



T.C.

ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**YORGUNLUĞA BAĞLI BİLATERAL GÜÇ DEĞİŞİMLERİNİN
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Alper DEMİRER

Danışman

Prof. Dr. Işık BAYRAKTAR

2. Danışman

Doç. Dr. Görkem Aybars BALCI

ALANYA

2025

T.C.
ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YORGUNLUĞA BAĞLI BİLATERAL GÜÇ DEĞİŞİMLERİNİN
İNCELENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Alper DEMİRER

Anabilim Dalı: Antrenörlük Eğitimi

Program Adı: Antrenörlük Eğitimi Yüksek Lisans Programı

Danışman

Prof. Dr. Işık BAYRAKTAR

2. Danışman

Doç. Dr. Gökem Aybars BALCI

ALANYA

(2025)

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Alper DEMİRER'in “Yorgunluğa Bağlı Bilateral Güç Değişimlerinin İncelenmesi” başlıklı tezi 23/06/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği”nin ilgili maddeleri uyarınca, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Unvanı-Adı Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışman) : Prof. Dr. Işık Bayraktar	
Üye (2. Danışman) : Doç. Dr. Gökem Aybars Balcı	
Üye : Prof. Dr. Veli Volkan Gürses	
Üye : Doç. Dr. Nuray Satılmış	
Üye : Doç. Dr. Ali Türker	

Prof. Dr. Kemal VATANSEVER

Enstitü Müdürü

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 ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Alper DEMİRER

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim sürecim boyunca her zaman yanımda olan, bilgi, rehberlik ve desteğiyle bugünlere gelmemde en büyük katkıyı sağlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. Işık Bayraktar’a,

Araştırmamın her aşamasında engin bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım ikinci danışmanım Doç. Dr. Görkem Aybars Balcı’ya,

Çalışmamın başından sonuna kadar bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, desteğini esirgemeyen değerli hocam Dr. Duran Akbaş’a

Tezimi detaylı inceleyerek son haline gelmesinde sağladıkları katkılardan dolayı değerli jüri üyeleri, Prof. Dr. Veli Volkan Gürses, Doç. Dr. Nuray Satılmış ve Doç. Dr. Ali Türker’e

İhtiyaç duyduğum zamanlarındaki desteklerinden dolayı Fakültemizin Dekanı Prof. Dr. Hamdi Alper Güngörmüş, Dekan yardımcısı Dr. Öğr. Üyesi Elvan Deniz Yumuk, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Dönmez, Arş. Gör. Onur Ceyhan ve Ahmet Fatih Sert’e

Antrenmanlarından zaman ayırarak çalışmama gönüllü olarak katılan bisiklet sporcularına ve onların antrenörlerine,

Tezimin araştırma, ölçüm ve yazım aşamalarında sağladığı kıymetli desteklerinden dolayı Türkiye Bisiklet Federasyonu Başkanı Sayın Emin Müftüoğlu’na,

Ve bugünlere gelmemde büyük emekleri olan, annem Hüsniye Demirer, babam İsmail Demirer ve kardeşim Hanzade Demirer’e,

Sonsuz şükranlarımı sunarım.

ÖZET

YORGUNLUĞA BAĞLI BİLATERAL GÜÇ DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Alper DEMİRER

Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,

Haziran, 2025 (72 sayfa)

Bu araştırmada yol bisikleti sporcularının diz fleksör kaslarının eksantrik kuvvet kapasitesini değerlendirmede kullanılan nordic hamstring testi (NHT), temel hareket yetilerinin değerlendirilmesinde kullanılan fonksiyonel hareket analizi testi ve akıllı güç ölçer bisiklet testiyle (smart trainer) uygulanan aerobik güç testinde yorgunluğa bağlı bilateral güç değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmaya katılan 26 erkek sporcunun yaş ortalaması $15,0 \pm 1,0$ yıl ve boy uzunluğu ortalaması $170 \pm 7,1$ cm 11 kadın sporcunun yaş ortancası 15,2 yıl ve boy uzunluğu ortancası 160,3 cm olarak hesaplanmıştır. Verilerin normallik testlerini sonucuna göre eşleştirilmiş örneklem, bağımsız örneklem, Wilcoxon, Mann Whitney U, Friedman, pearson ve spearman korelasyon testleri uygulanmıştır.

Erkek sporcuların aerobik güç testi ortalaması 284 ± 48 watt ve kalp atım hızı 193 ± 8 atım/dk ve kadın sporcuların aerobik güç ortancası 186 watt ve kalp atım hızı ortancası 188 atım/dk olarak bulunmuştur. Erkek sporcuların FMS final puanı (FS) ortalaması $16,0 \pm 2,4$ ve Y balance sağ bacak toplam puan ortalaması $108,5 \pm 10,7$ cm ve sol bacak toplam puan ortalaması $109,3 \pm 5,3$ cm olarak tespit edilmiştir. Kadın sporcuların FMS FS ortancası 15 puan, y balance sağ bacak toplam ortancası 110,7 cm ve sol bacak toplamı ortancası 108,6 cm olarak tespit edilmiştir. Erkek sporcuların aerobik güç testi sağ ve sol bacak (R-L) başlangıç ortanca farkı %4'iken, %100'deki R-L farkı ortancası %2'dir. Kadın sporcuların R-L başlangıç ortanca farkı %2 ve %100'deki R-L farkı ortancası %1'dir. Cinsiyete göre çalışmaya katılan sporcuların FMS FS ortalaması arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Erkek sporcuların aerobik güç testinde kendi içerisinde R-L denge farkları arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Kadın sporcularda ise aerobik güç testinde kendi içerisinde R-L denge farkı arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Erkek ve kadın sporcuların aerobik güç testi öncesi NHT maks farkı ile NHT sonrası sağ ve sol bacak denge farkları arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Erkek sporcuların NHT test öncesi maks fark ile sağ anterior reach arasında negatif yönde orta düzeyde, kadın sporcuların NHT test öncesi maks fark ile sol posterolateral arasında negatif yönde orta düzeyde korelasyon tespit edilmiştir.

Sonuç olarak bisiklet sporcularına uygulanan aerobik güç testinde iş zorlaştıkça R-L farkı azalmaktadır. Sporcuların R-L farkına bağlı olarak çeşitli testlerde denge yetileri etkilenmektedir.

Anahtar Sözcükler: Yorgunluk, Bilateral asimetri, Denge, Kuvvet, Nordic hamstring testi, Sporcu performansı

ABSTRACT

INVESTIGATION OF BILATERAL POWER CHANGES DUE TO FATIGUE

Alper DEMİRER

Department of Coaching Education

Graduate School of Alanya Alaaddin Keykubat University,

June, 2025 (72 pages)

In this study, the Nordic hamstring test (NHT) was used to evaluate the eccentric strength of the knee flexor muscles of road cyclists, the functional movement analysis test was used to evaluate basic movement abilities, and the smart trainer was used to conduct an aerobic power test to examine dual power changes related to fatigue.

The 26 male athletes participating in the study had an average age of $15,0 \pm 1,0$ years and an average height of $170 \pm 7,1$ cm, while the 11 female athletes had a median age of 15,2 years and a median height of 160,3 cm. After completing the normality tests of the data, matched, independent Wilcoxon, Mann Whitney U, Friedman, Pearson, and Spearman development tests were performed.

The aerobic power test for male athletes was set at 284 ± 48 watts and heart rate at 193 ± 8 beats/min, while the median aerobic power for female athletes was set at 186 watts and the median heart rate at 188 beats/min. The final FMS score (FS) for male athletes was $16,0 \pm 2,4$, with right leg balance at $108,5 \pm 10,7$ cm and left hip total score at $109,3 \pm 5,3$ cm. The median FMS FS score for female athletes was 15 points, the median right leg total score was 110,7 cm, and the median left leg total score was 108,6 cm. The median difference between the right and left legs (R-L) at the start of the aerobic power test for male athletes was 4%, while the median R-L difference at 100% was 2%. The median R-L difference at the start for female athletes was 2%, and the median R-L difference at 100% was 1%. No significant difference was found between the FMS FS scores of male and female athletes. A significant difference was found between the R-L balance differences within the aerobic power test for male athletes. However, no significant difference was found between the R-L balance differences within the aerobic power test for female athletes. No significant differences were found between the maximum NHT difference before the aerobic power test and the right and left balance differences after the NHT test in male and female athletes. It was found that the negative correlations between the maximum NHT difference before the NHT test and the right anterior reach in male athletes and between the maximum NHT difference before the NHT test and the left posterolateral reach in female athletes were moderate.

In conclusion, the R-L difference in work efficiency decreases in the aerobic power test applied to cyclists. The results of the Y-Balance test are affected by the R-L ratios of the athletes.

Keywords: Fatigue, Bilateral asymmetry, Balance, Strength, Nordic hamstring test, Athlete performance

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	i
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Amacı	2
1.2. Hipotezler ve Alt Hipotezler	2
2. LİTERATÜR	4
2.1. Yorgunluk	4
2.1.1. Merkezi yorgunluk	4
2.1.2. Periferik yorgunluk.....	5
2.1.1.1 Egzersize bağlı yorgunluğun fizyolojik mekanizmaları	5
2.1.1.2. Fosfojen (ATP-PCr) sistem	6
2.1.1.3. Glikoliz sistem (anaerobik glikoliz)	8
2.1.1.4. Aerobik (oksidatif sistem)	10
2.1.2. Yorgunluğun performans üzerine etkileri	11
2.2. Bilateralite ve Asimetri Kavramları	11
2.2.1. Bilateralite	11
2.2.2. Lateralite ve dominans (baskınlık)	13
2.2.3. Bilateral asimetri ve türleri	13
2.2.4. Spor performansında bilateral asimetrinin önemi	14
2.2.5. Bilateral asimetrinin ölçüm yöntemleri	15
2.3. Gücün Tanımı ve Biyomekanik Temelleri.....	18
2.3.1. Kas kuvveti türleri (izometrik, konsantrik, eksantrik).....	19
2.3.1.1. İzometrik kasılma	19
2.3.1.2. Konsantrik kasılma	19
2.3.1.3. Eksantrik kasılma.....	19
2.3.2. Aerobik ve anaerobik güç.....	20
2.3.3. Gücün sporda önemi ve değerlendirilmesi	21
2.4. Bisiklet Sporda Yorgunluk ve Bilateral Güç	21

2.4.1. Bisiklette yorgunluğa neden olan faktörler	21
2.4.2. Bisiklette bilateral güç dağılımı ve önemi	22
2.4.3. Bisiklette bilateral asimetri ve potansiyel etkileri	23
2.4.4. Bisiklette bilateral asimetri performans üzerine etkileri.....	23
2.4.5. Bilateral asimetri ve sakatlık	24
2.5. Tezde Kullanılacak Test ve Ölçüm Yöntemleri.....	25
2.5.1. Nordic hamstring testi (NHT)	25
2.5.1.1. Testin tanımı, amacı ve uygulanışı	25
2.5.1.2. NHT ile değerlendirilen parametreler: Eksantrik diz fleksör kuvveti	25
2.5.1.3. NHT'nin güvenilirliği ve geçerliliği	26
2.5.2. Fonksiyonel Hareket Analizi (FMS)	26
2.5.2.1. FMS'in tanımı, amacı ve test bataryası	26
2.5.2.2. FMS ile değerlendirilen temel hareket yetileri	27
2.5.2.3. FMS'in güvenilirliği ve geçerliliği	28
2.5.3. Y-Balance Testi	29
2.5.3.1. Testin tanımı, amacı ve uygulanışı	29
2.5.3.2. Y-Balance testi ile değerlendirilen parametreler: Dinamik denge ve asimetri.....	29
2.5.3.3. Y-Balance testi'nin güvenilirliği ve geçerliliği.....	30
2.5.4. Akıllı güç ölçerler (smart trainer) ile güç testleri	30
2.5.4.1. Akıllı güç ölçerlerin tanımı ve çalışma prensipleri.....	30
2.5.4.2. Bisiklette güç ölçümünün önemi	31
2.5.4.3. Aerobik güç testleri ve bilateral güç değerlendirmesi	32
3. YÖNTEM	34
3.1. Araştırma Grubu.....	34
3.2. Araştırmaya Dâhil Edilme Kriterleri.....	34
3.3. Araştırmadan Dışlanma Kriterleri.....	34
3.4. Veri Toplama Araçları	34
3.4.1. Antropometrik ölçümler	34
3.4.2. Kuvvet testi.....	35
3.4.3. Esneklik testi (modifiye otur eriş testi).....	35
3.4.4. Smart trainer aerobik güç testi.....	35
3.4.5. Fonksiyonel hareket analizi (FMS)	35
3.4.6. Nordic hamstring testi (NHT)	38
3.4.7. Y-Balance denge testi.....	38
3.5. Verilerin Toplanması	39

3.6. Verilerin Analizi.....	39
3.6.1. Korelasyon analizi değerleri.....	40
3.6.2. Etki büyüklüğü değerleri	40
3.7. Etik ile ilgili hususlar	40
4. BULGULAR.....	41
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	53
5.1. Tartışma.....	53
5.1.1 Yorgunluğun bilateral güç değişimleri üzerine etkisine dair bulguların değerlendirilmesi	53
5.1.2. Yorgunluğun nordic hamstring testi sonuçlarına etkisi.....	55
5.1.3. Bisiklet ve fonksiyonel hareket analizi (FMS) skorları.....	56
5.1.4. Yorgunluğun Y-Balance testi sonuçlarına etkisi.....	56
5.1.5. Yorgunluğun akıllı güç ölçer (smart trainer) ile elde edilen parametrelere etkisi .	57
5.2. Sonuç.....	58
5.3. Öneriler	58
6. KAYNAKÇA.....	60
EK-1: Etik Kurul İzin Belgesi.....	70
EK-2 Çocuk Bilgilendirilmiş Onam Formu	71
EK-3 ÖZGEÇMİŞ.....	72

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 4.1. Erkek sporcuların antropometrik özellikleri	41
Tablo 4.2. Erkek sporcuların kuvvet ve esneklik değerleri.....	41
Tablo 4.3. Kadın sporcuların antropometrik özellikleri.....	41
Tablo 4.4. Kadın sporcuların kuvvet ve esneklik değerleri	41
Tablo 4.5. Erkek sporcuların NHT değerleri.....	42
Tablo 4.6. Kadın sporcuların NHT değerleri	42
Tablo 4.7. Erkek sporcuların aerobik güç ve kalp atım hızı değerleri	42
Tablo 4.8. Kadın sporcuların aerobik güç ve kalp atım hızı değerleri.....	42
Tablo 4.9. Erkek sporcuların FMS, NHT fark, Y-Balance testi değerleri	42
Tablo 4.10. Erkekler aerobik güç testi zamana bağlı çeyreklikler R-L denge farkı	43
Tablo 4.11. Kadın sporcuların FMS, NHT fark, çeyreklikler sağ sol bacak farkı, Y-Balance testi değerleri.....	43
Tablo 4.12. Bütün sporcuların FMS, NHT fark, çeyreklikler sağ sol bacak farkı, Y-Balance testi değerleri.....	44
Tablo 4.13. Cinsiyete göre sporcuların FMS Score karşılaştırması.....	44
Tablo 4.14. Erkek sporcuların aerobik güç testi zamana bağlı sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması	44
Tablo 4.15. Erkek sporcuların aerobik güç testi zamana bağlı sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması	45
Tablo 4.16. Kadın sporcuların aerobik güç testi zamana bağlı sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması	46
Tablo 4.17. Kadın sporcuların aerobik güç testi zamana bağlı sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması.....	47
Tablo 4.18. Cinsiyete göre aerobik güç testi zamana sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması	48
Tablo 4.19. Erkek sporcuların aerobik güç testi öncesi NHT test öncesi maks fark ile NHT3 aerobik güç testi sonrası sağ ve sol bacak kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	48
Tablo 4.20. Erkek sporcuların aerobik güç testi öncesi ve sonrası uygulanan NHT testi sağ sol bacak kuvvetlerinin karşılaştırması	48
Tablo 4.21. Kadın sporcuların aerobik güç testi öncesi ve sonrası uygulanan NHT testi sağ sol bacak kuvvetlerinin karşılaştırması	48

Tablo 4.22. Kadın sporcuların aerobik güç testi öncesi NHT maks denge farkı ile aerobik güç testi sonrası NHT3 farkı karşılaştırması.....	49
Tablo 4.23. Bütün sporcuların aerobik güç testi öncesi NHT maks denge farklı ile aerobik güç testi sonrası NHT3 farkı karşılaştırması.....	49
Tablo 4.24. Cinsiyete göre NHT maks fark ve NHT3 karşılaştırması.....	49
Tablo 4.25. Cinsiyete göre Y-Balance sağ ve sol toplam değerler ortalaması karşılaştırması	49
Tablo 4.26. Erkek sporcuların FMS, Y-Balance ve NHT testleri korelasyon tablosu...	50
Tablo 4.27. Kadın sporcuların FMS, Y-Balance ve NHT testleri korelasyon tablosu...	51
Tablo 4.28. Erkek sporcuların bacak kuvveti ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri korelasyon tablosu	51
Tablo 4.29. Kadın sporcuların bacak kuvveti ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri korelasyon tablosu	52
Tablo 4.30. Erkek sporcuların esneklik ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri korelasyon tablosu	52
Tablo 4.31. Kadın sporcuların esneklik ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri korelasyon tablosu	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

TDK	Türk Dil Kurumu
MSS	Merkezi Sinir Sistemi
ADP	Adenozin Difosfat
AMP	Adenozin Monofosfat
ATP	Adenozin Trifosfat
IMP	Inosin Monofosfat
Pi	İnorganik Fostat
H+	Hidrojen
CrP	Kreatin Fosfat
NH ₄ ⁺	Amonyak
PFK	Fosfofruktokinaz
G6P	Glikoz-6-Fosfat
NADH	Nikotinamid Adenin Dinükleotit
FAD	Flavin Adenin Dinükleotit
CO ₂	Karbon Dioksit
VO _{2maks}	Maksimal Oksijen Kullanım Miktarı
W	Watt
N	Newton
NHT	Nordic Hamstring Test
FMS	Fonksiyonel Hareket Taraması
YBT	Y Balance Test
FTP	Fonksiyonel Eşik Gücü
BU	Boy Uzunluğu
VA	Vücut Ağırlığı
VYY	Vücut Yağ Yüzdesi
VKİ	Vücut Kütle İndeksi
ORT	Ortalama
SS	Standart Sapma
EB	Etki Büyüklüğü
FBD	Parmak Kutu Mesafesi
ANT	Anterior

PL	Posterolateral
PM	Posteromedial
WANT	Wingate Anaerobik Güç Test
TT	Zamana Karşı
CMJ	Karşı Hareketli Kuvvet Sıçraması
NHE	Nordic Hamstring Egzersizi
RPE	Algılanan Zorluk Derecesi
DAFT	Dans Aerobik Fitness Testi



1. GİRİŞ

Merkezi ve periferik mekanizmaların dahil olduğu yorgunluk spor bilimlerinde performansın sürdürülebilirliğini etkileyen en önemli unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. İnsan organizması hem motor hem de bilişsel süreçleri uzun süreli ve yoğun biçimde devam ettirebilme kapasitesine sahiptir. Ancak bu kapasite çeşitli psikofizyolojik sınırlayıcı mekanizmaların etkisiyle belli bir süre ve yoğunluk sonrasında azalmaya başlar. Yorgunluk, bu azalma sürecinin genel bir ifadesi olarak tanımlanmakta ve hem fizyolojik hem de psikolojik boyutlarıyla ele alınmaktadır. Bu bağlamda yorgunluk araştırmacılar tarafından temel odak noktalardan biri haline gelmiştir (Enoka ve Duchateau, 2008; Kluger vd., 2013). Sportif performansı belirleyen çok sayıda fizyolojik, biyomekanik ve psikolojik değişkenin varlığı, özellikle yorgunluğun bu parametreler üzerindeki etkilerini incelemeyi önemli kılmaktadır. Yorgunluk, egzersiz sırasında merkezi ve periferik düzeyde ortaya çıkan işlevsel sınırlılıkların toplamı olarak tanımlanır. Kasın kasılma kapasitesindeki azalma, motor ünite aktivasyonundaki bozulmalar ve sinir-kas iletimindeki aksaklıklar bu sürecin temelini oluşturur (Aquino vd.,2022; Dotanvd.,2021). Enoka ve Duchateau (2008), yorgunluğu yalnızca performans kaybı olarak değil aynı zamanda sinir-kas sisteminde meydana gelen bir durum olarak değerlendirmiştir. Merkezi yorgunluk, motor korteksin aktivasyon kapasitesindeki düşüş, nörotransmitter dengelerindeki değişim ve omurilik düzeyindeki inhibisyon mekanizmaları ile ilişkilendirilirken; periferik yorgunluk, kas liflerinin içinde meydana gelen metabolik bozulmalara ve iyon dengesizliklerine dayanmaktadır (Ament ve Verkerke, 2012; Debold vd., 2016). Bu iki süreç kas kuvveti, dayanıklılık, koordinasyon ve denge gibi performans parametrelerinde bozulmaya neden olur. Bisiklet gibi yüksek tekrar içeren, ritmik ve alt ekstremite odaklı spor branşlarında bu etkiler daha belirgin hale gelir. Bisiklet sporunda uzun süreli eforlara bağlı olarak ortaya çıkan yorgunluk, yalnızca mutlak güç üretimini değil aynı zamanda güç üretiminin iki bacak arasındaki dağılımını da etkileyebilmektedir. Bu durum bilateralite kavramı ve buna bağlı olarak gelişen asimetrleri gündeme getirmektedir. Bilateralite vücudun her iki tarafının işlevsel uyum içinde çalışmasını ifade ederken, bilateral asimetri sağ ve sol ekstremiteler arasında kuvvet, denge, hareket açıklığı veya motor kontrol açısından anlamlı farkların oluşması olarak tanımlanmaktadır (Carpes vd., 2010). Literatürde bisiklet sporcularında pedal gücü ve tork üretiminde ölçülen asimetrlilerin genellikle %5 ila %20 arasında değiştiği

bildirilmektedir (Bini ve Hume, 2014; Carpes vd., 2010). Ancak bu fark bazı bireylerde %30'a kadar çıkabilmekte ve sporcunun enerji verimliliğini, biyomekanik uyumunu ve sakatlık riskini etkileyebilmektedir. Afonso vd., (2022), elit bisikletçilerde belirli düzeydeki asimetrisinin performansa olumsuz bir etkisi olmadığını ancak belirgin farkların özellikle yorgunluk sonrası dönemlerde biyomekanik uyumu bozabileceğini vurgulamışlardır. Carpes vd., (2007) yaptıkları çalışmada simüle edilmiş 40 km'lik bir zamana karşı yarış denemesinde artan iş yüküyle birlikte simetri oranında anlamlı artışlar (%10) olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşın Bini ve Hume (2014), artırımlı şekilde tükenene kadar yaptıkları çalışma da asimetri oranının %7'den %33'e kadar yükseldiğini bulgulamışlardır. Yorgunlukla birlikte bilateral güç dağılımında görülen bu değişimler sadece fiziksel performansı değil aynı zamanda nöromotor kontrol süreçlerini de etkileyebilir. Bentley ve McNaughton (2003) yüksek yoğunluklu egzersizlerin merkezi sinir sistemi üzerindeki baskıyı artırarak motor ünite aktivasyonunda düşüşe yol açtığını ve bunun da güç üretiminde taraflar arası dengesizliklere neden olabileceğini bildirmiştir.

