

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

**SAĞLIKLI BİREYLERE UYGULANAN FARKLI
KUVVETLENDİRME YÖNTEMLERİNİN HAMSTRİNG KAS
GRUBU PASİF MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Fzt. Özgün UYSAL

**Spor Fizyoterapistliği Programı
Yüksek Lisans Tezi**

ANKARA

2018

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

**SAĞLIKLI BİREYLERE UYGULANAN FARKLI
KUVVETLENDİRME YÖNTEMLERİNİN HAMSTRİNG KAS
GRUBU PASİF MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Fzt. Özgün UYSAL

**Spor Fizyoterapistliği Programı
Yüksek Lisans Tezi**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Tüzün FIRAT**

**ANKARA
2018**

ONAY SAYFASI

**SAĞLIKLI BİREYLERE UYGULANAN FARKLI KUVVETLENDİRME YÖNTEMLERİNİN
HAMSTRİNG KAS GRUBU PASİF MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Öğrenci: Fzt. Özgün Uysal

Danışman: Doç. Dr. Tüzün Fırat

Bu tez çalışması 19.07.2018 tarihinde jürimiz tarafından "Spor Fizyoterapistliği Programı" nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay
(Hacettepe Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon bölümü)

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Tüzün Fırat
(Hacettepe Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon bölümü)

Üye: Prof. Dr. Zafer Erden
(Hacettepe Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon bölümü)

Üye: Prof. Dr. Nevin Atalay Güzel
(Gazi Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü)

Üye: Doç. Dr. İrem Düzgün
(Hacettepe Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon bölümü)

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

31 Ağustos 2018


Prof. Dr. Diclehan Orhan
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA FİKRİ VE MÜLKİYET BEYANI

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

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

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

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

31/08/2018



Fzt. Özgün Uysal

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

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

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

ETİK BEYANI

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



Fzt. Özgün Uysal



TEŞEKKÜR

Başta Mustafa Kemal Atatürk ve silah arkadaşları olmak üzere, aziz şehitlerimize...

Sonsuz sabır ve hoşgörüyle benim inatçılığımı, dikbaşlılığımı ve hatalarımı düzelten, her türlü sorunumda ve her zaman rahatça arayıp yardım alabildiğim, çevresindekilere verdiği değer ve saygıyla sadece akademik anlamda eğitmekle kalmayıp, aynı zamanda insan olmayı da öğreterek bana ikinci bir baba olan, değerli danışmanım Doç. Dr. Tüzün Fırat'a,

Akademik ve mesleki alanda gelişmemde büyük katkıları olan, saygısını ve sevgisini esirgemeyen ve bana yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Çiğdem Ayhan'a,

Tezimin planlanması ve yapılması sırasında, akademik hayatımın başından beri her daim yanımda olan ve yardımına koşarak bana abilik yapan değerli Uzm. Fzt. Kıvanç Delioğlu'na ve Uzm. Fzt. Yasin Tunç'a,

Tez telaşı içerisinde iken benden desteklerini esirgemeyen değerli ünite arkadaşlarım Fzt. Feray Karademir'e ve Fzt. Seda Namaldı'ya,

Tez yazımım sırasında benden desteklerini esirgemeyen, hepsi birbirinden değerli ve güzel kalpli başta Fzt. Derya Uzun olmak üzere ismini buraya sığdıramadığım bütün sevgili öğrencilerime,

Her sorumda ve sorunumda arayıp sorabildiğim, kendi işini gücünü bırakıp yardım etmekten çekinmeyen, Bruce'ün Alfred'i kimmiş ki benim yanımda buttlarım varken diyebildiğim yüreği kendisinden büyük olan Uzm. Fzt. Gamze Arın'a,

Doğrudan ve doğru bildiğinden asla şaşmayan, bir karıncayı bile incitemezken “gözümün yaşına dünyayı yakacak” olan canım babama; bana disiplini, çalışmayı, sevmeyi, dik durmayı ve hayatı öğreten güzel anneme; canımın merkezinde olan, sonsuz bilgilerinden her daim yardım aldığım, düşerken tutunduğum ve tutunacağım son dalım, canımdan kıymetli abime ve beni kardeşi gibi seven yengeme en derinden saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Uysal Ö., Sağlıklı Bireylere Uygulanan Farklı Kuvvetlendirme Yöntemlerinin Hamstring Kas Grubu Pasif Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Fizyoterapistliği Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2018. Bu çalışmanın amacı sağlıklı bireylere uygulanan farklı kuvvetlendirme yöntemlerinin hamstring kas grubunun pasif mekanik özelliklerine olan etkisini ve bu etkinin performans ölçümleri ile ilişkisini araştırmaktır. Çalışmaya 42 sağlıklı sedanter erkek birey dâhil edildi. Bireylerin kuadriseps ve hamstring kaslarının pasif mekanik özellikleri ve kas kuvvetleri; hamstring kasının esnekliği, anaerobik patlayıcı kuvveti, reaksiyon zamanı ile birlikte çeviklikleri eğitim programı öncesinde değerlendirildi. Bireyler rastgele olarak konsentrik, eksentrik ve nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES) eğitim gruplarına eşit sayıda ayrıldı. 8 haftalık eğitim programları sonucunda tekrar değerlendirildi. Konsentrik eğitim bilateral hamstring ve kuadriseps kaslarının sertliğini arttırırken, bilateral kuadriseps kas tonusunu azalttı. Konsentrik eğitimin yaptığı bilateral hamstring sertlik artışı diğer eğitimlerden üstündü (dominant $p=0,005$ ve non-dominant $p=0,012$). Ayrıca konsentrik grubun dominant taraf kuadriseps tonusu, eksentrik eğitim alan gruba göre anlamlı şekilde azaldı ($p=0,01$). Bilateral kuadriseps sertliğindeki artış, her 2 gruptan da üstündü (Eksentrik için $p=0,003$ ve $p=0,005$; NMES için $p=0,003$ ve $p=0,004$). Eksentrik eğitim, bilateral olarak hamstring elastikiyetini (dominant $p=0,0445$ ve non-dominant $p=0,0092$) arttırırken, kuadriseps sertliğini (dominant $p=0,0478$ ve non-dominant $p=0,028$) azalttı. Eksentrik eğitime alınan grupta non-dominant taraf hamstring elastisitesindeki artış, NMES grubundan üstündü ($p=0,008$). Konsentrik eğitim grubunda dominant taraf kuadriseps tonusundaki azalma ile reaksiyon zamanındaki azalma arasında ($r=0,664$ ve $p=0,026$), non-dominant taraf kuadriseps sertliği artışı ile reaksiyon zamanındaki azalma arasında ilişki bulundu ($r=-0,664$ ve $p=0,026$). Kas kuvveti artışının pasif mekanik özelliklerdeki değişime etkisi bakımından en fazla ilişki konsentrik eğitim grubunda görüldü. Elde edilen veriler ışığında kasların pasif mekanik özellikleri açısından optimal tek bir yükleme modeli olmadığı bulundu. Konsentrik eğitim kas sertliğini arttırmak için tercih edilebilirken, kas elastikiyetini arttırmak için eksentrik eğitimin ön plana çıktığı görüldü. Bireylerin kas mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi ve kişisel ihtiyaçlara göre yüklenme modellerinin belirlenmesi, hamstring kası için koruyucu yaklaşımların oluşturulması ve performans artışı için önemli bir yaklaşım olabilir.

Anahtar Kelimeler: Hamstring Kas Grubu, Elektrik Stimülasyonu, Dirençli Eğitim, Kas tonusu.

ABSTRACT

Uysal Ö., Effects Of Different Strengthening Methods On Hamstring Muscle Group's Passive Mechanical Properties In Healthy Individuals. Graduate School of Health Sciences, Sport Physiotherapy Master's Degree Thesis, Ankara, 2018. The purpose of this study was to investigate effects of different strengthening methods on hamstring muscle group's passive mechanical properties and to investigate this effect's relation with performance changes in healthy individuals. 42 healthy sedantary male participated in this study. Passive mechanical properties and strength of hamstring and quadriceps muscles, flexibility of hamstring muscles, anaerobic explosive strength, reaction time, agility were measured. Participants randomized evenly into one of three groups; eccentric, concentric and NMES. After 8 weeks training period, participants were measured again. While concentric training increased bilateral hamstring and quadriceps stiffness, it decreased bilateral quadriceps tonus. When compared to other groups, concentric training increased bilateral hamstring stiffness more significant then others (dominant $p=0.005$ and non-dominant $p=0.012$). Also, dominant side quadriceps tonus decreased more significantly then eccentric training group ($p=0.01$). Concentric group increased bilateral quadriceps stiffness more significantly then other groups (Comparing with others, dominant and non-dominant comparison values are given in order; Eccentric $p=0.003$ and $p=0.005$; NMES $p=0.003$ and $p=0.004$). Eccentric training increased bilateral hamstring elasticity (dominant $p=0.0445$ and non-dominant $p=0.0092$) and decreased quadriceps stiffness (dominant $p=0.0478$ and $p=0.028$). Eccentric training's effect on non-dominant hamstring elasticity was more significant then NMES training ($p=0.008$). In concentric training group, significant correlation found between decrease in dominant side quadriceps tonus and decrease in reaction timing ($r=0.664$ ve $p=0.026$); increase in non-dominant side quadriceps stiffness and decrease in reaction timing ($r=-0.664$ ve $p=0.026$). Significant correlations between increase in muscle strength and passive mechanical properties was found majorly in concentric training group. In light of current evidence, there is no single training method that is optimum for muscle's passive mechanical properties. Concentric training can be favourable for increasing muscle's stiffness, whereas eccentric training should be the choice in order to increase muscle elasticity. Evaluating muscle's passive mechanical properties and then deciding training modalities based on the need could be an important approach for hamstring in preventive physiotherapy and on increasing performance.

Keywords: Hamstring Muscle Group, Elektrical Stimulation, Resistance Training, Muscle tonus.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA FİKRİ VE MÜLKİYET BEYANI	iv
ETİK BEYANI	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiv
TABLolar	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Anatomi	5
2.1.1. Semimembranosus Kası	5
2.1.2. Semitendinosus Kası	6
2.1.3. Biceps Femoris Kası	6
2.2. Hamstring Kaslarının Morfolojik Özellikleri	7
2.2.1. Semimembranosus Kası (SM)	8
2.2.2. Semitendinosus Kası (ST)	10
2.2.3. Biceps Femoris Uzun Başı (BFUB)	12
2.2.4. Biceps Femoris Kısa Başı (BFKB)	13
2.3. Kasların Mimari Özellikleri	15
2.3.1. Semimembranosus Kası (SM)	16
2.3.2. Semitendinosus Kası (ST)	17
2.3.3. Biceps Femoris Uzun Başı (BFUB)	17
2.3.4. Biceps Femoris Kısa Başı (BFKB)	18
2.4. Kasın Pasif Mekanik Özellikleri	18
2.4.1. Kas Tonusu	21
2.4.2. Kasın Elastisitesi	21
2.4.3. Kasın Sertliği	22
2.5. Hamstringin Yaralanma Şekli ve Lokalizasyonu	23

2.5.1. Patoloji	23
2.5.2. Hamstringin Sınıflandırması	24
2.5.3. Yaralanma Mekanizması ve Lokalizasyonu	25
2.6. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Protokolleri	33
2.6.1. Akut Hamstring Yaralanmaları	33
2.6.2. Rehabilitasyon Protokolleri	34
2.6.3. Yaralanmanın Önlenmesi	37
3. BİREYLER VE YÖNTEM	39
3.1. Bireyler	39
3.2. Yöntem	40
3.2.1. Demografik bilgiler	40
3.2.2. Kasın Pasif Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi	40
3.2.3. Esnekliğin Değerlendirilmesi	43
3.2.4. Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi	43
3.2.5. Çevikliğin Değerlendirilmesi	44
3.2.6. Anaerobik Patlayıcı Kuvvet Değerlendirilmesi	45
3.2.7. Reaksiyon Zamanının Değerlendirilmesi	45
3.2.8. Katılımcılara Verilen Eğitimler	45
3.3. İstatistiksel Analiz	51
4. BULGULAR	52
4.1. Tanımlayıcı Bulgular	52
4.2. Değerlendirme Bulguları	52
4.2.1. Başlangıç Değerlendirme Bulguları	52
4.2.2. Grupların Kendi İçinde Eğitim Öncesi ve Sonrası Ölçümlerinin Karşılaştırılması	54
4.2.3. Gruplar Arasında Eğitim Öncesi ve Sonrası Farklarının Karşılaştırılması	56
4.2.4. Grupların Pasif Mekanik Özelliklerindeki Değişim ile Performanslarındaki Değişimlerin İlişkisi	60
5. TARTIŞMA	64
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	75
7. KAYNAKLAR	77

8. EKLER

EK-1. Tez Çalışması İle İlgili Etik Kurul İzni.

EK-2. Katılımcılardan Alınan Aydınlatılmış Onam.

EK-3. Değerlendirme Formu.

EK-4. Görseller İçin Alınan İzinler.

EK-5. Tezin Bildirisi.

EK-6. Orjinallik Ekran Çıktısı

9. ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR

a.	arteria
ACL	Anterior Cruciate Ligament
AdB	Addüktör Brevis
AdL	Addüktör Longus
AM	Addüktör Magnus
BFKB	Biceps Femoris Kısa Başı
BFUB	Biceps Femoris Uzun Başı
Dom	Dominant
EDL	Ekstensör Digitorum Longus
EHL	Ekstensör Hallucis Longus
FDL	Fleksör Digitorum Longus
FHL	Fleksör Hallucis Longus
FEKA	Fizyolojik Enine Kesit Alanı
GK	Germe ve Kuvvetlendirme
Gmaks	Gluteus Maksimus
Gmed	Gluteus Medius
GR	Gracilis
H:K	Hamstring/Kuadriseps Oranı
Hecc:Kkons	Eksentrik Hamstring/Konsentrik Kuadriseps Kuvvet Oranı
İÇGS	İlerleyici Çeviklik ve Gövde Stabilizasyonu
İKEK	İlerleyici Koşu ve Eksentrik Kuvvetlendirme
İLPS	İliopsoas
KFB	Kas fasya Bileşkesi
KON	Konsentrik
KTB	Kas tendon Bileşke
KÜO	Kuvvet Üretme Oranı
LG	Lateral Gastrocnemius
MG	Medial Gastrocnemius
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MSS	Merkezi Sinir Sistemi
N-Dom	Non Dominant

NMES	Nöromusküler Elektriksel Stimulasyon
NSAİİ	Non-Steroid Anti İnflamatuvar İlaçlar
PEC	Pectineus
PB	Peroneus Brevis
PL	Peroneus Longus
PRP	Platelet Rich Plasma
RF	Rectus Femoris
RICE	<i>Rest Ice Compression Elevation</i> (Dinlenme, Buz, Kompresyon, Elevasyon uygulamaları)
SAR	Sartorius
SM	Semimembranosus
SOL	Soleus
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i> (Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi)
SS	Standart Sapma
ST	Semitendinosus
TA	Tibialis Anterior
TP	Tibialis Posterior
UEFA	<i>Union of European Football Associations</i> (Avrupa Futbol Federasyonları Birliği)
Vİ	Vastus İntermedius
VKİ	Vücut Kitle İndeksi
VL	Vastus Lateralis
VM	Vastus Medialis

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Sağ Semimembranozus kası. a. Lateralinden, b. Medialinden görünümü.	9
2.2. Semitendinozus. a. Posteriorından, b. Lateralinden görünümü.	11
2.3. Sağ Biseps Femoris Uzun Başı. a. Medialinden, b. lateralinden görünümü.	13
2.4. Sağ Biseps Femorisin Kısa Başı (medialinden görünümü).	14
2.5. Alt ekstremit kaslarının mimari özellikleri tablosu	16
2.6. Hamstring grubunun yaralanma yerlerinin adlandırılması.	27
2.7. Biseps Femoris ve Semitendinozus kaslarının yaralanmaları.	28
2.8. Semitendinozus kasının yaralanma lokalizasyonları.	30
2.9. Semimembranozus kasının yaralanma lokalizasyonları..	30
2.10. Biseps Femoris Uzun Başı kasının yaralanma lokalizasyonları.	31
2.11. Biseps Femoris Kısa Başı kasının yaralanma lokalizasyonları.	31
3.1. Kuadriseps kas grubunun orta noktasının ölçümü.	41
3.2. Kuadriseps kas grubunun Myoton-3 cihazı ile ölçümü.	41
3.3. Hamstring kas grubunun orta noktasının ölçümü.	42
3.4. Hamstring kas grubunun Myoton-3 cihazı ile ölçümü.	42
3.5. Testin uygulanışı.	44
3.6. Konsentrik egzersizin başlangıç pozisyonu için aletin ayarlanması.	46
3.7. Konsentrik egzersiz için başlangıç pozisyonu.	47
3.8. Konsentrik fazın sonunda ağırlığın bireyden araştırmacı tarafından alınması.	47
3.9. Nordik hamstring egzersizi.	48
3.10. Katılımcının pozisyonlanması.	49
3.11. Elektrotların yerleşimi.	50

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
2.1. Yaralanma yüzdelerine göre kaslar.	29
2.2. Kasların yaralanma verileri.	32
2.3. Askling ve ark. L Protokolü.	36
2.4. Yaralanma özellikleri tablosu.	37
2.5. Literatürdeki protokollerin rehabilitasyon basamaklarında ilerleme kriterleri.	38
3.1. Uygulanan eğitimler.	50
4.1. Katılımcıların gruplara göre tanımlayıcı bilgileri.	52
4.2. İlk değerlendirme bulgularının gruplar arasında karşılaştırması.	53
4.3. İlk ve son ölçümlerin grup içindeki değişimleri.	55
4.4. Hamstring kası için pasif mekanik özelliklerin değişimlerinin gruplar arası karşılaştırılması.	56
4.5. Konsentrik – Eksentrik grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.	57
4.6. Konsentrik – NMES grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.	57
4.7. NMES – Eksentrik grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.	57
4.8. Kuadriseps kası için pasif mekanik özelliklerin değişimlerinin gruplar arası karşılaştırılması.	58
4.9. Konsentrik – Eksentrik grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.	59
4.10. Konsentrik – NMES grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.	59
4.11. NMES – Eksentrik grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.	59
4.12. NMES Grubu Mekanik Özellikleri Değişimi ile Performans Değişimlerinin İlişkisi.	61
4.13. Konsentrik Grubu Mekanik Özellikleri Değişimi ile Performans Değişimlerinin İlişkisi.	62
4.14. Eksentrik Grubu Mekanik Özellikleri Değişimi ile Performans Değişimlerinin İlişkisi.	63

1. GİRİŞ

Hamstring kas grubu, spora bağlı kas yaralanmalarının %54,4'ünü oluştururken, en fazla yaralanma oranı ve riskine sahip olan kas grubudur (1). Özellikle futbol müsabakalarında meydana gelen hamstring yaralanmalarının sıklığı, antrenmanlarda meydana gelen hamstring yaralanmalarının yaklaşık 4 katı olarak (Oyuncuların antrenmanda harcadığı her bin saat başına 0,33 kere, maçlarda harcadığı her bin saat başına 1,2 kere yaralanma oranı) rapor edilmiştir (2). Yaralanmalar genellikle müsabakalarda ve sezon öncesi antrenmanlarda meydana gelmektedir (3). Hamstring yaralanmalarının tekrarlama ihtimalinin ise %12-33 arasında olduğu gösterilmiştir (1, 3, 4).

Yüksek oranda meydana gelme ve tekrarlama ihtimaline sahip olarak ciddi fonksiyonel kayıplara yol açan hamstring yaralanmalarına neden olan faktörler incelendiğinde, altta yatan birçok etken olabileceği öne sürülmüştür. Yaş artışı, kuadriseps zirve torkunun artması, daha önceden geçirilmiş hamstring yaralanmasının olması en yaygın risk faktörleri olarak gösterilmiştir (5-7). Konstantinos ve ark., iki ekstremité arasında hamstring kaslarının eksentrik kuvveti ve bacak uzunluğu asimetrisi olan, geçmişte hamstring yaralanma öyküsü olmayan sporcuların daha büyük risk altında olduğunu, diğer intrinsik faktörlerin etkisinin olmadığını ve asimetrisi azaltacak kuvvetlendirme protokollerinin yaralanma riskini azaltabileceğini belirtmiştir (8, 9). Birçok yayında öne sürülen; VKİ, vücut ağırlığı, boy uzunluğu, hamstring/kuadriseps kuvvet oranı, hamstring zirve torku, hamstringlerin konsentrik kuvvetlerinin oranı, eşlik eden diğer yaralanma hikayesi, hamstring uzunluk ve esneklik kaybı, eklem hareket açıklığı, MRG'de önceki yaralanma bulguları, dominantlık, oyun içindeki pozisyon, etnik köken, aktivite tipi, antrenman süresi gibi faktörlerin ise güncel meta analizlerinde anlamlı risk faktörü olmadığı ifade edilmiştir (5, 6). Güncel literatürde hamstring kas grubu için anlamlı risk faktörleri olarak; zayıf kas kuvveti (10, 11), aşırı yorgunluğa sebep olan kas aktivitesi (12), bacak uzunluğu farkları (kısa bacağın daha gergin hamstringleri olabilir ve bu da yaralanmaya sebep olabilir), yetersiz ısınma veya ısınmama, geçmiş hamstring yaralanma öyküsü (özellikle son 8 hafta içerisinde) (13), geçmiş gastro-soleus yaralanması (13), çapraz pelvik postür (pelvis anterior tilti ve artmış lumbal lordoz), ileri yaş, lumbosakral ligament tarafından ekstraforaminal L5 kök basısı,

zayıf lumbopelvik kuvvet ve stabilite kabul edilmektedir (14). Diz çevresindeki kassal kuvvet eşitsizlikleri (*imbalansları*) terimi genelde antagonist kas grupları arasındaki kuvvet dengesi için kullanılır. Hamstring:Kuadriseps kaslarının zirve momentlerinin birbirine oranı (H:K); bu antagonist kas gruplarının fonksiyonel kuvvet eşitsizliklerinin ölçümü olarak en çok kullanılan parametredir (15-17).

H:K kuvvet oranını hesaplama yöntemleri çeşitlilik göstermektedir. Geçtiğimiz yıllarda H:K konsentrik kuvvet oranı kullanılmıştır. Bu yüzden, H:K konsentrik oranına “konvensiyonel oran” denmektedir (18, 19). Bu oranı bulmak için; sporcuya, izometrik kuvvet testi veya yavaş izokinetik konsentrik test yapılarak elde edilen kuvvet sonuçları oranlanır. Geçmişte bu oranın 0,6 olarak çıkması, teorik olarak “normal” kabul edilmekteydi (20). Günümüzde konvensiyonel oranlar yerlerini; eksentrik hamstring kuvvetinin, konsentrik kuadriseps kuvvetine oranlanması ile elde edilen “fonksiyonel” oranlara bıraktılar (15-18, 21).

Literatürde, hamstring yaralanmalarının önlenmesi için hamstring kas grubunun eksentrik yükleme teknikleri ile kuvvetlendirilmesi önerilmektedir. Hamstringlerde eksentrik kuvvetlendirme için "*the glider*", "*the slider*", "*the extender*" egzersizleri (7, 22), Modifiye Nordik Hamstring Egzersizleri ve hareket açıklığının sonunda tek ayak sandalyede köprü kurma, serbest ağırlıklarla tek bacağa rüzgâr değirmeni hareketi (single-limb windmill touches with doumbbells), ellerde serbest ağırlıklarla Lunge yürüyüşü sırasında ters elin öndeki bacağa dokunması, T pozisyon almalı Lunge yürüyüşü (T-lift lunge walk), tek bacak ölü kaldırışı (single-leg dead lift) egzersizleri önerilmiştir (7, 23). Bu egzersizler konsept olarak ele alınıp incelendiğinde, hamstringin uzamış pozisyonundaki yüklenmeleri ön plana çıkmaktadır ve kalçanın 90 derece üzerindeki fleksiyon açılarında olması önerilmektedir (24).

Kas performansını arttırmak için Nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES), düzenli egzersiz programlarına tamamlayıcı olarak eklenen ve sıkça tercih edilen fizyoterapi uygulamalarından birisidir. NMES, cilt üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığı ile hedef kaslara akım verilmesini, bu sayede nöromusküler bileşkenin uyarılarak depolarizasyon oluşturularak kas kontraksiyonu oluşumunu sağlar. NMES, uyarı ve dinlenme periyodları içerir. Bu sayede tetanik kontraksiyon önlenir. Egzersiz uygulamaları ile genellikle önce yavaş motor ünitler sonra hızlı

motor ünitler aktive olurken NMES ile tüm motor ünitler birlikte aktive olur. NMES, kasta birçok fizyolojik değişikliğe yol açar. İstemli kontraksiyon ile karşılaştırıldığında daha fazla kan akışı ve oksijenlenme meydana getirir. Ayrıca tek seanslık bir NMES uygulaması bile kasın myojenik sürecini başlatması açısından yeterlidir. Uzun süreli uygulamalarda RNA konsantrasyonunda artışa neden olur. Bu sayede kastaki protein sentezini artırır.

Günümüzde, kas performansını artırıcı ve kas yeniden eğitimine olan katkısı nedeniyle NMES, kabul gören bir fizyoterapi uygulamasıdır. Ancak NMES programları, parametreleri ve uygulama zamanlaması yönünden sınırsız seçenekleri olması nedeniyle patolojiye ve sürece özel net kılavuzlar hala belirli değildir. Laboratuvar çalışmaları hayvanlar üzerine yapılmakta ve enzimatik değişiklikler ortaya konmasına rağmen, bunların insanlardaki genellemesi tartışmalıdır.

Kas performansı, genellikle kas kontraksiyonu ve bunu oluşturan nöral yapı adaptasyonları ile araştırılmaktadır. Ancak kas performansını etkileyen bir diğer unsur kasın pasif viskoelastik özellikleridir. Bu özellikler kas tonusu, kas sertliği ve elastisitesidir. Bu komponentler, kontraktıl yapının yanı sıra kasın konnektif doku tabakalarının da yapısını içerir. Kas fonksiyonuna olan etkileri bilinmesine rağmen, NMES'in kas viskoelastik özelliklerine olan etkisi yeterince bilinmemektedir.

Sporcularda en sık görülen kas yaralanması olması, sebep olabilecek birçok risk faktörünün araştırılması ve farklı tedavi yöntemleri denenmesine rağmen; hamstring kas yaralanmalarının oluşma ve tekrarlama sıklığı azaltılamamıştır. Bunun sedanter bireyler, sporcular ve hatta kulüpler için oluşturduğu iş gücü ve maliyet kaybı çok yüksektir. Ekstrand ve ark. (25)'nin 2001-2015 yılları arası UEFA verilerini analiz ederek yaptığı bir çalışmada, 25 kişilik bir futbol takımının her sezon yaklaşık 6 hamstring yaralanması yaşadığını ve bu yaralanmanın sonucunda da 80 günden fazla antrenman ya da maç kaybı meydana geldiği bildirilmiştir. Yaptıkları hesaplama ile profesyonel bir takımda as kadrodaki bir sporcunun 1 ay boyunca takımdan uzak kalmasının, kulübe 500.000 euro civarında maliyete sebep olduğunu göstermişlerdir. Eğer bir profesyonel takımın 5 as oyuncusu sakatlanır ve 90 gün sahadan uzak kalırlarsa, kulübün kaybının yaklaşık 7.500.000 euro olduğu gösterilmiştir.

Yapılan çalışmalarda risk faktörleri ve tedavi yaklaşımları konusunda birçok farklı görüş bulunmasına rağmen, hamstring kas grubu için sık kullanılan yüklenme yaklaşımlarının, pasif mekanik özelliklere olan etkisi konusunda bir araştırmaya rastlanmamıştır. Sporculardaki yaralanma sıklığının ve yaralanmanın tekrarlama oranının azaltılması için, kasın pasif mekanik özelliklerini temel alan kas eğitimlerinin etkili olabileceğini düşünmekteyiz. Bu nedenle çalışmamızın amacı; hamstring kas eğitimi için sıklıkla kullanılan eksentrik, konsentrik eğitim ve nöromusküler elektrik stimülasyon (NMES) yöntemlerinin kasın pasif mekanik özelliklerine etkisini incelemektir. Çalışmamızın bir diğer amacı, bu yükleme yöntemlerinin antagonist kas grubu olan kuadriseps femoris pasif mekanik özelliklerine etkisini araştırmaktır.

Bu doğrultuda çalışmamızın hipotezleri şöyledir:

Hipotez 1:

H0: Hamstring kas grubuna uygulanan eksentrik eğitim, konsentrik eğitim ve NMES arasında, pasif mekanik özellikler yönünden bir fark yoktur.

Hipotez 2:

H0: Hamstring kas grubuna uygulanan eksentrik eğitim, konsentrik eğitim ve NMES'in, kuadriseps femoris kasının pasif mekanik özellikleri üzerine etkisi yoktur.

Hipotez 3:

H0: Hamstring kas grubu pasif mekanik özelliklerindeki değişim ile performans arasında ilişki yoktur.

Hipotez 4:

H0: Kuadriseps kas grubu pasif mekanik özelliklerindeki değişim ile performans arasında ilişki yoktur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Anatomi

Hamstring kas grubu, uyluk posteriorundaki semimembranozus (SM), semitendinozus (ST) ve biceps femoris (BF) kaslarından oluşur. Hamstring kasları hem diz, hem de kalça eklemi kat ederek; kalça ekstansiyonu ve diz fleksiyonunun sinerji içinde gerçekleşmesini sağlar. Kaslar, diz eklemının posteriorundan geçtiği için, politeal fossanın medial, lateral ve proksimal kenarlarını oluştururlar. Bu kasları besleyen damar a. femoralis profunda'nın dallarıdır. Kasların fonksiyon ve yapı ilişkisini anlamak ve yaralanmayı önleyici ya da tedavi edici yöntemler önermek için hamstring kaslarının anatomisini, kasları tek tek inceleyerek anlamak gerekmektedir.

2.1.1. Semimembranozus Kası

Semimembranozus adını alma sebebi proksimal yapışma yerindeki düzleşmiş şeklidir. Uyluğun posteromedialinden, iskiyal tüberositasın superolateralinden tutunur. İnferiomediale giderken, tendinöz lifleri semitendinozus ve bicepsinkilere karışır. Uyluğun orta noktasında tendon, yerini kas liflerine bırakmaya başlar. Kasın aşağı kısmının posterior yüzünde, ikincil bir aponöroz belirginleşir ve distaldeki yuvarlak tendon bileşkesini sarmalar. Diz seviyesinde tendon beş parçaya ayrılır. Ana parçası tibianın medial kondilinin posterior yüzündeki tüberküle yapışır. Diğerleri ise tibianın medial kenarında sıralanarak; tibial kollateral ligamentin hemen arkasına, popliteal fasyaya ince uzantı şeklinde, tibial kollateral ligamentin derininde tibianın medial kondilinin arkasındaki oluğun alt kısmına, femoral interkodiller hattı ve lateral femoral kondili superio-oblik şekilde geçerek oblik popliteal ligamenti oluşturacak güçlü bir uzantıyla sonlanır.

Semimembranozus popliteal damarların üstünden geçer ve semitendinozus ile alt altadır. Derindeki yüzü addüktör magnus üstündedir. Kasın distal sonlanması kısmi olarak gastrocnemiusun medial başı üstünden geçer. Semimembranozus tendonu ile gastrocnemius başı arasında bir bursa bulunur.

Damarsal desteği genelde 1. bazen de 4. perforator damarlardan gelir. Kasın distal kısmını ise femoral arterin ya da popliteal arterin bir dalı besler.

İnervasyonunu siyatik sinir sağlar (L5, S1, S2 - tibial bölümü).

2.1.2. Semitendinosus Kası

Tendonunun uzunluğu ile öne çıkan Semitendinosus kasının insersiyosu dizin posteromedialinde kalır. Tuberositas iski'nin inferomedialinden biceps femoris'in uzun başı ile paylaştığı ortak tendonla başlar. Gövdesi fuziformdur ve uyluk orta hattının biraz aşağısında sonlanır. Distalinde semimembranosus'un posterior yüzünde ilerleyen uzun, yuvarlak bir tendonu vardır. Bu tendon, tibia'nın medial kondili etrafında kıvrılır, tibial kollateral ligamentin üzerinden geçer ve tibia'nın üst kısmının medial yüzüne yapışır. Sonlandığı yerden fasyal uzantı ile derin fasyaya ve gastrocnemius'un medial başına bağlanabilir. Anatomik olarak kasın ortasındaki tendinöz geçiş kısmından biceps femorisin uzun başına kassal bir bağlantı verebilir.

