildiği kabul edilmektedir [22].

Diz ekleminin en önemli hareketleri yumuşak doku ve kemik yapısı nedeniyle fleksiyon-ekstansiyon ve iç-dış rotasyon hareketleridir. En az hareket ise medial-lateral translayon ve aksiyal kompresyon-gerilim yönünde meydana gelir. Abduksiyon – adduksiyon ve anterior – posterior yer değiştirme hareketleri ise çapraz ve yan bağların sağlamlığına ve gerginliğine göre değişebilir.

Patella kuadreseps tendonu içerisine gömülü, üçgenimsi olan vücuttaki en büyük sesamoid kemiktir. Arka yüzün $\frac{1}{4}$ ' ü eklem aktarılmazken $\frac{3}{4}$ ' ü femur trokleası ile eklemleşir. Eklem yüzü medial ve lateral olmak üzere ikiye ayrılmıştır ve medial faset küçük, dış bükey ve oblikken; lateral faset ise daha büyük, iç bükey ve geniştir. Patellanın arka yüzünün 4-5 mm kadar kartilajla kaplı olması sayesinde femura iletilen kompresyon streslerinin daha geniş bir alana yayılması sağlanır. Patella ekstansör mekanizmada kaldıraç kolunu uzatması gibi biyomekanik açıdan çok önemli bir role sahiptir. Patellar tendon ve kuadreseps kasını sürtünmeden korur dolayısıyla yüksek düzeydeki kompresif kuvvetleri daha iyi tolere etmesini sağlar. Diz ekstansiyonu sırasında kuadreseps tendonunu çekiş açısını etkileyerek kuadreseps femoris kasının daha kuvvetli olmasını sağlar. Ayrıca patella diz eklemine direk travmalardan koruyucu bir role de sahiptir. Patellofemoral eklem ise patella ile femur arasında yer alan femoral sulkus ve patellar eklem yüzeylerinden oluşan sellar tipte bir eklemdir. Eklem kapsülü olmadığından sinoviyal eklem olarak kabul edilmemektedir [22].

Menisküsler; diz ekleminde eklem yüzeyindeki düzensizliği ortadan kaldıran, femur kondillerinin tibia eklem yüzeyine tam anlamda oturmasını sağlayan eklem yüzey alanını arttıran ay şeklindeki fibrokartilaj yapılardır. Medial menisküs daha çok “C” şeklindeyken; lateral menisküs daha daireseldir. Her iki menisküs birbirine önde transversum genus ile bağlanırken eklem kapsülüne ise koroner bağlar ile bağlanır ve tibia platosunun eklem yüzeyinin 2/3’lük periferik kısmını kaplar. Proksimal kısımları iç bükeyken periferik kısımları dış bükeydir ve femur kondilleri ile temas halindedir. Menisküsler yoğun sıkı örgü şeklinde kollajen liflere sahip olduğundan basınca karşı dirence sahiptirler ve tibiadaki temas yüzeyini artırarak eklem stabilitesine katkı sağlarlar. Menisküsler şok absorban özelliği nedeniyle eklem kıkırdağı ve subkondral kemiğin korunmasında önemli role sahiptir. Ayrıca menisküsler eklem hareketi sırasında eklem lubricasyonunu (kayma) sağlar [22].

2.1.1. Diz eklemi ligamentleri

Medial kollateral ligament (MCL)

Dizin medial kısmını kaplayan, femurun medial kondilinden başlayıp tibianın medial yüzüne seyreden düz ve geniş bir yapıdır. Yüzeyel ve derin olmak üzere iki tabakadan oluşmaktadır. Dizin medial stabilitesini sağlayan parça yüzeyel kısımdır. Bu kısmın anterior vertikal lifleri fleksiyon esnasında gerginleşirken, posterior oblik lifleri ise ekstansiyon sırasında gerginleşirler. MCL' nin posterior kısmı anterior liflere kadar uzanan kısa bir lif setinden oluşmaktadır.

Lateral kollateral ligament (LCL)

Femurun lateral kondili ve fibula başı arasında uzanan kısa ve uzun liflere sahip güçlü bir yapıdır. Lateral kollateral ligament distal olarak biceps femoris kasının tendonu ile karışmıştır. MCL' nin aksine lateral kollateral ligament popliteus kasının tendonu sayesinde menisküsle bağlantılı değildir. Bu bağ ekstansiyonda gerginken fleksiyonda gevşeyerek az miktarda rotasyon hareketine izin verir.

Çapraz bağlar

Ön çapraz bağ

Uzunluğu 22 ile 41 mm, genişliği ise 7 ile 12 mm arasında değişen ön çapraz bağ kollajenden zengin fasiküllerden oluşan fibröz konnektif bir dokudur [22, 23]. Ön çapraz bağ eklem içinde yer almasına rağmen sinovial bir membran ile sarıldığından dolayı ekstrasinovial bir yapı olarak kabul edilmektedir [24]. Femurun interkondiler oluğunun lateralinden başlar ve mediale ve öne doğru tibianın anterior spinasına tutunur. Diz fleksiyon pozisyonundayken gevşek ve ekstansiyondayken ise gergindir. Ekstansiyondaki dizi stabilize eder ve iç ve dış rotasyonları kontrol eder.

Ön çapraz bağ ön-iç, orta ve arka-dış liflerden meydana gelmiştir ve ön-iç kısmı daha ince olup arka-dış kısmı daha hacimlidir. Fleksiyon hareketiyle ön-iç lifler gerilirken ekstansiyonda arka-dış lifler gerilir. Ayrıca ön çapraz bağ tibianın öne translasyonunu önler ve varus, valgus zorlamalarına, diz ekstansiyon pozisyonundayken rotasyon zorlanmalarına karşı koyar [22].

Arka çapraz bağ

Daha kuvvetli ve daha az oblik olan arka çapraz bağ interkondiler oluğun medialinden başlar ve tibianın posterior spinasına tutunur. Ön-dış ve arka-dış liflerden oluşmuş olup fleksiyonda ön-dış gerilirken, ekstansiyonda ve 100° üzerindeki fleksiyonda arka-dış lifler gerilir. Arka çapraz bağın asıl görevi ise tibianın arkaya kaymasına engel olmaktır dolayısıyla diz ekleminin arkaya doğru stabilitesinden sorumlu esas yapıdır. Ayrıca femurun tibia üzerinde rotasyonu esnasında, eksternal rotasyonel kuvvetlere karşı koyar ve menisküsleri stabilize eder. Aynı zamanda femurun tibia üzerinde kayma hareketi sırasında yuvarlanma hareketinin oluşmasını sağlar [22].

Ön ve arka çapraz bağlar diz ekleminin mekanik stabilizatörü olmasına ek olarak yapılarında bulunan mekanoreseptörler sayesinde proprioepsiyon duyusunun sağlanmasında da önemli rol almaktadırlar.

Ligamentum patella: Lig. patellae, m. quadriceps femorisin patellanın basisine yapışmadan, patellanın yüzeyelinden ve yan taraflarından apex patellaya ve oradan da tuberositas tibiaya uzanan bağıdır. Retinaculum patellae laterale ve mediale denilen bu bağlar, eklem kapsülüne kaynaşmış bir şekilde tibianın üst ucunun yan kısımlarına yapışır.

Ligamentum popliteum obliquum: Tibianın iç kondilinin arka tarafından yukarı ve dışa doğru uzanarak linea interkondilaris ile femurun dış kondiline tutunur.

Ligamentum popliteum arcuatum: Eklem kapsülüne kaynaşmış olan Y şeklindeki bu bağ, eklem kapsülünü arkadan kuvvetlendirir ve bacağın iç rotasyonunu kontrol eder.

Ligamentum transversum genus: Meniscus lateralis ve medialisin ön uçlarını birleştiren bu yapı menisküslerin birlikte hareket etmesini sağlamaktadır [25].

2.1.2. Diz ekleminin kasları

Ekstansör kaslar

Kuadriseps femoris: M. rektus femoris, m. vastus medialis, m. vastus intermedius ve m. vastus lateralis adı verilen dört kasın birleşmesinden meydana gelen m. kuadriseps femoris diz ekleminin ana ekstansör kasıdır. N. Femoralis tarafından inerve edilir ve ekstansör mekanizmanın en önemli yapısını oluşturan kastır.

M. rektus femoris: Uyluk yüzünde en yüzeyel tabakayı oluşturan bu kas spina iliaca anterior süperiordan ve asetabular kenardan orjin alır.

M. vastus lateralis ve medialis: Büyük trokanter, linea aspera ve lateral intermusküler septumdan orjin alan vastus lateralis distalde kuadriseps tendonunu oluşturur. Vastus medialis ise trokanterik çizginin altından orjin alır ve linea asperanın medial kısmına yapışır. Distalde kuadriseps tendonunu oluşturur ve medial patellar retinakulumuna fibröz uzantılar verir.

M. vastus intermedius: Femurun ön yüzünü örten, femur ve m. Rektus femoris'in arasında bulunan kuadriseps kasının en derin yerleşimli kısmıdır. Kuadriseps tendonuna katılırken

vastus medialisinden tamamen bağımsız iken vastus lateralisin yapışma yeri ile yakın ilişkidir.

Kuadriseps kasının izometrik, konsentrik ve eksentrik aktivasyonları ile diz ekleminin çoklu fonksiyonları gerçekleştirilir. İzometrik kontraksiyonu sayesinde dizi koruyup stabilize ederken eksentrik kontraksiyonu ile oturma ve çömelme gibi aktivitelerde vücut ağırlığının kontrollü şekilde aktarımında rol alır. Ayrıca kuadrisepsin eksentrik kontraksiyonu diz ekleminde şok absorban etki sağlar. Yine yürümenin topuk fazı esnasında eksentrik olarak aktif olan kuadriseps diz fleksiyonunu kontrol eder ve bir yay gibi davranarak ekleme binen stresin azaltılmasını sağlar. Bu kasın konsentrik kasılması ile femur ve tibianın hızlı bir şekilde ekstansiyonu sağlanır. Ayrıca, konsentrik kasılma sayesinde yokuş yukarı koşma, oturmadan ayağa kalkma gibi aktiviteler esnasında vücudun ağırlık merkezi yukarı doğru yer değiştirir [22].

Fleksör kaslar

Diz ekleminin fleksör kasları i; m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. sartorius, m. gracilis, m. popliteus ve m. gastrocnemius'tur.

M. biceps femoris: Uyluğun postero-lateral yüzünde yer alan uzun ve kısa olmak üzere iki başı olan kastır. Kısa başı, üst ucu ile linea asperanın labium lateralesine tutunarak başlarken, uzun başı tuber iskiadikumdan başlar ve aşağı doğru ilerleyerek kaput breve ile birleşir. Bu iki baş, diz ekleminin hemen üzerinde birleşir ve ortak bir tendon ile fibula başına yapışır. Biartiküler bir kas olan biceps femoris, bacak sabitken kalçaya ekstansiyon, bacağı fleksiyon yaptırır ve bacak fleksiyon pozisyonundayken bacağı eksternal rotasyona getirir [26].

M. semitendinosus: Uyluğun arka iç yan tarafında yer alan bu kas iskial tüberkülden köken alır. Aşağı doğru ilerler ve m. sartorius ve m. gracilis ile birlikte tibianın antero-medialinde birleşerek kaz ayağı olarak da adlandırılan 'pes anserinus' u oluşturur [22]. Biartiküler bir kas olan semitendinosus, kalçaya ekstansiyon, bacağı fleksiyon yaptırır ve bacak fleksiyon pozisyonundayken bacağı internal rotasyon yaptırır [26].

M. semimembranosus: M. semimembranosus tendonu proksimalde tiberositas iskiyuma tutunurken distalde tibia postero medialinin distaline yapışır. Ayrıca medial menisküsün

posterior boynuzu boyunca medial koroner ligamente uzanan bir kolu da olduğu belirtilmektedir. M. semimembranosus kasının görevi, diz fleksiyon ve internal rotasyonu ayrıca kalça fleksiyonu ve internal fleksiyonudur.

Femurun alt ucuna tutunarak başlayan m. gastroknemius, m. plantaris ve m. popliteus kasları fonksiyonel açıdan diz eklemine fleksiyonuna yardımcı olurlar. Popliteus kası da diz fleksiyonuna yardımcı olur. Ayrıca diz fleksiyonda iken bacağın içe döndürülmesine yardım ederek yuva-vida mekanizmasında önemli rol oynar. M. sartorius ile m. gracilis esas fleksör kaslar hareketi başlattıktan sonra devreye girerler. M. gastrokinemius da fleksiyonda görev alır fakat diz eklemine hiperekstansiyonunu sınırlamak esas görevidir [22].

2.1.3. Diz eklemi biyomekaniği

Diz eklemi menteşe tipi bir eklem olup 3 ayrı planda ve çeşitli akslarda hareket eder. Diz eklemi; sagittal planda transvers eksen etrafında fleksiyon ve ekstansiyon hareketi yaparken, frontal planda abduksiyon ve adduksiyon, medial-lateral planda ise iç ve dış rotasyon hareketi yapar [27]. Lateral femoral kondilin yarıçapı medial kondilin yarıçapından daha büyük olması sebebi ile tibia da fleksiyona gidildikçe iç rotasyon, ekstansiyona gidildikçe dış rotasyon meydana gelir (screw home mekanizması). Diz eklemine hareketleri statik ve dinamik stabilize edici yapılar ile limitlenir. Statik yapılar, bağlar, kemik yapı, kapsül ve menisküslerdir. Dinamik yapılar ise kaslar ve tendonlardır.

Polisentrik olan diz eklemi, sagittal planda yaptığı fleksiyon-ekstansiyon hareketini sabit bir rotasyon aksı üzerinde gerçekleştirmez. Her fleksiyon açısında dönme merkezi femur kondillerinden geçen farklı bir eksen üzerindedir. Bu dönme merkezlerine ‘anlık dönme merkezleri’ denir. Sagittal planda bu merkezler birleştirildiğinde J harfini andıran eğri elde edilmektedir [27]. Diz eklemine fleksiyon ekstansiyon kinematiği çapraz bağlar ve kemik yapı tarafından oluşturulan dört bar sistemi ile açıklanmaktadır. Bu sistemde dört bar, ön ve arka çapraz bağların nötral lifleri ile bağların femoral ve tibial insersiyolarını birleştiren çizgiler olarak kabul edilir. Femur ve tibia eklem yüzlerinin geometrik yapısı ve bağlaşık dört bar sistemiyle diz ekstansiyondan fleksiyona gelirken, tibianın femur üzerindeki hareketine rotasyonla birlikte kayma hareketi de eşlik eder. Bu sırada tibia arka kısmı, fleksiyonda femur arkasından kaçma olanağı bulur ve fleksiyonun artmasına izin verir. Bu

kayma ve yuvarlanma hareketlerinin kombinasyonuna ‘femoral rollback’ adı verilmektedir [27].

Patellanın stabilitesi, kemik, ligamentöz ve kassal gerilim kuvvetlerinin kombinasyonu ile sağlanmaktadır. Ayrıca medial patellofemoral bağ, medial patellomeniskal bağ, medial patellotibial bağ, medial retinakulum ve lateral retinakulum gibi pek çok yumuşak doku da stabilizeye katkıda bulunur [28]. Patella, diz ekstansiyonu sırasında superiora kayarken, fleksiyon sırasında inferiora doğru hareket etmektedir. Patella fleksiyon-ekstansiyon hareketi boyunca totalde 5-7 cm yer değiştirebilir. Patellanın superiora doğru hareketinde herhangi bir azalma diz ekstansiyonunda limitlenme ile sonuçlanır. Kısıtlı inferior kayma ise diz fleksiyonunda limitlenmeye sebep olabilmektedir [28]. Patellofemoral eklem ise, ekstansör mekanizmadaki rolü nedeniyle diz stabilitesini sağlamada oldukça önemlidir. Patellofemoral eklemin, kuadriseps kaldırıcı kolunu uzatma ve femur ile patellar tendon arasındaki temas yüzeyini artırma gibi iki temel biyomekaniksel fonksiyonu vardır. Patellanın kaldırıcı kolunu uzatması ile, ekstansiyon için gereken kuadriseps kas kuvveti %15-30 oranında azalır.

2.2. Hamstring Kaslarının Mimari ve Morfolojik Özellikleri

Hamstring kas grubu, uyluk posteriorundaki semimembranozus (SM), semitendinozus (ST) ve biceps femoris (BF) kaslarından oluşur. Kasların fonksiyonunu bilmek ve yaralanmayı önleyici ya da tedavi edici yöntemler önerebilmek için hamstring kaslarının anatomik ve morfolojik özelliklerini iyice bilmek gerekmektedir

2.2.1. Semimembranozus kası (SM)

Semimembranozus kası, uyluğun posteromedialinden, iskiyal tüberositasın superolateralinden tutunur. İnferiomediale giderken, tendinöz lifleri semitendinozus ve biceps liflerine karışır. Uyluğun orta noktasında tendon, yerini kas liflerine bırakmaya başlar. Kasın distal sonlanması kısmen gastrocnemiusun medial başı üstünden geçer.

SM kasının morfolojisine bakıldığında, tendonlar hariç ortalama kas uzunluğu ortalama 26,4 cm’dir ve tendonları ile birlikte toplam uzunluğu 43,8 cm’dir. SM, ortalama uzunluğu 5 cm olan 28 fasikül (14-37 arası)’den oluşur. Kellis ve diğerleri (2012), yaptıkları kadavra

çalışmasında; SM kasının boyunu $25,83 \pm 2,34$ cm, lif uzunluğunu $5,43 \pm 0,87$ cm, sarkomer uzunluğunu $1,94 \pm 0,17$ μ m, pennasyon açısını ise $15,95 \pm 2,39^\circ$ olarak ölçmüşlerdir. Bulgularına göre Lif Uzunluğu/Kas uzunluğu oranı $0,22 \pm 0,04$ 'tür [29]. SM kası fasiküllerin uzanımına göre 3 bölgeye ayrılmıştır. SM geniş bir kas gövdesine sahiptir ve kasın ilk fasikülleri iskiyal tüberositasdan ortalama 11,1 cm (8,6-14,5 cm arası) uzakta başlar. Fasiküllerinin bu şekilde dizilimi sonucu liflerde açılma meydana gelir ve bu da kuvvet üretiminde azalmaya sebep olur. Fakat tendon, yapışma yerine uzunlamasına pozisyonda yayılmış ve potansiyel olarak daha büyük miktarda fasikül tendona tutunduğunda ise fizyolojik enine kesit alanı (FEKA) artar ve bu sayede kuvvet kaybı önlenmiş olur [30].

SM, görece olarak diğer hamstring kaslarına göre daha kısa lif uzunluğuna ve (ortalama 5 cm) daha büyük FEKA'ya (ortalama $15,74 \text{ cm}^2$) sahiptir. Pratikte SM'nin geniş FEKA ve kısa lif uzunluğuna sahip oluşu, hamstring kasları arasında SM'nin ekskürsiyondan çok, kuvvet üretimi için tasarlandığını işaret eder. Kasın kısa olan sarkomer uzunluğu da bu teoriyi desteklemektedir [30].

2.2.2. Semitendinosus kası (ST)

Tendonunun uzunluğu ile öne çıkan Semitendinosus kası tuberositas iskinin inferomedialinden biceps femorisin uzun başı ile paylaştığı ortak tendonla başlar ve dizin posteromedialine yapışır. Gövdesi fuziformdur ve uyluk orta hattının biraz aşağısında sonlanır. ST kasının morfometresine bakıldığında, tendonlar hariç ortalama kas boyu, tüm hamstring kasları arasında en uzun olup boyu ortalama 31,6 cm'dir. ST kası, boyu ortalama 9 cm olan 27 fasikülden (13-43 arası) oluşmaktadır [31].