Görüldüğü üzere literatürdeki çalışmalar incelendiğinde yorgunluğun sporcu sağlığı ve performansı üzerindeki etkisine dair çalışmalar oldukça yaygın olsa da yorgunluğa bağlı olarak değişen asimetri ve güç üretimine ait çalışmalar kurgulanmaya devam etmektedir. Özellikle bisiklet sporunda bu etkileri inceleyen sınırlı sayıda çalışmalar ise çelişkili sonuçlar içermektedir.

1.1. Araştırmanın Amacı

Diz fleksör kaslarının eksenrik kuvvet kapasitesini değerlendirmede kullanılan nordic hamstring testi, temel hareket yetilerinin değerlendirilmesinde kullanılan fonksiyonel hareket analizi testi ve akıllı güç ölçerde (smart trainer) uygulanan güç testiyle yorgunluğa bağlı bilateral güç değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilecek verilerle antrenman programlarının optimize edilmesi ve sporcu sağlığının korunması da çalışmanın amaçları arasındadır. Bu da mevcut çalışmanın önemini teşkil etmektedir.

1.2. Hipotezler ve Alt Hipotezler

Hipotez 1 (H1a): Yorgunluğa bağlı olarak bilateral güç değişimlerinde anlamlı farklılık vardır.

Hipotez 1 (H1b): Yorgunluğa bağlı olarak bilateral g değişimlerinde anlamlı farklılık yoktur.

Hipotez 2 (H2a): Asimetriye bağlı olarak bilateral g değişimlerinde anlamlı farklılık vardır.

Hipotez 2 (H2b): Asimetriye bağlı olarak bilateral g değişimlerinde anlamlı farklılık yoktur.



2. LİTERATÜR

2.1. Yorgunluk

Motor ve bilişsel süreçleri sürdürebilme kapasitesi insan yaşamında oldukça önemlidir ve günlük, fiziksel, mesleki ve eğitimsel aktiviteler anında gereklidir. Belirli bir yoğunluk veya sürenin üzerindeki motor ve bilişsel aktiviteye eşlik eden çok sayıda psikofizyolojik süreçler araştırmacılar tarafından performans için sınırlayıcı birer faktör olarak kabul görmektedir. Bu faktörler yapılan çalışmalarda yorgunluk kavramı altında incelenmektedir (Enoka ve Duchateau, 2008; Kluger vd., 2013; Tommasin vd., 2020; Venhorst vd., 2018).

Yorgunluk kavramının İngilizcedeki karşılığı olan fatigue The Oxford Dictionary of English Etymology'e göre Fransızcadaki fatiguer ve Latincedeki "fatigare" kelimelerinden türemiştir (Onions vd., 1996). Bu bağlamda yorgunluk, yapılan herhangi bir çalışmanın sonucunda iş yüküyle birlikte enerjinin azalması ve tükenmek anlamına gelmektedir (Ream ve Richardson, 1996). Türk Dil Kurumu (TDK) ise yorgunluğu, çalışma gibi sebeplerden dolayı ruh ve beden eylemleri sırasındaki performans düşüklüğü olarak tanımlamıştır (Türk Dil Kurumu, 2025). Bu tanımlarla birlikte yorgunluk, araştırma alanlarına göre literatürde birçok farklı anlamlar kazanmıştır (Enoka ve Duchateau, 2016). Bu farklılıklar beraberinde bazı tanımsal belirsizliklere de yol açmıştır. Bu belirsizliği gidermek adına yorgunluğu performans yorgunluğu (nesnel bir performans ölçüsünde azalma) ve algılanan yorgunluk (bireyin psikolojik ve homeostazis durumu) olarak iki boyutta değerlendirilmiştir. Performans yorgunluğu kas aktivasyonu ve kasılma işlevindeki düşüş ile ifade edilirken, algılanan yorgunluk ise bireylerin öznel deneyimlerine dayanan psikolojik şartlar ve iç denge sisteminde (homeostasis) meydana gelen değişikliklerle ilişkilendirilmiştir. Bu bakış açısında yorgunluğun sadece fizyolojik olarak ölçülebilen bir unsur değil kişinin içsel olarak hissettiği ve ifade edebildiği bir kavram olduğunu söylemişlerdir (Enoka ve Duchateau 2016).

2.1.1. Merkezi yorgunluk

Merkezi yorgunluk, motor korteks çıktısının yeterli düzeyde olmaması sebebiyle performansın zayıflaması veya aktivitenin durması olarak tanımlanmaktadır. Bu süreçte merkezi sinir sistemindeki engelleyici ve uyarıcı mekanizmalar etkilenir (Ament ve Verkerke, 2012). Araştırmacılar tarafından merkezi yorgunluğun miyozin-aktin bağlantısını etkileyen nöromusküler iletimdeki herhangi bir noktadan kaynaklandığını

düşünülmekteydi. Ancak yapılan son çalışmalar yorgunluğun beyinde başladığını ifade etmektedir (Zajac vd., 2015). Vücutta meydana gelen biyokimyasal değişimler merkezi yorgunluğu etkilemektedir. Bu değişimler uygulama sırasında hücre dışı serotonin birikimi veya gama-aminobütirik asit, glutamat veya dopamin gibi diğer molekülleri içerir (Meeusen vd., 2006). Merkezi yorgunluğun görünümünü açıklayan bir diğer faktör, golgi yapıları ve sinir lifi devreleri III ve IV dahil olmak üzere nöromusküler içciklerin ve tendon organlarının afferent girdisiyle ilgili olarak omurilik seviyesinde meydana gelen değişikliklerdir (Ament ve Verkerke, 2012). Merkezi sinir sisteminde (MSS) meydana gelen yorgunluk fiziksel performansı bozmanın yanı sıra davranışsal ve ruh hali bozukluklarıyla ilişkili olan bilişsel yorgunluk durumuna da sebebiyet vermektedir. Akut bir MSS yorgunluğunun devamı halinde uyku bozuklukları, depresyon, ağrı, yorgunluk hissi, zihinsel ve bilişsel uyanıklığı sürdürmede zorluk gibi sorunlar baş göstermektedir (Meeusen vd., 2006).

2.1.2. Periferik yorgunluk

Periferik yorgunluk, nöromusküler kavşağın etkinliğinin azalması ve kas içindeki metabolik ve biyokimyasal değişiklikler gibi nöromusküler işlevin ötesindeki süreçler olarak tanımlanmaktadır (Ament ve Verkerke, 2012; Korzeniewski, 2019). Egzersiz anında ortaya çıkan reaktif oksijen türleri inorganik fosfatlar, kalsiyum iyonları, laktat, adenosindifosfat (ADP) ve magnezyum gibi çeşitli metabolitlerin dolaşıma salınmasına sebep olur. Artan enerji talebiyle ilişkili olarak glikojen depolarında azalma meydana gelir. Bu fizyolojik olaylar, organizmanın iç dengesini (homeostazını) olumsuz etkilemektedir (Myburgh, 2004). Ek olarak ısı birikimi dehidratasyon durumuna yol açarak sarkoplazmada fosfat ve hidrojen birikimi, çapraz köprülerin etkileşimini baskılamasıyla kasılma kuvvetinde kayıplar oluşturmaktadır (Ament ve Verkerke, 2012).

2.1.1.1 Egzersize bağlı yorgunluğun fizyolojik mekanizmaları

Egzersizin neden olduğu yorgunluk, herkesin deneyimlediği yaygın bir histir. Bir asırdan uzun süredir, egzersiz kaynaklı yorgunluk ve bitkinlik birçok araştırmacının odak noktası olmuştur (Gandevia, 2001). Egzersiz sırasındaki fiziksel ve biyokimyasal değişimler fizyolojik etkilere sahiptir. Egzersiz fizyolojisinde bu etkiler 'yorgunluk' olarak tanımlanır ve nesnel olarak izlenebilir. Ancak yorgunluk aynı zamanda öznel ve zihinsel değişkenleri de içeren psikolojik bir süreçtir.

Yorgunluk sonucunda kasta meydana gelen bu olumsuz etkiler üç temel fizyolojik mekanizma ile ilişkilendirilmektedir:

- Miyosit adenosin trifosfat (ATP) resentelemeye devam edemediğinden enerji metabolizmasında kayıplar oluşur.
- Aktin ve miyozin çapraz köprülerinin işlevselliğindeki bozulmaya bağlı olarak kasılma mekanizmasında verimsizlik.
- İnorganik fosfat (Pi), hidrojen (H⁺) iyonlarının kas içinde birikmesiyle oluşan metabolik asidoz

Enerji metabolizmasındaki başarısızlık, kasın ATP'yi yeniden sentezleyebileceğinden daha hızlı bir oranda tüketmesi durumudur. Kas fosfokreatin depolarındaki azalmaya bağlı, kas kreatininde ve dolaşımdaki fosfatlarda bir artış olur. Buna karşılık, adenosin difosfat (ADP) seviyeleri adenosin monofosfat (AMP) konsantrasyonlarıyla birlikte artar. AMP, AMP deaminaz tarafından metabolize edilir ve ATP oluşturmak için ADP molekülüne bağlanarak kas dokusuna gerekli enerji tekrar sağlanır (Allen vd., 2008; Corona vd., 2010). Periferik yorgunluk uyarım bağlantı mekanizmasını da farklı şekillerde etkilemektedir. Özellikle ekstantrik kasılmalarda T-tübülü ile sarkoplazmik retikulum arasında fiziksel ve işlevsel bağlantı kurmaya yarayan proteinlerin yapısında bozulmalar görülmektedir. İkincil olarak, yüksek şiddetli kasılmalarda ATP tamponlama sistemleri doygunluğa ulaştığında ortamda biriken inorganik fosfat (Pi) ve hidrojen iyonları (H⁺) çapraz köprülerin sayısını ve işlevselliğini etkilemektedir. Bu etki hücre içinde asidoz bir ortam oluştur ve beraberinde mikrop plazma konsantrasyonunu doğrudan azaltarak kuvvet üretimini kısıtlamaktadır (Debold vd., 2016).

2.1.1.2. Fosfojen (ATP-PCr) sistem

Kas kasılması ve dolayısıyla meydana gelen egzersizler ATP'nin parçalanması ve buna eşlik eden serbest enerjinin salınımıyla gerçekleşmektedir. Bu serbestlenme kas kasılması ve diğer hücresel işlevlerin gerçekleşmesi için gereken enerji ihtiyacını karşılamada kullanılmaktadır. Bu sebeple kişinin, tüm hücreler gibi kasların da hücre çalışmasını desteklemek için büyük bir ATP deposundan faydalandığı düşünülebilir. Ancak vücutta depolanan toplam ATP miktarı oldukça sınırlıdır (~8 mmol/kg). Bu bağlamda, vücut hücresel çalışmayı desteklemek için doğrudan ATP depolamak yerine alternatif metabolik yollardan tekrardan ATP üretmektedir (Glaister, 2005). Tüm hücreler

artan ATP talebi karşısında dinlenme koşulundaki adenilat metabolit konsantrasyonlarını mümkün olan en iyi şekilde korumak için işlev görmektedir. Hücresel enerji metabolizmasının bu özelliğinin en iyi örneği, kısa süreli ve yoğun egzersiz anında 1.000 kattan fazla ATP talebi artışına rağmen ATP konsantrasyonunun da büyük ölçüde azalma olmamasıdır. Kasılmanın azaldığı hatta gerçekleşemediği koşullar altında bile yalnızca 1-2 mmol/kg azalmaktadır (Spriet, 1992). Özetle, kas ATP konsantrasyonu bir enerji deposu değildir. Ancak ADP, AMP ve Pi'nin her biriyle birlikte optimum hücre işlevi için temel bir gerekliliktir (Ritchie ve Woods, 1984; Søgaard vd., 2006). Yorgunluk ATP'nin kas sertliğine veya geri döndürülemez kas hasarına neden olabilecek kadar düşük seviyelere düşmesini önlediği için insan vücudunun fizyolojik işlevi açısından hayati öneme sahiptir (Bogdanis vd., 1995; Vollestad ve Sejersted, 1988).

Atkinson (1977) kreatin kinaz ve adenilat kinaz reaksiyonları her ikisi de ATP üretir. Ancak kreatin kinaz reaksiyonu, dinlenme halindeki kaslardaki kreatin fosfat (CrP) deposu yaklaşık 26 mmol/kg olduğundan, ATP rejenerasyonu için çok daha büyük kapasiteye sahiptir. Kreatin kinaz reaksiyonu sırasındaki proton (H^+) tüketimi, egzersiz başlangıcında kasın alkalikleşmesinden sorumludur. Metabolik asidozun başlangıcı, AMP deaminazı ve dolayısıyla AMP üretimini ve sonunda amonyak (NH_4^+) üretimini aktive eder. Asidozun egzersiz öncesi ya da sırasında gelişmiş olması, iskelet kasında sınırlı kapasiteyle gerçekleşen bu reaksiyonun proton tüketimi yönünden anlamlı bir katkı sağlamasını engeller. Fosfojen sisteminin ve özellikle adenilat kinaz reaksiyonunun diğer önemli özelliği AMP üretimidir. AMP, glikoliz sürecini düzenleyen iki enzimin güçlü bir allosterik aktivatörüdür. İlk olarak AMP glikojenolizi ve dolayısıyla glikoz-6-fosfat (G6P), üretim oranını artıran fosforilazı aktive eder ve glikoliz için anında yakıt sağlanmaktadır. İkinci aşamada glikolizin ilk fazında fosfofruktokinazı (PFK) harekete geçirir. Böylece G6P'nin glikoliz yoluyla parçalanmasını hızlandırarak ATP üretim oranını arttırmaktadır. Bu sistemde yer alan üçüncü reaksiyon olan AMP deaminaz reaksiyonu ATP sentezine direkt olarak katkıda bulunmasa da AMP'nin inosin monofosfata (IMP) dönüşmesini sağlayarak kasılma sırasında ATP oranının korunmasında aktif rol üstlenmektedir (Atkinson, 1977). Bu sayede ATP'deki azalmalara rağmen kasılmayı gerçekleştirecek yeterli enerji salınımı sürdürülebilmektedir (Norman vd., 1995; Verzijl vd., 1998).

AMP deaminaz reaksiyonunun bir diğer önemli özelliği, hücreler için toksik olan ve daha sonra karaciğere dolaşım için kana alınan ve daha sonra üreye dönüştürülen

amonyak üretimidir. Bu reaksiyon yoğun egzersiz sırasında amonyağın tek kaynağı olmasa da bir kısmı amino asit oksidasyonundan üretilse de yorgunluğa kadar devam eden yoğun egzersiz sırasındaki amonyak üretiminin büyük kısmını oluşturmaktadır (Cameron vd., 2008). Kısa süreli yoğun kasılmaların gerçekleştiği takım sporları, halter, yüzme ve tenis gibi birçok fiziksel aktivite yüksek oranda fosfojen sistemine bağlıdır (Bogdanis vd., 1996). Şiddetli egzersiz sırasında fosfojen sistemden gelen enerji verimi, CrP depoları büyük ölçüde tükenene kadar devam edebilir (Withers vd., 1991).

Sporcularda CrP depolarının toparlanmaya bağlı olarak egzersiz sırasında tekrar yüksek güç çıktıları üretme kapasitesi, sportif performansın üzerinde kilit rol oynamaktadır. Araştırmalar yorucu egzersizden sonra kreatin fosfatın neredeyse tamamen yenilenmesinin CrP tükenmesinin derecesine, metabolik asidozun şiddetine ve egzersiz yapılan kasın kas motor ünitesi ve lif tipi özelliklerine bağlı olarak beş dakikadan daha az veya 15 dakikadan daha fazla sürebileceğini göstermiştir (Siegler vd., 2006). CrP iyileşme oranının yanı sıra iyileşme sürecinin doğasını da dikkate almak önemlidir. CrP yeniden sentezini inceleyen önceki çalışmalardan elde edilen kanıtlar, yoğun kas kasılmasının ardından CrP yeniden sentezinin iki fazlı bir iyileşme modeline sahip olduğunu göstermektedir. CrP iyileşme oranının yanı sıra iyileşme sürecinin doğasını da dikkate almak önemlidir. CrP yeniden sentezini inceleyen önceki çalışmalardan elde edilen kanıtlar, yoğun kas kasılmasının ardından CrP yeniden sentezinin iki aşamalı bir iyileşme modeline sahip olduğunu göstermektedir (Atkinson, 1977; McMahon ve Jenkins, 2012). Egzersizden hemen sonra hızlı bir başlangıç fazı ve onu izleyen daha yavaş bir ikincil iyileşme fazı olduğu görülmektedir (Harris R.C. vd., 1976). Bogdanis vd.,(1995) tarafından yürütülen bir çalışmada, bisiklet ergometresi üzerinde uygulanan 30 saniyelik sprint egzersizi sonrasında kas içi CrP seviyelerinin dinlenme seviyesinin yalnızca $19,5 \pm 1,2$ 'sine kadar gerilediği bulgulanmıştır. Egzersizden sonraki 1,5 dakikalık toparlanma süresinde CrP seviyeleri $65,0 \pm 2,8$ oranında yeniden yükselmiş ancak 4,5 dakikalık toparlanma sonrasında bu artış yalnızca $85,5 \pm 3,5$ düzeyine kadar çıkabilmiştir. Çalışmada kullanılan matematiksel modellemeler, CrP'nin egzersiz sonrası yeniden sentezinin oldukça yavaş gerçekleştiğini ve dinlenik seviyenin %95'ine ulaşmasının yaklaşık 13,6 dakikayı bulabileceğini öngörmüşlerdir.

2.1.1.3. Glikoliz sistem (anaerobik glikoliz)

Glikoliz oksijenin dünya atmosferinde bulunmasından çok önce evrimleşmiş ve canlı organizmalar arasında oldukça korunmuş eski bir metabolik süreçtir. Glikoliz

açıklanan ilk metabolik yoldur. "Glikoliz" kelimesi, "tatlı" anlamına gelen Yunanca "glykys" ve "bölünmek" anlamına gelen "lisis" kelimelerinden türemiştir. Bu bir glikoz molekülünün glikolizin son ürünü olan iki pirüvat molekülüne bölünmesini ifade etmektedir. Oksijen varlığında pirüvat genellikle asetil-CoA'ya oksitlendiği mitokondriye girerken, oksijen yokluğunda pirüvat laktata indirgenmektedir (Chandel, 2021).

Egzersiz süresi birkaç saniyeyi aştığında ATP'nin yeniden sentezi için gerekli enerji, giderek artan bir şekilde kan glikozu ve kas glikojen depoları yoluyla sağlanmaktadır (Pilegaard vd., 1999). Egzersizin başlamasını takiben karbonhidrat oksidasyonunun neredeyse anında aktive olması kas içinde AMP düzeylerinin yükselmesi, serbest kalsiyum iyonlarının ve inorganik fosfatın artmasıyla ilişkilidir (Jones vd., 1985). Bu bileşenler glikojen yıkımından sorumlu olan fosforilaz enziminin aktivitesini hızlandırmaktadır. Aynı zamanda kas kasılmasıyla birlikte kas içine glikoz alımı da artmaktadır. Bu fizyolojik süreçlerin sonucunda glikojenin yıkımıyla oluşan G6P miktarında belirgin bir artış meydana gelmektedir. Hücre içine alınan glikozla birlikte artan G6P düzeyi, bu molekülün pirüvata kadar parçalanmasını sağlayan biyokimyasal reaksiyonların yürütülmesi için gerekli temel substrat desteğini sağlar. Birbiri ardına gelen bu metabolik reaksiyonlar sürecine ise glikoliz adı verilmektedir (Greenhaff vd., 1994).