Semitendinosus kası, boylu boyunca semimembranosus kası üzerinde bulunur. Besleyen damarları superior ve inferior olarak ikiye ayrılır. Superior damarları, femoral arterin medial sirkumfleksinden veya birinci perforanından, inferior damarları ise superior dalın distalinde birinci perforan arterden çıkarlar.

İnervasyonu siyatik sinir (L5, S1, S2 - tibial bölümü) aracılığı ile olur.

2.1.3. Biceps Femoris Kası

Biceps femoris, uyluğun posterolateral kısmında bulunur. İki proksimal bağlantı noktası vardır. Birisi uzun başı olup, iskiyal tüberositasın üst kısmından semitendinosus ile birlikte paylaştığı tendon aracılığı ile sakrotüberöz ligamentin alt parçasından doğar. İkincisi kısa başı olup, Linea asperanın lateral kenarında addüktör magnus ile vastus lateralis arasından doğar. Yapıştığı alan; gluteus maximus hizası kadar proksimalden başlar ve lateral suprakondiller hat ile lateral femoral kondilin ve lateral intramusküler septumun 5 cm uzağına kadar uzanır. Uzun başının fuziform bir kas gövdesi vardır ve siyatik sinir boyunca yol alır. Fibrilleri, kasın posterior yüzünü kaplayan bir aponörozda sonlanır. Bu aponörozun derindeki yüzüne kısa başın lifleri katılır ve aponöroz kademeli olarak daralarak tendona dönüşür (lateral hamstring). Bu tendonun ana parçası fibular kollateral ligament hizasında ayrılır ve fibula başına yapışır. Kalan kısmı üç laminaya ayrılır. İntermediate lamina fibular kollateral ligamente katılırken, diğerleri bu ligamente yüzeysel ve derinden geçerek tibianın lateral kondiline katılır.

Proksimalde, gluteus maksimus kasının altında iken, distal kısmı yüzeysel seyredir. Proksimalde, altında semimebranozus, siyatik sinir ve addüktör magnus varken; distalde gastroknemius'un lateral başı bulunur. Medialinde semitendinozus ve semimembranozus seyredir. Nervus peroneus communis, biceps femoris tendonunun medial hattı boyunca seyredir ve gastrocnemius'un lateral başıyla arasından geçer. Biceps femoris tendonunun posteriorundan peroneal sinir yüzeyelleşir. Bu yüzden distal tendon yaralanmalarında ve avülsiyonlarında peroneous communis traksiyon yaralanmasına sebep olabilir.

Biceps femorisin uzun başını birinci ve ikinci perforator arterler besler. Kısa başının superiorunu ikinci veya üçüncü perforator arterler ve inferiorunu superior lateral genikular arter besler. Biceps femoris kası siyatik sinir tarafından inerve edilir (L5,S1-S2); uzun başı tibial bölümden, kısa başı peroneus kommunis bölümünden dal alır (26).

Bu kaslar; çift eklem kat etmeleri, kas gövdesine uzanan üst üste geçen kas-tendon bileşkeleri ve uzun tendonlara sahip olmaları ile kas kontraksiyonu sırasında kuvvetin aktarımı ve dağıtımını kolaylaştırır. Hamstringin uzun tendonlu yapısı, kasa daha “yay” benzeri bir özellik katarak performansı arttırırken aynı zamanda yaralanma riskini de arttırır. Kas lifleri ile göreceli olarak daha katı olan tendon lifleri arasındaki geçiş kısmı, kasın en zayıf noktasıdır. Hamstring kasları, görece olarak büyük oranda hızlı kasılan liflere sahip olması sayesinde; anaerobik olarak kısa sürelerde yüksek kas kuvveti üretmeyi sağlar (27).

2.2. Hamstring Kaslarının Morfolojik Özellikleri

Hareketten sorumlu temel yapılar kaslardır. Farklı kasların benzer kontraksiyon şekilleri olmasına rağmen, birbirlerine göre farklılık gösteren özellikleri vardır. Bunlar; kas liflerinin kontraksiyon hızı, ürettiği kuvvet ve enduransıdır. Kasların günlük hayatta yaptığı görevlere göre bu parametreler farklılık göstermektedir. Örneğin yer çekimine karşı çalışan kaslar daha yüksek enduransa sahip iken, beceri gerektiren işler yapmakla görevli olan ekstrinsik el kaslarının kontraksiyon hızı daha yüksektir. Ayrıca, proksimaldeki kaslar (deltoidler, glutealler gibi) distal parçaları destekleme, taşıma gibi görevlere sahip olduğu için daha fazla kuvvet üretim kapasitesine sahiptirler (28).

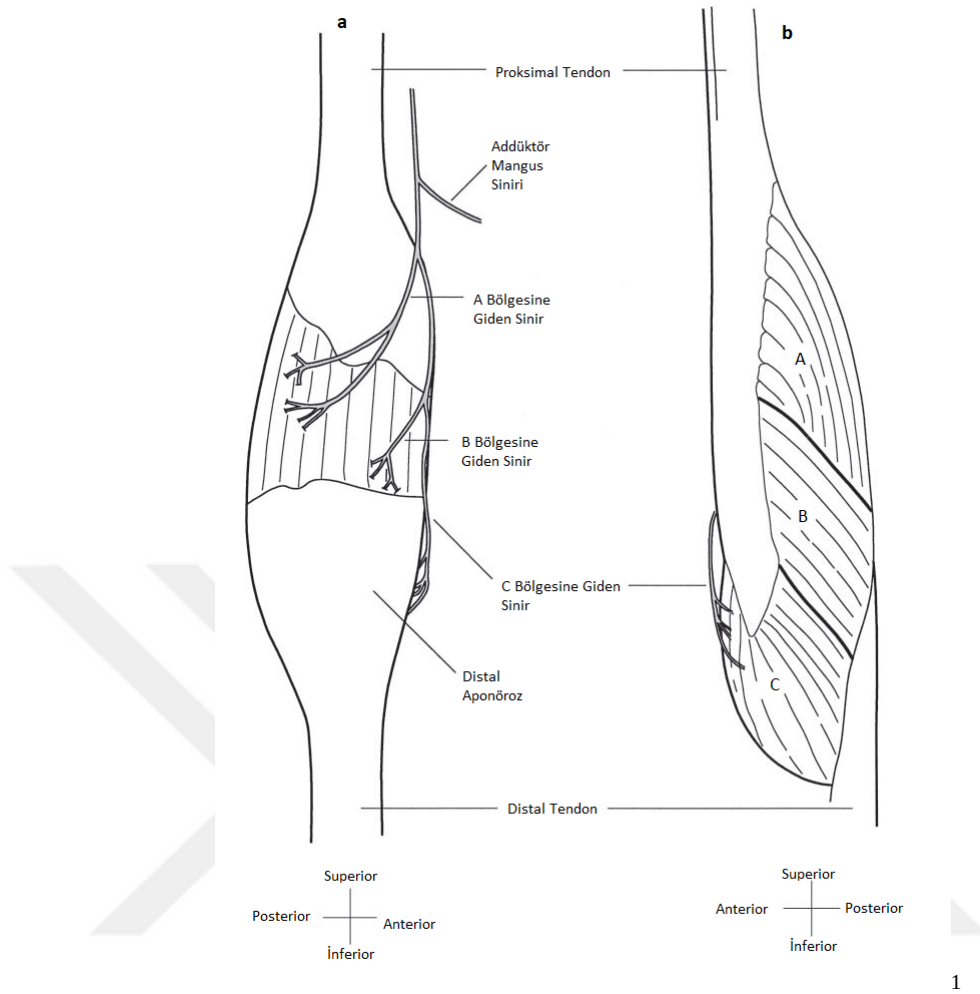
2.2.1. Semimembranosus Kası (SM)

Proksimal Tendon ve Kas-Tendon Bileşkesi (KTB): SM kasının proksimal tendonu semitendinosus ve biceps femoris'in uzun başına (BFUB) göre daha lateralden ve derinden geçerek iskiyal tüberositasın üst yarısının lateral kısmına tutunur. Yapıştığı yerden itibaren tendon hızlıca genişleyip düzleşir, genişler ve aponöroz halini alır. Lateral kenarında kalın ve yuvarlak iken, medial kısmında düz ve ince membran halindedir. Basitçe tek bir düzlemde olmayıp, medio-lateralden bakıldığında kademeli olarak posteriora kıvrıldığı görülür. SM, tüm hamstring kasları arasında en uzun proksimal tendona sahip olanıdır. Tendon uzunluğu ortalama 31,9 cm olup, kasın uzunluğunun %72,7'sini kapsar (28).

Distal Tendon ve KTB: Distal uçtaki tendonu, semitendinosusunkine göre daha kalın ve kısadır. Fakat proksimale gittikçe genişler ve geniş-yayvan aponörotik hale gelir. Distal tendon uzunluğu ortalama 26,1 cm olup, kas boyunun %59,4'ünü kapsar (28).

Morfometrisi: SM'un tendonlar hariç ortalama kas uzunluğu 26,4 cm (22,0–32,6 cm arası) olup, tendonları ile birlikte toplam uzunluğu 43,8 cm'dir. SM, ortalama uzunluğu 5 cm olan 28 fasikül (14-37 arası)'den oluşur (28).

Fasikül Yönü: SM geniş bir kas gövdesine sahiptir ve kasın ilk fasikülleri iskiyal tüberositazdan ortalama 11,1 cm (8,6-14,5 cm arası) uzakta başlar. Fasiküllerin uzanımına göre, kas 3 bölgeye ayrılır (28).



Şekil 2.1. Sağ Semimembranosus kası. a. Lateral, b. Medialden görünümü.

Fasiküllerinin bu şekilde diziliminin potansiyel bir dezavantajı da liflerin açışması nedeniyle oluşan kuvvet üretimindeki azalmadır. Fakat tendon, yapışma yerine uzunlamasına pozisyonda yayılmışsa, potansiyel olarak daha büyük miktarda fasikül tendona tutunabilir. Bu sayede FEKA artar, kuvvet kaybı önlenmiş olur (29, 30). Ayrıca pennat kasların liflerinin, spesifik veya anatomik bir boşluğa daha kolay sığacak bir şekilde düzenlenebildiği öne sürülmüştür (30). SM ve ST kasları, lif dizilimleri sayesinde fasya lata'nın oluşturduğu kısıtlamaya rahatça uyum sağlayabilmektedir. Fakat bunu proksimal ve distalde sağlayan kas gövdelerinden çok tendonların düzenidir.

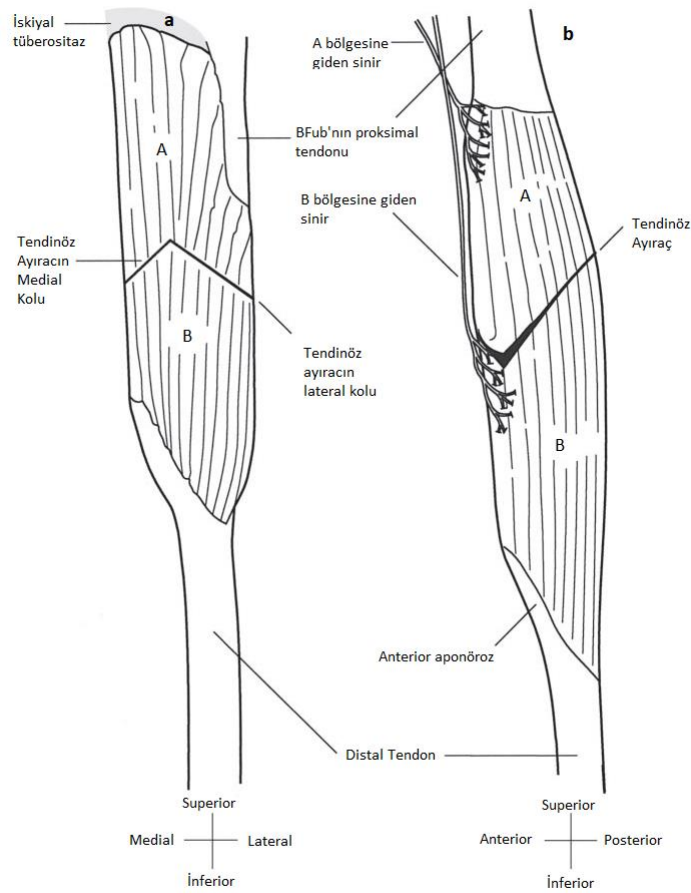
¹Görseller "Cells Tissues Organs" dergisi "Hamstring Muscles: Architecture and Innervation" makalesinden alınmış ve yazar Stephanie J. Woodley, Susan R. Mercer'in ve yayınevi S. Karger AG.'nin izni ile kullanılmıştır.

2.2.2. Semitendinosus Kası (ST)

Proksimal Yapışma yeri ve KTB: ST'nin proksimal fasikülleri üç farklı bölgeden doğar; iskiyal tuberositazın üst yarısının medial kısmının posteromedial yüzünden, BFUB'nın proksimal tendonunun medial kenarından, BFUB'nın proksimal tendonunun medial uzantısı gibi görünen ve anteriorda bulunan proksimal bir aponörozdan doğar (28).

Morfometrisi: ST ortalama kas boyu (tendonlar hariç), tüm hamstring kasları arasında en fazla olan olup 31,6 cm (28,4-37,3 cm arası)'dır. ST kası, boyu ortalama 9 cm olan 27 fasikülden (13-43 arası) oluşmaktadır (28).

Fasikül Yönü: ST kas gövdesi uzun, ince ve kayış gibi olup, derin yerleşimlidir. İskiya tüberositas ve anterior aponörozdan doğan fasiküller vertikal olarak aşağı doğru ilerlerken, BFUB'nın tendonundan doğanlar mediale ve inferiora ilerler. ST'a özel olarak, kası superior ve inferior bölgelere bölen bir tendinöz ayraçla bölünür. Medial kol (ortalama 2,82 cm) lateral koldan (ortalama 6,7 cm) belirgin bir şekilde kısadır. Tendinöz ayraç kompleks üç boyutlu bir yapıdır. Superior bölgedeki fasiküller distale doğru ilerleyip tendinöz ayraçta karmaşık ve katmansal bir şekilde sonlanırlar. Inferior bölgedeki fasiküllerin proksimal yapışma yeri de ayraçtır (genelde ventral yüzeyi) ve dizilimleri superior bölgedekilere benzerdir. Ayraç ters "V" şeklini oluşturduğu için, inferior bölgedeki fasiküller V'nin lateral ve medialinden başlayıp, inferiora ve içeri ilerleyerek ST distal tendonunda sonlanırlar (28).



2

Şekil 2.2. Semitendinozus. a. Posterior, b. Lateral görünümü.

ST'ye özgün olan kas gövdesinde bulunan tendinöz bir ayraç, kası iki bölüme ayırmakta olup; her bir kas bölümü ana bir sinirden veya sinirin bir dalından inerve olmaktadır. İnsan ST'sinde bulunan bu ayraç, kasın posterior yüzeyinde, ters 'V' şeklinde görülmektedir (31). Kedilerin hamstring kaslarının elektromyografi ile değerlendirildiği bir çalışmada, ST'nin bu iki bölümünün sinirleri stimüle edilince ayrı ayrı aktive olabildikleri gösterilmiştir. Ayrıca lokomasyon sırasında bu iki bölümün birbiri ile koordineli bir şekilde aktive olabildiği gösterilmiştir (31-33). ST tendinöz ayracının meydana getirdiği iki farklı bölgenin farklı çalışmalarına bağlı olarak, kalça ve diz eklemlerinde spesifik bir etkiye sebep olabileceği de öne sürülmüştür (28).

²Görseller "Cells Tissues Organs" dergisi "Hamstring Muscles: Architecture and Innervation" makalesinden alınmış ve yazar Stephanie J. Woodley, Susan R. Mercer'in ve yayınevi S. Karger AG.'nin izni ile kullanılmıştır.

2.2.3. Biceps Femoris Uzun Başı (BFUB)

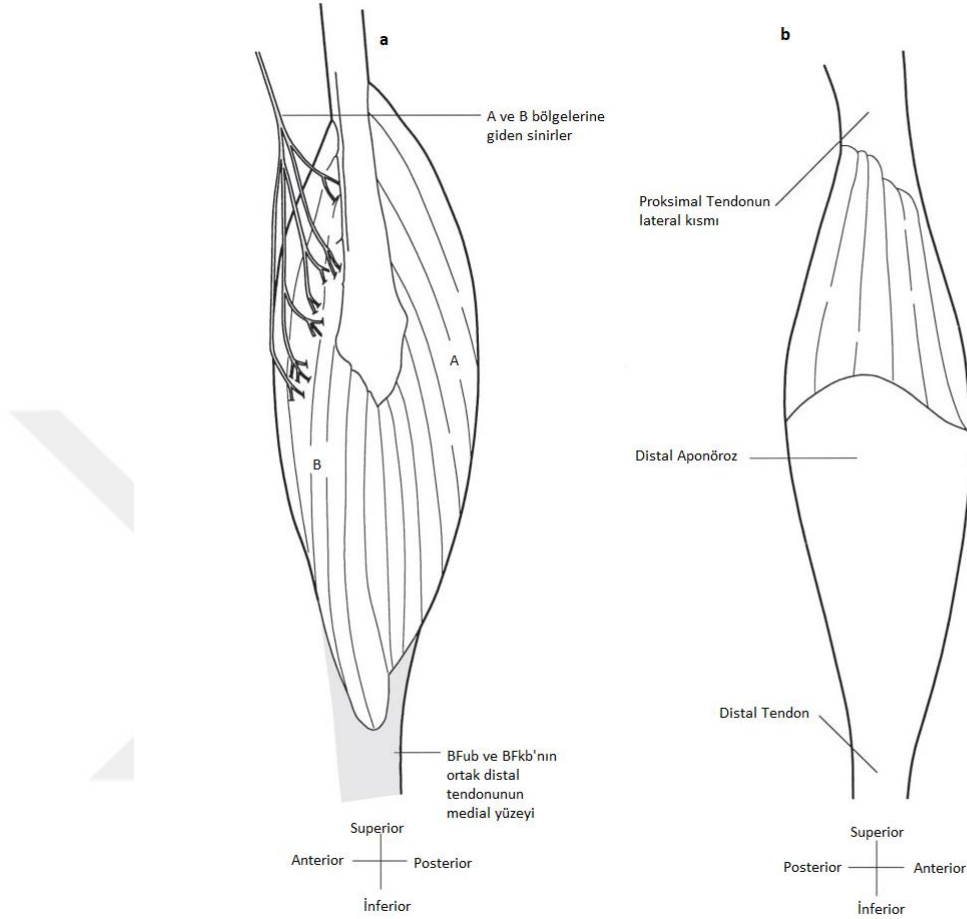
Proksimal yapışma yeri ve KTB: BFUB kalın, yuvarlak bir tendonla iskiyal tuberositazın üst yarısının medial kısmına yapışır. Aynı noktadan diğer başlayan tendon ise ST'ye aittir. BFUB'nın proksimal tendonu göreceli olarak uzun olup ortalama 27,1 cm (23,4-30,2 cm arası) uzunluğundadır ve kasın boyunun % 61,9'unu kapsar. Distale indikçe daralır ve kasın medial kısmında aponevrotik uzantısı olan küçük, kordon benzeri bir tendonla sonlanır. BFUB'nin ilk kas fasikülleri tendonun lateral kısmından doğar ve 20,6 cm'lik uzunlukları ile kas boyunun %48,6'sını kapsayan proksimal KTB'yi oluşturur (28).

Distal Tendon ve KTB: BFUB'nın distal tendonu, Hamstring kasları arasındaki en uzun distal tendon olup; geniş, fan şekilli bir aponevroz şeklini alır. BFUB'nın distal tendonu ortalama 27,5 cm olup (24,1-33,9 cm arası), kas uzunluğunun % 62,6'sını oluşturur. BFUB'nin distal tendonunun ventral kısmı aynı zamanda Biceps Femoris Kısa Başı (BFKB)'nin fasikülleri için yapışma yeridir. BFKB'nin fasikülleri, başlangıç yerlerinden itibaren inferior ve posteriora doğru yönelerek BFUB'nin fasiküllerinden farklı bir seyir gösterir. Sonuçta iki kasın da fasikülleri, BFUB'nin distal tendonunun medial yüzeyinde yaklaşık 45°'lik bir açıyla birleşir (28).

Morfometrisi: BFUB'nın ortalama uzunluğu (tendonlar hariç) 28,1 cm (23,6-35,5 cm arası) olup, tendonları ile birlikte 43,8 cm'e uzanmaktadır. Ortalama olarak bir insanda BFUB, boyu ortalama 7 cm olan 22 fasikülden (11-40 arası) oluşmaktadır.

Fasikül Yönü: BFUB'nın geniş gövdesi inferior ve hafifçe laterale doğru seyreder. Yapışma yerine ve fasiküllerinin yönüne bakıldığında BFUB bipennat görünümde olup, iki belirgin bölgeden oluşmaktadır. Yüzeyel bölge biraz daha geniş olup, proksimal tendonun lateral tarafını kaplar. Fasiküller, proksimal tendonun lateral bölgesinden başlar ve çoğunluğu inferiora giderken hafif laterale doğru yönelir. Distalde BFUB'nın aponevrozunun ve distal tendonun medial kısmının yüzeyel kısmına yapışır. Derin bölgede olan fasiküllerin; en yüzeyel fasikülleri en distalden ve proksimal tendonun medial yüzünden başlar. İnferora giden fasiküller, oblik olarak posteriora ve laterale ilerleyerek BFUB'nın aponevrozunun ve distal

tendonunun medial yüzüne, BFKB'nin distal fibrillerinin yanına yapışır. BFUB'nın fasikülleri iskiyal tüberositasdan ortalama 27,7 cm uzakta başlarlar (28).



3

Şekil 2.3. Sağ Biceps Femoris Uzun Başı. a. Medialden, b. lateralden görünümü.

2.2.4. Biceps Femoris Kısa Başı (BFKB)

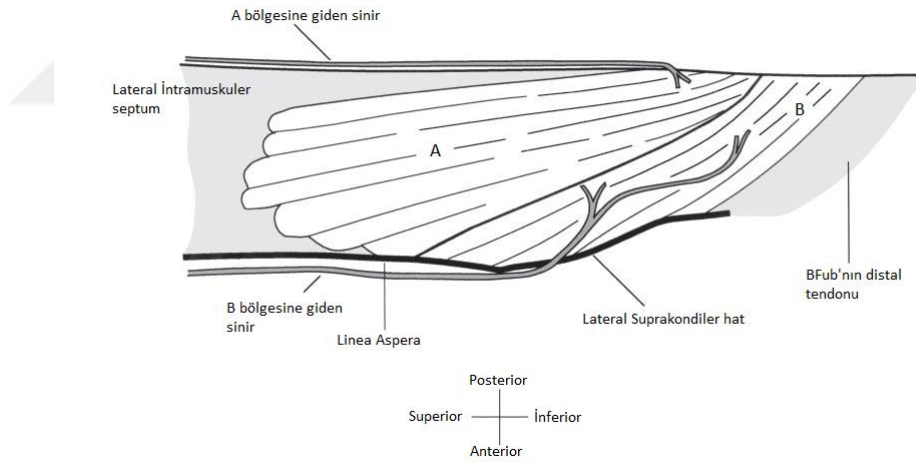
Proksimal Yapışma Yeri: İskiyal tüberositasdan ortalama 14,9 cm (12,7-16,2 cm) uzaklıktan doğar. Fasiküller üç farklı yerden başlar; (a) femurun linea asperası boyunca, (b) lateral suprakondiler hattın üst üçte ikisinden, (c) lateral intermusküler septumdan (BFKB'ını vastus lateralis kasından ayırır. Ortalama uzunluğu 15,7 cm (14,5-17,8 cm arası)'dir (28).

³Görseller Cells Tissues Organs dergisi Hamstring Muscles: Architecture and Innervation makalesinden alınmış ve yazar Stephanie J. Woodley, Susan R. Mercer'in ve yayınevi S. Karger AG.'nin izni ile kullanılmıştır.

Distal Tendon ve KTB: BFUB'ından görsel olarak ayırt edilemez. Ortalama boyu 10,7 cm (9,2-12,8 cm arası) olup, kasın toplam uzunluğunun %36,5'ini kapsar (28).

Morfometrisi: Tendonları hariç ortalama uzunluğu 25,8 cm (24,4-28,6 cm arası) olup, tendonları ile birlikte 29,1 cm'e (26,7-32,8 cm) uzanmaktadır. Ortalama olarak bir insanda 12 fasikülden (7-19 arası) oluşmakta olup, fasiküllerinin uzunluğu tüm hamstring kasları arasında en uzun olanıdır (12,4 cm).

Fasikül Yönü: İnce fakat geniş ve uzundur. İki anatomik bölgeden oluşur. Birinci bölgeyi oluşturan fasiküllerin çoğunluğu lateral intermuskuler septumun lateral duvarından başlar, longitudinal olarak ve inferiora doğru ilerler ve BFUB'nın distal tendonuna yapışır. İkinci bölgeyi oluşturan fasiküller genelde birinci bölgenin daha derininden; lateral intermuskuler septumun medial duvarının ventral yüzünden ve linea asperadan başlarlar. Birinci bölgedeki fasiküllere kıyasla, akut bir açı ile posterior, inferior ve hafif laterale doğru distal yapışma bölgesine ilerler (28).



4

Şekil 2.4. Sağ Biceps Femorisin Kısa Başı (medialden görünümü).

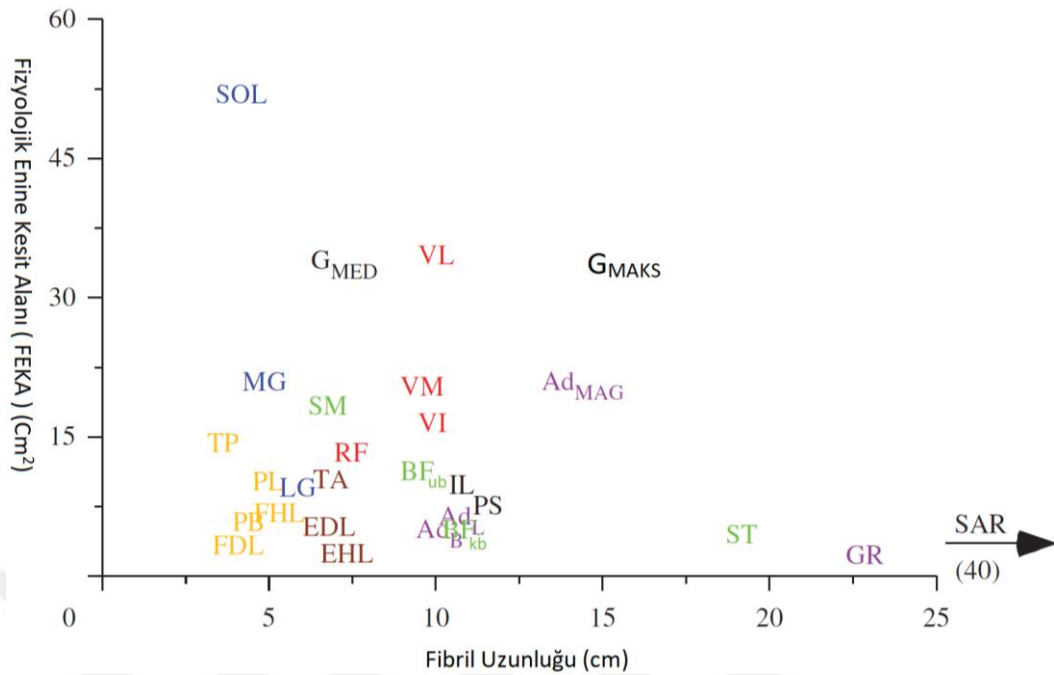
Anatomi kitaplarında genelde BFKB'nin proksimal yapışma yerlerinden biri olan lateral intermuskuler septum unutulmaktadır (34-38). Bu bölgeden doğan fasiküller, kasın A bölgesinin çoğunu oluşturduğu için göz ardı edilmemelidir.

⁴Görseller Cells Tissues Organs dergisi Hamstring Muscles: Architecture and Innervation makalesinden alınmış ve yazar Stephanie J. Woodley, Susan R. Mercer'in ve yayınevi S. Karger AG.'nin izni ile kullanılmıştır.

Konumu göz önüne alındığında, diz fleksiyonuna katılmasının yanı sıra; BFUB ile birlikte diz fleksiyonda iken tibiayı femur üzerinde döndürdüğü öne sürülmektedir (34, 39-45). İki kasın sinirlerinin farklı olduğu önüne alınınca, bunun fonksiyona etkisi düşünülmelidir (28).

2.3. Kasların Mimari Özellikleri

Kasları daha iyi anlayabilmek için, kas kasılmasındaki parametre farklılıklarına neden olan yapıya; kas mimarisine bakmak gerekir. Kasın daha hızlı kontraksiyonunun (maksimal *ekskürsiyonunun*) altında yatan özellik, kas fibrillerinin uzunluğudur (seri sarkomer sayısı). Fibril uzunluğu arttıkça, kasın kontraksiyon hızı artar. Kasın ürettiği kuvvet ise kasın fizyolojik enine kesit alanına (FEKA) bağlıdır. Bunlara örnek vermek gerekirse, uzun süre ayakta durma ve itme fazında görev alarak, yüksek kuvvet üretmesi gereken soleus kası alt ekstremitenin en yüksek FEKA'lı kası iken, hızlı şekilde dizi bükmeyi ve koşma gibi hareketlerde gereken hızı sağlayan, hamstring kasından semitendinosus ise en uzun lif uzunluğu olan kaslardan biridir (28, 29, 46). Lif uzunluğu ve FEKA, kas mimarisinin en önemli iki unsurudur. Fasikül uzunluğu ile lif uzunluğu aynı şeyler değildir, fakat bu çalışmada belirlenen tüm hamstring kaslarının ortalama fasikül uzunlukları, daha önceki çalışmalarda belirtilen lif uzunluk aralığının içine düşmektedir. SM görece olarak daha kısa fasikül uzunluğuna sahipken (ortalama 5 cm), daha büyük FEKA'ya (ortalama 15,74 cm²) sahiptir. SM'nin geniş FEKA ve kısa fasikül uzunluğuna sahip oluşu, hamstring kasları arasında SM'nin *ekskürsiyondan* çok, kuvvet üretimi için tasarlandığını işaret eder. SM söz konusu olduğunda; proksimal ve distal tendonlar (kas uzunluğunun %72 ve %52'sine uzanırlar), kasın gövdesinde bir miktar üst üste biner. Bu uzun tendonlu yapı, yüksek kuvvetler üreten SM kasının yük aktarımını ve taşınmasını kolaylaştırır. Ayrıca Hamstring kasının yaralanma yerlerinin, KTB'de veya KTB'yi içeren yerler olması da mimari yapının yaralanmadaki önemini gösterir (28, 47-49).



Şekil 2.5. Alt ekstremitte kaslarının mimari özellikleri tablosu (AdB, adductor brevis; AdL, adductor longus; AM, adductor magnus; BFub, biceps femoris, uzun başı; BFkb, biceps femoris kısa başı; EDL, extensor digitorum longus; EHL, extensor hallucis longus; FDL, flexor digitorum longus; Gmaks, gluteus maximus; GMED, gluteus medius; GR, gracilis; FHL, fleksör hallucis longus; ILPS, iliopsoas; LG, lateral gastrocnemius; MG, medial gastrocnemius; PEC, pectineus; PB, peroneus brevis; PL, peroneus longus; RF, Rectus femoris; SAR, sartorius; SM, semimembranosus; SOL, soleus; ST, semitendinosus; TA, tibialis anterior; TP, tibialis posterior; VI, vastus intermedius; VL, vastus lateralis; VM, vastus medialis)

2.3.1. Semimembranosus Kası (SM)

Kellis ve ark.(50) 2012’de 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.

Kişiler arasında farklılık göstermekle birlikte SM, $15,75$ cm^2 ’lik FEKA değeri ile hamstring kasları arasında en fazla FEKA’ya sahip olandır. Bölgelerinin göreceli olarak FEKA’larına bakıldığında, C bölgesi tüm kasın ortalama %45’lik FEKA’sına sahip olması ile en büyük FEKA’ya sahip bölgedir (Bkz. Şekil 2.1.).

SM, görece olarak daha kısa lif uzunluğuna ve (ortalama 5 cm) daha büyük FEKA’ya (ortalama $15,74$ 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. SM söz konusu olduğunda; proksimal ve distal tendonlar (kas uzunluğunun %72 ve %52'sine uzanırlar), kasın gövdesinde bir miktar üst üste biner. (47-49).