ST kasının fasikül yapısına bakıldığında ise bu kasın kas gövdesinin uzun, ince ve kayış şeklinde olup, derin yerleşimli olduğu görülmektedir. ST özel olarak, kası superior ve inferior bölgelere bölen kompleks üç boyutlu bir tendinöz ayıraçla bölünür. Bu tendinöz ayraç, kası iki bölüme ayırır ve her bir kas bölümü ana bir sinirden veya sinirin bir dalından inerve olmaktadır. ST tendinöz ayracının meydana getirdiği iki farklı bölgenin farklı çalışmalarına bağlı olarak, kalça ve diz eklem hareketlerinde spesifik bir etkiye sebep olabileceği de öne sürülmüştür [31].

Kellis ve diğerleri (2012), yaptıkları çalışmada; semitendinosus kası boyunu $27,71 \pm 1,83$ cm, lif uzunluğunu $14,87 \pm 3,52$ cm, sarkomer uzunluğunu $2,03 \pm 0,23$ μ m ve pennasyon açısını $9,14 \pm 3,54^\circ$ olarak belirlemişlerdir. Ayrıca Lif Uzunluğu/Kas uzunluğu oranı ise $0,58 \pm 0,11$ 'dir. SM kası ile kıyaslandığında Lif uzunluğu/Kas uzunluğu oranı daha yüksek FEKA değeri daha düşük ve nispeten uzun sarkomer boyuna sahiptir. Bu nedenle ekskürsiyon yeteneği yüksek bir kas olarak kabul edilmektedir [29].

2.2.3. Biceps femoris kası uzun başı (BF1)

BF1, iskiyal tüberositasın üst kısmından semitendinosus ile birlikte paylaştığı tendon aracılığı ile sakrotüberöz ligamentin alt parçasından başlar ve lateral femoral kondilde sonlanır. Fuziform bir kas gövdesine sahip olan BF1, siyatik sinir boyunca yol alır ve fibrilleri, kasın posterior yüzünü kaplayan bir aponörozda sonlanır. Bu aponörozun derindeki yüzüne kısa başın lifleri katılır ve aponöroz kademeli olarak daralarak tendona dönüşür [30].

BF1 kasının morfometresine bakıldığında, tendonlar hariç ortalama uzunluğu 28,1 cm'dir ve tendonları ile birlikte 43,8 cm'e uzanabilmektedir. Bir insanda ortalama BF1 boyu, 7 cm olan 22 fasikülден (11-40 arası) oluşmaktadır. BF1 kasının fasikül yapısına bakıldığında ise bu kasın geniş gövdesi inferior ve hafifçe laterale doğru seyreder. Yapışma yerine ve fasiküllerinin yönüne bakıldığında BF1 bipennat görünümde olup derin ve yüzeysel iki belirgin bölgeden oluşmaktadır [30].

Kellis ve diğerleri (2012), yaptıkları çalışmada; BF1 kasının boyunu $29,56 \pm 2,47$ cm, lif uzunluğunu $7,02 \pm 1,28$ cm, sarkomer uzunluğunu $2,09 \pm 0,12$ μ m ve pennasyon açısını $13,46 \pm 2,88^\circ$ olarak belirlemişlerdir. Bulgularına göre Lif Uzunluğu/Kas uzunluğu oranı $0,27 \pm 0,03$ 'tür. BF1 kası ayrıca uzun fasiküllere ve alt ekstremitedeki benzer boyutlardaki diğer kaslara nazaran, ortalama bir FEKA'ya sahiptir. Düşük Lif uzunluğu/Kas uzunluğu oranı ve kısa sarkomer boyu nedeniyle güç üretme yeteneği, ekskürsiyona göre biraz daha ön planda görülmektedir [29].

2.2.4. Biceps femoris kası kısa başı (BFs)

Linea asperanın lateral kenarında addüktör magnus ile vastus lateralis arasından doğar.

Kellis ve diğerleri (2012), yaptıkları çalışmada; BFs kasının boyunu $21,17 \pm 1,99$ cm, lif uzunluğunu $10,40 \pm 1,44$ cm, sarkomer uzunluğunu $1,5 \pm 0,13$ μ m ve pennasyon açısını $13,17 \pm 2,6^\circ$ olarak belirlemişlerdir. Bulgularına göre Lif Uzunluğu/Kas uzunluğu oranı $0,5 \pm 0,07$ 'dir. BFs kası marfometresine bakıldığında, tendonları hariç ortalama uzunluğu 25,8 cm olup tendonları ile birlikte 29,1 cm'e uzanabilmektedir. Ortalama olarak bir insanda 12 fasikülden (7-19 arası) oluşmaktadır ve fasiküllerinin uzunluğu tüm hamstring kasları arasında en uzun olanıdır (12,4 cm). Diğer hamstring kaslarına oranla BFs kasının FEKA'sı daha küçüktür. BFs kasının fasikül yapısına bakıldığında ise, fasikül yönü ince fakat geniş ve uzundur [29].

Hamstring grubu içinde en küçük FEKA değerine (2,98 cm²) ve kısa sarkomer uzunluğuna sahip olan BFs'nin güç üretme kapasitesi düşüktür fakat uzun lif uzunluğu/kas boyu oranı nedeniyle ekskürsiyon yeteneği biraz daha fazladır.

2.3. Spor Yaralanmaları ve Hamstring Kaslarının Önemi

Fiziksel olarak aktif bir yaşam sürmek bireylerin sistemik hastalıklara yakalanma riskini en aza indirmekte ve erken ölüm oranlarını azaltmaktadır [32]. Fakat düzenli spor yapmak aynı zamanda kişilerin yaralanma riskini de artırabilmektedir. Spor yaralanmalarının çok yüksek oranda olduğunu gösteren farklı epidemiyolojik çalışmalar vardır. Hemen hemen her sporcunu hayatı boyunca en az bir kez yaralanma geçirmektedir. Spor yaralanmaları sporcunun kariyerine ve sağlığına zarar vermesinin yanı sıra hem bireye hem de topluma ciddi mali sorunlar yaşatmaktadır [33].

Spor yaralanmalarının türü ve miktarı, yapılan sporun türü, yaş, cinsiyet gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Spor yaralanmalarını önleyebilmek için yaralanmaların türü ve vücudun en çok hangi bölgesinde meydana geldiği iyi bilinmelidir. Literatürde spor yaralanmalarının sıklığını ve karakterini araştıran birçok çalışma mevcuttur. 2001-2008 yılları arasında UEFA ligindeki spor yaralanma insidansını araştıran bir çalışmada, uyluk bölgesini içine alan yaralanmalar tüm yaralanmaların %23'nü oluştururken, diz

yaralanmalarının tüm yaralanmaların %18'ni oluşturduğu tespit edilmiştir [3]. Kilic ve diğerlerinin (2017) voleyboldaki yaralanma insidansını araştırdıkları sistematik derlemede, meydana gelen tüm akut travmaların %30'unun dize ait yaralanmalar olduğu gösterilmiştir [34]. Benzer çalışmalarda, sporda meydana gelen kas yaralanmalarının %92'sinin alt ekstremitede görülmekte olduğu ve bu yaralanmaların %37'sinin hamstring kaslarında meydana geldiği raporlanmıştır [35-37].

Edouard ve diğerleri (2016), 2007-2015 yılları arasında uluslararası üst düzey atletizm şampiyonalarında görülen spor yaralanmalarının insidansını analiz ettikleri çalışmalarında hamstringleri içeren kas yaralanmalarının en fazla görülen yaralanma türü olduğunu bildirmişlerdir [38]. Alt ekstremitede meydana gelen yaralanmalarının çok büyük bir bölümünü de temassız ÖÇB yaralanmaları oluşturmaktadır. Kadın basketbolcuların %16'sının kariyerleri boyunca en az bir kez ÖÇB yaralanması geçirmekte olduğu raporlanmıştır [39-41]. Hootman ve diğerleri, 16 yıl boyunca 15 farklı spor dalında meydana gelen yaralanma sıklığını ve karakterini inceledikleri çalışmalarında, tüm yaralanmaların %50'sinden fazlasının alt ekstremitede meydana geldiğini ve ÖÇB yaralanmalarının çok yaygın olarak görüldüğünü tespit etmişlerdir [42].

Hem genel spor yaralanma prevalansını hem de herhangi bir spor branşına özgü yaralanma prevalansına inceleyen çalışmaların sonuçlarına bakıldığında tüm yaralanmalar içerisinde alt ekstremitede yaralanmalarının ciddi yer kaplamakta olduğu ve hamstring strain yaralanmaları ve ÖÇB yaralanmalarının en yaygın görülen spor yaralanmaları olduğu görülmektedir. Oldukça sık görülen bu iki yaralanmanın patomekaniğini iyi bilmek bu yaralanmaları önlemek adına çok önemlidir.

Kas yaralanmaları ve özellikle de hamstring yaralanmaları spor yaralanmaları içerisinde özellikle de futbolda çok sık görülmektedir. Bir futbol takımı sezon başına ortalama 12 ila 15 kas yaralanması yaşamaktadır ve bu da ortalama her sezon yaklaşık 300 gün kadar maç oynanamaması demektir. Bu kas yaralanmaları sıklıkla hamstring gibi iki eklem geçen kaslarda görülmektedir. Profesyonel bir futbol takımı bir sezonda ortalama 7 hamstring yaralanması geçirmektedir ve bu da yaralanma geçiren oyuncunun ortalama 82 gün oynayamaması yani 14 maçı kaybetmek anlamına gelmektedir [43]. Hamstring ile ilgili yaralanmaların geniş bir yelpazesi vardır. Bu yaralanmalar, komple veya parsiyal proksimal hamstring tendon avülsiyonları, iskiyal apofizyal avülsiyonlar, proksimal hamstring

tendinopatileri ve posterior uyluk ağrısı şeklinde gelişebilmektedir. Spor yaralanmaları içerisinde sıklıkla görülen hamstring yaralanmaları, her daldan sporcular için hem zaman kaybı hem de performans kaybına sebep olmaktadır. Hamstring strain yaralanması geçiren sporcuların yaklaşık 1/3'ü spora döndükleri ilk 2 hafta içerisinde tekrarlı hamstring strain yaralanma riski taşımaktadırlar [44].

Özellikle saha sporlarında sık görülen hamstring strain yaralanmalarının iki temel mekanizması olduğu belirtilmektedir. Birinci mekanizma, yüksek hızlı koşunun geç sallanma fazında hamstring kasının kuvvetli eksentrik kontraksiyonunu takiben yaralanma görülmesi olarak açıklanırken; ikinci yaralanma mekanizma olarak, hamstring kasının mevcut hareket aralığının veya yük toleransının üzerinde meydana gelen gerilim şeklinde ifade edilmektedir [5]. Buna ek olarak, Jonhagen ve diğerleri, hamstring yaralanmasının tekrar etmesinin nedenlerinden birinin, özellikle yüksek açısal hızlarda, zayıf eksentrik - hamstring kas kuvveti olduğunu öne sürmüşlerdir [45]. Biceps femoris kas etkilenimi tüm hamstring strainlerinin %53'lük kısmını oluşturmaktadır. Biceps femorisin daha yüksek oranda yaralanmasının nedenlerinden biri anatomik yapısı olabilir. Uzun ve kısa başı olmak üzere her iki başı farklı sinir ile uyarılmaktadır ve dolayısıyla bu iki baş asenkronize olabilmektedir. Böylelikle kasın farklı bölümlerinin farklı zamanlarda kasılması kasa gelen yüklenmeleri doğru şekilde tolere etme yeteneğini azaltmaktadır. Burkett biceps femorisin kısa başının geniş bir femoral bağlantısı olmasının bir güç eksikliği yarattığının ve hamstring strainine yol açabileceğini öne sürmüştür. Ayrıca biceps femoris kasının fibula başı ile insersiyon yaması da bir etken olabilir. Çünkü diz ve ayak yaralanmaları sonrası superior tibiofibular eklemin yapısında bozulmalar meydana gelebilmekte ve biceps femoris kası da bu durumdan etkilenebilmektedir [7].

Hamstring yaralanmalarının koruyucu ve tedavi edici rehabilitasyon uygulamalarına erken dönemden başlayarak eksentrik eğitimin dahil edilmesi gerektiği birçok çalışmada vurgulanmaktadır. Peterson ve diğerleri, eksentrik kontraksiyon içeren Nordic hamstring egzersizinin hem amatör hem de profesyonel futbolcularda yeni ve tekrarlayan hamstring strain yaralanma miktarını azaltmada etkili olduğunu bulmuşlardır [46]. Small ve diğerleri, 8 haftalık Nordic hamstring eksentrik eğitimi sonrası futbol oyuncularının hamstring kas kuvvetinde ve hamstring/quadiceps fonksiyonel oranında artma ve kas yorgunluğunda azalma kaydetmiştir [47]. Hamstring yaralanmaları sonrası rehabilitasyonun erken fazında açık kinetik zincir hareketinde (AKZE) eksentrik eğitime başlanmalıdır. Kişilerin eksentrik

egzersize tolerasyonu arttıkça kapalı kinetik zincir hareketinde düşük hızlı eksentrik hareketlere geçilmelidir. Ek olarak rehabilitasyonun ilerleyen fazlarında spora özgü ve plyometrik aktiviteleri içeren yüksek hızlı eksentrik egzersizler programa eklenmelidir [48].

Alt ekstremitte yaralanmaları içerisinde çok yaygın görülen diğer bir yaralanma da ÖÇB yaralanmalarıdır. Araştırma sonuçlarına göre her sene yaklaşık 250000 fiziksel olarak aktif genç ÖÇB yaralanması geçirmektedir. Bu yaralanmaların yaklaşık %70'i temassız yaralanma şeklinde meydana gelmektedir [14]. Ayrıca ÖÇB yaralanması sonrası tekrarlı yaralanma oranları da çok yüksektir [49-50]. Ön çapraz bağın (ÖÇB) sık görülen yaralanma mekanizmaları ani hızlanma ve yavaşlama içeren dönüş hareketleri, ayak sabit pozisyonda iken yapılan ani yön değiştirmeler ve spor sırasında dize dışarıdan gelen darbelerdir. Diz eklemi için bu ani yüklenmelere karşı yaralanmaları önlemede özellikle çift eklem geçen kasların nöromusküler açıdan doğru aktive olabilmeleri çok önemlidir. Yetersiz veya gecikmiş nöromusküler uyarım sonucunda yetersiz kas aktivasyonu sonucu diz eklemi yaralanmalara açık hale gelir [23]. Kas güçlerinin ÖÇB üzerindeki etkisini ölçmek için elektromiyografik analizlerin yapıldığı bir çalışmada kuadreseps, hamstring, gastroknemius, ÖÇB ve eklem kapsülü arasında refleks bir arkın varlığı tespit edilmiştir [51]. Sağlıklı bir dizde kuadreseps ve hamstring kasları arasındaki kontraksiyon dengesi de ÖÇB yaralanmalarını önlemek açısından kıymetlidir. Kuadresepsin ani kasılması tibianın fazla miktarda anteriora translasyonuna neden olur ve kuadreseps ön çapraz bağın antagonisti olarak çalışarak yaralanmaya sebep olabilir. Öte yandan hamstring ön çapraz bağın agonisti olarak çalışır ve diz ekleminin stres kalkını olarak kabul edilir. Total hamstring kuvveti kuadreseps kuvvetine kıyasla yetersiz olduğu durumlarda diz fleksiyon açısı azalacak ve artan yer reaksiyon kuvveti diz ekleminde geçecek ve femurun tibia üzerinde daha büyük kesme kuvveti ve daha fazla anterior tibial translasyonu sağlanacaktır. Bu yüzden hamstring kas kuvveti ve nöromusküler fonksiyonu özellikle temassız ÖÇB yaralanmalarının önlenmesinde önemli bir role sahiptir [23, 45]. Literatürde, kadınların hamstring kaslarında erkeklerle kıyaslandığında kas sertliğinin az olması ve total kas kütlelerinin düşük olması gibi bazı defisitlerin olabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Bu durum aynı zamanda kadın sporculardaki ÖÇB yaralanma sıklığının erkek sporculara göre daha yüksek olması ile ilişkilendirildiğinde hamstring kasının ÖÇB yaralanmasındaki rolü anlaşılmaktadır [46]... Bu açıdan özellikle kadın sporcularda hamstring kasına yönelik kuvvetlendirme eğitiminin koruyucu ve tedaviye yönelik egzersiz programına dahil edilmesi önemlidir.

Medial ve lateral hamstringler birçok fonksiyonel görevde birlikte çalışmalarına rağmen iç-dış rotasyon veya varus-valgus gerektiren görevlerde birbirlerinden farklı çalışırlar. Lateral hamstringler tibiaya fleksiyon, dış rotasyon ve abduksiyon yaptırırken; medial hamstringler (semitendinosus ve semimembranosus) tibiaya fleksiyon, iç rotasyon ve addüksiyon yaptırır. Yapılan bir çalışmada 90⁰ diz fleksiyonunda lateral hamstringin medial hamstringlere göre ön çapraz bağ yaralanmalarını önlemede daha etkili olduğunu göstermiştir. Bu farkın sebebi lateral hamstringlerin ÖÇB yaralanmasına sebep olabilen iç rotasyon kuvvetine karşı koyuyor olmasıdır [46]. Herhangi bir instabilite problemi olmayan ÖÇB yetersizliği olan bireylerin yürüme paternleri EMG kaydı ile incelendiği bir çalışmada, sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında yürüyüşün duruş fazında biceps femoris kasının aktivasyonun arttığı tespit edilmiştir [52]. Yine yürüyüş analizi yapılan başka bir çalışmada ÖÇB eksikliği olan bireylerde topuk temasından hemen önce lateral hamstringlerin aktivasyonun arttığı tespit edilmiştir [53]. Bunların yanısıra ÖÇB rekonstrüksiyonu sırasında bağ onarımı daha oblik veya çift demet yapılmasına rağmen dizdeki antero-posterior translasyon normale dönse bile hala iç rotasyona gidişin tam anlamıyla engellenmediği gösterilmiştir [52]. Lateral hamstringlerin bu açıdan bağa destek olduğu düşünüldüğünde eğitimlerde hamstringlere iki farklı kas olarak yaklaşılmalıdır [53]. ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası rehabilitasyon programlarında çoğunlukla kuadriseps ve hamstring kas gruplarını kuvvetlendirmeye yönelik egzersizlere yer verilmektedir. Günlük yaşam aktiviteleri veya sportif aktiviteler düşünüldüğünde (koşma ve yürüme gibi) bu iki kasın eksentrik ve konsentrik kasılmasıyla oluşan ko-kontraksiyon paternini içeren eğitim programları fonksiyonel açıdan daha fazla kazanç sağlamaktadır [16, 54].

2.4. Eksentrik Kuvvetlendirme

Eksentrik kelime anlamı olarak “merkezden uzaklaşma” anlamına gelir. 1882’de Fick kas kasılırken gerildiğinde daha büyük bir kuvvet açığa çıktığını gözlemlemiştir. Bundan 50 yıl sonra Hill, gerilmiş bir kas kasıldığında enerji tüketiminin azaldığını rapor etmiştir. Ama eksentrik kasılma ilk kez 1953 yılında Asmussen tarafından bir kasın, kas merkezinden uzaklaşarak kasılması olarak tanımlanmıştır [17, 55].

Eksentrik kontraksiyon sırasında kas, antagonist olarak agonist kasın açığa çıkardığı hareketi kontrol altına alır. Eksentrik kasılma sırasında ortaya çıkan enerji kas tendon ünitesi tarafından absorbe edilerek negatif iş yapılır. Absorbe edilen bu enerji, bir sonraki konsentrik

kasılma sırasında ya da ısı enerjisi olarak kullanılır [28]..Harekete ters yönde açığa çıkan bu aktivite sayesinde, günlük ve/veya sportif aktiviteler sırasında herhangi bir yükün veya vücut bölümünün hareketi yavaşlatılabilmektedir [56].