Glikoliz sitozolde gerçekleşen 10 reaksiyonu içerir ve moleküler oksijene ihtiyaç duymadan iki mol ATP üretmektedir. Buna karşılık mitokondrideki oksidatif fosforilasyon 30 ATP molekülü üretir ancak oksijen gerektirmektedir (Chandel, 2021). Fosfojen sistemine kıyasla daha fazla sayıda enzimatik reaksiyon içermesi nedeniyle ATP'nin yeniden sentezlenme hızında bir miktar yavaşlığa yol açsa da enerji üretimi bakımından oldukça hızlı bir yol olarak değerlendirilmektedir (Greenhaff vd., 1994). Otuz saniyelik bir egzersiz süresi boyunca glikolizin ATP dönüşümüne katkısı CrP'nin neredeyse iki katıdır (Beneke vd., 2002; Smith ve Hill, 1991). Otuz saniyelik bir sprint sırasında fosfajen sisteminin enerji tedarikinin %23'ünü oluşturduğu, %49'unun glikolizden ve %28'inin mitokondriyal solunumdan geldiği tahmin öngörülmektedir. On saniyelik maksimum bir sprint sırasında ise enerjinin %53'ünün fosfojen, %44'ünün glikoliz ve %3'ünün mitokondriyal solunumdan sağlandığı tahmin edilmektedir (Van Someron., 2006).

2.1.1.4. Aerobik (oksidatif sistem)

Aerobik enerji sistemi, çeşitli aktiviteler için birincil enerji kaynağı olması nedeniyle insan vücudunda çok önemli bir enerji sistemidir. Yürüme, koşma, ev işleri ve merdiven çıkma gibi günlük aktivitelerin tümü aerobik sistem tarafından sağlanan enerjiyi kullanmaktadır (Wells vd., 2009). Bu sistemin işleyişinde enerji üretimi yavaş gerçekleşse de uzun vadeli enerji ihtiyacını karşılamada sürekliliğiyle öne çıkmaktadır (Farrell vd., 2011; Turner ve Stewart, 2013). Oksijenin varlığına bağımlı olarak çalışan bu sistemde, ATP üretimi krebs döngüsü ve ardından gelen elektron taşıma zinciri ile iki aşamalı bir süreçle gerçekleştirilmektedir. Krebs döngüsünde karbonhidratlar, yağlar ve proteinler gibi temel makro besinlerden elde edilen hidrojen atomları, nikotinamid adenin dinükleotit (NADH) ve flavin adenin dinükleotit (FAD) gibi taşıyıcı moleküller aracılığıyla ayrıştırılmaktadır. Bu moleküller $\text{NADH} + \text{H}^+$ ve FADH_2 formlarında elektron taşıma zincirine aktarılır. Elektron taşıma zinciri boyunca taşınan bu elektronlar, tetiklenen bir dizi reaksiyon sonucunda H^+ iyonlarının potansiyel enerjisini kullanarak ATP sentezini gerçekleştirmektedir (Bishop, 2003; Farrell vd., 2011; Ikutomo vd., 2018; Kraemer vd., 2011; McArdle vd., 2006). Fiziksel aktivite süresi uzadıkça, enerji ihtiyacının karşılanmasında aerobik sistemin rolü belirginleşmektedir. Özellikle iki dakikadan uzun süren egzersizlerde oksidatif mekanizmaların rolü belirgin biçimde artmaktadır (Bishop, 2003; Kraemer vd., 2011; Powers vd., 2007). Glikozun tam oksidasyonu sonucunda yaklaşık 38, glikojenin oksidasyonu ile yaklaşık 39 mol ATP sentezlenmektedir. Bu süreçte gerekli oksijenin büyük bir kısmı, iskelet kası hücrelerinde yer alan mitokondriler tarafından sağlanmaktadır (Wells vd., 2009).

Kas dokusundaki mitokondri yoğunluğu ve hacmi, aerobik kapasitenin belirlenmesinde önemli faktörlerdir. Mitokondri sayısının yeterli olması, krebs döngüsünde üretilen enerji taşıyıcılarının verimli kullanılmasını sağlayarak aerobik metabolizmanın etkinliğini artırmaktadır (Farrell vd., 2011; Wells vd., 2009). Genetik faktörler bu sistemin performansını sınırladırsa da düzenli egzersizle aerobik sistemin verimliliğinde önemli ölçüde artış sağlanabilmektedir (MacArthur ve North, 2005).

Dayanıklılık antrenmanları sonucunda organizmada çeşitli fizyolojik uyumlar meydana gelmektedir. Bu antrenmanlar solunum, dolaşım ve kas sistemlerinde oksijenin taşınmasını ve hücre içi kullanımını geliştiren değişimlere yol açmaktadır. Böylece mitokondriye ulaşan oksijen miktarı artar ve kas hücreleri daha verimli bir şekilde enerji üretmeye başlamaktadır (Carter vd., 2000).

2.1.2. Yorgunluğun performans üzerine etkileri

Yorgunluk motor ünite ateşlemesinin yavaşlaması veya geçici olarak durmasıyla sonuçlanan, merkezi ve çevresel faktörleri içeren çok yönlü bir olgudur. Bu da maksimal kuvvet ve gücün azalmasına neden olmaktadır. Doğası gereği yorgunluk egzersizin başlamasından hemen sonra birikmeye başlar ve kasların kasılamayacağı noktaya ulaşılan kadar artmaya devam eder (Ament ve Verkerke, 2012). Kas yorgunluğunun derecesi ayrıca görevin yoğunluğuna ve bireyin motivasyonuna da bağlıdır. Yorgunluk arttıkça istenen kuvveti sürdürme çabasıyla daha fazla motor ünite devreye girmektedir. Potvin ve Fuglevand (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, ~120 motor ünitesi içeren bir kasın ateşleme hızı ve kuvvet üretimi değerlendirilmiştir. Maksimum kuvvetin %20'sinin submaksimal yükünde, maksimum gönüllü uyarılma 511,5 saniye boyunca %27,9'dan %100'e çıkmıştır. Aynı anda yorgunluk başladıkça kasın kuvvet kapasitesi azalmıştır. Hedef kuvvet arttıkça, kuvvet kapasitesinin hedef kuvvet üretimine ulaşmasına kadar geçen süre üssel olarak azalmıştır. Maksimum kuvvetin %50'sinde yorulma süresi 95 saniye ve maksimum kuvvetin %100'ünde bir saniyeden daha az bir süre sürdürülmüştür.

Yorgunluğun kas kuvvetine etkisi üzerine yapılan çalışmalar kas grupları arasındaki dengenin yorgunlukla birlikte değişebildiğini göstermektedir (Carpes vd., 2010). Özellikle bisiklet gibi simetrik hareket gerektiren sporlarda, bilateral güç dengesi performansı doğrudan etkileyebilir (Hug ve Dorel, 2009). Yorgunluk arttıkça, baskın olmayan bacağın daha fazla yük aldığı veya baskın bacağın gücünü kaybettiği gözlemlenebilir (Bini ve Hume, 2014). Bu tür değişimler pedallara uygulanan kuvvet dağılımında düzensizliklere yol açabilir ve uzun vadede sakatlıklara sebep olabilmektedir (Carpes vd., 2010).

2.2. Bilateralite ve Asimetri Kavramları

2.2.1. Bilateralite

Bilateralite (çift yanlılık), spor bilimlerinde vücudun sol ve sağ taraflarının fonksiyonel kapasite ve performans açısından uyumlu ve dengeli olma durumunu ifade eden bir kavramdır (Carpes vd., 2010). Özellikle elit sporcularda, her iki tarafın da benzer düzeyde kuvvet üretebilmesi ve beceri sergileyebilmesi, performansın optimizasyonu ve sakatlık riskinin azaltılması için önemli görülmektedir (Daneshjoo vd., 2013; Maulder, 2013). Bisiklet sporunda bilateralite, sporcunun sol ve sağ bacaklarının pedala uyguladığı

kuvvet ve güç çıktısının simetrik olmasına işaret eder (Carpes vd., 2010; Javaloyes vd., 2021). İdeal olarak bir bisikletçinin her iki bacağı da eşit düzeyde iş yapmalı ve aynı motor kontrol etkinliğiyle hareket etmelidir. Ancak literatürde yüksek performanslı bisikletçilerde bile belirli ölçüde bilateral asimetri gözlemlendiği bildirilmiştir. Nitekim rekreasyonel ve elit bisikletçilerde pedala uygulanan kuvvet ve tork çıktılarındaki farkların genellikle %5–20 aralığında seyrettiği rapor edilmiştir (Carpes vd., 2010; Farrell vd., 2021). Bu durum, bir bacağın doğal olarak “dominant” olabileceğini ve diğer bacağı kıyasla daha fazla güç üretebildiğini göstermektedir (Carpes vd., 2010). Bununla birlikte ekstrem koşullarda veya yorgunluk altında bilateral asimetri düzeyleri çok daha yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Örneğin, bazı araştırmalarda sakatlığı bulunmayan eğitimli bisikletçilerde iki bacak arasındaki güç farklarının belirli anlarda %30–60’a kadar çıkabildiği rapor edilmiştir (Bertucci vd., 2012; Bini ve Hume, 2014). Özellikle dominant bacağın lehine olan bu tür büyük asimetri oranlarının, zamanla bir bacakta aşırı yüklenmeye yol açarak kronik sakatlık riskini artırabileceği ileri sürülmektedir (Maulder, 2013). Gerçekten de iki bacak arasındaki kas kuvveti dengesizliğinin %10’u aşmasının diz yaralanmaları için bir risk faktörü oluşturabileceği belirtilmiştir (Daneshjoo vd., 2013). Bu nedenle antrenörler ve spor bilimciler elit bisikletçilerin her iki bacağında da mümkün olduğunca dengeli kuvvet ve güç gelişimi sağlamak için çaba göstermektedir (Bini vd., 2017). Bilateral kuvvet dengesi yalnızca kas kuvveti açısından değil, aynı zamanda dengeli duruş ve hareket paternleri (postüral denge) ile nöromüsküler kontrol açısından da önem taşır (Carpes vd., 2010, 2011). Yapılan bir çalışmada elit düzeydeki bisikletçilerin sol ve sağ bacaklarındaki kas aktivasyon düzeylerinin genel olarak benzer olduğu, ancak dominant olmayan tarafta kas aktivitesi seviyesinde daha yüksek varyasyon görülebildiği saptanmıştır. Bu bulgu, iki taraf arasındaki farkların sadece kas kuvvetinden değil, motor kontrol ve hareket tekniği farklılıklarından da kaynaklanabileceğini göstermektedir (Carpes vd., 2011). Sonuç olarak bisiklet sporunda bilateralite kavramı, sporcunun her iki bacağının da simetrik biçimde güç üretmesi ve uyumlu çalışması ideali üzerine kuruludur. Her ne kadar mutlak simetri pratikte nadir olsa da küçük düzeydeki asimetrielerin performansa etkisi genellikle tolere edilebilir düzeydedir. Ancak artan asimetri pedallar arası verimliliği düşürebilir ve uzun vadede performansı sınırlayıp sakatlık riskini yükseltebilir (Bini ve Hume, 2014; Carpes vd., 2010; Javaloyes vd., 2021; Maulder, 2013). Bu nedenle elit bisikletçilerde çift taraflı kas kuvveti ve koordinasyon gelişimi, antrenman programlarının önemli bir bileşeni olarak vurgulanmaktadır (Bini vd., 2017; Carpes vd., 2010).

2.2.2. Lateralite ve dominans (baskınlık)

İnsanlarda istemli motor hareketlerinde vücudun bir tarafını tercihli olarak kullanma eğilimi vardı. Bu eğilim lateraliteyi karakterize etmektedir. Lateralite bir motor beceriyle ilişkili olarak el veya ayağın tercihli kullanımını gösteren kişilerde sıklıkla görülmektedir (Serrien vd., 2006). Lateralizasyonun insan gelişiminin erken dönemlerinde meydana geldiği düşünülmektedir. Buna göre, gebelik döneminde fetüsler vücudun bir tarafına yönelik bir tercih sergilemektedirler. Bu tercihin daha sonraki performans asimetrisini etkilediği görülmektedir (McCartney ve Hepper, 1999). Ancak lateralizasyonun sadece %10-20 oranında genetiğe bağlı olduğu ve doğum sonrası çevresel faktörlere çok daha fazla bağlı olduğu öne sürülmüştür (Ashton, 1982). Ayrıca görev karmaşıklığı, cinsiyet ve gelişimsel özellikler gibi diğer etkiler de vücut tarafı seçiminde önemli bir rol oynamaktadır (Amunts vd., 2000; Lissek vd., 2007; Serrien vd., 2006) .

Dominans (baskınlık) bir motor eylemi gerçekleştirmek için vücudun bir tarafının seçilmesini ifade eder lateral tercih uzuv baskınlığının temelini oluşturur. Bu durum motor beceriler sırasında el veya ayağın tercihli kullanımıyla gözlenebilir (Serrien vd., 2006). Buna karşılık, lateral baskınlık sol veya sağ beyin yarımkürelerinin işlevsel olarak birbirlerinden farklı oranlarda uzmanlaşması anlamına gelmektedir (Serrien vd., 2006). Literatürde bireylerin yaklaşık %90'ının belirgin bir sağ el tercihi sergilediği kabul edilmekteyken, alt ekstremité tercihinde bu oran %25 ila %45 arasında değişmektedir (Peters, 1997). Bu durum el ve bacak tercihlerinin birbirine denk olmadığını göstermektedir. Nitekim alt ekstremité dominansı, farklı motor görevler bağlamında farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Örneğin bazı araştırmalar, tercih edilen bacağı tekme atma hareketiyle ilişkilendirirken (Gabbard ve Hart, 1996), bazıları güce dayalı eylemler (Jones ve Bampouras, 2010), sıçrama yeteneği (Kobayashi vd., 2013), duyu-algı süreçleri (Goble ve Brown, 2008) ya da spontane başlatılan adım hareketleri (Kong vd., 2024) üzerinden değerlendirmektedir. Bu bağlamda uzuv hakimiyetinin, yürütülen göreve özgü olduğu ve bireyin görev niteliğine göre farklı stratejiler geliştirebildiği de vurgulanmaktadır (Velotta vd., 2011).

2.2.3. Bilateral asimetri ve türleri

Simetri bir nesnenin belirli bir eksen boyunca bölündüğünde iki yarısı arasında boyut, şekil ve form açısından tam bir uyum gösterme niteliği olarak tanımlanmaktadır.

İnsan vücudunda genellikle vücudu sol ve sağ yarılarına ayıran koronal eksen boyunca ayna simetrisi dikkate alınır. Bu bağlamda, koronal eksen boyunca ayna simetrisinden sapma "bilateral asimetri" olarak adlandırılmaktadır (Maloney, 2019). Uzuvlar arası asimetri kavramı bir uzvun performansını diğerine göre karşılaştırmaktır (Keeley vd., 2011). Kas dengesizliği, rehabilitasyon ve performans sporu alanlarında sıklıkla kullanılan, normatif verilerden önemli sapmaları veya uzuvlar arasındaki kas performansı farklılıklarını tanımlamaktadır (Grace, 1985; Rahnama vd., 2005). El yatkınlığı, önceki yaralanmalar veya belirli spor gereksinimleri sporcular arasında bilateral kas gücü dengesizliklerinin gelişmesine neden olabileceği öngörülmüştür (Newton vd., 2006; Rahnama vd., 2005). Literatüre bakıldığında bilateral kas grupları arasındaki kuvvet farkının %10-15'i geçtiği durumlar bilateral asimetri olarak kabul edilmektedir (Jones ve Bampouras, 2010).

Belirli bir özellik için simetriden sapmalar olarak tanımlanan asimetri üç başlık altında sınıflandırılmaktadır. Yön asimetrisi tutarlı bir şekilde belirli bir tarafa doğru gelişen bir özelliği tanımlar. Örneğin, insan vücudundaki iç organların konumu ve kütlesi simetrik olarak konumlandırılmamış veya dağıtılmamıştır. Antisimetri, tipik olarak belirli bir tarafa doğru gelişecek bir özelliği tanımlar. Ancak bunun meydana geldiği taraf değişkendir. Antisimetriye bir örnek, el tercihi veya uzuv tercihi olabilir. Yön asimetrisi ve antisimetrisinin genellikle gelişimsel olarak kontrol edildiği ve uyarlanabilir olduğu düşünülmektedir (Van Valen, 1962). Ancak üçüncü tür asimetri genellikle olumsuz veya zararlı çağrışımlarla ilişkilendirilmektedir. Dalgalandıran asimetri, simetrik olarak gelişmesi beklenen ancak bu yoldan sapan bir özelliği tanımlamaktadır (Van Valen, 1962; Watson ve Thornhill, 1994). İnsan vücudunda bunun bir örneği burun deliği genişliği veya kulak boyutu olabilir. Bu asimetrisinin çevresel stresin ve bir organizmanın evrimsel "sağlığının" bir belirteci olduğu ileri sürülmektedir (Longman vd., 2011; Manning vd., 1997; Watson ve Thornhill, 1994). Asimetrisi ve performans arasındaki olası ilişkileri keşfetmeye çalışırken, belirlenen asimetri türünü dikkate almak önemlidir (Paime ve Strobed, 1986; Van Valen, 1962).

2.2.4. Spor performansında bilateral asimetrinin önemi

Literatürde alt ekstremiteler arasındaki asimetrisinin bazı motor performans bileşenlerini etkileyebileceğine dair bulgular mevcuttur. Bell ve diğerlerinin (2014) yaptığı çalışma, bacaklar arası belirgin farkların yaklaşık %10 oranında sıçrama yüksekliğinde azalmaya neden olabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde Hoffman ve

diğerleri (2007), yön değiştirme performansındaki yavaşlamaların da bu tür asimetrilerle ilişkili olabileceğini bildirmiştir. Bu sonuçlar uzuvlar arası simetrisinin performansa olumlu katkılar sağlayabileceğini düşündürmektedir. Tercih edilen uzvun daha baskın olarak kullanıldığı spor dallarında, uzuvlar arası asimetrilerin daha belirgin hale gelmesi beklenebilir (Schiltz vd., 2009). Ancak bu hipotezi destekleyen veriler henüz sınırlıdır (Hart vd., 2016). Ayrıca asimetrilerin yalnızca kinematik değil aynı zamanda kinetik değişkenlerde de farklı şekilde ortaya çıkabileceği bilinmektedir. Bu nedenle, her gözlemlenen uzuv farkının doğrudan performansla ilişkili olduğunu söylemek yanıltıcı olabilir (Rannama vd., 2015).

2.2.5. Bilateral asimetrinin ölçüm yöntemleri

Spor bilimlerinde bilateral asimetriyi objektif olarak değerlendirebilmek için çeşitli ölçüm yöntemleri ve cihazları kullanılmaktadır. Laboratuvar ortamında en yaygın ve güvenilir yöntemlerden biri kuvvet platformları ile ölçüm yapmaktır. Kuvvet platformları, üzerine uygulanan basınç ve kuvvetleri yüksek örnekleme hızlarında üç boyutlu olarak kaydederek, sol ve sağ tarafın yere uyguladığı reaksiyon kuvvetlerindeki farklılıkları milisaniye düzeyinde tespit edebilmektedir (Kim vd., 2021). Örneğin çift ayakla yapılan sıçrama testlerinde veya denge duruşlarında her bir bacağın yere uyguladığı kuvvet ayrı ayrı ölçülerek atletin bilateral kuvvet dağılımı hesaplanabilir (Afonso vd., 2022). Bu yöntem alt ekstremite kuvvet simetrisini değerlendirmede “altın standart” olarak kabul edilir. Çünkü hem yüksek doğrulukta veri sağlar hem de asimetriyi doğrudan sayısal olarak (% fark şeklinde) ortaya koyar (Kim vd., 2021). Kuvvet platformları özellikle dikey sıçrama, iniş veya denge testlerinde iki bacak arasındaki farkları ortaya koyarak sporcuların kuvvet dengesizliklerini belirlemede kullanılmaktadır (Afonso vd., 2022).

Bisiklet sporuna özgü asimetri ölçümlerinde doğrudan bisiklet üzerinde uygulanan yöntemler büyük önem taşır. Bu bağlamda pedal analiz sistemleri öne çıkmaktadır (Bini ve Hume, 2014; Murray vd, 2024). Sensörlü pedal sistemleri, pedal mili veya pedala entegre güç ölçer sensörleri aracılığıyla her bir pedala uygulanan kuvvet ve torku ayrı ayrı kaydetmektedir. Bu sayede sol ve sağ bacağın güç üretimi, pedallama döngüsü boyunca anlık olarak izlenebilir ve asimetrik güç dağılımı yüzde olarak hesaplanabilir (Bini ve Hume, 2014). Literatürde, bu tür çift taraflı ölçüm yapabilen sistemler kullanılarak elit bisikletçilerin farklı yoğunluklarda pedallama simetrisi incelenmiştir. Örneğin, Bini ve Hume (2014) çalışmalarında rekabetçi bisikletçilere ait

özel bir güç ölçer krank sistemi ile her iki pedala takılan sensörlü pedallardan elde edilen verileri karşılaştırmışlardır. Sonuçlar 100–250 W güç aralığında, sensörlü pedalların ölçtüğü tepe tork değerlerinin, krank kolu tabanlı sistemin değerlerinden belirgin şekilde daha yüksek çıktığını göstermiştir. Bu durum, bazı ticari krank bazlı güç ölçer sistemlerinin, pedallar arasındaki kuvvet dağılımını tam hassasiyetle yakalayamadığını ve toplam torku iki bacağa bölerek simetri varsayımı yaptığını ortaya koymaktadır (Bini ve Hume, 2014; Murray vd., 2024). Nitekim krank merkezine takılan güç ölçer cihazlar, sol-sağ ayırımı yaparken her 180°'lik pedal dönüşünde üretilen net torku ilgili bacağa atfeder. Oysa pratikte pedallar arası kuvvet transferleri ve eş zamanlı etkiler olabilmektedir (Murray vd., 2024). Bu nedenle geçerlilik ve güvenilirlik açısından en doğru verileri elde etmek için, her pedal için ayrı sensörler içeren veya doğrudan pedal milindeki kuvveti ölçebilen sistemlerin kullanılması önerilmektedir (Bini ve Hume, 2014; Murray vd., 2024).

