



**NORDİK HAMSTRİNG EGZERSİZİNE
ALTERNATİF:
EĞİMLİ KOŞU BANDI KOŞUSU**

Yüksek Lisans Tezi

Turan Aybars AKYÜREK

Eskişehir 2024

**NORDİK HAMSTRİNG EGZERSİZİNE ALTERNATİF: EĞİMLİ KOŞU BANDI
KOŞUSU**

Turan Aybars AKYÜREK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hayri ERTAN

**Eskişehir
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
2024**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Turan Aybars AKYÜREK' in "NORDİK HAMSTRİNG EGZERSİZİNE ALTERNATİF: EĞİMLİ KOŞU BANDI KOŞUSU" başlıklı Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı'ndaki Yüksek Lisans tezi 27.06.2024 tarihinde aşağıda yer alan jüri tarafından Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı)

: Prof. Dr. Hayri ERTAN

Üye

: Doç. Dr. Ali Onur CERRAH

Üye

: Doç. Dr. Murat Bekleyiş APAYDIN

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

27.06.2024

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ęrencisi Turan Aybars AKYÜREK, Nordik Hamstring Egzersizine Alternatif: Eğimli Koşu Bandı Koşusu başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun grlmştır.

Tez Daniřmanı
Prof. Dr. Hayri ERTAN

ÖZET

NORDİK HAMSTRİNG EGZERSİZİNE ALTERNATİF: EĞİMLİ KOŞU BANDI KOŞUSU

Turan Aybars AKYÜREK

Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Haziran 2024

Danışman: Prof. Dr. Hayri ERTAN

Bu çalışmanın amacı, Nordik hamstring egzersizi (NHE) ve 3.61 m/sn, 4.16 m/sn ve %10 eğimde kendi belirlediği hızda (KBH) eğimli koşu bandı koşusu sırasında Biceps Femoris (BF) kasının elektromiyografi (EMG) genliklerini karşılaştırmaktır. YÖNTEM: On dokuz katılımcı (yaş 21.43 ± 1.68 yıl) çalışmaya gönüllü olarak katılmıştır. İlk olarak maksimum istemli kasılma (MİK) testleri tamamlanmış, ardından NHE ve eğimli koşu bandı koşusu gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sırasında her katılımcı için sağ bacak BF EMG aktivitesi kaydedilmiştir. BULGULAR: NHE sırasında BF için zirve EMG genliği eğimli koşu bandı koşusuna kıyasla önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Zirve EMG verileri açısından, NHE'ye en yakın sonuçlar 4.16 m/sn hızda gerçekleştirilen koşu sırasında bulunmuştur. BF zirve EMG için varyasyon katsayısı (VK) NHE ve koşu bandı koşulları arasında anlamlı düzeyde farklılıklar bulunmuştur. SONUÇ: NHE sırasındaki BF EMG genliklerinin koşu koşullarına göre daha yüksek olduğu ayrıca koşullarında kendi aralarında anlamlı derecede farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. NHE ve koşuların VK incelendiğinde NHE'nin daha az değişkenlik gösterdiği bunun aksine koşuların kendi aralarında VK değerleri incelendiğinde istatistiksel bir farkın olmadığı ve daha değişken olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular ışığında, eğimli koşu bandı koşularının rehabilitasyon programları ve sakatlık önleyici egzersizlere alternatif bir yaklaşım olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Eksantrik egzersizler, Motorlu koşu bandı, Elektromyografi, Biyomekanik

ABSTRACT

ALTERNATIVE TO NORDIC HAMSTRING EXERCISE: INCLINE TREADMILL RUNNING

Turan Aybars AKYÜREK

Department of Movement and Training Sciences

Eskisehir Technical University, Institute of Graduate Programs, ...2024

Supervisor: Prof. Dr. Hayri ERTAN

The aim of this study was to compare the electromyography (EMG) amplitudes of the Biceps Femoris (BF) muscle during Nordic hamstring exercise (NHE) and inclined treadmill running at 3.61 m/s, 4.16 m/s and 10% incline at self-selected speed. METHODS: Nineteen participants (age 21.43 ± 1.68 years) volunteered to participate in the study. First, maximum voluntary contraction (MVC) tests were completed, followed by NHE and inclined treadmill running. Right leg BF EMG activity was recorded for each participant during the measurements. RESULTS: The peak EMG amplitude for the BF was significantly higher during NHE compared to inclined treadmill running. In terms of peak EMG data, the closest results to NHE were found during running at a speed of 4.16 m/s. The coefficient of variation (CV) for BF peak EMG was significantly different between NHE and treadmill conditions. CONCLUSIONS: It was observed that BF EMG amplitudes during NHE were higher than those during running conditions and that the running conditions differed significantly among themselves. When the CV values of NHE and runs were analyzed, it was observed that NHE showed less variability, on the contrary, when the CV values of the runs were analyzed among themselves, it was observed that there was no statistical difference and it was more variable. In the light of these findings, inclined treadmill running may be an alternative approach to rehabilitation programs and injury prevention exercises.

Keywords: Eccentric exercises, Treadmill, Electromyography, Biomechanics

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışması sürecinde beni yalnız bırakmayan ve her koşulda desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Hayri ERTAN'a süreç boyunca bilgi birikimlerini ve tecrübelerini paylaşmaktan hiç çekinmeyen ve her zaman destekleyici tavırlarıyla bana güç veren Hasan Batuhan DİRİK'e ölçümler esnasında beni hiç yalnız bırakmayan ve desteğini hiç esirgemeyen Emel TUĞRUL'a çalışmanın tüm süreçlerinde fikir sunmaktan kaçınmayan, beni her zaman cesaretlendiren ve bilgisini cömertçe paylaşan Abdulkerim DARENDELİ'ye, laboratuvar arkadaşlarım Semanur ÖZPOLAT, Erdem AKKAŞ ve çalışmama gönüllü katılım sağlayan tüm katılımcılara teşekkür ederim. Son olarak beni her zaman destekleyen ve hayatımın her parçasını birlikte yaşamaktan mutluluk duyduğum sevgili İlayda'ya minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Turan Aybars AKYÜREK

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....

Turan Aybars AKYÜREK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI.....	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ÖZGEÇMİŞ	X
TABLolar DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
GÖRSELLER DİZİNİ	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı.....	3
1.2. Problem	3
1.3. Hipotez	4
1.4. Araştırmanın Önemi	4
1.5. Araştırmanın Varsayımları	4
1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları	5
2. LİTERATÜRE GİRİŞ	6
2.1. Hamstring Kas Kompleksi Fonksiyonu ve Yapısı	6
2.1.2. Hamstring yaralanma nedenleri ve mekanizmaları	7
2.1.3. Hamstring yaralanma çeşitleri.....	7
2.1.4. Hamstring rehabilitasyonu ve spora Dönüş	8
2.2. Kas Tipleri ve Kas Kasılması.....	10
2.2.1. Çizgili kaslar	11
2.2.2. Kas kasılması.....	11
2.2.3. Kas kasılma türleri.....	13

2.2.3.1. İzometrik ve izotonik kasılma	13
2.2.3.2. Konsantrik ve eksantrik kasılma	13
2.2.3.3. İzokinetik kasılma	14
2.3. Nordik Hamstring Egzersizi	14
2.4. Eksantrik Antrenmanlar Esnasında Dikkat Edilmesi Gerekenler	16
2.5. Elektromyografi (EMG)	16
2.5.1. Yüzeysel elektromiyografi.....	18
2.5.2. yEMG avantajları	18
2.5.3. yEMG dezavantajları	18
2.5.4. Elektromiyografi normalizasyonu	19
2.6. Eğimli Koşu Bandı Koşusu ve Koşu	19
3. YÖNTEM.....	22
3.1. Katılımcılar	22
3.1.2. Veri toplama araçları	23
3.1.2.1. Boy uzunluğu ölçüm aracı	23
3.1.2.2. Vücut ağırlığı ölçüm aracı.....	23
3.1.3. DEXA vücut kompozisyonu ölçümü.....	24
3.1.4. yEMG	24
3.2. yEMG Veri Analizi	26
3.3. Deneysel Yaklaşım ve Protokoller.....	26
3.4. Maksimum İstemli Kasılma Ölçümü	27
3.5. Eğimli Koşu Bandı Koşusu.....	28
3.6. Nordik Hamstring Egzersizi	29
3.7. İstatistiksel Analiz	30
4. BULGULAR.....	31
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	35
5.1. EMG Genliğinde Gözlemlenen Farklılıklar	35
5.2. Sınırlılıklar.....	39
5.3. Sonuç....	39
5.4. Öneriler	39
KAYNAKÇA	40

EKLER
ÖZGEÇMİŞ



TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1. Katılımcıların tanımlayıcı özellikleri.....	22
Tablo 4.1. Zirve EMG genlikleri için 1000 tekrarlı bootstrap ile hesaplanmış ortalama, standart hata (SH) ve %95 güven aralığı (GA) değerleri.....	32
Tablo 4.2. EMG zirve genliklerinin etki boyutları.....	33
Tablo 4.3. Biceps Femoris EMG zirve ortalamaları tekrarlı anova ölçümleri bonferroni düzeltmesi.....	34
Tablo.4.4. Biceps Femoris EMG VK tekrarlı anova ölçümleri bonferroni düzeltmesi.....	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

- Şekil 3.1.** Deneysel protokol, A katılımcıların NHE uygulaması sırasındaki hareket fazları ve altında NHE uygulaması esnasında ortaya çıkan ham EMG verileri verilmiştir, B eğimli koşu bandı üzerinde gerçekleştirilen koşu tasvir edilmiştir altında koşu esnasında ortaya çıkan ham EMG verileri verilmiştir. C, deneysel protokol süreç tablosu. Eğimli koşu bandı koşuları 3.61m.s-1, 4.16 m.s-1 ve kendi belirledikleri hız ile 1 dakika sabit %10 eğimde randomize bir şekilde gerçekleştirmiştir. NHE uygulaması standart olarak eksantrik NHE protokolüne göre uygulanmıştır diz 90° ve kalça sabit pozisyonda 3 set 3 tekrar olarak uygulanmış tüm dinlenmeler 90-120 saniye arasında olmuştur..... 27
- Şekil 4.1.** Uygulanan egzersizler ve zirve EMG genliklerinin (%MİK) ortalamaları kırmızı çizgiler ile belirtilmiştir..... 31
- Şekil 4.2.** Uygulanan egzersizler ve EMG genlik VK (%MİK) değerleri belirtilmiştir. gri çizgiler medyan değerlerini temsil etmektedir..... 32

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 2.1. Hamstring kas gurubu ve tendon noktaları.....	6
Görsel 2.2. Hamstring kompleksi kas yaralanmaları tasviri	8
Görsel 2.3. Ericson ve Sherry (2017) tarafından önerilen spora dönüş algoritması	10
Görsel 2.4. Standart eksantrik NHE uygulaması	15
Görsel 2.5. Bir koşu gait döngüsü sağ bacak gri boya ile tasviri	20
Görsel 3.1. Duvara asılmış stadiometre	23
Görsel 3.2. Vücut ağırlığı ölçüm Aracı	23
Görsel 3.3. DEXA antropometrik özelliklerin ölçümü	24
Görsel 3.4. yEMG cihazı ve BF için elektrot pozisyonu	25
Görsel 3.5. Maksimum İstemli Kasılma Testi.....	28
Görsel 3.6. Eğimli Koşu Bandı Koşusu	29
Görsel 3.7. Nordik Hamstring Egzersizi Uygulanışı	29

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

kΩ	: Kiloohm
ACh	: Asetilkolin
Ag/AgCl	: Gümüş gümüş klorür
ATP	: Adenozin trifosfat
BF	: Biceps femoris
BFkb	: Biceps femoris kısa başı
BFub	: Biceps femoris uzun başı
Ca ²⁺	: Kalsiyum iyonları
DEXA	: Dual energy x-ray absorptiometry
EMG	: Elektromyografi
HZY	: Hamstring zorlanma yaralanmaları
HK	: Hamstring kompleksi
GA	: Güven aralığı
KBH	: Kendi belirlediği hız
KTU	: Kas tendon ünitesi
Na	: Sodyum
NHE	: Nordik hamstring egzersizi
MİK	: Maksimal istemli kasılma
SH	: Standart hata
SM	: Semimembranosus
ST	: Semitendinosus
VK	: Varyasyon katsayısı
yEMG	: Yüzeyel elektromyografi

1. GİRİŞ

Hamstring kompleksi uyluğun arka bölümünde yer alan M. Semitendinosus, M. Semimembranosus ve M. Biceps Femoris kısa başı ile uzun başı olmak üzere üç ayrı kastan oluşmaktadır. Birlikte, ayakta durmaktan sprint ve atlama gibi patlayıcı eylemlere kadar değişen insan aktivitelerinde kritik bir rol oynarlar. Daha çok patlayıcı güç gerektiren sprint ve atlama temelli spor branşlarında hamstring zorlanma yaralanmaları (HZY) meydana gelmektedir. HZY bir temasa veya darbeye maruz kalmadan daha çok atlama ve sprint aktiviteleri esnasında meydana gelmektedir (Rodgers ve Raja, 2023; Opar vd., 2012). Profesyonel atletler üzerinde incelenen HZY'nin Biceps Femoris uzun başında %70, Semimembranosus %19, Semitendinosus %4, Biceps Femoris kısa başı %2 ve çoklu hamstring yaralanmaları %5 olarak hamstring kas grubunda yer alan kasların yaralanma oranları gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, profesyonel futbolcular üzerinde Biceps Femoris %84, Semimembranosus %11 ve Semitendinosus %5 kaslarında yaklaşık olarak meydana gelen yaralanma oranları belirtilmiştir (Pollock vd., 2022; Ekstrand vd., 2012). Saha tabanlı takım sporların da gerçekleştirilen 6 spor branşında (Avustralya futbolu, çim hokeyi, rugby birliği, Gal futbolu, hurling ve futbol) incelenen 5952 yaralanmanın hamstring yaralanma insidansı 1000 saatte 0,81 iken tüm bu incelenen yaralanmaların %10'unu hamstring yaralanmaları oluşturmaktadır ayrıca bu süre 9 aya indirildiğinde bu oran %13 seviyelerine gelmektedir (Maniar vd., 2023). UEFA profesyonel futbol kulüplerinde gerçekleştirilen 21 sezonluk (2001/2002-2021/2022) bir incelemede HZY ilk sezonda %12 oranında gerçekleşirken son sezonda bu oran %24'e kadar yükselmiş ve son 8 sezonda, HZY meydana gelme oranları hem antrenmanlarda hem de maçlarda arttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte sakatlık sürelerinin %10 seviyelerinden %20 seviyesine geldiği ayrıca belirtilmiştir (Ekstrand vd., 2022). HZY'nin bazıları kas dokusunda oluşan ve tekrar tekrar devam eden hasar sebebiyle sporcuyla çok zorlayıcı olmayan bir eylem sonucunda (örneğin, submaksimal bir hızda koşu) dahi sakatlığın tetiklenmesine karşı savunmasız hale getirebilmektedir. Bazı durumlarda ise HZY doku bütünlüğünün haricinde tek bir büyük travmatik olay (örneğin, hızlı ve kuvvetli kalça fleksiyonu) sonucundan kaynaklanabilir (Hickey vd., 2022). Bu iki duruma bakıldığında HZY mekanizmaları muhtemelen yüksek kas-tendon ünitesi (KTU) kuvvetleri (aktif ya da pasif), KTU normalin üzerinde aşırı uzaması ve şiddeti yüksek hızlı eylemlerin birleşimini içermektedir (Heiderscheit vd., 2005; Chumanov vd., 2011).