2.3.2. Semitendinosus Kası (ST)

Kellis ve ark. 2012(50)'de 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. Bulgularına göre Lif Uzunluğu/Kas uzunluğu oranı $0,58 \pm 0,11$ 'dir (Bkz. Şekil 2.2.). Kasın bölgelerine göre FEKA'sı benzer olup, ortalama FEKA'sı $8,08 \text{ cm}^2$ 'dir. SM kası ile kıyaslandığında Lif uzunluğu/Kas uzunluğu oranının yüksekliği, düşük FEKA değeri ve nispeten uzun sarkomer boyu nedeniyle *ekskürsiyon* yeteneği yüksek bir kas olarak kabul edilmektedir.

2.3.3. Biceps Femoris Uzun Başı (BFUB)

Kellis ve ark. 2012(50)'de yaptıkları çalışmada; Biceps Femoris kasının uzun başının 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. Düşük Lif uzunluğu/Kas uzunluğu oranı ve kısa sarkomer boyu nedeniyle güç üretme yeteneği, *ekskürsiyona* göre biraz daha ön planda görülmektedir.

Ortalama FEKA'sı $10,06 \text{ cm}^2$ olup, bölge A'nın fasikülleri FEKA'nın % 58'inin kaynağı iken bölge B'ninkiler % 42'sinden sorumludur (Bkz. Şekil 2.3.).

Lieber (46) ve Lieber ve Friden'in (51) öne sürdüğü üzere, BFUB'nın çift eklem kat etmesi nedeniyle uzun *ekskürsiyonlar* için tasarlandığı kabul edilebilir. Mimari olarak da, BFUB bu parametrelere uygun olacak şekilde; görece olarak uzun fasiküllere ve alt ekstremitedeki benzer boyutlardaki diğer kaslara nazaran, ortalama bir FEKA'ya sahiptir. BFUB'nin ortalama fasikül uzunluğu 7 cm olup, her iki bölgesini de temsil eder. Kasın total FEKA'sı, boyu gibi küçüktür. SM'a benzer şekilde, uzun distal ve proksimal tendonlar ve KTB'ler kas gövdesi içinde üst üste

binmektedirler. BFUB'nin distal tendonuna özgün olan bir özellik ise BFKB'den fasiküller almasıdır. Her iki kasın fibrilleri, BFUB'nin distal tendonuna, birbirleri ile 45° 'lik açı ile yapışacak şekilde tasarlanmıştır. Eğer kas fibrilleri ayrı ayrı aktive edilebilirse, farklı çekiş açıları yaratarak her bölgedeki kuvvet vektörlerinin toplamı şeklinde total bir vektöre sebep olacaktır (28, 52).

2.3.4. Biseps Femoris Kısa Başı (BFKB)

Kellis ve ark. 2012'de (50) yaptıkları çalışmada; Biseps femoris kasının kısa başının 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.

Hamstring grubu içinde en küçük FEKA değerine sahip kas olup ($2,98 \text{ cm}^2$), toplam FEKA'nın ortalama %57'sini bölge A, %43'ünü bölge B oluşturur (28). Düşük FEKA ve kısa sarkomer uzunluğu nedeniyle güç üretme kapasitesi düşüktür. Ancak uzun lif uzunluğu/kas boyu oranı nedeniyle *ekskürsiyon* yeteneği biraz daha fazladır (Bkz. Şekil 2.4.).

BFKB tek eklem kat etmesine rağmen, hamstring kasları arasında en uzun fasikül uzunluğuna sahip olanıdır (53-55). Diğer hamstring kaslarına oranla BFKB'nin FEKA'sı küçüktür.

2.4. Kasın Pasif Mekanik Özellikleri

Viskoelastisite, çeşitli materyallerin deformasyon karşısında gösterdikleri visköz (sıvı, yapışkan) ve elastik davranışlarını içeren, maddesel bir özelliktir. Kaslar, viskoelastik maddeler sınıfında yer almaktadır (56).

Tonus ifadesi, eski çağlardan günümüze kadar anlamı sık sık değişerek, farklı şekillerde kullanılmıştır. Masi ve Hannon'ın (57) dinlenme kas tonusunu inceleyen yayınında belirttiğine göre, Frankel ve Collins, 1903 yılında tonusun iki farklı kullanımını özetlemiştir: Birincisi, histolojik uygulama olarak dokuların genel durumlarını ifade etmek için kullanılan vasküler tonus, cilt tonusu, sinir tonusu, genel tonus gibi ifadelerdir. İkincisi ise, daha özel bir kullanım olan kas tonusudur. Kas tonusu, ilk tanımlandığında yalnızca kasın sinirsel inervasyonuna bağlı (nöral kaynaklı) bir olay olarak tanımlanmıştır. Uzun yıllar boyunca nörofizyolojik bir olay

olarak incelenmiş olan kas tonusuna yönelik genel bakış açısı, germe refleksine karşı nöromotor sistemin verdiği cevap olarak kabul görmüştür. Masi ve Hannon (57) yayınlarında, Sherrington'ın 1919 ve 1947'de yaptığı çalışmalarda, kas tonusunun tüm özelliklerinin, refleks nörojenik mekanizmalar sonucunda ortaya çıktığını, tamamen gevşemiş pozisyonda olan insanlarda, kasın yavaş ve pasif gerilime karşı gösterdiği direnci de nöral mekanizmalarla açıkladığını belirtmiştir. Sherrington, bu çalışmalarında pasif (refleksif olmayan), mekanik ve viskoelastik özelliklere dayanan kas tonusundan bahsetmemektedir. Günümüzün modern kitapları dahil birçok kaynak, kas tonusunu Sherrington'ın bu çalışmalarından yola çıkarak sadece nöral mekanizmalara bağlı olarak anlatmaktadır (57).

Klinik ve deneysel ortamda, dinlenme kas tonusu üzerinde yapılan çalışmalar sayesinde intrinsik viskoelastik özelliklerin kas tonusu üzerine etkileri gösterilmiştir. Masi ve Hannon'a (57) göre, Clemmense 1951 yılındaki çalışmasında, EMG cevabı olmayan kaslarda tonusun hareketler üzerinde kolaylaştırıcı veya zorlaştırıcı etkilerini; agonist veya antagonist hareketi destekleyebileceğini, kasılmaya, yerçekimine ve dış kuvvetlere karşı direnç oluşturabileceğini açıklamıştır.

Woledge (58), 2003 yılında, test edilen kasın ve kişinin en rahatlamış durumunda, insanın dinlenme kas tonusunun ölçülmesi gerektiğini belirtmiş ve çalışmasında bu şartlar altında intrinsik (içsel) gerilim kuvvetinin (istemli veya istemsiz kasılma olmaksızın) maksimum istemli kontraksiyon kuvvetinin %1'i kadar olacağını bildirmiştir.

Toplam kas tonusu, pasif – intrinsik viskoelastik tonus, sinir sisteminin inervasyonuna bağlı olarak oluşabilecek aktif tonus ve patolojik durumlardan kaynaklanabilecek değişiklikler sonucunda oluşmaktadır (57). Tüm vücut postürü için vücut yapılarının stabilizasyonu ve denge açısından hem pasif kassal tonusun, hem de santral sinir sistemi kontrolündeki aktif tonusun gerekliliğinin öneminden bahsedilmiştir. Viskoelastik özelliklerden kaynaklı pasif tonusun üzerine eklenen, santral sinir sisteminin kaynaklı aktif tonus, vücudun hareketlere hazır olmasını, dengeyi ve stabilizasyonu sağlamaktadır (57).

Kas içi kan dolaşımının uygun şekilde devam edebilmesi için kas tonusunun önemli olduğu belirtilmiştir. Özellikle kasın aktif olmadığı durumlarda kan dolaşımındaki aşırı azalmaları engellemektedir. Normal koşullardan daha yüksek

tonusun ise, damarlar üzerinde kompresyon kuvveti oluşturarak dolaşımı olumsuz etkilediği belirtilmiştir (59, 60).

Tonus geleneksel yöntemler açısından, kasın palpasyonu veya gerilmesi ile tahmini olarak tespit edilmektedir. Myometrik ölçümler ile tonusun yanında, kasın sertliği ve elastisitesi gibi farklı viskoelastik özellikleri de nicel olarak ölçülebilmektedir (61). Panjabi M.M. (62) spinal stabilizasyon üzerine yaptığı çalışmalarda, kas tonusuyla ilgili faktörlerin tanımlamalarını yapmıştır, bu tanımlamalarda kasın sertliği ve elastisitesi de yer almaktadır.

Kasın sertliği, deformasyon kuvvetlerine karşı kasın göstermiş olduğu direnci ifade etmektedir (57, 62). Atletik performans sırasında antagonist kasın harekete karşı göstereceği dirence benzetilebilir. Artmış sertlik, agonist kasın hareketi oluşturabilmesi için daha fazla enerji kullanması anlamına gelmektedir ki böyle bir durumda enerji harcaması da artacaktır. Vücudun iki tarafı arasındaki sertliğin farklı olmasının hareketlerdeki ahengin bozulmasına yol açabileceği belirtilmiştir (61).

Sertlik kavramı tek bir yapı için geçerli olmayıp, vertikal sertlik, eklem sertliği, tendon sertliği, kas sertliği ve kas-eklem sertliği şeklinde raporlanan ölçümleri vardır (63-65).

Elastisite ise, herhangi bir materyal üzerine uygulanan deformasyon kuvveti ortadan kalktıktan sonra, materyalin ilk şekline dönebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (57, 62, 66). Kas içindeki kan dolanımının sürekliliği ve uygun şekilde sağlanabilmesi için gereken birbirini takip eden kontraksiyonlar esnasında elastisitenin önemi büyüktür. Elastisitedeki azalma sonucunda, kasın daha çabuk yorulacağı ve kontraksiyon hızının sınırlanacağı ifade edilmiştir (61, 66).

Gapeyeva ve Vain (61), kasın viskoelastik özelliklerinin ölçümüne yönelik geliştirilen Myoton cihazlarının uygulama prensiplerinin anlatıldığı yayınlarında, sağ ve sol ekstremiteler arasındaki farkların karşılaştırılması konusuna da değinmiştir. Bu yayınlarında, vücudun sağ ve sol tarafının genel olarak simetrik düşünüldüğü, ancak iki tarafın günlük yaşamda yapılan hobiler, spor aktiviteleri veya mesleki farklılıklara bağlı olarak viskoelastik özelliklerinde de farklılıkların olabileceği belirtilmiştir. Bu kapsamda, vücudun sağ ve sol tarafına yönelik yapılan ölçümlerin arasındaki farkın %5'e kadar olmasının normal kabul edileceği, %5 ile %10 arasındaki farklarda özel olarak takip edilmesi gereken bir durum olduğu, %10 ve üzerindeki farklarda ise

testin tekrarlanması gerektiği belirtilmiştir. Yapılan yeni ölçümde de %10 veya daha fazla bir farkın çıkması koşulunda ise normal olmayan bir kas durumunun göstergesi olduğu ve böyle bir durumda, kişiden yeniden hikaye alınması ve daha kapsamlı tıbbi testlerle bu farklılığın nedenlerinin ortaya konması gerektiği bildirilmiştir.

2.4.1. Kas Tonusu

Kas tonusu iki ana fizyolojik faktör üstüne dayanır: dokunun viskoelastik özellikleri ve kasın kontraktıl yeteneği (67). Kent-Braun ve ark. (68) yaşlı yetişkinlerin gençlere göre daha küçük kontraktıl bölgeleri olduğunu bulmuştur. Fakat, Ryu ve ark. (69) sporcuların, sedanterlere göre daha geniş FEKA'ya sahip olduklarını göstermiştir. Düşük tonus'un daha büyük FEKA ile ilişkili olması muhtemeldir. Bu fenomen, yaşlandıkça bireyin tonusunun artmasına rağmen sporcularda neden sabit kaldığını açıklamaya yardımcı olmaktadır (70, 71).

Statik germinin kasın mekanik özellikleri üzerinde negatif etkilere sahip olduğu gösterilmiştir. Statik germe sonrasında kas elastisitesi azalmıştır. Sıçrama yüksekliği ile kas tonusu ve elastisitesi arasında bir ilişki bulunamamıştır (72).

Kros kayakçılar (59) ve triatletlerle (73) yapılan çalışmalarda; sporcuların rektus femoris ve biseps femoris sertlik ve tonuslarının sedanter bireylere göre daha düşük olduğu bulunmuştur (74).

2.4.2. Kasın Elastisitesi

Elastisite kasın kontraksiyon sonrasında orijinal şekline dönebilme becerisi olarak da tanımlanmaktadır. Logaritmik azalma olarak hesaplanır ve atım osilasyonların sönümlenmesini gösterir (osilasyon döngüsündeki mekanik enerjinin dokuya dağıtılması). Azalma değerinin daha küçük olması, mekanik enerjinin dağıtılmasının sonuçlarının daha küçük olmasını yani dolayısı ile daha fazla elastisiteyi gösterir (71, 73).

Elastisitedeki değişimler, aktin miyozin zincirlerinin optimal mesafelerinin bozulduğunu göstermektedir (72). Sporcuların gevşemiş pozisyonlarında, sedanterlere göre elastisiteleri daha düşük bulunmuştur (70, 72, 73). Dolayısı ile fiziksel aktivitenin, gevşemiş pozisyonadaki kasın elastisitesini düşürdüğü düşünülmektedir (71).

2.4.3. Kasın Sertliği

Kasın sertliği, ekstrasik kuvvetlere karşı kasın direnebilme yeteneğinin ölçümüdür. Sertlik kavramı tek bir yapı için geçerli olmayıp, vertikal sertlik, eklem sertliği, tendon sertliği, kas sertliği ve kas-eklem sertliği şeklinde raporlanan ölçümleri vardır (63-65, 75). Kasın ürettiği kuvvet çıktısındaki artış ve içerdiği fibro-tendinoz komponentteki fazlalık (76) ile ilişkili olarak neredeyse lineer bir artış gösterir (77). Belirli bir miktar sertliğinin, performansı arttırdığı gösterilmiş olsa da sertliğin çok artması ya da çok azalması yaralanma için risk faktörüdür (65). Yaşlanmayla artan sertlik, sedanter bireylerde hızlı iken, sporcularda artış daha yavaş olmuştur. Dolayısı ile, fiziksel aktivitenin yaşlanmaya bağlı sertlik artışını az seviyelerde tuttuğu düşünülmektedir (71).

Eğitilmiş bir kasta, eğitimsiz bir kasa göre daha yüksek oranda kontraktil doku mevcuttur (69). Kas kontraksiyonu sırasında aktin ve miyozin köprülerinin sayısı artar ve bu da kası daha sert bir yapı haline getirir (78). Yaşlanmada ise, kas liflerinin sayısı ve boyutundaki azalmaya ve fibro-tendinoz yapı miktarındaki artışa bağlı olarak, kontraktil doku yüzdesinde düşüş olur (76). Bu yüzden yaşlı bireylerdeki, yaşlanmaya bağlı kas sertliğindeki azalmayı açıklayan bir faktör; lif uzunluğundaki azalmaya bağlı sarkomer sayısındaki azalma olabilir (71, 79).

Wilson ve ark. (80) kas sertliğindeki artışın, izometrik veya konsentrik kuvvet üretimini arttıracaklarını belirtmiş ve bunun nedeni olarak kontraktil komponentin kısalma hızındaki azalmaya bağlamıştır. Bunun sonucunda, sertliğin artmasıyla kasın daha optimal bir kuvvet-hız aralığında çalışacağını öne sürmüştür (75).

Kontraksiyon hızına bağlı olarak, sertliğin atletik performans ile ilişkisi değişkenlik gösterebilir (81). Kas sertliğindeki artışın, hızlı kısalma ve gerilme döngüsü (HKGD) aktiviteleri ve yüksek hareket hızı içeren aktiviteler için yararlı olduğu belirtilmiştir (64, 75, 82-86).

Sertlik ile HKGD performansı arasındaki ilişki görece olarak belirgin olsa da, yavaş kısalma ve gerilme döngüsü performansı isteyen aktivitelerdeki rolü bilinmemektedir. Görece olarak yavaş eksentrik-konsentrik kuvvet performansı isteyen (10) ve farklı sıçramalar içeren (87, 88) sporlar için; yüksek seviye uyumluluğun (düşük sertliğin), daha yüksek sıçramalar ve kuvvet aktiviteleri

sırasında daha yüksek kuvvet üretimleri ile, en iyi atletik performansı ortaya koymaya destek olacağı düşünülmektedir (75).

Diğer yandan birçok çalışma yüksek sertlik seviyeli bireylerin YKGD'de performans gelişimi gösterdiklerini ortaya koymuştur. Wu ve ark. (89) pliometrik eğitim programı sonucundaki tendon sertliğindeki artışın, 'countermovement' sıçrama yüksekliğindeki gelişmelerle ilişkili olduğunu göstermiştir. Buna destek olarak Bojsen-Møller ve ark. (90) in vivo ölçülen konnektif doku sertliği ile kuvvet üretme karakteristikleri arasında pozitif ilişki bulmuştur. Sıçrama performansı ve tendon sertliğini inceleyen diğer çalışmalar da (91) yüksek sertliğin daha faydalı olabileceğini öne sürmüşlerdir (75).

İzole kas sertliği ve maksimal kuvvet üretimi arasındaki ilişkinin açıklanamamasının sebebi olarak, kuvvet hızının ve kuvvet-uzunluk ilişkisinin ana modülatörünün kaslar yerine tendonlar olması öne sürülmüştür (75).

Kasın viskoelastik parametrelerinin tamamının agonist ve antagonist oranlarına bakıldığı zaman, sağlıklı genç erkek grupta 0,9-1,1 arasında olduğu görülmüştür. Bu oran kullanılarak, subklinik kuvvet eşitsizliklerinin fark edilmesi sayesinde kas yaralanmaları tespit edilebilir. Germelerin ve egzersizlerin etkisi zamana göre incelenebilir ve yaralanma sonrası spora dönüş için yol gösterebilir (74).

2.5. Hamstringin Yaralanma Şekli ve Lokalizasyonu

2.5.1. Patoloji

Literatürde, hamstring yaralanmalarının MRG ile ilgili bulguları; görülebilen yaralanma lokasyonu (92-94), BF'in santral tendonunun etkilenme durumu, proksimal yaralanma durumu (proksimal kas-tendon bileşkesi), proksimal serbest tendonun yaralanmaya dahil olup olmaması ve yaralanmanın büyüklüğü (longitudinal uzunluğu veya enine kesit alanı) konularını kapsamaktadır (95-97). Bu durumların iyileşme süresinin uzaması ve rekürrens riski ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (27, 96, 98-100).

2.5.2. Hamstringin Sınıflandırması

Wood ve ark. proksimal hamstring yaralanmalarını sınıflandırmak için, yaralanmanın anatomik yerine, avülsiyonun derecesine (kısmi ya da tam), kasın retraksiyonunun derecesine (avülsiyon tamsa), siyatik sinir etkileniminin varlığına veya yokluğuna göre derecelendirerek 5 tip belirlemiştir. Bunlar;

- Tip 1: Osseöz avülsiyonlar olup, genelde skeletal olarak immatür olan hastalarda epifiz yaralanmaları olarak görünürler.
- Tip 2: Muskulotendinöz yaralanmalardır.
- Tip 3: Kemikten tendonun kısmi avülsiyonlarıdır.
- Tip 4: Tendon uçlarının minimal retraksiyonlu ya da retraksiyonsuz olduğu complete tendon avülsiyonlarıdır.
- Tip 5: Tendon uçlarının retrakte olduğu, total tendon avülsiyonlarıdır. Bu grup;
 - 5a - siyatik skarlanması olmayan
 - 5b - siyatik etkilenimle ilişkili olanlar şeklinde iki alt gruba ayrılmaktadır (27, 101).

Bu yaralanmaları açıklamak için klinikte sık kullanılan bir diğer terim ‘strain’ olup; makroskopik patolojiye göre sınıflandırılmaktadır.

- Grade 1 “strain”de makroskopik lif bütünlüğü bozulmamıştır.
- Grade 2 “strain”de makroskopik kısmi yırtık vardır,
- Grade 3 “strain”de ise total rüptür vardır.

Bir başka kullanım şeklinde ise, “strain” terimi makroskopik kas veya tendon lifi etkilenimi olmayan yaralanmalar için kullanılıp, Grade 2 strain “kısmi yırtık” olarak adlandırılır (27, 102).

Makroskopik olarak ve görüntüleme ile bakıldığında yaralanmanın KTB’de olduğu görülürken; histopatolojik olarak bakıldığında, yaralanma yerinin kas tendon bileşkesinin hemen yanında olduğu görülmüştür (27, 103-105).

Travmaya bağlı olarak kas fasiküllerinin lokal perfüzyonunun etkilenmesi sonucu daha ileri kas hasarı meydana geldiği ileri sürülmektedir. KTB

yaralanmalarına, genelde subfasyal ve perifasyal sıvı birikimleri eşlik etmekte olup, bazen siyatik sinir sınırlarında da birikebilir. Subkutenöz ödem de mevcut olabilir (27, 106).

2.5.3. Yaralanma Mekanizması ve Lokalizasyonu

Hamstring yaralanmaları genelde bacakları uzun açarak sprint yapma veya bacakları aşırı uzatmaya çalışma hareketleri sırasında; ayağın yere temas ettiği anda veya biraz öncesinde (salınımın geç fazı veya duruşun erken fazı) meydana gelmektedir. Futbol söz konusu olduğu zaman, bu yüksek riskli “sprint” koşusu, gövdenin öne eğilmesi ile kombine olarak gerimin aşırı olmasına sebep olabilir (27, 107, 108).

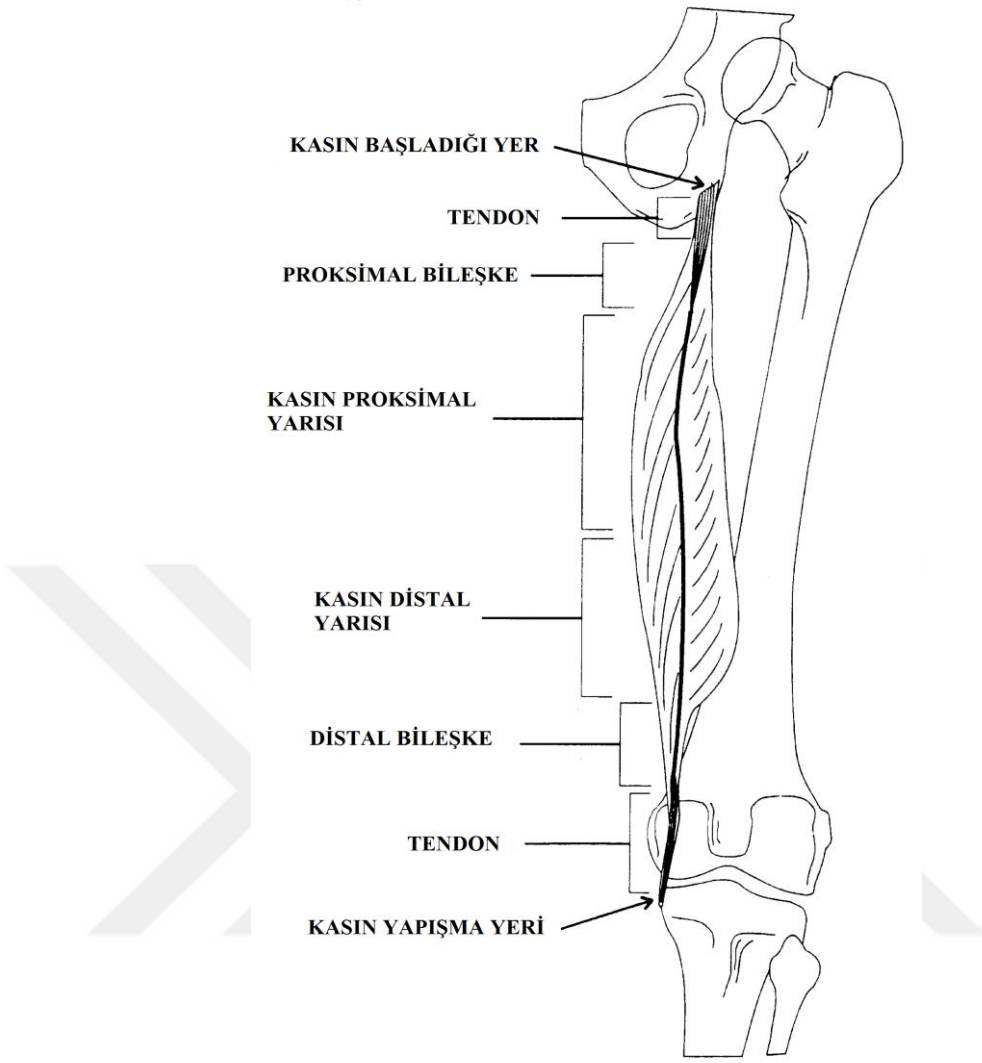
Spor türleri arasında yaralanma paternlerinde farklılıklar olduğu için; kasların yaralanma sıklıkları spora göre değişebilir. Sadece atlama sporcularında izole ST yaralanması meydana gelmesi; kalça fleksiyonu ile diz ekstansiyonu ilişkisine bağlanmaktadır (47).

Yaralanmanın en sık olduğu yer BFUB kas tendon bileşkesidir. Askling ve ark., akut ve yüksek enerjili gerim yaralanmalarını, dansçılarda germe sırasında görülen ve genelde SM'nin proksimal KTB'sini içeren düşük enerjili gerim yaralanmalarından ayırt etmektedir ve özelliklerinin farklı olduğunu belirtmektedir (27, 109).

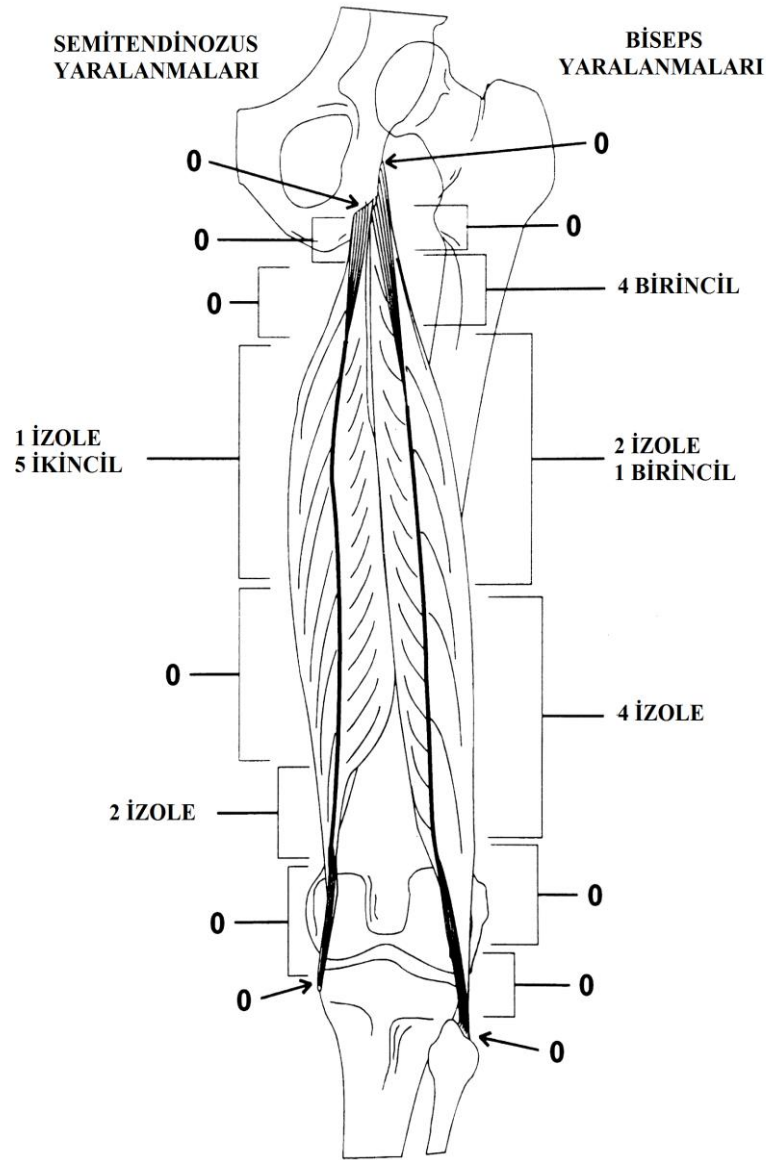
İzole hamstring KTB yaralanmaları en sık olarak BFUB'de olup, SM ve ST bunu takip etmektedir (47, 95). Kombine hamstring yaralanmaları ise %5-29 arasında olup; genelde BF ve ST'yi içeren ve BF'nin daha fazla hasar gördüğü yaralanmalardır. Distal KTB yaralanmaları genelde BFUB'yi içermektedir (27, 95, 97, 110).

Bir çalışmada profesyonel futbol oyuncularındaki en yaygın yaralanmanın Hamstring straini olduğunu; tüm yaralanmalarının %12'sini ve 28 günden uzun süre sahalardan uzaklaşmaya sebep olan yaralanmaların da %12'sini oluşturduğunu belirtmişlerdir (111). Profesyonel futbol takımlarında sezonluk hamstring yaralanma sıklığını 5-6 defa, sporcuların sahadan uzak kalma süresini ortalama 3 hafta ve rekürrensini %12-30 olarak rapor etmişlerdir (27, 112-114).

De Smet ve Best (47) 15 sporcu ile yaptığı çalışmada; BFUB en fazla yaralanan kas olup, 6 adet izole yaralanması ve 5 birincil olduğu grup yaralanması vardır. ST, ikinci sırada en fazla yaralanan kas olup, 3 adet izole, 5 adet ikincil yaralanması vardır. SM en az yaralanan olup 1 adet yaralanması mevcuttur (Şekil 2.10. ve Şekil 2.11.). BF'nin tüm izole yaralanmaları kasın proksimal ve ya distal intramuskuler kas-tendon bileşkesinde meydana gelmektedir. Çoklu kas yaralanmalarında BF'nin birincil yaralanması, beş yaralanmanın dördünde proksimal kas-tendon bileşkesinde iken sadece birinde proksimal kastadır. Bu hastalarda aynı zamanda ST yaralanması da ikincil olarak meydana gelir. İzole ST yaralanmalarının biri proksimal intramuskuler kas-tendon bileşkesinde iken diğer ikisi distal kas-tendon bileşkesindedir. Tüm izole ST yaralanmaları uzun, 3 adım ve sıırıyla atlama yapan sporcularda meydana gelmiştir. İzole SM yaralanması sadece proksimal kas-tendon bileşkesinde meydana gelmiştir (Şekil 2.10., Şekil 2.11.) (47).



Şekil 2.6. Hamstring grubunun yaralanma yerlerinin adlandırılması.



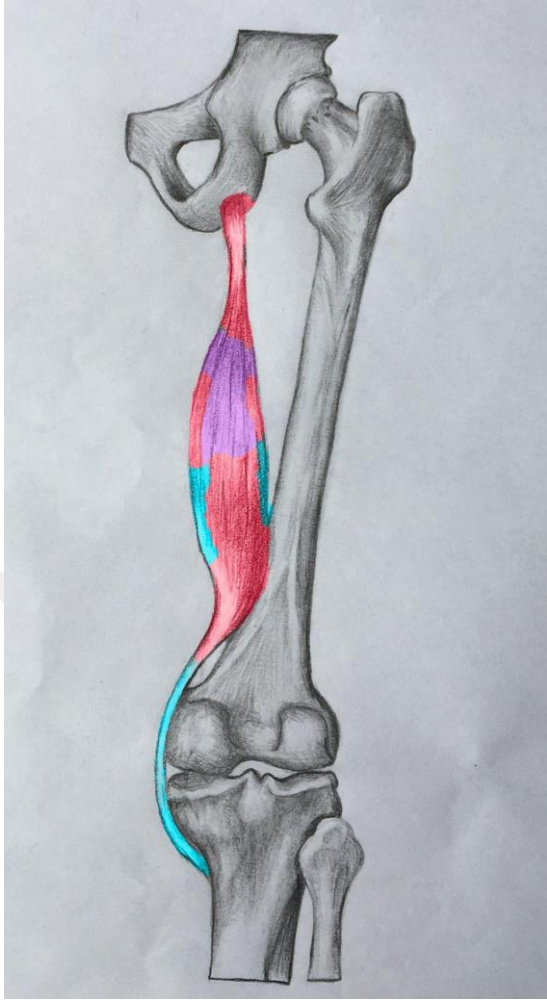
Şekil 2.7. Biceps Femoris ve Semitendinosus kaslarının yaralanmaları.