Araştırmalar iyi kalibre edilmiş enstrümente pedal sistemleri kullanıldığında bisikletçilerin pedal kuvveti asimetri indeksinin hassas şekilde belirlenebildiğini ve hatta iş yüküne göre nasıl değiştiğinin izlenebildiğini göstermiştir (Bini ve Hume, 2014; Javaloyes vd., 2021). Örneğin, profesyonel bisikletçiler üzerinde yapılan bir Grand Tour (üç haftalık yarış) analizinde, yarış içi yüksek yoğunluklu eforlarda sol-sağ güç dengesinin büyük ölçüde iyileştiği görülmüştür. Bu çalışmada sporcuların güç dengesi yüksek şiddetli tırmanış veya sprint gibi bölümlerde neredeyse tam simetriye (yaklaşık %0–5 fark) yaklaşırken, düşük yoğunluklu düz etaplarda asimetri oranlarının %5–9 aralığında seyrettiği saptanmıştır (Javaloyes vd., 2021). Bu bulgular pedal analiz sistemleriyle elde edilen verilerin hem antrenman geri bildirimi hem de bisiklet pozisyon optimizasyonu süreçlerinde kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak bu sistemlerin olası sınırlılıkları, veri toplama cihazlarının maliyeti, kalibrasyon gereklilikleri ve bazı durumlarda ölçüm hassasiyetinin cihazın tasarımına bağlı olmasıdır (Bini ve Hume, 2014; Murray vd., 2024). Örneğin sensörsüz tek taraflı güç ölçerler (sadece sol krank kolunda ölçüm yapıp toplam gücü ikiyle çarpan sistemler gibi) ciddi simetri hatalarına yol açabilir ve bu nedenle elit düzey performans analizlerinde tercih edilmez (Murray vd., 2024).

Bilateral asimetriyi değerlendirmede bir diğer yenilikçi yöntem ise Nordic hamstring testi için geliştirilmiş H-Board cihazı gibi spesifik ölçüm araçlarıdır. Nordic Hamstring egzersizi, sporcunun dizleri yerde sabitlenmişken gövdesini kontrollü bir şekilde öne bırakması ve hamstring kasları ile yavaşlatmaya çalışması prensibine

dayanan, hamstringlerin eksenrik kuvvetini ölçen bir testtir. H-Board gibi cihazlar, bu test sırasında her bir bacağın ürettiği eksenrik diz fleksiyonu kuvvetini ayrı ayrı sensörler aracılığıyla kaydeder. Böylece sol ve sağ hamstring kas gruplarının kuvvet kapasitesi objektif olarak sayısal veriye dönüştürülebilmektedir. 2024 yılında yapılan bir çalışmada, taşınabilir bir H-Board cihazının laboratuvardaki izokinetik dinamometreye karşı geçerlik ve güvenilirliği incelenmiştir (Akarçeşme vd., 2024). Sonuçlar H-Board ile izokinetik sistemden elde edilen hamstring kuvvet ölçümleri arasında çok güçlü korelasyonlar ($r \approx 0.90$) olduğunu ve cihazın test-tekrar test güvenilirliğinin yüksek düzeyde (ICC değerleri ~ 0.95) bulunduğunu göstermiştir. Bland-Altman analizleri de H-Board ile referans cihaz arasındaki ölçüm uyumunun kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu ortaya koymuştur (Akarçeşme vd., 2024) . Bu bulgular H-Board'un saha ortamında eksenrik hamstring kuvveti ve iki bacak arasındaki güç farkını belirlemek için geçerli bir araç olduğunu desteklemektedir. Hamstring kas grubunun gücü ve dayanımı, bisiklet performansı açısından doğrudan pedal çevirme kuvveti kadar belirleyici olmasa da diz ekleminin stabilitesi ve pedal çekiş fazındaki katkısı nedeniyle önem taşır. Özellikle mesafe bisikletçilerinde kuvvetli hamstringler, pedal devrinin üst noktasında dizin stabilizasyonuna yardımcı olarak daha akıcı bir pedal çevirme tekniği sağlar (Bini vd., 2017). Bu nedenle H-Board ile saptanan bilateral hamstring kuvvet asimetrisi, sporcunun destek kas gruplarındaki dengesizlikleri ortaya çıkarıp güçlendirme programlarının bu doğrultuda düzenlenmesine imkân tanır (Akarçeşme vd., 2024). H-Board'un pratik avantajları ise portatif olması, kullanımının kolaylığı ve laboratuvar dışı ortamlarda (antrenman sahasında veya takım tesislerinde) hızlı ölçüm yapabilmesidir. Bununla birlikte bu cihaz sadece diz fleksörlerinin (hamstringlerin) kuvvetini Nordic hamstring hareketi üzerinden değerlendirdiği için, bisikletçilerin diğer kas gruplarındaki (örnek quadiceps kası) asimetri durumunu doğrudan ölçemez. Bu bakımdan H-Board testi bisiklet sporunda daha çok destekleyici bir değerlendirme aracı olarak görülebilir. Örneğin hamstring kuvvet dengesizlikleri tespit edilip bu doğrultuda özel kuvvet antrenmanlarıyla giderilerek pedaldaki genel simetriye dolaylı katkı sağlanabilir (Akarçeşme vd., 2024).

Bisiklet sporunda bilateral asimetriyi ölçmek için hem laboratuvar temelli hem de saha uygulamasına uygun çeşitli yöntemler mevcuttur. Kuvvet platformları ve izokinetik dinamometreler gibi yüksek doğruluklu sistemler, alt ekstremite simetrisini değerlendirmede geleneksel ve güvenilir araçlar olarak kabul görmektedir (Kim vd.,

2021). Pedal analiz sistemleri ve çift taraflı güç ölçerler ise doğrudan bisiklet üstünde asimetri analizi yapma olanağı sağlayarak antrenman ve performans takibinde vazgeçilmez hale gelmiştir (Bini ve Hume, 2014; Javaloyes vd., 2021). Yeni nesil taşınabilir cihazlar (H-Board vb.) ise spesifik kas gruplarının kuvvet dengesini yerinde ve hızlı bir şekilde değerlendirerek tamamlayıcı bilgiler sunmaktadır (Akarçeşme vd., 2024). Tüm bu yöntemlerin geçerlik ve güvenilirlikleri akademik çalışmalarla sınanmakta olup her birinin avantajları ve sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu bağlamda ölçüm amacına ve koşullarına en uygun yöntemin seçilmesi önemlidir. Elit bisikletçiler üzerinde yapılan bilimsel çalışmalar, birden fazla ölçüm yöntemini entegre ederek hem performansı hem de sakatlık riskini etkileyebilecek asimetri düzeylerini kapsamlı biçimde değerlendirmenin mümkün olduğunu göstermektedir (Bini ve Hume, 2014; Carpes vd., 2010; Javaloyes vd., 2021).

2.3. Gücün Tanımı ve Biyomekanik Temelleri

Gücün mekanik tanımı, mekanik işin yapıldığı hızdır (Winter ve Fowler, 2009). Güç için ölçüm birimi, 18. yüzyılda Sanayi Devrimi sırasında atların yerini almaya başlayan buhar motorlarının kapasitelerini değerlendiren ve beygir gücü terimini ortaya atan James Watt'ın adını taşıyan watt'tır (W). 1,36 beygir gücüne eşdeğer olan bir kilovat, yaklaşık $48 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1}$ 'lik bir oksijen tüketimine karşılık gelen metabolik güçtür (Enoka, 1994).

Güç kavramı, belirli bir sürede gerçekleştirilen iş miktarını tanımlamak amacıyla kullanılan temel bir fiziksel büyüklüktür. Bu bağlamda güç, performansın zamana oranlanmasıyla elde edilir ve matematiksel olarak “güç = iş / zaman” formülüyle ifade edilir. Fizikte iş, bir kuvvetin bir nesneye uygulandığında onu belirli bir mesafede hareket ettirmesiyle ortaya çıkan enerji dönüşümüdür. Bu durumda yapılan iş uygulanan kuvvet ile cismin yer değiştirdiği mesafenin çarpımıyla hesaplanmaktadır (Halliday vd., 2013). Güç, ancak belirli bir iş miktarının daha kısa sürede tamamlanması ya da aynı sürede daha fazla iş yapılmasıyla artırılabilir. Dolayısıyla zaman faktörü gücün temel bileşenlerinden biridir. Bu nedenle, hız gücün belirleyici unsurları arasında yer almakta ve güç artışı hem kuvvetin hem de hızın gelişimiyle sağlanmaktadır (Şenel, 1999).

İnsan hareketleri eklemler tarafından gerçekleştirilen açısal yer değiştirmeyi içermektedir. Bu bağlamda gücü tanımlamanın bir diğer yolu da açısal parametreler

üzerinden yapılan hesaplamalardır. Eklemler aracılığıyla üretilen bu güç çıktısı açısal güç olarak tanımlanmaktadır (Knuttgen, 1978).

2.3.1. Kas kuvveti türleri (izometrik, konsantrik, eksantrik)

Kas kuvveti, genellikle kasın kasılma biçimine göre sınıflandırılmaktadır. Bu kasılmalar dinamik ve statik kasılmalar olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Dinamik kasılmalarda kasın boyu değişir. Örneğin bir ağırlığın kaldırılması ya da indirilmesi bu tür kasılmaların tipik örnekleridir. Statik kasılmalarda ise kasın uzunluğu sabit kalır; ancak kas içi gerilim artar. Bu durumda kasın başlangıç ve bitiş noktaları birbirine yaklaşmaz; yani gözle görülür bir hareket meydana gelmez. Statik kuvvette, birey dış kuvvete karşı direnç gösterir ve denge korunur. Bu esnada iç ve dış kuvvetler birbirine eşitlenmiştir (Fox, 1986).

2.3.1.1. İzometrik kasılma

İzometrik kasılma kas uzunluğunun sabit kaldığı ancak kas geriliminin arttığı, yani tonusun yükseldiği bir kasılma tipidir. Her ne kadar kasın boyu değişmese de kas içi mikro düzeydeki esnemeler (intramüsküler elastikiyet) gözlemlenebilir (Sevim, 1995). Fiziksel anlamda mekanik iş yapılmayan bu tür kasılmalarda, örneğin bir ağırlığın belirli bir pozisyonda tutulması gibi durumlar söz konusudur (Akgün, 1994).

2.3.1.2. Konsantrik kasılma

Bu tür kasılmada kas boyu kısalırken tonusu sabit kalmaktadır (Akgün, 1994). Konsantrik kas kasılması, kas liflerinin kas uzunluğunu kısaltacak ve harici bir yükü yenebilecek düzeyde kuvvet üretmesiyle gerçekleşmektedir. Bu tür kasılmalar sırasında kas içindeki aktin ve miyozin filamentleri birbirleri üzerinde kayarak kasın kısalmasına neden olur. Bu fizyolojik mekanizma literatürde kayan filamentler teorisi olarak tanımlanır. Bu teoriye göre kasılma esnasında miyozin başlarının aktin filamentlerine tutunması ve bu başların "çekme" hareketiyle aktinleri merkeze doğru kaydırması sonucunda kas boyunda kısalma meydana gelir (Baechle ve Earle, 2008).

2.3.1.3. Eksantrik kasılma

Eksantrik kasılma, kasın aktif gerilim oluştururken boyunun uzadığı bir dinamik kasılma biçimidir. Bu kasılmalar sırasında yapılan iş negatif olarak nitelendirilmektedir (Akgün, 1994). Eksantrik kasılmalar iki farklı şekilde sınıflandırılabilir:

- Elastik eksantrik kasılma, sporcunun oluşturduğu dirençten daha az bir yüklerle gerçekleştirilen kasılma tipidir. Bu durumda kas, kasılma öncesi formuna zamana bağlı olarak ulaşmaktadır.
- Plastik eksantrik kasılma ise, kasın izometrik kuvvet sınırının üzerinde bir yüklerle yapılan kasılmadır. Büyük kuvvet üretimine olanak tanınmasına rağmen, bu tür kasılmalarda sakatlık riski oldukça yüksektir. Halteri yukarıdan aşağıya indirirken gerçekleşen kasılmalar bu kategoriye örnek verilebilir (Fidelus ve Kocjasz, 1965).

2.3.2. Aerobik ve anaerobik güç

Aerobik güç, büyük kas gruplarını çalıştırarak gerçekleştirilen dinamik egzersizler sırasında bir bireyin kullanabileceği maksimum oksijen miktarı anlamına gelmektedir (Ekblom, 1986). Bu kapasite genellikle maksimum oksijen tüketimi (VO_{2maks}) ile tanımlanır ve dakikada kilogram başına tüketilen oksijen miktarı (ml/kg/dak) cinsinden ifade edilir (Wasserman vd., 1987). $VO_{2maks} \cdot 1$ belirlemede en kritik faktör, dolaşım sisteminin taşıma kapasitesidir (Green ve Patla., 1992). Bir bireyin VO_{2maks} seviyesi ne kadar yüksekse, dayanıklılık egzersizlerine devam etme potansiyeli o kadar uzun olur. Aerobik güç, doğrudan organizmanın oksijenli ortamda enerji üretme yeteneğiyle ilgilidir. Vücudun dokulara oksijen taşıma kapasitesi, bu sistemin verimliliğini belirler. Kapasitedeki bu artış, aerobik performansı artırmanın yanında anaerobik sistemin desteğini de sağlamaktadır. Bu bağlamda, gelişmiş bir aerobik kapasiteye sahip olan bireyler, egzersiz sırasında daha az oksijen borçlanmasına maruz kalarak fiziksel performanslarını daha uzun süre koruyabilmektedirler (Martin, 1999).

Organizmanın oksijensiz ortamda enerji üretmesi sırasında ortaya çıkan maksimum güç çıktısı anaerobik güç olarak tanımlanmaktadır (Willmor ve Costill, 1994). Sporcularda ATP-CP sistemini kullanabilme kapasitesi anaerobik gücün seviyesini doğrudan etkilemektedir. Kısa süreli, yoğun fiziksel aktiviteler sırasında kullanılan enerji anaerobik süreçlerden ortaya çıkmaktadır. Bu tür aktiviteler uzun süre devam ettirilemez. Çünkü iskelet kasları normal oksijenli metabolizmanın çok üzerinde bir enerji üretim hızına ulaşır. Bu artan metabolik hız kaslarda ve kanda laktat birikimine neden olur. Biriken laktat vücutta asidik bir ortam oluşturarak kas pH'sının düşmesine yol açar ve bu durum kas yorgunluğunu tetiklemektedir. Ayrıca laktat tamponlanması sırasında artan karbondioksit (CO_2) üretimi, solunum sisteminin yükünü artırarak egzersizin sürdürülebilirliğini sınırlandırmaktadır (Myers ve Ashley, 1997; Yıldız, 2012).

2.3.3. Gücün sporda önemi ve değerlendirilmesi

Güç, spor bilimlerinde hem performansın hem de antrenman programlarının etkili bir şekilde analiz edilebilmesi açısından temel bir kavram olarak değerlendirilir. Biyomekanik açıdan ele alındığında güç uygulanan kuvvetin birim zaman içindeki yer değiştirmeye ilişkili olarak ortaya koyduğu iş miktarıdır. Bu nedenle, sadece kuvvet üretimi değil, bu kuvvetin hangi hızda üretildiği de performans açısından kritik bir öneme sahiptir (Cormie vd., 2011). Özellikle patlayıcı güç gerektiren sprint, atlama ve hızlı yön değiştirme gibi hareketlerde kasın hem kuvvet hem de hız bileşeninin eş zamanlı değerlendirilmesi gerekmektedir.

Güç ölçümleri sporda farklı testlerle değerlendirilebilmektedir. Wingate anaerobik güç testi, dikey sıçrama testi (Countermovement Jump) ve izokinetik dinamometre analizleri bu ölçümler arasında öne çıkan uygulamalardır (Bar-Or, 1987; Cormie vd., 2011; Menzel vd., 2013). Her bir testin farklı spor dallarına uygunluğu ve değerlendirme amacına hizmet eden yönleri vardır. Örneğin dikey sıçrama testi alt ekstremité gücünü değerlendirirken, izokinetik testler daha ayrıntılı kas grubu analizleri sunar (Markovic vd., 2004).

Güç performansını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Kas lif tipi dağılımı, nöromüsküler koordinasyon, sinirsel uyarım hızı ve teknik beceriler bu faktörlerden bazılarıdır. Dayanıklılık temelli sporlarla mukayeseli olarak, güç sporlarında tip II (hızlı kasılan) liflerin oranı daha fazladır ve bu durum sporcunun yüksek şiddette kısa süreli eforlara daha iyi cevap vermesini sağlar (MacDougall vd., 1982). Ayrıca yapılan araştırmalar kuvvet ve güç gelişiminin yaşa, cinsiyete, antrenman geçmişine ve kullanılan ekipmanın türüne bağlı olarak değişiklik gösterebileceğini ortaya koymuştur (Suchomel vd., 2016).

2.4. Bisiklet Sporunda Yorgunluk ve Bilateral Güç

2.4.1. Bisiklette yorgunluğa neden olan faktörler

Bisiklet performansında yorgunluk merkezi sinir sistemi, kas yapısı, enerji metabolizması ve çevresel koşulların etkileşimiyle ortaya çıkan çok boyutlu bir olgudur. Merkezi yorgunluk sinir sisteminin kaslara gönderdiği sinyallerin azalmasıyla ilişkilidir. Hsu ve diğerlerinin (2020) yaptığı bir çalışmada, düşük dirençli bisiklet egzersizlerinin merkezi yorgunluğu artırdığı, yüksek dirençli egzersizlerin ise periferik yorgunluğu tetiklediği bulunmuştur. Kas yorgunluğu enerji rezervlerinin tükenmesi ve metabolik

atıkların birikmesi sonucu kas kasılmalarının etkinliğinin azalmasıyla ilişkilidir. Bu durum, kasların kasılma kapasitesini azaltarak performansı olumsuz etkiler. Uzun süreli bisiklet performansında glikojen depoları kritik rol oynamaktadır. Glikojenin tükenmesiyle birlikte vücut yağ oksidasyonuna yönelir. Ancak bu süreç daha yavaş enerji sağlar ve yorgunluğa katkıda bulunur. Çevresel faktörler de yorgunluk sürecinde belirleyici bir unsurdur. Yüksek sıcaklık ve nem koşullarında termoregülasyon için gereken enerji miktarı artmaktadır. Bu da sistemik yorgunluğu tetikler (Pellicer-Caller vd., 2023).

2.4.2. Bisiklette bilateral güç dağılımı ve önemi

Bisiklet çift taraflı (bilateral) pedal gücünün dengeli ve verimli bir şekilde kullanılmasına dayanan bir spordur. Bilateral asimetri yani dominant ve non-dominant bacaklar arasında güç farklılıkları, performans ve yaralanma riski açısından kritik bir parametredir (Carpes vd., 2010). Çift taraflı asimetri sadece kas gücü değil aynı zamanda kas koordinasyonu, enerjinin verimli kullanılması ve nöromotor kontrol açısından da önem arz etmektedir. Güncel literatüre bakıldığında, bisikletçilerde pedal gücü asimetrisinin ortalama olarak %5–20 arasında değiştiği belirtilmektedir. Bu oran bireysel farklılıklar spor branşının yapısına, antrenman düzeyine ve ölçüm yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Pedala uygulanan torkun asimetrisi özellikle düşük ve orta yoğunluklarda daha belirgindir. Bu durum tekrarlayan asimetrik yüklemeler sonucu kas-iskelet sistemine ek stres uygulayabilir (Murray vd., 2024).

Kadansın artmasıyla pedal gücü asimetrisinde düşüş gözlemlenmiştir. Smak vd. (1999) tarafından yapılan çalışmada, düşük kadanslarda bacaklar arası güç farkının yüksek olduğu gözlemlenirken, kadans 120 rpm'e yaklaşıncaya bu güç farkının anlamlı ölçüde azaldığı bulgulanmıştır. Bilateral güç asimetrisinin performans üzerindeki etkisi hala tartışmalıdır. Bazı araştırmalar, asimetrik yüklemelerin yorgunluğu erken tetikleyebileceğini öne sürerken, bazı çalışmalar da düşük–orta yoğunlukta belirgin asimetri gözlenmesine rağmen yüksek şiddette ise asimetrisinin azaldığını belirtmiştir (Carpes vd., 2010; Murray vd., 2024).