HZY'nın ayrıca eksantrik aşırı yüklenme sonucu ortaya çıktığı dikkate alındığında, hamstring kompleksi (HK) eksantrik kuvvet antrenmanının HZY riskini düşürebileceği öne sürülmektedir (Arnason vd., 2008). HK için önerilen eksantrik kasılmanın daha yoğun olduğu egzersizlerin ilk sıralarında nordik hamstring egzersizi (NHE) gelmektedir. HZY sonucunda çeşitli egzersizler sakatlanmaya karşı önleyici ve rehabilitasyon amacıyla sporculara önerilmektedir (Dyk vd., 2019; Petersen vd., 2011; Copland vd., 2009). Son yıllarda popülerliğini arttıran NHE uygulaması bakımından bir kişinin dizlerinin üzerinde durarak ayak bilekleri bağlı veya sabit bir şekilde tutularak üst gövdeyi aşamalı bir şekilde yerçekimine karşı yüzüstü pozisyona doğru yavaşça gelmesini sağlayan bir egzersizdir (Alvares vd., 2018). 10 haftalık NHE uygulaması eksantrik tork değerlerinde ve hamstring-quadiceps oranlarında olumlu bir artış sağladığı gözlemlenmiştir (Mjøltnes vd., 2004). NHE, stiff-leg deadlift, unilateral stiff leg deadlift ve ball leg curl egzersizleri arasında yüzeyel elektromiyografi (yEMG) yöntemi kullanılarak egzersizlerin M. Semitendinosus, M. Semimembranosus ve M. Biceps Femoris kassal aktivasyon değerleri incelenip bu değerlerin sonucunda NHE'nin kassal aktivasyon oranlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Guruhan vd., 2021). 38 hafta NHE uygulanan Avusturalya futbolcuları üzerinde Biceps Femoris uzun başı fasikül uzunlukları, kas kalınlığı ve eksantrik kuvvetleri üzerinde olumlu artış olduğu ayrıca gözlemlenmiştir (Timmins vd., 2024). Ancak, NHE'nin tüm faydalarına rağmen hareketin uygulaması bakımından zorluk derecesi kendi vücut kütlelerinin yer çekimine karşı maksimal eksantrik kuvvet gerektiren bir eylem olması orta ve acemi seviyedeki sporcularda veya bireylerde bu hareketin gerçekleştirilmesi konusunda zorlayıcı olduğu belirtilmektedir (Valdes vd., 2023). Ayrıca Avrupa futbolunun en üst düzey kulüpleri ile gerçekleştirilen NHE programının uyum ve katılım oranlarının düşük olduğunu futbolcuların bu programı benimsemekte güçlük çektiği ve gecikmiş kas ağrılarının yaşanması da bu katılımın düşük olmasına sebebiyet verdiği belirtilmiştir (Bahr vd., 2015; Chesterton vd., 2021). Buna ek olarak profesyonel kriket oyuncularını da NHE programlarına karşı olumsuz bir algıya sahip olmalarını ve programın benimsenmemesini kültürel değişime bağlı olduğu rapor edilmektedir (Chesterton ve Tears, 2021).

NHE ile ilgili çalışmalara ek olarak bu egzersize alternatif egzersiz modelleri önerilmektedir, Valdes vd., (2023) NHE uygulamasına alternatif bir egzersiz modeli için eksantrik bisiklet ergometresinin daha düşük yoğunlukta fakat haciminin daha yüksek

olduğu 10 haftalık bir kronik çalışmada, NHE ile eksantrik bisiklet ergometresi gurupları arasında kassal aktivasyon değerleri açısından birbirine yakın olduğu ve bu egzersiz modelinin acemi ve orta düzey sporcular için daha uygulanabilir olduğunu bildirmiştir. Yine farklı bir çalışmada ise NHE uygulamasının razor curl (uygulanışı, kalça ve diz ekstansiyon pozisyonunda başlar daha sonra kişi 90° kalça fleksiyonu ve 90° diz fleksiyonu pozisyonuna ilerler. Kalçalar 90° fleksiyon pozisyonunu korurken, dizler bükülmeye devam eder ve hamstringler maksimuma kadar kasılır) ile eksantrik kuvvet ve kassal aktivasyon değerlerinin karşılaştırıldığı gözlemlenmiştir (Murakami vd., 2023). Ancak literatür incelendiğinde NHE uygulamasına alternatif olarak koşu temelli bir egzersiz yaklaşımının neredeyse hiç olmadığı gözlemlenmiştir. Koşu bandında gerçekleştirilen koşu sırasında eğim seviyeleri %0, %1, %2 ve 2.92 m/sn ile 4.58 m/sn hız ile gerçekleştirilen koşularda koşu bandının eğim seviyesinin artmasıyla birlikte M. Biceps Femoris aktivasyon seviyeleri buna paralel bir şekilde artış göstermiştir (Darendeli vd., 2023). Eğimli koşu bandı üzerinde gerçekleştirilen koşu uygulamasının HK kas aktivite değerlerinin NHE uygulamasına alternatif bir uygulama olabileceği yönünde literatürdeki eksiklikten yola çıkarak bu tez çalışmasında M. Biceps Femoris kas aktivite değerlerinin NHE ve eğimli koşu bandı koşusu sırasındaki kas aktivitelerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

1.1. Araştırmanın Amacı

Hamstring kas grubunda yer alan Biceps Femoris'in nordik hamstring egzersizi ile eğimli koşu bandında gerçekleştirilecek sabit %10 eğim ve 3.61 m/sn, 4.16 m/sn ve kendi belirlediği hızda gerçekleştirilecek olan koşuların EMG genlikleri karşılaştırılarak, nordik hamstring egzersizine en yakın koşunun saptanması ve kas aktivitesinin incelenmesi amaçlanmıştır.

1.2. Problem

NHE'ye bir alternatif olarak eğimli koşu bandı gerçekleştirilebilir bir çözüm müdür?

1.3. Hipotez

Eğimli koşu bandında gerçekleştirilen koşunun kas aktivite değerleri açısından NHE uygulaması ile birbirine yakın kas aktivite değerleri göstereceği öngörülmüştür.

1.4. Araştırmanın Önemi

Hamstring kas grubu sakatlıkları son yıllarda artan performans, rekabet ve daha yoğun müsabaka takvimi nedeniyle sık karşılaşılan bir sakatlık türüdür. Bu sakatlık, sporcu ve kulübü açısından hem maddi hem de spora dönüş süresi açısından zor bir süreci içermektedir. HZY için eksantrik kuvvet çalışmaları önerilmektedir ve bunun başında NHE uygulaması gelmektedir fakat HZY genel olarak koşu ve sprint temelli branşlarda meydana geldiği için herhangi bir şekilde koşuya yönelik bir egzersiz uygulamasının önerilmediği gözlemlenmiştir. NHE uygulaması açısından tüm spor branşlarında veya sporcular için aynı kolaylıkla değildir ve uygulaması zor bir egzersizdir. Fakat eğimli koşu bandında gerçekleştirilen koşu her sporcunun zorlanmadan gerçekleştirebileceği ve içinde bulunduğu spor branşının doğasına yönelik bir uygulama olduğu belirtilmelidir. NHE ile eğimli koşu bandında gerçekleştirilen koşunun Biceps Femoris kas aktivite profillerinin birbirine yakın olması durumunda, bu tez çalışmasının sonuçları genel antrenman, sakatlığa karşı önleyici egzersizler ve rehabilitasyon programlarına alternatif bir uygulama olarak literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.5. Araştırmanın Varsayımları

-Rastgele örneklem varsayımı: Bu tez çalışmasındaki örneklemin seçilmesinde evreni temsilen bir grubun dahil edildiği ve evrendeki tüm numunelerin seçilme şansının eşit olduğu;

-Uzay ve zaman çözünürlüğü varsayımı: Ölçümlerde alınan biyolojik sinyal kayıt teknikleri sinir kas aktivitelerinin yeri ve zamanı ile ilgili doğru bilgi sağladığı;

-Güvenirlik ve geçerlik varsayımı: Bu çalışmada kullanılan ölçüm araç ve gereçlerinin doğru ve güvenilir bir şekilde ölçüm aldığını, çalışmada yer alan örneklemin evren için genellenebilir, doğru ve tekrarlanabilir olduğu;

-Bilgilendirilmiş oluş varsayımı: Çalışmaya gönüllülük esasına göre dahil olan katılımcılara yönelik çalışma hakkındaki prosedür, risk ve faydalar açık ve sade bir şekilde bilgilerin eksiksiz olarak aktarıldığı;

-Araştırmaya dahil edilen katılımcıların performanslarının tamamını kullandıkları varsayılmıştır.

1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Bu tez çalışması kapsamında Hamstring kas grubundan sadece M. Biceps Femoris kası değerlendirilmiştir,
2. Araştırmaya dahil olan katılımcılar rekreatif düzeyde sporculardan oluşturulmuştur,
3. Araştırmada nordik hamstring egzersizinin sadece eksantrik fazında gerçekleşen kas aktivite değerleri incelenmiştir.
4. Araştırmada yüzeyel EMG ile kasın genel aktivitesi değerlendirilmiştir,
5. Araştırmada koşu bandının eğimi sabit bir değerde, koşu hız ve süreleri düşük ve orta seviyede gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜRE GİRİŞ

2.1. Hamstring Kas Kompleksi Fonksiyonu ve Yapısı

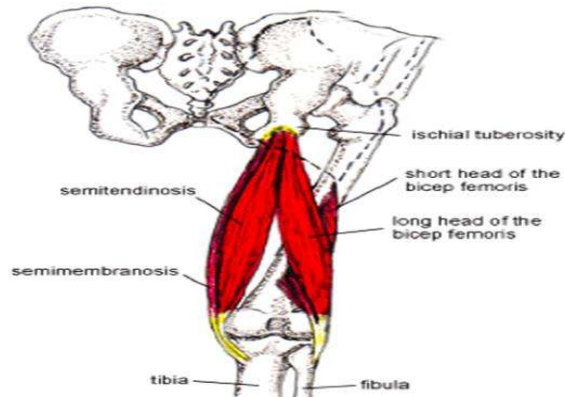
Hamstring kas kompleksi femurun posterior tarafında yer almaktadır. Bu kas kompleksi en medial bölgede M. Semimbranosus, en lateral bölgede M. Biceps Femoris uzun ve kısa başı ile bu iki kasın arasındaki bölgede M. Semitendinosus, yer almaktadır.

M. Semitendinosus (ST) kasının başlangıç (origin) noktası iskiyal tüberositi bitiş (insertio) noktası ise tibianın medial bölgesidir ve tibial sinir bu kası inerve etmektedir. Bu kasın fonksiyonu diz fleksiyonu, kalça ekstansiyonu ve tibianın medial rotasyonu (diz fleksiyonu ile) olarak karşımıza çıkmaktadır.

M. Semimbranosus (SM) kasının başlangıç noktası iskiyal tüberositi bitiş noktası ise tibianın medial kondil bölgesidir ve tibial sinir bu kası inerve etmektedir. Bu kasın fonksiyonu Diz fleksiyonu, kalça ekstansiyonu ve tibianın medial rotasyonu (diz fleksiyonu ile birlikte) olarak karşımıza çıkmaktadır.

M. Biceps Femoris (BF) uzun başı kasının (BFub) başlangıç noktası iskiyal tüberositi bitiş noktası ise fibular baş ile tibianın lateral kondil bölgesidir ve bu kası tibial sinir inerve etmektedir. Bu kasın fonksiyonu diz fleksiyonu, tibiaya lateral rotasyon ve kalça ekstansiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır.

M. Biceps Femoris (BF) kısa başı (BFkb) diğer kasların aksine başlangıç noktası linea asperanın lateral dudağı bitiş noktası ise fibular baş ve tibianın lateral kondili bölgesidir ve bu kası fibular baş inerve etmektedir. Bu kasın fonksiyonu Diz fleksiyonu ve tibianın lateral rotasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır (Rodgers ve Raja, 2023).



Görsel 2.1. Hamstring kas gurubu ve tendon noktaları

HK agonist ve antagonist açık kinetik zincirdeki hareketleri gerçekleştirmek gibi geniş görevlere sahiptir. HK'de yer alan kaslar dizi stabilize ederler ayrıca pelvisin stabilize edilmesine de yardımcı olmaktadır. Açık kinetik zincirde HK kalçanın ekstansiyonu ve diz fleksiyon hareketlerinin gerçekleştirilmesine izin verirken, kapalı kinetik zincirde dizin ekstansiyon hareketi yapmasına izin vermektedir (Anderson ve Vilella, 2023).

2.1.2. Hamstring yaralanma nedenleri ve mekanizmaları

HK özellikle sporcularda yaralanmaya karşı çok hassas bir yapıya sahiptir. Hamstring sakatlıkları çoğunlukla sporcuların koşarken veya sprint attığı durumlarda meydana gelmektedir. Bu kas gurubu anatomik yapısı nedeniyle yaralanmaya karşı açık ve hassastır. Hamstring kas uzunluğu üzerinde oluşan zıt etkilerle ile beraber meydana gelen iki eklem (diz fleksiyon hareketi ve kalça ekstansiyon hareketi) üzerindeki etki mekanizmaları bu kas gurubunu yaralanmaya karşı savunmasız halete getirebilmektedir. Ayrıca koşu ve yüksek hızlı ani yön değişiklikleri esnasındaki yavaşlamadaki etkin rolleri sebebiyle bu kas gurubu yaralanmaya daha açık hale gelmektedir (Petersen ve Hölmich, 2005). Ayrıca kasın aşırı gerinme hareketleri ile aşırı yüklenme/zorlama sırasında HZY meydana gelebileceği bildirilmektedir (Ekstrand vd., 2022). HZY meydana gelmesinde ilerleyen yaş, geçmiş hamstring sakatlıkları, hamstring kuadriseps oran asimetrisi ön çapraz bağ yaralanmaları, müsabakada gösterilen sportif performans ve hamstring kuvveti gibi içsel ve dışsal risk faktörleri ile bağlantılıdır. (Freckleton ve Pizzari, 2013; Green vd., 2020).

2.1.3. Hamstring yaralanma çeşitleri

HZY geniş bir yelpazeye sahiptir. Bunlar arasında hamstring zorlanmaları, iskial apofiz avülsiyonları, tam ve kısmi proksimal hamstring tendon avülsiyonları, proksimal hamstring tendinopatisi ve akut HZY yer almaktadır (Sherry, 2012). Akut HZY en yaygın kas zorlanması olarak karşımıza çıkmaktadır, bu zorlanma yüksek seviyede tekrarlama riskine sahiptir ayrıca spora dönüş süresi için uzun zaman gerektirebilir (Askling vd., 2007). Akut HZY ağrı durumunun şiddeti, güçsüzlük ve hareket açıklığı kaybına göre de sınıflandırılabilir (Görsel 2.2.).

Grade 1: Hafif ağrı veya şişlik, kayda değer olmayan doku bozulması, fonksiyon kaybı yoktur veya minimal düzeydedir,

Grade 2: Fonksiyon kaybına yol açan, orta derecede ağrı ve şişlikle birlikte tanımlanabilir kısmi doku bozulması gözlemlenmektedir,

Grade 3: Şiddetli bir ağrının olması, şişlik ve fonksiyon eksikliğiyle birlikte kas tendon ünitesinin tamamen bozulması veya yırtılması olarak tanımlanmaktadır (Poudel ve Pandey, 2023).