Eksentrik kontraksiyonlar konsentrik kontraksiyonlara kıyasla daha az enerji tüketerek daha fazla kuvvet açığa çıkarırlar. Dolayısıyla eksentrik kasılmalar diğer kasılma türlerine kıyasla metabolik açıdan daha tasarrufludur. Eksentrik kasılmalar sırasında hızlı kasılan, seçici olarak çabuk yorulan kas lifleri (Tip 2) aktive olur. Dolayısıyla şiddetli eksentrik aktiviteler sonrası hızlı kasılan kas liflerinde yavaş kasılan kas liflerine oranla daha fazla kas hasarı görülür [28]. İlk defa yapılan eksentrik egzersizlerden sonra meydana gelen kas hasarı ve bununla birlikte ortaya çıkan kas kuvvetinde kayıp, ağrı ve hassasiyet tekrarlı eksentrik kas eğitiminden sonra görülmemektedir [28]. Çalışmalar tekrar eden eksentrik kas eğitimlerinden sonra yavaş kasılan kas liflerinin sayısının da arttığını göstermektedir. Dolayısıyla kas dokusunun pasif ve dinamik sertliğinde artış meydana gelmektedir [28, 57].

Ayrıca eksentrik eğitimin farklı popülasyonlarda yağsız vücut ağırlığını artırma konusunda da bazı avantajları olduğu bilinmektedir. Orta düzey obeziteye sahip yaşlı bireylerin dahil edildiği bir çalışmada, kişilere 12 haftalık orta düzey eksentrik eğitimi ve klasik kuvvetlendirme eğitimi verilmiştir. Eksentrik eğitim verilen grupta kuadriseps kas büyüklüğünde daha fazla artış olduğu bulunmuştur [58]. Marcus ve diğerlerinin (2008) tip 2 diyabetli (yüksek metabolik riskli) popülasyonunda yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar görülmektedir. Katılımcılara orta şiddetteki eksentrik egzersiz eğitimini ve aerobik egzersizlerle birleştiren 16 haftalık bir program ve sadece aerobik egzersizlere dayanan egzersiz programı uygulanmış ve eksentrik eğitimin dahil edildiği grupta uyluk dokusu enine kesitsel alanında üstün bir artışa tespit edilmiştir [59]. English ve diğerlerinin (2014) sağlıklı erkek bireylerde 8 haftalık konsentrik ve eksentrik eğitiminin yağsız vücut kitlesi üzerine etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında eksentrik eğitim grubunda daha fazla gelişim sağlandığını bulmuşlardır [60]. Mueller ve diğerleri (2009), sarkopeniye sahip yaşlı bireylerde 12 haftalık orta şiddette eksentrik eğitim ve konsentrik eğitimin etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında her iki grup arasında önemli bir farkın olmadığını her iki grupta da yağsız vücut kitlesinde önemli kazanç sağlandığını bulmuşlardır [61]. Blazeovich ve diğerlerinin (2007) sağlıklı kadın ve erkeklerde 10 haftalık eksentrik ve konsentrik direnç eğitimini karşılaştırdıkları çalışmalarında kuadriseps kasının total hacminde her iki grup arasında fark olmadığını bulmuşlardır [62].

Kas kuvvetini arttırmada eksentrik eğitimin diğer eğitim yöntemlerinden daha etkili olduğu düşünülse de son çalışmalarda eksentrik eğitimin konsentrik ve izometrik egzersizlerle birleştirildiğinde kas kuvvetini geliştirmede daha etkili olacağı gösterilmiştir [63]. Eksentrik eğitimin kas kuvvetini arttırmadaki etkinliği kas hipertrofisi sağlamasının yanı sıra nöromusküler aktivasyonu arttırmasına da bağlanmaktadır [28]. Orta şiddette eksentrik aktivite konsentrik aktiviteye göre daha düşük metabolik ve kardiyorespiratuvar kapasite gerektirmektedir. böylece kas hastalığı, kardiyak problemler, sarkopeni, muskuloskeletal hastalıklar ve nörolojik hastalıklar gibi kronik hastalığı olan bireylerde eksentrik eğitime yönelim artmıştır [64].

Eksentrik egzersizlerin, günlük yaşam aktivitelerinde performansa dayalı işlerin gerçekleştirilmesini destekleyici bir özelliği vardır. Yapılan çalışmalarda ÖÇB cerrahisi sonrası nöromusküler fonksiyon açısından kayıpların ilk 3 ayda en yüksek olduğu ve bu kaybın her iki ekstremitayı de etkilediği gösterilmiştir. Dolayısıyla eksentrik eğitiminin rehabilitasyon programına erken dönemden itibaren dahil edilmesi gerekmektedir [65-67]. Kınıklı İ. (2012), otojen hamstring tendon grefti ile artroskopik ön çapraz bağ rekonstrüksiyonunda progresif eksentrik egzersiz eğitiminin erken dönem etkileri incelediği çalışmasında eksentrik egzersiz eğitiminin alt ekstremitede ko-kontraksiyonu stimüle ederek performans testleri sırasında daha iyi bir eksentrik hamstring aktivitesi sağlamış olabileceğini vurgulamıştır [54]. Hamstringlerin kuvvetsizliği, kısalığı, kasın farklı parçaları arasındaki aktivasyon düzeyindeki dengesizlikler, nöral inhibisyon ve hamstring/kuadriseps oranının düşüklüğü gibi faktörler alt ekstremitte yaralanmalarına sebep olabilmektedir [4]. Bi-artiküler kas kompleksi olan hamstringlerin alt ekstremitte yaralanmalarındaki patomekaniksel rolü düşünüldüğünde bu kasa yönelik kuvvetlendirme eğitimleri oldukça önemlidir. Eksentrik kontraksiyon sırasında kasın üzerindeki eksternal kuvvet kasın açığa çıkardığı kuvvetten daha büyük olduğundan, kas eksentrik kontraksiyon sırasında tamamen aktive olmak zorunda kalır. Dolayısıyla eksentrik eğitim konsentrik eğitime kıyasla daha fazla kuvvet kazanımı sağlar [16-54].

Ayrıca, eksentrik kontraksiyonun konsentrik kontraksiyona kıyasla daha fazla hipertrofi geliştirdiği bilinmektedir. Bunun sebebi eksentrik kasılma sırasında daha fazla kas hasarı ve protein yıkımı meydana gelmesi ve devamında daha fazla satellit hücre infiltrasyonu ve daha fazla onarım cevabı meydana gelmesidir [16]. Dolayısıyla bu kasın eksentrik eğitimi hem

birincil ve tekrarlı yaralanmaların önlenmesinde hem de yaralanma sonrası tedavi programlarında oldukça önemlidir.

2.5. Elektromyografi (EMG)

Elektromiyografi (EMG), kas fibrillerinin dış kısmında fizyolojik varyasyonlar sonucu meydana gelen sinyalleri büyötmeye, kayıt altına almaya ve analiz etmeye yarayan empirik bir tekniktir.

Klinik (Diyagnostik) tip EMG ve kinezyolojik tip EMG olmak üzere iki tip EMG vardır. Klinik tip EMG çalışmaları klinisyenlerce motor ünite aksiyon potansiyeli süresi ve amplitüd ölçümleri için kullanılır. Genel olarak nöromusküler hastalıkların teşhisinde kullanılır. Kinezyolojik tip EMG hareket analizlerinde en çok kullanılan tip olup vücut bölümlerinin hareketiyle kas aktivasyonları arasındaki ilişkiyi inceler. Kasların miyo-elektrik aktivitelerini incelemek için yüzeysel ve iğne olmak üzere 2 farklı tip elektrot kullanılır. Non-invaziv karakterlerinden dolayı çoğu kinezyolojik çalışmada yüzeysel elektrotlar tercih edilir. Kolay kullanımın avantajına sahip olsa da, yüzeysel elektrotlar sadece yüzeysel kaslarının değerlendirilmesinde kullanılmakta, daha derin kaslarda (yüzeysel kasları veya kemiklerle kaplı) iğne elektrotlar tercih edilmektedir [68].

EMG' nin faydalarını şu şekilde sıralanabilir;

- EMG direkt olarak kas içini incelemeye izin verir.
- Kas performans ölçümünü sağlar.
- Ameliyat öncesi ve sonrası karar vermeye yardım eder.
- Tedavi ve egzersiz gidişatını belgeler.
- Hastaya kaslarını bulması ve eğitmesi için yardım eder.
- Spor aktivitelerinin geliştirilmesine yönelik analizlerde kullanılabilir.
- Ergonomik çalışmalarda kas yanıtını açığa çıkarır [68].

2.5.1. Yüzeyel elektromyografi (yEMG)

Yüzeyel Elektromyografi (yEMG), kas fiberlerine ait membranların fizyolojik durumlarındaki değişikliklere ait sinyalleri deri yüzeyinden voltaj olarak kaydeden non-invaziv deneysel bir yöntemdir. Kinezyolojik Yüzeyel EMG laboratuvar çalışmalarında çok uzun yıllardır kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte kullanım alanı daha da genişlemiştir. Kinezyoloji, geribildirim (biofeedback), fizyoterapi ve rehabilitasyon ve spor bilimlerinde çok sık kullanılmaktadır. Gerektiği durumlarda görüntü analizi, kuvvet platformu, izokinetik dinamometre gibi cihazlardan elde edilen verileri destekleyici bir yöntem olarak da kullanılmaktadır [68-69].

Kas kasılma sürecinin sinirsel kontrolünü tanımlayan en küçük fonksiyonel ünite, Motor Ünite olarak adlandırılır. Aynı zamanda motor nöronun hücre gövdesi ve dendritleri, aksonunun çok sayıda dalı ve onu inerve eden kas lifleri olarak da tanımlanabilir. Kasların sinirler aracılığıyla kasılması, beyinden iletilen uyarıcı potansiyeller tarafından oluşturulan elektriksel potansiyeller (Motor Ünite Aksiyon Potansiyelleri (MUAP)) sayesinde olur. Kasların kasılma miktarı MUAP'ların sayısına ve sıklığına bağlıdır. Aksiyon potansiyelinin başlamasıyla sonuçlanan depolarizasyon aşamasında iyonların hareketleri elektromanyetik bir alan oluşturur. Bu sırada zar potansiyelindeki değişikliklerle oluşan elektriksel akımın bir bölümü de deriye yayılır. MUAP sonucu deriye yayılan bu elektriksel potansiyeller elektrotlar aracılığıyla tespit edilebilir. yEMG de iki elektrot, bir aktif motor ünite tarafından oluşturulan aksiyon potansiyeli ve kas fibrillerinin membran özelliklerini kaydeder. yEMG sinyalleri genel olarak kas kontraksiyonu esnasında aktif olan motor ünite aksiyon potansiyelinin düzenli olarak kayıt edilmesinden oluşur [69].

Yüzeyel elektrotların bazı avantajları vardır;

- Yüzeyel elektrotlar iğne elektrotlara göre daha kullanışlıdır. Bu elektrotlar deri yüzeyine yerleştirilir.
- yEMG tekniği büyük hacimlerde MUAP'lari algılayabilir ve en yüzeysel motor birimlerin hakim olduğu global bilgileri sağlayabilir.
- Non-invaziv bir yöntem olduğundan ağrı oluşturmaz ve enfeksiyon riski yoktur.
- yEMG' de yapılan ölçümlerin tekrarlanabilmesi daha kolaydır [69].

Avantajlarının yanında; sadece yüzeyel kaslara uygulanabiliyor olması, cross-talk (çapraz gürültü) riskinin yüksek olması ve elektrotun derideki yeri dinamik kas aktiviteleri sırasında kayıp değişebileceği gibi dezavantajları da vardır [68].

yEMG sinyallerini etkileyen faktörler

Kas membranından elektrotlara kadar olan yolda EMG sinyali, şeklini ve özelliklerini değiştiren çeşitli dış faktörlerden etkilenebilir. Bu faktörlerden bazıları şunlardır;

Doku özellikleri

İnsan vücudu iyi bir iletkenidir ancak elektrik iletkenliği dokunun tipi, kalınlığı, fizyolojik değişiklikler ve sıcaklık gibi faktörlerle değişmektedir. Bu koşullar, bireyden bireye büyük ölçüde değişebilir ve işlenmemiş EMG sinyali üzerinde hesaplanan EMG genlik parametrelerinin doğrudan kantitatif karşılaştırmasını engelleyebilir.

Fizyolojik cross talk (çapraz gürültü)

Komşu kaslar, lokal elektrot sahası tarafından tespit edilen önemli miktarda EMG sinyali üretebilir. Tipik olarak bu “Çapraz Gürültü”, genel sinyal içeriğinin %10-%15'ini geçemez ya da hiç bulunmaz. Bununla birlikte, elektrot yerleşiminde kas grupları arasında yakın yerleşime dikkat edilmelidir.

EKG gürültüsü, özellikle üst gövde ve omuz kaslarındaki EMG kaydında görülür. Fark edilmesi kolaydır ve bunları ortadan kaldırmak için yeni algoritmalar geliştirilmiştir.

Kas gövdesi ve elektrot lokasyonu arasındaki geometrideki değişiklikler

Sinyal kaynağı ile ölçüm yeri arasındaki herhangi bir mesafe değişikliği, EMG verilerini değiştirmektedir. Tüm aktif hareket içeren çalışmaların doğal bir problemi olan bu durum ayrıca dış baskıdan da kaynaklanabilir.

Dış gürültü

Çok gürültülü elektrik ortamlarında EMG kaydı alınırken özellikle dikkatli olunmalıdır. En zorlayıcı olanı, tipik olarak diğer harici cihazların yanlış topraklanmasıyla üretilen güç kaynağından çıkan gürültünün (güç humu) doğrudan müdahalesidir.

Elektrot ve amplifikatörler

Elektrot seçimi / kalitesi ve amplifikatörün gürültüsü EMG hattına sinyal ekleyebilir. Dahili amplifikatör gürültüsü ISEK standartlarına göre 5 Vrms'yi geçmemelidir.

Bu faktörlerin çoğu, katılımcının doğru bir şekilde hazırlanmasıyla ve kaydın alındığı oda ya da laboratuvar koşullarının kontrol edilmesiyle en aza indirilebilir veya kontrol edilebilir.

Yüzey elektrotları için, gümüş / gümüş klorür ile önceden kaplanmış elektrotlar en sık kullanılan elektrotlardır ve genel kullanım için önerilir (SENIAM). Bu tek kullanımlık elektrotlar kullanım kolaylığı sağlamasının yanı sıra hijyen konusunda da sorun yaratmamaktadır. Elektrotların iletken alanlarının çapı 1cm veya daha küçük boyutlarda olmalıdır [68].

2.5.2. Maksimum istemli kasılma (MİK)

MİK (Maksimum İstemli Kasılma) bireyler arasındaki kassal aktivasyon düzeylerini karşılaştırmak için kullanılan analiz yöntemine normalizasyon denmektedir. Meldrum ve ark.'na göre emg sinyalleri kullanıcı-temelli bir doğaya sahiptir. Bu da aynı hareketle aynı lokasyondan ölçüm alındığında bile kayıtların farklı olmasına sebep olabilmektedir. Bu yüzden, bir MİK normalizasyonu bu varyansı azaltmaktadır ve bireyler arası veri kıyaslamaya imkan vermektedir [70]. MİK-normalizasyonunun önemli olan diğer bir yararı, çalışma içerisindeki tüm kişilere uyarlanabilir, standardize edilmiş bir “referans değer yüzde tablosu”nda değerlendirme vermesidir. Yine bu durum bireyler arasında EMG bulgularının nicel ve direkt karşılaştırılmasını sağlar. Grup istatistikleri ve normalize data lar geliştirilip istatistiksel olarak doğrulanabilir [68].

2.5.3. EMG sinyal analizi

Ham (analog) EMG kaydı, kasların aktivasyonu konusunda önemli objektif bilgiler içermektedir ancak bulguların güvenilirliğini artırmak amacıyla EMG'ye özel bazı sinyal işleme adımları kullanılmaktadır.

EMG filtre ayarlarının seçimi

Filtreleme işlemi, sinyale sızan gürültüleri temizlemek için yapılır. Ancak dikkat edilmesi gereken bazı konular vardır [68]. İstenmeyen frekans aralığının hangi derecede bastırılacağını filtre derecesi belirlemektedir. Düşük dereceli bir filtre seçimi yapılırsa, istenmeyen frekans aralığı yeterince temizlenemez aksine çok yüksek bir filtre seçilirse de sinyalde artefaktlara neden olabilir [68]. Zıplama, tekme atma gibi aktif hareketler sırasında oluşan hareket artefaktının temizlenebilmesi için filtrenin kesim frekansının uygun bir şekilde ayarlanması gereklidir. Aksi bir durumda EMG kayıtlarından artefakt temizliği yeterince yapılamamaktadır. Eğer olması gerekenden fazla bir değer seçilirse ölçülecek sinyalde bozulmalar olur [68]. Kullanılacak filtrenin uygun bir şekilde seçilmesi bu nedenle oldukça önemlidir. Tüm çalışmalarda standart bir filtre kullanmak yerine, aktiviteye ya da çalışan kas grubuna özgü filtreler güncel literatür dikkate alınarak seçilmelidir [68].

Kesit alma işlemi (EPOCH)

Kayıt altına alınan EMG ham verilerinin, belirlenen bir kısmının analiz ortamına aktarılmasına kesit alma denmektedir. Kesintisiz kaydedilmiş verilerin araştırma planına uygun bir şekilde bölünmesinde kullanılmaktadır [71].

Smooth işlemi

EMG sinyalinin, dijital yumuşatma algoritmaları kullanılarak dik amplitüdlerin sivri uçlarının kesilmesi işlemidir. Böylece sinyal doğrusal bir hal alır. Sinyalin yumuşatılması işleminde Root Mean Square (RMS) algoritması kullanılmaktadır. Kare kök hesabına dayanan RMS, sinyalin ortalama gücünü yansıtmaktadır [68].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

Araştırmamız Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Sporcu Sağlığı ünitesinde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmaya, fiziksel aktivite düzeyleri Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi Kısa Formu (UFAA) ile belirlenmiş 18-35 yaş aralığındaki 31 sağlıklı birey dahil edildi. Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu izni ile çalışmaya başlanmıştır. (Tarih: 10.07.2018 /Karar No: 06 (Ek1)).

3.1.1. Çalışmaya dahil edilme kriterleri

- Herhangi bir kronik hastalığa sahip olmamak.
- 18-35 yaş aralığında olmak.

3.1.2. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri

- Günlük yaşamlarına / spora tam katılımlarını engelleyen herhangi bir ortopedik problem varlığı.
- Alt ekstremit ve gövdede egzersizleri yapmaya engel olabilecek herhangi bir muskuloskeletal yaralanma geçmişi.
- Egzersizler esnasında alt ekstremit ve gövdede ağrı hissedilmesi.
- Sistemik ve/veya nörolojik problemin olması.
- Kognitif herhangi bir problemi olması.

3.2. Çalışma Planı

Çalışmaya katılan sağlıklı bireyler çalışma ile ilgili bilgilendirilerek, bireylere çalışmaya katılmaya gönüllü olduklarına dair “Aydınlatılmış Onam Formu” (Ek-2) imzalatılmıştır.

Çalışmaya katılmayı kabul eden tüm katılımcıların yaş, cinsiyet, dominant ekstremit, herhangi bir yaralanma geçirip geçirmediği, özgeçmiş ve soygeçmiş bilgileri kaydedilmiştir.

Katılımcıların demografik bilgileri alınmıştır. Katılımcıların fiziksel aktivite düzeylerini belirlemek ve fiziksel aktivite düzeylerine göre homojen bir çalışma grubu oluşturabilmek için Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi kısa formu (UFAA) kullanılmıştır.

Katılımcılar, test gününden önceki ayrı bir günde tam protokol hakkında bilgilendirilmiş ve test gününden 10 gün önce çalışma için seçilmiş egzersizler video kullanılarak öğretilmiş, tam pratik etmeleri sağlanmıştır.