Mevcut cihaz teknolojisinin (örneğin krank ve pedal bazlı güç metreler) yaygınlaşmasıyla asimetri analizleri saha koşullarına taşınabilmektedir. Bu sayede bireysel durumlara özgü değerlendirmelere imkân tanımıştır (Farrell ve Neira, 2023). Bu sayede antrenörler, bireyin asimetri düzeyini takip ederek hedefe yönelik müdahaleler (örneğin

eşitlik sağlayıcı kuvvet egzersizleri, teknik düzeltme ve kadans optimizasyonu) gerçekleştirebilmektedir. Son yıllarda geliştirilen üç boyutlu güç simülasyonları, kas aktivasyonu ve güç üretimindeki asimetrielerin tespitini kolaylaştırarak mekanik kayıpların detaylı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Clancy vd., 2023).

2.4.3. Bisiklette bilateral asimetri ve potansiyel etkileri

Bilateral asimetri bisiklet sporunda sporcunun sol ve sağ alt ekstremiteleri (örneğin bacaklar) arasındaki güç üretimi, pedala uygulanan kuvvet veya hareket paternlerindeki ölçülebilir farklar anlamına gelir. Bu tür asimetri antrenmanlı elit bisikletçiler de dahil olmak üzere birçok sporcuda gözlenebilen yaygın bir olgudur (Afonso vd., 2022). Literatürde sağlıklı bisikletçilerde iki bacağın ürettiği iş veya güç miktarı arasındaki farkın genellikle %5–20 aralığında olduğu bildirilmiştir. Bu değerler bireysel farklılıklara göre değişebilse de bilateral asimetri belli bir düzeyde bisiklet performansının doğal bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bacaklar arası güç farkı yarışın durumu, kadans, egzersiz şiddeti ve egzersiz süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Genelde düşük yoğunluklu eforlarda asimetri oranları daha yüksek olup iş yükü arttıkça bacakların daha simetrik çalıştığı gözlenmektedir. Nitekim bir araştırmada, 100 W gibi düşük bir güç çıktısında pedallama asimetrisinin ~%21 gibi yüksek bir orana ulaşabildiği, buna karşın daha yüksek orta şiddette bu farkın %8–9 düzeyine gerilediği rapor edilmiştir. Öte yandan maksimum efor seviyelerinde (örneğin VO₂maks'a yakın yüklenmelerde) pedal kuvveti dağılımının iki bacak arasında neredeyse tamamen dengelendiği, yani en yüksek şiddette asimetri indeksinin istatistiksel olarak anlamlı olmayacak kadar azaldığı gösterilmiştir (Carpes vd., 2010).

2.4.4. Bisiklette bilateral asimetri performans üzerine etkileri

Spor literatüründe çift taraflı simetrinin performansı artıracağı ve verimliliği yükselteceği yönünde yaygın bir kanı bulunmaktadır. Ancak güncel bilimsel araştırmalar makul düzeylerdeki bilateral asimetri oranlarının elit bisikletçilerin performansını belirgin biçimde olumsuz etkilemediğini göstermektedir. Örneğin yakın tarihli bir derleme, çeşitli sporlarda yaygın olarak görülen bacaklar arası asimetrinin performansı düşürmediğini vurgulamış ve asimetriyi azaltmaya yönelik antrenmanların yarış veya parkur performansını anlamlı ölçüde iyileştirdiğine dair bir kanıt bulunamadığını bildirmiştir (Afonso vd., 2022). Benzer şekilde Bini ve Hume (2014) elit seviyede

sayılabilecek bisikletçilerle gerçekleştirdikleri dört km zamana karşı yarış simülasyonunda ilginç bir sonuca ulaşmışlardır. Pedala uygulanan etkin kuvvet bakımından daha büyük asimetri sergileyen sporcuların daha hızlı dereceler elde ettiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada dominant bacağın daha yüksek etkin kuvvet üretebilmesi ve sporcunun kendi asimetri paterni içinde tutarlı kalabilmesi performansı olumsuz etkilememiş aksine daha iyi bir zaman sonucuyla ilişkilendirilmiştir. Dolayısıyla, elit düzey sporcularda görülen makul boyuttaki asimetri, bir verimsizlik göstergesi olmaktan ziyade sporcunun doğal biyomekanik uyumunun bir parçası olarak değerlendirilmektedir. Mevcut bulgular tamamen simetrik bir pedallama tekniği sağlamak amacıyla yapılan müdahalelerin performansı belirgin şekilde artırdığını göstermediği için, sadece performansı yükseltmek adına asimetriyi ortadan kaldırmaya çalışmanın bilimsel bir temeli bulunmamaktadır (Afonso vd., 2022).

2.4.5. Bilateral asimetri ve sakatlık

Bacaklar arasındaki güç ve hareket farklılıklarının uzun vadede bir tarafta aşırı yüklenmeye yol açarak sakatlanma riskini artırabileceği uzun yıllar varsayılmıştır. Biyomekanik açıdan bakıldığında, pedallama sırasındaki asimetrik kuvvet uygulamasının ve farklı kinematik paternlerin bir tarafta daha fazla kas ve eklem yükü bindirebileceği ifade edilmiştir (Carpes vd., 2010). Ancak bu varsayımı destekleyen kesin bulgular henüz ortaya konmuş değildir. Carpes vd. (2010) derlemesinde, bisiklet sporunda bilateral asimetri ile sakatlık riski arasındaki ilişkinin o tarihe dek net bir şekilde aydınlatılamadığı belirtilmiştir. Daha güncel araştırmalar da mevcut asimetri düzeylerinin ileride oluşabilecek sakatlıklar üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sonucuna varmaktadır. Örneğin, alt ekstremité asimetri ölçümlerini yaralanma kayıtları ile doğrudan ilişkilendiren çalışmalar sınırlıdır ve mevcut veriler önceden var olan bir asimetri oranının sporcunun sakatlanma olasılığını anlamlı düzeyde artırdığına dair bir kanıt göstermemiştir. Bunun aksine, bazı bulgular sakatlık meydana geldiğinde sporcunun hareket paterninde ortaya çıkan zorunlu uyarlamaların bilateral asimetriyi artırabildiğini düşündürmektedir. Sonuç olarak, elit bisikletçilerde belirli bir düzeyde bilateral asimetri varlığı normal kabul edilmekte ve literatürde bunun performans üzerinde ciddi bir dezavantaj yaratmadığı, tek başına sakatlık riskini anlamlı ölçüde artırmadığı bildirilmektedir (Afonso vd., 2022).

2.5. Tezde Kullanılacak Test ve Ölçüm Yöntemleri

2.5.1. Nordic hamstring testi (NHT)

2.5.1.1. Testin tanımı, amacı ve uygulanışı

Nordic Hamstring Testi (NHT), sporcunun diz fleksörleri (hamstring kas grubu) için maksimum eksantrik kuvvet kapasitesini ölçmeyi amaçlayan bir değerlendirme testidir. Bu test, iki bacak arasındaki kuvvet farklılıklarını ortaya çıkararak hamstring kaslarının eksantrik güç üretimi ve taraflar arası dengesini değerlendirmeye olanak sağlar. NHT'nin uygulanışı basit ancak kontrollü bir ortama ihtiyaç duyar. Sporcu dizlerinin üzerinde bir platform veya minder üzerinde durur ve ayak bilekleri bir eş veya özel bir aparat tarafından sabitlenir. Test sırasında sporcu kalçaları tam ekstansiyonda olacak şekilde, gövdesini dizlerinden itibaren düz bir hatta koruyarak öne doğru yavaşça eğilir ve bu esnada hamstring kasları ile düşüşe direnç göstermeye çalışır. Sporcu yerçekimine karşı koyamayacak noktaya geldiğinde ellerini öne koyarak kendini destekler ve test sonlanır. Bazı uygulamalarda sporcunun ayak bileklerine bağlı bir yük hücresi veya kuvvet sensörü kullanılarak, hareketin eksantrik fazı boyunca ürettiği kuvvet sürekli ölçülür (Akarçeşme vd., 2024). Bu sayede her iki bacağın ürettiği maksimum eksantrik kuvvet değeri kayıt altına alınır (Amundsen vd., 2023). NHT uygulama kolaylığı ve saha ortamında taşınabilir ölçüm araçlarıyla birlikte hamstring gücünü değerlendiren saha testleri arasında popülerlik kazanmıştır (Chavarro-Nieto vd., 2022).

2.5.1.2. NHT ile değerlendirilen parametreler: Eksantrik diz fleksör kuvveti

Nordic Hamstring Testi ile temel olarak hamstring kaslarının maksimum eksantrik diz fleksör kuvveti ölçülür. Test sırasında her iki bacağın ayrı ayrı ürettiği en yüksek eksantrik kuvvet değerleri kaydedilir ve bu değerler üzerinden çeşitli parametreler hesaplanabilir (Chavarro-Nieto vd., 2022). Öncelikli parametre, zirve eksantrik kuvvet (peak force) olup Newton (N) cinsinden ifade edilir. Bu değer, sporcunun hamstring kaslarının eksantrik olarak üretebildiği en yüksek kuvveti gösterir. İkinci önemli parametre ise bacaklar arası kuvvet simetrisi/asimetrisi oranıdır. Sağ ve sol bacağın ürettiği tepe kuvvetlerin birbirine oranı hesaplanarak bir asimetri yüzdesi elde edilir. Örneğin, bir bacak diğerine göre belirgin derecede daha düşük kuvvet üretiyorsa bu durum kuvvet asimetrisine işaret eder. Literatürde hamstring kuvvetinde %10'dan büyük taraf farklılıklarının, sporcularda artmış yaralanma riskini arttırabileceği bildirilmiştir (Chavarro-Nieto vd., 2022; Wing ve Bishop, 2020).

2.5.1.3. NHT'nin güvenilirliği ve geçerliliği

Nordic Hamstring Testi'nin bilimsel açıdan güvenilirlik (reliability) ve geçerlilik (validity) özellikleri çeşitli araştırmalarda incelenmiştir. Güvenilirlik testten elde edilen sonuçların tutarlılığı anlamına gelir ve NHT için hem aynı oturum içinde tekrarlı ölçümlerde hem de farklı günlerde tekrarlanan ölçümlerde değerlendirilmiştir. Literatürde NHT ile ölçülen eksantrik hamstring kuvvetinin uygulayıcı içi ve uygulayıcılar arası güvenilirliğinin genel olarak yüksek olduğu bildirilmiştir (Bishop vd., 2022). Örneğin rugby oyuncularıyla yapılan bir çalışmada NHT'nin tekrarlanabilirliği incelenmiş aynı seans içinde arka arkaya yapılan üç ölçümün sonuçları arasında oldukça yüksek bir korelasyon bulunmuştur ($ICC \approx 0,79-0,90$, %95 Güven Aralığı)(Chavarro-Nieto vd., 2022). Bu değer testin aynı koşullarda tekrarlandığında tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bir haftalık arayla üç hafta üst üste yapılan tekrarlı ölçümlerde ise güvenilirliği biraz daha düşük, fakat kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur ($ICC \approx 0,52-0,64$) (Chavarro-Nieto vd., 2022).

2.5.2. Fonksiyonel Hareket Analizi (FMS)

2.5.2.1. FMS'in tanımı, amacı ve test bataryası

Fonksiyonel Hareket Analizi, yaygın bilinen adıyla Functional Movement Screen (FMS), bireylerin temel hareket paternlerindeki kısıtlılıkları, asimetrisi ve dengesizlikleri tespit etmek amacıyla geliştirilmiş bir test bataryasıdır. FMS fiziksel aktivite veya spor sırasında sakatlanmaya yol açabilecek hareket bozukluklarını önceden belirlemeyi hedefler. Bu sistematik değerlendirme, vücudun kinetik zinciri boyunca mobilite (hareket açıklığı) ve stabilite (denge ve kontrol) unsurlarını bütüncül olarak ele alır kişinin hareket kalitesini analiz ederek potansiyel zayıf halkaları ortaya çıkarır. FMS aynı zamanda hareket sırasında oluşan ağrı paternlerini ve vücut segmentleri arasındaki asimetrisinin de tespit edilmesine yardımcı olur (Warren vd., 2015).

Fonksiyonel hareket testi yedi aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar derin çömelme, yüksek adımlama, tek çizgi üzerinde lunge, omuz mobilitesi, aktif düz bacak kaldırma, gövde stabilitesi-şınava, rotasyon stabilitesidir. Test puanları 0-3 arasında değerlendirilir ve test sonucunda en fazla 21 puana ulaşılır, hareket esnasında ağrı hissedilirse 0 puan, hareket tamamlanamadıysa 1 puan, hareket eksik şekilde tamamlanırsa 2 puan, hareket tam anlamıyla gerçekleştiğinde ise 3 puan verilmektedir (Cook vd., 2006, 2014).

2.5.2.2. FMS ile değerlendirilen temel hareket yetileri

FMS'deki her bir alt test, insan vücudunun temel hareket yetilerini ve paternlerini ayrı ayrı mercek altına alır. Bu testler sayesinde bireyin esneklik, denge, kuvvet, koordinasyon ve simetri gibi temel hareket yetileri bütüncül şekilde değerlendirilmektedir.

Derin Çömelme: Ayak bileği dorsifleksiyonu, diz ve kalça fleksiyonunda gereken hareket açıklığı (mobilité) ile omurganın üst bölgesindeki (torasik) ekstansiyon mobilitasını test eder. Aynı zamanda bu hareket sırasında bireyin gövdesini dik tutabilme becerisi, core stabilitesi ve kalça-diz koordinasyonu gözlenmektedir (Cook vd., 2006).

Engel Geçme Adımı: Tek ayak üzerinde denge sağlarken diğer bacakla öne doğru adım atma hareketini içerir. Bu test destek bacağının denge ve stabilitesi ile hareket eden bacağın kalça ve diz mobilitasını aynı anda değerlendirir. Ayrıca bel ve pelvis bölgesinin bu asimetrik harekette ne kadar kontrol sağlayabildiği gövde stabilizasyonu açısından incelenmektedir (Cook vd., 2006).

Çizgi Üzerinde Hamle (Lunge): Ayağın biri diğerinin tam önüne gelecek biçimde düz bir çizgi üzerinde yapılan lunge (öne adımlama) hareketini içerir. Bu test sırasında öndeki bacağın kalça ve diz fleksiyon mobilitesi, arkadaki bacağın kalça fleksör esnekliği değerlendirilirken her iki bacağın da kas kuvveti ve denge kontrolü gözlemlenir (Cook vd., 2006).

Omuz Mobilitesi: Sağ ve sol elin arkada birbirine ulaşması hareketiyle gerçekleştirilir. Burada amaç, omuz eklemının esnekliğini, göğüs kafesi ve üst sırt (skapula-thorakal bölge) hareketliliğini ve gerektiğinde skapular stabilizasyonu değerlendirmektir. Omuz mobilitesi testi, üst ekstremitenin eklem hareket açıklığı hakkında bilgi verirken, her iki omuz arasındaki olası esneklik farklarını da ortaya koymaktadır (Cook vd., 2014).

Aktif Düz Bacak Kaldırma: Bu testle, hamstring kaslarının ve baldır (gastrocnemius-soleus grubu) esnekliği ile pelvis kontrolü değerlendirilir. Bir bacak düz şekilde kaldırılırken, yerde kalan diğer bacağın düz kalması ve belin belirli bir pozisyonda sabitlenmesi istenir. Hamstringlerin esneklik yeteneği bu testin ana odak noktasıdır; aynı zamanda karın ve kalça kaslarının, bacağın kaldırılması sırasında pelvisin aşırı devinimini engelleyerek stabilite sağlaması beklenir. Aktif düz bacak kaldırma, alt ekstremité fleksiyon paternindeki kısıtlılıkları ve nöral gerginlik durumlarını (örneğin siyatik sinir gerilimi) da gösterebilir (Cook vd., 2014).

Gövde Stabilitesi Şınavı: Klasik sınav hareketine benzer şekilde, yüzüstü pozisyonda eller omuz genişliğinde konumlandırılarak yapılan bir testtir. Ancak burada vurgulanan nokta gövdenin blok halinde kaslarının hareket etmesidir. Bu üst ekstremité (göğüs, omuz, kol kasları) kuvvetinin yanı sıra core (karın ve bel kasları) yeterli stabiliteyi sağlamasını gerektirir (Cook vd., 2014).

Rotasyon Stabilitesi: Bu testte kişi eller ve dizler yerde dururken, aynı anda bir kolunu ve karşı taraftaki bacağını kaldırıp uzatır. Ardından cenin pozisyonu gibi bükülerek dirsek-diz temasına çalışır. Testin amacı çapraz (diyagonal) hareketlerde vücudun koordine stabilizasyon yeteneğini ölçmektir. Sağ kol-sol bacak ve sol kol-sağ bacak koordinasyonu, omurganın rotasyonel kontrolü ve dengenin bozulmadan korunması değerlendirilmektedir (Cook vd., 2014).

2.5.2.3. FMS'in güvenilirliği ve geçerliliği

FMS yaygın kullanımı nedeniyle bilimsel araştırmalarda güvenilirlik ve geçerlilik açısından kapsamlı biçimde incelenmiştir. Güvenilirlik bakımından, FMS puanlamalarının farklı değerlendiriciler arasında tutarlı olup olmadığı ve aynı değerlendiricinin tekrar puanlamalarında tutarlılık gösterip göstermediği araştırılmıştır. Genel olarak sonuçlar FMS'in tecrübeli uygulayıcılar tarafından uygulandığında iyi derecede güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır. Bir sistematik derleme ve meta-analiz çalışmasında, FMS toplam skorunun hem gözlemciler arası hem de tekrar ölçümlerde yüksek düzeyde tutarlılığa sahip olduğu bildirilmiştir (sınıf içi korelasyon katsayısı ICC ≈ 0.81). FMS değerlendirmesinin güvenilirliğini değerlendiricinin eğitimi ve deneyimi ile yakından ilişkilidir (Bonazza vd., 2017). Deneyimli fizyoterapist ve antrenörler arasında yüksek tutarlılık görülürken, yeterli eğitimi almamış kişiler arasında puanlama farklılıkları oluşabileceği belirtilmiştir (Minick vd., 2010; Teyhen vd., 2012). FMS'in geçerliliği konusu ise özellikle yaralanma öngörü değeri bağlamında tartışmalıdır. FMS geliştirildiği ilk dönemlerde, toplam skoru düşük olan sporcuların ilerleyen zamanlarda sakatlık geçirme olasılığının daha yüksek olabileceği öne sürülmüş ve bazı prospektif çalışmalarda FMS ≤ 14 puanın yaralanma riskini anlamlı ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir (Kiesel vd., 2007).

2.5.3. Y-Balance Testi

2.5.3.1. Testin tanımı, amacı ve uygulanişı

Y Balance Testi (YBT), alt ve üst ekstremitelerde dinamik dengeyi ölçmeye ve olası sakatlanma riskini öngörmeye yönelik bir denge testidir. Bu test daha önce geliştirilmiş olan Yıldız Denge testinin daha pratik ve tekrarlanabilir bir versiyonu olarak modifiye edilmiştir (Plisky vd., 2009). Yıldız Denge Testi (Star Excursion Balance Test) sekiz farklı yöne uzanmayı içerirken Y-Balance Testi anterior, posteromedial ve posterolateral üç temel yönde uzanma ile dengeyi değerlendirmektedir. Testin amacı tek ayak üzerinde dururken diğer ayakla bu yönlere mümkün olan en uzak mesafeye kontrollü şekilde ulaşılmasını sağlayarak dinamik postüral kontrolü ölçmektir. YBT sırasında dengeleyici ayak platformun merkezinde sabit dururken, uzanma yapan ayağın itebildiği mesafe ölçülür. Her bir yöndeki en uzak mesafe kaydedilir ve alt ekstremit (bacak) uzunluğuna göre normalize edilir. Üç yönün normalleştirilmiş mesafeleri toplanarak “kompozit skor” olarak adlandırılan bir toplam denge skoru hesaplanır (Plisky vd., 2009). YBT için özel olarak üretilmiş bir ölçüm platformu kullanılabileceği gibi, zemine belirtilen açılarla bant çekilerek ve metre kullanılarak da test uygulanabilmektedir. Test protokolü her bir yönde yeterli pratik yapıldıktan sonra (önerilen~6 deneme) üçer başarılı deneme kaydedilmesini içerir. Ellerin belden ayrılması, ayağın yere temas etmesi gibi durumlarda test başarısız sayılır ve ölçüm tekrar edilir. Uygulama aşamasında sırasıyla sağ/sol ayak için anterior, posteromedial ve posterolateral uzanma ölçümleri alınır (Plisky vd., 2009).

2.5.3.2. Y-Balance testi ile değerlendirilen parametreler: Dinamik denge ve asimetri

Dinamik denge, sabit bir postüral kontrolü hareket halinde koruyabilme becerisi olarak tanımlanır (Heil vd., 2020). Y-Balance Testi, dinamik dengeyi nicel olarak değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir ve alt ekstremitelerin fonksiyonel kapasitesine dair önemli bilgiler sunmaktadır (Shaffer vd., 2013). Sporcularda dinamik denge koşma, yön değiştirme, tek ayak üzerinde sıçrama/iniş gibi sportif hareketlerin güvenli ve etkili bir şekilde yapılabilmesi için kritik öneme sahiptir. YBT de tam olarak bu dinamik denge becerisini ölçmeyi hedefler. Test sırasında sporcu destek aldığı ayak üzerindeki dengesini bozmadan diğer ayakla uzanabildiği en uzak mesafeye ulaşmaya çalışır. Bu merkezi denge kontrolü, alt ekstremit kuvveti ve eklem stabilitesinin bütünleşik bir göstergesidir. Yapılan çalışmalar çocukluk ve ergenlik döneminde dinamik postural kontrolün

geliştiğini, temel hareket becerilerinin kazanılmasıyla birlikte denge performansının da olgunlaştığını göstermiştir. Dinamik denge yetersizlikleri ise özellikle genç sporcularda alt ekstremitte yaralanmaları ile ilişkilendirilmiştir (Stoddard vd., 2022).