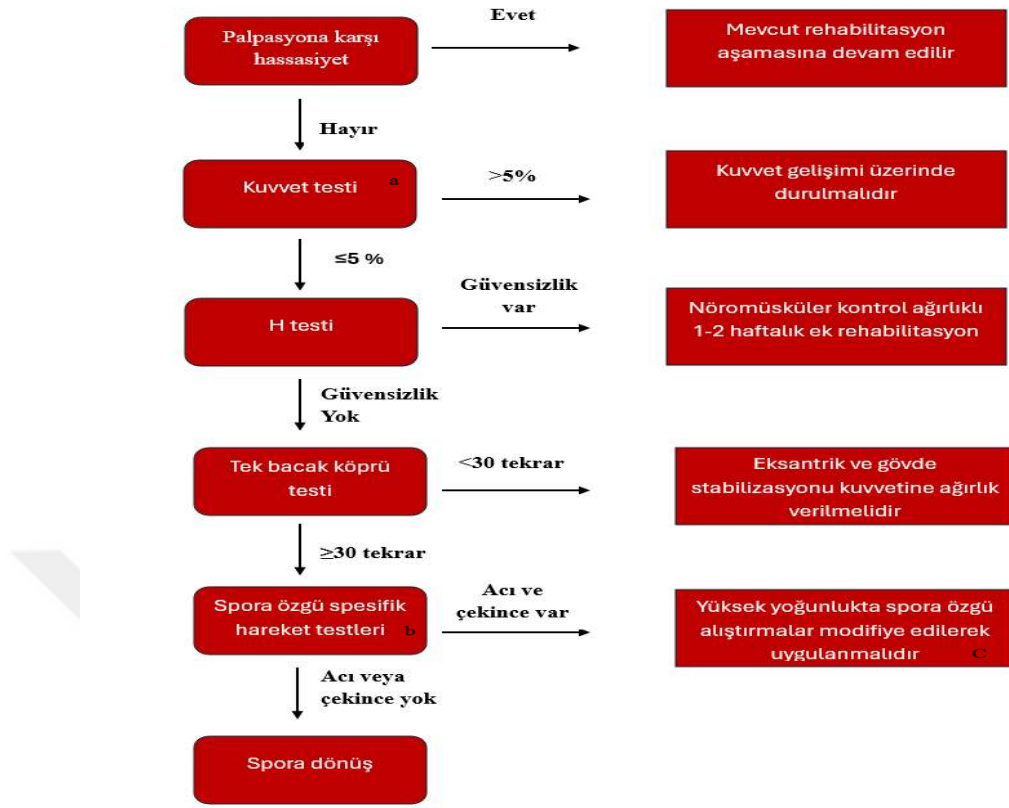


Görsel 2.2. Hamstring kompleksi kas yaralanmaları tasviri

2.1.4. Hamstring rehabilitasyonu ve spora Dönüş

HZY yıllara göre gerçekleşen yaralanmaların 2001-2002 ile 2021-2022 yılları arasında UEFA profesyonel sporcular üzerinde incelenen 21 sezonluk HZY'nın yapısal yaralanmaların fonksiyonel yaralanmalara nispeten daha sık karşılaşıldığı bununla birlikte, spordan ayrı geçirilen süreninin yapısal yaralanmalarda medyan değeri olarak 17 gün olmak ile birlikte fonksiyonel yaralanmalarının medyan değeri 6 gün olarak belirtilmiştir. BF yaralanmaları için 16 gün medyan değeri belirtilirken SM. ve ST kaslarında yaralanmaların ortalama süresi 15 gün olarak belirtilmiş ve yapısal yaralanmaların fonksiyonel yaralanmalara göre daha uzun spora dönüş sürecinin olduğu belirtilmiştir. HZY sonrasında sporcuların spora yeniden dönüşünün ardından yaralanan bölgenin 2 ay içerisinde yeniden nüks etmeye yatkın olduğu ayrıca gözlemlenmiştir (Ekstrand vd., 2022). HZY yeniden nüks etmemesi ve sporcuların performansını eskisi gibi sürdürebilmesi için rehabilitasyon programları bu aşamada sporculara uygulanmaktadır. Rehabilitasyon programının dizayn edilme sürecinde HZY neden olabilecek risk faktörlerinin belirlenip buna göre bireyselleştirilmiş rehabilitasyon programının bir uzman tarafından uygulanması oldukça önemlidir. Rehabilitasyon

sürecinde uygulanan yöntemler arasında soğuk uygulama, töröpatik tedavi amaçlı ultrason yöntemi düşük seviyeli lazer terapisi, manuel terapi ve töröpatik egzersizler rehabilitasyon uygulaması süreci ile spora geri dönüş süresini azaltmak için uzman kişiler tarafından uygulanmaktadır (Ramos vd., 2016). Bununla birlikte sporcuların spora geri dönüşü için hazır olma halleri oldukça önemlidir sporcu hazır olmadığı takdirde eğer spora dönecek olursa sakatlığın nüks etme olasılığı oldukça yüksek olacaktır. Spora geri dönüş için içerisinde bazı testlerin olduğu bir algoritmanın aşamalı bir şekilde temel düzeyden daha kompleks hareket ve performans sergilenmesini gerektiren uygulamalı bir test olan bu algoritma temelde klinisyenler için sporcuların sahaya tekrar dönüşünü belirlemek amacıyla oluşturulmuştur (Görsel 2.3.) bu şemada a) izokinetik kuvvet testleri (hamstring konsantrik kuvveti, eksantrik hamstring kuvveti, konsantrik quadriceps ile eksantrik hamstring kuvveti) veya el dinamometresi gibi manuel objektif kuvvet testleri değerlendirme aşamasında kullanılmasını, b) klinisyenler için spora özgü hareketlerin içinde bulunduğu yer yön değiştirme, hızlanma, yavaşlama, atlama, zıplama ve ani dönüşler gibi spesifik hareketlerin maksimuma yakın yoğunlukta olması önerilmektedir, c) modifiye antrenman programlarında ise dinamik ısınma protokolleri, branşa özgü çeviklik ve temassız aktiviteler yer alması önerilmiştir. (Ericson ve Sherry, 2017).



Görsel 2.3. Ericson ve Sherry (2017) tarafından önerilen spora dönüş algoritması

2.2. Kas Tipleri ve Kas Kasılması

Kas kasılması terimi fizyolojik açıdan iki değişkene dayanır: uzunluk ve gerginlik. Kas kasılması ile kas kısalması birbirine benzerlik gösterebilir de eş anlamlı değildir. Örneğin, bir ağırlığı kollar sabit bir şekilde izometrik bir kasılma ile gerçekleştirilerek ağırlığı tutulması gibi, kas içindeki gerginlik kasın boyunun uzunluğunda herhangi bir değişiklik olmadan üretilebilir. Kas kasılmasının sonlandırılmasından sonra, kas gevşemesi meydana gelir bu durumda kas fibrilleri düşük gerilim durumundadır (Gash vd., 2023). Kas tipleri memeli canlılarda karşımıza üç türde çıkmaktadır: iskelet, kalp ve düz kaslar. Bu kaslar yapı ve fonksiyon açısından farklılık göstermektedir.

İskelet kasları kemiklere tutunmaktadır buna bağlı olarak iskeletin hareketlerinden sorumludur ve istemli şekilde çalışma fonksiyonuna sahiptir. Kalp kası yapı bakımından çizgili kaslara benzemekle birlikte fonksiyon olarak düz kaslar gibi otonom bir şekilde çalışmaktadır, bu kas çeşidi kalbi oluşturan kalp duvarlarını meydana getirmekle birlikte kanın pompalanmasını sağlamaktadır. Düz kaslar ise kan damarları, bronşiyoller,

gastrointestinal, uterus ve mesane boyunca bulunur ve fonksiyonel açıdan otonom bir şekilde çalışmaktadır (Sweeney ve Hammers, 2018; Ludwig vd., 2022; Webb, 2003).

2.2.1. Çizgili kaslar

Vücudumuzda bulunan çizgili kaslar birden fazla ayrı halde kas fibrillerinden oluşmaktadır. Bu kas fibrillerinin içerisinde paralel ince ve kalın filamentlerden oluşan miyofibril adında daha küçük birimler yer almaktadır. Miyofibril, bir kas fibrilinin işlevsel birimi olan sarkomer adı verilen yapıların düzenli doğrusal tekrarından oluşur. Bir sarkomer kalın ve ince filamentlerden oluşmaktadır ve iki Z çizgisinin arasındaki yapı bir sarkomerin toplam yapısını oluşturmaktadır (Rassier, 2017). Kalın filamentler, bir çift yüksek moleküler ağırlıklı zincir ve iki çift düşük moleküler ağırlıklı zinciri olan protein miyozinden yapılmaktadır; yüksek moleküler ağırlıklı zincir ile düşük moleküler ağırlıklı zincirler miyofibrillerin ince ve kalın filamentlerinden farklıdır ve karıştırılmamalıdır. Kalın filamentlerin kuyruk bölümünde iki yüksek moleküler ağırlıklı zincirin sarmal bir yapıda iç içe geçmiş olduğu bilinmektedir. Kalın filamentin diğer ucunda ise, her yüksek moleküler ağırlıklı zincir iki düşük moleküler ağırlıklı zincir ile eşleşerek iki başın oluşmasını sağlamaktadır. Miyozin başlarının ince filamentlere bağlanmasını sağlamak amacıyla aktin bağlama bölgesine sahiptir (Lowey vd., 1993). İnce filamentleri 3 çeşit protein oluşturmaktadır aktin, tropomiyozin ve troponin. Aktin negatif ve pozitif uçlara sahip olan iç içe geçmiş iki zincirin sarmal yapısını oluşturmak üzere diğer aktin kürecikleri ile birleşen küresel bir yapıdaki proteindir. Çift sarmallı aktin filamentleri, kasın aktif olmadığı durumlarda miyozin ve aktin arasında gerçekleşen etkileşimi engellemeye yarayan tropomiyozin tarafından kaplanmaktadır (Squire, 2019).

2.2.2. Kas kasılması

İskelet kası kasılmasının başlatılması ve devam etme süreçlerini aşağıda yer alan paragrafta anlatılmaya çalışılmıştır.

Bir alfa motor nöron, birden çok kas fibriline bağlanan ve bu kas fibrillerini inerve eden bir sinir hücresidir. Bir alfa motor nöron ve doğrudan sinyal ilettiği tüm kas fibrillerinin birleşimi motor ünite olarak adlandırılmaktadır. Alfa motor nöron ile bir kas fibrili arasında yer alan sinaps ya da boşluk nöromüsküler kavşak olarak isimlendirilmektedir. Nöromüsküler kavşakta sinir ve kas sistemleri arasında bir iletişim

gerçekleşmektedir. Bir kas fibrilinin kasılmasını tetikleyen kompleks olayların devamında, motor sinirin uyarılması ile başlayıp kas fibrillerinin kasılması ile sonuçlandığı için uyarma-kasılma eşleşmesi olarak adlandırılmaktadır. Bu süreç beyin ya da omurilikten bir alfa motor nörona giden bir sinir uyarısı ya da aksiyon potansiyeli ile başlamaktadır. Bir aksiyon potansiyeli alfa motor nöronunun dentritlerine (nöronun hücre gövdesindeki özelleşmiş reseptörleri) ulaşır. Daha sonra aksiyon potansiyeli akson boyunca ilerleyerek akson terminaline ulaşır. Aksiyon potansiyelinin akson terminallerine ulaşması sonucunda, bu sinir uçları asetilkolinin (ACh) sinaptik boşluğu geçerek sarkolemma (kas fibrillerini çevreleyen hücre zarı) üzerinde yer alan reseptörlere tutunan nörotransmitterleri salgılar. Reseptörlerin ihtiyacı kadar ACh tutunumu gerçekleşirse, kas hücre zarında iyon kapılarının açılmasına ve sodyumun (Na) salınmasına olanak vereceğinden aksiyon potansiyeli kas fibrilinin uzunluğu boyunca iletilmesi sağlanmaktadır. Bu olay dizisi depolarizasyon olarak isimlendirilmektedir. Kas fibrili zarının depolarize olmasının yanı sıra, aksiyon potansiyeli T-tübülleri aracılığıyla hücrenin içine doğru ilerler. Elektriksel iletilerin gelmesi sayesinde sarkoplazmik retikulum (SR) yüksek miktarda depoladığı kalsiyum iyonlarını (Ca^{2+}) sarkoplazmaya salınmasına neden olur. Kasılmanın olmadığı durumda, tropomiyozin molekülleri aktin moleküllerinin üstündeki miyozin bağlama bölgelerini sararak miyozin başlarının tutunmasını önler. Artan Ca^{2+} salınımı, miyofibrillerin aktin içeren ince filamentleri üzerinde bulunan aktinin aktif tutunma bölgelerini kapatan troponinle birleşerek aktomiyozin etkileşim sürecini başlatır ve bununla birlikte kasılma başlamaktadır. Aktive edilmiş voltaj kapılı kalsiyum kanalları, kalsiyum salınım kanalları ile fiziksel olarak etkileşime girerek onları aktive eder ve sarkoplazmik retikulumun kalsiyum salmasına neden olur. Aktomiyozin etkileşim sürecinin meydana gelmesiyle birlikte miyozin çapraz köprü başlarında bağlı bulunan adenosin trifosfatın (ATP) parçalanmasının gerçekleşmesi için miyozin ATP-az enzimi enerjinin açığa çıkmasını sağlar. Ortaya çıkan enerji sayesinde ince ve kalın filamentlerin kayma hareketleri gerçekleşir ve kasta kasılma ortaya çıkar. Bunun sonucunda sarkomerde meydana gelen kısılma ilgili tendonun bağlı olduğu kemiğin harekete geçmesini sağlar. Kasılma sırasında çapraz köprüler aktin filamentinin aktif bölgelerine çok sayıda bağlanıp ayrılma işlemini gerçekleştirirler. Enerjinin ve kasılmanın devamı için kullanılan ATP'ler yeniden sentezlenerek kas kasılma sürecinin devam etmesi sağlanır. Ca^{2+} iyonlarının salınımının devam etmediği durumlarda

troponinle arasındaki iletişim sonlanır bu bağı kopması durumunda aktinin aktif olarak bağlandığı bölgelerin troponin tarafından bloklanmasına ve kasın başlangıç haline dönmesiyle birlikte yeni bir sinir uyarısı gelene kadar kas gevşeme halinde kalır (Günay vd., 2013; Wilmore vd., 2004).

2.2.3. Kas kasılma türleri

2.2.3.1. İzometrik ve izotonik kasılma

İskelet kaslarının boyunda bir değişiklik olmadan da bir kasılma gerçekleştirebilirler. Bu durumda kas kuvvet üretebilir fakat eklem açısında herhangi bir değişiklik olmaz. Bu kasılma türü izometrik kasılma olarak adlandırılmaktadır. İzometrik bir kasılma gerçekleştirirken kaldırabileceğimiz bir ağırlıktan daha fazla olan bir ağırlığı kaldırmaya çalıştığımız esnada eklem açıları veya kasın boyunda bir değişikliğin meydana gelmediği hareketler (örneğin, sabit bir objeye karşı uygulanan direnç) bu kasılmaya örnek gösterilebilmektedir (Wilmore vd., 2004).

İzotonik kasılma sırasında, kas boyunda bir kısalma meydana geliyorsa, yani bir yük belirli mesafeye taşınıyorsa, bu tür kasılmaya izotonik kasılma denir. Bu kasılma türü örneğin, koşma, yüzme, yürüme ve bisiklet sürmek gibi aktivitelerde kullanılmaktadır (Awtry ve Balady, 2010).

2.2.3.2. Konsantrik ve eksantrik kasılma

Konsantrik iskelet kas kasılması kasın gerginliğinde (tonusunda) bir artış oluştururken kas boyunun kısaldığı bir kasılma çeşididir ayrıca eklem açısında daralmanın olduğu hareketler konsantrik kasılmalar olarak değerlendirilebilir. Eksantrik iskelet kas kasılması kasın gerginliğinde bir artış oluştururken kas boyunun uzadığı bir kasılma çeşididir. (Roig vd., 2009; Gash vd., 2023). Kaslar tek yönlü çalışma mekanizmasına sahiptir bu mekanizmada kaslar çekme hareketini gerçekleştirirken itme hareketini tek başına gerçekleştiremezler. Her eklem sahip olduğu hareket açısı, birbirinin zıt yönlerinde hareketlerinin yapılmasına olanak sağlayan en az iki kas tarafından yapılmaktadır ve bu kasların gerçekleştirdikleri aynı hareket esnasında zıt çalışma mekanizmasını sağlayan bu kaslara agonist-antagonist kaslar denilmektedir (Gottlieb, 1989). Örneğin, NHE uygulaması esnasında hareketin eksantrik fazında diz fleksör kasları daha baskın çalışırken, diz ekstansör kaslarında da

hareketin yapılmasına izin verecek şekilde bir direnç ortaya koyarak hareketin uygulanışının gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Mjøl̈snes vd., 2004).

2.2.3.3. İzokinetik kasılma

İzokinetik kasılma, bir eklem etrafında sabit hızlı uzuv hareketlerine eşlik eden kas kasılmasıdır. Bu kas kasılmasının gerçekleştirilmesi ve geliştirilmesi için hareket hızının sabit bir biçimde tutularak kontrol edildiği özel bir cihaz sayesinde dinamik bir kas kasılmanın ortaya çıkması olarak da tanımlanabilmektedir. Bu teknoloji sayesinde hareket hızı ve eklem açılarının sabit tutularak spesifik kas gruplarına yönelik kuvvet ölçüm testleri ve antrenmanların uygulanması izokinetik bir kasılma ile gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Thistle vd., 1967; Baltzopoulos ve Brodie, 1989).