Test gününde egzersizler randomize bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Katılımcılardan her egzersiz için 3 başarılı tekrar yapmaları istenmiş ve her tekrar arasında 30 sn dinlenme verilmiştir. Ayrıca her egzersizden önce yorgunluk oluşmadığını garanti etmek amacıyla Borg yorgunluk skalası kullanılmıştır.

3.3. Değerlendirme Yöntemleri

3.3.1. Fiziksel aktivite düzeyinin değerlendirilmesi

Katılımcıların fiziksel aktivite düzeyi UFAA kısa form ile değerlendirilmiştir. Craig ve diğerleri (2003), 15-65 yaş arasındaki bireylerin fiziksel aktivite düzeylerini belirlemek amacıyla Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi'ni geliştirmiştir [72]. Bu formun Türkçe geçerlik ve güvenilirlik çalışması yapılmıştır. Bu anket, fiziksel aktivite seviyesini belirlemek adına bireylerin son 7 gününü kapsayan 7 adet sorudan oluşur. Sorular yürüme, oturma, orta düzeyde şiddetli aktiviteler ve şiddetli aktivitelerde harcanan zaman ve yapılma sıklığını kapsar. Fiziksel aktivite düzeyleri, fiziksel olarak aktif olmayan (<600 MET-dk/hafta), fiziksel aktivite düzeyi düşük olanlar (600-3000 MET-dk/hafta), fiziksel aktivite düzeyi yeterli olanlar (>3000 MET-dk/hafta) şeklinde sınıflandırılmıştır [73]. Çalışmamızda fiziksel aktivite düzeyleri açısından homojen bir grup oluşturmak amacıyla UFAA kısa form kullanılmıştır.

3.3.2. Modifiye borg skalası (MBS)

Bu skala, 1970 yılında Borg tarafından fiziksel egzersiz sırasında harcanan çabanın ölçülmesi amacıyla geliştirilmiştir [74]. Sıklıkla efor dispne şiddetini ve istirahat dispne şiddetini değerlendirmek amacıyla kullanılan bir ölçektir. Derecelerine göre dispne şiddetini tanımlayan on maddeden oluşur [75]. Yapılan çalışmalarda; MBS'nin istirahat ve efor

dispne şiddetinin belirlenmesinde güvenilir bir ölçek olduğu ve solunum sayısı ve solunum fonksiyon testleri ile ilişki gösterdiği söylenmiştir [76, 77]. Grant ve diğerleri, sağlıklı bireylerde egzersiz sırasında oluşan dispneyi ölçtükleri bir çalışmada bireylerin solunum sayıları ile MBS dispne skorları arasında ilişki olduğunu ve MBS'nin egzersiz sırasında gelişen değişikliklere duyarlılık gösterdiğini bildirmişlerdir [77].

Bu çalışmada oluşabilecek yorgunluğun kişilerin performansını dolayısıyla çalışma sonucunu etkileyebileceğini düşünüldüğünden MBS kullanılmıştır. MBS ile her egzersizden önce kişilerin yorgun olup olmadıkları sorgulanmış ve MBS ölçeğine göre 1 ve daha düşük değerler ifade edildiğinde egzersiz kaydına başlanmıştır.

3.3.3. Kasal aktivasyonun değerlendirilmesi

Veri toplama sırasında kaslardan gelen sinyallerin ölçümü için 8 kanallı EMG Noraxon MiniDTS system (Noraxon, USA, Inc, Scottsdale, AZ) kullanılmıştır. Bu cihazın birim özellikleri; ortak gürültüden kurtulma oranı (CMRR) 100 dB'in üzerinde, diferansiyel giriş empedansı 100 Mohm'un üzerinde ve örnekleme hızı her kanal için 1500-3000 Hertz (Hz) arasındadır. EMG sinyallerini kaydetmek amacıyla, sadece yüzeysel EMG uygulamaları için tek kullanımlık, kendinden yapışkanlı Ag / AgCl elektrotlar (Noraxon Dual EMG Electrode, U.S.A) tercih edilmiştir. Elektrotlar arası mesafe 20 mm, iki dairesel yapıştırıcının çapı 1 cm, 8 şeklindeki yapıştırıcının boyutları 4 cm x 2,2 cm (1,56 x 0,87 inç) olarak seçilmiştir. Elektrotları yerleştirmeden önce, cilt empedansını 5 k Ω 'un altına düşürmek için, bölge tıraşlanarak ve alkollü pamukla cilt hafif kızarıncaya kadar temizlenerek cilt hazırlanmıştır [78]. Elektrotlar, European Recommendations for Surface Electromyography (SENIAM) tarafından önerilen şekilde, belirlenen kas liflerine paralel oryantasyonda yerleştirilmiştir. Ayrıca egzersizler esnasında gözden kaçabilecek olası herhangi bir hatayı önlemek amacıyla katılımcılardan görüntü kaydı alınmıştır [78].

Elektrot yerleşimleri

Biceps femoris kası (BF): Katılımcı yüzüstü yatar pozisyonda, dizleri 90⁰ fleksiyondan daha az olacak şekilde fleksiyonda, kalça ve diz hafif dış rotasyon pozisyonundayken iskiyal tüberositas ve tibianın lateral epikondilin ortası; oryantasyonu iskiyal tüberositas ve tibianın lateral epikondil hattı üzerinde olacak şekilde yüzeysel elektrot yerleştirilmiştir.

Semitendinozus kası (ST): Katılımcı yüzüstü yatar pozisyonda, dizleri 90^0 fleksiyondan daha az olacak şekilde fleksiyonda, kalça ve diz hafif iç rotasyon pozisyonundayken iskiyal tüberositas ve tibianın medial epikondilin ortası; oryantasyonu iskiyal tüberositas ve tibianın medial epikondil hattı üzerinde olacak şekilde yüzeyel elektrot yerleştirilmiştir.

Semimembranozus (SM): Katılımcı yüzüstü yatar pozisyonda, dizleri 90^0 fleksiyondan daha az olacak şekilde fleksiyon pozisyonundayken, BF ve ST tendonları arasında oluşan “V” nin apeksine yerleştirilmiştir [79].



Resim 3.1. BF, ST ve SM kasları için elektrot yerleşimi

Analizler egzersiz boyunca kaydedilmiştir. EMG sinyalleri 20 Hz, IIR, Butterworth High-Pass ve 450 Hz, IIR, Butterworth Low-Pass hareket artefakt ve EKG filtresinden geçirilmiş daha sonra EMG sinyallerinin değerlendirilebilmesi için Root Mean Square (RMS) değerleri, art arda gelen zaman pencerelerindeki (time windows: 0,1 s) ham EMG verilerinden hesaplanmıştır.

Egzersizler sırasındaki aktivasyon değerlendirmeleri yapılmadan önce EMG verilerini normalize etmek amacıyla hamstring kası için maksimal istemli izometrik kontraksiyon (MİK) yaptırılmıştır.

3.3.4. Maksimum istemli izometrik kontraksiyon (MİK)

Katılımcılardan teste başlamadan önce 8 dk submaksimal hızda yürüme bandında ısınmaları istenmiş, sonrasında 3 tekrar/ 30 sn. olacak şekilde katılımcılardan ayaklarını bir bara dayar pozisyonda hamstringler için statik germe egzersizi yapmaları istenmiştir. MİK için test prosedürü detaylı bir şekilde anlatılmış ve izokinetik dinamometreye (Cybex NORM, Humac, CA, USA) aşinalık sağlanmıştır. Test gününde katılımcılar yüzüstü yatar pozisyonda kalça 0° ekstansiyonda, diz 45° fleksiyonunda 2'si deneme ölçümü olmak üzere 5 tekrarlı MİK yapmaları istenmiştir. Her izometrik kasılma 5 sn sürmüştür, her izometrik kasılma için ortadaki 3 sn dikkate alınmıştır. Ölçülen 3 tekrarın ortalaması referans olarak kullanılmıştır [80].



Resim 3.2. BF, ST ve SM kaslarına yönelik MİK ölçümü

Test gününde katılımcılardan, çift bacak düz bacak uzanma egzersizi (stiff-leg deadlift-SLDL), tek bacak düz bacak uzanma egzersizi (unilateral stiff-leg deadlift-USLDL), Nordic hamstring egzersizi (NHE) ve top yuvarlama (ball leg curl-BLC) egzersizlerini 3 tekrar şeklinde yapmaları istenmiştir. Yorgunluk oluşmaması için her tekrar arası 30 sn ve setler arası 10 dk dinlenme verilmiştir. Katılımcılarda yorgunluk oluşmadığını garanti etmek için egzersizlerden önce Borg yorgunluk skalası uygulanmıştır. Egzersizler esnasında katılımcılara hem görsel hem de işitsel geribildirim verilmiş, her egzersiz sırasında BF, ST ve SM kaslarının yüzeyel EMG ile aktivasyon düzeyleri ölçülmüştür.

3.4. Egzersiz Uygulamaları

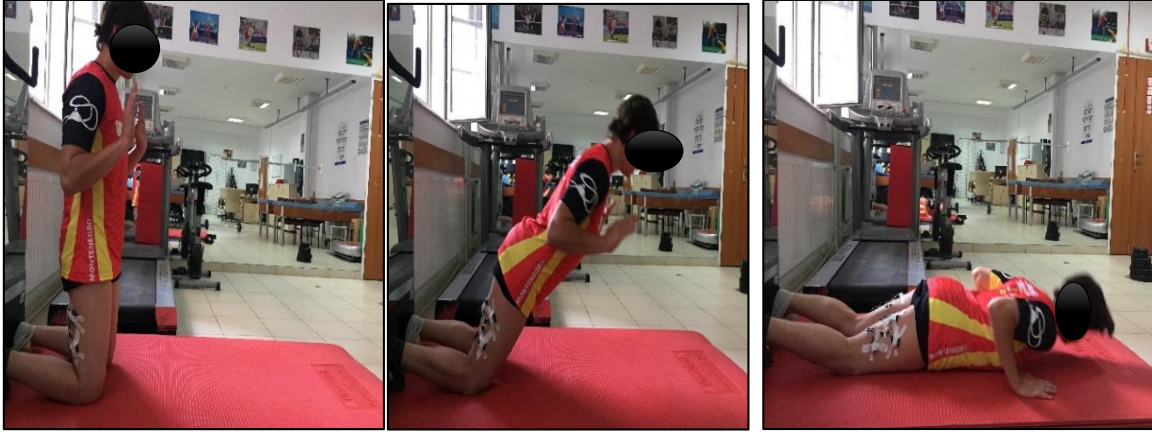
3.4.1. 1 Maksimum tekrar testi (1-RM)

Bir tekrarda kaldırılabilir maksimum ağırlık miktarını belirleyen ve bir maksimum tekrar (1- RM) olarak adlandırılan test en yaygın kullanılan izotonik kuvvet ölçümüdür. Sabit bir dirençte yapılabilecek 3-RM, 5-RM, 10-RM ve maksimum tekrar sayısı gibi diğer ölçüm yöntemleri de vardır. Bu testler 1-RM testi ile uyumlu olmasına rağmen test esnasında kassal yorgunluğa sebep olabileceğinden kas kuvvetini ölçmede tek başlarına yeterli değildir [81].

1 RM testini standardize etmek için başlangıç ağırlığının seçimi, tekrarlar arası dinlenme süresi başlangıç pozisyonu gibi çeşitli faktörlere dikkat edilmelidir [81]. Bu çalışmada Brown ve Wier'in 1-RM testini standardize etmek için önerdikleri standart prosedür kullanılmıştır. Katılımcılar teste başlamadan önce 3-5 dk hafif ısınmış ve daha sonra hamstringlere yönelik statik germe uygulanmıştır. Ardından 1- RM' nin %50'sinde 8 tekrar, 1-RM'nin %70'inde 3 tekrar yapacağı varsayılarak 1- RM ağırlığı tahmin edilmiştir. Katılımcının yerçekimine karşı kaldırmayı başaramadığı ağırlığa doğru ölçümler devam etmiştir. Tekli ölçümlerden kişinin en son kaldırabildiği ağırlık ve kaldıramadığı ağırlığın farkının yarısı kaldırabildiği en son ağırlığa eklenerek 1-RM ağırlığı belirlenmiştir [82].

3.4.2. Nordic hamstring egzersizi

Nordic Hamstring Egzersizi, diz dominant olan bir açık kinetik zincir egzersizidir. Bu egzersizi gerçekleştirmek için katılımcılardan diz üstü dik pozisyonda durmaları istenmiştir. Eller ve kollar, gövde yanında olacak şekilde pozisyonlanmıştır. Katılımcılar, topuklarından kemer yardımıyla sıkıca bağlanmıştır. Daha sonra katılımcıdan üst gövdesini mümkün olduğunca yavaş bir şekilde öne doğru düşürmesi istenmiştir. Kalça ve gövde düzgünlüğünün bozulmaması için hareket boyunca sözel komut verilmiştir. Katılımcılardan 3 tekrar yapmaları istenmiş ve her tekrar arasında 30 sn dinlenme verilmiştir. Hareketi standardize etmek için metronom kullanılmış, egzersiz boyunca EMG ile ST, SM ve BF'den ölçüm alınmıştır [4].



Resim 3.3. Nordic Egzersizi

3.4.3. Düz bacak uzanma egzersizi (Stiff-Leg Deadlift-SLDL)

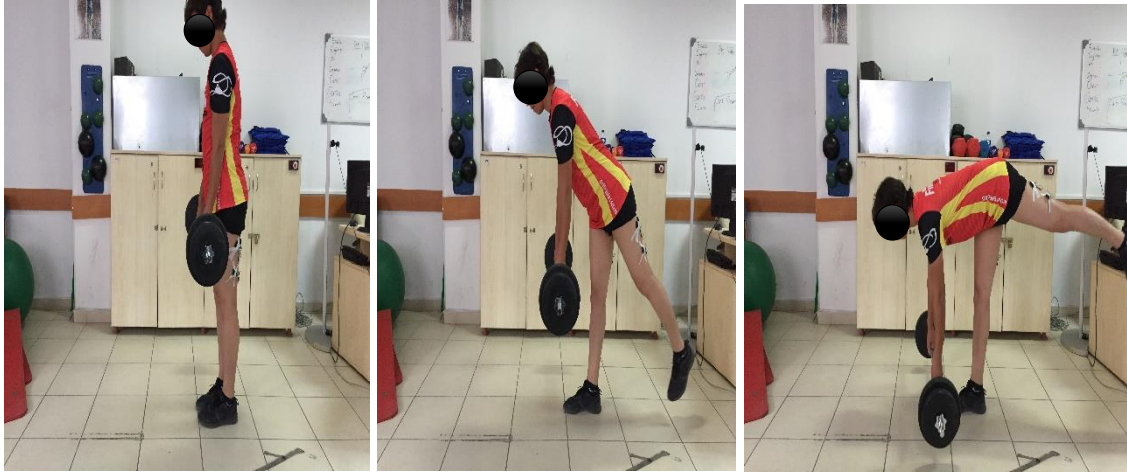
Düz Bacak Uzanma Egzersizi (SLDL) için, gerçek ölçümden ayrı bir günde 1 maksimum tekrar testi (1RM) ile bar ağırlığı belirlenmiştir. Katılımcılar, ayakları omuz genişliğinde açık, dizleri ekstansiyonda, omuzlar nötral pozisyonda, skapulalar adduksiyonda ve elleri biakromial genişlikte olacak şekilde pozisyonlanmıştır. Katılımcılar, yerdeki barı kavrar pozisyonda harekete başlamıştır. Hareketin konsentrik fazı için katılımcılardan bu pozisyondayken barı yukarı doğru kaldırmaları istenmiş, eksentrik fazda ise barı başlangıç pozisyonuna doğru aşağı doğru indirmeleri istenmiştir. Hareketi standardize etmek amacıyla katılımcılardan barı yukarı kaldırma hareketini 3 saniyede ve aşağı indirme hareketini 4 sn saniyede tamamlamaları talep edilmiştir. 1RM'nin %80'i olacak şekilde ağırlık belirlenmiş ve 3 tekrar yapmaları istenmiştir. Her tekrar arasında 30 sn dinlenme verilmiştir. Kalça dominant kapalı kinetik zincir egzersizi olan SLDL için hareket esnasında ST, SM ve BF' den EMG ile ölçüm alınmıştır [4].



Resim 3.4. Düz Bacak Uzanma Egzersizi (Stiff-Leg Deadlift-SLDL)

3.4.4. Tek bacak düz uzanma egzersizi (Unilateral Leg Stiff-Leg Deadlift-USLDL)

Tek Bacak Düz Uzanma egzersizi USDL için, gerçek ölçümden ayrı bir günde 1 maksimum tekrar testi (1RM) ile bar ağırlığı belirlenmiştir. Bir ayak yerde diz düz pozisyonda diğer ayak gövde düzgünlüğünü bozmayacak şekilde arkaya doğru uzatılmış, omuzlar nötral pozisyonda, skapulalar adduksiyonda ve eller yaklaşık olarak biakromial genişlikte yerdeki barı kavrar pozisyonda harekete başlanmıştır. Katılımcılardan hareketin konsentrik fazı için barı yukarı kaldırmaları ve bu esnada da arkadaki bacağı düz bir şekilde aşağı indirmeleri istenmiş, eksentrik faz için ise barı aşağı indirmeleri ve yavaşça arka bacağı arkaya doğru kaldırmaları istenmiştir. Bu esnada gövde düzgünlüğünü bozmamaları için sözel komutlar verilmiştir. Hareketi standardize etmek için barı 3 saniyede kaldırmaları ve 4 saniyede indirmeleri istenmiştir. Hareket esnasında ST, SM ve BF' den EMG ile ölçüm alınmıştır [83].



Resim 3.5. Tek Bacak Düz Uzanma Egzersizi (Unilateral Leg Stiff-Leg Deadlift-USLDL)

3.4.5. Top yuvarlama egzersizi (Ball Leg Curl-BLC)

Kişiler sırt üstü eller gövdenin yanında topukları topun üzerinde, dizleri yaklaşık 60° fleksiyon pozisyonundayken egzersiz başlatılmıştır. Katılımcılardan, topu yavaşça kaydırarak dizlerini tam ekstansiyona getirmeleri istenmiştir. Hareketi standardize etmek için hareketi 5 saniyede tamamlamaları için katılımcılar uyarılmıştır. Hareket esnasında pelvisin düşmemesine dikkat edilmiş ve katılımcılara sürekli düzeltici sözel komutlar verilmiştir. Katılımcılardan 3 tekrar yapmaları istenmiş ve her tekrar arasına 30 sn dinlenme verilmiştir. Egzersiz boyunca EMG ile ST, SM ve BF' den ölçüm alınmıştır [84].