Crema ve ark.'larının 275 erkek profesyonel futbol oyuncusunun (ortalama 25 yaş, 18-39 arası) MRG ile akut hamstring yaralanmasına baktığı çalışmada; BFUB en fazla etkilenen kas olup 222 kez yaralanmıştır (%56,5) (98). BFUB ve SM için en sık etkilenen bölge proksimal kas-tendon bileşkesi, ST için proksimal kas gövdesi BFKB'ı için proksimal ve distal kas gövdesidir (Tablo 2.1, Bkz. Şekiller 2.6., 2.7., 2.8., 2.9.).

Tablo 2.1. Yaralanma yüzdelerine göre kaslar.

Lokasyon	BFUB (% n)	ST (% n)	SM (% n)	BFKB (% n)
Proksimal Tendon	12 (%3.1)	9 (%2.3)	10 (%2.5)	0
Proksimal KTB	105 (%26.7)	8 (%2)	29 (%7.4)	0
Proksimal KFB	9 (%2.3)	8 (%2)	1 (%0.3)	5 (%1.3)
Proksimal Gövde	15 (%3.8)	60 (%15.3)	8 (%2)	9 (%2.3)
Distal Gövde	25 (%6.4)	10 (%2.5)	5 (%1.3)	9 (%2.3)
Distal KTB	47 (%12)	9 (%2.3)	12 (%3.1)	1 (%0.3)
Distal KFB	41 (%10.4)	0	1 (%0.3)	1 (%0.3)
Total	222 (%56.5)	96 (%24.4)	54 (%13.7)	22 (%5.6)

Toplam 393 MRG'nin incelenmesiyle elde edilen yaralanma prevalansları. BFUB: Biseps femoris Uzun Başı, ST: Semitendinosus, SM: semimembranosus, BFKB: Biseps Femoris Kısa Başı, KTB: Kas tendon bileşkesi, KFB: Kas fasya bileşkesi



Şekil 2.8. Semitendinozus kasının yaralanma lokalizasyonları. Mor en çok yaralanan, kırmızı ikinci sıklıkta yaralanan bölgeyi, mavi ise yaralanması yüzde sıfıra yakın bölgeyi temsil eder.



Şekil 2.9. Semimembranozus kasının yaralanma lokalizasyonları. Mor en çok yaralanan, kırmızı ikinci sıklıkta yaralanan bölgeyi, yeşil ise yaralanması yüzde beş civarında olan bölgeyi temsil eder.



Şekil 2.10. Biseps Femoris Uzun Başı kasının yaralanma lokalizasyonları. Koyu kırmızı en çok yaralanan, kırmızı ikinci sıklıkta yaralanan bölgeyi, yeşil ise yaralanması yüzde beş civarında olan, beyaz ise yaralanması yüzde sıfıra yakın bölgeyi temsil eder.



Şekil 2.11. Biseps Femoris Kısa Başı kasının yaralanma lokalizasyonları. Koyu kırmızı en çok yaralanan, kırmızı ikinci sıklıkta yaralanan bölgeyi, yeşil ise yaralanması yüzde beş civarında olan bölgeyi temsil eder.

Tablo 2.2. Kasların yaralanma verileri.

	BFUB	BFKB	ST	SM
En çok ödem görülen bölgeleri	KTB (%54,9)*	Proksimal ve distal kas gövdeleri	Proksimal kas gövdesi	KTB
En sık yırtılan bölgeleri	KTB (%67)*	-	KFB	KTB
Tüm yaralanmalardaki ödemin enine kesitsel alanı	3,17 cm ²	3,04 cm ²	4,70 cm ²	3,59 cm ²
Sadece ödem olan yaralanmalarda	3,64 cm ²	3,31 cm ²	4,74 cm ²	4,39 cm ²
Her kastaki yırtıkların ortalama kesitsel alanları	0,23 cm ²	0,02 cm ²	0,28 cm ²	0,26 cm ²
Lezyon olan kaslardaki yırtıkların ortalama kesitsel alanların (N=109)	0,67 cm ²	0,6 cm ²	1,34 cm ²	0,81 cm ²

* En sık görülenleri ifade eder.

ST kası için, proksimal kas-tendon bileşkesinde, kasın tamamından daha fazla ödem görülür. Sadece ödem verilerine bakıldığında, BFUB'nin proksimal kas-tendon bileşke bölgesi, kasın ortalama FEKA değerinden daha fazla ödem oluşturur ($4,45 \pm 3,61 \text{ cm}^2$).

Proksimal ve distal bölgelerin ödem ve yırtıkları karşılaştırıldığında, BFKB'nin distal bölgesinde daha fazla ödem gösterilmiştir. Sadece ödemli lezyon olanlara bakıldığında, BFUB'nin proksimal kısmında distale göre daha fazla ödem görülmektedir ($4,09 \text{ cm}^2$ vs. $3,23 \text{ cm}^2$). Sadece yırtığı olan hastalara bakıldığında, ST'nin distal kısmındaki yırtıklar, proksimaldekine göre daha büyüktür ($3,47 \text{ cm}^2$ vs. $1,02 \text{ cm}^2$). Proksimal bölgelerin daha sık etkilenmesine karşın, distal kısımlardaki yırtıklar daha büyüktür (98).

2.6. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Protokolleri

Hamstring yaralanmaları için günümüzde birçok protokol mevcuttur. Bunlardan başlıcaları, ilerleyici çeviklik ve gövde stabilizasyonu egzersizleri, ilerleyici koşu ve kuvvetlendirme egzersizleri, Nordik Hamstring egzersizlerini içeren protokoller ve Askling Protokolü'dür. Öncelikle rehabilitasyon protokollerinin genel şeklini meta-analizler ve sistematik derlemeler ışığında irdelersek;

2.6.1. Akut Hamstring Yaralanmaları

Akut hamstring strainlerinin rehabilitasyonu üç aşama olarak tasarlanmıştır. Faz 1'de ağrı ve ödemin azaltılması, skar oluşumunun önlenmesi, nöromusküler kontrolün düşük hızlarda sağlanması ve aşırı uzamanın önlenmesi amaçlanır (23, 115-117). RICE (*rest, ice, compression, elevation*) protokolü ve NSAİİ'ler (non-steroid anti inflamatuvar ilaçlar) kullanılmaktadır fakat NSAİİ'lerin etkinliği tartışmalıdır (118). Bu safhada sporcular adım aralıklarını daraltmalı ve eğer gerekliyse (orta-ciddi yaralanmalar için) koltuk değnekleri ile ambule olmalıdır (23, 117). İlerleyici çeviklik ve gövde stabilizasyonu (İÇGS) egzersizleri düşük-orta yoğunlukta kullanılabilir (23). Hamstringin izole dirençli kuvvetlendirmesinden kaçınılmalıdır (117). Egzersizler limitlenmiş bir aralıkta yapılmalı ve hamstringlerin aşırı gerilmesinden kaçınılmalıdır (117). Faz 2'ye geçmek için sporcunun; ağrısız normal yürümesi, düşük tempo koşu yapabilmesi, yüz üstü pozisyonda, diz 90 fleksiyonda iken submaksimal dirence karşı (%50-70) izometrik kontraksiyon yapabilmesi gerekir (23, 116, 117).

Faz 2'de egzersizlerin sıklığı ve normal eklem hareket (NEH) aralığı artırılır, eksentrik dirençli egzersizlere başlanır ve nöromusküler eğitim yüksek hızlarda yapılır (23, 117). Kademeli olarak hamstringlerin NEH'i ve uzaması artırılır. Fakat bu fazda zayıflık varsa hamstringlerin son noktaya kadar uzatılmasından kaçınılmalıdır (23, 117). Egzersizlere bağlı ağrı varsa buz kullanılabilir. Faz 3'e geçmek için sporcunun; ağrısız olarak yüzükoyun pozisyonda, diz 90 fleksiyonda hamstringin tam kuvvette olması, maksimum hızının %50'sinde ileriye ve geriye doğru hafif tempolu koşu yapabilmesi gerekmektedir (116).

Faz 3'te ileri düzey nöromusküler kontrol ve eksentrik kuvvetlendirme egzersizleri ile birlikte spora dönüş için spora özgü egzersizleri içerir. Genelde bu

fazda sporcunun NEH kısıtlılığı yoktur. İÇGS’de spora özgü drilller ve egzersizler olmalıdır. Eksentrik egzersizler NEH’in son açlarına kadar ilerleyebilir (23, 117).

Spora dönüş kriterleri; yaralanma bölgesinde palpasyonla ağrı olmaması, ağrısız tam konsentrik ve eksentrik kuvvet kinezyofobi olmaması (23), spora özgü aktivitelerde maksimuma yakın hız ve yoğunlukta ağrısız olarak yapılabilmesidir (116, 117).

Statik Germe Uygulaması

Malliaropuluos ve ark., grade 2 hamstring yaralanmalı hastalarda yaptığı çalışma sonucunda günde 4 kez yapılan statik germenin tam ekstansiyona ulaşma ve spora dönüş zamanlarında kısılma sağladığını göstermiştir (119).

2.6.2. Rehabilitasyon Protokolleri

Haiko ve ark. (120) Tarafından 2017’de yapılan sistematik derleme ve meta-analizde rehabilitasyon protokolleri hakkında güncel bir analiz yapmıştır. Literatürde 2 çalışmada (121, 122) ilerleyici çeviklik ve gövde stabilizasyonu incelenmiştir. Sherry ve Best (121) İÇGS’yi, germe ve kuvvetlendirmeden (GK) oluşan bir programla karşılaştırmıştır. Her iki program da 2 ana fazdan oluşmuştur. İÇGS grubunda (13 kişi) spora dönüşten sonraki 16 günde yaralanma görülmemiş, takibin 1 yıl süresi içerisinde ise 1 kişi tekrar yaralanmıştır. GK grubunda (10 kişi) spora dönüşten sonraki 16 gün içinde 6 kişi yaralanmış ve 1 yıllık takip süresinde 7 kişi tekrar yaralanmıştır.

Silder ve ark. (122) İÇGS’yi ilerleyici koşu ve eksentrik kuvvetlendirme (İKEK) programı ile karşılaştırmışlardır. İki program da 3 fazdan oluşmaktadır. Spora dönüş süreleri benzerken; tekrar yaralanma oranları İÇGS’de 1/16 iken, İKEK’de 3/13 tür (120).

Askling ve ark., biri futbolcularda ve diğeri sprinterler ve atlamacılar olmak üzere birbirine benzer 2 çalışma yapmıştır. Bu çalışmalar sonucunda: akut yaralanma sonrası hamstring rehabilitasyonunda; uzatma tipi egzersizleri içeren (L-protokolü) rehabilitasyon protokollerinin, konvansiyonel protokollere göre spora dönüşte daha etkili olduğunu göstermişlerdir. L protokolünde öne çıkan fark; hamstringlerin maksimal dinamik uzaması sırasında yüklenmesidir. Buna dayanarak

yapılan programların, kas ve tendonun uzun pozisyonunda yüklenmesini içermesini önermişlerdir (22, 123).

Standart fizyoterapi programlarına “uzatma egzersizleri” eklemenin, spora dönüş süresi açısından konvansiyonel egzersizlerden daha etkili olduğu; fakat tekrar yaralanma oranları üzerinde etkisinin olmadığı gösterilmiştir (22, 120, 123).

L-Protokolü

Askling ve ark.’nın geliştirdiği L-protokolünde egzersizler, hamstringleri aşırı uzatırken yüklenmeyi (çoğunlukla eksentrik kas kasılması sırasında) amaçlamıştır. Protokol, 3 farklı egzersizden oluşmuştur; egzersiz 1 esnekliği arttırmayı, egzersiz 2 kuvvet ve gövde/pelvis stabilizasyonunu ve egzersiz 3 spesifik kuvvetlendirme egzersizinden oluşmaktadır. Egzersizleri yaparken ağrının provoke olmasına izin verilmemiştir. 12 aylık takip sonucunda tekrar yaralanma olmadığını bildirmişlerdir (22). Egzersizler aşağıdaki gibidir:

Tablo 2.3. Askling ve ark. L Protokolü (22).

	L protokolü
Aşama 1 L1- “The Extender” : sporcu kalça 90 derecede iken, yaralanan hamstringini elle stabilize eder ve yavaşça ağrı hissettiği noktaya kadar diz ekstansiyonu yapar. Günde 2 kez, 3x12	
Aşama 2 L2- “The Diver”: Yaralı bacak destek olacak şekilde, ayakta duruş pozisyonundan kalça fleksiyonu yapmaya başlanır. Bu sırada kollar öne uzatılırken, havadaki bacak maksimum kalça ekstansiyonuna götürülür. Pelvis horizontal yapılmaya çalışılır. Yere basan ayağın dizi 10-20 derece, havadaki 90 derece fleksiyonda olmalıdır. Hareket kompleks olduğu için yavaş başlanmalıdır. Gün aşırı olarak 3x6 yapılmalıdır.	
Aşama 3 L3- “The Glider”: Ayakta duruş pozisyonunda iken yavaşça bacaklar ayrılmalıdır. Tüm yük yaralanmış bacağın topuğunda olmalı ve diz 10-20 derece fleksiyonda olmalıdır. Hareket sırasında el ile destek alınır. Harekete sağlam bacağın geri doğru kayması ile başlanır ve ağrı hissedilince durulur.	

Diğer Yaklaşımlar

PRP'nin (120, 124-127), NSAİİ'lerin (118) ve sakroiliak manipülasyonunun (128) etkisi bulunamamıştır. NSAİİ'ler genelde kas yaralanmasının erken fazlarında analjezik olarak verilmektedir (129-132). Ancak, NSAİİ'lerin kas iyileşmesini kötü etkileyebileceğini gösteren, gittikçe artmakta olan kanıtlar mevcuttur (133). Özet olarak yaralanma özellikleri ve tedavi yaklaşımları tablo 2.4.'de ve rehabilitasyon protokollerinin, ilerleme kriterleri tablo 2.5.'de verilmiştir.

2.6.3. Yaralanmanın Önlenmesi

Yo-yo curl (134) veya Nordik hamstring eksentrik (NHE) (4, 135-138) egzersizlerinin yaralanmayı önlemede etkinliğini gösteren kanıtlar mevcuttur. Önerilen nordik programı (4); sezon öncesi programın 10 haftası boyunca haftada 3 seans şeklindedir. Çoğu futbol kulübü, egzersiz programlarına haftada 1 seans olacak şekilde NHE'yi eklemiştir (139).

Tablo 2.4. Yaralanma özellikleri tablosu (116)

Akut Hamstring Strainleri		Proksimal Hamstring Tendinopatisi
Mekanizma	Tip 1 – Yüksek hızlı koşu Tip 2 – Aşırı gerim	Mekanik aşırı yüklenme, tekrarlı gerimler
En yaygın lokasyon	Tip 1 – proksimal KTB Tip 2 – SM'nin proksimal serbest tendonu	SM
Bulguları	Ani başlangıç “pop” sesi (genelde Tip 3) Spora devam etmede zorluk	Spesifik başlangıç yok Ağrıda kademeli artış
Fiziksel Muayenesi	Ekimoz +/- Palpe edilebilir defekt Kalça ekstansiyon, diz fleksiyon testinde ağrı ve/veya zayıflık	Puranen-Orava testi Diz-bük ger testi (modifiye)
Görüntüleme	Teşhis için şart değil İskiyal avülsiyon şüphesi varsa X-ray	MRG veya US Yüksek hassaslıkta MRG
Konservatif Tedavi	Faz 1 – ağrı, ödem azalt – RICE Faz 2 – Egzersiz, nöromusküler eğitimi artırır, eksentrik egzersizlere başla Faz 3 – Spora özgü egzersizler	Eksentrik egzersizler Kademeli olarak aktiviteye dönüş protokolü Şok dalgası tedavisi Yumuşak doku mobilizasyonu
Enjeksiyonlar	Kortikosteroidler – minimal kanıt PRP – karışık kanıtlar	Kortikosteroidler – minimal kanıt, çelişkili PRP – minimal kanıt
Spora Dönüş	Tip 1 strainler için hızlı toparlama, ağrısız yürüme süresi daha kısa	Tüm NEH'in ağrısız olması ve kuvvet testi

Tablo 2.5. Literatürdeki protokollerin rehabilitasyon basamaklarında ilerleme kriterleri (140).

	Hedefler	Akut Faz	Subakut/Rejenerasyon Fazı	Fonksiyonel Faz
Clanton	NEH	Normal yürüyüş	Ağrısız tam NEH	Ağrısız spor hareketleri
	Kuvvet		Genel öneriler	
Heiderscheit	NEH	Ağrısız normal yürüyüş		Ağrısız tam NEH
	Kuvvet	Ağrısız submaksimal (%50-70) izometrik, prone diz fleksiyon, kas kuvvet testi	Ağrısız prone pozisyonda diz 90 derece fleksiyonda tam kuvvet, kas kuvvet testi	Prone pozisyonda diz 90-15 derece fleksiyonda manuel kas testinde tam kuvvet, ISOK: EKS-H (30°/s)'da %5'den az bilateral defisit: KONS-K (240°/s). Bilateral simetri in KONS diz fleksiyon 60°/s 'de
Mendiguchia	NEH		Aktif diz ekstansiyonu < 10% asimetri ve < 20 Modifiye Thomas Testi > 5 ve horizontal altında simeti	
	Kuvvet		Prone diz fleksiyonda 15° < 10% asimetri izometrik kuvvet (Dinamometre)	İzokinetik: kalça ekstansiyon kuvvetinde PT açısı < 28 diz fleksiyonunda 60°/s, < 8 asimetri, İzokinetik diz ekstansiyonunda 60°/s < 10 asimetri.
Schmitt	NEH	Ağrısız normal yürüyüş		Ağrısız tam NEH
	Kuvvet	Ağrısız submaksimal (50% - 75%) izometrik kontraksiyon, prone pozisyonda diz fleksiyonda(90°) manuel kas testi	Kuvvet (5/5) ağrısız, prone diz fleksiyon (67) Manuel kas Testi Asimetri < 20% sağlam tarafa göre, uzun olmayan pozisyonda ağrısız maksimum eksentrik kontraksiyon	Diz fleksiyonu PT açılarında simetri, uzamış pozisyonda tam eksentrik kuvvet
Asklng	NEH	Ağrıdan kaçınma kriterini göz önüne alarak yük/hız/ekskürsiyonda ilerleme		
	Kuvvet	Ağrıdan kaçınma kriterini göz önüne alarak yük/hız/ekskürsiyonda ilerleme		
Silder	NEH	Normal yürüyüş, etkilenen ve etkilenmeyen taraflarda aynı adım aralığı ve duruş süresi (görsel değerlendirme)	İleri ve geri hafif tempolu koşu (etkilenen ve etkilenmeyen taraflarda aynı adım aralığı ve duruş süresi) (görsel değerlendirme)	
	Kuvvet	90° diz fleksiyonunda ağrısız izometrik kontraksiyonu manuel kuvvet testi 4/5	Prone ve diz 90° fleksiyonda tam kuvvet (5/5 kas kuvvet testi) (tibia nötral/internal ve eksternal rotasyonda)	Prone, diz farklı pozisyonlarında tam kuvvet (5/5 Manuel kas testi), kalça 0° fleksiyon ve diz 90° ve 15° fleksiyonda; (tibia nötral/internal ve eksternal rotasyonda)

3. BİREYLER VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

Çalışmamıza Hacettepe Üniversitesi Sıhhiye Spor Salonu Girişine asılan ilana gönüllü olarak başvuran sağlıklı, sedanter erkekler dahil edildi. Bütün değerlendirmeler Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümünde ve Hacettepe Üniversitesi Sıhhiye Spor Salonunda, Kasım 2016 ve Mayıs 2018 tarihleri arasında yapıldı.

Çalışmanın etik uygunluğu, Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 25 Ekim 2016 tarihli toplantıda GO 16/622-06 karar numarasıyla onaylandı (Ek 1).

*G*Power 3.1.9.2.* programı ile yaptığımız güç analizi sonucunda, 0,95 gücünde klinik anlamlılığı 0,05 alınması için çalışmaya 42 kişi katılı gerektiği hesaplandı. Çalışmaya başlanmadan önce tüm katılımcılardan aydınlatılmış onam alındı (Ek 2).

Katılımcılar www.randomization.com sitesindeki randomizasyon jeneratörü kullanılarak randomize edildi ve 3 gruba ayrıldı (141).

Çalışmaya dâhil edilme kriterleri, 18-30 yaş arası sağlıklı sedanter birey olmaktı. Çalışmaya dâhil edilmeme kriterleri;

- Devam eden diz, kalça ve/veya bel ağrısının olması,
- Kardiyovasküler bir hastalığa sahip olması,
- Diz ve/veya kalça cerrahisi geçirmiş olması,
- Tanısı konmuş sistemik herhangi bir hastalığa sahip olması,
- Hamstring yaralanma öyküsü olması,
- Son 1 yıl içerisinde düzenli bir sportif aktivitede bulunmaktı. Sportif aktivite olarak haftada en az 3 gün, düzenli olarak 2 aydan fazla yapılan aktiviteler kabul edildi.

3.2. Yöntem

3.2.1. Demografik bilgiler

Katılımcıların değerlendirme öncesi ad, soyad, yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, dominant tarafları içeren demografik bilgileri alındı. Katılımcıların hiçbiri kilolu veya obez değildi. Vücut kitle indeksleri (VKİ), bacak uzunlukları (SİAS – Medial Malleol arası mesafe) mezura ile ölçüldü. Demografik bilgiler ve tüm ölçümler, değerlendirme formuna kayıt edildi (Ek 3).

3.2.2. Kasın Pasif Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Kasın pasif mekanik özellikleri olan Tonus, Sertlik ve Elastisite, Myoton-3 myotonometrik medikal cihaz (Müomeetria AS, Estonia, EU) ile ölçüldü (ICC: 0,80-0,93). Bireyler ölçümler için sırtüstü yatırıldı. Katılımcılar 5 dakika dinlendirildikten sonra, kuadriseps ölçümü için; ayak bileklerinin altından iki adet sünger kama ile desteklenerek, kalça nötral pozisyona alındı. Kuadriseps kası ölçümü için spina iliyaka anterior superiordan patella orta hattına çizilen hat üzerinde, ½ mesafeye işaret kondu (Şekil 3.1.). Mesafe, son değerlendirmede tekrar aynı noktayı bulmak için SİAS'a olan uzaklık ölçülerek not alındı. Konulan işaretin olduğu noktadan Myoton-3 ile 10 kez ölçüm yapıldı (Şekil 3.2.). 10 ölçüm değeri, ortalamaları alınarak kaydedildi. Ölçümler dominant ve non-dominant taraf için ayrı ayrı yapıldı. Ardışık 2 ölçüm arasında %50'den fazla fark varsa, ölçüm tekrarlandı (74, 142).



Şekil 3.1. Kuadriseps kas grubunun orta noktasının ölçümü.



Şekil 3.2. Kuadriseps kas grubunun Myoton-3 cihazı ile ölçümü.

Hamstring ölçümü için iskiyal tüberositas ile popliteal çizginin ortası arasındaki mesafenin orta noktasına konarak ölçümler 10 tekrar olacak şekilde yapıldı (Şekil 3.3., 3.4.) (143). Ölçümler dominant ve non-dominant taraf için ayrı ayrı yapıldı. Mesafe, son değerlendirmede tekrar aynı noktayı bulmak için popliteal çizgiye olan uzaklık ölçülerek cm cinsinden not alındı.



Şekil 3.3. Hamstring kas grubunun orta noktasının ölçümü.



Şekil 3.4. Hamstring kas grubunun Myoton-3 cihazı ile ölçümü.

3.2.3. Esnekliğin Değerlendirilmesi

Bireylerin hamstring kaslarının esnekliğinin ölçülmesi için otur uzan testi kullanıldı (ICC: 0,92). Testin uygulanması için katılımcılar sırtlarını duvara yaslayacak ve kalça fleksiyon açısı 90 derece olacak şekilde dik oturması istendi. Dik pozisyonda oturan katılımcıların ayakları nötral pozisyonda olacak şekilde basamakla desteklendi. Katılımcılara basamağın üzerine yerleştirilen mezuraya iki elini avuç içleri aşağı bakacak şekilde üst üste koyarak mümkün olduğunca uzanması ve son noktada beklemesi, fakat tutunmaması söylendi. İşlem sırasında dizlerin bükülmemesi istendi. Ölçümler üç tekrar halinde kaydedildi ve ortalaması cm cinsinden sonuç olarak not alındı (144).

3.2.4. Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi

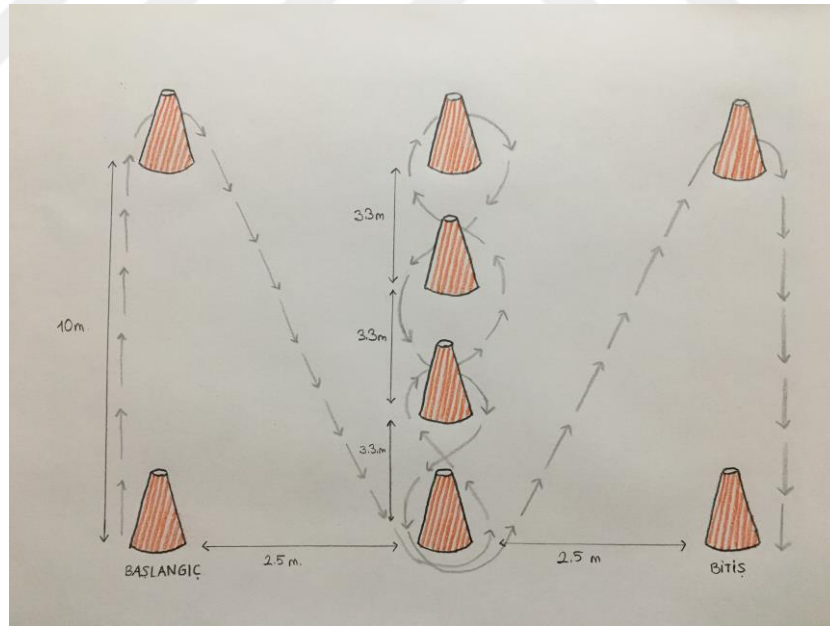
Hamstring ve Kuadriseps kas gruplarının kuvvetlerinin ölçümü için LaFayette Manuel Kas testi cihazı kullanıldı (kuadriseps için ICC: 0,82-0,92; hamstring için ICC: 0,80-0,85) . Ölçümler 3 tekrarlı olacak şekilde her iki alt ekstremiteye uygulandı.

Kuadriseps kuvvet ölçümleri için başlangıç pozisyonu olarak bireyler yatak kenarında, elleri göğüs üzerinde çaprazlanmış şekilde oturtuldu. Bireylerden test sırasında gövdelerini ileri-geri yatırmaması, diğer bacakları ile oturdukları yerden destek almaması ve dizlerinin yatakla temasını kesmemesi istendi. Test için katılımcı dizini maksimum ekstansiyonda tutmaya çalışırken, tibianın distal ucundan –ayak bileğinin proksimalinden– direnç verilerek diz ekstansiyonu bozulana kadar direnç verildi. Çıkan kuvvet kg olarak not edildi.

Hamstring kuvvet ölçümleri için başlangıç pozisyonu olarak bireyler yüzükoyun pozisyonuna alındı. Katılımcılardan test sırasında kalçalarını sabit tutmalarını ve dizlerini yataktan kaldırmamaları istendi. Test için katılımcılar dizlerini 90 fleksiyonda korumaya çalışırken, tibianın distal ucundan – ayak bileğinin proksimalinden – direnç verilerek diz fleksiyonu bozulana kadar direnç verildi. Çıkan kuvvet kg olarak kaydedildi (145).

3.2.5. Çevikliğin Değerlendirilmesi

Bireylerde çeviklik değerlendirmesi için İllinois çeviklik testi (ICC: 0,96) uygulandı. Testin hazırlanması için 4 adet koni 5 m genişlik ve 10 m uzunlukta bir dikdörtgen oluşturacak şekilde yerleştirildi. Yakın köşelerdeki koniler başlangıç ve bitiş olarak, uzak köşelerdeki koniler dönüşler için işaretlendi. Alanın ortasına 4 adet koni 3,3 m aralıklarla tek sıra halinde dizildi (Şekil 3.5.). Bireylerden hafif tempo koşu ile testin bir ön tekrarını yapmaları istendi. Bireyler, başlangıç çizgisinde eller omuz genişliğinde açık bir şekilde şnav pozisyonunda durarak başlangıç pozisyonunu aldı. “Başla” komutu ile birey kalktı ve karşı köşedeki koniye dokunarak dışından döndü. Başlangıç tarafındaki orta hattaki koniye gelerek, merkezdeki koniler arasından geçişler ile gidip geldi. Karşı köşe koniye koşup, dokunarak dışından döndü. Bitiş çizgisine tam sürat koşarak geçti ve testi bitirdi (Şekil 3.6.). Test sırasında hiçbir koninin devrilmemesi istendi. Testi tamamlama zamanı, saniye cinsinden kaydedildi (146).



Şekil 3.5. Testin uygulanişı.

3.2.6. Anaerobik Patlayıcı Kuvvet Değerlendirilmesi

Anaerobik patlayıcı kuvvetin değerlendirilmesi için sıçra uzan testi (ICC: 0,93) yapıldı. Testin hazırlanması için yerden 150 cm yüksek bir noktadan başlayıp tavana doğru uzanan bir mezura duvara yapıştırıldı. Başlama pozisyonu için bireylerden mezura önünde dominant ayakları duvara yakın olacak şekilde yan durmaları istendi. Bireylerden duvara yakın kolları ile yukarı uzanması istendi ve uzunluk cm cinsinden not alındı. Daha sonra, kollar ve ayaklar serbest olacak şekilde katılımcıdan dik olarak sıçrayabildiği kadar yukarı sıçraması istendi. Sıçramaya hazırlanırken katılımcının dominant ayağını hareket ettirmemesi istendi. İki tekrar yapıldı ve denemeler cm cinsinden not edildi. Duruş yüksekliği ile en iyi sıçrama mesafesinin oranı analiz için kullanıldı (147).

3.2.7. Reaksiyon Zamanının Değerlendirilmesi

Katılımcılar ayak bileği 90 derece iken (nötral pozisyon), dominant ayak başparmağı duvar kenarından 5 cm uzakta olacak şekilde oturur pozisyona alındı. Katılımcıların topuğunu kaydırmadan ve ayak plantar fleksiyonu ile cetveli yakalaması gerektiği konusunda bilgilendirildi. Katılımcılardan cetvelin orta noktasına odaklanması ve cetvel düşer düşmez, en hızlı şekilde ayak başparmağı ile duvar arasında cetveli sıkıştırması istendi. Ayak başparmağının üzerinde kalan sayı cm cinsinden not edildi. 5 tekrar yapıldı ve en iyi ile en kötüsü hesaplamaya katılmadı. Üç denemenin ortalaması alınarak formül 3.1.'e konuldu (148).

$$\sqrt{2 \times \text{cetvelin düştüğü mesafe} / \text{yer çekimine bağlı hız (980 msn)}} \quad (3.1.)$$

3.2.8. Katılımcılara Verilen Eğitimler

Katılımcılara klinikte kullanılmakta olan konsentrik, eksentrik ve NMES eğitimlerinden güncel literatürde etkinliği gösterilmiş programlar tercih edilerek uygulanmıştır.

Konsentrik Egzersiz Eğitimi

Konsentrik egzersiz eğitimi için katılımcılar Hacettepe Üniversitesi Sıhhiye Yerleşkesi Spor salonuna götürüldü. Her seans için katılımcılardan spor ayakkabı, şort, t-shirt ve havlu ile gelmeleri istendi. Spor salonundaki “*leg curl*” aletinin boyu ayarlanarak, yükün tibia distalinden gelmesi sağlandı (Şekil 3.6.). Bireylerden diz tam ekstansiyonda başlayıp (Şekil 3.7.), cihazın direnç kolu kalçalarına gelene kadar diz fleksiyonu yapmaları istendi. Başlangıç pozisyonuna dönüş sırasında, eksentrik kontraksiyondan kaçınmak için ağırlık, araştırmacı Özgün Uysal tarafından alınarak (Şekil 3.8.), katılımcıların dirençsiz şekilde dizlerini tam ekstansiyona getirmesi sağlandı. Eğitim sırasında kalça ekstansiyonu, lordoz artışı ve bacakların abduksiyon pozisyonunda olmamasına dikkat edildi. Eğitim programı tablo 3.1.’de gösterilmiştir (149).