2.3. Nordik Hamstring Egzersizi

NHE ilk olarak 1880 yılında “wing-kneeling, knee streching” tekli hareket egzersizleri sınıfına dahil edilerek günümüzdeki kullanımından farklı bir terim olarak tanıtılmıştır (Taylor, 1880). Bununla birlikte geçmişte “Russian curl” olarak karşımıza az da olsa bu terim ile çıkmıştır (Ebben, 2009). Fakat günümüzdeki yaygın kullanımı, “Nordik Hamstring Egzersizi” adında kullanımının literatürde kabul gördüğü söylenebilmektedir.

NHE uygulaması hareketin şiddetli eksantrik doğası gereğiyle diz fleksörlerinin kas aktivasyon değerlerinin diğer egzersizlere göre daha yüksek olduğu ve eksantrik diz fleksör kuvvetini geliştirmek için yaygın olarak kullanılan bir egzersiz uygulamasıdır (Alt vd., 2023). Eksantrik NHE uygulaması egzersizin başlangıç safhasında sporcu dizleri üzerinde 90° açıda ve kalça sabit durmalıdır (Görsel 2.4.) bu pozisyonu alırken bir partner tarafından ayak bileklerinin yukarıya doğru kalkmaması ve sabit bir pozisyonda kalmasını sağlamak amacıyla sporcunun ayak bilekleri üzerine baskı uygulanır, daha sonra sporcu dizlerinin üzerinde yer çekimine karşı mümkün olduğunca yavaş hareket ederek diz fleksör kaslarının eksantrik kasılması ile vücudun belden yukarıda yer alan bölümünü duraksamadan yere doğru indirmelerini gerektiren

sporcunun kendi vücut ağırlığı ile uyguladığı bir egzersizdir (Sconce vd., 2015; Lee vd., 2017). NHE uygulaması hareketin doğası gereği HK için yüksek eksantrik kuvvet gereksinimi duymaktadır, NHE uygulamasının genel problemi egzersizin zorluğudur. NHE uygulamasını neredeyse sadece güçlü sporcular hareketi tam ve nizami bir şekilde egzersizden tam fayda sağlayarak gerçekleştirirler. NHE uygulamasında standart diz ve kalça açıları (Diz 90° açıda ve kalça sabit ve düz 0°) ile modifiye edilmiş kalça ve diz açıları (diz 20°, 40° kalça 25°, 50° ve 75°) arasında kas aktivite değerleri incelenmiştir burada standart NHE uygulaması kas aktivitesi bakımından diğer modifiye NHE uygulamalarına göre daha yüksek çıkmıştır. Fakat modifiye NHE uygulamaları amatör ve orta seviye sporcuların ya da NHE uygulayamayan elit sporcular için bireyselleştirilmiş bir şekilde uygulanabileceği ayrıca önerilmiştir (Şarabon vd., 2019). Bununla birlikte, NHE doğası gereği zorlayıcı bir egzersiz olduğu üzere yüksek hacimli NHE uygulamaları gecikmiş kas ağrılarının yaşanmasına olanak sağlamaktadır (Behan vd., 2023).



Görsel 2.4. Standart eksantrik NHE uygulaması

2.3. Eksantrik Antrenmanlar Esnasında Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Egzersizin şiddeti düzenli olarak artırılması sağlanmalıdır.
- Egzersiz için kullanılan aletler veya materyallerin yükleme gerektiren bir egzersiz sonucunda ilgili kas üzerine yoğun stres uygulamamalıdır.
- Kuvvet özelliği kazanımı için %20-80 şiddetinde maksimum izometrik kuvvette yükleme yapılması gerekmektedir.
- Müsabaka sezonunda veya yarış öncesinde yüksek yoğunluklu eksantrik egzersiz uygulamalarından kaçınılmalıdır.
- Eksantrik antrenmanların ilk safhalarında nöromusküler cevaplarda dalgalanma olması sebebiyle koordinasyon egzersizlerine mümkün olduğunca antrenman programlarında yer verilmemelidir.
- Antrenman ile çalıştırılan ilgili kasın boyunun uzatılması için yapılan germe egzersizleri başlangıçta meydana gelebilecek kas hasarını minimize etmek için uygulanmalıdır (Harput, 2017).

2.4. Elektromyografi (EMG)

EMG, sinir sistemi aracılığıyla kontrol edilen ve kas kasılması esnasında üretilen kaslardan gelen elektrik sinyallerini ifade etmektedir. Bu sinyal kasların fizyolojik ve anatomik açıdan özelliklerini temsil etmektedir. EMG sinyali, bir kasın motor ünitelerinin elektriksel aktiviteleri olarak nitelendirilebilir ve yüzeysel EMG ile kas içi EMG ölçüm yöntemleri olarak kullanılmaktadır (Chowdhury vd., 2013). EMG sinyalini tespit etmek için yüzeysel elektrotlar ile invaziv bir yöntem olan tel ve iğne elektrotlar kullanılmaktadır. Elektrotlar kullanım amacına göre tekli (monopolar) veya çiftli (bipolar) halinde kullanılmaktadır (De Luca, 2006). EMG, sinir sisteminin aktivasyonlarına yanıt olarak kas fibrilleri aracılığıyla üretilen elektrik sinyallerini kaydetmek amacıyla kullanılan bir tekniktir. Bu teknik sonucunda ulaşılan kayıt elektromiyogram adıyla bilinmektedir (Enoka, 2010). Geleneksel olarak EMG sinyallerinin klinik açıdan kullanan alanlara örnek vermek gerekirse nöroloji, ortopedi, fizyatri alanlarında kullanımı yaygındır. Bu alanlarda genellikle invaziv bir yöntem olan iğne elektrot yöntemi kullanılmaktadır (Felici ve Del Vecchio, 2020). Elektrofizyolojik yöntemler (nörografi ve iğne EMG) nöromusküler işleyiş hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır. EMG kasın maksimum ve statik istemli kasılma hallerindeki kastan elektriksel aktiviteleri gözlemlememize olanak sağlar. Klinik boyutta EMG

nöromüsküler açıdan hastalık ve rahatsızlıkların teşhisini koymasına ve ilgili hastalıkların takip edilmesine yardımcı olur. EMG yönteminin başka bir kullanım amacı ise kineziyolojik EMG veya yEMG adıyla bilinen biyomekanik alanda hareket analizi, kas yorgunluğu, yürüyüş analizi, sportif performans uygulamaları, ergonomik tasarımların geliştirilmesinde ve uygulanmasındaki kasın dinamik yapısının incelenmesine olanak sağlamaktadır. yEMG invaziv olmaması sebebiyle ölçümlerin acısız ve rahat bir şekilde alınmasını ve dinamik hareketlerin kas aktivitelerinin analiz edilmesine olanak sağlamaktadır (Massó vd., 2010).



2.4.1. Yüzeyel elektromiyografi

yEMG iskelet kasları aracılığıyla üretilen elektriksel aktivitelerinin, kas üzerinde bulunan deri üzerine yerleştirilen yüzey elektrotlar aracılığıyla tespit edilmesine ve analiz edilmesi amacıyla kullanılan bir tekniktir. yEMG sinir sistemi (merkezi ve periferik) aracılığıyla kas kontrol mekanizmaları hakkında bilgi sağlamaktadır (Feldner vd., 2019). yEMG sinyallerinin kaynağı kas fibrillerinin depolarize ve repolarize bölgeleridir. Hareket üretimi, sinaptik girdilerin motor nöron havuzlarına iletilmesi ile gerçekleştirilir. Bir motor nöron deşarj olduğu esnada, nöromüsküler kavşaklarda aksiyon potansiyelleri üretilir ve bütün kas fibrilleri boyunca tendon bölgelerine yayılır. Motor ünite aksiyon potansiyelleri motor ünitelerin toplamıdır ve yEMG ile deri yüzeyinden kaydedilebilmektedir (Besomi vd., 2019). yEMG elektrotları non-invaziv bir şekilde deri üzerine yerleştirilerek elektrolitik iletim yolu ile kas yüzeyi ve vücut derisi arasındaki değişimleri tespit eden kimyasal denge prensibine göre çalışmaktadır. yEMG elektrotları karşımıza jel EMG ve kuru EMG elektrotları şeklinde çıkmaktadır (Gohel ve Mehendale, 2020). yEMG sinyallerini filtrelemek için kullanılan “high-pass” filtre sinyale kontamine edilmiş düşük frekansları kaldırmak için kullanılırken “low-pass” filtre ise yüksek frekansı kaldırmak için kullanılmaktadır (Tankisi vd., 2020).

2.4.2. yEMG avantajları

- yEMG yönteminin uygulaması kolay ve çok zorlayıcı değildir,
- Ölçüm alınması için bir tıp uzmanı olmanıza ihtiyaç yoktur,
- Non-invaziv bir ölçüm olması sebebiyle katılımcının acı veya rahatsızlık hissine kapılması çok düşüktür,

2.4.3. yEMG dezavantajları

- Sadece yüzeyel kasların ölçümü için kullanılır,
- Ölçüm alınan kasın çevresinde bulunan kaslardan (crosstalk) etkilenebilirler,
- Fazla uzun süreli dinamik hareketlerin kassal aktivitelerini kaydetmelerinde sınırlıdır (Cerrah vd.,2010).

2.4.4. Elektromiyografi normalizasyonu

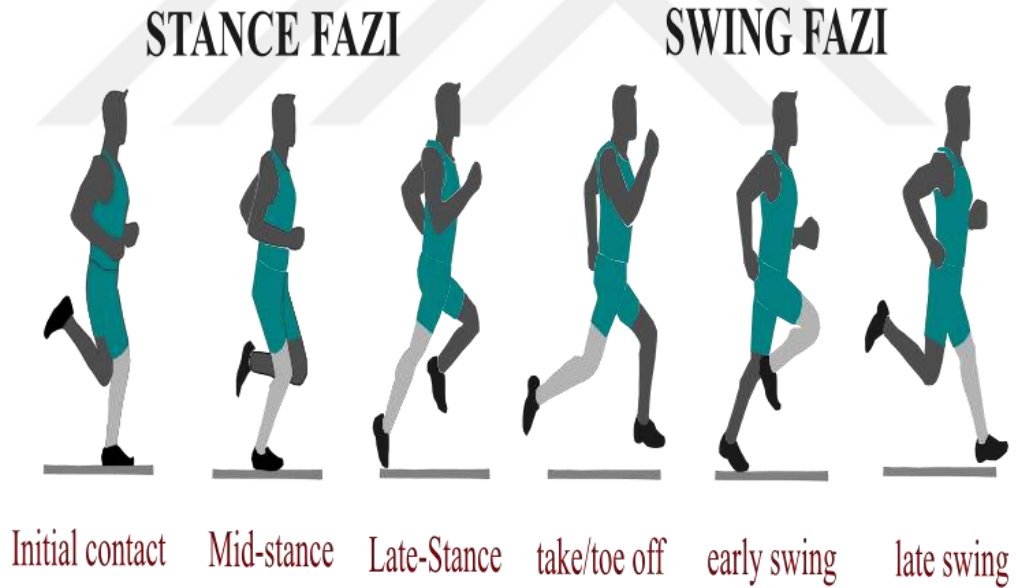
yEMG ölçümleri sırasında kas aktivite sinyalleri ham veri olarak kaydedilmektedir. yEMG kas aktivite sinyallerini normalize etmenin temel amaçlarından birincisi elektrotların kasların veya bireylerin farklı günlerde ya da kendi aralarında karşılaştırma yapabilmelerine olanak sağlamasıdır (Burden, 2010). yEMG sinyalinin normalizasyonu, EMG genliğini etkileyebilecek birçok teknik, anatomik ve fizyolojik faktörler sebebiyle gereklidir. Normalize edilmiş sinyalin ölçümlerin işlenmesi için hata riskini aza indirdiği belirtilmiştir (Lehman ve McGill, 1999). Ayrıca referans değerinin maksimum istemli kasılmadan (MİK) alınarak EMG'yi kullanarak normalize etmek katılımcıların ilgili kasıyla yaptığı işin yüzde kaçıyla yaptığı bilgisini sağlayabilmektedir (Allison vd., 1993).

2.5. Eğimli Koşu Bandı Koşusu ve Koşu

Popüler fiziksel aktivite ve egzersizler arasında koşu önemli bir yere sahiptir (Dai vd.,2015). Koşu bandı yürüyüş ve koşu biyomekaniği üzerine yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır ayrıca koşu bandı ile açık alanda gerçekleştirilen aktiviteler arasında benzerlikler gözlemlenmektedir koşu bandı ile test ve antrenman sürecinde hız ve eğimin kontrol edilmesi mevcuttur (Riley vd., 2007). Koşu bantları genellikle araştırma, klinik uygulamalar ve antrenman amaçlı kullanılmaktadır. Koşu bandında gerçekleştirilen koşu esnasında bant hareket halinde olduğu için koşu uygulamasının ayağı desteklediği ve ileri yönde gerçekleştirilen koşu hareketini kolaylaştırdığı yönünde genel bir görüş vardır. Bununla birlikte elit sporcuların sıklıkla ek bir antrenman yöntemi olarak koşu bandını kullandığı gözlemlenmektedir (Hooren vd., 2020; Tjelta, 2013). Koşu bandı ve pist üzerinde gerçekleştirilen koşuların biyomekanik açıdan incelendiği çeşitli çalışmalar mevcuttur (Hooren vd., 2020; Miller vd., 2019). Koşu bandında gerçekleştirilen koşu ile pist koşularının kas aktivite değerleri incelendiğinde, uyluk bölgesinde yer alan kaslar için %1 ile alt bacak (shanks) bölgesinde yer alan kaslar için %2 eğimdeki koşu bandında gerçekleştirilen koşunun pist koşusu ile benzer EMG kas aktivitesi değerleri gösterdiği gözlemlenmiştir. Buna ek olarak koşu bandı ve pist üzerinde gerçekleştirilen koşuların, pist üzerinde gerçekleştirilen koşunun koşu bandında gerçekleştirilen koşulara nispeten adım sürelerinin daha fazla değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur. Koşu bandında

gerçekleştirilen koşuların eğim seviyelerindeki kademeli artışın BF'nin kas aktivitesinin buna paralel bir şekilde artış gösterdiği gözlemlenmiştir (Darendeli vd., 2023).

Koşu veya yürüyüş esnasında uygulanan hareketin fazlarını geniş bir yelpazeye ayırılarak hareketin biyomekanik açıdan detaylı bir şekilde incelenmesi adım/koşu analizi olarak isimlendirilmektedir (Higginson, 2009). Adım döngüsü (gait döngüsü), koşma veya yürüme hareketlerinin tekrarlayan bir modelidir. Adım döngüsü bir ayağın yere ilk temas ettiği anda başlar ve aynı ayağın yere teması ile bitmektedir. Yürüyüş ve koşu adım döngüleri destek (stance) ve salınım (swing) fazı olarak iki temel ögede incelenmektedir (Görsel 2.5.). Koşu esnasında ayakların havada geçirdiği süre olduğu için koşu döngüsü yürüyüş döngüsünden farklıdır (Simmons, 2019). Ayrıca iki farklı stilde gerçekleştirilen adımlama karakterleri mesafe koşuları esnasında genellikle arka topuk stili ile koşuların gerçekleştirildiği daha kısa ve sprint temelli koşularda ise ayak ucu stiliyle koşuların gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Novacheck, 1998).