Resim 3.6. Top Yuvarlama Egzersizi (Ball Leg Curl-BLC)

3.5. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda post hoc güç analizi, *G*Power 3.0.10* programı ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizde çift yönlü $\alpha=0,05$ olarak kabul edildi ve istatistiksel gücün $(1- \beta)$ 0,98 olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın istatistiksel analizleri “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS) Versiyon 22.0 (SPSS inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin normal dağılımı görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (Kolmogrov-Smirnov/ Shapiro-Wilk Testi) kullanılarak incelenmiştir. Örneklem 4 egzersiz tipine ayrılarak her bir kas grubu için hangi egzersiz tipinin daha etkili olduğunu analiz edebilmek için veri seti kas gruplarına göre 3’e bölünmüş ve her bir kas grubu içinde hangi egzersiz tipinin daha etkili olduğu Factorial ANOVA ile test edilmiştir. Ayrıca ikili karşılaştırmalarda Dunnett T3 testi kullanılmıştır. Olası etkileşim etkilerini değerlendirebilmek ve ayrıca VKI ve UFAA’nın olası karıştırıcı etkilerini kontrol edebilmek için ileri bir analiz olan 4x3x2 desende faktorial ANOVA ile veri tekrar analiz edilmiştir. Temel olarak 4 tip etkileşim etkisi incelenmiştir. Bunlar; egzersiz tipi*kas, kas*cinsiyet, egzersiz tipi*cinsiyet, egzersiz tipi*kas*cinsiyet olarak aşağıda ayrı ayrı incelenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Bireylerin Demografik Bilgileri

Katılımcıların %41,9'u (n=13) kadın %58,1'i (n=18) erkekti. Dominant ekstremite katılımcıların %80,6'sında (n=25) sağ taraf iken, %19,4'ünde (n=6) sol taraftı. UFAA skoruna göre katılımcıların %18'i (n=6) fiziksel olarak aktif değil, %53,3'ü (n=16) fiziksel aktivite düzeyi düşük ve %8'i (n=9) fiziksel aktivite düzeyi yeterliydi. Çalışmaya alınan katılımcılara dair demografik ve ölçümle elde edilen değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Katılımcıların demografik ve klinik verileri

	n	Min.	Max.	Ortalama±ss
Yaş (yıl)	31	20,0	31,0	22,5±3,1
Boy (cm)	31	152,0	185,0	169,8±8,1
Vücut_ağırlığı (kg)	31	46,0	83,0	63,7±9,8
UFAA_SKOR	31	330,0	6381,0	2323,1±1487,6
VKI (kg/m ²)	31	17,2	25,9	21,9±2,0
MİK_YÜZDE	31	66,8	342,4	125,6±48,4

n: Kişi Sayısı; VKI: Vücut Kütle İndeksi; UFAA: Uluslararası Fiziksel Aktivite Ölçeği; MİK: Maksimal İstemli Kontrol, BF: Biseps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus, BLC: Ball Leg Curl, SLDL: Stiff Leg Deadlift, USLDL: Unilateral Stiff Leg D

4.2. Her Bir Kas Grubunda Egzersiz Tiplerinin Etkilerinin Karşılaştırılması (Factorial ANOVA)

Her bir kas grubu için hangi egzersiz tipinin daha etkili olduğunu analiz edebilmek için veri seti kas gruplarına göre 3'e bölündü ve her bir kas grubu içinde hangi egzersiz tipinin daha etkili olduğu ANOVA ile test edildi. Çizelge 4.2'den de anlaşılabacağı üzere tüm kas gruplarında Nordic egzersizleri diğer egzersizlerden daha anlamlı bir kas aktivasyonuna neden olurken, sadece SM kasında USLDL egzersizi SLDL egzersizinden anlamlı oranda daha iyi aktivasyonlara neden olmuştur. Diğer ikili karşılaştırmalarda anlamlı fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.2. Her bir kas grubunda egzersiz tiplerinin etkilerinin karşılaştırılması (Factorial ANOVA)

Kas_Adı		n	Ortalama±ss %MİK	p
BF	Nordic ^{a, b, c}	31	103,6±20,3	<0.001
	BLC ^a	31	38,4±17,8	
	SLDL ^b	31	34,0±18,4	
	USLDL ^c	31	37,9±13,8	
ST	Nordic ^{a, b, c}	31	107,0±55,0	<0.001
	BLC ^a	31	37,0±18,1	
	SLDL ^b	31	30,9±16,5	
	USLDL ^c	31	40,1±20,1	
SM	Nordic ^{a, b, c}	31	85,1±28,2	<0.001
	BLC ^a	31	32,9±20,0	
	SLDL ^{b, e}	31	24,7±14,0	
	USLDL ^{c, e}	31	36,0±15,7	

^{a, b, c, d, e} ikili karşılaştırmalarda anlamlı fark bulunan ($p < 0.05$) değerler (^e için ikili karşılaştırmalarda Dunnett T_3 kullanılmıştır).

BF: Biceps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus, BLC: Ball Leg Curl, SLDL: Stiff Leg Deadlift, USLDL: Unilateral Stiff Leg Deadlift

4.3. Egzersiz Tipi, Kas Adı ve Cinsiyetin Aktivasyon Düzeyleri Üzerindeki Ana Etkisi

Olası etkileşim etkilerini değerlendirebilmek ve ayrıca VKI ve UFAA'nın olası karıştırıcı etkilerini kontrol edebilmek için ileri bir analiz olan 4x3x2 desende faktorial ANOVA ile veri tekrar analiz edilmiştir. Buna göre; aktivasyon düzeyi üzerinde egzersiz tipi ve kas türünün anlamlı bir ana etkisi varken, cinsiyetin tek başına anlamlı bir etkisi saptanmamıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Egzersiz tipi, kas adı ve cinsiyetin aktivasyon düzeyleri üzerindeki ana etkisi (main effect-Factorial ANOVA)

Egzersiz_tipi	Ortalama±ss %MİK	p
Nordic	99,76 ^a ±2,66	<0.001
BLC	35,70 ^a ±2,60	
SLDL	28,94 ^a ±2,60	
USLDL	37,46 ^a ±2,70	
Kas_Adı		
BF	52,18 ^a ±2,28	0.014
ST	54,11 ^a ±2,28	
SM	45,10 ^a ±2,28	
Cinsiyet		
Kadın	50,23 ^a ±2,07	0.872
Erkek	50,70 ^a ±1,88	

BF: Biceps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus, BLC: Ball Leg Curl, SLDL: Stiff Leg Deadlift, USLDL: Unilateral Stiff Leg Deadlift

4.4. Egzersiz Tipi*Kas Etkileşim Etkisinin İkili Karşılaştırmaları

Egzersiz tipi ve kaslara ayrı ayrı bakıldığında MİK değerleri üzerinde anlamlı etki yaparken, bu iki değişkenin etkileşimine bakıldığında Nordic Hamstring egzersizinin baskın etkisinin burada da devam ettiği görülmüştür. Her üç kas grubunda (BF, ST, SM) da Nordic egzersizlerinden elde edilen kas aktivasyon değerleri diğer 3 egzersizden elde edilen aktivasyon değerlerinden daha yüksekti ve fark istatistiksel olarak anlamlı olarak bulundu (Çizelge 4.4). Her üç kas tipi için de bu etkileşim etkisinin etki büyüklüğü orta derecede saptandı (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4. Egzersiz tipi*Kas etkileşim etkisinin ikili karşılaştırmaları

Kas Adı	Egzersiz tipi	Egzersiz tipi	Ortalama Fark $\pm$ SH	Sig. ^b
BF	Nordic	BLC	65,417* $\pm$ 6,44	,000
		SLDL	70,815* $\pm$ 6,44	,000
		USLDL	66,124* $\pm$ 6,56	,000
	BLC	Nordic	-65,417* $\pm$ 6,44	,000
		SLDL	5,398 $\pm$ 6,37	1,000
		USLDL	,707 $\pm$ 6,49	1,000
	SLDL	Nordic	-70,815* $\pm$ 6,44	,000
		BLC	-5,398 $\pm$ 6,37	1,000
		USLDL	-4,691 $\pm$ 6,49	1,000
	USLDL	Nordic	-66,124* $\pm$ 6,56	,000
		BLC	-,707 $\pm$ 6,49	1,000
		SLDL	4,691 $\pm$ 6,49	1,000
ST	Nordic	BLC	73,502* $\pm$ 6,44	,000
		SLDL	79,538* $\pm$ 6,44	,000
		USLDL	70,280* $\pm$ 6,56	,000
	BLC	Nordic	-73,502* $\pm$ 6,44	,000
		SLDL	6,036 $\pm$ 6,37	1,000
		USLDL	-3,221 $\pm$ 6,49	1,000
	SLDL	Nordic	-79,538* $\pm$ 6,44	,000
		BLC	-6,036 $\pm$ 6,37	1,000
		USLDL	-9,257 $\pm$ 6,49	,931
	USLDL	Nordic	-70,280* $\pm$ 6,56	,000
		BLC	3,221 $\pm$ 6,49	1,000
		SLDL	9,257 $\pm$ 6,49	,931
SM	Nordic	BLC	53,248* $\pm$ 6,44	,000
		SLDL	62,097* $\pm$ 6,44	,000
		USLDL	50,491* $\pm$ 6,56	,000
	BCL	Nordic	-53,248* $\pm$ 6,44	,000
		SLDL	8,849 $\pm$ 6,37	,996
		USLDL	-2,757 $\pm$ 6,49	1,000
	SLDL	Nordic	-62,097* $\pm$ 6,44	,000
		BLC	-8,849 $\pm$ 6,37	,996
		USLDL	-11,606 $\pm$ 6,49	,450
	USLDL	Nordic	-50,491* $\pm$ 6,56	,000
		BLC	2,757 $\pm$ 6,49	1,000
		SLDL	11,606 $\pm$ 6,49	,450

SH: Standart Hata, BF: Biceps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus, BLC: Ball Leg Curl, SLDL: Stiff Leg Deadlift, USLDL: Unilateral Stiff Leg Deadlift

4.5. Egzersiz*Kas Etkileşim Etkisinin Her Bir Egzersiz Tipinde Kas Tiplerine Göre İkili Karşılaştırması

Egzersiz tipi * Kas etkileşim etkisi, bir de egzersiz tiplerine göre gruplandırma yapılarak incelenebilir. Buna göre Nordic egzersizlerinde SM aktivasyonu hem BF hem de ST den anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Diğer egzersiz türlerinde ise anlamlı fark saptanmamıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5. Egzersiz*Kas etkileşim etkisinin her bir egzersiz tipinde kas tiplerine göre ikili karşılaştırması

Egzersiz_tipi	Kas_Adı	Kas_Adı	Ortalama Fark±SH	Sig. ^b
Nordic	BF	ST	-7,167±6,51	,817
		SM	16,209*±6,51	,040
	ST	BF	7,167±6,51	,817
		SM	23,376*±6,51	,001
	SM	BF	-16,209*±6,51	,040
		ST	-23,376*±6,51	,001
BLC	BF	ST	,918±6,37	1,000
		SM	4,041±6,37	1,000
	ST	BF	-,918±6,37	1,000
		SM	3,122±6,37	1,000
	SM	BF	-4,041±6,37	1,000
		ST	-3,122±6,37	1,000
SLDL	BF	ST	1,556±6,37	1,000
		SM	7,491±6,37	,722
	ST	BF	-1,556±6,37	1,000
		SM	5,935±6,37	1,000
	SM	BF	-7,491±6,37	,722
		ST	-5,935±6,37	1,000
USLDL	BF	ST	-3,010±6,37	1,000
		SM	,576±6,37	1,000
	ST	BF	3,010±6,37	1,000
		SM	3,586±6,37	1,000
	SM	BF	-,576±6,37	1,000
		ST	-3,586±6,37	1,000

SH: Standart Hata, BF: Biceps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus, BLC: Ball Leg Curl, SLDL: Stiff Leg Deadlift, USLDL: Unilateral Stiff Leg Deadlift

4.6. Egzersiz Tipi*Cinsiyet Etkileşim Etkisinin Cinsiyet Yönünden İkili Karşılaştırmaları

Egzersiz tipi ile cinsiyet arasındaki etkileşim incelendiğinde beklendiği gibi hem kadınlarda hem de erkeklerde Nordic egzersizlerin diğer egzersiz türlerinden (kas tipinden bağımsız olarak) daha yüksek aktivasyonlara neden olduğu saptandı. Ancak bu etkileşimde, ayrıca saptanan bulgu ise; sadece kadınlarda BLC egzersizlerinin SLDL egzersizlerinden daha yüksek aktivasyon sağladığıdır (kas türünden bağımsız olarak). Bu bulgu erkeklerde gözlenmemiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.6. Egzersiz tipi*cinsiyet etkileşim etkisinin cinsiyet yönünden ikili karşılaştırmaları

Cinsiyet	(I) Egzersiz_tipi	(J) Egzersiz_tipi	Ortalama Fark (I-J) $\pm$ SH	Sig. ^b
Kadın	Nordic	BLC	61,720* $\pm$ 5,498	,000
		SLDL	77,273* $\pm$ 5,498	,000
		USLDL	64,308* $\pm$ 5,609	,000
	BLC	Nordic	-61,720* $\pm$ 5,498	,000
		SLDL	15,553* $\pm$ 5,387	,025
		USLDL	2,589 $\pm$ 5,499	1,000
	SLDL	Nordic	-77,273* $\pm$ 5,498	,000
		BLC	-15,553* $\pm$ 5,387	,025
		USLDL	-12,965 $\pm$ 5,499	,114
	USLDL	Nordic	-64,308* $\pm$ 5,609	,000
		BLC	-2,589 $\pm$ 5,499	1,000
		SLDL	12,965 $\pm$ 5,499	,114
Erkek	Nordic	BLC	66,391* $\pm$ 5,015	,000
		SLDL	64,360* $\pm$ 5,015	,000
		USLDL	60,289* $\pm$ 5,104	,000
	BLC	Nordic	-66,391* $\pm$ 5,015	,000
		SLDL	-2,031 $\pm$ 5,015	1,000
		USLDL	-6,103 $\pm$ 5,104	1,000
	SLDL	Nordic	-64,360* $\pm$ 5,015	,000
		BLC	2,031 $\pm$ 5,015	1,000
		USLDL	-4,072 $\pm$ 5,104	1,000
	USLDL	Nordic	-60,289* $\pm$ 5,104	,000
		BLC	6,103 $\pm$ 5,104	1,000
		SLDL	4,072 $\pm$	1,000

SH: Standart Hata, BF: Biceps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus, BLC: Ball Leg Curl, SLDL: Stiff Leg Deadlift, USLDL: Unilateral Stiff Leg Deadlift

4.7. Egzersiz tipi*Cinsiyet Etkileşim Etkisinin Egzersiz Tipleri Arasında Cinsiyet Bakımından İkili Karşılaştırmaları

Egzersiz tipi * Cinsiyet etkileşimini egzersiz tipi yönünden ele aldığımızda ise egzersiz tiplerinin cinsiyetler arasında anlamlı bir biçimde aktivasyon farkına neden olmadıkları

saptanmıştır. Ancak SLDL egzersizlerinde erkek katılımcılarda kadınlara göre “sınırdan anlamlı” bir fark elde edilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.7. Egzersiz tipi*Cinsiyet etkileşim etkisinin egzersiz tipleri arasında cinsiyet bakımından ikili karşılaştırmaları.

Egzersiz_tipi	(I) Cinsiyet	(J) Cinsiyet	Ortalama Fark(I-J)±SH	Sig. ^a
Nordic	Kadın	Erkek	2,589±5,467	,636
	Erkek	Kadın	-2,589±5,467	,636
BLC	Kadın	Erkek	7,261±5,366	,177
	Erkek	Kadın	-7,261±5,366	,177
SLDL	Kadın	Erkek	-10,324±5,366	,055
	Erkek	Kadın	10,324±5,366	,055
USLDL	Kadın	Erkek	-1,431±5,578	,798
	Erkek	Kadın	1,431±5,578	,798

SH: Standart Hata, BF: Biceps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus, BLC: Ball Leg Curl, SLDL: Stiff Leg Deadlift, USLDL: Unilateral Stiff Leg Deadlift

4.8. Kas*Cinsiyet Etkileşim Etkisinin Kas Tipine Göre İkili Karşılaştırmaları

Kas*Cinsiyet etkileşimi (egzersiz tipinden bağımsız olarak) incelendiğinde kadın katılımcılarda ST’den elde edilen aktivasyon değerlerinin hem BF hem de SM’den elde edilene göre anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmıştır. Erkek katılımcılarda ise; BF’den elde edilen aktivasyon değerleri SM’den elde edilenlere göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.8. Kas*Cinsiyet etkileşim etkisinin kas tipine göre ikili karşılaştırmaları

Cinsiyet	Kas_Adı	Kas_Adı	Ortalama Fark±SH	Sig. ^b
Kadın	BF	ST	-12,270*±4,761	,031
		SM	3,103±4,761	1,000
	ST	BF	12,270*±4,761	,031
		SM	15,373*±4,761	,004
	SM	BF	-3,103±4,761	1,000
		ST	-15,373*±4,761	,004
Erkek	BF	ST	8,419±4,382	,167
		SM	11,055*±4,382	,036
	ST	BF	-8,419±4,382	,167
		SM	2,637±4,382	1,000
	SM	BF	-11,055*±4,382	,036
		ST	-2,637±4,382	1,000

BF: Biceps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus

4.9. Kas*Cinsiyet Etkileşim Etkisinin Kas Grupları Arasında Cinsiyet Bakımından İkili Karşılaştırması

Kas*Cinsiyet etkileşimi kas gruplarında cinsiyet olarak değerlendirildiğinde ise; BF grubunda (yine egzersiz türünden bağımsız olarak) erkeklerde kadınlara göre anlamlı derecede yüksek aktivasyon değerleri bulunurken, ST grubunda ise kadınlarda erkeklere göre anlamlı derecede yüksek aktivasyon değerleri saptandı. SM’de cinsiyet bakımından anlamlı fark saptanmadı (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.9. Kas*Cinsiyet etkileşim etkisinin kas grupları arasında cinsiyet bakımından ikili karşılaştırması

Kas_Adı	Cinsiyet	Cinsiyet	Ortalama Fark $\pm$ SH	Sig. ^b
BF	Kadın	Erkek	-10,023 $\pm$ 4,761	,036
	Erkek	Kadın	10,023 $\pm$ 4,761	,036
ST	Kadın	Erkek	10,665 $\pm$ 4,761	,026
	Erkek	Kadın	-10,665 $\pm$ 4,761	,026
SM	Kadın	Erkek	-2,071 $\pm$ 4,761	,664
	Erkek	Kadın	2,071 $\pm$ 4,761	,664

BF: Biseps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus

4.10. Egzersiz Tipi*Kas*Cinsiyet Etkileşimine Kas Grupları Üzerinde Egzersiz Tipi ve Cinsiyet Olarak İkili Karşılaştırmaları

Egzersiz tipi*Kas*Cinsiyet etkileşimine kas grupları üzerinde egzersiz tipi ve cinsiyet olarak baktığımızda Nordic egzersizlerinin her 3 kas grubunda ve her iki cinsiyette de diğer egzersiz tiplerinden daha etkin olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.12, Şekil 4.1.)

Egzersiz tipi*Kas*Cinsiyet etkileşimine egzersiz grupları üzerinde cinsiyet ve kas grupları olarak baktığımızda sadece Nordic egzersizi alan kadın katılımcılarda ST aktivasyon değerlerinin SM aktivasyon değerlerinden anlamlı olarak yüksek olduğu saptanmıştır (ortalama fark=38.4, standart hata=9.71, $p < 0.001$). Diğer etkileşim grupları arasında anlamlı fark saptanmamıştır.