Şekil 3.6. Konsentrik egzersizin başlangıç pozisyonu için aletin ayarlanması.



Şekil 3.7. Konsentrik egzersiz için başlangıç pozisyonu.



Şekil 3.8. Konsentrik fazın sonunda ağırlığın bireyden araştırmacı tarafından alınması.

Eksentrik Egzersiz Eğitimi

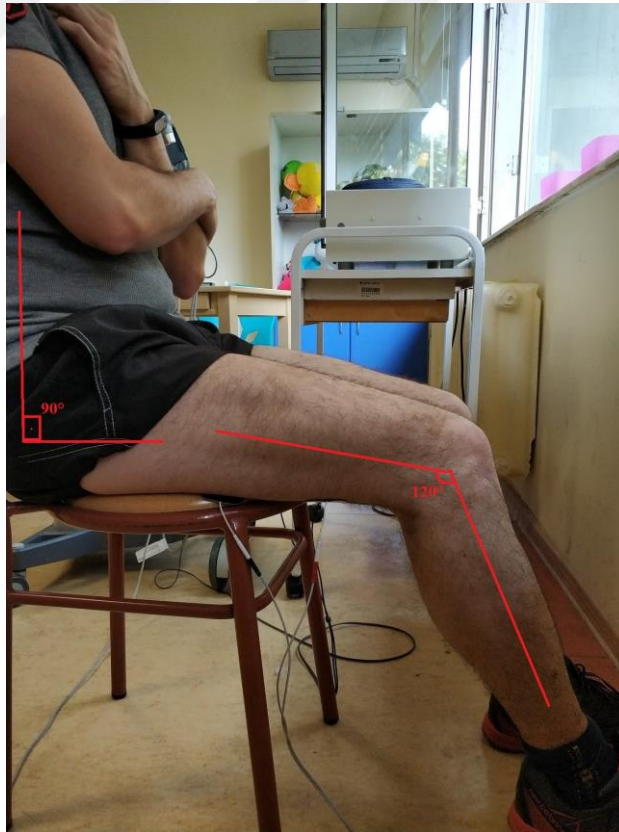
Eksentrik kas eğitimi için katılımcılara Nordik Hamstring egzersizi yaptırıldı. Nordik hamstring egzersizi için birey, yatak kenarında dizlerinin üzerinde dik duruş pozisyonunda, elleri yeri karşılayacak şekilde pozisyonlanmış olarak avuç içleri karşıya bakacak şekilde başlangıç pozisyonu aldı. Araştırmacı Özgün Uysal, katılımcıların ayak bileklerinden tutarak sabitledi. Katılımcılardan üst gövdelerini öne ve geriye eğmeden, yavaşça ve kontrollü bir şekilde öne doğru gövdeleriyle gitmeleri ve daha fazla kontrol edemeyeceklerini hissettikleri zaman kendilerini yatağa bırakmaları istendi (Şekil 3.9.). Konsentrik kontraksiyondan kaçınmak için bireyler kalçalarını kullanmadan, elleri yardımı ile başlangıç pozisyonuna döndüler. Eğitim programı tablo 3.1.'de gösterilmiştir (7).



Şekil 3.9. Nordik hamstring egzersizi.

NMES Eğitimi

Elektrik stimülasyonu için bireyler şortla uygulamaya alındı. Stimülasyon pozisyonu olarak: katılımcılar arkası destekli bir sandalyede kalça 90° fleksiyonda ve kasın optimum boyunda stimülasyonu için diz 60° fleksiyonda (120° ekstansiyon) olacak şekilde oturtuldu (Şekil 3.10.). Bireyler stimülasyon sırasında ayaklarının hareket etmemesi ve bu sayede diz açısının sabit kalması için, duvara karşı oturtularak ayak uçları duvarla temas ettirildi. NMES protokolü olarak kare dalga, 100 Hz frekans ve 600 mikrosaniye durasyonlu akım tercih edildi. Kendiliğinden yapışkanlı elektrotlar kasın kontraktıl bölgesi üzerine proksimal-distal yerleşimde bilateral olarak yerleştirildi (Şekil 3.11.). Voltaj olarak verilen akım, gözle görülür kontraksiyon alınana kadar artırıldı. Eğitim programı tablo 3.1.'de gösterilmiştir (150).



Şekil 3.10. Katılımcının pozisyonlanması.



Şekil 3.11. Elektrotların yerleşimi.

Uygulanan eğitimlerin özeti tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Uygulanan eğitimler.

	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. – 8. Haftalar
Eksentrik	1 gün 2 set 5 tekrar	2 gün 2 set 6 Tekrar	3 gün 3 set 6-8 tekrar	3 gün 3 set 8-10 Tekrar	3 gün 3 set 12-8 tekrar. Tüm NEH yapılabilir olunca, hız arttırılarak zorlaştırıldı.
Konsentrik	1 gün 1 seans 10 maksimum tekrar testi	2 gün 2 set 6 tekrar Maksimum Tekrarın %60'ı	3 gün 3 set 6-8 Tekrar Maksimum Tekrarın %60-80'i	3 gün 3 set 8-12 Tekrar 3 setten 12 tekrar yapabilir olunca, ağırlığa 2,5kg eklendi.	
NMES	Haftada 3 gün, 3 seans, 1 set 15 dk bilateral hamstringlere 100 Hz modülasyonda, 600 mikrosaniye durasyonlu kare dalga akım uygulaması.				

3.3. İstatistiksel Analiz

Araştırmanın sonucundaki verilerin analizi SPSS 20.0 programında yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel ve analitik yöntemlerle incelendi. Çalışma verilerimiz normal dağılım göstermediği için, her bir gruptaki eğitimin etkinliğini değerlendirmek için Wilcoxon Testi, 3 grup arasındaki değişimleri karşılaştırmak için Kruskal-Wallis Testi uygulandı. İstatistiksel anlam düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edildi. Kruskal Wallis Testi'nde fark bulunan parametrelerin ikili karşılaştırması için Mann-Whitney U Testi yapıldı ve Bonferroni düzeltmesine göre $p < 0.016$ değeri kullanılarak analiz yapıldı. Değişim gösteren kas mekanik özellikleriyle performans değişimleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Spearman Testi kullanıldı. İlişki katsayısı 0,05-0,30 arası önemsiz ilişki, 0,30-0,40 arası düşük orta derecede ilişki, 0,40-0,60 arası orta derecede ilişki, 0,60-0,70 arası iyi derecede ilişki, 0,70-0,75 arası çok iyi derecede ilişki, 0,75-1,00 arası ise mükemmel ilişki olarak kabul edildi(151). Araştırmadan elde edilen veriler Aritmetik Ortalama ($\bar{X}$) $\pm$ Standart Sapma (SS) olarak verildi.

İlk olarak grup içi değişimler değerlendirildi. Bu sayede yükleme modellerinin değişim yaratıp yaratmadığı incelendi ve Wilcoxon Testi kullanıldı. Gruplarda, ilk değerlendirmeye göre değişim yaratan parametreler, değişim miktarlarının farkları hesaplanarak 3 bağımsız grup olarak karşılaştırıldı ve bunun için Kruskal Wallis Testi kullanıldı. Farklı çıkan değişkenlerde, farkın hangi değişkenden kaynaklandığını bulmak için post-hoc analiz yapıldı ve Mann-Whitney U testi kullanıldı. Değişim gösteren pasif mekanik özelliklerin performans ölçümlerine olan etkisini değerlendirmek için de Spearman Testi kullanılarak değişim farklarının ilişki analizi uygulandı.

4. BULGULAR

4.1. Tanımlayıcı Bulgular

Yapılan güç analizi sonucunda gerekli olan 42 sağlıklı birey çalışmamıza katıldı. Bireylerin tamamı erkekti. Bireylerin yaş ortalaması $22,72 \pm 2,14$ yıl, boy ortalamaları $1,77 \pm 0,05$ m, vücut ağırlığı ortalamaları $71,23 \pm 9,05$ kg, VKİ ortalamaları $22,67 \pm 2,66$ kg/m² olarak hesaplandı.

Bireylerin 14'ü NMES, 14'ü Konsentrik ve 14'ü Eksentrik eğitim grubuna alındı. NMES grubuna katılan katılımcılardan birisi, düzenli olarak çalışmaya katılamadığı için çıkartıldı. Gruplara göre katılımcıların demografik bilgileri tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Katılımcıların gruplara göre tanımlayıcı bilgileri.

Kruskal-Wallis	NMES (n=13) (X $\pm$ SS)	Konsentrik (n=14) (X $\pm$ SS)	Eksentrik (n=14) (X $\pm$ SS)	x ²	p
Yaş (yıl)	22,15 $\pm$ 1,14	22,29 $\pm$ 1,98	22,79 $\pm$ 1,72	1,050247	0,592
Boy (m)	1,78 $\pm$ 0,05	1,78 $\pm$ 0,06	1,77 $\pm$ 0,05	0,668261	0,716
Vücut Ağırlığı (kg)	72,23 $\pm$ 7,96	69,99 $\pm$ 7,821	73,29 $\pm$ 10,27	1,305413	0,521
VKİ (kg/m ²)	22,92 $\pm$ 3,13	21,95 $\pm$ 1,7	23,41 $\pm$ 2,84	1,335952	0,513

4.2. Değerlendirme Bulguları

Katılımcıların değerlendirme bulguları, eğitim öncesindeki gruplar arası farkı göstermek ve eğitim sonucunda oluşan farkı ölçebilmek için başlangıç değerlendirme bulguları ve bulgulardaki değişim başlıkları ile iki farklı bölümde incelenecektir.

4.2.1. Başlangıç Değerlendirme Bulguları

Grupların başlangıçtaki homojenliklerinin değerlendirilmesi için, bireylerin ilk ölçümleri kıyaslandı. Kuadriseps sertliklerinde ($p=0,001$ ve $p=0,001$), sol

hamstring tonusunda ($p=0,026$) ve hamstring elastisitelerinde ($p=0,043$, $p=0,023$) ve sertliklerinde ($p=0,001$ ve $p=0,001$) anlamlı farklar bulunduğu için gruplar heterojen kabul edildi. Eğitimin etkinliğini ölçmek için grupların ölçümlerindeki değişimler, son değer-ilk değer farkları şeklinde hesaplanarak, karşılaştırıldı (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. İlk değerlendirme bulgularının gruplar arasında karşılaştırması.

Kruskal-Wallis Ölçüm Adı	NMES (n=13) ($\bar{X} \pm SS$)	Konsentrik (n=14) ($\bar{X} \pm SS$)	Eksentrik (n=14) ($\bar{X} \pm SS$)	χ^2	p
K-Tonus Dom. (Hz)	14,82±1,39	17,19±4,27	16,03±1,12	4,775	0,092
K-Tonus N-Dom. (Hz)	14,8±1,52	17,03±4,17	16,79±1,48	6,498	0,039*
K-Elastisite Dom.	1,97±0,34	2,46±0,57	2,09±0,22	8,188	0,017*
K-Elastisite N-Dom.	2,06±0,25	2,51±0,5	2,23±0,25	8,329	0,016*
K-Sertlik Dom. (N/m)	299,54±36,86	287,5±36,04	359,79±40,26	16,099	0,001*
K-Sertlik N-Dom. (N/m)	292,31±38,31	284,43±37,15	365,93±47,42	15,720	0,001*
H-Tonus Dom. (Hz)	15,37±2,78	15,66±3,73	16,48±1,27	1,3	0,522*
H-Tonus N-Dom. (Hz)	15,92±2,77	15,76±2,75	18,45±2,64	7,318	0,026*
H-Elastisite Dom.	1,99±0,22	2,25±0,36	2,07±0,22	6,281	0,043*
H-Elastisite N-Dom.	1,92±0,23	2,23±0,36	2,18±0,28	7,584	0,023*
H-Sertlik Dom. (N/m)	294,15±30,37	290,14±41,05	367,36±45,53	16,97	0,001*
H-Sertlik N-Dom. (N/m)	308±39,85	297,14±46,34	374,29±45,96	15,356	0,001*
Otur Uzan (cm)	1,43±6,48	0,21±13,58	-1,87±11,21	0,33	0,848
Dom. K-Kas Kuvvet Test (Kg.)	24,59±4,86	21,82±4,81	24,05±3,26	4,505	0,105
N-Dom. K-Kas Kuvvet Test (Kg.)	23,54±5,93	19,9±4,96	23,26±4,15	3,98	0,137
Dom. H-Kas Kuvvet Test (Kg.)	20,73±4,43	17,49±6,42	19,97±3,88	4,195	0,123
N-Dom. H-Kas Kuvvet Test (Kg.)	19±5,78	17,44±6,4	18,08±3,23	1,065	0,587
Çeviklik Testi (sn.)	19,461±0,94	19,47±1,3	19,63±1,37	0,153	0,926
Sıçra Uzan	0,87±0,02	0,85±0,03	0,85±0,02	0,358	0,84
Reaksiyon Zamanı (msn)	0,04±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01	2,009	0,366

K: Kuadriseps, H: Hamstring için kullanılmıştır. * $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.2.2. Grupların Kendi İçinde Eğitim Öncesi ve Sonrası Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Grupların kendi içlerinde son ölçümleri ve ilk ölçümleri karşılaştırıldığında; Eksentrik grubun bilateral kuadriseps sertliklerinde azalma (dominant ve non dominant sırasıyla $p=0,048$ ve $p=0,028$), bilateral hamstring elastisitelerinde artış (dominant ve non dominant sırasıyla $p=0,045$ ve $p=0,009$), otur uzan ($p=0,003$), çeviklik ($p=0,003$) ve sıçra uzan ($p=0,002$) testlerinde gelişme bulundu.

Konsentrik grubun bilateral kuadriseps tonuslarında azalma (dominant ve non dominant sırasıyla $p=0,021$ ve $p=0,018$) ve sertliklerinde artış (dominant ve non dominant sırasıyla $p=0,01$ ve $p=0,003$), non-dominant hamstring tonusunda azalma ($p=0,0127$), bilateral hamstring sertliklerinde artış (dominant ve non dominant sırasıyla $p=0,011$ ve $p=0,051$), otur uzan ($p=0,016$), çeviklik ($p=0,001$), sıçra uzan ($p=0,004$) ve reaksiyon ($p=0,008$) testlerinde gelişme bulundu.

NMES grubun sadece reaksiyon zamanında ($p=0,023$) azalma bulundu (Tablo 4.3.).

Tablo 4.3. İlk ve son ölçümlerin grup içindeki değişimleri.

Wilcoxon Test	Eksentrik (n=14)			Konsentrik (n=14)			NMES (n=13)		
	Ortalama (X±SS)	Z	p	Ortalama (X±SS)	Z	p	Ortalama (X±SS)	Z	p
H-Kuvvet Dom. (kg)	İlk	19,968±3,88					20,728±4,43		
	Son	26,243±5,19	0,004*	-2,919	-2,417	0,016*	22,369±3,58	-1,153	0,249
H-Kuvvet N-Dom. (kg)	İlk	18,08±3,23					18,999±5,78		
	Son	26,502±3,15	0,001*	-3,296	-1,977	0,048*	21,263±4,43	-0,804	0,422
K-Tonus Dom. (Hz)	İlk	16,029±1,12					14,815±1,39		
	Son	16,286±1,59	0,329	-0,976	-2,312	0,021*	14,538±0,89	-0,981	0,326
K-Tonus N-Dom. (Hz)	İlk	16,786±1,48					14,796±1,52		
	Son	16,400±1,23	0,208	-1,259	-2,357	0,018*	14,415±1,13	-1,503	0,133
K-Elastisite Dom.	İlk	2,094±0,22					1,970±0,34		
	Son	2,079±0,22	0,594	-0,534	-1,423	0,155	2,065±0,24	-0,769	0,442
K-Elastisite N-Dom.	İlk	2,231±0,25					2,060±0,24		
	Son	2,125±0,18	0,177	-1,35	-1,423	0,155	2,139±0,3	-0,804	0,421
K-Sertlik Dom. (N/m)	İlk	359,786±40,26					299,538±36,85		
	Son	326,0±50,58	0,048*	-1,979	-2,581	0,01*	284,923±30,18	-0,944	0,345
K-Sertlik N-Dom. (N/m)	İlk	365,929±47,42					292,308±38,31		
	Son	321,5±51,36	0,028*	-2,198	-2,934	0,003*	276,769±25,48	-0,839	0,401
H-Tonus Dom. (Hz)	İlk	16,479±1,27					15,369±2,78		
	Son	17,214±2,86	0,51	-0,659	-0,711	0,477	15,308±2,47	-0,245	0,807
H-Tonus N-Dom. (Hz)	İlk	18,45±2,64					15,915±2,77		
	Son	17,793±3,02	0,158	-1,413	-2,491	0,013*	14,931±1,68	-1,808	0,071
H-Elastisite Dom.	İlk	2,071±0,22					1,986±0,22		
	Son	1,962±0,25	0,045*	-2,009	-1,423	0,155	1,918±0,19	-1,363	0,173
H-Elastisite N-Dom.	İlk	2,176±0,28					1,919±0,23		
	Son	2,017±0,22	0,009*	-2,606	-0,178	0,859	2,029±0,25	-0,941	0,347
H-Sertlik Dom. (N/m)	İlk	367,357±45,53					294,154±30,37		
	Son	333,0±55,58	0,096	-1,664	-2,535	0,012*	288,615±26,6	-0,175	0,861
H-Sertlik N-Dom. (N/m)	İlk	374,286±45,96					308,0±39,85		
	Son	334,786±58,79	0,084	-1,726	-1,956	0,051*	283,692±23,15	-1,713	0,087
Otur Uzan (cm)	İlk	-1,872±11,21					1,426±6,48		
	Son	1,483±10,94	0,003*	-2,982	-2,417	0,016*	1,639±8,21	-0,384	0,701
Çeviklik Testi (sn)	İlk	19,629±1,37					19,461±0,94		
	Son	18,578±1,38	0,003*	-2,951	-3,236	0,002*	18,875±0,92	-1,783	0,075
Sıçra Uzan	İlk	0,852±0,02					0,865±0,02		
	Son	0,834±0,02	0,0023*	-3,045	-2,856	0,004*	0,848±0,01	-1,782	0,075
Reaksiyon Zamanı (msn)	İlk	0,035±0,01					0,036±0,01		
	Son	0,033±0,01	0,1873	-1,319	-2,669	0,008*	0,03±0,0	-2,271	0,023*

K: kuadriseps, H: Hamstring için kullanılmıştır. *p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.2.3. Gruplar Arasında Eğitim Öncesi ve Sonrası Farklarının Karşılaştırılması

Her üç gruptaki gruplar arası farklar analiz edildiğinde, hamstring kasının non-dominant elastisite değişimi, sertlik değişimleri için birbirleri arasında fark bulundu (sırasıyla $p=0,039$, $p=0,005$ ve $p=0,012$) (Tablo 4.4.). Anlamlı fark bulunan değerlerin ikili gruplar karşılaştırmasında; konsentrik grup ile eksentrik grubun dominant ve non dominant sertlik değerlerindeki değişimleri arasında fark bulundu (sırasıyla $p=0,004$ ve $p=0,014$) (Tablo 4.5.). Konsentrik ile NMES grubunun non-dominant sertlik değişimleri arasında anlamlı fark bulundu ($p=0,009$) (tablo 4.6.). Eksentrik grubun NMES'e göre non-dominant hamstring elastisitesini geliştirdiği bulundu ($p=0,008$) (Tablo 4.7.).d

Tablo 4.4. Hamstring kası için pasif mekanik özelliklerin değişimlerinin gruplar arası karşılaştırılması.

Kruskal-Wallis Hamstring Kas		Konsentrik (n=14) ($\bar{X} \pm SS$)	Eksentrik (n=14) ($\bar{X} \pm SS$)	NMES (n=13) ($\bar{X} \pm SS$)	χ^2	p
Tonus Değişimi (Hz)	Dom.	-0,92 $\pm$ 3,78	0,74 $\pm$ 2,46	-0,06 $\pm$ 1,89	0,855	0,652
	N-Dom.	-1,76 $\pm$ 1,7	-0,66 $\pm$ 2,04	-0,99 $\pm$ 1,57	1,794	0,408
Elastisite Değişimi	Dom.	-0,18 $\pm$ 0,28	-0,11 $\pm$ 0,22	-0,07 $\pm$ 0,24	0,456	0,796
	N-Dom.	-0,03 $\pm$ 0,29	-0,16 $\pm$ 0,23	0,11 $\pm$ 0,28	6,471	0,039*
Sertlik Değişimi (N/m)	Dom.	51,73 $\pm$ 55,38	-34,38 $\pm$ 71,75	-5,54 $\pm$ 42,61	10,676	0,005*
	N-Dom.	36,18 $\pm$ 49,44	-39,5 $\pm$ 77,26	-24,31 $\pm$ 43,17	8,798	0,012*

* $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.5. Konsentrik – Eksentrik grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.

Mann-Whitney U Hamstring Kası		Konsentrik (n=14) (X±SS)	Eksentrik (n=14) (X±SS)	Z	p
Tonus Değişimi (Hz)	Dom.	-0,92±3,78	0,74±2,46	-0,986	0,324
	N-Dom.	-1,76±1,7	-0,66±2,04	-1,233	0,218
Elastisite Değişimi	Dom.	-0,12±0,28	-0,11±0,22	-0,438	0,661
	N-Dom.	-0,03±0,29	-0,16±0,23	-1,205	0,228
Sertlik Değişimi (N/m)	Dom.	51,73±55,38	-34,36±71,75	-2,847	0,004*
	N-Dom.	36,18±49,44	-39,5±77,26	-2,464	0,014*

Tablo 4.6. Konsentrik – NMES grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.

Mann-Whitney U Hamstring Kası		Konsentrik (n=14) (X±SS)	NMES (n=13) (X±SS)	Z	p
Tonus Değişimi (Hz)	Dom.	-0,92±3,78	-0,06±1,89	-0,319	0,749
	N-Dom.	-1,76±1,7	-0,99±1,57	-1,102	0,271
Elastisite Değişimi	Dom.	-0,12±0,28	-0,07±0,24	-0,174	0,862
	N-Dom.	-0,03±0,29	0,11±0,28	-0,898	0,369
Sertlik Değişimi (N/m)	Dom.	51,73±55,38	-5,54±42,61	-2,376	0,018
	N-Dom.	36,18±49,44	-24,31±43,17	-2,609	0,009*

Tablo 4.7. NMES – Eksentrik grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.

Mann-Whitney U Hamstring Kası		NMES (n=14) (X±SS)	Eksentrik (n=14) (X±SS)	Z	p
Tonus Değişimi (Hz)	Dom.	-0,06±1,89	0,74±2,46	-0,461	0,645
	N-Dom.	-0,99±1,57	-0,66±2,04	-0,073	0,942
Elastisite Değişimi	Dom.	-0,07±0,24	-0,11±0,22	-0,656	0,512
	N-Dom.	0,11±0,28	-0,16±0,23	-2,646	0,008*
Sertlik Değişimi (N/m)	Dom.	-5,54±42,61	-34,36±71,75	-1,650	0,099
	N-Dom.	-24,31±43,17	-39,5±77,26	-0,971	0,332

*p<0,0167 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Üç grubun kuadriseps kasındaki değişim için gruplar arası farklar karşılaştırıldığı zaman dominant tonus değişimi, dominant ve non-dominant sertlik değişimleri açısından gruplar arası fark bulundu (sırasıyla $p=0,028$, $p=0,002$ ve $p=0,003$) (Tablo 4.8). Anlamlı bulunan farkların ikili karşılaştırılması yapıldığında; konsentrik grup ile eksentrik grup arasında dominant taraf kuadriseps tonus değişimi açısından anlamlı fark bulundu ($p=0,01$) (Tablo 4.9). Konsentrik ile NMES grubu karşılaştırıldığı zaman, dominant ve non-dominant sertlik değişimleri açısından anlamlı fark bulundu (sırasıyla $p=0,003$ ve $p=0,004$) (Tablo 4.10). Eksentrik ile NMES grubu karşılaştırıldığı zaman anlamlı fark bulunmadı (Tablo 4.11).

Tablo 4.8. Kuadriseps kası için pasif mekanik özelliklerin değişimlerinin gruplar arası karşılaştırılması.

Kruskal-Wallis Kuadriseps Kası		Konsentrik (n=14) ($\bar{X} \pm SS$)	Eksentrik (n=14) ($\bar{X} \pm SS$)	NMES (n=13) ($\bar{X} \pm SS$)	χ^2	p
Tonus Değişimi (Hz)	Dom.	-3,28±4,49	0,26±0,91	-0,28±1,12	7,156	0,028*
	N-Dom.	-3,13±4,48	-0,39±1,06	-0,38±1,09	3,598	0,166
Elastisite Değişimi	Dom.	-0,25±0,48	-0,02±0,2	0,1±0,36	2,771	0,25
	N-Dom.	-0,22±0,64	-0,11±0,3	0,08±0,43	4,337	0,114
Sertlik Değişimi (N/m)	Dom.	46,18±44,6	-33,79±59,43	-14,62±42,07	12,038	0,002*
	N-Dom.	46,09±47,6	-44,43±66,89	-15,54±43,29	11,523	0,003*

* $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.9. Konsentrik – Eksentrik grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.

Mann-Whitney U Kuadriseps Kası		Konsentrik (n=14) (X±SS)	Eksentrik (n=14) (X±SS)	Z	P
Tonus Değişimi	Dom.	-3,28±4,49	0,26±0,91	-2,576	0,01*
	N-Dom.	-3,13±4,48	-0,39±1,06	-1,617	0,106
Elastisite Değişimi	Dom.	-0,25±0,48	-0,02±0,2	-1,150	0,25
	N-Dom.	-0,22±0,64	-0,11±0,3	-1,177	0,239
Sertlik Değişimi	Dom.	46,18±44,6	-33,79±59,43	-2,961	0,003*
	N-Dom.	46,09±47,6	-44,43±66,89	-2,792	0,005*

Tablo 4.10. Konsentrik – NMES grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.

Mann-Whitney U Kuadriseps Kası		Konsentrik (n=14) (X±SS)	NMES (n=13) (X±SS)	Z	P
Tonus Değişimi	Dom.	-3,28±4,49	-0,28±1,12	-1,624	0,105
	N-Dom.	-3,13±4,48	-0,38±1,09	-1,681	0,093
Elastisite Değişimi	Dom.	-0,25±0,48	0,1±0,36	-1,594	0,111
	N-Dom.	-0,22±0,64	0,08±0,43	-1,855	0,064
Sertlik Değişimi	Dom.	46,18±44,6	-14,62±42,07	-2,986	0,003*
	N-Dom.	46,09±47,6	-15,54±43,29	-2,898	0,004*

Tablo 4.11. NMES – Eksentrik grupları arasında post-hoc analiz sonuçları.

Mann-Whitney U Kuadriseps Kası		NMES (n=13) (X±SS)	Eksentrik (n=14) (X±SS)	Z	P
Tonus Değişimi	Dom.	-0,28±1,12	0,26±0,91	-1,215	0,224
	N-Dom.	-0,38±1,09	-0,39±1,06	-0,267	0,789
Elastisite Değişimi	Dom.	0,1±0,36	-0,02±0,2	-0,607	0,544
	N-Dom.	0,08±0,43	-0,11±0,3	-1,335	0,182
Sertlik Değişimi	Dom.	-14,62±42,07	-33,79±59,43	-1,02	0,308
	N-Dom.	-15,54±43,29	-44,43±66,89	-1,432	0,152

*p<0,0167 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.2.4. Grupların Pasif Mekanik Özelliklerindeki Değişim ile Performanslarındaki Değişimlerin İlişkisi

Konsentrik grupta dominant taraf kuadriseps tonusundaki değişim ile dominant ($r=0,609$ ve $p=0,047$) ve non-dominant ($r=0,636$ ve $p=0,035$) hamstring kuvvet değişimi ve reaksiyon değişimi ($r=0,664$ ve $p=0,026$) arasında pozitif yönde ilişki bulundu. Dominant taraf kuadriseps sertlik değişimi ile dominant taraf hamstring kuvvet değişimi ($r=-0,607$ ve $p=0,048$) arasında negatif yönde ilişki bulundu. Non-dominant taraf kuadriseps sertlik değişimi ile dominant ($r=-0,782$ ve $p=0,004$) ve non-dominant ($r=-0,645$ ve $p=0,032$) taraf hamstring kuvvet değişimi ve reaksiyon zaman ($r=-0,664$ ve $p=0,026$) değişimi arasında negatif yönde ilişki bulundu (Şekil 4.13.)

Eksentrik gruptaki kasın pasif mekanik özelliklerinin değişimi ile performans arasında bir ilişki bulunmadı (Şekil 4.14.).

Tablo 4.12. NMES Grubu Mekanik Özellikleri Değişimi ile Performans Değişimlerinin İlişkisi.

NMES Grubu	H-Elastisite N-Dom.	H-Sertlik Dom. (N/m)	H-Sertlik N-Dom. (N/m)	K-Tonus Dom. (Hz)	K-Sertlik Dom. (N/m)	K-Sertlik N- Dom. (N/m)	Otur Uzan (cm)	Dom. H- Kuvvet (kg)	N-Dom. H- Kuvvet (kg)	Çeviklik değişim (sn)	Sıçra uzan	Reaksiyon değişim (msn)
H-Elastisite N- Dom.	r 1.000	-0.077	0.072	-0.121	-0.041	-0.006	-0.038	-0.247	-0.396	0.104	0.077	-0.407
	p	0.803	0.816	0.694	0.894	0.986	0.901	0.415	0.181	0.734	0.803	0.168
H- Sertlik Dom. (N/m)	r	1.000	0.876**	0.214	0.685**	0.713**	0.538	-0.297	-0.192	-0.049	0.198	0.396
	p		0.000*	0.482	0.01*	0.006*	0.058	0.325	0.529	0.873	0.517	0.181
H-Sertlik N- Dom. (N/m)	r		1.000	0.289	0.807**	0.756**	0.493	-0.416	-0.394	0.140	0.063	0.094
	p			0.338	0.001*	0.003*	0.087	0.157	0.183	0.647	0.837	0.761
K-Tonus Dom. (Hz)	r			1.000	0.479	0.404	0.000	-0.137	-0.132	0.720**	-0.132	0.297
	p				0.098	0.171	1.000	0.655	0.668	0.006*	0.668	0.325
K-Sertlik Dom. (N/m)	r				1.000	0.930**	0.080	-0.580*	-0.699**	0.190	-0.063	0.223
	p					0.000*	0.796	0.038*	0.008*	0.535	0.837	0.464
K- Sertlik N- Dom. (N/m)	r					1.000	0.124	-0.366	-0.591*	0.121	0.072	0.303
	p						0.687	0.219	0.033*	0.694	0.816	0.315
Otur Uzan (cm)	r						1.000	0.121	0.346	-0.022	-0.038	0.198
	p							0.694	0.247	0.943	0.901	0.517
Dom. H-Kuvvet (kg)	r							1.000	0.753**	0.181	0.082	0.093
	p								0.003*	0.553	0.789	0.762
N-Dom. H- Kuvvet (kg)	r								1.000	-0.044	0.253	0.110
	p									0.887	0.405	0.721
Çeviklik değişim (sn)	r									1.000	-0.313	-0.082
	p										0.297	0.789
Sıçra uzan	r										1.000	-0.143
	p											0.642

K: Kuadriseps, H: Hamstring anlamına gelmektedir. *p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.13. Konsentrik Grubu Mekanik Özellikleri Değişimi ile Performans Değişimlerinin İlişkisi.