Görsel 2.5. Bir koşu gait döngüsü sağ bacak gri boya ile tasviri

Bir sprint koşusunun destek fazında sporcunun büyük kalça ekstansiyonu ve diz fleksiyon hareketlerinin uygulandığı gözlemlenmiştir, bu bağlamda yapılan ilk sprint koşusunun biyomekanik özelliklerini inceleyen çalışmaların hamstring yaralanma riskine bu fazın katkı sağlayabileceği yönünde öneriler sunulmuştur (Mann, 1981). Daha sonraki biyomekanik çalışmaların, biartükeler (iki eklemlili) hamstring kas grubu kaslarının maksimal sprint uyguladığı destek fazı sırasında bu kas grubunun kısaldığını ve önemli ölçüde bir değişikliğin olmadığı gözlemlenmiştir. Buna karşılık, hamstring kas grubu salınım fazının ikinci yarısında gözlemlenebilir bir şekilde aktif bir uzama kasılması olduğu ve ayak vuruşundan önce en yüksek gerilmeye ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Sprint veya koşunun geç salınım (late swing) fazında, hamstringler salınım yapan bacadan kinetik enerji absorbe etmektedir. Uzunuda absorbe edilen kinetik enerji miktarı koşu hızının karesi ile orantılıdır, buna istinaden hamstring kas grubu tarafından yapılan negatif iş (absorbe edilen enerji) koşu hızı ile önemli ölçüde artış göstermektedir (Chumanov vd., 2007; Thelen vd., 2005). Bu bağlamda hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalar, aktif eksantrik kasılmalarının kas hasarına sebep olduğu ve hasar oranının kasın maruz kaldığı kuvvet miktarından ziyade kas tarafından yapılan aktif mekanik zorlanma ile negatif iş miktarına daha duyarlı olduğu gözlemlenmiştir (Brooks vd., 1995). Bununla beraber hamstring yaralanmalarının geç salınım fazı esnasında daha duyarlı olabileceği düşünülmektedir (Chumanov vd., 2012).

3. YÖNTEM

3.1. Katılımcılar

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen ölçümler için, rekreatif olarak spor yapan üniversite öğrencileri ($n = 19$; yaş 21.43 ± 1.68) gönüllülük esasına göre çalışmaya dahil olmuştur. Çalışmaya dahil edilen katılımcıların 6 ay içerisinde herhangi bir sakatlıklarının olmamasına, bir gün önceden yüksek şiddetli egzersiz yapmamalarına ve alkol tüketmemiş olmalarına dikkat edilmiştir. Katılımcılara ölçüm yeri, zamanı birkaç gün öncesinden bildirilmiş ve çalışmanın içeriği, uygulanacak olan ölçüm yöntemleri, çalışma süresince gerçekleştirecekleri aktiviteler açık şekilde anlatılmıştır. Çalışmaya dahil olmadan önce katılımcılar sağlıklı olduklarını ve sinir-kasal ya da kas-iskelet bozuklukları olmadığını sözlü olarak bildirmiştir. Çalışmayla ilişkili muhtemel risk ve faydalar hakkında katılımcılar bilgilendirilmiş ve her birinden yazılı bilgilendirilmiş gönüllü katılım olur formu alınmıştır. Bu çalışma, Eskişehir Teknik Üniversitesi Etik Komitesi (no. E-87914409-050.03.04-2300060833) tarafından onaylanmış ve Helsinki Bildirisine uygun olarak yapılmıştır.

Tablo 3.1. Katılımcıların tanımlayıcı özellikleri

	Cinsiyet	n	Ortalama	Std.sapma
Yaş (yıl)	Erkek	19	21.43	1.68
Boy Uzunluğu (cm)	Erkek	19	174.37	4.44
V. Ağırlığı kg	Erkek	19	69.68	5.20
Yağsız Doku %	Erkek	19	80.17	3.87
Doku Yağ %	Erkek	19	16.3	4.20
Kemik Yoğunluğu gr/cm ²	Erkek	19	1.287	0.089

3.1.2. Veri toplama araçları

3.1.2.1. Boy uzunluğu ölçüm aracı

Antropometrik özelliklerin belirlenmesi üzerine katılımcıların boy uzunluk ölçümleri santimetre baz alınarak hassasiyeti $\pm 0,1\text{mm}$ olan duvara sabitlenmiş stadiometre (Holtain, Ltd, UK) ile ölçülmüştür.



Görsel 3.1. Duvara asılmış stadiometre

3.1.2.2. Vücut ağırlığı ölçüm aracı

Katılımcıların vücut ağırlıkları hassasiyeti $\pm 0,1\text{ kg}$ olan elektronik laboratuvar baskülü (Seca, Vogel; Halke, Hamburg) ile ölçülmüştür.



Görsel 3.2. Vücut ağırlığı ölçüm Aracı

3.1.3. DEXA vücut kompozisyonu ölçümü

DEXA cihazı (Lunar Radiation Corp., Madison, WI, USA) kemik mineral yoğunluğu, yağ dokusu kütlesi ve yağsız doku kütlesi ve ayrıca bölgesel yağ dağılımı verilerinin ölçülmesi amacıyla DEXA cihazı kullanılmıştır. Ölçümlerin gerçekleştirilmesi için cihazın prosedürleri uygulanacak şekilde öncelikle her ölçüm öncesi cihazın kalibrasyonu kontrol edilip ardından katılımcıların üzerinde herhangi bir metal eşya (kolye, küpe, bozuk para vb. eşyalar) olmadığından emin olunduktan sonra cihazın yönergeleri takip edilerek sırt üstü pozisyon alınarak ölçümlerin tüm vücudu kapsayacak şekilde antropometrik özelliklerin analizi edilmiştir (Bolanowski ve Nilsson, 2001).



Görsel 3.3. Antropometrik özelliklerin ölçümü

3.1.4. yEMG

Laboratuvarımızda bulunan kablosuz yüzeyel EMG cihazı (Ultium EMG, Noraxon USA Inc., Scottsdale, AZ, USA) kullanılarak NHE ve eğimli koşu bandındaki koşuların her katılımcının sağ BF kas aktivitesi değeri (2000 Hz örnekleme seviyesinden) ölçülmüştür. Elektrot yerleştirilmeden önce BF'nin ölçüm esnasında gürültüden olabildiğince arınması ve her ölçümün standart bir şekilde uygulanması adına ilgili kas üzerinde yer alan kıl ve tüylerin jilet yardımı ile temizlenmesi

gerekmektedir daha sonra deri %70 etil alkol ile bir bez yardımıyla cilt pembeleşinceye kadar deri üzerindeki ölü derilerden arınmak için temizlik işlemi yapılır bu işlemin ardından aşındırıcı jel (Nuprep; Weaver and Company, Aurora, CO) ilgili kas üzerine sürülür buradaki jelin deri üzerinde kalma süresi 60 saniyedir bu süre tamamlandıktan sonra su ve temiz bir bez yardımı ile ilgili kas yüzeyi temizlenir bu işlemin ardından cilt üzerindeki su kuruduktan sonra kendiliğinden yapışkanlı kullan at bipolar (çap 1.3cm, iki kutbun merkezleri arası 2cm) Ag/AgCl jel elektrot iskiyal tüberositi noktası ile lateral femoral epikondil noktalarının tam orta noktasında yer alan BF kas göbeğine palpasyon yardımı ile iliştilmiş ve elastik tıbbi flaster kullanılarak BF üzerine sabitlenmiştir (Crisswell, 2010). Her ölçüm öncesinde sinyal impedansı kontrol edilmiştir ve $\leq 10 \text{ k}\Omega$ değerinde her ölçümün alınmasına dikkat edilmiştir.



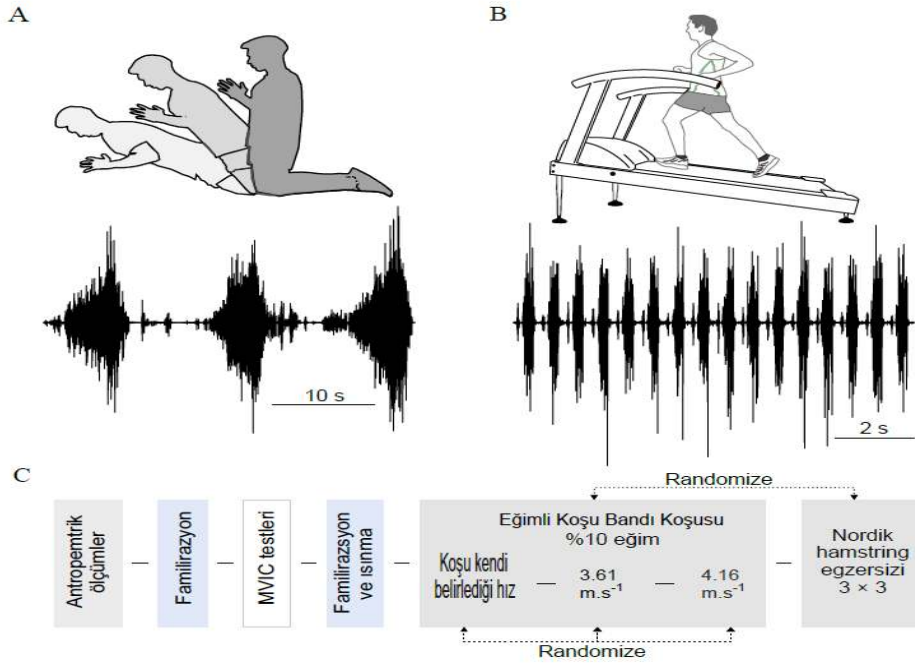
Görsel 3.4. yEMG cihazı ve BF için elektrot pozisyonu

3.2. yEMG Veri Analizi

Tüm veriler myoMuscle yazılımında (Noraxon USA Inc. Scottsdale, AZ) işlenmiştir. Her koşu koşulu için 30 ardışık adım döngüsü analiz edilmiş ve NHE görevi için gerçekleştirilen 9 tekrar analiz edilmiştir. Girişimsel (interference) EMG sinyali öncelikle 20 Hz kesme frekansına sahip yüksek geçirgen (high-pass filtre 4. Derece Butterworth) filtrelenmiştir (Karacan vd., 2023). High-pass filtre uygulanan EMG sinyalinin kök ortalama kare (root mean square) değeri 150 ms'lik pencere aralığıyla hesaplanmıştır. EMG genliği MİK değerine normalize edilmiştir. Her koşu adımı ve NHE görevi için EMG zirve noktası hesaplandı, ortalaması alındı ve koşullar arasında karşılaştırıldı. EMG zirve noktası için varyasyon katsayısı (standart sapma/ortalama $\times$ 100) zirve kas aktivitesindeki normalleştirilmiş değişkenliği tahmin etmek için hesaplanmıştır. Tibial hızlanma verileri uzunlamasına eksen boyunca ayağın yere ilk bastığı süreyi tahmin edilmek amacıyla kullanılmıştır. EMG verileri koşu bandı koşulları için adım sürelerine göre zamana normalize edilmiştir. EMG zirve verilerinin ortalaması, üç koşu bandı koşusu koşulunun her biri için 30 ardışık adım döngüsü ve NHE görevi için 9 tekrardan elde edilmiştir.

3.3. Deneysel Yaklaşım ve Protokoller

Katılımcılar laboratuvara geldikten sonra yöntem ve deneysel protokoller hakkında gerekli bilgiler açık ve net bir şekilde anlatılmıştır. Bilgilendirmenin ardından gönüllü katılım formunun onamı alındıktan sonra, antropometrik ölçümler alınmıştır. Bu işlemin ardından katılımcıların ısınması koşu bandında kendi rahat hissettikleri hızda ısınma protokollerini gerçekleştirip stretching hareketlerini yaparak kendi rahat ettikleri ısınma uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir. Bu işlemin ardından katılımcılara ölçümde gerçekleştirilecek olan testlerin alıştırma seansları uygulanmıştır. Katılımcılara öncelikle MİK testleri uygulanış ardından randomize bir şekilde NHE ve eğimli koşu bandı koşulları uygulanmıştır (şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Deneyisel protokol, A katılımcıların NHE uygulaması sırasındaki hareket fazları ve altında NHE uygulaması esnasında ortaya çıkan ham EMG verileri verilmiştir, B eğimli koşu bandı üzerinde gerçekleştirilen koşu tasvir edilmiştir altında koşu esnasında ortaya çıkan ham EMG verileri verilmiştir. C, deneyisel protokol süreç tablosu. Eğimli koşu bandı koşuları 3.61 m.s^{-1} , 4.16 m.s^{-1} ve kendi belirledikleri hız ile 1 dakika sabit %10 eğimde randomize bir şekilde gerçekleştirmiştir. NHE uygulaması standart olarak eksantrik NHE protokolüne göre uygulanmıştır diz 90° ve kalça sabit pozisyonda 3 set 3 tekrar olarak uygulanmış tüm dinlenmeler 90-120 saniye arasında olmuştur.

3.4. Maksimum İstemli Kasılma Ölçümü

MİK testleri öncesi BF üzerine iliştirilen elektrot sinyalinin gürültüsü gözlemlenerek kontrol edilmiştir. 6 saniye süre içeren MİK testi için katılımcıların test esnasında uygulayacakları kuvveti kademeli bir şekilde arttırmaları ve yaklaşık 3 saniye sonrasında maksimum dirence ulaşmaları istenmiştir, bir MİK tekrarı alındıktan sonra katılımcılara 90 saniye dinlenme süresi verilmiştir. MİK testleri toplamda 3 kere uygulanmıştır ve en yüksek değer göz önünde bulundurulmuştur. Bir MİK ölçümü düzenlenirken en önemli nokta sert bir dirence karşı çok iyi uygulanacak sabit tutma (direnç uygulama/fixation) ve kontraksiyon uygulamalarıdır. BF MİK testi için katılımcı sedyeye yüz üstü uzanıp, diz 30° açığa gelecek şekilde ayaklarını kaldırıp ve kalçaya doğru diz fleksiyonu hareketini uygulamıştır ve bu esnada bir kayış veya kemer yardımıyla katılımcıya karşıt direnç uygulanmıştır.



Görsel 3.5. *Maksimum İstemli Kasılma Testi*

3.5. Eğimli Koşu Bandı Koşusu

Ölçüm esnasında gerçekleştirilen tüm koşular Cosmed T150 model (Nussdorf-Traunstein, Bavaria, Germany) koşu bandı üzerinde yapılmıştır. Eğimli koşu bandı üzerinde 3 koşu ölçümü yapılmıştır bu koşuların eğimleri %10 olarak sabit tutulmuştur, her bir koşu 1 dakikalık bir süreden oluşmuştur ve koşu hızları 3.61m/sn, 4.16 m/sn ve kendi belirledikleri hız ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar eğimli koşu bandı koşularını randomize bir şekilde gerçekleştirmiştir (Görsel 3.6). Bununla birlikte katılımcıların tibial hızlanmalarını gözlemlemek için her katılımcının sağ bacağının tibia ile aynı hizada lateral femoral epikondilin 2-3 cm altına bir akselerometre (#810 parça numaralı, Noraxon USA Inc., Scottsdale, AZ, USA) yerleştirilmiştir. Akselerometre ve EMG verileri senkron olarak aynı alıcıya (Ultium model #880, Noraxon USA Inc., Scottsdale, AZ, USA) transfer edilmiş ve boyuna eksendeki hızlanma verisi ayağın yere temas anını belirlemek üzere kullanılmıştır (La Fortune, 1991, Selles vd., 2005).



Görsel 3.6. Eğimli Koşu Bandı Koşusu

3.6. Nordik Hamstring Egzersizi

Ölçüm esnasında gerçekleştirilen NHE uygulaması standart olarak eksantrik NHE protokolüne göre uygulanmıştır diz 90° ve kalça 0° sabit pozisyonda olacak şekilde uygulanması katılımcılardan istenmiş ayrıca katılımcıların hareketi gerçekleştirirken kalça ekstansiyon hareketinin yapmamasına özen gösterilmiştir 3 set 3 tekrar olarak her başlangıç pozisyonundan bitiriş pozisyonu için 5 saniyede 1 NHE tekrarı uygulanmıştır tüm dinlenmeler setler arası 2 dakika arasında tutulmuştur.