Egzersiz tipi*Kas*Cinsiyet etkileşimine egzersiz grupları üzerinde kas grupları ve cinsiyet olarak baktığımızda ise kadınlarda ST aktivasyon değerlerinin kadınlarda anlamlı olarak daha yüksek olduğu (ortalama fark=21.4, standart hata=9.29, $p = 0.022$) ve SLDL

egzersizlerinde BF kasında ise erkeklerde anlamlı derecede yüksek aktivasyon değerleri (ortalama fark = 24.3, standart hata=9.10, $p = 0.008$) olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.10. Egzersiz tipi*Kas*Cinsiyet etkileşimine kas grupları üzerinde egzersiz tipi ve cinsiyet olarak ikili karşılaştırmaları

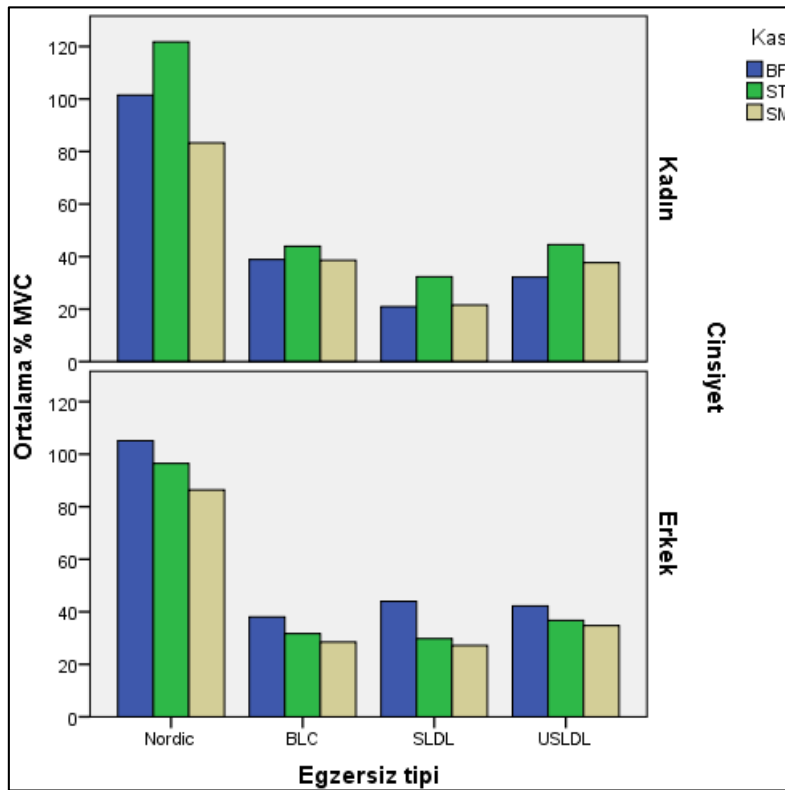
Kas_Adı	Cinsiyet	Egzersiz	Egzersiz	Ortalama Fark±SH	Sig. ^b
BF	Kadın	Nordic	BLC	62,636*±9,5	,000
			SLDL	80,586*±9,5	,000
			USLDL	69,552*±9,5	,000
		BLC	Nordic	-62,636*±9,5	,000
			SLDL	17,950±9,3	,332
			USLDL	6,917±9,5	1,000
		SLDL	Nordic	-80,586*±9,5	,000
			BLC	-17,950±9,3	,332
			USLDL	-11,034±9,5	1,000
		USLDL	Nordic	-69,552*±9,7	,000
			BLC	-6,917±9,5	1,000
			SLDL	11,034±9,5	1,000
	Erkek	Nordic	BLC	68,198*±8,7	,000
			SLDL	61,043*±8,7	,000
			USLDL	62,696*±8,8	,000
		BLC	Nordic	-68,198*±8,7	,000
			SLDL	-7,154±8,7	1,000
			USLDL	-5,502±8,8	1,000
		SLDL	Nordic	-61,043*±8,7	,000
			BLC	7,154±8,7	1,000
			USLDL	1,652±8,8	1,000
		USLDL	Nordic	-62,696*±8,8	,000
			BLC	5,502±8,8	1,000
			SLDL	-1,652±8,8	1,000
ST	Kadın	Nordic	BLC	77,859*±9,5	,000
			SLDL	89,473*±9,5	,000
			USLDL	77,469*±9,7	,000
		BLC	Nordic	-77,859*±9,5	,000
			SLDL	11,614±9,3	1,000
			USLDL	-,390±9,5	1,000
		SLDL	Nordic	-89,473*±9,5	,000
			BLC	-11,614±9,3	1,000
			USLDL	-12,003±9,5	1,000
		USLDL	Nordic	-77,469*±9,7	,000
			BLC	,390±9,5	1,000
			SLDL	12,003±9,5	1,000
	Erkek	Nordic	BLC	69,144*±8,7	,000
			SLDL	69,603*±8,7	,000
			USLDL	63,091*±8,8	,000
		BLC	Nordic	-69,144*±8,7	,000
			SLDL	,459±8,7	1,000
			USLDL	-6,053±8,8	1,000
		SLDL	Nordic	-69,603*±8,7	,000
			BLC	-,459±8,7	1,000
			USLDL	-6,511±8,8	1,000
		USLDL	Nordic	-63,091*±8,8	,000
			BLC	6,053±8,8	1,000
			SLDL	6,511±8,8	1,000

SH: Standart Hata, BF: Biceps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus, BLC: Ball Leg Curl, SLDL: Stiff Leg Deadlift, USLDL: Unilateral Stiff Leg Deadlift

Çizelge 4.11. Egzersiz tipi*Kas*Cinsiyet etkileşimine kas grupları üzerinde egzersiz tipi ve cinsiyet olarak ikili karşılaştırmaları

Kas_Adı	Cinsiyet	Egzersiz	Egzersiz	Ortalama Fark±SH	Sig. ^b
SM	Kadın	Nordic	BLC	44,665*±9,5	,000
			SLDL	61,760*±9,5	,000
			USLDL	45,903*±9,7	,000
		BLC	Nordic	-44,665*±9,5	,000
			SLDL	17,095±9,3	,407
			USLDL	1,239±9,5	1,000
		SLDL	Nordic	-61,760*±9,5	,000
			BLC	-17,095±9,3	,407
			USLDL	-15,857±9,5	,582
		USLDL	Nordic	-45,903*±9,7	,000
			BLC	-1,239±9,5	1,000
			SLDL	15,857±9,5	,582
	Erkek	Nordic	BLC	61,832*±8,7	,000
			SLDL	62,434*±8,7	,000
			USLDL	55,079*±8,8	,000
		BLC	Nordic	-61,832*±8,7	,000
			SLDL	,602±8,7	1,000
			USLDL	-6,753±8,8	1,000
		SLDL	Nordic	-62,434*±8,7	,000
			BLC	-,602±8,7	1,000
			USLDL	-7,356±8,8	1,000
		USLDL	Nordic	-55,079*±8,8	,000
			BLC	6,753±8,8	1,000
			SLDL	7,356±8,8	1,000

SH: Standart Hata, BF: Biceps Femoris, ST: semitendinosus, SM: Semimembranosus, BLC: Ball Leg Curl, SLDL: Stiff Leg Deadlift, USLDL: Unilateral Stiff Leg Deadlift



Şekil 4.1. Egzersiz tipi, kas ve cinsiyetin % MİK (aktivasyon düzeyi) değerleri üzerine etkileri

5. TARTIŞMA

Sağlıklı bireylerde farklı eksentrik hamstring egzersizleri sırasında biceps femoris (BF), semitendinosus (ST) ve semimembranosus (SM) kaslarındaki kassal aktivasyon düzeylerini belirlemeyi amaçladığımız çalışmamızın sonucunda tüm kas gruplarında diğer egzersizlerle kıyaslandığında en yüksek aktivasyon düzeyi Nordic Hamstring egzersizi sırasında olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda egzersizler arasındaki ikili karşılaştırmalar sonucunda, sadece SM kasında USLDL egzersizinin SLDL egzersizi ile kıyaslandığında anlamlı oranda daha yüksek kassal aktivasyona neden olduğu görülmüştür. Egzersiz tipi ve kas etkileşimi incelendiğinde ise Nordic Hamstring egzersizleri sırasında SM aktivasyonu hem BF hem de ST den anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur. Kas türünden bağımsız olarak egzersiz tipi üzerine cinsiyetin etkisi incelendiğinde ise yine hem kadınlarda hem de erkeklerde diğer egzersizlerle kıyaslandığında Nordic Hamstring egzersizi sırasında daha yüksek aktivasyon kaydedilmiştir. Ayrıca, kadınlarda BLC egzersizi sırasındaki kassal aktivasyon düzeyi SLDL ile kıyaslandığında anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Ek olarak, SLDL egzersizleri sırasında erkeklerde kadınlara kıyasla sınırdan anlamlı düzeyde daha yüksek aktivasyon ölçülmüştür. Kas türü ve cinsiyet arasındaki ilişki egzersiz türünden bağımsız olarak incelendiğinde ise BF kasında kadınlara kıyasla erkeklerde daha yüksek aktivasyon ölçülürken, ST kasında kadınlarda daha yüksek aktivasyon ölçülmüştür.

Fiziksel olarak aktif bir yaşam sürmenin bir getirisi olan spor yaralanmaları bireylerin hem sağlık ve kariyerinde olumsuzluklar yaratmakta hem de topluma ciddi mali yükler getirmektedir. Hamstringlerin bu yaralanmalardaki koruyucu rolü anlaşılmasıyla son zamanlarda hızla bu kasın nasıl en iyi eğitilebileceğine yönelik özellikle EMG ve fMRI çalışmaları yapılmaktadır. Ayrıca son zamanlarda eksentrik kontraksiyonun, konsentrik ve izometrik kontraksiyona kıyasla hem kas kuvvetini daha fazla artırabilmesi hem de günlük yaşam aktivitelerine daha çok benzemesi nedeniyle hamstring kuvvetlendirme programlarına mutlaka dahil edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Fakat literatürde birçok eksentrik hamstring egzersizi tanımlanmasına rağmen hangisinin en yararlı olacağına dair çalışmaların sayısı kısıtlı olup sonuçları arasında tutarlılık yoktur.

Çalışmamız sonucunda tüm kas gruplarında değerlendirdiğimiz diğer egzersizlere kıyasla daha yüksek aktivasyon düzeyi Nordic Hamstring egzersizi sırasında kaydedilmiştir. Literatürde bu bulgumuzu destekleyen çalışmalar mevcuttur. Monajat ve diğerleri (2017), 10

kadın sporcuyla dahil ettikleri çalışmalarında, Nordic ve BLC egzersizleri sırasında BF ve ST kaslarının aktivasyon miktarlarını EMG ile değerlendirdikleri çalışmalarında Nordic Hamstring egzersizinin tüm kas gruplarında (BF ve ST), BLC egzersizine kıyasla daha yüksek aktivasyon gösterdiğini söylemişlerdir [84]. Benzer şekilde bizim çalışmamızın sonucunda da Nordic Hamstring egzersizinin BLC egzersizine kıyasla daha yüksek aktivasyon gösterdiği kaydedilmiştir. Bourne ve diğerleri (2017), 24 aktif erkek katılımcıyı dahil ettikleri çalışmalarında, MH ve BF'nin 10 çok yaygın kullanılan egzersiz sırasındaki kassal aktivasyon düzeyini EMG ile ve egzersiz sonrasındaki hamstringlerde meydana gelen spatiyal paternleri ise fMRI ile incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucuna göre egzersizlerin eksentrik kontraksiyon fazı sırasında BF ve MH de en yüksek aktivasyonun Nordic Hamstring egzersizi sırasında ölçüldüğünü belirtmişlerdir [83]. Ebben (2009), 34 eğitimli sporcuyla (21E ve 13K) dâhil ettiği çalışmasında Squat, Seated Leg Curl, SLDL, USLDL, Good Morning ve Russian Curl egzersizleri sırasındaki hamstring aktivasyonlarını EMG ile incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda eksentrik fazda en yüksek aktivasyonun Russian Curl ve Leg Curl egzersizleri sırasında kaydedildiği belirtilmiştir. Russian Curl egzersizinin biyomekaniksel olarak Nordic Hamstring egzersizine benzemesinden dolayı bu sonuçlar bizim çalışmamızı destekler niteliktedir [85]. Hegyi ve diğerlerinin (2017), 12 erkek katılımcıyı dahil ettikleri çalışmalarında, Nordic ve SLDL egzersizleri sırasında ST ve BF kaslarının aktivasyon düzeylerini ölçtükleri çalışmalarında hem BF hem de ST kasının SLDL egzersizine kıyasla Nordic egzersizinde daha yüksek aktivasyon gösterdiğini söylemişlerdir [4]. Değerlendirdiğimiz diğer egzersizlerle karşılaştırıldığında, daha yüksek kassal aktivasyonunun Nordic Hamstring egzersizi sırasında kaydedilmiş olması, egzersizin yapısındaki biyomekaniksel gerekliliklerden kaynaklanmış olabilir. Nordic Hamstring egzersizi yapılırken, katılımcıların diz üzeri vücut düzgünlüğünü koruyarak, yer çekimine karşı yavaş ve düzgün bir şekilde egzersizi yapmaya çalışması diğer egzersizlerle karşılaştırıldığında, katılımcıları en çok zorlayan egzersiz olmuştur. Çalışmaya dahil edilen kişilerin sağlıklı bireyler olması, seçilen egzersizlerin zorluk derecelerinin farklı olması ve en zorlandıkları egzersizin Nordic olması nedeniyle daha fazla kassal aktivasyon Nordic Hamstring egzersizi sırasında ölçülmüş olabilir.

Çalışmamızın sonucunda BF, ST ve SM kaslarının aktivasyon düzeyleri arasında Nordic egzersizi sırasında fark olduğunu fakat diğer egzersizler sırasında ise kaslar arasında anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur. Nordic Hamstring egzersizi sırasında BF ve ST kaslarının aktivasyon düzeyleri SM ile kıyaslandığında anlamlı düzeyde daha yüksekken BF ve ST

arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da ST kası (MİK'in %107'si), BF kasına (MİK'in %103,6'sı) kıyasla daha yüksek aktivasyon göstermiştir. Literatüre bakıldığında çalışmamızla benzer sonuçlara sahip çalışmalar mevcuttur Monajati ve diğerleri (2017), 10 kadın sporcuyu dahil ettikleri çalışmalarında, Nordic ve BLC egzersizleri sırasında BF ve ST kaslarının aktivasyon düzeylerini YEMG ile değerlendirmişlerdir. Sonuçta ise, Nordic ve BLC egzersizleri sırasında BF ve ST kaslarının aktivasyon düzeyleri arasında anlamlı bir fark olmadığını bulmuşlardır [84]. Hegyi ve diğerleri (2017), 12 erkek katılımcıyı dahil ettikleri çalışmalarında, Nordic ve SLDL egzersizleri sırasında ST ve BF kaslarının aktivasyon düzeylerinde bölgesel bir farklılık olup olmadığını HD-EMG ile incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, Nordic Hamstring egzersizinde ST kası BF kasına göre daha yüksek aktivasyon gösterirken SLDL egzersizinde ST ve BF arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır [4]. Narouei ve diğerleri (2018), 10 sağlıklı erkeği dahil ettikleri çalışmalarında Nordic egzersizi sırasındaki gövde ve kalça kaslarının aktivasyon düzeylerini yüzeyel EMG ile incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Nordic Hamstring egzersizi sırasında ST kasının BF kasına göre anlamlı düzeyde daha fazla aktivasyon gösterdiğini bulmuşlardır [86]. Bourne ve diğerleri (2017), 24 aktif erkek katılımcıyı dahil ettikleri çalışmalarında, medial hamstringler (MH) ve BF nin 10 çok yaygın kullanılan egzersiz sırasındaki kassal aktivasyon düzeyini EMG ile, egzersiz sonrasındaki hamstring kaslarında meydana gelen spatiyal paternleri ise fMRI ile incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Nordic egzersizinin anlamlı düzeyde seçici olarak ST kasını daha fazla aktive ettiğini ileri sürmüşlerdir [83]. Ono ve diğerleri (2010), 7 erkek katılımcıyı dâhil ettikleri çalışmalarında Leg Curl (LC) ve Nordic egzersizleri sırasında BF ve ST kaslarının aktivasyon paternlerini YEMG ve fMRI ile incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Nordic Hamstring egzersizi sırasında ST kasının BF kasına göre anlamlı düzeyde daha yüksek aktivasyon gösterdiğini ve T2 değerlerinde daha fazla değişiklik gösterdiğini ileri sürmüşlerdir [87]. Messer ve diğerleri (2018), rekreasyonel olarak aktif 6 kadın katılımcıyı dahil ettikleri çalışmalarında, 45° kalça ekstansiyon egzersizi ve nordic egzersizi sonrası BF (uzun ve kısa başı), ST ve SM kaslarında meydana gelen değişimleri fMRI ile değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Nordic egzersizi sonrası T2 değerleri ST kasında BF e kıyasla anlamlı düzeyde daha fazla artış göstermiştir [88]. Bu çalışmaların aksine, Ono ve diğerleri (2010), 6 erkek katılımcıyı dahil ettikleri çalışmalarında, SLDL egzersizi sırasında hamstring kasında meydana gelen değişim paternlerini yEMG ve fMR ile incelemişler, SLDL egzersizinin eksentrik fazında alınan ölçümler sonucunda en yüksek aktivasyonu sırası ile SM, BF, ST

kaslarında ölçmüşlerdir [19]. Wright ve diğerleri (1999), 11 profesyonel sporcu erkeği dahil ettikleri çalışmalarında, hamstring kaslarının aktivasyon düzeylerini LC, SLDL, ve Back squat egzersizleri sırasında entegre elektromyografi (EMG) ile değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda SLDL egzersizi sırasında ST ve BF kaslarının aktivasyon düzeyleri arasında fark bulamamışlardır [89]. Literatürdeki çoğu çalışmanın sonuçlara bakıldığında, hamstring kaslarına yönelik olarak farklı eksentrik egzersizler seçilse de en yüksek kassal aktivasyonun ST kasında olduğu görülmektedir. Bizim çalışmamızda ise ST kasının aktivasyonu sadece Nordic egzersizi sırasında SM ve BF kasları ile kıyaslandığında daha yüksek oranda aktivasyon göstermiştir. Bu sonucun bulunmasının nedeni olarak, BF, ST ve SM kasları arasındaki yapısal farklılıklar olduğu düşünülebilir. Hamstring dört kastan oluşan [biceps femoris kası uzun başı (BF_l) ve kısa başı (BF_s), semimembranosus kası (SM) ve semitendinosus kası (ST)] ve uyluk posteriorunda yer alan bi-artiküler bir kاستır. Hamstringi oluşturan ilgili kasların mimarileri ve inervasyon modelleri birbirlerinden farklıdır. BF_l, diğer hamstring kaslarıyla karşılaştırıldığında, orta fasiküler uzunluğa ve fizyolojik enine kesit alanına (FEKA) sahiptir. BF_s uzun bir fasiküler ve küçük bir FEKA'ya sahiptir. SM'nin kısa bir fasiküler uzunluğu vardır ve büyük FEKA'ya sahiptir. ST ise çok sayıda sarkomer içeren uzun fibrillerden oluşmuş ince bir FEKA'ya sahiptir [90]. Yapılan birçok çalışmada kasın fonksiyonunu belirleyen temel şeyin kasın anatomisi olduğu söylenmiştir. Hamstring kasının her bir parçasının anatomik olarak birbirinden farklı olduğu düşünüldüğünde farklı fonksiyonlara sahip olmaları da doğaldır. Anatomik olarak BF kasının kısa moment koluna sahip olmasından dolayı BF ve ST kaslarının benzer hareketler sırasında tork üretme kapasiteleri birbirlerinden farklıdır. BF frontal düzlemde uygulanan bu kuvveti dengeleyebilmek adına daha büyük bir kuvvet üretmek zorundadır [91]. Fakat değerlendirdiğimiz egzersizler sırasında BF ve ST arasında böyle bir imbalans gözlenmemiştir. Bunun sebebi abdükör bölge ile karşılaştırıldığında daha zayıf olduğu düşünülen addükör bölgenin egzersiz sırasında stabilizasyonunu sağlamak için ST kasında daha fazla aktivasyon görülmüş olması da olabilir. Ek olarak bizim çalışmamızda, yalnızca Nordic egzersizi sırasında bu farklılığın görülmesi, yEMG de elektrot yerleşiminin doğurabileceği farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği gibi, değerlendirmeye alınan kişilerin diğer egzersizler sırasında Nordic Hamstring egzersizinde olduğu kadar zorlanmamış olmalarından kaynaklanmış olabilir.