Konsentrik Grubu	H-Elastisite N-Dom.	H-Sertlik Dom. (N/m)	H-Sertlik N-Dom. (N/m)	K-Tonus Dom. (Hz)	K-Sertlik Dom. (N/m)	K-Sertlik N-Dom. (N/m)	Otur Uzan (cm)	Dom. H-Kuvvet (kg)	N-Dom. H-Kuvvet (kg)	Çeviklik değişim (sn)	Sıçra uzan	Reaksiyon değişim (msn)
H-Elastisite N-Dom.	r	1.000	0.027	-0.118	0.145	-0.082	-0.155	0.000	0.200	0.427	0.518	0.509
	p		0.937	0.729	0.670	0.810	0.650	1.000	0.555	0.190	0.102	0.110
H-Sertlik Dom. (N/m)	r		1.000	0.900**	-0.164	0.872**	0.855**	-0.427	-0.218	-0.064	0.018	-0.464
	p			0.000*	0.631	0.000*	0.001*	0.190	0.519	0.853	0.958	0.151
H-Sertlik N-Dom. (N/m)	r			1.000	-0.218	0.900**	0.864**	-0.518	-0.291	-0.100	-0.227	-0.500
	p				0.519	0.000*	0.001*	0.102	0.385	0.770	0.502	0.117
K-Tonus Dom. (Hz)	r				1.000	-0.292	-0.473	0.609*	0.636*	0.091	0.136	0.664*
	p					0.383	0.142	0.047*	0.035*	0.790	0.689	0.026*
K-Sertlik Dom. (N/m)	r					1.000	0.868**	-0.607*	-0.333	-0.160	-0.105	-0.484
	p						0.001*	0.048*	0.316	0.639	0.759	0.131
K-Sertlik N-Dom. (N/m)	r						1.000	-0.782**	-0.645*	0.045	-0.109	-0.664*
	p							0.004*	0.032*	0.894	0.750	0.026*
Otur Uzan (cm)	r						1.000	0.218	0.218	-0.638*	-0.209	0.284
	p							0.455	0.455	0.014*	0.474	0.326
Dom. H-Kuvvet (kg)	r							1.000	0.943**	-0.081	-0.095	0.433
	p								0.000*	0.782	0.748	0.122
N-Dom. H-Kuvvet (kg)	r								1.000	-0.086	-0.108	0.442
	p									0.771	0.714	0.114
Çeviklik değişim (sn)	r									1.000	0.495	-0.167
	p										0.072	0.568
Sıçra uzan	r										1.000	-0.081
	p											0.782

K: Kuadriseps, H: Hamstring anlamına gelmektedir. *p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.14. Eksentrik Grubu Mekanik Özellikleri Değişimi ile Performans Değişimlerinin İlişkisi.

Eksentrik Grubu	H-Elastisite N-Dom. (Hz)	H-Sertlik Dom. (N/m)	H-Sertlik N-Dom. (N/m)	K-Tonus Dom. (Hz)	K-Sertlik Dom. (N/m)	K-Sertlik N-Dom. (N/m)	Otur Uzun (cm)	Dom. H- Kuvvet (kg)	N-Dom. H- Kuvvet (kg)	Çeviklik değişim (sn)	Sıçra uzun	Reaksiyon değişim (msn)
H-Elastisite N-Dom.	r	1.000	0.099	-0.116	-0.673**	-0.046	0.046	-0.077	0.455	0.191	0.464	0.116
	p		0.737	0.692	0.008*	0.875	0.876	0.794	0.102	0.513	0.095	0.692
H-Sertlik Dom. (N/m)	r		1.000	0.942**	0.024	0.926**	0.916**	-0.033	0.275	-0.332	-0.178	-0.002
	p			0.000*	0.934	0.00*	0.00*	0.911	0.342	0.246	0.543	0.994
H-Sertlik N-Dom. (N/m)	r			1.000	0.148	0.895**	0.824**	-0.165	-0.055	-0.411	-0.231	-0.002
	p				0.614	0.00*	0.00*	0.573	0.852	0.144	0.427	0.994
K-Tonus Dom. (Hz)	r				1.000	0.221	0.126	0.121	-0.046	-0.205	-0.488	-0.196
	p					0.447	0.668	0.679	0.875	0.481	0.077	0.501
K-Sertlik Dom. (N/m)	r					1.000	0.961**	-0.011	0.141	-0.434	-0.368	-0.088
	p						0.00*	0.970	0.630	0.121	0.195	0.764
K-Sertlik N-Dom. (N/m)	r						1.000	0.108	0.218	-0.398	-0.393	-0.156
	p							0.714	0.455	0.159	0.164	0.594
Otur Uzun (cm)	r							-0.552*	-0.332	0.204	0.420	-0.116
	p							0.041*	0.246	0.483	0.135	0.692
Dom. H-Kuvvet (kg)	r							1.000	0.512	0.020	-0.433	-0.275
	p								0.061	0.946	0.122	0.342
N-Dom. H-Kuvvet (kg)	r								1.000	0.371	0.068	0.081
	p									0.191	0.817	0.782
Çeviklik değişim (sn)	r									1.000	0.473	0.196
	p										0.088	0.503
Sıçra uzun	r										1.000	-0.002
	p											0.994

K: Kuadriseps, H: Hamstring anlamına gelmektedir. *p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Hamstring kas grubu, spor alanında en sık yaralanan kas grubu olup, uygulanan rehabilitasyon ve koruyucu egzersiz programlarına rağmen bu kas grubunda yaralanma meydana gelme ve tekrarlama olasılığı yüksektir. Kasların ve eklemlerin dış etkenlere karşı dayanabilme ve cevap verebilme yeteneğini oluşturan özelliklerden biri tonus, sertlik ve elastisiteden oluşan kasın pasif mekanik yapısıdır. Kas eğitimi için sıklıkla kullanılan eksentrik, konsentrik ve NMES yöntemlerinin kasın pasif mekanik özelliklerine etkisini incelemeyi amaçladığımız bu çalışmada, sekiz haftalık kuvvetlendirme eğitimi sonrasında eksentrik eğitim verilen grupta hamstring kası elastisitesinde artış, kuadriseps kasının sertliğinde azalma; konsentrik eğitim verilen grupta hamstring kasının sertliğinde artış, non-dominant hamstring tonusunda azalma, kuadriseps kasının tonusunda azalma bulduk. NMES eğitimi uygulanan grupta ise kasın pasif mekanik özelliklerinde anlamlı bir değişiklik yoktu. Bireylere uygulanılacak olan kuvvetlendirme yöntemlerinin, değerlendirme yapılarak kişinin ihtiyaçlarına göre seçilmesi gerekmektedir.

İnsanlarda postürel dengenin korunması, optimal kuvvet aktarımı ve vücudun desteklenmesi, tüm vücudu saran kas-fasya kinematik zinciri tarafından sağlanır. Zincirin bu işlevi yapabilmesini sağlayan önemli özelliklerden ikisi de iskelet kas tonusu ve elastisitesidir (152). Stabilitenin yanı sıra, hareketin oluşması için eklem çevresindeki antagonist kaslardan biri kasılırken, diğerinin gevşemesi ve pasif olarak gerilebilmesi gerekmektedir. Bu agonist kasılma ve antagonist gevşeme döngüsünde önemli bir diğer faktör de, kasların gevşeme sırasında orijinal boyuna dönebilme oranıdır. Bu açıdan bakıldığında zaman, kaslarda elastisite artması, orijinal şekline dönmesini daha kolay ve etkili hale getirecektir. Aynı zamanda, antagonist kasın viskoelastik özelliklerini yenmek ve kası kontrakte etmek için enerji gerekmektedir. Bu enerjinin bir kısmı, kasılma döngüsü sırasında kinetik enerji olarak depolanıp harekette kullanılmaktadır. Buna dayanarak kasın elastisitesi arttıkça, antagonistin kontraksiyonu sırasında, agonist kasın pasif direncini kırmak için kaybedeceği enerji miktarının azalacağı kabul edilebilir (73).

Kas kasılması sırasında aktin ve miyozin bağlantılarının sayısının artması sonucunda kasın sertliği artar. Aynı zamanda kas boyunun kısalması için, önce tendonun yapısını oluşturan fibrillerin, kasın ürettiği kuvvet doğrultusunda gergin

hale getirilmesi gerekir. Kas sertliğinin azalması, tendonları gergin hale getirmek için gereken süreyi arttırarak kuvvet üretim oranını azaltır (153). Ayrıca geniş eklem hareketi içermeyen aktivitelerde, artmış sertlik seviyesi kinetik enerjinin daha hızlı açığa çıkarılmasını sağlar (154).

Sağlıklı genç sporcularda, sedanterlere göre kas tonusları, elastisiteleri ve sertlikleri daha düşük bulunmuştur. Ayrıca sertliğin fazla yüksek ya da düşük olması yaralanma riskini arttırır (71). Sertliğin kişiye ve kişinin yüklenmelerine özgü olması nedeniyle; yüksek sertlik veya düşük sertlik gerekliliği değil, agonist antagonist oranının 0,9-1,1 arasında olması gerektiği belirtilmiştir (74).

Yaptığımız literatür taramasında NMES eğitiminin kasın pasif mekanik özelliklerine etkisini inceleyen ve agonist kas grubuna verilen eğitimin antagonist kasın pasif mekanik özelliklerine etkisini inceleyen bir çalışma yoktu. NMES'in kasın pasif mekanik özelliklerine olan etkisini ve agonist kas grubuna verilen eğitimin antagonist kasın pasif mekanik özelliklerine olan etkisini incelemiş olmamız, çalışmamızı literatürdeki diğer çalışmalardan farklı kılmaktadır.

Schoenrock ve ark. 23 sağlıklı bireyle yaptıkları çalışmada, bireyleri iki gruba ayırarak gruplara 60 gün yatak istirahati yaptırmışlardır. İstirahat grubunun son değerlendirmesinde, rektus femoris kasında immobilizasyona bağlı tonus artışı ve atrofik değişimler görmüşlerdir. Diğer gruba ise, bu değişimleri önlemek için 60 günde 48 seans reaktif sıçrama egzersizleri yaptırmışlardır. Yatak istirahatinin oluşturduğu olumsuz etkileri ve tonus artışını, egzersiz protokolü ile azaltmışlardır (152). Benzer şekilde çalışmamızda da, konsentrik eğitim sonucunda non-dominant taraf hamstring tonusunda azalma bulduk. Bu azalmanın sadece non-dominant tarafta olmasının nedeni olarak, günlük yaşamda zorlayıcı ve uzun süreli aktivitelerde, non-dominant tarafın daha az tercih edilmesinin neden olabileceğini düşünmekteyiz. Gervasi ve ark. sporcular ile sedanter bireylerin kaslarının pasif mekanik özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, sporcular ile sedanter bireyler arasında tonus açısından fark bulamamışlardır (74). Gervasi ve ark.'na benzer şekilde, çalışmamızda konsentrik yüklenme sonucunda dominant taraf hamstring tonusunda fark bulunamaması ve eksentrik yüklenme ile tonus değişikliği olmamasına neden olarak, sağlıklı kasta, kasın kuvvet düzeyinin ve kuvvet artışının tonusa etki etmediğini düşünmekteyiz. Çalışmamızda NMES eğitiminin non-dominant tarafta istatistiksel

olarak anlamlı olmamakla birlikte tonusu sağlıklı tonusa yaklaştıracak şekilde bir miktar azalmaya yol açtığı ($p=0,0706$), fakat hamstring tonusu üzerinde anlamlı bir değişiklik etkisi olmadığı görüldü. NMES'in kasta meydana getirdiği değişikliklerin, kasın mimari yapısına (FEKA, sarkomer boyları vb.) olan etkiden çok, nöromusküler eğitim temelli olmasından dolayı değişiklik bulamadığımızı düşünüyoruz.

Schoenrock ve ark.'nın çalışmasında, alt ekstremité kaslarında uzun süreli immobilizasyona bağlı olarak elastisitenin azaldığı belirtilmiştir. Fakat koruyucu egzersiz programı ile azalmanın önlendiği, hatta bazı kaslara uygulanan aktiviteye dönüş (*re-conditioning*) programı sonrasında elastisitede artış sağlanabileceği ifade edilmiştir (152). Schoenrock ve ark.'nın çalışmasında kullandığı egzersizler, izole eğitimler olmayıp, konsentrik ve eksentrik yüklemeleri içeren sıçramalar şeklindedir. Bu yüzden buldukları sonucun hangi komponentten olduğu bilinmemektedir. Çalışmamızda, eksentrik eğitim verilen grubun hamstring elastisitelerinde artış bulduk. Schoenrock ve ark. ile benzer sonuçlar bulmamızı, Schoenrock'un egzersizlerinin içindeki eksentrik yüklemelerden dolayı olabileceği düşüncesindeyiz. Çünkü; konsentrik egzersiz eğitiminde kas hipertrofisinin paralel sarkomer sayısındaki artışa bağlı olurken, eksentrik eğitimde serilerin içindeki sarkomer sayısı artmaktadır. Bu sayede de liflerin boyuna deforme olabilme yetenekleri, elastisiteyi artmaktadır. Gervasi ve ark.'nın çalışmasında sporcuların elastikiyetlerinin sedanterlere kıyasla daha düşük olduğu belirtilmiştir (71). Mullix ve ark.'de 21 erkek üniversite öğrencisinin kaslarının pasif mekanik özelliklerini değerlendirdiği çalışmada kendi verilerini, literatürdeki sporcularla yapılan çalışmalarla kıyaslamış ve elastisite açısından Gervasi ve ark. ile benzer bir sonuç bulmuşlardır. Gervasi ve ark.'nın ve Mullix ve ark.'nın yapmış olduğu çalışmalarda gösterdiği, sporcularda elastisitenin sedanter bireylere göre düşük olduğu sonucu, eksentrik eğitim grubu bulgularımızla ters düşmektedir. Bunun sebebi olarak 4 olası neden düşünmekteyiz: Birincisi Mullix ve ark.'nın yaptığı araştırmada, kıyaslama için kullandığı makalelerdeki sporcuların sayısının az olmasından dolayı elastisite ölçümlerinin güvenilirliğinin düşük olması; ikincisi Gervasi ve ark.'nın sporcu sayısı yüksek olmasına rağmen, genç gruplarının yaş aralığının (35-39), bizim grubumuza göre yüksek olması; üçüncüsü, diğer çalışmalarda herhangi bir eğitim verilmemişken, Schoenrock ve ark. ile bizim çalışmamızda ise eğitimin etkilerine

bakılması; son olarak, eksentrik eğitimin kasın pasif mekanik özelliklerinden elastisite açısından diğer kuvvetlendirme modalitelerine göre farklı bir etkiye sahip olmasıdır. Literatürde sporcuların kasın pasif mekanik özelliklerinden elastisiteyi düşürken, konsentrik eğitim alan grubumuzda elastisite açısından değişiklik bulamadık. Bunun sebebi olarak da 8 haftalık konsentrik kuvvetlendirme eğitiminin elastisiteye etkisinin yetersiz geldiğini veya literatürdeki sporcularla yapılan çalışmalarda rektus femoris incelendiği için, hamstring kasının özellikleriyle örtüşmediğini düşünüyoruz.

Rodriguez ve ark. 1 elit ve 2 sub-elit netball takım oyuncusu olan 29 kadın sporcunun, sezon öncesi ve sezon boyunca her ay düzenli olarak gastroknemius, soleus ve aşıl sertliğini değerlendirdikleri çalışmalarında, özellikle aşıl ve soleus kas sertliğinin, yaralanmış grupta yaralanmamış gruba göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, yaralanan sporcuların kaslarında genel olarak, yaralanmamışlara göre daha yüksek sertlik olduğunu belirtmişlerdir. Ortalama sertliklerin farklı olmasının olası bir sebebi olarak, sporcuların maruz kaldığı farklı türde antrenmanlar ve müsabakaları göstermişlerdir. Artmış kas sertliğinin yaralanma insidansı ile ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir (155). Mullix ve ark. 21 sağlıklı erkeği değerlendirip, literatürde rapor edilen sporcu değerleri ile kıyasladıkları çalışmalarında sporcuların kas sertliklerinin, sağlıklı erkeklere göre daha düşük olduğunu bulmuştur (74). Gervasi ve ark. yaptıkları çalışmada, genç sporcuların kas sertliklerini sedanter bireylerle karşılaştırdıklarında benzer bulmuşlardır (71). Gervasi ve ark.'nın çalışmasındaki "genç sporcular" olarak tanımladıkları grubun yaşı (35-39), karşılaştırdıkları genç bireylerin yaşlarından (18-35) büyük olduğu ve yine kendi çalışmalarında buldukları üzere, sporcuların yaşları arttıkça kas sertliklerinin düştüğü bulguları göz önüne alınca vardıkları sonucun güvenilirliği tartışmalı hale gelmektedir. Mullix ve ark.'nın literatürde karşılaştırdıkları sporcu popülasyonu sayısal olarak azdır. Bu nedenle genelleme yapılması zordur. Rodriguez ve ark.'nın çalışmalarında da sporcuların bir kısmının sertliklerinin yüksek, bir kısmının düşük olduğu görülmüştür. Literatürdeki bu çalışmaların ışığında; sporcuların kas sertlik değişimlerinin, sporların gerektirdiği fizyolojik ihtiyaç doğrultusunda değiştiğini düşünmekteyiz. Bu yüzden, sporcunun spor türüne göre,

sedanter bireylerin ise sedanter normlarına göre pasif mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi doğru olacaktır.

Schoenrock ve ark.'nın çalışmasında uzun süreli immobilizasyon sonrasında RF sertliğinde azalma olduğu (sarkomer serisinde azalmaya bağlı sertlik azalmasına bağlı olarak (153)) ve uyguladıkları egzersiz programı ile bu azalmanın önleendiği belirtilmiştir (152). Ke-Tien 2012'de 8 taekwondo sporcusunda, 12 hafta yüksek yoğunlukta hamstring ve kuadriseps endurans ve kuvvetlendirme, 12 haftadan sonra düşük yoğunlukta ve performans eğitimi yapmıştır. 14. haftanın sonunda en belirgin olarak, RF'nin hem kontraksiyon, hem de dinlenme halindeki sertliğinde artış bulmuştur. 14. haftadan sonraki düşüşü, yüklenme oranındaki azalmayla açıklamışlar ve kuvvetlendirme eğitiminin kas sertlik seviyesini arttırdığı sonucunu çıkarmışlardır (142). Çalışmamızda, Schoenrock ve ark. ile Ke-Tien'in bulduğu bulguları destekler nitelikte, konsentrik eğitim alan grubun hamstring sertliklerinde artma görülmüştür. Bu sertlik artışının Wu ve ark.'larının ve Azizi ve ark.'larının öne sürdüğü gibi üzere (153, 156); FEKA artışının yanı sıra, seri sarkomer sayısındaki ve aktin-miyozin köprü sayısındaki artışa bağlı olabileceğini düşünmekteyiz.

Kawczynski ve ark. 16 sağlıklı bireyde eksentrik yüklenme ile yorgunluk oluşturup, yüklenme öncesi, yüklenmenin hemen sonrası ve 24 saat sonrası olacak şekilde kas sertliklerini ölçmüşlerdir. Eksentrik yüklenme sonrasında, kas gövdesindeki sertlik ortalamasında azalma bulurken, kas-tendon bileşkesinin sertliğinde artış bulmuşlardır (157). Bu çalışmada, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, eksentrik eğitim grubunun kas sertlik değerlerinde düşüş gösterilmiştir. Kawczynski ve ark.'nın yanı sıra bizim çalışmamızda da eksentrik grubun sertliğinde azalma bulduk. Bu azalmayı: Lieber ve Ke-Tien ve ark.'nın(46, 153) belirttiği üzere, FEKA artışının altında yattığı öne sürülen paralel sarkomer sayısındaki artışa bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Butler ve ark. 2003 yılında yaptığı çalışmada, sertlikteki aşırı artış veya aşırı azalmanın, yaralanma riskini arttırabileceğini öne sürmüştür. Konsentrik yüklenmeye bağlı olarak kaslarda sertlik artışı olması, eksentrik egzersiz de ise azalma olması; Rodriguez ve ark.'nın bulduğu üzere artmış sertlik ile yaralanma ilişkisi ve Azizi ve ark.'nın öne sürdüğü artmış sertliğin kasın radial genişlemesini engelleyerek kasın kuvvet üretme yetisini azaltması, hamstring yaralanmalarında eksentrik eğitimin

etkisini açıklar niteliktedir (155, 156). Ayrıca, Wang ve ark.'nın bulduğu azalmış sertliğin, diz stabilitesini azaltması ilişkisi de sertlik artışının bazı durumlarda gerekli olduğunu göstermektedir (158). Bunun için, kasların özelliklerinin farklılığı göz önüne alınarak, her kas için yaklaşımın farklı olması gerekmektedir.

Gavronski ve ark., Hein ve Vain ve Mullix ve ark.'nın yaptıkları çalışmaların sonuçlarına göre: sporcuların RF ve BF tonuslarının birbirinden farklı olmadığı, sağlıklı bireylerde BF:RF kas tonusu oranının 0,9-1,1 arasında değiştiği ama genel olarak 1 olması gerektiği belirtilmiştir (74). Bu oranın gövde fleksiyon ve diz ekstansiyon NEH'lerine etki edebileceğini öne sürmüşlerdir (73). Çalışmamızda da, konsentrik grupta kuadriseps tonusunda anlamlı azalma olduğu saptandı. Bu azalma, konsentrik grubun bilateral kuadriseps:hamstring tonus ortalamasını 1'e yaklaştırdı. Konsentrik eğitimle ortaya çıkan bu değişim, kasın pasif mekanik özellikleri açısından yararlı olmakla birlikte, antagonist kasın kuvvetlenmesinin, agonist kas tonusunun regülasyonunda bir etkisi olabileceğini gösterdi.

Çalışmamızda katılımcıların hamstring kaslarına verilen eğitimler sonucunda, antagonist kaslarının elastisitesinde anlamlı bir değişiklik bulunmadı. Hamstring kasına verdiğimiz eğitimlerin kuadriseps sertlik ve tonusuna etki ederken, elastisitesine etki etmemesini; eğitimler sırasında kullandığımız diz açısının, kuadrisepsin hareket açıklığının son derecelerinde olmadığı için kasın elastik deformite yeteneğini zorlayacak, elastik enerji depolamasını ve harcamasını gerektirecek bir yüklenme olmamasıyla açıklayabileceğimizi düşünüyoruz.

Çalışmamızda hamstringdeki değişikliklere uyumlu bir şekilde, konsentrik grubun kuadriseps sertliğinin artarken, eksentrik grubun sertliğinin düştüğünü, NMES grubunun sertliğinin değişmediğini bulduk. Yapılan istatistiksel analizlerde de hamstring ve kuadriseps sertliklerinin, kendi içlerinde ve birbirleri ile ilişkili olduğu gördük. Bu değişimlerin olası sebebi olarak, Gavronski ve ark. ile Mullix ve ark.'nın BF:RF için önerdiği, sağlıklı bireylerdeki agonist-antagonist mekanik özellik oranının 1 olması gerekliliğinden dolayı hamstringdeki sertlik değişiminin, kuadriseps sertliğini düzenlemiş olabileceğini düşündük.

Hamstring kasındaki tonus değişimini incelediğimizde, farklı eğitim gruplarının birbiri üzerine anlamlı bir üstünlüğünü bulamadık. Farklı eğitim tipleri kuvvet, performans ve kasın diğer pasif mekanik özelliklerini farklı düzeylerde

değiştirirken; hamstring kas tonusu değişimini sağlayan, diğerlerinden üstün bir eğitim olmadığı için, kasın tonus regülasyonuna direkt olarak kas kuvvetlendirmesinin etkisi olmadığını, altta yatan nörolojik komponentin daha etkin olduğunu akla getirmektedir.

Hamstringdeki elastisite değişimleri karşılaştırıldığında, Eksentrik grubunun non-dominant hamstring elastisitesindeki artışın, NMES grubundaki azalmaya göre daha üstün olduğunu gördük. NMES eğitiminde sabit uzunlukta çalıştırılan kasa kıyasla, Nordik hamstring egzersizlerinin hamstring kasının eklem hareket açıklığını son açılara kadar kullanmasının ve eksentrik egzersizin, sarkomer sayısında ve uzunluğunda artış sağlamasının(159) bu farkı yaratabileceği kanısındayız.

Dominant taraf hamstring sertlik değişimi, eksentrik ve konsentrik grup arasında farklı bulduk. Non-dominant taraf hamstring değişimi incelendiğinde; konsentrik gruptaki sertlik artışı ile eksentrik ve NMES gruplarındaki azalmalar arasında anlamlı fark bulurken, Eksentrik gruptaki azalma sayısal olarak NMES grubundakinden fazla olmasına rağmen, birbirlerine göre üstünlük bulamadık. Konsentrik eğitimin sertliği arttırırken, eksentrik eğitimin sertliği azaltmasının; konsentrik eğitimin kasın boyunu kısaltarak, aktin-miyozin köprüsünü arttırma etkisini sağlayan fizyolojik etkisi ile eksentrik eğitimin kası boyunu uzatarak ve sarkomer uzunluğunu ve sayısını arttırmayı sağlayan farklı fizyolojik temellerinden kaynaklanmış olabileceğini düşünüyoruz. Eksentrik gruptaki sertliğin azalması ile NMES grubundaki sertliğin azalması arasında fark bulamamamızın sebebi olarak da; birey sayısının azlığı ve eksentrik eğitimindeki yükün miktarının ölçülememesi olduğunu düşünüyoruz.

Kuadriseps kasındaki tonus değişimine bakıldığında zaman, dominant kuadriseps kas tonusunda gruplar arasında anlamlı fark vardı. Konsentrik grubun kuadriseps tonusundaki azalma ile eksentrik grubundaki tonus artışı bu farkın sebebiydi. Eğitime bağlı olarak tonus oranında değişimin, sağlıklı oran olan 1'e yaklaşmak için olduğunu düşünüyoruz.

Kuadriseps kasının sertlik değişimi karşılaştırıldığı zaman; Konsentrik gruptaki bilateral sertlik artışının, NMES ve Eksentrik grubunun sertlikteki azalmasına göre üstün olmasının ve NMES ile eksentrik eğitimler arası fark olmamasının sebebinin; hamstring ve kuadriseps kaslarının sertlikleri birbiriyle

ilişkili bulunduğu için, hamstring sertliğine yapılan etkinin indirekt sonucu olduğu düşünüldü. Literatürde 1 olarak belirlenen bu oranın regülasyonunun; insan vücudunun bir tensegrity yapısı olduğu için, hamstring sertliğinin artmasının üreteceği etkiyi kuadriseps sertliğinin artması ile karşılaşması normal görülmüştür. Kuvvet homeostazı sağlanmıştır.

Gruplardaki pasif mekanik özelliklerin, performans ile ilişkilerine bakıldığı zaman;

NMES ve Konsentrik eğitim gruplarında dominant ve non-dominant kuadriseps sertlikleri ile, dominant ve non-dominant hamstring kuvvetleri arasında negatif ilişki bulduk. NMES eğitim alan grubun kasındaki pasif mekanik özelliklerindeki değişim anlamlı olmadığı için bulduğumuz korelasyonun tesadüfi olduğunu düşünüyoruz. Konsentrik grubun hamstring kuvvetlerinde ve kuadriseps sertliklerinde artış bulduğumuz için, bu zıt ilişkinin bireysel farklılıklardan kaynaklanabileceğini düşünüyoruz. Kuvvet artışına bağlı olarak, sertlikteki bireysel azalma ve artmaları, bireylerin sertlik oranlarının 1'e yakınlaşmasının sonucu olabilir.

NMES grubunun öncesi ve sonrası verileri karşılaştırıldığı zaman dominant taraf kuadriseps tonusunda anlamlı değişim bulunamadığı için, çeviklik zamanındaki değişim arasında bulunan ilişkinin tesadüfi olarak bulunduğunu düşünüyoruz.

Konsentrik grupta dominant kuadriseps tonusundaki değişim ile dominant ve non-dominant hamstring kuvvet değişimi arasında pozitif ilişki bulundu. Konsentrik grup tonus ortalamasında azalma ve hamstring kuvvet ortalamasında artma olmasına rağmen; bu ilişkinin pozitif çıkmasının, bireylerin kişisel farklılıklarından kaynaklandığını düşünüyoruz. Kuvvet artışı sayesinde tonus oranlarının 1'e yaklaşması bu ilişkiye sebebiyet vermiş olabilir.

Konsentrik gruptaki reaksiyon değişimi ile Non-dominant taraf kuadriseps sertlik değişimi arasında negatif ilişki, dominant taraf kuadriseps tonusu değişimi arasında pozitif bulunan ilişki; dominant taraf kuadriseps tonusunu düzenleyen nöral mekanizmaların düzene girmesinin sonucu olarak, kasın reaksiyonunun hızlandığını düşündürmüştür. Reaksiyon zamanına dominant bacadan bakıldığı için; non-dominant taraf kuadriseps sertlik ile olan ilişkinin, dominant taraf tonusu düzenleyen nöral sistemin bir sonucu olabilir(160).

Eksentrik gruptaki kasın pasif mekanik özelliklerinin değişimi ile performans arasında bir ilişki bulamadık. Bu bulgu eksentrik eğitimin sebep olduğu sertlikteki azalma ve elastisitedeki artışın kasın performansını arttırmaktan çok, yaralanmasını önlemeye yarayacak nitelikte olduğu düşüncemizi destekler niteliktedir.

Ke-tien yaptığı çalışmada kuvvet ve performans artışı olan (squat sıçrama, *countermovement* sıçrama, bacak bükülü tekrarlı sıçrama) taekwondocularda, RF kasının sertliğinde de artış bulmuş, fakat ilişkiye bakmamıştır (142). Pruyn ve ark. eksentrik kullanım oranı (*Eccentric utilization ratio*) ile gastro sertliği arasında pozitif, soleus sertliği ile negatif ve düş-sıçra ile soleus, gastro grubu sertlikleri arasında pozitif ilişki bulmuşlardır (154). Meerits ve ark. statik ve dinamik germenin 12 sporcudaki etkisini incelediği çalışmada, kas tonusu ve elastisitesi ile sıçrama yüksekliği arasında ilişki bulamamışlardır. Fakat statik germenin kasın elastisitesini düşürdüğünü ve bunun da sıçrama yüksekliğinde kayba yol açabileceğini söylemişlerdir. Ke-tien, Pruyn ve ark. ve Meerits ve ark.'ın bulgularına benzer şekilde yaptığımız konsentrik ve eksentrik eğitimlerin, sıçra uzan testinde gelişme sağladığını, fakat bu gelişmenin kasın herhangi bir pasif mekanik özelliği ile direkt ilişkisi olmadığını gördük.

Kalkhoven ve ark. 22 sub-elit futbolcunun farklı sertliklerini inceleyip (vertikal sertlik ve izole kas sertliği), sert veya normal grup olarak ikiye ayırıp performanslarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, sertliği yüksek olan grubun; 60 m sprint süresinde, maksimum hızında, *countermovement* sıçrama yüksekliği ve kuvvetinde, squat sıçrama yüksekliği ve kuvvetinde, çeviklikte, düş-sıçra (drop-jump) yüksekliğinde daha üstün olduğunu bulmuşlardır. Fakat sadece izole kas sertliğine göre bakıldığında; RF sertliğinin sprint süreleriyle (10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m), çeviklik testiyle; BF sertliğinin KÜO ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Diğer parametrelerde anlamlı üstünlük olmasına rağmen, izole kas sertliğinin etkisinin olmamasını tendon ile ilişkilendirmişlerdir (75). Çalışmamızda, eğitim sonrasında konsentrik ve eksentrik grupta anlamlı vertikal sıçrama ve çeviklik değişikliği bulunmasına rağmen, kuadriseps sertliği ile çeviklik arasında ve hamstring sertliği ile kuvvet değişimi arasında direkt bir ilişki bulunamadı. Kalkhoven ve ark., futbolculara yükleme yapmadan, durumsal analizlerini yapmıştır. Çalışmamızda, eğitim ile değişime bakıldığı için; Kalkhoven ve ark.'nın bulduğu

ilişkinin, Rodriguez ve ark.'nın belirttiği gibi sporcunun önceden maruz kaldığı antrenman ve maç deneyimlerinin sonucu oluşan sertliğin ve doğal olarak performans değişimini gösterdiği, bu çalışmada ise izole kas kuvvetlendirmesinin etkilerini gözler önüne serildiğini düşünmekteyiz. Bu farklılığın diğer bir sebebi olarak da, hamstring kaslarına verilen eğitimin, indirekt olarak kuadriseps kaslarına olan etkisini göstermemiz olabilir. Literatürde agonist kasa yapılan uygulamanın, antagonist kas pasif mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen benzer bir makale mevcut olmadığı için, bir sonuca ulaşmak mümkün değildir. Fakat, eksentrik ve konsentrik kuvvetlendirmenin antagonist kasın ko-aktivasyon azalttığı için de farklı sonuç almış olabiliriz.