Görsel 3.7. Nordik Hamstring Egzersizi Uygulanışı

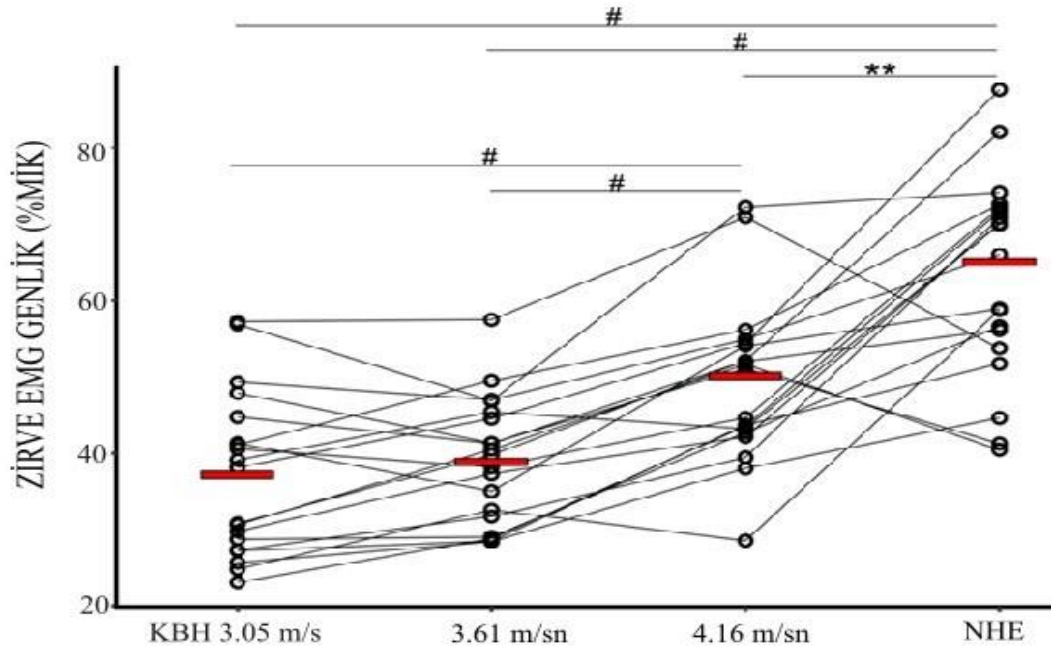
3.7. İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel analizler R (sürüm 4.3.1) ile gerçekleştirilmiştir. Veri dağılımının normalliği Quantile-quantile grafikleri ve Shapiro Wilk testi kullanılarak analiz edilmiştir. Tepe EMG genliği verileri, p değerlerini tahmin etmek için Satterthwaite yöntemi ile doğrusal karma modeller (lmerTest paketi) kullanılarak analiz edilmiştir. Model, katılımcıyı rastgele bir faktör ve koşulu sabit bir faktör olarak. Çoklu karşılaştırmalar için p değerlerini düzeltmek amacıyla Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır. Rastgele etkilerin normalliği doğrulanmış ve EMG verilerinde uç değerlere rastlanmamıştır. Koşullar arasında tepe EMG için varyasyon katsayısındaki farklılıkları değerlendirmek için tek yönlü tekrarlı ANOVA kullanılmıştır. Koşullar arasında EMG aktivitesindeki farklılıkların büyüklüğü Cohen's d etki büyüklüğü kullanılarak ölçülmüştür. Büyüklük eşikleri aşağıdaki gibidir: $|d| < 0,2$ çok küçük, $|d| < 0,5$ küçük, $|d| < 0,8$ orta ve $|d| \geq 0,8$ büyük (Cohen, 1992). Koşullar arasında EMG zirvesi için ortalamanın %95 güven aralığını (GA) bootstrap (1000 tekrarlı) yeniden örnekleme ile hesaplanmıştır. Tüm istatistiksel analizler için anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Eğimli koşu bandı koşuları ve NHE görevi sırasında BF EMG kas aktivite örnekleri Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Zirve EMG aktivitesi bakımından iki görev sırasında BF için daha önceki çalışmalar ile tutarlı EMG profilleri gözlemlenmiştir. BF EMG genliği NHE görevi sırasında diz ekstansiyon açısı ile kademeli olarak artarken, koşu bandı koşusu sırasında her adım döngüsünde iki tepe kas aktivitesi profilleri gözlemlenmiştir.

Koşullar (NHE ve koşular) boyunca her katılımcı için ortalama zirve EMG genliği (%MİK) şekil 4.1’de gösterilmiştir. NHE görevi (~%63 MİK) sırasındaki en yüksek EMG genliği 4,16 m.s-1 ($p = 0,003$, $d = 0,88$), 3,61 m.s-1 ($p < 0,001$, $d = 1,7$) ve kendi belirlediği hız ($3,05 \pm 0,16$ m/s; $p < 0,001$, $d = 1,55$) koşu bandı koşu koşullarına kıyasla daha yüksekti. 4,16 m/s’de (~%49 MİK) %10 dereceli koşu bandı koşusu sırasında zirve EMG genliği, daha yavaş koşu hızlarına kıyasla önemli ölçüde daha yüksekti ($p < 0,001$, $d = [1,51 \text{ } 2,04]$). Ayrıca koşu bandı koşusu ve NHE görevlerinde BF EMG genliği için ortalama, standart hata ve %95 güven aralıkları da tablo 4.1’de rapor edilmiştir.

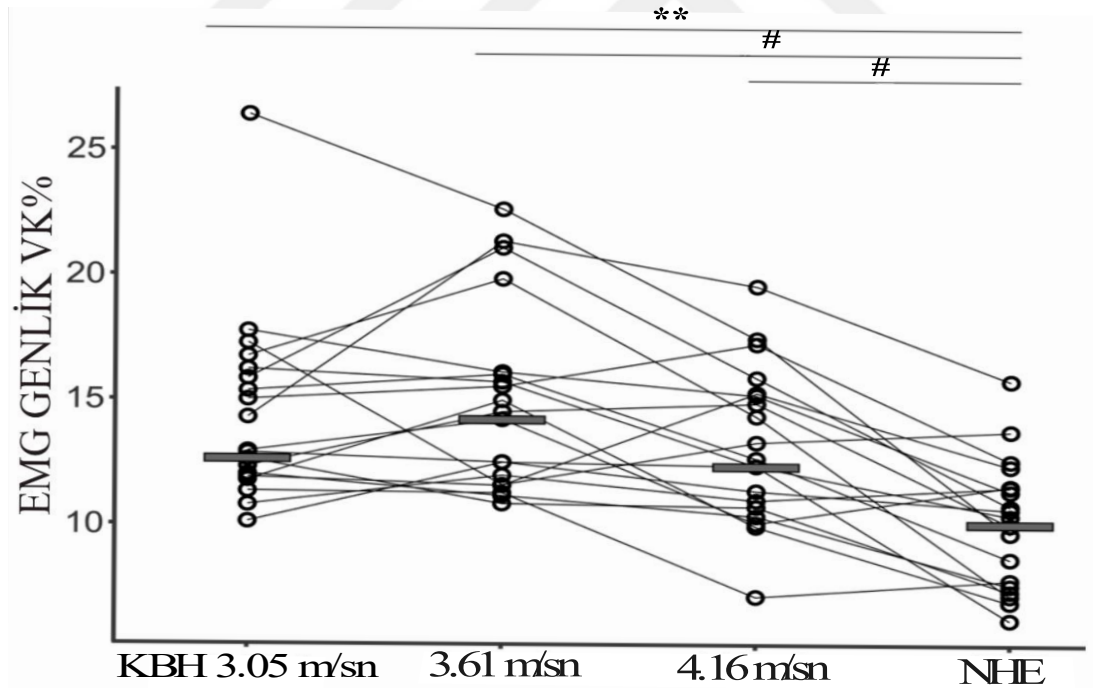


Şekil 4.1. Uygulanan egzersizler ve zirve EMG genliklerinin (%MİK) ortalamaları kırmızı çizgiler ile belirtilmiştir.

Tablo 4.1. Zirve EMG genlikleri için 1000 tekrarlı bootstrap ile hesaplanmış ortalama, standart hata (SH) ve %95 güven aralığı (GA) değerleri.

Zirve EMG Genlikleri <i>Biceps Femoris</i>	KBH 3.05 m/sn	3.61 m/sn	4.16 m/sn	NHE
Ortalama (SH)	37.43 (2.42)	40.03 (1.98)	50.62 (2.57)	63.98 (3.14)
%95 GA	33.15-42.51	36.53-43.84	45.65-55.79	57.45-69.54

Uygulanan egzersizin BF zirve EMG genliği için varyasyon katsayısı NHE görevi için 4,16 m/s ($p<0,001$, $d=1,16$), 3.61 m/sn ($p<0,001$, $d=1,2$) ve KBH ($p=0,001$, $d=1,05$) eğimli koşu bandı koşusuna göre daha az olduğu gözlemlenmiştir. Eğimli koşu koşulları arasında BF zirve EMG için varyasyon katsayısında istatistiksel anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Uygulanan egzersizler ve EMG genlik VK (%MİK) değerleri belirtilmiştir. gri çizgiler medyan değerlerini temsil etmektedir.

Uygulanan egzersizlerin EMG zirve etki boyutlarının genlikleri (tablo 4.2) incelendiğinde iki sabit kasılma arasındaki farklılığın büyüklüğü tablo 4.2’te

sayısallaştırılmıştır bununla birlikte sadece 3.61 m/sn ile KBH 3.05 m/sn arasında küçük etki boyutu gözlemlenmiştir. Diğer koşullarda ise etki boyutu büyük çıkmıştır bu bağlamda EMG zirve genlikleri arasında istatistiksel olarak yüksek farklılıklar bulunmuştur.

Tablo 4.2. *EMG zirve genliklerinin etki boyutları*

EMG Zirve Etki Boyutları	Cohen's d	Genlik
3.61m/sn-4.16m/sn	1.51	Büyük
3.61m/sn-NHE	1.70	Büyük
3.61m/sn-KBH	0.34	Küçük
4.16m/sn-NHE	0.88	Büyük
4.16m/sn-KBH	2.04	Büyük
NHE-KBH	1.55	Büyük

Katılımcıların M. Biceps Femoris EMG zirve ortalamaları (tablo 4.3) incelendiğinde sadece 3.61 m/s-KBH 3.05 m/sn arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir. Bunun aksine diğer koşullar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılar olduğu gözlemlenmiştir. 4.16 m/sn-NHE uygulamalarının Biceps Femoris EMG genliklerinin ortalamaları incelendiğinde NHE'ye en yakın koşunun 4.16 m/sn olduğu gözlemlenmiştir ($p=0.003$). Diğer koşullar arasında EMG genlikleri anlamlı olarak farklı çıkmıştır ($p<0.001$).

Tablo 4.3. *Biceps Femoris EMG zirve ortalamaları tekrarlı anova ölçümleri bonferroni düzeltmesi*

<i>Biceps Femoris EMG zirve ortalamaları</i>	<i>p bonf</i>
3.61m/sn-4.16m/sn	0.0000103 ***
3.61m/sn-NHE	0.00000354 ***
3.61m/sn-KBH	0.894
4.16m/sn-NHE	0.003 **
4.16m/sn-KBH	0.000000306 ***
NHE-KBH	0.0000096 ***

** p=0.003, *** p<0.001

Katılımcıların Biceps Femoris EMG VK'leri (tablo 4.4) incelendiğinde 3.61m/sn-NHE 4.16m/sn-NHE ve NHE-KBH koşulları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (p<0.001). Diğer koşullarda istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmamıştır.

Tablo 4.4. *Biceps Femoris EMG VK tekrarlı anova ölçümleri bonferroni düzeltmesi*

<i>M. Biceps Femoris EMG VK</i>	<i>p bonf</i>
3.61m/sn-4.16m/sn	0,056
3.61m/sn-NHE	0.000335 ***
3.61m/sn-KBH	1
4.16m/sn-NHE	0.00048 ***
4.16m/sn-KBH	0,84
NHE-KBH	0.001 ***

***p<0.001

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmanın ana bulguları: 1) NHE uygulamasında incelenen EMG zirve genliklerinin sabit %10 eğimde gerçekleştirilen koşulara (kendi belirledikleri hız, 3.61 m/sn ve 4.16 m/sn) kıyasla BF genlik seviyesinin daha yüksek olduğu ve koşuların kendi aralarında istatistiksel açıdan kas aktivite değerlerinin farklı olduğu gözlemlenmiştir. EMG genlik ortalaması NHE'ye en yakın sonuçlar 4.16 m/sn hızında tamamlanan eğimli koşu bandı koşusunda tespit edilmiştir. NHE VK değerlerinin daha az değişken olduğu, koşuların ise NHE'ye göre daha değişken olduğu gözlemlenmiştir.

5.1. EMG Genliğinde Gözlemlenen Farklılıklar

Swanson ve Caldwell (2000), gastrocnemius, SM, ST ve BF'nin %30 eğimde yapılan koşu bandı koşusunun %0 eğimdeki (düz) koşuya kıyasla kas aktivitesi bakımından daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Roussos vd., (2019), farklı eğimlerde (%0, %4 ve %8) gerçekleştirilen koşular esnasında BF EMG genliklerinde pozitif yönde bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Darendeli vd., (2023) farklı eğimlerde (%0, %1 ve %2) gerçekleştirilen koşuların eğim seviyesi arttıkça BF EMG genliklerinde artış olduğunu göstermiş ve koşu bandı üzerinde gerçekleştirilen koşu esnasında bir koşu adım döngüsünde iki belirgin BF EMG zirve aktivitesi kaydetmişlerdir. Bu bağlamda, eğimli koşu bandı üzerinde gerçekleştirilen koşu esnasında ikinci zirve EMG genliği savurma fazının sonuna doğru gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda koşu bandı eğimi sabit tutulmuş ve katılımcılar üç farklı hızda koşmuştur. Yukarda belirtilen çalışmalarla paralel olarak BF EMG aktivitesinin koşu hızı ve eğimle birlikte arttığı, ayrıca koşunun yere temas ve savurma fazlarında BF EMG aktivitesinin tepe yaptığı gözlemlenmiştir.

HK anatomik yapısı açısından değişiklikler göstermektedir, BFub ve SM kasları ST ve BFkb'ye göre daha büyük pennasyon açılara, daha büyük kesitsel bir alana ve daha kısa fasiküller içerdiği gözlemlenmektedir (Kellis, 2018). Bu anatomik farklılıklar, HK'nin eksantrik bir eylemi gerçekleştirirken kasılmaya dahil olan kasların farklı yoğunlukta (ST %4, BFkb %2 ile karşılaştırıldığında SM %19 ve BFub %70) kasılmayı gerçekleştirdiği buna istinaden BFub'nin daha fazla yaralanmaya açık olduğunu kısmen açıklayabilir (Pollock vd., 2022). Bu bağlamda eksantrik olarak gerçekleştirilen egzersizlerin HZY'yi önlenmesine fayda sağlayacağı düşünülmektedir (Vatovec vd.,

2020). Çalışmamızın bulguları NHE'nin kas aktivite seviyesinin diğer koşulara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 4.1). NHE uygulamasının etkili bir yöntem olduğu kabul edilmektedir fakat eğimli koşu bandı koşusundaki koşunun özellikle geç salınım (late swing) fazında HK'nın eksantrik olarak kasıldığı dikkate alındığında neredeyse bütün spor branşlarının doğasına uygun olarak gerçekleştirilecek eğimli koşu uygulamaları her sporcu tarafından zorlanmadan ve neredeyse her antrenman programına eklenebilecek bir yapıya sahip olduğu göz önünde alındığında eğimli koşu bandında gerçekleştirilen koşudan elde edilen BF kas aktivitesi HK'yi eksantrik bir şekilde kasılmasını sağlayarak HK üzerinde oluşan pozitif etkisi göz önünde bulundurması gerekmektedir.

Koşu bandında gerçekleştirilen sabit bir hızda yürüyüşün daha geniş varyasyon aralığı gösterdiği buna istinaden kas aktivitesinin yürüme esnasında kişinin kendi belirlediği hıza göre adım döngülerinin daha değişken olduğu gözlemlenmiştir (Ibala vd., 2019). Bu bağlamda sabit bir hızda gerçekleştirilen yürüyüşün yüksek değişkenliği (yüksek varyans katsayısı) hassas görevlerin başarılı bir şekilde yerine getirilmesi için geniş bir motor kontrol değişkenliğine ihtiyaç duymaktadır (Latash, 1998). Bununla birlikte koşu durumlarını gerektiren deneysel ölçümlerde katılımcıların kendi belirledikleri hızda koştukları hızın günden güne değişmediği buna istinaden uygulanan çalışmayı olumsuz yönde etkilemediği düşünülmektedir (Queen vd., 2006). Çalışmamızda gerçekleştirilen KBH (3.05 m/sn) koşunun EMG genlik VK'nin düşük olduğu bu koşu sırasında gerçekleştirilen adım döngülerinin daha otomatik ve daha rahat uygulandığı düşünülmektedir. Buna ek olarak EMG genliklerinin daha az değişken olduğu bulgularımızla örtüşmektedir. KBH ile 3.61 m/sn koşularının EMG genliklerinin ortalamasının birbirlerine yakın olması (Şekil 4.1) KBH hızda gerçekleştirilen koşunun EMG genlik ortalamasının %2.6 daha düşük olması ile ilişkilendirilmiştir (Tablo 4.1).