Y-Balance Testi (YBT) özelinde asimetri sporcunun bir bacağı üzerinde sergilediği denge ve uzanma performansının diğer bacağına göre anlamlı derecede farklı olması durumudur. Literatürde uzuvlar arası simetrinin optimal kabul edildiği ve belirgin farkların nöromusküler yetersizliklere işaret edebileceği bildirilmiştir. Ayrıca klinisyenlerin bu tür iki taraflı performans farklılıklarını değerlendirerek yaralanma riski, fonksiyonel dengesizlik ve rehabilitasyon sürecine ilişkin kararlar verdikleri ifade edilmektedir (Stoddard vd., 2022).

2.5.3.3. Y-Balance testi'nin güvenilirliği ve geçerliliği

Y-Balance Testi (YBT), alt ekstremitte dinamik dengesinin değerlendirilmesinde sıkça kullanılan, geçerlik ve güvenilirliği bilimsel olarak desteklenmiş bir test protokolüdür (Shaffer vd., 2013). Shaffer vd., (2013) sağlıklı bireyler üzerinde yürüttükleri çalışmada, YBT'nin gözlemciler arası ve gözlemci içi güvenilirliğini detaylı biçimde değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında, testin her üç yön için (anterior, posteromedial ve posterolateral) yüksek derecede tutarlılık sergilediği bulunmuştur. Özellikle sınıf içi korelasyon katsayısı ICC (intraclass correlation coefficient) değerlerinin tüm yönler için .85'in üzerinde olması, YBT'nin ölçüm tekrarlarında güvenilir sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu bulgular testin klinik ortamda ve saha uygulamalarında güvenle kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte geçerlilik açısından değerlendirildiğinde, YBT ile elde edilen skorların özellikle alt ekstremitte sakatlık öyküsü olan bireylerde anlamlı farklılıklar gösterdiği vurgulanmıştır. Test sonuçlarının spora dönüş öncesi değerlendirmelerde kullanılabilirliği ile ilgili olarak olumlu bulgular elde edilmiştir. Çalışmada anterior yön skoru ile diğer yönler arasındaki farkların, dengesizlik göstergesi olarak ele alınabileceği belirtilmiştir (Shaffer vd., 2013).

2.5.4. Akıllı güç ölçerler (smart trainer) ile güç testleri

2.5.4.1. Akıllı güç ölçerlerin tanımı ve çalışma prensipleri

Bir bisiklet sporcusunun performansını belirleyen temel bileşenlerden biri, pedal çevirme sırasında ürettiği mekanik güç çıktısıdır. Bu çıktı watt olarak ifade edilmektedir ve sporcunun antrenman yükünün nesnel bir biçimde değerlendirilmesine olanak sağlar. Mobil güç ölçerlerin geliştirilmesinden bu yana yol bisikleti, dağ bisikleti, pist ve triatlon

dahil birçok disiplinde güç verisi kullanımı standard bir uygulama haline gelmiştir (Maier vd., 2017). Bu cihazlar antrenörlerin antrenman ve yarışma sırasında elde edilen güç çıktısına göre bireysel antrenman planları oluşturmalarını, bu planların takibine imkan tanır (Passfield vd., 2017).

Güç çıktısını ölçmek için birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler yerleştirildikleri konuma göre sınıflandırılmaktadır. Krank tabanlı güç ölçerler doğrudan krank koluna veya zincir dişlisine entegre edilmektedir (SRM, Stages) (Dickinson ve Wright, 2021; Wright vd., 2019). Pedal tabanlı sistemler ise pedala uygulanan kuvveti ölçmektedir (Garmin Vector 3, Powertrap) (Iglesias-Pino vd., 2023). Sabit bir şekilde sürüş sırasında güç çıkışını ölçebilen akıllı güç ölçerlerde alanda kullanılmaktadır (TACX Neo 2T–TN2T veya Elite Direto) (Bjärehed ve Bjärehed, 2022; Scholler vd., 2023). Bir tür sabit bisiklet ergometresi olan Lode Excalibur cihazı bu alanda altın standart olarak kabul görmektedir (Lanferdini vd., 2020).

Açık hava antrenmanlarında bisiklet üzerindeki güç ölçerler kullanılırken, iç mekân antrenmanlarında ise akıllı güç ölçer olarak adlandırılan “smart trainer” cihazlar öne çıkmaktadır. Akıllı güç ölçerler, bisikletin sabit bir platforma bağlandığı ve sporcunun yerinde pedal çevirerek antrenman yapabildiği bir sistem olup entegre sensörleri sayesinde üretilen gücü anlık olarak ölçebilmektedir. Bu cihazlar laboratuvar ergometrelerine benzer şekilde direnç uygulayarak farklı güç seviyelerinde antrenman yapma olanağı sunar. Genellikle Bluetooth/ANT+ yoluyla bir yazılıma bağlanarak önceden tanımlanan güç veya eğim profillerine göre direnç düzeyini otomatik olarak ayarlarlar. Böylece sporcu, örneğin bir tırmanış parkurunu veya aralıklı interval antrenmanı ev ortamında simüle edebilir. Nitekim akıllı güç ölçerler, hedef güç değerinin bir mobil uygulama üzerinden cihaza iletilmesiyle, istenen antrenman şiddetini otomatik olarak sağlayabilmektedir (Morais vd., 2024).

2.5.4.2. Bisiklette güç ölçümünün önemi

Güç verisi sporcunun doğrudan ürettiği iş miktarını yansıtması ve bu sayede fizyolojik kapasiteyi daha doğru şekilde ortaya koyması sebebiyle performansın değerlendirilmesinde önemlidir. Literatürde dayanıklılık bisiklet performansını öngörebilen başlıca fizyolojik göstergeler arasında özellikle güç temelli ölçümler vurgulanmıştır. Örneğin laktat eşiğindeki güç çıktısı ve maksimum güç gibi parametrelerin yarış performansı ile yüksek ilişkili olduğu bildirilmektedir. Elit

bisikletçilerin vücut ağırlığına oranla maksimum güç değerlerinin genellikle $\geq 5,5$ W/kg düzeyinde olduğu bulgulanmıştır (Faria vd., 2005). Benzer şekilde laboratuvarda uygulanan artırımlı testler sonucunda elde edilen tepe güç çıktısının dayanıklılık performansını değerlendirmedeki gücü dikkat çekicidir. Nitekim üç dakikalık kademeler halinde artan güç protokolüyle ölçülen zirve güç (W peak) değeri ile 90 dakikalık bir zamana karşı performansı arasında $r \approx 0,94$ gibi çok güçlü bir korelasyon saptanmıştır (Bentley ve McNaughton, 2003). Güç ölçümünün sağladığı bir diğer avantaj antrenman yükünün ve yarış stratejilerinin daha ayrıntılı analiz edilebilmesidir. Tek bir ortalama değer yerine bir antrenman veya yarış boyunca güç verisinin dağılımını incelemek mümkündür (Passfield vd., 2017).

2.5.4.3. Aerobik güç testleri ve bilateral güç değerlendirmesi

Dayanıklılık sporcularında aerobik güç ve kapasitenin ölçülmesi performansın bilimsel yöntemlerle değerlendirilmesi açısından temel teşkil eder. Bisikletçilerde aerobik güç göstergeleri sporcunun oksijen kullanım yeteneğini ve sürdürülebilir efor düzeyini belirleyerek antrenman programlarının bireyselleştirilmesine olanak tanır. Bu amaçla hem laboratuvar ortamında kontrollü testler yapılmakta, hem de saha testleri ile pratik ölçümler gerçekleştirilmektedir (Faria vd., 2005). Laboratuvar ortamında uygulanan aerobik güç testleri genellikle kademe kademe artan yük protokollerine dayanır. Sporcu kalibre edilmiş bir ergometre bisiklet üzerinde belirli aralıklarla gücün yükseltildiği (örneğin her dakika 20–30 W artış) bir teste tabi tutularak tükenene dek pedal çevirir. Bu artan eforlu test sırasında solunum gazları analiz edilerek VO_{2max} değeri, kalp atım hızı ve ventilasyon eşiği belirlenebilirken, ergometreden elde edilen güç verileri sayesinde sporcunun maksimum güç üretebilme kapasitesi (W peak) de saptanır (Bentley ve McNaughton, 2003).

Laboratuvar testleri altın standart kabul edilse de her zaman pratik veya erişilebilir olmamaktadır. Bu nedenle saha koşullarında uygulanan pratik testler de geliştirilmiştir. Bu testler genellikle özel cihazlar gerektirmeden, sporcunun kendi bisikleti ve güç ölçeriyle gerçekçi koşullarda yapılabilmesiyle avantaj sağlar. En yaygın saha testlerinden biri Fonksiyonel Eşik Güç (FTP) testi olarak bilinir (Borszcz vd., 2018).

Aerobik güç çıktısının mutlak değerinin yanı sıra, bu gücün sporcunun iki bacağı arasında nasıl dağılım gösterdiği de performans analizlerinde önem kazanmaktadır. Bilateral güç dağılımı, pedallar üzerinden iletilen kuvvetin sağ ve sol bacaklar arasında

ne derece simetrik olduğunun incelenmesidir. Güncel g ölçer sistemleri pedala uygulanan torku ölçen sensörlerin pedal mili, aynakol veya pedal göbeği gibi farklı noktalara yerleştirilmesiyle, her iki bacağın ürettiği gücü ayrı ayrı kaydedebilmektedir (Passfield vd., 2017). İnsan biyomekaniğinde bir dereceye kadar uzuvlar (interlimb) arası asimetri normal kabul edilmektedir. Bisiklet özelinde bakıldığında, pedal asimetrisi üzerine yapılan çalışmalarda bulunan asimetri indeksi %5-20 gibi geniş bir değer aralığı göstermektedir. Egzersiz şiddeti, kadans ve yorgunluk düzeyi gibi değişkenlerin asimetriyi değiştirebildiği belirtilmiştir (Carpes vd., 2010).



3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırma grubu, veri toplama araçları, verilerin analizine ilişkin bilgiler mevcuttur.

3.1. Araştırma Grubu

Araştırmanın evrenini Türkiye Bisiklet Federasyonu sporcuları, araştırma grubunu ise Türkiye Bisiklet Federasyonu yol bisikleti sporcuları içerisinde 37 kişi oluşturmuştur. Çalışmaya katılan 26 erkek sporcunun yaş ortalaması $15,0 \pm 1,0$ yıl ve boy uzunluğu ortalaması $169,0 \pm 7,1$ cm ve 11 kadın sporcunun yaş ortancası 15,2 yıl ve boy uzunluğu ortancası 160,3 cm olarak tespit edilmiştir.

3.2. Araştırmaya Dâhil Edilme Kriterleri

- Lisanslı yol bisiklet sporcusu olmak.
- Son altı ay içerisinde sakatlık geçirmemiş olmak.
- Düzenli olarak bisiklet antrenmanı yapıyor olmak.
- Son bir ay içerisinde soğuk algınlığı vb. hastalık geçirmemiş olması gerekmektedir.

3.3. Araştırmadan Dışlanma Kriterleri

- Bisiklet sporcularının uygulanacak ölçümleri yarıda bırakması durumunda,
- Sporcuların testleri yarıda bırakması durumunda,
- Sporcuların bacak uzunlukları farkının iki santimden fazla olması durumunda çalışmadan çıkarılmıştır.

3.4. Veri Toplama Araçları

3.4.1. Antropometrik ölçümler

Boy uzunluğu (BU): Katılımcılar çıplak ayakla ve anatomik duruş pozisyonunda stadiometre “SECA, Almanya” ile ölçüm yapılmıştır.

Vücut ağırlığı (VA) ve vücut yağ yüzdesi (VYY): Katılımcıların vücut ağırlıkları ve vücut yağ yüzdeleri üzerlerinde minimal kıyafet (bisiklet forması) varken 0,1 kg hassasiyetli “Tanita BC-601” model cihazla ölçülmüştür.

Vücut kütle indeksi (VKİ): Katılımcının Vücut ağırlığı (kg)/ Boy Uzunluğu (m^2) şeklinde hesaplanmıştır (WHO, 1995).

3.4.2. Kuvvet testi

Bacak kuvveti: Sporcuların ölçümü bacak dinamometresi (Baseline) ile yapılmıştır. Katılımcılar dizler 135 ° fleksiyonda olacak şekilde dinamometre üzerinde durulmuştur. Kollar tamamen ekstensiyonda olacak şekilde aşağıya doğru eğilmiştir. Dinamometrenin çekme çubuğu sporcuların ellerine yerleştirilip zincir uzunluğu uygun bir şekilde ayarlanmıştır. Katılımcılara bacaklarını maksimum bir eforla yukarı doğru germeleri talimatı verilerek çubuğu aynı anda çekmeleri istenmiştir. Üç tekrar uygulanarak en yüksek değer kaydedilmiştir (Coldwells, Atkinson ve Reilly, 1994).

3.4.3. Esneklik testi (modifiye otur eriş testi)

Sporcular baş, sırt ve kalçalarını duvara dayalı (kalça eklemi 90° açı) oturma pozisyonu almış ve ayaklarını otur-eriş sehпасına (Baseline) uzatmıştır. Katılımcıların ellerini üst üste koyarak ölçüm sehпасına paralel bir şekilde uzatması istenmiştir. Bu durumdayken baş ve sırtın duvara temas halinde kalması, yalnızca skapular abdüksiyon yapılması sağlanmıştır. Bir sonraki aşamada kayar ölçüm cetveli, cetvelin sıfır noktası sporcunun parmak uçlarıyla hizalanana kadar kutunun üst kısmı boyuncu kaydırılmıştır. Bu uygulama yöntemi ile katılımcının parmak-kutu mesafesi (FBD) belirlenmiştir. FBD ekstremitelerdeki farklılıklara bağlı olarak orantısal bağlı bir sıfır noktası belirlemek için uygulanmıştır. Sporcudan daha sonra maksimum olarak uzmanları istenmiştir. Ölçüm üç tekrar yapılarak en yüksek uzunluk değeri kaydedilmiştir (Hoeger, Hopkins, Button ve Palmer, 1990).

3.4.4. Smart trainer aerobik güç testi

Test akıllı güç ölçer ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara 10 dakikalık düşük yoğunluklu egzersizden (100 watt, 90 kadans) oluşan standart bir ısınma uygulanmıştır. Test sırasında uygulanacak olan direnç seviyesi katılımcıların vücut ağırlıklarına göre belirlenmiştir. Her dakikada kadınlarda 20 w/dk, erkeklerde 30 w/dk artış olacak şekilde uygulanmıştır. Test sporcu istemli tükenene kadar veya kadans ortalaması 60'ın altına düşünceye kadar devam ettirilmiştir Testin sonunda sporcuların aerobik güç seviyesi ve sporcuların bacak asimetri seviyesi belirlenmiştir.

3.4.5. Fonksiyonel hareket analizi (FMS)

FMS testi derin çömelme, yüksek adımlama, tek çizgi üzerinde lunge, omuz mobilitesi, aktif düz bacak kaldırma, gövde stabilitesi-şınav, rotasyon stabilitesidir (Cook

ve diğerleri, 2006). Test puanları 0-3 arasında değerlendirilir ve test sonucunda en fazla 21 puana ulaşılır, hareket esnasında ağrı hissedilirse 0 puan, hareket tamamlanamadıysa 1 puan, hareket eksik şekilde tamamlanırsa 2 puan, hareket tam anlamıyla gerçekleştiğinde ise 3 puan verilmiştir (Cook vd., 2006).

Derin Çömelme (Deep Squat): Katılımcı ayaklarını yaklaşık olarak omuz genişliğinde açarak ve sagittal düzlemde hizalayarak başlangıç pozisyonunu almıştır. Daha sonra katılımcı ellerini omuz genişliğinde olacak şekilde çubuğa yerleştirmiş ve çubuğu başının üzerinde tutarak dirsekler tam ekstansiyona gelene kadar yukarıya uzatmıştır. Gövdenin düz bir hatta olacak şekilde hareketi gerçekleştirmesi istenmiştir. Test üç tekrara kadar yaptırılmıştır. "3" puan için gerekli kriterlerin karşılanmadığı durumda, topuklarının altına 2x6'lık bir blok yerleştirilerek test tekrar uygulanmıştır (Cook vd., 2006).

Engel Geçme Adımı (Hurdle Step): Katılımcıdan önce ayaklarını bir araya getirmesi ve ayak parmaklarını engelin tabanına değecek şekilde hizalayarak başlangıç pozisyonunu alması istenmiştir. Engel daha sonra sporcunun tibial tüberozitesinin yüksekliğine ayarlanmıştır. Çubuk iki elle kavranmış, boynun arkasına olacak şekilde ve omuzların üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra katılımcıdan dik bir duruş sergilemesi ve engelin üzerinden adım atarak, ayağını kaval kemiğine doğru kaldırması ve ayak, diz ve kalça arasındaki hizalamayı koruyarak duruş bacağını uzatılmış pozisyonda tutarken topuğu yere değdirmesi istenmiştir. Hareket eden bacak daha sonra başlangıç pozisyonuna geri döndürülerek hareket tamamlanmıştır. Test her iki taraf içinde üçer defa uygulanmıştır (Cook vd., 2006).

Çizgi Üzerinde Hamle (Lunge): Testin uygulanacağı tahta üzerine katılımcının tibial uzunluğuna göre işaret yerleştirilmiş ve öndeki ayağını işaretin üzerine koyması istenmiştir. Çubuk başa, torasik omurgaya ve kalçanın ortasına dokunacak şekilde sırtın arkasına yerleştirilmiştir. Ön ayağın karşısındaki el, servikal omurgada çubuğu kavırken diğer el omurganın lomber kısmında kavranmıştır. Katılımcı daha sonra dik bir duruş sergilerken arkadaki dizini öndeki ayağın topuğunun arkasındaki yüzeye değecek kadar indirmiş ve ardından başlangıç pozisyonuna geri dönmüştür. Hamle yavaş ve kontrollü bir şekilde iki taraflı olarak üç defaya kadar gerçekleştirilmiştir (Cook vd., 2006).

Omuz Mobilitesi (Shoulder Mobility): Sağ ve sol elin arkada birbirine ulaşması hareketiyle gerçekleştirilmiştir. Öncelikli olarak katılımcının distal bilek kıvrımından üçüncü parmağın ucuna kadar olan mesafe ölçülmüştür. Katılımcıdan her iki eliyle

yumruk yapması ve başparmağını yumruğun içine yerleştirmesi istenmiştir. Daha sonra omuzda maksimum adduksiyon, ekstansiyon ve içe doğru rotasyon pozisyonunda ve diğer eliyle maksimum abduksiyon, fleksiyon ve dışa doğru rotasyon pozisyonunda olması istenmiştir. Test sırasında eller yumruk halindeyken yumruklar sırtta yerleştirilmiş ve iki el arasındaki uzaklık her iki taraf için de üç defa ölçülerek test gerçekleştirilmiştir (Cook vd., 2006).

Aktif Düz Bacak Kaldırma (Active Straight Leg Raise): Katılımcı sırtüstü uzanarak kolları anatomik pozisyonda, bacakları 2×6 tahtanın üzerinde ve başı düz bir şekilde yere koyarak başlangıç pozisyonunu almıştır. Uygulayıcı tarafından anterior superior iliak omurga ile patellanın orta noktası arasındaki orta noktayı belirlenmiş ve bu pozisyona yere dik bir çubuk yerleştirilmiştir. Daha sonra katılımcıdan ayak bileği dorsifleksiyonda ve diz uzatılmış haldeyken test bacağını yavaşça kaldırması istenmiştir. Test sırasında karşı diz (aşağıdaki bacak) yere temas halindeyken, ayak parmaklarının yukarıya bakacak şekilde olması ve başının yerle temas halinde olması istenmiştir. Son aralık pozisyonu elde edildiğinde, yukarıdaki ayağın pozisyonuna göre hareket değerlendirilmiştir. Test her iki ayak için üçer defa gerçekleştirilmiştir (Cook vd., 2014).

Gövde Stabilitesi Sınavı (Trunk Stability Push Up): Katılımcı ayakları bir arada olacak şekilde yüzüstü pozisyonda uzanmış ve eller uygun pozisyonda omuz genişliğinde yerleştirilmiş. Bu test sırasında erkekler ve kadınlar farklı başlangıç kol pozisyonlarına sahiptir. Erkekler başparmaklarını alnının üst kısmına koyarak başlamış, kadınlar başparmakları çene hizasında başlamıştır. Katılımcıdan vücudunu bir bütün olarak kaldırması istenmiştir. Katılımcının hareketi gerçekleştiremediği durumda başparmaklar bir sonraki en kolay pozisyona, erkekler için çene hizasına, kadınlar için omuz hizasına getirilmiş ve hareket tekrar edilmiştir. Test üç defa uygulanmıştır (Cook vd., 2014).