Çalışmamızda ayrıca konsentrik eğitim grubundaki non-dominant kuadriseps sertlik değişimi ile reaksiyon zamanının arasında negatif, dominant taraf kuadriseps tonusu ile reaksiyon zamanı arasında pozitif ilişki bulduk. NMES grubunda ise dominant kuadriseps tonus değişimi ile çeviklik arasında pozitif ilişki bulduk. NMES ve konsentrik eğitimlerinin tonus üzerindeki etkileri sonucunda, her iki grup için de dom.-N-dom. değerlerinin birbirlerine yaklaştığı, ayrıca konsentrik grup için önerilen değer olan 1'e yaklaştırdığı görüldü. Bu olumlu değişimin, reaksiyon ve çeviklik değerlerindeki gelişmeyi açıklayabileceğini düşünüyoruz. Non-dominant taraf kuadriseps sertliğindeki artışı ile reaksiyon zamanındaki azalmayı açıklamak için başka çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

NMES ve konsentrik grupların pasif mekanik özelliklerindeki değişimlerin performans ile ilişkisi bulunurken, eksentrik gruptaki kasın pasif mekanik özelliklerindeki değişimlerin performans ile ilişkisinin bulunamamasının 2 açıklaması olduğunu düşünüyoruz. Birincisi direkt olarak eksentrik kuvvetlendirmenin, kasın uzayarak kasılmasını gerektirdiği için kas pasif mekanik özelliklerine etkisinin farklı olması; ikincisi ise, katılımcı sayısının, performans-pasif mekanik özellik ilişkisini göstermek için yetersiz olmasıdır.

Bu çalışmada, literatürde gösterilen ve klinikte kullanılan NMES parametrelerinden sadece biri ile bu çalışmayı yapabildik. Klinikte egzersizle birlikte elektrik stimülasyonu uygulaması yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmamızda, egzersizin etkisi ile elektrik stimülasyonunun etkisi birbirine karışacağı için bu uygulamayı da değerlendiremedik. Diğer akım parametrelerinin de etkilerinin

araştırılması gerekmektedir. Çalışmamızın bir diğer limitasyonu ise kuvvet ölçümü olarak LaFayette Manuel Kas testi cihazı kullandığımız ve el ile ölçüm yaptığımız için ölçümün nesnelliği izokinetik cihazına göre azdır. Fakat, izokinetik sistemle yapılan ölçümler uzun sürdüğü için geniş kapsamlı ve uzun vadeli çalışma planlaması gerektirmektedir.

Yaptığımız eğitim tiplerinden sadece konsentriğin yükleme şiddetini nicel olarak ayarlayabilmemiz, eksentrik ve NMES'in kontraksiyonlarındaki kuvvetini nicel olarak ayarlayamamamız başka bir limitasyonumuzdu. Konsentrik gruptaki değişimin daha başarılı ölçülebilmesi, diğer gruplardakinin daha az ölçülebilmesinin sebebinin buna bağlı olduğunu düşünüyoruz. İleriki çalışmalar için, eksentrik yükleme sırasında ayak bileklerinin üzerine koyulan bir manşon vb. gibi alet ile açığa çıkan kuvveti, basınç cinsinden ölçme yolu ile veya bunun için tasarlanmış cihazlar yardımı ile yapılmasının daha nesnel sonuçlar vereceğine inanmaktayız.

Bireylerimizin eğitim öncesi homojen olarak dağılmamış olması da başka bir limitasyonumuzdur. Bireyleri homojen dağıtılarak yapılacak olan çalışmalar, daha net sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Çalışmamız sonucunda, kasın pasif mekanik özelliklerine etki eden optimum tek bir yüklenme olmadığı bulundu.
- Eksentrik eğitim sonucunda, bilateral kuadriseps sertliklerinde azalma, bilateral hamstring elastisitelerinde artış, otur uzan, çeviklik ve sıçra uzan sonuçlarında gelişmeler bulundu.
- Konsentrik eğitim sonucunda, bilateral kuadriseps tonuslarında azalma, bilateral kuadriseps sertliklerinde artış, non-dominant hamstring tonusunda azalma, bilateral hamstring sertliklerinde artış, otur uzan, çeviklik, sıçra uzan ve reaksiyon testlerinde gelişmeler bulundu.
- NMES eğitim sonucunda, reaksiyon zamanında azalma bulundu.
- Konsentrik eğitimin kuadriseps ve hamstring sertliklerinde gösterdiği değişimin eksentrik eğitime göre daha fazla olduğu bulundu.
- Konsentrik eğitimin non dominant hamstring sertliği üzerine gösterdiği değişimin NMES eğitime göre daha fazla olduğu bulundu.
- Eksentrik eğitimin non-dominant kuadriseps elastisitesi üzerine gösterdiği değişimin NMES eğitime göre daha fazla olduğu bulundu.
- Konsentrik eğitimin dominant taraf kuadriseps tonusu üzerine gösterdiği değişimin eksentrik eğitime göre daha fazla olduğu bulundu.
- Konsentrik eğitimin dominant ve non dominant kuadriseps sertliği üzerine gösterdiği değişimin NMES eğitime göre daha fazla olduğu bulundu.
- Eksentrik eğitimin non-dominant kuadriseps elastisitesi üzerine gösterdiği değişimin NMES eğitime göre daha fazla olduğu bulundu.
- NMES grubunda;
 - Dominant taraf kuadriseps tonusundaki değişim ile çeviklik zamanındaki değişim arasında pozitif yönde,
 - Dominant taraf kuadriseps sertliği ile dominant ve non-dominant hamstring kuvvet değişimi arasında negatif yönde,
 - Non-dominant taraf kuadriseps sertliği ile non-dominant hamstring kuvvet değişimi arasında negatif yönde ilişki bulundu.
- Konsentrik eğitim grubunda;

- Dominant taraf kuadriseps tonusundaki değişim ile dominant ve non-dominant hamstring kuvvet değişimi arasında pozitif yönde,
- Dominant taraf kuadriseps tonusundaki değişim ile reaksiyon değişimi arasında pozitif yönde,
- Dominant taraf kuadriseps sertlik değişimi ile dominant taraf hamstring kuvvet değişimi arasında negatif yönde ilişki,
- Non-dominant taraf kuadriseps sertlik değişimi ile dominant ve non-dominant taraf hamstring kuvvet değişimi arasında negatif yönde ilişki,
- Non-dominant taraf kuadriseps sertlik değişimi ile reaksiyon zaman değişimi arasında negatif yönde ilişki bulundu.

Çalışmamız sonucunda, sporcularda hamstring yaralanmalarını önlemek için;

- Sporcuların hamstringlerinin pasif mekanik özellikleri açısından rutin olarak değerlendirilmesini ve değerlendirme sonuçlarına göre;
 - Sertlik artışı veya elastisite azalması varsa eksentrik eğitim modalitesinin tercih edilmesini,
 - Sertlikte azalma varsa konsentrik eğitim modalitesinin tercih edilmesi gerekmektedir.

Bu alanda yapılacak daha sonraki çalışmalarda, eksentrik eğitimdeki gelişmenin takip edilebilmesi ve doğru yüklenmenin ayarlanması için ayak bileğinden verilen direncin nesnel olarak ölçülmesi, farklı elektrik stimülasyonu tiplerinin egzersizle kombine şekilde etkisinin incelenmesi, bu etkilerin sporcu sağlığı alanında kullanılabilmesi yönelik farklı sporcu gruplarında araştırmalar yapılması önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Eirale C, Farooq A, Smiley FA, Tol JL, Chalabi H. Epidemiology of football injuries in Asia: a prospective study in Qatar. *Journal of science and medicine in sport*. 2013;16(2):113-7.
2. Gouttebarg V, Schwab BAH, Vivian A, Kerkhoffs GM. Injuries, matches missed and the influence of minimum medical standards in the A-League professional football: a 5-year prospective study. *Asian journal of sports medicine*. 2016;7(1).
3. Dalton SL, Kerr ZY, Dompier TP. Epidemiology of hamstring strains in 25 NCAA sports in the 2009-2010 to 2013-2014 academic years. *The American journal of sports medicine*. 2015;43(11):2671-9.
4. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Budtz-Jørgensen E, Hölmich P. Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*. 2011;39(11):2296-303.
5. Freckleton G, Pizzari T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2012;bjsports-2011-090664.
6. Häggglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study. *The American journal of sports medicine*. 2013;41(2):327-35.
7. Brukner P. Brukner & Khan's clinical sports medicine: McGraw-Hill North Ryde; 2012.
8. Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S, Vagenas G. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British journal of sports medicine*. 2011;45(9):709-14.
9. Goode AP, Reiman MP, Harris L, DeLisa L, Kauffman A, Beltramo D, et al. Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2014;bjsports-2014-093466.
10. Wilson GJ, Elliott BC, Wood GA. Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1992;24(1):116-23.
11. Gabbe BJ, Finch CF, Bennell KL, Wajswelner H. Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. *British journal of sports medicine*. 2005;39(2):106-10.
12. Yeung SS, Suen AM, Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British journal of sports medicine*. 2009;43(8):589-94.
13. Orchard JW. Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *The American Journal of Sports Medicine*. 2001;29(3):300-3.
14. Orchard J, Farhart P, Leopold C. Lumbar spine region pathology and hamstring and calf injuries in athletes: is there a connection? *British Journal of Sports Medicine*. 2004;38(4):502-4.
15. Kellis E, Baltzopoulos V. Isokinetic eccentric exercise. *Sports medicine*. 1995;19(3):202-22.

16. Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of sports science & medicine*. 2002;1(3):56.
17. Dvir Z, Eger G, Halperin N, Shklar A. Thigh muscle activity and anterior cruciate ligament insufficiency. *Clinical Biomechanics*. 1989;4(2):87-91.
18. Baltzopoulos V, Brodie D. Isokinetic dynamometry. *Sports medicine*. 1989;8(2):101-16.
19. Knapik J, Wright J, Mawdsley R, Braun J. Isokinetic, isometric and isotonic strength relationships. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1983;64(2):77-80.
20. Kim D, Hong J. Hamstring to quadriceps strength ratio and noncontact leg injuries: A prospective study during one season. *Isokinetics and Exercise Science*. 2011;19(1):1-6.
21. Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *The American journal of sports medicine*. 1998;26(2):231-7.
22. Askling CM, Tengvar M, Tarassova O, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med*. 2014;48(7):532-9.
23. Sherry MA, Johnston TS, Heiderscheit BC. Rehabilitation of acute hamstring strain injuries. *Clinics in sports medicine*. 2015;34(2):263-84.
24. Guex K, Millet GP. Conceptual framework for strengthening exercises to prevent hamstring strains. *Sports Medicine*. 2013;43(12):1207-15.
25. Ekstrand J, Walden M, Hagglund M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med*. 2016;50(12):731-7.
26. Standring S. *Gray's Anatomy 41st Edition*: Churchill Livingstone. Elsevier; 2016.
27. Linklater JM, Hamilton B, Carmichael J, Orchard J, Wood DG, editors. *Hamstring injuries: anatomy, imaging, and intervention*. *Seminars in musculoskeletal radiology*; 2010: © Thieme Medical Publishers.
28. Woodley SJ, Mercer SR. Hamstring muscles: architecture and innervation. *Cells tissues organs*. 2005;179(3):125-41.
29. Gans C, Bock WJ. The functional significance of muscle architecture--a theoretical analysis. *Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte*. 1965;38:115-42.
30. Gans C, De Vree F. Functional bases of fiber length and angulation in muscle. *Journal of Morphology*. 1987;192(1):63-85.
31. Bodine SC, Roy RR, Meadows DA, Zernicke RF, Sacks RD, Fournier M, et al. Architectural, histochemical, and contractile characteristics of a unique biarticular muscle: the cat semitendinosus. *Journal of neurophysiology*. 1982;48(1):192-201.
32. English AW, Weeks OI. An anatomical and functional analysis of cat biceps femoris and semitendinosus muscles. *J Morphol*. 1987;191(2):161-75.
33. Levangie PK, Norkin CC. *Joint structure and function: a comprehensive analysis*: FA Davis; 2011.
34. Last RJ. *Anatomy, regional and applied*: Churchill Livingstone; 1984.
35. Basmajian JV. *Primary anatomy*: Williams & Wilkins; 1976.

36. David JB. Hollinshead's functional anatomy of the limbs and back. Philadelphia, Saunders; 2002.
37. Agur AM, Dalley AF. Grant's atlas of anatomy: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
38. Moore KL, Dalley AF. Clinically Oriented Anatomy: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
39. Paterson A. The action of the biceps flexor cruris. *Journal of anatomy*. 1917;51(Pt 4):362.
40. Kaplan EB. Some aspects of functional anatomy of the human knee joint. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 1962;23:18-29.
41. Hollinshead WH. *Anatomy for Surgeons. Volume 3. The Back and Limbs*. Southern Medical Journal. 1961;54(1):91.
42. Palastanga N, Field D, Soames R. *Anatomy and human movement: structure and function*: Elsevier Health Sciences; 2006.
43. Williams PL. *Gray's anatomy. Nervous system*. 1995:1240-3.
44. Cutter NC, Kevorkian GC. *Handbook of manual muscle testing*: McGraw-Hill; 1999.
45. Moore K, Dalley A. *Clinically orientated anatomy* Fourth ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 1999.
46. Lieber RL. *Skeletal Muscle Structure and Function: Implications for Rehabilitation and Sports Medicine*: Williams & Wilkins; 1992.
47. De Smet AA, Best TM. MR imaging of the distribution and location of acute hamstring injuries in athletes. *American Journal of Roentgenology*. 2000;174(2):393-9.
48. Slavotinek JP, Verrall GM, Fon GT. Hamstring injury in athletes: using MR imaging measurements to compare extent of muscle injury with amount of time lost from competition. *AJR American journal of roentgenology*. 2002;179(6):1621-8.
49. Koulouris G, Connell D. Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. *Skeletal radiology*. 2003;32(10):582-9.
50. Kellis E, Galanis N, Kapetanios G, Natsis K. Architectural differences between the hamstring muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2012;22(4):520-6.
51. Lieber RL, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 2000;23(11):1647-66.
52. Segal RL, Catlin PA, Krauss EW, Merick KA, Robilotto JB. Anatomical partitioning of three human forearm muscles. *Cells Tissues Organs*. 2002;170(2-3):183-97.
53. Barrett B. The length and mode of termination of individual muscle fibres in the human sartorius and posterior femoral muscles. *Cells Tissues Organs*. 1962;48(3):242-57.
54. Wickiewicz TL, Roy RR, Powell PL, Edgerton VR. Muscle architecture of the human lower limb. *Clinical orthopaedics and related research*. 1983(179):275-83.
55. Friederich JA, Brand RA. Muscle fiber architecture in the human lower limb. *Journal of biomechanics*. 1990;23(1):91-5.
56. André Meyers M. *Mechanical Behavior of Materials. Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. 2009;81(2).

57. Masi AT, Hannon JC. Human resting muscle tone (HRMT): narrative introduction and modern concepts. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2008;12(4):320-32.
58. Woledge R. Filamentary resting tension and latency relaxation. *Molecular and Cellular Aspects of Muscle Contraction* New York, NY: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 2003.
59. Vain A. Role of skeletal muscle tone and elasticity in the workability restoration of male cross-country skiers. *Acta Academiae Olympicae Estoniae*. 2002;10:95-108.
60. Korhonen R, Vain A, Vanninen E, Viir R, Jurvelin J. Can mechanical myotonometry or electromyography be used for the prediction of intramuscular pressure? *Physiological measurement*. 2005;26(6):951.
61. Gapeyeva H, Vain A. Principles of applying Myoton in physical medicine and rehabilitation. *Methodical Guide Tartu*. 2008.
62. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of spinal disorders*. 1992;5:383-.
63. Brazier J, Bishop C, Simons C, Antrobus M, Read PJ, Turner AN. Lower extremity stiffness: Effects on performance and injury and implications for training. *Strength & Conditioning Journal*. 2014;36(5):103-12.
64. Brughelli M, Cronin J. A review of research on the mechanical stiffness in running and jumping: methodology and implications. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2008;18(4):417-26.
65. Butler RJ, Crowell III HP, Davis IM. Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clinical biomechanics*. 2003;18(6):511-7.
66. Chuang L-l, Wu C-y, Lin K-c. Reliability, validity, and responsiveness of myotonometric measurement of muscle tone, elasticity, and stiffness in patients with stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2012;93(3):532-40.
67. Pagaduan JC, Pojskić H, Užičanin E, Babajić F. Effect of various warm-up protocols on jump performance in college football players. *Journal of human kinetics*. 2012;35(1):127-32.
68. Kent-Braun JA, Ng AV, Young K. Skeletal muscle contractile and noncontractile components in young and older women and men. *Journal of Applied Physiology*. 2000;88(2):662-8.
69. Ryu M, Jo J, Lee Y, Chung Y-S, Kim K-M, Baek W-C. Association of physical activity with sarcopenia and sarcopenic obesity in community-dwelling older adults: the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Age and ageing*. 2013;42(6):734-40.
70. Agyapong-Badu S, Warner M, Samuel D, Stokes M. Measurement of ageing effects on muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps brachii in healthy males and females using a novel hand-held myometric device. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2016;62:59-67.
71. Gervasi M, Sisti D, Amatori S, Andreazza M, Benelli P, Sestili P, et al. Muscular viscoelastic characteristics of athletes participating in the European Master Indoor Athletics Championship. *European journal of applied physiology*. 2017;117(8):1739-46.
72. Meerits T, Bacchieri S, Pääsuke M, Ereline J, Cicchella A, Gapeyeva H. Acute effect of static and dynamic stretching on tone and elasticity of hamstring muscle and on

vertical jump performance in track-and-field athletes. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*. 2014;20:48-59.

73. Gavronski G, Veraksitš A, Vasar E, Maaros J. Evaluation of viscoelastic parameters of the skeletal muscles in junior triathletes. *Physiological Measurement*. 2007;28(6):625.
74. Mullix J, Warner M, Stokes M. Testing muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps femoris using a novel hand held MyotonPRO device: relative ratios and reliability. *Working Papers in Health Sciences*. 2012;1(1):1-8.
75. Kalkhoven JT, Watsford ML. The relationship between mechanical stiffness and athletic performance markers in sub-elite footballers. *Journal of sports sciences*. 2018;36(9):1022-9.
76. Perkisas S, De Cock A, Verhoeven V, Vandewoude M. Physiological and architectural changes in the ageing muscle and their relation to strength and function in sarcopenia. *European Geriatric Medicine*. 2016;7(3):201-6.
77. Bizzini M, Mannion AF. Reliability of a new, hand-held device for assessing skeletal muscle stiffness. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(5):459-61.
78. Ford L, Huxley A, Simmons R. The relation between stiffness and filament overlap in stimulated frog muscle fibres. *The Journal of physiology*. 1981;311(1):219-49.
79. Narici MV, Maganaris CN. Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *Journal of anatomy*. 2006;208(4):433-43.
80. Wilson GJ, Murphy AJ, Pryor JF. Musculotendinous stiffness: its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. *Journal of applied physiology*. 1994;76(6):2714-9.
81. Wilson JM, Flanagan EP. The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(5):1705-15.
82. Arampatzis A, Schade F, Walsh M, Brüggemann G-P. Influence of leg stiffness and its effect on myodynamic jumping performance. *Journal of electromyography and kinesiology*. 2001;11(5):355-64.
83. Bret C. As ability factors in 100 m sprint running. *J Sports Med Phys Fitness*. 2002;42:274-81.
84. Chelly SM, Denis C. Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001;33(2):326-33.
85. Farley CT, Blickhan R, Saito J, Taylor CR. Hopping frequency in humans: a test of how springs set stride frequency in bouncing gaits. *Journal of applied physiology*. 1991;71(6):2127-32.
86. Walshe AD, Wilson G, Murphy A. The validity and reliability of a test of lower body musculotendinous stiffness. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1996;73(3-4):332.
87. Cavagna GA. Elastic bounce of the body. *Journal of applied physiology*. 1970;29(3):279-82.
88. Laffaye G, Bardy BtG, Durey A. Leg stiffness and expertise in men jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(4):536-43.

89. Wu YK, Lien YH, Lin KH, Shih TF, Wang TG, Wang HK. Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010;20(1):e80-e6.
90. Bojsen-Møller J, Magnusson SP, Rasmussen LR, Kjaer M, Aagaard P. Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of Applied Physiology*. 2005;99(3):986-94.
91. Burgess KE, Connick MJ, Graham-Smith P, Pearson SJ. Plyometric vs. isometric training influences on tendon properties and muscle output. *Journal of strength and conditioning research*. 2007;21(3):986.
92. Ekstrand J, Healy JC, Waldén M, Lee JC, English B, Häggglund M. Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *Br J Sports Med*. 2012;46(2):112-7.
93. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Acute first-time hamstring strains during high-speed running: a longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. *The American journal of sports medicine*. 2007;35(2):197-206.
94. Comin J, Malliaras P, Baquie P, Barbour T, Connell D. Return to competitive play after hamstring injuries involving disruption of the central tendon. *The American journal of sports medicine*. 2013;41(1):111-5.
95. Connell DA, Schneider-Kolsky ME, Hoving JL, Malara F, Buchbinder R, Koulouris G, et al. Longitudinal study comparing sonographic and MRI assessments of acute and healing hamstring injuries. *American Journal of Roentgenology*. 2004;183(4):975-84.
96. Cohen SB, Towers JD, Zoga A, Irrgang JJ, Makda J, Deluca PF, et al. Hamstring injuries in professional football players: magnetic resonance imaging correlation with return to play. *Sports Health*. 2011;3(5):423-30.
97. Gibbs N, Cross T, Cameron M, Houang M. The accuracy of MRI in predicting recovery and recurrence of acute grade one hamstring muscle strains within the same season in Australian Rules football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2004;7(2):248-58.
98. Crema MD, Guermazi A, Tol JL, Niu J, Hamilton B, Roemer FW. Acute hamstring injury in football players: association between anatomical location and extent of injury—a large single-center MRI report. *Journal of science and medicine in sport*. 2016;19(4):317-22.
99. Kerkhoffs GM, van Es N, Wieldraaijer T, Sierevelt IN, Ekstrand J, van Dijk CN. Diagnosis and prognosis of acute hamstring injuries in athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21(2):500-9.
100. Koulouris G, Connell DA, Brukner P, Schneider-Kolsky M. Magnetic resonance imaging parameters for assessing risk of recurrent hamstring injuries in elite athletes. *The American journal of sports medicine*. 2007;35(9):1500-6.
101. Wood DG, Packham I, Trikha SP, Linklater J. Avulsion of the proximal hamstring origin. *JBJS*. 2008;90(11):2365-74.
102. Davis KW, editor *Imaging of the hamstrings*. *Seminars in musculoskeletal radiology*; 2008: © Thieme Medical Publishers.
103. Kirkendall DT, Garrett Jr WE. Clinical perspectives regarding eccentric muscle injury. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2002;403:S81-S9.

104. Taylor MA, Norman TL, Clovis NB, Blaha JD. The response of rabbit patellar tendons after autologous blood injection. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002;34(1):70-3.
105. Koulouris G, Connell D. Imaging of hamstring injuries: therapeutic implications. *European radiology*. 2006;16(7):1478-87.
106. Stauber WT. Repair models and specific tissue responses in muscle injury. *Sports-Induced Inflammation*. 1990:205-13.
107. Thelen DG, Chumanov ES, Hoerth DM, Best TM, Swanson SC, Li L, et al. Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(1):108-14.
108. Thelen DG, Chumanov ES, Best TM, Swanson SC, Heiderscheit BC. Simulation of biceps femoris musculotendon mechanics during the swing phase of sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(11):1931-8.
109. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Acute first-time hamstring strains during slow-speed stretching: clinical, magnetic resonance imaging, and recovery characteristics. *The American journal of sports medicine*. 2007;35(10):1716-24.
110. Lempainen L, Sarimo J, Mattila K, Heikkilä J, Orava S. Distal tears of the hamstring muscles: review of the literature and our results of surgical treatment. *British journal of sports medicine*. 2007;41(2):80-3.
111. Ekstrand J, Häggglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British journal of sports medicine*. 2010;bjsports60582.
112. Woods C, Hawkins R, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *British journal of sports medicine*. 2004;38(1):36-41.
113. Seward H, Orchard J. AFL injury report 2003. *Sport Health*. 2004;22(2):7.
114. Seward H, Orchard J. AFL injury report 2002. *Sport Health*. 2003;21(2):18.
115. Tyler TF, Schmitt BM, Nicholas SJ, McHugh MP. Rehabilitation after hamstring-strain injury emphasizing eccentric strengthening at long muscle lengths: results of long-term follow-up. *Journal of sport rehabilitation*. 2017;26(2):131-40.
116. Chu SK, Rho ME. Hamstring injuries in the athlete: diagnosis, treatment, and return to play. *Current sports medicine reports*. 2016;15(3):184.
117. Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2010;40(2):67-81.
118. Reynolds J, Noakes T, Schwellnus M, Windt A, Bowerbank P. Non-steroidal antiinflammatory drugs fail to enhance healing of acute hamstring injuries treated with physiotherapy. *South African Medical Journal*. 1995;85(6).
119. Malliaropoulos N, Papalexandris S, Papalada A, Papacostas E. The role of stretching in rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes follow-up. *Medicine and science in sports and exercise*. 2004;36(5):756-9.
120. Pas HI, Reurink G, Tol JL, Weir A, Winters M, Moen MH. Efficacy of rehabilitation (lengthening) exercises, platelet-rich plasma injections, and other conservative

- interventions in acute hamstring injuries: an updated systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49(18):1197-205.
121. Sherry MA, Best TM. A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 2004;34(3):116-25.
 122. Silder A, Sherry MA, Sanfilippo J, Tuite MJ, Hetzel SJ, Heiderscheit BC. Clinical and morphological changes following 2 rehabilitation programs for acute hamstring strain injuries: a randomized clinical trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy.* 2013;43(5):284-99.
 123. Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med.* 2013;bjsports-2013-092165.
 124. Reurink G, Goudswaard GJ, Moen MH, Weir A, Verhaar JA, Bierma-Zeinstra SM, et al. Platelet-rich plasma injections in acute muscle injury. *New England Journal of Medicine.* 2014;370(26):2546-7.
 125. A Hamid MS, Mohamed Ali MR, Yusof A, George J, Lee LPC. Platelet-rich plasma injections for the treatment of hamstring injuries: a randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine.* 2014;42(10):2410-8.
 126. de Jonge S, de Vos RJ, Weir A, van Schie HT, Bierma-Zeinstra SM, Verhaar JA, et al. One-year follow-up of platelet-rich plasma treatment in chronic Achilles tendinopathy: a double-blind randomized placebo-controlled trial. *The American journal of sports medicine.* 2011;39(8):1623-30.
 127. de Vos RJ, Weir A, van Schie HT, Bierma-Zeinstra SM, Verhaar JA, Weinans H, et al. Platelet-rich plasma injection for chronic Achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *Jama.* 2010;303(2):144-9.
 128. Cibulka MT, Rose SJ, Delitto A, Sinacore DR. Hamstring muscle strain treated by mobilizing the sacroiliac joint. *Physical therapy.* 1986;66(8):1220-3.
 129. Mehhallo CJ, Drezner JA, Bytowski JR. Practical management: nonsteroidal antiinflammatory drug (NSAID) use in athletic injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine.* 2006;16(2):170-4.
 130. Paoloni J, Milne C, Orchard J, Hamilton B. Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in sports medicine. Guidelines for practical but sensible use. *British Journal of Sports Medicine.* 2009.
 131. Urso ML. Anti-inflammatory interventions and skeletal muscle injury: benefit or detriment? *Journal of applied physiology.* 2013;115(6):920-8.
 132. Ziltener J-L, Leal S, Fournier P-E. Non-steroidal anti-inflammatory drugs for athletes: an update. *Annals of physical and rehabilitation medicine.* 2010;53(4):278-88.
 133. Reurink G, Goudswaard GJ, Moen MH, Weir A, Verhaar JA, Tol JL. Myotoxicity of injections for acute muscle injuries: a systematic review. *Sports Medicine.* 2014;44(7):943-56.
 134. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian journal of medicine & science in sports.* 2003;13(4):244-50.

135. Arnason A, Andersen T, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2008;18(1):40-8.
136. Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, Reddin DB. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *The American journal of sports medicine*. 2006;34(8):1297-306.
137. Gabbe B, Branson R, Bennell K. A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football. *Journal of science and medicine in sport*. 2006;9(1):103-9.
138. Seagrave III RA, Perez L, McQueeney S, Toby EB, Key V, Nelson JD. Preventive effects of eccentric training on acute hamstring muscle injury in professional baseball. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2014;2(6):2325967114535351.
139. Brukner P. Hamstring injuries: prevention and treatment—an update. *Br J Sports Med*. 2015;49(19):1241-4.
140. Valle X, Tol JL, Hamilton B, Rodas G, Malliaras P, Malliaropoulos N, et al. Hamstring muscle injuries, a rehabilitation protocol purpose. *Asian journal of sports medicine*. 2015;6(4).
141. Suresh K. An overview of randomization techniques: an unbiased assessment of outcome in clinical research. *Journal of human reproductive sciences*. 2011;4(1):8.
142. Ke-tien Y. Training periodization in lower limb performance and neuromuscular controlling in taekwondo athletes. *Life Sci J*. 2012;9:850-7.
143. Bell SE. The reliability and validity of the Myotonometer as a measure of hamstring muscle stiffness: The University of North Carolina at Chapel Hill; 2014.
144. Ayala F, de Baranda PS, Croix MDS, Santonja F. Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. *Physical Therapy in Sport*. 2012;13(4):219-26.
145. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Pua Y-H, Williams GP, et al. Assessment of lower limb muscle strength and power using hand-held and fixed dynamometry: A reliability and validity study. *PloS one*. 2015;10(10):e0140822.
146. Amiri-Khorasani M, Sahebozamani M, Tabrizi KG, Yusof AB. Acute effect of different stretching methods on Illinois agility test in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(10):2698-704.
147. Schwesig R, Koke A, Fischer D, Fieseler G, Jungermann P, Delank K-S, et al. Validity and reliability of the new handball-specific complex test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016;30(2):476-86.
148. MENEVŞE A. Basketbolcuların Oyun Pozisyonlarına Göre Reaksiyon Zamanlarının Karşılaştırılması. *SELÇUK ÜNİVERSİTESİ BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR BİLİM DERGİSİ*. 2011;13(2):233-6.
149. Mjøltnes R, Arnason A, Østhaen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2004;14(5):311-7.
150. Glaviano NR, Langston WT, Hart JM, Saliba S. Influence of patterned electrical neuromuscular stimulation on quadriceps activation in individuals with knee joint injury. *International journal of sports physical therapy*. 2014;9(7):915.

151. Hayran M, Hayran M. Sağlık Araştırmaları İçin Temel İstatistik (1. Basım). Art Ofset Matbaacılık Yayıncılık Organizasyon Ankara Sayfa. 2011;95.
152. Schoenrock B, Zander V, Derst S, Limper U, Mulder E, Veraksits A, et al. Bed Rest, Exercise Countermeasure and Reconditioning Effects on the Human Resting Muscle Tone System. *Frontiers in Physiology*. 2018;9:810.
153. Wu R, Delahunt E, Ditroilo M, Lowery M, De Vito G. Effects of age and sex on neuromuscular-mechanical determinants of muscle strength. *Age*. 2016;38(3):57.
154. Pruyn EC, Watsford M, Murphy A. The relationship between lower-body stiffness and dynamic performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2014;39(10):1144-50.
155. Pickering Rodriguez EC, Watsford ML, Bower RG, Murphy AJ. The relationship between lower body stiffness and injury incidence in female netballers. *Sports biomechanics*. 2017;16(3):361-73.
156. Azizi E, Deslauriers AR, Holt NC, Eaton CE. Resistance to radial expansion limits muscle strain and work. *Biomechanics and modeling in mechanobiology*. 2017;16(5):1633-43.
157. Kawczyński A, Mroczek D, Andersen RE, Stefaniak T, Arendt-Nielsen L, Madeleine P. Trapezius viscoelastic properties are heterogeneously affected by eccentric exercise. *Journal of science and medicine in sport*. 2018.
158. Wang D, De Vito G, Ditroilo M, Delahunt E. Effect of sex and fatigue on muscle stiffness and musculoarticular stiffness of the knee joint in a young active population. *Journal of sports sciences*. 2017;35(16):1582-91.
159. Franchi MV, Reeves ND, Narici MV. Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Frontiers in physiology*. 2017;8:447.
160. Folland JP, Williams AG. Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports medicine*. 2007;37(2):145-68.

8. EKLER

EK-1. Tez Çalışması İle İlgili Etik Kurul İzni.