Çalışmamız sonucunda egzersizler sırasında cinsiyete bağlı farklı kassal aktivasyonlar olduğu görülmüştür. Kadınlarda BLC egzersizi sırasındaki kassal aktivasyon düzeyi SLDL

egzersizi ile kıyaslandığında anlamlı düzeyde daha yüksek bulunurken, erkeklerde ise böyle bir fark saptanamamıştır. Literatürde bu bulgumuzu destekler nitelikte herhangi bir çalışmaya rastlanamamıştır. BLC egzersizi diz dominant bir egzersizken SLDL kalça dominant bir egzersiz olması bu farklılığı doğurmuş olabilir. Yine kas türünden bağımsız olarak egzersiz tipleri arasında cinsiyet bakımından yapılan karşılaştırma sonucunda ise SLDL egzersizleri sırasında erkeklerde kadınlara kıyasla sınırdan anlamlı düzeyde daha yüksek aktivasyon ölçülmüştür. Kas türü ve cinsiyet arasındaki ilişki egzersiz türünden bağımsız olarak incelendiğinde ise BF kasında kadınlara kıyasla erkeklerde daha yüksek aktivasyon ölçülürken, ST kasında kadınlarda daha yüksek aktivasyon ölçülmüştür. Farklı egzersiz türlerinde kadın erkek için farklı sonuçlar elde edilmesi, kadın erkek arasındaki farklı yapısal özellikler nedeniyle görülmüş olabilir. Literatürde ÖÇB yaralanma riskinin kadınlarda, hamstring strain yaralanma riskinin ise erkeklerde daha yüksek olduğunu söyleyen çalışmalar mevcuttur [92]. Bunun sebebi kadın ve erkek arasındaki anatomik, biyomekanik, hormonal ve nöromusküler bazı faktörler olabileceği gibi aynı zamanda cinsiyetler arası hamstring morfolojisinin farklı olması ile ilgili olabilmektedir. Kadınlarda H/K oranının erkeklere göre daha düşük olması ve refleks olarak diz eklemının kassal stabilizasyonunun zayıf olması nedeniyle kadınlarda daha sıklıkla ÖÇB yaralanması geliştiği düşünülmektedir [93]. Kadınlarda ÖÇB yaralanma riskinin daha yüksek olmasının bir başka nedeni ise hamstring kası sertliğinin erkeklere kıyasla daha az olmasıdır. Çünkü muskulotendinoz sertlik eklem pertürbasyonuna bir direnç oluşturur ve eklemının stabilitesini artırır. Kadınlarda hamstring sertliğinin düşük olması ÖÇB yaralanmalarına sebep olabilmektedir [94]. Kadın ve erkek arasındaki morfolojik başka bir farklılık da kadınlarda total hamstring kası içerisindeki BF oranının erkeklere kıyasla daha yüksek olmasıdır. Erkeklerdeki BFI kası oranının düşük olması hamstring strain yaralanmaları için risk faktörü kabul edilmektedir [93]. Erkeklerin BFI kası açısından dezavantajlı olduğu ve bu yüzden hamstring strain yaralanmalarına daha açık olduğu düşünüldüğünde çalışmamızda kullandığımız dört egzersizin de erkekler için avantajlı olabileceğini düşünülebilir. Literatürde cinsiyetler arasındaki bazı farklılıkların tanımlanmış olması bize egzersiz seçerken cinsiyetin de bir kriter olabileceğini düşündürmüştür. Her iki cinsiyette de Nordic egzersizi sırasında en yüksek aktivasyon kaydedildiğinden bu egzersiz hem kadın hem de erkeklerde öncelikli olarak kullanılmalıdır. Ayrıca Nordic Hamstring egzersizi dışında, kadınlarda BLC egzersizi, erkekler de ise SLDL egzersizinin kullanılmasının hamstring kuvvetlendirme açısından daha etkili olacağını düşünmekteyiz.

Çalışmamız sonucunda Nordic Hamstring egzersizi sırasında çok yüksek oranda aktivasyon (%99,76 MİK) açığa çıktığı görülmüştür. BLC (%35,70 MİK), SLDL (%28,94 MİK) ve USLDL (%37,46 MİK) egzersizleri sırasında ise daha düşük oranda aktivasyon açığa çıkmıştır. Literatürde yapılan birçok çalışmada EMG normalizasyonunu sağlamak amacıyla yapılan MİK ölçümleri birbirinden farklı olabilmekle birlikte bizim çalışmamızda 45° diz fleksiyon açısında ölçüm alınmıştır. Literatürdeki birçok çalışma incelendiğinde bizim çalışmamıza benzer şekilde Nordic Hamstring egzersizi sırasında yüksek oranda aktivasyon açığa çıktığı görülmektedir. Tsaklis ve diğerlerinin, 20 kadın sporcu dahil ettikleri çalışmalarında, 10 farklı hamstring egzersizi sırasında BF ve ST aktivasyon düzeylerini EMG ile incelemişlerdir. Bu çalışmada MİK ölçümü 45° diz fleksiyon açısında ölçülmüştür. Egzersizleri düşük, orta ve yüksek yoğunluklu diye ayırdıkları bu çalışmanın sonucunda Nordic egzersizini yüksek yoğunluklu egzersiz (>%80 MİK) olarak tanımlamışlardır [80]. Monajat ve diğerleri, 10 kadın sporcuyu dahil ettikleri çalışmalarında, Nordic Curl ve BLC egzersizleri sırasında BF ve ST kaslarının aktivasyon miktarlarını EMG ile değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada MİK ölçümü 30° diz fleksiyonunda yapılmıştır ve bu çalışmanın sonucunda, Nordic Hamstring egzersizinin özellikle 40° ve 60° hareket aralığında MİK' in %70'i gibi çok yüksek oranda aktivasyon açığa çıkardığını belirtmişlerdir [84]. Tillaar ve diğerleri, 12 erkek sporcuyu dâhil ettikleri çalışmalarında, çeşitli egzersizler ve Nordic egzersizinin farklı varyasyonları sırasındaki kassal aktivasyon düzeylerini karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmalarında EMG normalizasyonunu hızlı koşu sırasındaki aktivasyon düzeyine göre yapmışlardır ve bu çalışma sonucunda Nordic egzersizleri sırasında meydana gelen ST kasının aktivasyonu (%70-80 MİK) çok yüksek oranda bulunmuştur [95]. Hegyi ve diğerleri, 12 erkek katılımcıyı dahil ettikleri çalışmalarında, Nordic ve SLDL egzersizleri sırasında ST ve BFli kaslarının aktivasyon düzeylerini HD-EMG ile incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Nordic egzersizi sırasında hem BF ($72,31 \pm 7,33$ % MİK) hem de ST kasının ($63,97 \pm 10,46$ % MİK) genel aktivasyon düzeyi çok yüksek ölçülmüştür [4]. Çalışmalar sırasında EMG normalizasyonunu sağlamak adına yapılan MİK ölçümlerinin farklılıkları nedeniyle farklı aktivasyon oranları bildirilse de yapılan tüm çalışmalarda Nordic Hamstring egzersizi sırasında yüksek oranlarda aktivasyon elde edildiği raporlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda kuvvetlendirme eğitimlerinin MİK'in en az %70'inde yapıldığında kuvvet gelişiminin başarılı olabileceği söylenmiştir [96]. Dolayısıyla hem literatürdeki birçok çalışmanın sonucunu hem de bizim çalışmamız sonuçlarını göz önünde bulundurduğumuzda normalizasyon için kullanılan yöntem ve eklem açısından bağımsız olarak

değerlendirdiğimiz diğer egzersizlerle karşılaştırıldığında Nordic Hamstring egzersizi hamstringlerin eksentrik aktivasyonunu daha fazla artıran egzersizdir denebilir ve hamstringlere yönelik eksentrik kuvvetlendirme programlarına dahil edilmelidir.

Egzersizler sırasında hareket açısının standardize edilememesi ve klinikte uygulanabilecek daha fazla egzersiz dahil edilerek değerlendirme yapılamaması çalışmamızın limitasyonlarıdır. Herhangi bir patolojiye sahip bireylerdeki, farklı eksentrik egzersizlerin neden olduğu kassal aktivasyon farklılıklarını görmek adına yapılacak ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sağlıklı bireylerde farklı eksentrik hamstring egzersizleri sırasında biceps femoris (BF), semitendinosus (ST) ve semimembranosus (SM) kaslarındaki kassal aktivasyon düzeylerini belirlemeyi amaçladığımız çalışmamızın sonuçları aşağıda verilmiştir:

- Nordic Hamstring, BLC, SLDL ve USLDL egzersizleri sırasında tüm kas gruplarında (BF, ST ve SM) Nordic Hamstring egzersizi sırasında daha yüksek aktivasyon tespit edilmiştir.
- BF, ST ve SM kasları için ayrı ayrı ikili karşılaştırma yapıldığında, sadece SM kası için USLDL egzersizinin SLDL egzersizi ile kıyaslandığında anlamlı oranda daha yüksek kassal aktivasyona neden olduğu görülmüştür.
- Egzersiz tipi ve kas türü etkileşimi incelendiğinde ise Nordic Hamstring egzersizi sırasında SM aktivasyonu hem BF hem de ST den anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur. Dolayısıyla Nordic Hamstring egzersizinin daha seçici olarak BF ve ST kasını aktive ettiği düşünülmelidir.
- Kas türünden bağımsız olarak egzersiz tipi üzerine cinsiyetin etkisi incelendiğinde ise yine hem kadınlarda hem de erkeklerde diğer egzersizlerle kıyaslandığında Nordic Hamstring egzersizi sırasında daha yüksek aktivasyon kaydedilmiştir.
- Kas türünden bağımsız olarak egzersiz tipi üzerine cinsiyetin etkisi incelendiğinde kadınlarda BLC egzersizi sırasındaki kassal aktivasyon düzeyi SLDL ile kıyaslandığında anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Kuvvetlendirici eğitim programları çizilirken cinsiyet faktörü göz önünde bulundurularak kadınlarda BLC egzersizi SLDL ve USLDL egzersizlerine kıyasla daha öncelikli olarak tercih edilmelidir.
- Ek olarak kas türünden bağımsız olarak egzersiz tipi üzerine cinsiyetin etkisi incelendiğinde, SLDL egzersizleri sırasında erkeklerde kadınlara kıyasla sınırda anlamlı düzeyde daha yüksek aktivasyon ölçülmüştür. Dolayısıyla SLDL egzersizi açısından erkeklerin daha avantajlı olduğu görülmektedir.
- Kas türü ve cinsiyet arasındaki ilişki egzersiz türünden bağımsız olarak incelendiğinde ise BF kasında kadınlara kıyasla erkeklerde daha yüksek aktivasyon ölçülürken, ST kasında kadınlarda daha yüksek aktivasyon ölçülmüştür.

Hamstring kasının kendi içinde yapısal olarak birbirinden farklı kaslardan oluşması ve her bir kasın farklı morfolojik ve anatomik özelliklere sahip olması sonucu farklı

biyomekaniksel görevler üstelenmesi nedeniyle eğitim programlarında bu kasa birden fazla kas gibi yaklaşılmalıdır. Spor yaralanmaları içerisinde çok sıklıkla karşımıza çıkan hamstring strain yaralanmaları ve ÖÇB yaralanmalarını hem önlemek hem de yaralanma sonrası tedavi sürecini doğru yönetebilmek adına egzersizler sırasındaki BF, ST ve SM kaslarının aktivasyon düzeylerini bilmek oldukça kıymetlidir. Dolayısıyla;

- Biseps femoris kas etkileniminin tüm hamstring strainlerinin %53'lük kısmını oluşturduğu düşünüldüğünde yaralanmaları önlemek, yaralanma sonrası iyileşme sürecini biyomekaniksel açıdan doğru yönetebilmek ve tekrarlı yaralanma riskini azaltabilmek adına eksentrik olarak BF kasının spesifik olarak aktive olduğu egzersizler kuvvetlendirme programlarına dahil edilmelidir. Çalışmamız sonucunda BF kası aktivasyonu, Nordic Hamstring egzersizi sırasında diğer egzersizlere kıyasla daha yüksek ölçülmüştür.
- HG grefti sonrası ST nin volümünün azaldığını göz önünde bulundurursak seçici olarak ST'yi daha fazla aktive eden eksentrik karakterli egzersiz programının daha verimli olabileceği düşünülebilir. Çalışmamız sonucunda ST kasının, en yüksek aktivasyonu Nordic egzersizi sırasında gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle ÖÇB yaralanması sonrası HG kullanılan hastalarda, Nordic Hamstring egzersizi önerilmelidir.
- Nordic Hamstring egzersizi hem çok yüksek aktivasyon sağlaması hem de açısal olarak günlük yaşamda ve sporda meydana gelen yaralanmalara benzediğinden fonksiyonel bir egzersizdir. Ayrıca herhangi bir ekipmana ihtiyaç duyulmadan hem kliniklerde hem de spor salonlarında kolaylıkla yapılabilecek bir egzersiz olması da avantaj sağlamaktadır. Bu sebeple Nordic Hamstring egzersizi spor yaralanmalarını önleme ve yaralanma sonrası rehabilitasyon sürecinde programa dahil edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Murray, I. (2005). How evidence based is the management of two common sports injuries in a sports injury clinic? *British Journal of Sports Medicine*, 39(12), 912-916.
2. Dönmez, G. (2018). Injuries among recreational football players: results of a prospective cohort study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 28(3), 249-254.
3. Ekstrand, J., Häggglund, M. and Waldén, M. (2011a). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553-558.
4. Hegyi, A. (2018a). High- density electromyography activity in various hamstring exercises. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 6(2), 1-10.
5. Craddock, N. and Buchholtz, K. (2018). Preventing the seemingly unpreventable—challenging the return-to-play criteria for recurrent hamstring strain prevention. *South African Journal of Sports Medicine*, 30(1), 18-33.
6. Worrell, T.W. (1994). Factors associated with hamstring injuries. *Sports Medicine*, 17(5), 338-345.
7. Woods, C. (2004). The football association medical research programme: An audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38(1), 36-41.
8. Askling, C., Karlsson, J. and Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(4), 244-250.
9. Arnason, A. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(1), 40-48.
10. Bahr, R. and Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: A key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 324-329.
11. Mawson, R. (2018). Lower limb injury prevention programs in youth soccer: A survey of coach knowledge, usage, and barriers. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 5(1), 43.
12. Imran, A. and O'Connor, J. (1998). Control of knee stability after ACL injury or repair: Interaction between hamstrings contraction and tibial translation. *Clinical Biomechanics*, 13(3), 153-162.
13. Baratta, R. (1988). Muscular coactivation: The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(2), 113-122.
14. Begalle, R.L. (2012). Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercises. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 396-405.

15. Mjøl̈snes, R. (2004). A 10- week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well- trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(5), 311-317.
16. Farthing, J.P. and Chilibeck, P.D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*, 89(6), 578-586.
17. Lindstedt, S., LaStayo, P. and Reich, T. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *Physiology*, 16(6), 256-261.
18. Zebis, M.K. (2013). Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications. *British Journal of Sports Medicine*, 47(18), 1192-1198.
19. Ono, T., Higashihara, A. and Fukubayashi, T. (2010a). Hamstring functions during hip-extension exercise assessed with electromyography and magnetic resonance imaging. *Research in Sports Medicine*, 19(1), 42-52.
20. McAllister, M.J. (2014). Muscle activation during various hamstring exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1573-1580.
21. Iga, J. (2012). ‘Nordic’hamstrings exercise–engagement characteristics and training responses. *International Journal of Sports Medicine*, 33(12), 1000-1004.
22. Şener, G. and Erbahçeci, P.D.F. (2016). *Kinezyoloji ve biyomekanik*. 1. Baskı. Ankara: Kalkan Matbaacılık, 507-526.
23. Ulusoy, F.B. (2014). *Hamstring otogreft ile ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası izokinetik diz kuvveti ile dinamik denge arasındaki ilişkinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 3-15.
24. Welsh, R.P. (1980). Knee joint structure and function. *Clinical Orthopaedic Relat Research*, (147), 7-14.
25. Desdicioğlu, K. (2008). Articulatio genu'nun morfolojik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 15(1), 45-52.
26. Aydoğdu, O. (2013). *Diz osteoartritli hastalarda kuadriseps ve hamstring kaslarına uygulanan kinezyolojik bantlamanın alt ekstremité fonksiyonları üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 4-25.
27. Işık, R. (2018). *Proloterapi uygulanan diz osteoartritli hastalarda derin ışıticinin (kisa dalga diatermi) ağrı, fonksiyonellik ve yaşam kalitesi üzerine etkisi: Prospektif, randomize, plasebo kontrollü, çift kör çalışma*. Uzmanlık Tezi, Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 10-21.
28. Tunay, V.B., Z. Erden, and C. Yıldız (2017), *Alt Ekstremité Yaralanmalarında Rehabilitasyon*. Ankara: Hipokrat Kitapevi, 185-586.

29. Oliveira, V.B.d. (2016), Reliability of biceps femoris and semitendinosus muscle architecture measurements obtained with ultrasonography. *Research on Biomedical Engineering*, 32(4), 365-371.
30. Uysal, Ö. (2018). *Sağlıklı bireylere uygulanan farklı kuvvetlendirme yöntemlerinin hamstring kas grubu pasif mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Fizyoterapistliği Programı, Ankara, 7-20.
31. Woodley, S.J. and Mercer, S.R. (2005), Hamstring muscles: architecture and innervation. *Cells Tissues Organs*, 179(3), 125-141.
32. Güzel, P.D.N.A. ve Kafa, D.D.N. (2017). *Sporcu sağlığı*. Ankara: Hipokrat Kitapevi, 85-98.
33. Olmedilla, A. (2018). A bayesian approach to sport injuries likelihood: Does player's self-efficacy and environmental factors plays the main role? *Frontiers In Psychology*, (9),1174.
34. Kilic, O. (2017). Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: A systematic review of the literature. *European Journal of Sport Science*, 17(6), 765-793.
35. Ekstrand, J., Hägglund, M. and Waldén, M. (2011b). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226-1232.
36. Pfirrmann, D. (2016). Analysis of injury incidences in male professional adult and elite youth soccer players: A systematic review. *Journal of Athletic Training*, 51(5), 410-424.
37. Svensson, K. (2016). Muscle injuries of the lower extremity: A comparison between young and old male elite soccer players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(7), 2293-2299.
38. Edouard, P., Branco, P. and Alonso, J.M. (2016). Muscle injury is the principal injury type and hamstring muscle injury is the first injury diagnosis during top-level international athletics championships between 2007 and 2015. *British Journal of Sports Medicine*, 50(10), 18-36.
39. Agel, J. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's basketball injuries: National collegiate athletic association injury surveillance system, 1988–1989 through 2003–2004. *Journal Of Athletic Training*, 42(2), 202.
40. Dick, R. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate men's basketball injuries: National collegiate athletic association injury surveillance system, 1988–1989 through 2003–2004. *Journal Of Athletic Training*, 42(2), 194.
41. Taylor, J.B. (2015). Prevention of lower extremity injuries in basketball: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*, 7(5), 392-398.

42. Hootman, J.M., Dick, R. and Agel, J. (2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 311.
43. Valle, X. (2018). Hamstring and other thigh injuries in children and young athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(12), 2630-2637.
44. Erickson, L.N. and Sherry, M.A. (2017). Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. *Journal of Sport and Health Science*, 6(3), 262-270.
45. Opar, D.A. and Serpell, B.G. (2014). Is there a potential relationship between prior hamstring strain injury and increased risk for future anterior cruciate ligament injury? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(2), 401-405.
46. Serpell, B.G. (2012). Mechanisms and risk factors for noncontact ACL injury in age mature athletes who engage in field or court sports: a summary of the literature since 1980. *The Journal Of Strength & Conditioning Research*, 26(11), 3160-3176.
47. Arnason, S.M. (2014). Medial hamstring muscle activation patterns are affected 1–6 years after ACL reconstruction using hamstring autograft. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(5), 1024-1029.
48. Comfort, P., Green, C.M. and Matthews, M. (2009). Training considerations after hamstring injury in athletes. *Strength & Conditioning Journal*, 31(1), 68-74.
49. Wright, R.W. (2007). Risk of tearing the intact anterior cruciate ligament in the contralateral knee and rupturing the anterior cruciate ligament graft during the first 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective MOON cohort study. *The American Journal Of Sports Medicine*, 35(7), 1131-1134
50. Shelbourne, K.D., Gray, T. and Haro, M. (2009). Incidence of subsequent injury to either knee within 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(2), 246-251.
51. Solomonow, M. (1987). The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *The American Journal Of Sports Medicine*, 15(3), 207-213.
52. Limbird, T.J. (1988). EMG profiles of knee joint musculature during walking: changes induced by anterior cruciate ligament deficiency. *Journal Of Orthopaedic Research*, 6(5), 630-638.
53. Guelich, D.R. (2016). Different roles of the medial and lateral hamstrings in unloading the anterior cruciate ligament. *The Knee*, 23(1), 97-101.
54. Kınıklı, G.İ. (2012). *Otojen hamstring tendon grefti ile artroskopik ön çapraz bağ rekonstrüksiyonunda progresif eksentrik egzersiz eğitiminin erken dönem etkileri*. Doktora Tezi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 4-20.
55. Asmussen, E. (1956). Observations on experimental muscular soreness. *Acta Rheumatologica Scandinavica*, 2(1-4), 109-116.