Rotasyon Stabilitesi (Rotary Stability): Katılımcı elleri ve ayakları üzerinde başlangıç pozisyonunu almış, elleri ve dizleri arasında 2×6'lık tahta test kiti yerleştirilmiştir. Dizler 90 derecelik açıyla konumlandırılmıştır. Katılımcıdan daha sonra kontalateral el ve ayağını dümdüz olana kadar uzatması istenmiş diz ve dirseklerinin birbirine temas edene kadar fleksiyona getirilmesi istenmiştir. Test her iki taraf için üçer defa uygulanmıştır (Cook vd., 2014).

3.4.6. Nordic hamstring testi (NHT)

Sporcu, diz üstü pozisyonda bir mat üzerinde pozisyon alır ve ayak bilekleri bir sabitleme aparatı tarafından sabitlenmiştir. Gövde, kalça ve diz eklemleri nötr pozisyonda tutulurken, sporcu kontrollü bir şekilde öne doğru eğilmeye başlamıştır. Hareketin devamında eksantrik kuvvet korunamayacak noktaya gelindiğinde, sporcu elleriyle kendini destekleyerek yere kontrollü bir şekilde temas etmiştir. Test sırasında, gövdenin hizasının korunup korunmadığı, eksantrik kontrol süresi ve kas dayanıklılığı değerlendirilmiştir (Al Attar vd., 2017). H-Bord hamstring kuvveti test protokolünde; testten önce sporculara standart ısınma protokolü (submaksimal şiddette 5 dakika bisiklet, diz çekme, her bacak için 10 tekrarlı ileri lunge hareketi, 30 saniye esneme ve düşük dirençte iki tekrarlı Nordic hamstring egzersizi) uygulanmıştır. Test yapılacak kişinin diz üstü pozisyonda borda çıkması istenerek her iki ayak bileğini bord üstündeki kancalara geçirilip sabitlenmiştir. Katılımcıya tutabileceği maksimum seviyeye kadar öne doğru belini bükmeden salınması istenmiş ve kontrol edemediği noktada elleri üstüne iniş yapması söylenmiştir. Bilateral Nordic hamstring egzersizlerinin maksimal tekrarları performans sırasında maksimal çaba için teşvik edilmiştir. Katılımcılar üç tekrardan oluşan bir set gerçekleştirilmiştir. Cihaz gerçek zamanlı her iki ayrı bacağın hamstring kas kuvvet değerini Newton (N) cinsinden vermektedir. Testin sonrasında maksimum kuvvet değerlendirmeye alınmıştır (Akarçeşme vd., 2024).

3.4.7. Y-Balance denge testi

Sporcuların denge parametrelerini ölçmek için “Y-BalanceTest” platformu kullanılmıştır. Her katılımcının bacak uzunluğu santimetre olarak supin pozisyonunda çift taraflı bir şekilde anterior superior iliak noktadan medial malleolün distal kısmına kadar ölçülerek kaydedilmiştir. Anterior (ANT) uzanma katılımcının merkezdeki ayak parmak ucundan, posteriolateral (PL) ile posteromedial (PM) ise ayak topuğundan uzanabildiği en uzak nokta arasındaki mesafe kaydedilmiştir. Test katılımcılara ayakkabısız olarak gerçekleştirilmiştir. Katılımcılardan deneme süresince ellerini iliak üzerinde topuklarını ise zemin üzerinde tutmaları ve uzanma ayağının parmak ucuyla en uzak noktaya hafif bir dokunuş yapmaları istenmiştir. Ölçümden önce testin nasıl uygulanacağı ile ilgili deneyimli araştırmacı tarafından kısa bir gösterim yapılmış ve katılımcılara en az altı kez deneme yaptırılmıştır. Test denemelerinin tamamlanmasından sonra her katılımcıya iki dakikalık bir dinlenme süresi verilmiş ve daha sonra her yönde üç deneme yaptırılmıştır (Engquist vd., 2015). Ölçüm sırasında katılımcılar vücut ağırlığını uzanma ayağına

aktardıklarında, duruş ayağının topuğunu zeminden ayırdığında ya da ellerini kalçadan ayırdığında deneme kabul edilmemiştir ve katılımcının bir daha hata yapmaması için sözlü olarak bilgilendirildikten sonra deneme tekrarlanmıştır. Bütün uzanma mesafeleri santimetre cinsinden kaydedilmiştir.

3.5. Verilerin Toplanması

Veri toplama süreci testlerin doğru sırayla ve yeterli dinlenme aralıklarıyla uygulanmasına özen gösterilerek yürütülmüştür. Uygulamalara başlamadan önce, tüm sporculara her test hakkında hem sözlü hem de uygulamalı bilgilendirme yapılmıştır.

İlk aşamada sporcuların antropometrik ölçümleri alınmıştır. Ardından katılımcılar bisiklet üzerinde herhangi bir direnç uygulanmadan 10 dakikalık hafif tempolu bir ısınma gerçekleştirmiştir. Isınma sonrasında sırasıyla otur-eriş esneklik testi, ardından bacak ve sırt kuvveti testleri uygulanmıştır. Her bir test iki kez yapılmış ve en yüksek değerler değerlendirmeye alınmıştır. Bu denemeler arasında iki dakika dinlenme süresi tanınmıştır. Esneklik ve kuvvet testlerini takiben, Y-Balance Testi gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar her yönde iki tekrar yapmış ve en yüksek değer kaydedilmiştir. Y-Balance Testi uygulamasından sonra FMS protokolüne geçilmiştir. FMS testleri yönergelere uygun şekilde uygulanarak her bir hareket paterni gözlemlenmiş ve puanlanmıştır. Sonrasında Nordic Hamstring Testi (NHT) uygulanmıştır. Bu testte sporcular üç tekrardan oluşan bir set yapmış, denemeler arasında iki dakikalık dinlenme süresi verilmiştir. Her iki denemeden en yüksek kuvvet değeri analizlerde kullanılmıştır.

Ölçümlerin son bölümünde ise akıllı güç ölçer (smart trainer) aracılığıyla aerobik güç testi uygulanmıştır. Testin başlangıcında katılımcılara kilogramları başına 1 W direnç tanınmıştır (örneğin 60 kg bir sporcu 60 W dirençle teste başlamıştır). Bu direnç kadınlarda 20 W/dk erkeklerde ise 30 W/dk olacak şekilde arttırımlı olarak uygulanmış ve sporcu tükenene kadar devam etmiştir. Test boyunca sporcuların kalp atım hızı, ortalama güç ve sağ ve sol pedala uyguladıkları kuvvet birer dakikalık aralıklarla kaydedilmiştir. Aerobik güç testinin sona ermesinden iki dakika sonra, sporcunun yorgunluk sonrası bilateral kas kuvvetini değerlendirmek amacıyla bir tekrar NHT testi uygulanmıştır.

3.6. Verilerin Analizi

Verilerin normal dağılıma uygunluğunu test edilmesi için basıklık ve çarpıklık (± 2) değerlerine (George ve Mallery, 2016) ve shapiro wilk testi sonucuna bakılmıştır.

Çalışmadan elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Normal dağılım sergileyen veriler için eşleştirilmiş örneklem testi (paired sample testi), pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Normal dağılım sergilemeyen veriler için Wilcoxon, Friedman, Mann Whitney U testi, spearman korelasyon testi uygulanmıştır.

3.6.1. Korelasyon analizi değerleri

Korelasyon katsayılarının değerlendirilmesinde aşağıdaki sınıflandırma kullanılmıştır:

- 0,00-0,19 arasında ilişki yok ya da önemsenmeyecek düzeyde düşük ilişki,
- 0,20-0,39 arasında zayıf (düşük düzeyde) ilişki,
- 0,40-0,69 orta düzeyde ilişki,
- 0,70-0,89 arası kuvvetli (yüksek düzeyde) ilişki,
- 0,90-1,00 arasında çok kuvvetli düzeyde (Alpar, 2022).

3.6.2. Etki büyüklüğü değerleri

Etki büyüklüğünün değerlendirmesinde aşağıdaki aralıklar referans alınmıştır:

- 0,2-0,5 Küçük etki,
- 0,5-0,8 Orta etki,
- $\geq 0,8$ Büyük etki (Cohen, 1988)

3.7. Etik ile ilgili hususlar

Bu araştırma Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 15.04.2025 tarihinde onaylanmıştır (21.04.2025-242744, EK-1).

4. BULGULAR

Bu bölümde araştırma grubuna ait normallik testleri, tanımlayıcı istatistikler, kuvvet ölçümleri, esneklik ölçümleri, denge ölçümleri ve aerobik güç ölçümleri karşılaştırmaları ve korelasyon analizi tabloları verilmiştir.

Tablo 4.1. Erkek sporcuların antropometrik özellikleri

	n	X	SS	Min.	Maks.
Yaş (yıl)		15,0	1,0	12,7	18
Boy Uzunluğu (cm)		169,8	7,1	154	179,6
Vücut Ağırlığı (kg)	26	56,6	9,2	42,8	75,1
Vücut Yağ Yüzdesi (%)		15,3	3,9	9,4	26,4
Bacak boyu (cm)		91,9	5,3	79,0	101

X=Ortalama, SS=Standart Sapma

Erkek sporcuların yaş ortalaması $15,0 \pm 1,0$ yıl, boy uzunluğu $169,8 \pm 7,1$ cm, vücut ağırlığı $56,6 \pm 9,2$ kg, vücut yağ yüzdesi $15,3 \pm 3,9$, bacak boyu $91,9 \pm 5,3$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.2. Erkek sporcuların kuvvet ve esneklik değerleri

	n	X	SS	Min.	Maks.
Bacak Kuvveti (kg)	26	101,5	24,3	60	154
Sırt Kuvveti (kg)		96,3	24,1	54	159
Esneklik (cm)	26	37,9	7,3	20,4	54,0

X=Ortalama, SS=Standart Sapma

Sporcuların bacak kuvveti ortalaması $101,5 \pm 24,3$ kg, sırt kuvveti $96,3 \pm 24,1$ kg ve esneklik değeri $37,9 \pm 7,3$ cm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.3. Kadın sporcuların antropometrik özellikleri

	n	Ortanca	%25	%75	%100
Yaş (yıl)		15,2	14,6	15,7	17,7
Boy Uzunluğu (cm)		160,3	157,6	163,3	173
Vücut Ağırlığı (kg)	11	56,1	52,8	60,3	65,6
Vücut Yağ Yüzdesi (%)		26,1	24,8	29,6	33,5
Bacak boyu (cm)		90	87	91	100

Kadın sporcuların yaş ortancası 15,2 yıl, boy uzunluğu 160,3 cm, vücut ağırlığı 56,1 kg, vücut yağ yüzdesi 26,1%, bacak boyu 90,0 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.4. Kadın sporcuların kuvvet ve esneklik değerleri

	n	Ortanca	%25	%75	%100
Bacak Kuvveti (kg)	11	80,0	60,0	80,0	90,0
Sırt Kuvveti (kg)		70,0	60	80,0	90,0
Esneklik (cm)	11	40,3	38,0	43,7	47,5

Kadın sporcuların bacak kuvveti ortancası 80,0 kg, sırt kuvveti 70,0 kg ve esneklik değeri 40,3 cm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.5. Erkek sporcuların NHT değerleri

		n	X	SS	Min.	Maks.
NHT test öncesi maksimum fark (kg)	L (sol)	26	201	35	130	279
	R (sağ)		204	37	128	286
NHT3 aerobik güç testi sonrası (kg)	L (sol)		207	33	153	276
	R (sağ)		214	33	153	292

L=sol, R=sağ

Erkek sporcuların NHT test öncesi maksimum fark L ortalaması 201±35 kg, R ortalaması 204±37 kg, NHT3 aerobik güç testi sonrası L ortalaması 207±33 kg, R ortalaması 214±33 kg olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.6. Kadın sporcuların NHT değerleri

		n	Ortanca	%25	%75	%100
NHT test öncesi maksimum fark (kg)	L (sol)	11	162	130	181	217
	R (sağ)		178	154	195	210
NHT3 aerobik güç testi sonrası (kg)	L (sol)		175	157	178	208
	R (sağ)		184	170	193	214

Kadın sporcuların NHT test öncesi maksimum fark L ortancası 162 kg, R ortalaması 178 kg, NHT3 aerobik güç testi sonrası L 175 kg, R 184 kg olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.7. Erkek sporcuların aerobik güç ve kalp atım hızı değerleri

	n	X	SS	Min	Maks
Güç (watt)	26	284	48	196	425
Kalp Atım Hızı (atım/dk)		193	8	176	213

Erkek sporcuların maksimum aerobik güç ortalaması 284±48 watt ve ortalama kalp atım hızı 193±8 atım/dk olarak bulgulanmıştır.

Tablo 4.8. Kadın sporcuların aerobik güç ve kalp atım hızı değerleri

	n	Ortanca	%25	%75	%100
Güç (watt)	11	186	165	214	253
Kalp Atım Hızı (atım/dk)		188	174	200	202

Kadın sporcuların maksimum aerobik güç ortancası 186 watt, kalp atım hızı ortancası 188 atım/dk olarak bulgulanmıştır.

Tablo 4.9. Erkek sporcuların FMS, NHT fark, Y-Balance testi değerleri

	n	X	SS	Min.	Maks.
FMS FS	26	16,0	2,4	11	21
NHT test öncesi maks fark (%)		8,9	5,1	1,2	19,0
NHT3 aerobik güç testi sonrası fark (%)		6,8	6,3	0,0	24,8
Sağ ANT Reach (cm)		81,3	9,5	61,4	97,8
Sağ Posterolateral (cm)		114,5	8,8	95,9	129,7
Sağ Posteromedial (cm)		110,2	14,2	88,1	134,2
Sol ANT Reach (cm)		81,7	11,3	54,5	94,9
Sol Posterolateral (cm)		114,7	12,4	84,5	143,0
Sol Posteromedial (cm)		111,9	14,8	73,2	130,4
Sağ Bütün (cm)		108,5	10,7	89,5	125,2
Sol Bütün (cm)		109,3	12,7	77,9	130,6

FS=Final Score, ANT=Anterior

Sporcuların FMS FS ortalaması $16,0 \pm 2,4$ puan, NHT test öncesi maks fark $\%8,9 \pm 6,8$, NHT3 aerobik güç testi sonrası fark $\%6,8 \pm 6,3$ sağ bütün Y-Balance $108,5 \pm 10,7$ cm, sol bütün Y-Balance $109,3 \pm 12,7$ cm olarak bulgulanmıştır.

Tablo 4.10. Erkekler aerobik güç testi zamana bağlı çeyreklikler R-L denge farkı

	n	Ortanca	%25	%75	%100
Başlangıç	26	4	2	6	16
%20 RLfark		4	2	6	16
%40 RLfark		4	2	5	14
%60 RLfark		2	1	4	15
%80 RLfark		2	1	4	13
%100 RLfark		2	0	4	6

Erkek sporcuların test başlangıç aşaması, %20 ve %40 dilimliğindeki sağ ve sol bacak denge farkı ortancası %4, testin %60,80,100 aşaması denge farkı ortancası %2 olarak bulgulanmıştır. Sporcuların maksimum sağ ve sol bacak denge farkı %16'dır.

Tablo 4.11. Kadın sporcuların FMS, NHT fark, çeyreklikler sağ sol bacak farkı, Y-Balance testi değerleri

	n	Ortanca	%25	%75	%100
FMS FS	11	15	14	16	17
NHT test öncesi maks fark (%)		7,7	6	13,4	33,2
NHT3 aerobik güç testi sonrası fark (%)		6,8	3,1	10,4	19,1
Başlangıç		2	2	4	14
%20 RLfark		3	2	6	10
%40 RLfark		4	2	6	7
%60 RLfark		1	0	4	7
%80 RLfark		3	2	4	6
%100 RLfark		2	2	4	6
Sağ ANT Reach (cm)		84,4	79,3	87,4	92
Sağ Posterolateral (cm)		112,5	107	118,9	126,4
Sağ Posteromedial (cm)		112,6	110	119,6	135,6
Sol ANT Reach (cm)		82,2	78,9	86,2	88,6
Sol Posterolateral (cm)		111,9	107	118,4	125,3
Sol Posteromedial (cm)		112	104,5	113	120
Sağ Bütün (cm)		110,7	106,4	113,3	122,5
Sol Bütün (cm)		108,6	104,8	112,7	115,2

Sporcuların ortanca FMS FS 15 puan, NHT test öncesi maks fark 7,7%, NHT3 aerobik güç testi sonrası fark 5,8%, sağ bütün Y-Balance 110,7 cm, sol bütün Y-Balance 108,6 cm olarak bulgulanmıştır.

Tablo 4.12. Bütün sporcuların FMS, NHT fark, çeyreklikler sağ sol bacak farkı, Y-Balance testi değerleri

	n	Ortanca	%25	%75	%100
FMS FS	37	16	14	17	21
NHT test öncesi maks fark (%)		8	5,2	13,2	33,2
NHT3 aerobik güç testi sonrası fark (%)		5,9	2,2	9,7	24,8
Başlangıç		4	2	6	16
%20 RLfark		4	2	6	16
%40_RLfark		4	2	5,5	14
%60_RLfark		2	1	4	15
%80_RLfark		2	1	4	13
%100_RLfark		2	0	4	6
Sağ ANT Reach (cm)		82,4	75,8	88,1	97,8
Sağ Posterolateral (cm)		115,2	108,3	120,8	129,7
Sağ Posteromedial (cm)		112,5	101,7	121,6	135,6
Sol ANT Reach (cm)		82,2	77,4	89,5	94,9
Sol Posterolateral (cm)		115,6	107,4	122,3	143
Sol Posteromedial (cm)		112,6	105,5	119,8	130,4
Sağ Bütün (cm)		110,4	102,2	116,4	125,2
Sol Bütün (cm)		109,6	104	115,8	130,6

Çalışmaya katılan bütün sporcuların ortalanca FMS FS 16 puan, NHT test öncesi maks fark %18, NHT3 aerobik güç testi sonrası fark %5,9, sağ bütün Y-Balance 110,4 cm, sol bütün Y-Balance 109,6 cm olarak bulgulanmıştır.

Tablo 4.13. Cinsiyete göre sporcuların FMS Score karşılaştırması

Grup	n	X	SS	t	df	p	EB
Erkek	26	16,0	2,4	1,378	35	0,18	0,56
Kadın	11	14,9	1,4				

Sporcuların cinsiyete göre final FMS Score puanları arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 4.14. Erkek sporcuların aerobik güç testi zamana bağlı sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması

	n	Sıra Ortalaması	Ki-kare	df	p	EB
Başlangıç	26	4,65	36,650	5	0,00*	0,02
%20		4,17				
%40		3,87				
%60		3,12				
%80		2,79				
%100		2,40				

Erkek sporcuların aerobik güç testi sağ ve sol bacak denge farkları arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

Tablo 4.15. Erkek sporcuların aerobik güç testi zamana bağlı sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması

		n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	Z	p	EB
%20-Başlangıç	Negatif Sıra	12 ^a	8,6	103,5	-1,295	0,20	-0,25
	Pozitif Sıra	5 ^b	9,9	49,5			
	Eşit	9 ^c					
%40-Başlangıç	Negatif Sıra	14 ^d	10,9	152,0	-1,801	0,07	-0,35
	Pozitif Sıra	6 ^e	9,7	58,0			
	Eşit	6 ^f					
%60-Başlangıç	Negatif Sıra	17 ^g	12,2	207,0	-2,633	0,01*	-0,52
	Pozitif Sıra	5 ^h	9,2	46,0			
	Eşit	4 ⁱ					
%80-Başlangıç	Negatif Sıra	18 ^j	10,9	197,0	-3,468	0,00*	-0,68
	Pozitif Sıra	2 ^k	6,5	13,0			
	Eşit	6 ^l					
%100-Başlangıç	Negatif Sıra	20 ^m	12,5	250,5	-3,472	0,00*	-0,68
	Pozitif Sıra	3 ⁿ	8,5	25,5			
	Eşit	3 ^o					
%40-%20	Negatif Sıra	13 ^p	10,9	142,0	-0,932	0,35	-0,18
	Pozitif Sıra	8 ^q	11,1	89,0			
	Eşit	5 ^r					
%60-%20	Negatif Sıra	14 ^s	10,0	140,5	-2,417	0,02*	-0,47
	Pozitif Sıra	4 ^t	7,6	30,5			
	Eşit	8 ^u					
%80-%20	Negatif Sıra	15 ^v	12,1	182,0	-2,901	0,00*	-0,57
	Pozitif Sıra	5 ^w	5,6	28,0			
	Eşit	6 ^x					
%100-%20	Negatif Sıra	21 ^y	13,7	287	-3,382	0,00*	-0,66
	Pozitif Sıra	4 ^z	9,5	38			
	Eşit	1 ^{aa}					
%60-%40	Negatif Sıra	16 ^{ab}	13,8	220,5	-2,049	0,04*	-0,40
	Pozitif Sıra	8 ^{ac}	9,9	79,5			
	Eşit	2 ^{ad}					
%80-%40	Negatif Sıra	14 ^{ae}	10,4	145,5	-2,055	0,04*	-0,40
	Pozitif Sıra	5 ^{af}	8,9	44,5			
	Eşit	7 ^{ag}					
%100-%40	Negatif Sıra	18 ^{ah}	10,8	194	-2,758	0,01*	-0,54
	Pozitif Sıra	3 ^{ai}	12,3	37			
	Eşit	5 ^{aj}					
%80-%60	Negatif Sıra	12 ^{ak}	10,3	123,0	-0,685	0,49	-0,13
	Pozitif Sıra	8 ^{al}	10,9	87,0			
	Eşit	6 ^{am}					
100-%60	Negatif Sıra	13 ^{an}	11,3	147,0	-1,578	0,12	-0,31
	Pozitif Sıra	7 ^{ao}	9,0	63,0			
	Eşit	6 ^{ap}					
%100-%80	Negatif Sıra	10 ^{aq}	12,4	124,0	-1,689	0,09	-0,33
	Pozitif Sıra	8 ^{ar}	5,9	47,0			
	Eşit	8 ^{as}					