NHE uygulaması BF'nin ≥ 60 MİK üzerinde EMG kas aktivitesi değerlerinin üzerine çıktığı gözlemlenmektedir (Almuzara vd., 2021). Çalışmamızdaki bulgularda bu doğrultuda NHE uygulamasının eksantrik kasılma yönünden yüksek EMG genliklerini ortaya koyduğunu göstermektedir. Bununla birlikte NHE ile 4.16 m/sn arasındaki yüzdesel olarak %13.36 EMG genlik ortalamalarının 4.16 m/sn koşuda daha düşük

olduğu ve en yakın koşu durumunun 4.16 m/sn hızında gerçekleştirilen koşunun olduğu tablo 4.1’de gözlemlenmiştir.

NHE, hareketin doğası gereği hamstring kasları üzerinde maksimal eksantrik bir kasılma gerçekleştirmesini sağlamaktadır (Cuthbert vd., 2020). NHE uygulamasının standart protokolü diz 90° ve kalça sabit 0° ile modifiye edilmiş NHE uygulamalarının (diz açısı 0°, 20° ve 40° eğim ile kalça açısı 0°, 25°, 50° ve 75°) kas aktivitesi bakımından değerlendirilen kasların (biceps femoris, gastrocnemius, semitendinosus, erektor spina ve gluteus maksimus) incelenmesi sonucunda standart NHE’nin diğer modifiye NHE uygulamalarına kıyasla kas aktivitesi bakımından daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Standart NHE uygulamasının gerçekleştirirken zorlanan katılımcılara daha geniş açılarda bireyselleştirilmiş NHE uygulaması önerilmektedir (Şarabon vd., 2019). Çalışmamızda, eksantrik NHE uygulamamızın sebebi en yüksek BF kas aktivite değerlerinin eksantrik NHE uygulamasında gözlemlenmesidir. Bu bağlamda şekil 3.1’de karşımıza çıkan 1 NHE tekrarının 5 saniye içerisinde kademeli bir şekilde uygulandığını buna istinaden bir koşu adım döngüsünün ortalama 0,6 saniye arasında gerçekleştirildiği göz önünde bulundurulduğunda aradaki farkın neredeyse 10 kat olduğu ve bir dakikalık koşu sırasında neredeyse 90-100 arasında adım döngülerinin oluşması göz önünde bulundurulmalıdır. Buna istinaden koşu durumlarındaki VK incelendiğinde koşuların NHE’ye nazaran daha değişken olduğu her adım döngüsünün sürekli yüksek genlik seviyelerinde olmadığı, NHE’de ise bu durumun gerçekleştirilen tekrarların neredeyse birbirine yakın genlikte maksimuma yakın derecede kasıldığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda HK için uygulanan antrenman adaptasyonlarının daha sağlıklı gelişebilmesi için koşu bandında gerçekleştirilen koşunun NHE’ye alternatif bir egzersiz olarak önerebileceği düşünülmektedir.

Futbolcuların antrenmanlarına ek olarak antrenman öncesi ve sonrası uygulanan NHE egzersizin antrenman öncesinde gerçekleştirildiğinde hamstring eksantrik kuvvetinin düştüğü ve ayrıca mikro düzeyde kas hasarlarının meydana gelmesine bağlı olarak kas yaralanma riskinin artabileceği düşünülmektedir (Lovell vd., 2016). Acemi ve orta düzey sporcuların NHE uygulamasını gerçekleştirirken egzersize uyum sağlayamaması ve hareketi gerçekleştirirken zorlandıkları belirtilmiş ve alternatif olarak eksantrik bisiklet ergometresinin NHE’ye alternatif eksantrik bir egzersiz yöntemi olabileceği belirtilmiştir (Valdes vd., 2023). Bu bağlamda gerçekleştirmiş olduğumuz

bu akut çalışmamızda 1 dakikalık %10 eğimde gerçekleştirilen 4.16 m/sn koşunun NHE kas aktivite değerlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Buna istinaden antrenmanların bireyselleştirilmesi açısından eğimli koşu bandında gerçekleştirilen koşunun daha esnek bir uygulama olabileceği ve katılımcının seviyesine göre eğitim seviyesinin azaltılabileceği veya arttırılabileceği, koşu süresinin daha uzun sürede tutulabileceği ve koşu hızının arttırılabileceği veya düşürülebileceği gibi durumların NHE'ye nazaran daha fazla kontrol altında tutulabileceği düşünülmektedir. . Eğimli koşu bandı üzerinde gerçekleştirilen koşunun sakatlık önleyici egzersizler için alternatif bir yaklaşım olabileceği, sporcular için antrenman programlarında uygulama açısından kolaylık sağlayacağı ayrıca rehabilitasyon programlarında kolaylıkla bireyselleştirilmiş bir plan dahilinde uygulanabileceği düşünülmektedir.

5.2. Sınırlılıklar

Çalışmamızın bazı sınırlılıkları olduğunu vurgulamak gerekmektedir. Çalışmamıza rekreatif olarak aktif spor yapan üniversite öğrencileri çalışmaya dahil edilmiştir. Bununla birlikte çalışmamızdaki örneklem (n=19) sadece erkek katılımcılardan oluşturulmuştur kadın katılımcı çalışmaya dahil edilememiştir. Hamstring kas gurubunda yer alan Biceps Femoris kası çalışmamızda incelenmiş olup diğer alt ekstremitede yer alan kaslar dahil edilememiştir.

5.3. Sonuç

Çalışmamızda yer alan iki farklı egzersizin 3 set 3 tekrar NHE ve %10 eğimli koşu bandında gerçekleştirilen 1 dakikalık 3.61 m/sn, 4.16 ve kendi belirledikleri hızlarda gerçekleştirilen koşuların BF kas aktiviteleri incelendiğinde NHE'nin diğer koşullarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Buna ek olarak gerçekleştirilen koşular arasında 4.16 m/sn hızında gerçekleştirilen koşunun NHE kas aktivite değerine en yakın olan koşu olduğu belirtilmelidir. Bu çalışmada koşuların 1 dakikalık EMG verilerinin kaydedildiği göz önünde bulundurulmalıdır buna istinaden daha uzun sürelerde gerçekleştirilecek olan koşuların ve kronik bir şekilde bu çalışmanın gerçekleştirilerek hamstring kas grubu EMG kas aktivite değerlerinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

5.4. Öneriler

Bu çalışma kapsamında ileriye yönelik yapılacak çalışmalar için öneriler şu şekilde sunulmuştur.

- 1) Çalışmaya dahil edilen örnekleminin sayısının arttırılarak, kadın katılımcılarında çalışmaya dahil edilmesi,
- 2) Çalışmada EMG ölçümlerinin alt ekstremitede yer alan hamstring quadriceps kas grupları üzerinden alınması,
- 3) Çalışmanın kronik bir çalışma şeklinde tasarlanarak uygulanan NHE, eğimli koşu bandı koşusu egzersiz grupları ile kontrol grubunun olduğu egzersiz uygulamalarının kas aktivite değerleri ve izokinetik dinamometre üzerinde MİK oranlarının, hamstring-quadriceps oranının incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Anderson, T. B., & Vilella, R. C. (2023). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Posterior Thigh. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- Allison, G. T., Marshall, R. N., & Singer, K. P. (1993). EMG signal amplitude normalization technique in stretch-shortening cycle movements. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 3(4), 236-244.
- Alt, T., Roos, T., Nolte, K., Modenbach, D., Knicker, A. J., & Jaitner, T. (2023). Modulating the Nordic Hamstring Exercise From" Zero to Hero": A Stepwise Progression Explored in a High-Performance Athlete. *Journal of Athletic Training* (Allen Press), 58(4).
- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(1), 40–48. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00634.x>
- Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2007). 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*, 35(2), 197–206. <https://doi.org/10.1177/0363546506294679>
- Bahr, R., Thorborg, K., & Ekstrand, J. (2015). Evidence-based hamstring injury prevention is not adopted by the majority of Champions League or Norwegian Premier League football teams: the Nordic Hamstring survey. *British journal of sports medicine*, 49(22), 1466–1471. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094826>
- Baltzopoulos, V., & Brodie, D. A. (1989). Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sports medicine* (Auckland, N.Z.), 8(2), 101–116. <https://doi.org/10.2165/00007256-198908020-00003>
- Behan, F. P., Opar, D. A., Vermeulen, R., Timmins, R. G., & Whiteley, R. (2023). The dose–response of pain throughout a Nordic hamstring exercise intervention. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(4), 542-546.
- Besomi, M., Hodges, P. W., Van Dieën, J., Carson, R. G., Clancy, E. A., Disselhorst-Klug, C., ... & Wrigley, T. (2019). Consensus for experimental design in electromyography (CEDE) project: Electrode selection matrix. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 48, 128-144.
- Bolanowski, M., & Nilsson, B. E. (2001). Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. *Medical Science Monitor*, 7(5), 1029- 1033
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(5), 783–790. <https://doi.org/10.1097/00005768-200105000-00017>

- Brooks, S. V., Zerba, E., & Faulkner, J. A. (1995). Injury to muscle fibres after single stretches of passive and maximally stimulated muscles in mice. *The Journal of physiology*, 488 (Pt 2)(Pt 2), 459–469. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1995.sp020980>
- Burden, A. (2010). How should we normalize electromyograms obtained from healthy participants? What we have learned from over 25 years of research. *Journal of electromyography and kinesiology*, 20(6), 1023-1035.
- Cerrah, A. O., Ertan, H., & Soylu, A. R. (2010). Spor Bilimlerinde Elektromiyografi Kullanımı. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 8(2), 43-49.
- Chesterton, P., Tears, C., Wright, M., & Portas, M. (2021). Hamstring injury prevention practices and compliance of the Nordic hamstring program in English professional football. *Translational Sports Medicine*, 4(2), 214-222.
- Chesterton, P., & Tears, C. (2021). The uptake of the Nordic hamstring exercise programme as an injury prevention strategy in professional cricket in the United Kingdom and barriers to implementation. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 50, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.03.013>
- Chowdhury, R. H., Reaz, M. B., Ali, M. A., Bakar, A. A., Chellappan, K., & Chang, T. G. (2013). Surface electromyography signal processing and classification techniques. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 13(9), 12431–12466. <https://doi.org/10.3390/s130912431>
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2007). The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of biomechanics*, 40(16), 3555-3562.
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2011). Hamstring musculotendon dynamics during stance and swing phases of high-speed running. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(3), 525–532. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f23fe8>
- Chumanov, E. S., Schache, A. G., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2012). Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. *British journal of sports medicine*, 46(2), 90. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090176>
- Criswell, E. (2010). *Cram's introduction to surface electromyography*. Jones & Bartlett Publishers.
- Cuthbert, M., Ripley, N., McMahon, J. J., Evans, M., Haff, G. G., & Comfort, P. (2020). The Effect of Nordic Hamstring Exercise Intervention Volume on Eccentric Strength and Muscle Architecture Adaptations: A Systematic Review and Meta-analyses. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(1), 83–99. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01178-7>

- Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current directions in psychological science*, 1(3), 98-101.
- Copland, S. T., Tipton, J. S., & Fields, K. B. (2009). Evidence-based treatment of hamstring tears. *Current sports medicine reports*, 8(6), 308–314. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181c1d6e1>
- Dai, S., Carroll, D. D., Watson, K. B., Paul, P., Carlson, S. A., & Fulton, J. E. (2015). Participation in types of physical activities among US adults—National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2006. *Journal of physical activity and health*, 12(s1), S128-S140.
- Darendeli, A., Ertan, H., & Enoke, R. M. (2023). Comparison of EMG Activity in Leg Muscles between Overground and Treadmill Running. *Medicine and science in sports and exercise*, 55(3), 517–524. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003055>
- De Luca, C. (2006). Electromyography. *Encyclopedia of medical devices and instrumentation*.
- Ebben W. P. (2009). Hamstring activation during lower body resistance training exercises. *International journal of sports physiology and performance*, 4(1), 84–96. <https://doi.org/10.1123/ijsp.4.1.84>
- Ekstrand, J., Healy, J. C., Waldén, M., Lee, J. C., English, B., & Häggglund, M. (2012). Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *British journal of sports medicine*, 46(2), 112–117. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090155>
- Ekstrand, J., Bengtsson, H., Waldén, M., Davison, M., Khan, K. M., & Häggglund, M. (2022). Hamstring injury rates have increased during recent seasons and now constitute 24% of all injuries in men's professional football: the UEFA Elite Club Injury Study from 2001/02 to 2021/22. *British journal of sports medicine*, 57(5), 292–298. Advance online publication. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105407>
- Enoka, R. M. (2010). Electromyography (emg). *Encyclopedia of Movement Disorders*, 1, 444.
- Eric H. Awtry, Gary J. Balady, Chapter 48- Exercise and the Heart, Editor(s): Glenn N. Levine, *Cardiology Secrets (Third Edition)*, Mosby, 2010, Pages 311-315, ISBN 9780323045254, <https://doi.org/10.1016/B978-032304525-4.00048-4>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323045254000484>)
- Erickson, L. N., & Sherry, M. A. (2017). Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. *Journal of sport and health science*, 6(3), 262–270. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.001>
- Feldner, H. A., Howell, D., Kelly, V. E., McCoy, S. W., & Steele, K. M. (2019). “Look, your muscles are firing!”: a qualitative study of clinician perspectives on the use

- of surface electromyography in neurorehabilitation. Archives of physical medicine and rehabilitation, 100(4), 663-675.
- Felici, F., & Del Vecchio, A. (2020). Surface Electromyography: What Limits Its Use in Exercise and Sport Physiology?. Frontiers in neurology, 11, 578504. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.578504>
- Freckleton, G., & Pizzari, T. (2013). Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. British journal of sports medicine, 47(6), 351–358. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090664>
- Gash, M. C., Kandle, P. F., Murray, I. V., & Varacallo, M. (2023). Physiology, Muscle Contraction. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- Green, B., Bourne, M. N., van Dyk, N., & Pizzari, T. (2020). Recalibrating the risk of hamstring strain injury (HSI): A 2020 systematic review and meta-analysis of risk factors for index and recurrent hamstring strain injury in sport. British journal of sports medicine, 54(18), 1081–1088. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100983>
- Gohel, V., & Mehendale, N. (2020). Review on electromyography signal acquisition and processing. Biophysical reviews, 12(6), 1361–1367. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s12551-020-00770-w>
- Gottlieb, G. L. (1989). Strategies for the control of single mechanical degree of freedom voluntary movements. Behavioral and Brain Sciences, 12, 189-210.
- Guruhan, S., Kafa, N., Ecemis, Z. B., & Guzel, N. A. (2021). Muscle Activation Differences During Eccentric Hamstring Exercises. Sports health, 13(2), 181–186. <https://doi.org/10.1177/1941738120938649>
- Günay, M., Tamer, K., & Cicioğlu, H. A. L. İ. L. (2013). Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü.
- HARPUT, G. (2017). Rehabilitasyon: Eksentrik Eğitim. Türkiye Klinikleri J Physiother Rehabil-Special Topics, 3(2), 86-93.
- Heiderscheit, B. C., Hoerth, D. M., Chumanov, E. S., Swanson, S. C., Thelen, B. J., & Thelen, D. G. (2005). Identifying the time of occurrence of a hamstring strain injury during treadmill running: a case study. Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 20(10), 1072–1078. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.07.005>
- Hickey, J. T., Opar, D. A., Weiss, L. J., & Heiderscheit, B. C. (2022). Hamstring Strain Injury Rehabilitation. Journal of athletic training, 57(2), 125–135. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0707.20>
- Higginson B. K. (2009). Methods of running gait analysis. Current sports medicine reports, 8(3), 136–141. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181a6187a>