56. Enoka, R.M. (1997). Neural strategies in the control of muscle force. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 20(5), 66-69.
57. Warren, G.L. (2000). Decreased EMG median frequency during a second bout of eccentric contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(4), 820-829.
58. LaStayo, P. (2017). Eccentric versus traditional resistance exercise for older adult fallers in the community: a randomized trial within a multi-component fall reduction program. *BMC Geriatrics*, 17(1), 149.
59. Marcus, R.L. (2008). Comparison of combined aerobic and high-force eccentric resistance exercise with aerobic exercise only for people with type 2 diabetes mellitus. *Physical Therapy*, 88(11), 1345-1354.
60. English, K.L. (2014). Early-phase musculoskeletal adaptations to different levels of eccentric resistance after 8 weeks of lower body training. *European Journal of Applied Physiology*, 114(11), 2263-2280.
61. Mueller, M. (2009). Different response to eccentric and concentric training in older men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 107(2), 145-153.
62. Blazeovich, A.J. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *Journal of Applied Physiology*, 103(5), 1565-1575.
63. Roig, M. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 556-568.
64. Julian, V. (2018). Eccentric training improves body composition by inducing mechanical and metabolic adaptations: A promising approach for overweight and obese individuals. *Frontiers in Physiology*, 9, 10-13.
65. Zätterström, R. (1994). The effect of physiotherapy on standing balance in chronic anterior cruciate ligament insufficiency. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(4), 531-536.
66. Keays, S. (2001). Muscle strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis. *The Knee*, 8(3), 229-234.
67. Gauffin, H. (1990). Function testing in patients with old rupture of the anterior cruciate ligament. *International Journal Of Sports Medicine*, 11(01), 73-77.
68. Konrad, P. (2005). The abc of emg. *A Practical Introduction To Kinesiological Electromyography*, 1, 30-35.
69. Ada, N. (2015). *Yürüme analizinde bacak kaslarının yüzeyel emg ile değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 29-37.

70. Meldrum, D. (2007). Maximum voluntary isometric contraction: reference values and clinical application. *Amyotrophic Lateral Sclerosis*, 8(1), 47-55.
71. Merletti, R. (2004). Electromyography: physiology, engineering, and non-invasive applications. *John Wiley & Sons*, 11(2), 5-25.
72. Craig, C.L. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(8), 1381-1395.
73. Saglam, M. (2010). International physical activity questionnaire: reliability and validity of the Turkish version. *Perceptual and Motor Skills*, 111(1), 278-284.
74. Borg, G.A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine Science Sports Exercise*, 14(5), 377-381.
75. Burdon, J. (1982). The perception of breathlessness in asthma. *American Review of Respiratory Disease*, 126(5), 825-828.
76. Yapucu-Güneş, Ü., Kara, D. ve Erbağcı, A. (2012). Dispne yakınması olan hastalarda farklı dispne ölçeklerinin karşılaştırılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi*, 5(2), 65-71.
77. Grant, S. (1999). A comparison of the reproducibility and the sensitivity to change of visual analogue scales, Borg scales, and Likert scales in normal subjects during submaximal exercise. *Chest*, 116(5), 1208-1217.
78. Hermens, H.J. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361-374.
79. Aldo O. (2011). *Anatomical guide for the electromyographer: The limbs and trunk*. 5th Edition, Charles C Thomas Publisher, 244-247.
80. Tsaklis, P. (2015). Muscle and intensity based hamstring exercise classification in elite female track and field athletes: implications for exercise selection during rehabilitation. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 209.
81. Abernethy, P., Wilson, G. and Logan, P. (1995). Strength and power assessment. *Sports Medicine*, 19(6), 401-417.
82. Niewiadomski, W. (2008). Determination and prediction of one repetition maximum (1RM): Safety considerations. *Journal of Human Kinetics*, 19, 109-120.
83. Bourne, M.N. (2017). Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1021-1028.
84. Monajati, A. (2017). Analysis of the hamstring muscle activation during two injury prevention exercises. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 29-37.
85. Ebben, W.P. (2009). Hamstring activation during lower body resistance training exercises. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(1), 84-96.

86. Narouei, S. (2018). Hip and trunk muscles activity during nordic hamstring exercise. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(2), 231.
87. Ono, T., Okuwaki, T. and Fukubayashi, T. (2010b). Differences in activation patterns of knee flexor muscles during concentric and eccentric exercises. *Research in Sports Medicine*, 18(3), 188-198.
88. Messer, D.J. (2018). Hamstring muscle use in females during hip-extension and the nordic hamstring exercise: An fMRI study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, (2), 1-23.
89. Wright, G.A., Delong, T.H. and Gehlsen, G. (1999). Electromyographic activity of the hamstrings during performance of the leg curl, stiff-leg deadlift, and back squat movements. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(2), 168-174.
90. Kubota, J. (2007), Non-uniform changes in magnetic resonance measurements of the semitendinosus muscle following intensive eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 713-720.
91. Lynn, S.K. and Costigan, P.A. (2009). Changes in the medial–lateral hamstring activation ratio with foot rotation during lower limb exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(3), 197-205.
92. Satterthwaite, P. (1999), Risk factors for injuries and other health problems sustained in a marathon. *British Journal of Sports Medicine*, 33(1), 22-26
93. Behan, F.P. (2018). Sex differences in muscle morphology of the knee flexors and knee extensors. *PloS one*, 13(1), 180-188
94. Blackburn, J.T. (2009). Sex comparison of hamstring structural and material properties. *Clinical Biomechanics*, 24(1), 65-70.
95. Van den Tillaar, R. (2017). Comparison of hamstring muscle activation during high-speed running and various hamstring strengthening exercises. *International Journal Of Sports Physical Therapy*, 12(5), 718.
96. Andersen, L.L. (2006). Neuromuscular activation in conventional therapeutic exercises and heavy resistance exercises: implications for rehabilitation. *Physical therapy*, 86(5), 683-697.

EKLER

EK-1. Etik Komisyon Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 24/07/2018-E.105761



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü



Sayı : 14574941-302.08.01-
Konu : Etik Komisyon Başvuruları Hk.
(Sonay GÜRÜHAN)

Sayın Doç. Dr. Nihan KAFA
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölüm Başkanlığı - Öğretim Görevlisi

İlgi : 19/07/2018 tarihli ve 77082166-302.08.01- 104312 sayılı yazı.

Anabilim Dalınız 178544102 numaralı yüksek lisans öğrencisi Sonay GÜRÜHAN' ın, etik kurul başvurusu ile ilgili olarak Üniversitemiz Etik Komisyonu' nun cevabi yazısı ekte gönderilmektedir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

e-imzalıdır
Doç. Dr. Aysel BERKKAN
Enstitü Müdür Yardımcısı

DAĞITIM
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne »
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı
Başkanlığına
Sayın Doç. Dr. Nihan KAFA



Emniyet Mahallesi Abant Sokak NO10/2 E Blok Kat 5 06500 Yenimahalle ANKARA
Tel:0 (312) 202 33 87 Faks:0 (312) 202 82 20
e-Posta : saglikb@gazi.edu.tr İnternet Adresi :http://saglikb.gazi.edu.tr/

Bilgi için :Demet Günel
Şef
Telefon No:03122023255

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK-1. (devam) Etik Komisyon Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 19/07/2018-E.104312



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Etik Komisyonu



Sayı : 77082166-302.08.01-
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 28/05/2018 tarihli ve 14574941-302.08.01- 82344 sayılı yazı.

İlgi yazınız ile göndermiş olduğunuz, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı **Yüksek Lisans Öğrencisi Sonay GÜRÜHAN'ın**, **Doç.Dr.Nihan KAFA'nın** danışmanlığında yürüttüğü "*Sağlıklı Bireylerde Farklı Eksentrik Hamstring Egzersizleri Sırasındaki Kasal Aktivasyonların İncelenmesi*" adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **10.07.2018** tarih ve **06** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

e-imzalıdır
Prof. Dr. Alper CEYLAN
Komisyon Başkanı

Araştırma Kod No: 2018-284

Ek:1 Liste

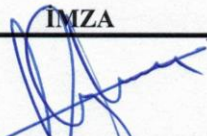
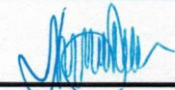
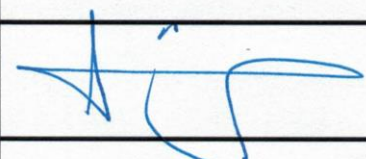
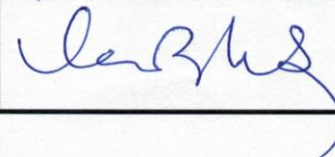


Ankara
Tel:0 (312) 202 20 57 - 0 (312) 2... Faks:0 (312) 202 38 76
İnternet Adresi :http://etikkomisyon.gazi.edu.tr/

Bilgi için :Ayfer Çekmez
Genel Evrak Sorumlusu
Telefon No:202 18 07

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK-1. (devam) Etik Komisyon Onayı

GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONU KATILIM LİSTESİ	
TOPLANTI TARİHİ : 10.07.2018	TOPLANTI SAYISI : 06
ADI-SOYADI	İMZA
Prof.Dr.Alper CEYLAN BAŞKAN	
Prof.Dr.Mustafa N.İLHAN BAŞKAN YRD.	
Prof.Dr.Rahmi ÜNAL	KATILAMADI
Prof.Dr.Mehmet Sayım KARACAN	
Prof.Dr.Mustafa SARIKAYA	
Prof.Dr.İbrahim DOĞAN	KATILAMADI
Prof.Dr.C. Haluk BODUR	
Prof.Dr.Mustafa İLBAŞ	KATILAMADI
Prof.Dr.Fusun DEMİREL	
Prof.Dr.Aymelek GÖNENÇ	
Doç.Dr.Nihan KAFA	KATILAMADI
Doç.Dr.Zehra GÖÇMEN BAYKARA	
Doç.Dr.Latif AYDOS	

EK-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
ETİK KOMİSYONU

KATILIMCILAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sizi, Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu'ndan **10.07.2018** tarih / **06** sayılı ile izin alınan* ve **Doç. Dr. Nihan KAFA** danışmanlığında öğrenci **Sonay GÜRÜHAN** tarafından yürütülen “**Sağlıklı Bireylerde Farklı Eksentrik Hamstring Egzersizleri Sırasındaki Kasal Aktivasyonların İncelenmesi**” başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan çıkma hakkına sahipsiniz. Bu çalışmaya katılmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Çalışmaya katıldığınız için size bir ödeme yapılmayacaktır. Çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır.

*Gazi Üniversitesi Etik Komisyon izni alındıktan sonra doldurularak kullanılacaktır.

Araştırmanın Amacı	Bu çalışmanın amacı, sağlıklı bireylerde bacağınız arkasındaki kasları çalıştırmak için önerilen farklı egzersizlerin etkinliğinin belirlenmesidir.
Araştırmanın Yöntemi	Testten önceki ayrı bir günde egzersizler video kullanılarak öğretilecektir. Test gününde bacağınızın arkasındaki kasınıza elektrotlar yerleştirilecektir. Öncelikle kas kuvvetinizi ölçmeye yönelik izokinetik cihazı ile bir test uygulanacaktır. Sonrasında 5 dk koşu bandında yürümeniz ve sırası ile önceden öğretilmiş olan egzersizleri 5 tekrar olacak şekilde yapmanız istenecektir. Her tekrar arasında 2-3 dk dinlenmeniz istenecektir. Her egzersizden önce 10 maddelik bir anket doldurmanız istenecektir. Ölçümler ve uygulama sırasında rahatsızlık hissedeceğiniz bir durumla karşılaşmayacaksınız. Uygulamalar ve ölçümler hiçbir şekilde girişimsel bir işlem içermemektedir
Araştırmanın Öngörülen Süresi (Başlama ve Bitiş Tarihi)	01/08/2018- 01/10/2018
Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı	32
Araştırmanın Yapılacağı Yerler	Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Sporcu Sağlığı Ünitesi
Görüntü ve/veya ses kaydı alınacak mı?	Evet ☒ Hayır ☐

Tablo katılımcıların anlayabileceği biçimde, akademik dil kullanılmadan yazılacaktır.

KATILIMCI BEYANI

Yukarıda amacı ve içeriği belirtilen bu araştırma ile ilgili bilgiler tarafıma aktarıldı. Bu bilgilerden sonra araştırmaya katılımcı olarak davet edildim. Bu çalışmaya katılmayı kabul ettiğim takdirde gerek araştırma yürütülürken gerekse yayımlandığında kimliğimin gizli tutulacağı konusunda güvence aldım. Bana ait verilerin kullanımına izin veriyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin dikkatle korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi. Araştırmanın yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden çekilebilirim. Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana herhangi bir ödeme yapılamayacaktır. Araştırma ile ilgili bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Bu çalışmaya hiçbir baskı altında kalmadan kendi bireysel onayım ile katılıyorum. İmzalı bu form kağıdının bir kopyası bana verilecektir.

EK-2. (devam) Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Araştırma yürütücüsü (Tez çalışmalarında Danışman tarafından imzalanacaktır.)

Adı ve Soyadı	Nihan Kafa	Tarih ve İmza
Adres ve telefonu	Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi Rehabilitasyon Bölümü 03122162632	

Katılımcı

Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

Velayet veya Vesayet Altındaki Katılımcılar için Veli/Vasi

Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

EK-3. Değerlendirme Formu

HASTA DEĞERLENDİRME FORMU

AD-SOYAD:		KRONİK HASTALIK:	
YAŞ:		YARALANMA – OPERASYON GEÇMİŞİ	
CİNSİYET:		EĞİTİM DURUMU:	
BOY:		MESLEĞİ:	
KİLO:		BORG SKORU:	
DOMİNANT TARAF:		UFAA SKORU:	

EK-3. (devam) Değerlendirme Formu

Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (Kısa)

International Physical Activity Questionnaire (Short)

Hastanın Adı Soyadı: _____ Tarih: ____/____/____

İnsanların günlük yaşayış içinde yaptıkları fiziksel aktiviteler hakkında bilgi edinmek istiyoruz. Aşağıda son 7 gün içinde fiziksel olarak harcanan zaman hakkında sorular bulunmaktadır. Lütfen, kendinizi çok hareketli bir kişi olarak görmesiniz bile her soruyu cevaplayın. Ev ve bahçe işlerinizi, işyerinde yaptığınız aktiviteleri, bir yerden bir yere gitmek için yaptıklarınızı, boş zamanlarınızda yaptığınız egzersiz veya spor gibi aktiviteleri düşünün.

Son 7 gün içinde 10 dakika veya üstünde süren, nefesinizi hızlandıran, kuvvet gerektiren tüm yoğun faaliyetleri göz önünde bulundurun.

1	Son bir hafta içinde kaç gün ağır kaldırma, kazma, aerobik, basketbol, futbol veya hızlı bisiklet çevirme gibi şiddetli bedensel güç gerektiren faaliyetlerden yaptınız?	
	☐ Şiddetli fiziksel aktivite yapmadım. (3. Soruya Geçiniz )	Haftada _____ gün

2	Bu günlerin birinde şiddetli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman harcadınız?	
	☐ Bilmiyorum/Emin değilim	Günde _____ dakika

Geçen bir hafta içinde yaptığınız orta dereceli fiziksel aktiviteleri düşünün. Bunlar 10 dakika veya daha uzun süren, orta derece fiziksel güç gerektiren ve normalden biraz sık nefes almaya neden olan aktivitelerdir.

3	Son bir hafta içinde kaç gün hafif yük taşıma, normal hızda bisiklet çevirme, halk oyunları, dans, bowling veya tenis gibi orta dereceli bedensel güç gerektiren faaliyetlerden yaptınız? (Yürüme hariç.)	
	☐ Orta dereceli fiziksel aktivite yapmadım. (5. Soruya Geçiniz )	Haftada _____ gün

4	Bu günlerin birinde orta dereceli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman harcadınız?	
	☐ Bilmiyorum/Emin değilim	Günde _____ dakika

Geçen bir hafta içinde yürüyerek geçirdiğiniz zamanı düşünün. Bu; işyerinde, evde, bir yerden bir yere ulaşım amacıyla veya sadece dinlenme, spor, egzersiz veya hobi amacıyla yaptığınız yürüyüş olabilir.

5	Geçen 7 gün içerisinde, bir seferde en az 10 dakika yürüdüğünüz gün sayısı kaçtır?	
	☐ Yürümedim. (7. Soruya Geçiniz )	Haftada _____ gün

6	Bu günlerden birinde yürüyerek genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?	
	☐ Bilmiyorum/Emin değilim	Günde _____ dakika

Son soru, son bir hafta içinde oturarak geçirdiğiniz zamanlarla ilgilidir. İşte, evde, çalışırken ya da dinlenirken geçirdiğiniz zamanlar dahildir. Bu masanızda, arkadaşınızı ziyaret ederken, okurken, otururken veya yatarak televizyon seyrettiğinizde oturarak geçirdiğiniz zamanları kapsamaktadır.

7	Son bir hafta içinde günde oturarak ne kadar zaman harcadınız?	
	☐ Bilmiyorum/Emin değilim	Günde _____ dakika

EK-3. (devam) Değerlendirme Formu

MODİFİYE BORG SKALASI

0- yok

0.5- zorlukla fark edilebilir düzeyde

1- çok hafif

2- hafif

3- orta

4- biraz ciddi

5- ciddi

6- 5 ile 7 arası

7- çok ciddi

8- 7 ile 9 arası

9- çok çok ciddi

10- en şiddetli

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Sonay GÜRÜHAN
 Uyuğu : Türkiye Cumhuriyeti
 Doğum tarihi ve yeri : 15.06.1992/ Kurtalan
 Meden hali : Bekar
 Telefon : 05531732068
 Email : sonayguruhann@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi - Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	Devam ediyor
Lisans	Ahi Evran Üniversitesi- Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	2014
Lise	Kurtalan Çok Programlı Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018 – devam ediyor	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2017-2018	Atılım Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2014-2017	Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi	Fizyoterapist

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Gürühan, S., Ecemiş, Z.B., Kafa, N. ve Güzel, N.A. (). *İki farklı düz bacak uzanma egzersizinde hamstring kas aktivasyon düzeylerinin yüzeyel elektromyografi (yEMG) ile incelenmesi*. 3. Uluslararası Sağlık Bilimleri Kongresi, Ankara.

Gürühan, S., Kılınç, B., Hilmi, B.R. ve Kafa, N. (2017). *Düşük ark yüksekliğine sahip bireylerde mulligan distal fibular bantlamanın naviküler düşme miktarı pelvis salınımları ve yürüyüş parametreleri üzerine etkisinin incelenmesi*. Birinci Akdeniz Kinezyo Bantlama Kongresi. Sözel Bildirim. Ankara.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..



Gazili olmak ayıcalıktır