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557 -1057

Konu : ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 25 EKİM 2016 SALI
Toplantı No : 2016/21
Proje No : GO 16/622 (Değerlendirme Tarihi: 11.10.2016)
Karar No : GO 16/622- 06

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Tüzün FIRAT' ın sorumlu araştırmacı olduğu, Uzm. Fzt. Kıvanç DELİOĞLU ile birlikte çalışacakları ve Fzt. Özgün UYSAL' ın yüksek lisans tezi olan, GO 16/622 kayıt numaralı ve *"Sağlıklı Bireylere Uygulanan Farklı Kuvvetlendirme Yöntemlerinin Hamstring Kas Grubu Pasif Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması"* başlıklı proje önerisi araştırmacının gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

- | | |
|--|--|
| 1. Prof. Dr. Sevda F. MÜFTÜOĞLU (Başkan) | 10 Prof. Dr. Oya Nuran EMİROĞLU (Üye) |
| 2. Prof. Dr. Nurten AKARSU (Üye) | 11 Yrd. Doç. Dr. Özay GÖKÖZ (Üye) |
| 3. Prof. Dr. M. Yıldırım SARA (Üye) | 12. Doç. Dr. Gözde GİRGIN (Üye) |
| 4. Prof. Dr. Necdet SAGLAM (Üye) | 13. Doç. Dr. Fatma Visal OKUR (Üye) |
| İZİNLİ | |
| 5. Prof. Dr. Hatice Doğan BUZOĞLU (Üye) | 14. Yrd. Doç. Dr. Can Ebru KURT (Üye) |
| 6. Prof. Dr. R. Köksal ÖZGÜL (Üye) | 15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev TURNAGÖL (Üye) |
| 7. Prof. Dr. Ayşe Lale DOĞAN (Üye) | İZİNLİ |
| | 16. Öğr. Gör. Dr. Müge DEMİR (Üye) |
| 8. Prof. Dr. Elmas Ebru YALÇIN (Üye) | 17. Öğr. Gör. Meltem ŞENGELEN (Üye) |
| 9. Prof. Dr. Mintaze Kerem GÜNEL (Üye) | 18. Av. Meltem ONURLU (Üye) |

EK-2. Katılımcılardan Alınan Aydınlatılmış Onam.

ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU

Sağlıklı bireylerde farklı egzersiz türlerinin kasın pasif mekanik özelliklerine etkisini göstermek amaçlı bir çalışma yapmaktayız. Araştırmanın ismi “Sağlıklı bireylere uygulanan farklı kuvvetlendirme yöntemlerinin hamstring kas grubu pasif mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması” dır.

Sizin bu çalışmaya katılmanızı rica ediyoruz. Ancak hemen söyleyelim ki bu çalışmaya katılıp katılmamakta serbestsiniz. Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayalıdır. Kararınızdan önce çalışma hakkında sizi bilgilendirmek istiyoruz. Bu bilgileri okuyup, anladıktan sonra araştırmaya dahil olmak isterseniz formu imzalayınız.

Bu araştırmayı yapmak istememizin nedeni sağlıklı bireylerde hamstring kas grubu (uyluğunuzun arka grup kasları) için, pasif mekanik özellikler açısından en uygun yükleme modeli belirlemek, bu sayede hem ileriki zamanlarda olabilecek bir yaralanmayı önlemek için, hem de tedavi yaklaşımlarında bu modelin kullanımı önermektir. 03 Ekim 2016 – 03 Haziran 2018 tarihleri arasında yapılacak ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü El Cerrahisi Rehabilitasyonu Ünitesi’nde ve Hacettepe Üniversitesi Sıhhiye Spor Salonunda gerçekleşecek olan bu çalışmaya katılmanız araştırmanın başarısı için önemlidir.

Eğer araştırmaya katılmayı kabul ederseniz Doç.Dr.Tüzün Fırat, Fzt. Özgün Uysal ve Uzm.Fzt.Kıvanç Delioğlu tarafından değerlendirilecektir. Değerlendirme kayıtlarınız ve kimliğiniz belirtilmeden sağlık alanında öğrenim gören öğrencilerin eğitiminde ve/veya bilimsel nitelikli yayınlarda kullanılabilir. Bunun dışında bu kayıtlar kullanılamayacak ve başkalarına verilmeyecektir.

Çalışma Kapsamında Yapılacak İşlemler

1. Sizleri elektrikle kas güçlendirme(NMES), kasın uzayarak kasılmasını (Eksentrik) ve kasın kısalarak kasılmasını içeren (Konsentrik) yüklenme gruplarından birine randomize olarak atayacağız.

2. Uzm. Fzt. Kıvanç Delioğlu tarafından Myoton- 3 ismi verilen cihaz ile değerlendirme yapacağımız kasların üzerine gelerek cihazın cilt üzerine acısız ve yumuşak bir şekilde dokunmasını sağlayacağız. Cihaz, yaptığı bu dokunma sonrasında kasların sertlikleri ve esneme özellikleri ile ilgili bize bilgi verecektir.

3. Fzt. Özgün Uysal tarafından otur uzan testi yapılacaktır. Bu test için; katılımcılar bacaklar bitişik, dizler ekstansiyonda ve ayak tabanları bir kutuya yaslanacak şekilde yere oturacaklardır. Daha sonra avuçları aşağı bakacak şekilde ellerini üst üste koyup, kollarını öne doğru uzatacaklardır. Katılımcılardan dizlerini bükmeden, cetvel boyunca uzanabildikleri kadar uzanmaları istenecektir. Uzanma en yakın 0,5cmlik dilim baz alınarak kayıt edilecektir.

4.Fzt. Özgün Uysal tarafından kas kuvvet testi yapılacaktır. Uyluk arka (Hamstring) ve ön (Quadriceps) kas gruplarının kuvvet testleri için katılımcılar yatak kenarında ayaklar serbest diz ve kalça 90 derecede pozisyonlanacaktır ve direnç ayak bileğinin üstünden uygulanacaktır. bu test sırasında uyluğun yataktan temasını kesmemesi gerekmektedir.

5. Fzt. Özgün Uysal tarafından İllinois çeviklik testi uygulanacaktır. Bu testte; 4 koni 5m genişliğinde ve 10m uzunluğunda dikdörtgen oluşturacak şekilde yerleştirilecektir. Yakın köşelerdeki koniler başlangıç ve bitiş, uzak köşeler dönme noktaları olarak işaretlenecektir. Alanın ortasına 4 adet koni 3.3 metre aralıklarla tek sıra halinde dizilecektir. Katılımcı başlama noktasında eller omuz hizasında yüz üstü pozisyonunda bekler. Başla komutu ile kalkar ve karşı köşedeki koniye dokunarak döner. Merkezdeki konileri sırasıyla çapraz geçerek gider ve gelir, diğer köşedeki koniye dokunarak döner ve bitiş konisine gelir. Hiçbir koninin devrilmemesi gerekir. Test sırasında süre tutulur.

6. Fzt. Özgün Uysal tarafından sıçra uzan testi yapılacaktır. Bu testte; Katılımcı bir yanı duvara dönük, duvara yakın eli yukarı doğru uzanacak şekilde pozisyon alır. Parmak uçları işaretlenir. Sonra katılımcı yukarı doğru zıplayabildiği kadar yükseğe zıplar. Kolların ve ayakların hareketi serbesttir. 2 Denemenin en iyisi cm cinsinden değerlendirilir (ayakta dururken uzandığı yükseklik/sıçramayla uzanılan yükseklik).

7. Fzt. Özgün Uysal tarafından reaksiyon zaman testi yapılacaktır. Bu testte; Katılımcı ayağını duvardan 5 cm önde tutacak şekilde rahat bir pozisyonda oturtulur.

Test yöneticisinin duvara yakın yerden bırakacağı cetveli, katılımcı ayak başparmağı ile duvar arasında sıkıştırır. Baş parmağın üzerinde kalan sayı, cm cinsinden not alınır. 5 denemenin en iyi ve kötüsü çıkarılıp, ortalaması alınır.

8. Bu ölçümlerden sonra, atandığınız gruba göre 8 haftalık bir eğitim süreci boyunca kas kuvvetlendirmesine yönelik egzersiz yaptıracağız.

9. Egzersiz protokollerinin sonunda Uzm.Fzt.Kıvanç Delioğlu'nun kontrolünde myoton-3 isimli cihazla ölçümü tekrarlayacağız. Ve otur uzan testi, kas kuvvet testi, illinois çeviklik testi, sıçra uzan testi ve reaksiyon zaman testi Fzt.Özgün Uysal tarafından tekrarlanacaktır.

Yapılan bu değerlendirmelerin hiç bir riski bulunmamaktadır. Eksentrik yüklenme grubundaki kişilerde yüklenme sonrası “*Delayed Onset Of Muscle Soreness (DOMS)*” adı verilen gecikmiş kas ağrısı meydana gelebilir ve dinlenmeyle geçicidir. Bunun dışında herhangi bir ağrı oluşmamaktadır. Bu çalışmaya dahil olmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecek aynı zamanda dahil olduğunuz takdirde size ek bir ücret ödenmeyecektir.

Değerlendirmeler Sırasında Oluşabilecek Riskler:

Çalışma kapsamında yapılacak değerlendirmeler herhangi bir risk içermemektedir. Değerlendirme yöntemleri ağrısızdır ve girişimsel bir uygulama içermemektedir. Çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır, çalışmaya katılmayı reddedebilirsiniz. Reddetmeniz durumunda yapılacak değerlendirme ve tedavi yöntemlerinde bir değişiklik yapılmayacaktır. Değerlendirme sırasında (çalışma esnasında) onayınızı çekme hakkına da sahipsiniz.

Yapılacak Çalışmanın Getireceği Olası Yararlar:

Bu çalışma sonrasında elde edilecek bilgilerin sağlıklı bireylerde uyluk arkası (hamstring) kas grubu için, kasın sertlikleri, esneme özellikleri açısından en uygun yükleme modeli belirlemeye yardımcı olacağını düşünmekteyiz. Elde edeceğimiz bilgilerin tedavi programlarımıza ve egzersiz yaklaşımlarımıza yol göstereceğini olacağını düşünüyor; gelecekte oluşacak yaralanmayı önlemeyi hedefleyen koruyucu fizyoterapiyi desteklemeyi amaçlıyoruz. Çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır, çalışmaya katılmayı reddedebilirsiniz. Reddetmeniz

durumunda yapılacak değerlendirme ve tedavi yöntemlerinde bir değişiklik yapılmayacaktır. Değerlendirme sırasında (çalışma esnasında) onayınızı çekme hakkına da sahipsiniz.

Katılımcı Beyanı

Sayın Fzt. Özgün Uysal, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, El Cerrahisi Rehabilitasyonu Ünitesi'nde ve Hacettepe Üniversitesi Sıhhiye Spor salonunda araştırma yapacağını belirterek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgileri bana aktardı. Bu bilgilendirme sonrasında, bu araştırmaya “katılımcı” olarak davet edildim.

Eğer bu araştırmaya dahil olursam, şahsıma ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında büyük özen ve saygı ile yaklaşılacağına inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında şahsıma ait kişisel bilgilerin özenle korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi.

Projenin yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim.

Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili olarak herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır.

Araştırma ile ilgili bir durumda herhangi bir saatte Doç. Dr. Tüzün Fırat'ı 0532 671 0635, Fzt. Özgün Uysal'ı 05059184661 no'lu telefonda veya 0312 305 25 25 – 185 no'lu iş telefonundan arayabileceğimi biliyorum.

Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve dahil olmayabilirim. Araştırmaya dahil olmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımına ve fizyoterapist ile olan ilişkiye herhangi bir zarar getirmeyeceğini biliyorum.

Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntıları ile anlamış bulunmaktayım. Kendi başıma belli bir düşünme süresi sonunda, adı geçen bu araştırma projesine “katılımcı” olarak dahil olma kararını aldım. Bu konuda yapılan daveti büyük bir memnuniyet ve gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. İmzalı bu form kağıdının bir kopyası bize verilecektir.

Katılımcı

Adı Soyadı:

Adres:

Telefon:

İmza:

Görüşme Tanığı

Adı Soyadı:

Adres:

Telefon:

İmza:

Katılımcı İle Görüşen Fizyoterapist

Adı Soyadı: Özgün Uysal

Ünvanı: Fizyoterapist

Adres: Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, El Cerrahisi Ünitesi, Samanpazarı/ANKARA

Telefon: 05059184661

İmza:

EK-3. Değerlendirme Formu.

Kişisel Bilgiler

Ad, Soyad :

Sigara:

Yaş :

Alkol:

Boy uzunluğu:

Vücut ağırlığı:

VKI :

Son 1 yıl içerisinde yapılan spor:

Dominant taraf:

Geçmiş herhangi bir cerrahi öyküsü:

Özgeçmiş:

Soygeçmiş:

Geçirilmiş diz, kalça ve/veya bel yaralanması var mı?:

Geçmiş herhangi bir hamstring yaralanma öyküsü var mı?:

Herhangi bir kronik hastalığı var mı?:

Devam etmekte olan bir kalça, diz ve/veya bel ağrısı var mı?:

Alt ekstremité uzunluğu: Sağ / Sol

Ölçümler

Kuvvetlendirme grubu:

Myoton:

	Tonus		Elastisite		Sertlik	
	SAĞ	SOL	SAĞ	SOL	SAĞ	SOL
Hamstring						
Quadriceps						

Otur Uzan Testi:

1.	2.	3.	Ortalama

Kas kuvvet testi:

	1.	2.	3.	Ortalama
	R L	R L	R L	R L
Hamstring				
Quadriceps				

Çeviklik Testi:

	Zaman

Sıçra Uzan Testi:

Duruş	1.	2.	En iyisi

Reaksiyon Zaman Testi:

1.	2.	3.	4.	5.	ortalama	sonuç

[illegible]

Ölçümler**Kuvvetlendirme grubu:****Myoton:**

	Tonus		Elastisite		Sertlik	
	SAĞ	SOL	SAĞ	SOL	SAĞ	SOL
Hamstring						
Quadriceps						

Otur Uzan Testi:

1.	2.	3.	Ortalama

Kas kuvvet testi:

	1.		2.		3.		Ortalama	
	R	L	R	L	R	L	R	L
Hamstring								
Quadriceps								

Çeviklik Testi:

	Zaman
Total Süre	

Sıra Uzan Testi:

Duruş	1.	2.	En iyisi

Reaksiyon Zaman Testi:

1.	2.	3.	4.	5.	ortalama	sonuç



EK-4. Görseller İçin Alınan İzinler.



özgün Uysal <uysalozgun@gmail.com>

Permission to use figures

3 ileti

özgün Uysal <uysalozgun@gmail.com>

22 Mayıs 2018 12:07

Alici: "stephanie.woodley@anatomy.otago.ac.nz" <stephanie.woodley@anatomy.otago.ac.nz>

Dear Stephanie J. Woodley,

I am an Master's student in Hacettepe University Physiotherapy and Rehabilitation Department, Ankara Turkey. I am doing my thesis on Hamstring muscle group and for hamstring group's architecture I am citing your article named "Hamstring Muscles: Architecture and Innervation" which was published in Cells Tissues Organs journal in 2005 with doi of 10.1159/000085004.

I would be deeply grateful if you give me permission to use your figures in my master's thesis.

Thanks in advance,

Kind regards,

Özgün Uysal

Stephanie Woodley <stephanie.woodley@otago.ac.nz>

23 Mayıs 2018 02:12

Alici: özgün Uysal <uysalozgun@gmail.com>

Dear Özgün,

Thank you for your email, and I am interested to hear of your Master's research. I am happy for you to use these images, but I think that you probably will have to contact the publisher of the journal (Cells Tissues Organs) to ask their permission first.

All the best with your project,

Stephanie



özgün Uysal <uysalozgun@gmail.com>

permission to use figures

2 ileti

özgün Uysal <uysalozgun@gmail.com>
Alici: cto@karger.com

23 Mayıs 2018 09:41

Dear Angela Lorenz,
I am a Master's student in Hacettepe University Physiotherapy and Rehabilitation Department, Ankara Turkey. I am doing my thesis on Hamstring muscle group and for hamstring group's architecture I am citing an article named "Hamstring Muscles: Architecture and Innervation" which was published in Cells Tissues Organs journal in 2005 with doi of 10.1159/000085004.
I would be deeply grateful if you give me permission to use your figures in my master's thesis.
I have already get consent from the author.
Thanks in advance,
Kind regards,
Özgün Uysal

Rights and Permissions <permission@karger.com>
Alici: "uysalozgun@gmail.com" <uysalozgun@gmail.com>
Cc: "Lorenz, Angela" <a.lorenz@karger.com>

24 Mayıs 2018 11:21

Dear Mr Uysal,

Thank you for your email. As to your request, I am pleased to inform you that permission is granted hereby to reprint some of the figures from the article

Cells Tissues Organs 2005;179:125–141 · 10.1159/000085004

Hamstring Muscles: Architecture and Innervation

Stephanie J. Woodley, Susan R. Mercer

as part of the printed and electronic version of your doctoral dissertation, provided that proper credit will be given to the original source and that S. Karger AG, Basel will be mentioned.

Please note that this is a non-exclusive permission, hence any further use, edition, translation or distribution, either in print or electronically, requires written permission again as this permission is valid for the above mentioned purpose only.

This permission applies only to copyrighted content that S. Karger AG owns, and not to copyrighted content from other sources. If any material in our work appears with credit to another source, you must also obtain permission from the original source cited in our work. All content reproduced from copyrighted

**HAMSTRİNG KAS GRUBUNA UYGULANAN NÖRÜMÜSKÜLER ELEKTRİK
STİMÜLASYONUNUN HAMSTRİNG VE QUADRİCEPS KASLARI
VİSKOELASTİK ÖZELLİKLERİNE OLAN ETKİSİ: PİLOT ÇALIŞMA**

Özgün UYSAL¹, Kıvanç DELİOĞLU¹, Tüzün FIRAT¹

¹Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, El Cerrahisi
Rehabilitasyonu Ünitesi, Altındağ, ANKARA.

ÖZET

Giriş

Nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES), kas performansını arttırmak için tercih edilen fizyoterapi uygulamalarından birisidir. Kas fonksiyonuna olan etkileri bilinmesine rağmen, NMES'in kas viskoelastik özelliklerine olan etkisi henüz araştırılmamıştır.

Amaç

Çalışmamızın amacı, sağlıklı bireylerde hamstring kas grubuna uygulanan NMES'in hamstring ve quadriceps kaslarının viskoelastik özelliklerine olan etkisini araştırmaktır.

Yöntem

Çalışmaya yaş ortalaması (23.45±2.979) olan, önceden hamstring ve quadriceps ile ilgili bir yaralanma geçirmemiş, sağ bacak dominantlığı olan 9 sağlıklı sedanter erkek birey dâhil edildi. Bireylerin demografik bilgileri, hamstring grubunun esneklik, kuvvet, alt ekstremite patlayıcı kuvvet ve kas viskoelastik özellikleri (kas tonusu, sertliği ve elastisitesi) değerlendirildi. Benzer şekilde quadriceps kasının da kuvvet ve viskoelastik özellikleri değerlendirildi. Kas kuvveti manuel kas testi aleti ile; kas viskoelastik özellikleri de Myoton 3 cihazı ile değerlendirildi. İlk değerlendirme sonrasında hamstring kaslarına bilateral olarak NMES protokolüne başlandı. Bireyler haftada 3 gün 8 hafta programa alındı. Sekiz haftanın sonunda değerlendirmeler tekrarlandı.

Bulgular

NMES uygulaması sonrasında dominant olmayan taraftaki (sol) quadriceps ve hamstring tonuslarında azalma ($p=0.024$ ve $p=0.036$) görüldü. Diğer parametrelerde değişiklik yoktu.

Tartışma ve Sonuç

NMES sonrası non-dominant bacakta görülen tonus azalması, kasların daha uygun istirahat tonuslarına ulaştığını göstermektedir. Ancak NMES, herhangi bir kassal performans artışına neden olmamıştır.

Anahtar Sözcükler

Hamstring, Quadriceps, Elektrik Stimulasyon, Kas Viskoelastik Özellikleri

1. GİRİŞ

Nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES), kas performansını arttırmak için, düzenli egzersiz programlarına tamamlayıcı olarak eklenen ve sıkça tercih edilen fizyoterapi uygulamalarından birisidir. NMES, cilt üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığı ile hedef kaslara akım verilmesini, bu sayede nöromusküler bileşkenin uyarılarak depolarizasyon oluşturularak kas kontraksiyonu oluşumunu sağlar. NMES, uyarı ve dinlenme periyodları içerir. Bu sayede tetanik kontraksiyon önlenir. İnervasyonunu koruyan kaslarda nörolemma, depolarizasyondan sorumlu temel ara yüzdür. Egzersiz uygulamaları ile genellikle önce yavaş motor ünitler sonra hızlı motor ünitler aktive olurken NMES ile tüm motor ünitler birlikte aktive olur. NMES, kasta birçok fizyolojik değişikliğe yol açar. İstemli kontraksiyon ile karşılaştırıldığında daha fazla kan akışı ve oksijenlenme meydana getirir. Ayrıca tek seanslık bir NMES uygulaması bile kasın myojenik sürecini başlatması açısından yeterlidir. Uzun süreli uygulamalarda RNA konsantrasyonunda artışa neden olur. Bu sayede kastaki protein sentezini artırır.

Periferik kas fonksiyonunu arttırmak için genellikle 10-30 dk süre, 4-5 haftalık ve toplamda 20-25 seanslar gerekir. NMES genellikle 2 başlık altında incelenir: Alçak frekanslı NMES (frekansı 50 Hz'den az) ve yüksek frekanslı NMES (frekansı 50 Hz ve üzeri). Bu ayrım, stimüle edilecek olan kasın kontraksiyon tipi temel alınarak yapılır. Hızlı kontraksiyon yeteneği ve uzun ekskürsiyonlu kaslar için yüksek frekanslı NMES uygunken; yavaş kasılan, endürans yeteneği yüksek kaslar için alçak frekanslı NMES tercih edilir. Yüksek frekanslı NMES ile kasta anabolik süreçler daha yoğun olarak görülürken daha yüksek tork değerleri elde edilir.

Günümüzde, kas performansını artırıcı ve kas yeniden eğitimine olan katkısı nedeniyle NMES, kabul gören bir fizyoterapi uygulamasıdır. Ancak NMES programları, parametreleri ve uygulama zamanlaması yönünden sınırsız seçenekleri olması nedeniyle patolojiye ve sürece özel net kılavuzlar hala belirli değildir. Laboratuvar çalışmaları hayvanlar üzerine

yapılmakta ve enzimatik değişiklikler ortaya konmasına rağmen, bunların insanlardaki genellemesi tartışmalıdır.

Kas performansı, genellikle kas kontraksiyonu ve bunu oluşturan nöral yapı adaptasyonları ile araştırılmaktadır. Ancak kas performansını etkileyen bir diğer unsur kasın pasif viskoelastik özellikleridir. Bu özellikler kas tonusu, kas sertliği ve elastisitesidir. Bu komponentler, kontraktıl yapının yanı sıra kasın konnektif doku tabakalarının da yapısını içerir. Kas fonksiyonuna olan etkileri bilinmesine rağmen, NMES'in kas viskoelastik özelliklerine olan etkisi yeterince bilinmemektedir.

Çalışmamızın amacı, sağlıklı bireylerde hamstring kas grubuna uygulanan NMES'in hamstring ve quadriceps kaslarının viskoelastik özelliklerine (kas tonusu, sertliği ve esnekliği) olan etkisini araştırmaktır. Ayrıca, NMES'in hamstring ve quadriceps kas kuvvetine olan etkisi de incelendi.

2. YÖNTEM

Çalışmaya yaş ortalaması (23.45 ± 2.979) olan, önceden hamstring ve quadriceps ile ilgili bir yaralanma geçirmemiş, 9 sağlıklı, sağ bacak dominantlığı olan sedanter erkek birey dahil edildi. Bireylerin demografik bilgileri, hamstring grubunun esneklik, kuvvet, anaerobik patlayıcı kuvvet ve kas viskoelastik özellikleri (kas tonusu, sertliği ve elastisitesi) değerlendirildi. Benzer şekilde quadriceps kasının da kuvvet ve viskoelastik özellikleri değerlendirildi. Kas kuvveti manuel kas testi aleti ile; kas viskoelastik özellikleri de Myoton 3 cihazı ile değerlendirildi. Anaerobik patlayıcı kuvvet, vertikal sıçrama testi ile değerlendirildi. İlk değerlendirme sonrasında hamstring kaslarına bilateral olarak NMES protokolüne başlandı. NMES parametreleri olarak 100 Hz frekans, 600 μ sın geçiş süresi seçildi, stimülasyon için disposable elektrotlar biceps femoris'in origo ve insersiyosuna yakın olacak şekilde kas gövdesinin üzerine yerleştirildi. Bireyler oturma pozisyonunda, diz 60° ve kalça 90° fleksiyonda, 15 dk uygulama süre ile yapıldı. Bireyler haftada 3 gün 8 hafta programa alındı. Sekiz haftanın sonunda değerlendirmeler tekrarlandı.

3. BULGULAR

NMES uygulaması sonrasında; dominant taraf kas kuvveti, patlayıcı güç, esneklik ve viskoelastik özelliklerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik görülmezken, dominant olmayan taraftaki (sol) quadriceps ve hamstring tonuslarında azalma ($p=0.024$ ve $p=0.036$) görüldü. Esneklik, kas kuvveti ve patlayıcı güç değerlerinde değişiklik yoktu (Tablo 1 ve 2).

Tablo 1. Quadriceps ve hamstring kas viskoelastik özellikleri

Kas Adı	Viskoelastik Özellikleri	Öncesi	Sonrası	z	p
Quadriceps	Dominant Tonus	15.3333± 1.30192	14.6889± .99429	1.963	0,085
	Dominant Elastisite	1.8300± .29841	2.0422± .27549	-1.711	0,126
	Dominant Sertlik	302.56± 42.671	274.11± 28.149	2.017	0,078
	Non-Dominant Tonus	15.3333± 1.52480	14.5222± 1.33583	2.771	0,024
	Non-Dominant Elastisite	1.9800± .23885	2.1378± .35559	-0.952	0,369
	Non-Dominant Sertlik	295.11± 44.893	267.56± 22.952	1.760	0,116
Hamstring	Dominant Tonus	16.7333± 2.18975	16.1556± 2.38176	0.906	0,392
	Dominant Elastisite	1.9467± .23043	1.9056± .20935	0.437	0,674
	Dominant Sertlik	302.22± 33.011	287.78± 23.355	0.933	0,378
	Non-Dominant Tonus	17.0333± 2.59422	15.6000± 1.58114	2.519	0,036
	Non-Dominant Elastisite	1.8522± .23842	2.0200± .29879	-1.600	0,148
	Non-Dominant Sertlik	316.22± 43.211	280.67± 20.285	2.242	0,055

Tablo 2. Kuvvet, esneklik ve patlayıcı güç değerlendirme sonuçları.

Performans Değerlendirmeleri	NMES Öncesi	NMES Sonrası	z	p
Quadriceps Dominant Kuvvet	51.6978± 12.20890	56.1511± 5.62232	-1.009	.342
Quadriceps Non-Dominant Kuvvet	48.6256± 14.37562	51.8344± 6.97268	-0.576	.581
Hamstring Dominant Kuvvet	47.5222± 10.54233	51.5233± 7.54227	-0.934	.378
Hamstring Non-Dominant Kuvvet	41.4822± 14.41763	48.5678± 10.54842	-1.451	.185
Otur Uzan Testi	1.6744± 7.29200	2.3556± 6.75640	-1.112	.298
Vertikal Sıçrama	0.8692± .02776	0.8536± .01180	1.269	.240

4. TARTIŞMA

NMES sonrası non-dominant bacakta görülen tonus azalması, kasların daha uygun istirahat tonuslarına ulaştığını göstermektedir. Ancak NMES, herhangi bir kassal performans artışına neden olmamıştır. Bu değişikliklerin sadece non-dominant tarafta olması, dominant tarafın tonus regülasyonunu sağlayan başka faktörler olduğunu düşündürmektedir.

5. SONUÇ

NMES'in, non-dominant taraftaki tonik gerim refleksini desteklediğini düşüncesindeyiz.

SAĞLIKLI BİREYLERE
UYGULANAN FARKLI
KUVVETLENDİRME
YÖNTEMLERİNİN HAMSTRİNG
KAS GRUBU PASİF MEKANİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Yazar Özgün Uysal

Gönderim Tarihi: 31-Ağu-2018 02:06PM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 995369670

Dosya adı: Fzt_zg_n_UYSAL.docx (26.94 M)

Kelime sayısı: 19445

Karakter sayısı: 133653

SAĞLIKLI BİREYLERE UYGULANAN FARKLI KUVVETLENDİRME YÖNTEMLERİNİN HAMSTRİNG KAS GRUBU PASİF MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ORJİNALLİK RAPORU

% 3	% 2	% 2	% 1
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	Submitted to TechKnowledge Turkey Öğrenci Ödevi	% 1
2	readgur.com İnternet Kaynağı	<% 1
3	desminopathy.info İnternet Kaynağı	<% 1
4	www.turkjbiochem.com İnternet Kaynağı	<% 1
5	uobrep.openrepository.com İnternet Kaynağı	<% 1
6	Submitted to Queen's University of Belfast Öğrenci Ödevi	<% 1
7	DEDE, Hüseyin, SAMETOĞLU, Fettah, İNAL, Berrin Belçik, ŞAHİN, Mustafa and GÜVENEN, Güvenç. "Kalp yetmezliği olan hastalarda	<% 1



Dijital Makbuz

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

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Özgün Uysal
Ödev başlığı: OBSTETRİK BRAKİYAL PLEKSUS P..
Gönderi Başlığı: SAĞLIKLI BİREYLERE UYGULANAN...
Dosya adı: Fzt._zg_n_UYSAL.docx
Dosya boyutu: 26.94M
Sayfa sayısı: 89
Kelime sayısı: 19,445
Karakter sayısı: 133,653
Gönderim Tarihi: 31-Ağu-2018 02:06PM (UTC+0300)
Gönderim Numarası: 995369670



9. ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı: Özgün Uysal
Doğum yeri ve tarihi: 03.10.1991 Eskişehir
Uyruğu: T.C.
İletişim adresi: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Altındağ/Ankara.
Telefon: 05059184661
E-posta: uysalozgun@gmail.com

II. Eğitimi

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Y. Lisans	Spor Fizyoterapistliği	Hacettepe Üniversitesi	2015-Devam ediyor
Lisans	Fizyoterapi ve Rehabilitasyon	Hacettepe Üniversitesi	2011-2015

III. Mesleki Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Kurum	Unvan
2015-2016	Osmanlıspor F.K.	Fizyoterapist
2016-devam ediyor	Hacettepe Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	Araştırma Görevlisi

IV. Bilimsel Faaliyetleri

Yayınlar:

1. Basketbolcularda farklı pozisyonlarda atış yüzdesini etkileyen faktörlerin analizi, Gözde Gür, Erkan Kılınç, Çiğdem Ayhan, Özgün Uysal, A. Çağatay Sezik, Volga Bayrakçı Tunay
2. Recovery pattern of functional outcomes in patients with distal radius fracture with accompanying ulna styloid fracture. Özgün Uysal, Dilara Onan, Numan Bulut, Yasin Tunc, Cigdem Ayhan, Tuzun Firat, Seval Tanrikulu, Gursel Leblebicioglu
3. Comparison of pain in healthy weight and obese patients with distal radius fracture. Dilara Onan, Özgün Uysal, Numan Bulut, Yasin Tunc, Cigdem Ayhan, Tuzun Firat, Seval Tanrikulu, Gursel Leblebicioglu
4. Tüzün Firat, Özgün Uysal: Proprioception After Elbow Injury, Surgery, and Rehabilitation. Proprioception in Orthopaedics, Sports Medicine and Rehabilitation, 01/2018: pages 47-56; , ISBN: 978-3-319-66639-6, DOI:10.1007/978-3-319-66640-2_5
5. Hamstring kas grubuna uygulanan nörumüsküler elektrik stimülasyonunun hamstring ve quadriceps kasları viskoelastik özelliklerine olan etkisi: pilot çalışma. Özgün Uysal, Kıvanç Delioğlu, Tüzün Firat. 1st International Health Sciences and Life Congress, burdur, Turkey; 05/2018 – sözel bildiri

Katıldığı kongre ve sempozyumlar

1. XIV. Fizyoterapide Gelişmeler Kongresi, Katılımcı, 26-28 Nisan 2012, Ürgüp-Nevşehir.
2. I. Ulusal Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Öğrenci Kongresi, Organizasyon Komitesi, 13-15 Nisan 2013, Hacettepe Üniversitesi-Ankara.
3. International Congress On Football Science, 4-5 Ocak 2016, Belek, Antalya
4. FESSH / EFSHT, EUROHAND 2017, sözel sunum, Budapeşte, Macaristan, 2017

5. 1st International Health Sciences and Life Congress, Burdur. Sözel sunum. 2-5 Mayıs 2018.
6. 16.Ulusal El ve Üst Ekstremitte Cerrahisi Kongresi, Denizli. 6 - 9 Mayıs 2018.