- Ibala, E., Coupaud, S., & Kerr, A. (2019). Comparison of the muscle pattern variability during treadmill walking (fixed and self-pace) and overground walking of able-bodied adults. *Journal of Annals of Bioengineering*, 1, 1-11.
- Karacan, I., Topkara Arslan, B., Karaoglu, A., Aydin, T., Gray, S., Urgan, P., & Türker, K. S. (2023). Estimating and minimizing movement artifacts in surface electromyogram. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 70, 102778. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2023.102778>
- Kellis E. (2018). Intra- and Inter-Muscular Variations in Hamstring Architecture and Mechanics and Their Implications for Injury: A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(10), 2271–2283. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0975-4>
- LaFortune, M. A. (1991). Three-dimensional acceleration of the tibia during walking and running. *Journal of biomechanics*, 24(10), 877-886.
- Latash, M. L. (1998). Progress in motor control: Bernstein's traditions in movement studies (Vol. 1). *Human Kinetics*.
- Lee, J. W., Li, C., Yung, P. S., & Chan, K. M. (2017). The reliability and validity of a video-based method for assessing hamstring strength in football players. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 15(1), 18-21.
- Lehman, G. J., & McGill, S. M. (1999). The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: a proof of principle. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 22(7), 444–446. [https://doi.org/10.1016/s0161-4754\(99\)70032-1](https://doi.org/10.1016/s0161-4754(99)70032-1)
- Lovell, R., Siegler, J. C., Knox, M., Brennan, S., & Marshall, P. W. (2016). Acute neuromuscular and performance responses to Nordic hamstring exercises completed before or after football training. *Journal of sports sciences*, 34(24), 2286–2294. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1191661>
- Lowey, S., Waller, G. S., & Trybus, K. M. (1993). Function of skeletal muscle myosin heavy and light chain isoforms by an in vitro motility assay. *The Journal of biological chemistry*, 268(27), 20414–20418.
- Ludwig, P. E., Reddy, V., & Varacallo, M. (2022). Neuroanatomy, Central Nervous System (CNS). In StatPearls. StatPearls Publishing.
- Llurda-Almuzara, L., Labata-Lezaun, N., López-de-Celis, C., Aiguadé-Aiguadé, R., Romaní-Sánchez, S., Rodríguez-Sanz, J., Fernández-de-Las-Peñas, C., & Pérez-Bellmunt, A. (2021). Biceps Femoris Activation during Hamstring Strength Exercises: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 18(16), 8733. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168733>
- Maniar, N., Carmichael, D. S., Hickey, J. T., Timmins, R. G., San Jose, A. J., Dickson, J., & Opar, D. (2023). Incidence and prevalence of hamstring injuries in field-based team sports: a systematic review and meta-analysis of 5952 injuries from

- over 7 million exposure hours. *British journal of sports medicine*, 57(2), 109–116. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104936>
- Mann, R. V. (1981). A kinetic analysis of sprinting. *Medicine and science in sports and exercise*, 13(5), 325-328.
- Massó, N., Rey, F., Romero, D., Gual, G., Costa, L., & Germán, A. (2010). Surface electromyography applications in the sport. *Apunts Med Esport*, 45(165), 121-130.
- Mjølsnes, R., Arnason, A., Østhaugen, T., Raastad, T., & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 14(5), 311–317. <https://doi.org/10.1046/j.1600-0838.2003.367.x>
- Miller, J. R., Van Hooren, B., Bishop, C., Buckley, J. D., Willy, R. W., & Fuller, J. T. (2019). A systematic review and meta-analysis of crossover studies comparing physiological, perceptual and performance measures between treadmill and overground running. *Sports Medicine*, 49, 763-782.
- Murakami, Y., Nishida, S., Kasahara, K., Yoshida, R., Hayakawa, R., & Nakamura, M. (2023). Eccentric force and electromyogram comparison between the eccentric phase of the Nordic hamstring exercise and the razor hamstring curl. *PloS one*, 18(12), e0293938. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293938>
- Novacheck T. F. (1998). The biomechanics of running. *Gait & posture*, 7(1), 77–95. [https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(97\)00038-6](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(97)00038-6)
- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(3), 209–226. <https://doi.org/10.2165/11594800-000000000-00000>
- Petersen, J., & Hölmich, P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British journal of sports medicine*, 39(6), 319–323. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.018549>
- Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., Budtz-Jørgensen, E., & Hölmich, P. (2011). Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*, 39(11), 2296–2303. <https://doi.org/10.1177/0363546511419277>
- Poudel, B., & Pandey, S. (2023). Hamstring Injury. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Pollock, N., Kelly, S., Lee, J., Stone, B., Giakoumis, M., Polglass, G., Brown, J., & MacDonald, B. (2022). A 4-year study of hamstring injury outcomes in elite track and field using the British Athletics rehabilitation approach. *British journal of sports medicine*, 56(5), 257–263. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103791>
- Queen, R. M., Gross, M. T., & Liu, H. Y. (2006). Repeatability of lower extremity kinetics and kinematics for standardized and self-selected running speeds. *Gait & posture*, 23(3), 282–287. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.03.007>

- Ramos, G. A., Arliani, G. G., Astur, D. C., Pochini, A. C., Ejnisman, B., & Cohen, M. (2016). Rehabilitation of hamstring muscle injuries: a literature review. *Revista brasileira de ortopedia*, 52(1), 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2016.12.002>
- Rassier D. E. (2017). Sarcomere mechanics in striated muscles: from molecules to sarcomeres to cells. *American journal of physiology. Cell physiology*, 313(2), C134–C145. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00050.2017>
- Ribeiro-Alvares, J. B., Marques, V. B., Vaz, M. A., & Baroni, B. M. (2018). Four Weeks of Nordic Hamstring Exercise Reduce Muscle Injury Risk Factors in Young Adults. *Journal of strength and conditioning research*, 32(5), 1254–1262. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001975>
- Riley, P. O., Paolini, G., Della Croce, U., Paylo, K. W., & Kerrigan, D. C. (2007). A kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy subjects. *Gait & posture*, 26(1), 17-24
- Rodgers, C. D., & Raja, A. (2023). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Hamstring Muscle. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 43(8), 556–568. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.051417>
- Roussos, T., Smirniotou, A., Philippou, A., Galanos, A., & Triantafyllopoulos, I. (2019). Effect of running environment and slope gradient on lower limb muscle activation. *Am J Sports Sci*, 7(1), 20-5.
- Šarabon, N., Marušič, J., Marković, G., & Kozinc, Ž. (2019). Kinematic and electromyographic analysis of variations in Nordic hamstring exercise. *PloS one*, 14(10), e0223437. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223437>
- Selles, R.W., Formanoy, M.A., Bussmann, J.B., Janssens, P.J., Stam, H.J., 2005. Automated estimation of initial and terminal contact timing using accelerometers; development and validation in transtibial amputees and controls. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 13 (1), 81–88. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2004.843176>
- Sconce, E., Jones, P., Turner, E., Comfort, P., & Graham-Smith, P. (2015). The validity of the nordic hamstring lower for a field-based assessment of eccentric hamstring strength. *Journal of sport rehabilitation*, 24(1), 13–20. <https://doi.org/10.1123/JSR.2013-0097>
- Sherry M. (2012). Examination and treatment of hamstring related injuries. *Sports health*, 4(2), 107–114. <https://doi.org/10.1177/1941738111430197>
- Simmons, S. M. (2019). Clinical assessment of walking and running gait.

- Squire J. (2019). Special Issue: The Actin-Myosin Interaction in Muscle: Background and Overview. *International journal of molecular sciences*, 20(22), 5715. <https://doi.org/10.3390/ijms20225715>
- Swanson, S. C., & Caldwell, G. E. (2000). An integrated biomechanical analysis of high speed incline and level treadmill running. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(6), 1146-1155.
- Sweeney, H. L., & Hammers, D. W. (2018). Muscle Contraction. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 10(2), a023200. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a023200>
- Tankisi, H., Burke, D., Cui, L., de Carvalho, M., Kuwabara, S., Nandedkar, S. D., Rutkove, S., Stålberg, E., van Putten, M. J. A. M., & Fuglsang-Frederiksen, A. (2020). Standards of instrumentation of EMG. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 131(1), 243–258. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.07.025>
- Taylor GH. *Health by Exercise*. American Book Exchange; 1880.
- Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Best, T. M., Swanson, S. C., & Heiderscheit, B. C. (2005). Simulation of biceps femoris musculotendon mechanics during the swing phase of sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), 1931-1938.
- Thistle, H. G., Hislop, H. J., Moffroid, M., & Lowman, E. W. (1967). Isokinetic contraction: a new concept of resistive exercise. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 48(6), 279–282.
- Tjelta, L. I. (2013). A longitudinal case study of the training of the 2012 European 1500 m track champion. *Int J Appl Sports Sci*, 25(1), 11-18.
- Timmins, R. G., Filopoulos, D., Giannakis, J., Nguyen, V., Ruddy, J. D., Hickey, J. T., Maniar, N., Pollard, C. W., Morgan, N., Weakley, J., & Opar, D. A. (2024). The Effect of Eccentric or Isometric Training on Strength, Architecture, and Sprinting across an Australian Football Season. *Medicine and science in sports and exercise*, 56(3), 564–574. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003326>
- Valdes, O., Inzulza, S., Collao, N., Garcia-Vicencio, S., Tufano, J. J., Earp, J., Venegas, M., & Peñailillo, L. (2023). Eccentric Cycling Is an Alternative to Nordic Hamstring Exercise to Increase the Neuromuscular Function of Knee Flexors in Untrained Men. *Journal of strength and conditioning research*, 37(11), 2158–2166. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004529>
- van Dyk, N., Behan, F. P., & Whiteley, R. (2019). Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programmes halves the rate of hamstring injuries: a systematic review and meta-analysis of 8459 athletes. *British journal of sports medicine*, 53(21), 1362–1370. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100045>
- Van Hooren, B., Fuller, J. T., Buckley, J. D., Miller, J. R., Sewell, K., Rao, G., Barton, C., Bishop, C., & Willy, R. W. (2020). Is Motorized Treadmill Running Biomechanically Comparable to Overground Running? A Systematic Review and

Meta-Analysis of Cross-Over Studies. *Sports medicine* (Auckland, N.Z.), 50(4), 785–813. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01237-z>

Vatovec, R., Kozinc, Ž., & Šarabon, N. (2020). Exercise interventions to prevent hamstring injuries in athletes: a systematic review and meta-analysis. *European journal of sport science*, 20(7), 992-1004.

Webb R. C. (2003). Smooth muscle contraction and relaxation. *Advances in physiology education*, 27(1-4), 201–206. <https://doi.org/10.1152/advan.00025.2003>

Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2004). *Physiology of sport and exercise* (Vol. 20). Champaign, IL: Human kinetics.



EKLER

EK-1 Gönüllü Katılım Formu

ARAŞTIRMA GÖNÜLLÜ KATILIM FORMU

Bu çalışma, Nordik Hamstring Egzersizine Alternatif Eğimli Koşu Bandı Koşusu başlıklı bir araştırma çalışması olup eğimli koşu bandı koşusu ve nordik hamstring egzersizinin kassal aktivite açısından değerlendirilerek nordik hamstring egzersizine alternatif bir egzersiz modeli oluşturmayı ayrıca hamstring yaralanmalarını önleme ve antrenman programlarına katkı sağlama amacını taşımaktadır. Çalışma, Prof.Dr. Hayri ERTAN tarafından yürütülmekte ve sonuçları ile ortaya konacaktır hamstring yaralanma önlenmesine ve sporcuların sportif performansının gelişimine ışık tutulacaktır.

- Bu çalışmaya katılımınız gönüllülük esasına dayanmaktadır.
- Çalışmanın amacı doğrultusunda fiziksel ve fizyolojik kapasitelerin değerlendirilebileceği ölçüm araçları kullanılacaktır.
- Gereci) yapılarak sizden veriler toplanacaktır.
- İsminizi yazmak ya da kimliğinizi açığa çıkaracak bir bilgi vermek zorunda değilsiniz/araştırmada katılımcıların isimleri gizli tutulacaktır.
- Araştırma kapsamında toplanan veriler, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmanın amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.
- İstemeniz halinde sizden toplanan verileri inceleme hakkınız bulunmaktadır.
- Sizden toplanan veriler şifreli bir bilgisayarda saklama yöntemi ile korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecek veya imha edilecektir.
- Veri toplama sürecinde/süreçlerinde size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru/talep olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabilirsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir.

Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere ayırdığınız zaman için teşekkür ederim. Çalışma hakkındaki sorularınızı Eskişehir Teknik Üniversitesi Antrenörlük bölümünden Prof. Dr. Hayri ERTANA' a yöneltebilirsiniz.

Araştırmacı Adı : Turan Aybars AKYÜREK

Adres :

İş Tel :

Cep Tel :

Bu çalışmaya tamamen kendi rızamla, istediğim takdirde çalışmadan ayrılabileceğimi bilerek verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.

(Lütfen bu formu doldurup imzaladıktan sonra veri toplayan kişiye veriniz.)

Katılımcı Ad ve Soyadı:

İmza:

Tarih:

EK-2 Etik Kurul Kararı



T.C.
ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Kurulları Sekreteryası



Sayı : E-87914409-050.03.04-2300060833
Konu : 12.10.2023 Tarih ve 12/5 Sayılı Etik
Kurul Kararı

17.10.2023

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 05.07.2023 tarihli ve E-60850919-300-2300040685 sayılı yazımız.

İlgi yazımıza istinaden; Rektörlüğümüze gönderilen Prof. Dr. Hayri ERTAN'ın danışmanlığını yaptığı ve Turan Aybars AKYÜREK'in yazarlığını yaptığı **“Nordik Hamstring Egzersizlerine Alternatif: Eğimli Koşu Bandı Koşusu”** başlıklı yüksek lisans tez çalışması etik kurul başvurusu Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından incelenmiş olup etik açıdan uygun bulunmuştur.

Bilgilerinizi ve uygulama dosyasının hazırlanmasında, ilgili kurumun bulunması halinde Etik Kurulu yönergesinin dikkate alınması hususunda gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Onur KAYA
Fen Bil. ve Müh. Bil. Bilimsel Araş. ve Yay. Etiği Kurulu Bşk.

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO : 0009-0005-6955-1980
Adı-Soyadı : Turan Aybars AKYÜREK
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- Yüksek Lisans Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans (2021-Halen öğrenci)
- Lisans: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Antrenörlük Eğitimi Bölümü (2016-2021).
- Lise: Samsun Gülizar Hasan Yılmaz Spor Lisesi (2012-2016)
- 2024, Araştırma Görevlisi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi

Bilimsel Faliyetler:

Bildiriler

- 20. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi Badmintonda Durarak ve Sıçrayarak Uygulanan Smaç Vuruş Tekniğinin Kinetik ve Kinematik Açından İncelenmesi- Semra BIDİL, Emel TUĞRUL, Kaan Nazım NAZİK, Aybars AKYÜREK, Barış GÜROL, Hayri ERTAN (2023).
- 15. Ulusal Spor Bilimleri Öğrenci Kongresi Rectus Femoris Kasında Uzun Süreli Maksimal-altı İzometrik İstemli Kasılmalar Sırasında Yorgunluk ve Toparlanmanın İncelenmesi- Merve GÜÇLÜER, Hayri ERTAN, Aybars AKYÜREK, Kaan Nazım NAZİK ,Abdulkerim DARENDELİ (2023).
- 16. Ulusal Spor Bilimleri Öğrenci Kongresi Nordik Hamstring Egzersizine Alternatif: Eğimli Koşu Bandı Koşusu- Turan Aybars AKYÜREK, Hayri ERTAN, Abdulkerim DARENDELİ (2024)

Ödülleri

- Cumhuriyetimizin 100. Yılına Özel Havacılığın Geleceği Proje Yarışması “Pilotlarda normal ve hiperbarik ortamda fiziksel ve fizyolojik değişimlerin belirlenmesi ve antrenman tekniklerinin geliştirilmesi” (Mansiyon Ödülü) (2023)