Erkek sporcuların %60, 80 ve %100 ile başlangıç aşaması, %60, %80 ve %100 ile %20 arasında, %60, %80 ve %100 ile %40 arasında sağ sol bacak denge değerleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

Tablo 4.16. Kadın sporcuların aerobik güç testi zamana bağlı sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması

	n	Sıra Ortalaması	Ki-kare	df	p	EB
Başlangıç	11	3,77	5,712	5	0,34	0,01
%20		4,14				
%40		3,95				
%60		2,64				
%80		3,27				
%100		3,23				

Kadın sporcuların aerobik güç testi sağ ve sol bacak denge farkları arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 4.17. Kadın sporcuların aerobik güç testi zamana bağlı sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması

		n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	Z	p	EB
%20-Başlangıç	Negatif Sıra	3 ^a	4,3	13,0	-0,171	0,86	-0,05
	Pozitif Sıra	4 ^b	3,8	15,0			
	Eşit	4 ^c					
%40-Başlangıç	Negatif Sıra	3 ^d	3,3	10,0	-0,106	0,92	-0,03
	Pozitif Sıra	3 ^e	3,7	11,01			
	Eşit	5 ^f					
%60-Başlangıç	Negatif Sıra	6 ^g	6,5	39,0	-1,179	0,24	-0,36
	Pozitif Sıra	4 ^h	4,0	16,0			
	Eşit	1 ⁱ					
%80-Başlangıç	Negatif Sıra	5 ^j	4,7	23,5	-0,772	0,44	-0,23
	Pozitif Sıra	3 ^k	4,2	12,5			
	Eşit	3 ^l					
%100-Başlangıç	Negatif Sıra	5 ^m	3,8	19,0	-0,850	0,40	-0,26
	Pozitif Sıra	2 ⁿ	4,5	9,0			
	Eşit	4 ^o					
%40-%20	Negatif Sıra	5 ^p	5,0	25,0	-0,303	0,76	-0,09
	Pozitif Sıra	4 ^q	5,0	25,0			
	Eşit	2 ^r					
%60-%20	Negatif Sıra	8 ^s	5,1	40,5	-1,337	0,18	-0,40
	Pozitif Sıra	2 ^t	7,3	14,5			
	Eşit	1 ^u					
%80-%20	Negatif Sıra	6 ^v	6,5	39,0	-1,177	0,24	-0,35
	Pozitif Sıra	4 ^w	4,0	16,0			
	Eşit	1 ^x					
%100-%20	Negatif Sıra	7 ^y	5,8	40,5	-1,330	0,183	-0,40
	Pozitif Sıra	3 ^z	4,8	14,5			
	Eşit	1 ^{aa}					
%60-%40	Negatif Sıra	7 ^{ab}	5,4	38,0	-1,849	0,06	-0,56
	Pozitif Sıra	2 ^{ac}	3,5	7,0			
	Eşit	2 ^{ad}					
%80-%40	Negatif Sıra	6 ^{ae}	5,6	33,5	-1,310	0,19	-0,39
	Pozitif Sıra	3 ^{af}	3,8	11,5			
	Eşit	2 ^{ag}					
%100-%40	Negatif Sıra	5 ^{ah}	4,1	20,5	-1,103	0,27	-0,33
	Pozitif Sıra	2 ^{ij}	3,8	7,5			
	Eşit	4 ^{aj}					
%80-%60	Negatif Sıra	3 ^{ak}	3,8	11,5	-0,924	0,36	-0,28
	Pozitif Sıra	5 ^{al}	4,9	24,5			
	Eşit	3 ^{am}					
100-%60	Negatif Sıra	3 ^{an}	7,3	22,0	-0,565	0,57	-0,17
	Pozitif Sıra	7 ^{ao}	4,7	33,0			
	Eşit	1 ^{ap}					
%100-%80	Negatif Sıra	4 ^{aq}	4,8	19,0	-0,142	0,89	-0,04
	Pozitif Sıra	4 ^{ar}	4,3	17,0			
	Eşit	3 ^{as}					

Kadın sporcuların aerobik güç testinde sağ ve sol bacak denge değerleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 4.18. Cinsiyete göre aerobik güç testi zamana sağ sol bacak denge farkları karşılaştırması

	Grup	n	Ortalama Sıra	Toplam Sıra	U	Z	p	EB
Başlangıç	Erkek	26	20,2	525	112	-1,060	0,29	-0,17
	Kadın	11	12,6	178				
%20	Erkek	26	19,2	500	137	-0,202	0,84	-0,03
	Kadın	11	18,5	203				
%40	Erkek	26	18,7	486	135	-0,271	0,79	-0,04
	Kadın	11	19,7	217				
%60	Erkek	26	20,0	519,5	117,5	-0,865	0,39	-0,14
	Kadın	11	16,7	183,5				
%80	Erkek	26	18,1	471,5	120,5	-0,765	0,44	-0,13
	Kadın	11	21,1	231,5				
%100	Erkek	26	18,4	477	126	-0,594	0,55	-0,10
	Kadın	11	20,6	226				

Çalışmaya katılan sporcuların aerobik güç testi sağ ve sol bacak denge değerleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 4.19. Erkek sporcuların aerobik güç testi öncesi NHT test öncesi maks fark ile NHT3 aerobik güç testi sonrası sağ ve sol bacak kuvvetlerinin karşılaştırılması

	X	SS	t	df	p	EB
NHT test öncesi maks fark – NHT3 aerobik güç testi sonrası fark L (N)	201	35	-1,312	25	0,20	-0,26
NHT test öncesi maks fark – NHT3 aerobik güç testi sonrası fark R (N)	204	37	-2,794	25	0,01	-0,55

Erkek sporcuların aerobik güç testi sol bacak kuvveti NHT test öncesi maksimum fark kuvveti ile test sonrası kuvveti arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Fakat sağ taraf kuvvet değerleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

Tablo 4.20. Erkek sporcuların aerobik güç testi öncesi ve sonrası uygulanan NHT testi sağ sol bacak kuvvetlerinin karşılaştırması

	X	SS	t	df	p	EB
NHT test öncesi maks fark – NHT3 aerobik güç testi sonrası fark	8,8	5,1	1,556	25	0,13	0,31

Erkek sporcuların NHT test öncesi maks fark ile NHT3 aerobik güç testi sonrası sağ ve sol bacak denge değerleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 4.21. Kadın sporcuların aerobik güç testi öncesi ve sonrası uygulanan NHT testi sağ sol bacak kuvvetlerinin karşılaştırması

	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	Z	p	EB
NHT test öncesi maks fark – NHT3 test sonrası fark	Negatif Sıra	3 ^a	4,33	-1,778	0,08	-0,61
	Pozitif Sıra	8 ^b	6,63			
	Eşit	0 ^c				
NHT test öncesi maks fark – NHT3 test sonrası fark	Negatif Sıra	3 ^a	5,67	-1,423	0,18	-0,49
	Pozitif Sıra	8 ^b	6,13			
	Eşit	0 ^c				

Kadın sporcuların aerobik güç testi sol ve sağ bacak bacak kuvveti NHT test öncesi maksimum fark kuvveti ile test sonrası kuvveti arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 4.22. Kadın sporcuların aerobik güç testi öncesi NHT maks denge farkı ile aerobik güç testi sonrası NHT3 farkı karşılaştırması

		n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	Z	p	EB
NHT test öncesi maks fark – NHT3 aerobik güç test sonrası fark	Negatif Sıra	9 ^a	6,7	60,0	-2,402	0,02	-0,72
	Pozitif Sıra	2 ^b	3,0	6,0			
	Eşit	0 ^c					

Kadın sporcuların NHT test öncesi maks fark ile NHT3 aerobik güç testi test sonrası sağ ve sol bacak denge değerleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

Tablo 4.23. Bütün sporcuların aerobik güç testi öncesi NHT maks denge farklı ile aerobik güç testi sonrası NHT3 farkı karşılaştırması

	n	X	SS	t	df	p	EB
NHT test öncesi maks fark – NHT3 aerobik güç testi sonrası fark L (N)	37	188 196	38 34	-2,090	36	0,04	-0,34
NHT test öncesi maks fark – NHT3 aerobik güç testi sonrası fark R (N)	37	196 205	36 33	-3,094	36	0,00	-0,51

Bütün sporcuların aerobik güç testi sol ve sağ bacak bacak kuvveti NHT test öncesi maksimum fark kuvveti ile aerobik güç testi sonrası kuvveti arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

Tablo 4.24. Cinsiyete göre NHT maks fark ve NHT3 karşılaştırması

	Grup	n	Ortalama Sıra	Toplam Sıra	U	Z	p	EB
NHT test öncesi maks fark	Erkek	26	18,6	482,5	131,5	-0,382	0,70	-0,06
	Kadın	11	20,0	220,5				
NHT3 aerobik güç testi sonrası fark	Erkek	26	18,5	481	130	-0,432	0,67	-0,07
	Kadın	11	20,2	222				

Cinsiyete göre çalışmaya katılan sporcuların NHT test öncesi maks fark ile NHT3 aerobik güç testi sonrası sağ ve sol bacak denge değerleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 4.25. Cinsiyete göre Y-Balance sağ ve sol toplam değerler ortalaması karşılaştırması

	Grup	n	X	SS	t	df	p	EB
Sağ Bütün	Erkek	26	108,5	10,7	-0,691	35	0,39	0,28
	Kadın	11	110,9	5,8				
Sol Bütün	Erkek	26	109,3	12,7	0,248	35	0,74	0,12
	Kadın	11	108,3	4,9				

Cinsiyete göre çalışmaya katılan sporcuların Y-Balance sağ ve sol bütün değerleri arasında anlamlı farklılık bulgulanmamıştır.

Tablo 4.26. Erkek sporcuların FMS, Y-Balance ve NHT testleri korelasyon tablosu

		FMS_FS	Sağ Ant Reach	Sağ Posterolateral	Sağ Posteromedial	Sol Ant Reach	Sol Posterolateral	Sol Posteromedial	Sağ Bütün	Sol Bütün	NHT önce maks	NHT3 Fark
FMS FS	r	1										
	p											
Sağ Ant Reach	r	0,14	1									
	p	0,51										
Sağ Posterolateral	r	0,17	0,75	1								
	p	0,41	0,00*									
Sağ Posteromedial	r	0,26	0,733	0,8	1							
	p	0,20	0,00*	0,00*								
Sol Ant Reach	r	0,10	0,87	0,68	0,63	1						
	p	0,62	0,00*	0,00*	0,00*							
Sol Posterolateral	r	0,12	0,73	0,75	0,75	0,74	1					
	p	0,55	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*						
Sol Posteromedial	r	0,08	0,74	0,74	0,72	0,79	0,84	1				
	p	0,70	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*					
Sağ Bütün	r	0,21	0,88	0,94	0,96	0,77	0,80	0,79	1			
	p	0,29	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*				
Sol Bütün	r	0,11	0,83	0,78	0,76	0,90	0,93	0,95	0,85	1		
	p	0,60	0,000	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*			
NHT test öncesi maks fark	r	-0,15	-0,44	-0,02	-0,22	-0,29	-0,10	-0,18	-0,24	-0,20	1	
	p	0,48	0,03*	0,91	0,28	0,15	0,64	0,38	0,23	0,32		
NHT3 aerobik güç testi sonrası fark	r	-0,33	-0,32	-0,27	-0,44	-0,26	-0,26	-0,27	-0,39	-0,28	0,35	1
	p	0,10	0,11	0,19	0,02*	0,21	0,21	0,19	0,05	0,17	0,08	

Erkek sporcuların sağ posterolateral ile sağ anterior reach, sağ posteromedial ile sağ anterior reach ve sağ posteromedial arasında, sol ant reach ile sağ anterior reach, sağ posteromedial ve sağ posterolateral arasında, sol posterolateral ile sağ anterior reach, sağ posteromedial, sağ posterolateral ve sol anterior reach arasında, sol posteromedial ile sağ anterior reach, sağ posteromedial, sağ posterolateral, sol anterior reach ve posterolateral arasında ($r=0,63-0,96$) ilişki bulunmuştur. NHT test öncesi maks fark ile sağ anterior reach ($r=-0,44$) arasında, NHT3 aerobik güç testi sonrası fark ile sağ posteromedial arasında negatif yönde orta düzeye ($r=-0,44$) korelasyon bulunmuştur.

Tablo 4.27. Kadın sporcuların FMS, Y-Balance ve NHT testleri korelasyon tablosu

	FMS_FS	Sağ Ant Reach	Sağ Posterolateral	Sağ Posteromedial	Sol Ant Reach	Sol Posterolateral	Sol Posteromedial	Sağ Bütün	Sol Bütün	NHT önce maks	NHT3 Fark
FMS_FS	rho 1										
	p .										
Sağ Ant Reach	rho 0,23	1									
	p 0,50	.									
Sağ Posterolateral	rho 0,21	0,46	1								
	p 0,53	0,16	.								
Sağ Posteromedial	rho 0,51	-0,06	0,31	1							
	p 0,11	0,85	0,36	.							
Sol Ant Reach	rho 0,01	0,46	0,52	-0,14	1						
	p 0,97	0,15	0,10	0,69	.						
Sol Posterolateral	rho 0,48	-0,06	0,50	0,68	0,22	1					
	p 0,14	0,87	0,12	0,02*	0,51	.					
Sol Posteromedial	rho 0,30	-0,30	0,37	0,82	-0,08	0,64	1				
	p 0,38	0,38	0,26	0,00*	0,83	0,04*	.				
Sağ Bütün	rho 0,49	0,61	0,84	0,59	0,36	0,56	0,43	1			
	p 0,13	0,05*	0,00*	0,06	0,27	0,07	0,18	.			
Sol Bütün	rho 0,43	0,02	0,67	0,67	0,42	0,90	0,77	0,68	1		
	p 0,18	0,96	0,03*	0,02*	0,19	0,00*	0,01*	0,02*	.		
NHT test öncesi maks fark	rho -0,47	0,11	-0,35	-0,26	-0,16	-0,65	-0,34	-0,27	-0,56	1	
	p 0,15	0,75	0,29	0,44	0,64	0,03*	0,31	0,42	0,08	.	
NHT3 aerobik güç testi sonrası fark	rho -0,25	-0,26	-0,29	-0,22	-0,19	-0,39	-0,14	-0,33	-0,29	,78	1,000
	p 0,45	0,45	0,39	0,52	0,57	0,24	0,68	0,33	0,39	,00*	.

Kadın sporcuların sol posterolateral ile sağ posteromedial arasında, sol posteromedial ile sağ posteromedial ve sol posterolateral, sağ bütün ile sağ anterior reach ve sağ posterolateral, sol bütün ile sağ posteromedial, sol posterolateral, sol posteromedial ve sağ bütün arasında, NHT test öncesi maks fark ile sol posterolateral arasında, NHT3 aerobik güç testi sonrası fark ile NHT test öncesi maks fark arasında orta, yüksek ve çok yüksek düzeyde korelasyon ($r=0,61-0,90$) bulunmuştur.

Tablo 4.28. Erkek sporcuların bacak kuvveti ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri korelasyon tablosu

	Bacak Kuvveti	FMS FS	Sağ Ant Reach	Sağ Posterolateral	Sağ Posteromedial	Sol Ant Reach	Sol Posterolateral	Sol Posteromedial	Sağ Bütün	Sol Bütün	NHT önce maks	NHT3 Fark
Bacak Kuvveti	r 1	0,10	-0,19	-0,34	-0,10	-0,12	-0,17	-,16	-,21	-,16	,05	,04
	p 0,62	0,35	0,09	0,64	0,57	0,40	,43	,32	,42	,81	,85	

Sporcuların bacak kuvveti ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri arasında korelasyon tespit edilmemiştir.

Tablo 4.29. Kadın sporcuların bacak kuvveti ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri korelasyon tablosu

		Bacak Kuvveti	FMS FS	Sağ Ant Reach	Sağ Posterolateral	Sağ Posteromedial	Sol Ant Reach	Sol Posterolateral	Sol Posteromedial	Sağ Bütün	Sol Bütün	NHT önce maks	NHT3 Fark
Bacak Kuvveti	rho	1	0,54	-0,32	0,03	0,20	-0,15	0,36	0,21	0,02	0,25	-0,86	-0,60
	p	.	0,09	0,34	0,93	0,56	0,67	0,28	0,54	0,94	0,47	0,00*	0,05

Kadın sporcuların bacak kuvveti NHT test öncesi maks değerleri arasında negatif yönde çok yüksek düzeyde korelasyon tespit edilmiştir.

Tablo 4.30. Erkek sporcuların esneklik ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri korelasyon tablosu

		Esneklik	FMS FS	Sağ Ant Reach	Sağ Posterolateral	Sağ Posteromedial	Sol Ant Reach	Sol Posterolateral	Sol Posteromedial	Sağ Bütün	Sol Bütün	NHT önce maks	NHT3 Fark
Esneklik	rho	1	0,39	-0,19	0,03	0,16	-0,21	0,06	0,11	0,00	0,00	0,27	-0,02
	p	.	0,05	0,36	0,94	0,44	0,30	0,76	0,59	1	1	0,19	0,92

Erkek sporcuların esneklik değeri ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri arasında korelasyon tespit edilmemiştir.

Tablo 4.31. Kadın sporcuların esneklik ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri korelasyon tablosu

		Esneklik	FMS FS	Sağ Ant Reach	Sağ Posterolateral	Sağ Posteromedial	Sol Ant Reach	Sol Posterolateral	Sol Posteromedial	Sağ Bütün	Sol Bütün	NHT önce maks	NHT3 Fark
Esneklik	rho	1	0,01	-0,17	-0,52	0,14	-0,45	-0,46	-0,09	-0,17	-0,48	0,48	0,35
	p	.	0,99	0,61	0,10	0,69	0,17	0,15	0,80	0,61	0,13	0,13	0,30

Kadın sporcuların esneklik değeri ile FMS FS, NHT ve Y-Balance değerleri arasında korelasyon tespit edilmemiştir.

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma

Bu araştırmada antrenmanlı genç bisiklet sporcuların diz fleksör kaslarının eksantrik kuvvet kapasitesini değerlendirmede kullanılan nordic hamstring testi, temel hareket yetilerinin değerlendirilmesinde kullanılan fonksiyonel hareket analizi testi ve akıllı güç ölçer bisiklet testiyle (smart trainer) uygulanan aerobik güç testinde yorgunluğa bağlı bilateral güç değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilen verilerle antrenman programlarının optimize edilmesi ve sporcu sağlığının korunması da çalışmanın amaçları arasındadır. Bu da mevcut çalışmanın önemini teşkil etmektedir.

5.1.1 Yorgunluğun bilateral güç değişimleri üzerine etkisine dair bulguların değerlendirilmesi

Hodges ve diğerleri (2011) barbell sırt çömelme egzersizinin yorgunluğa bağlı asimetrisini incelemiştir. Çalışmaya katılan bireylerin asimetri testi her setin ilk iki ve son setin son iki tekrarında ölçülmüştür. Katılımcıların asimetri değeri başlangıçta $4,3 \pm 2,5$ iken son sette $3,6 \pm 2,3$ olarak tespit edilmiştir. Çalışmada yorgunlukla birlikte asimetrinin azalabileceği bulunmuştur. Mevcut çalışmada bisiklet sporcularının yorgunluğa bağlı bilateral asimetrisinin azalması Hodges ve diğerlerinin (2011) yaptıkları çalışmada barbell sırt çömelme egzersizi sonrasında yorgunluğa bağlı asimetrisinin azalması bakımından benzerlik göstermektedir. Farklı bir çalışmada fiziksel olarak on aktif bireye submaksimal izometrik diz ekstansiyon kuvvetinin tek taraflı (unilateral) ve çift taraflı (bilateral) devam ettirilme süresi karşılaştırılmıştır. Çift taraflı çalışma süresi tek taraflıya göre anlamlı olarak daha kısa olduğu bulunmuştur (Matkowski, Place, Martin ve Lepers, 2011). Sedanter bireyler üzerinde yorgunluk öncesi baskın bacağın yorgunluğu ve baskın olmayan bacağın yorgunluğunda tek ve çift ayaklı dikey sıçrama testleri uygulanmıştır. Çalışmada yorgunluk öncesi durumda farklılık tespit edilmiştir. Çift bacakla dikey sıçrama yorgunluk öncesi ile baskın bacak arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Tek ayaklı dikey sıçramada ise baskın bacak ve baskın olmayan bacağın sıçrama yükseklikleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Marchetti ve Uchida, 2011). Buna karşın antrenmanlı genç bisiklet sporcularıyla yapılan mevcut çalışmada ise yorgunlukla birlikte bilateral asimetri değerinin anlamlı şekilde azaldığı bulunmuştur. Bu durum düzenli antrenmanlarla birlikte kazanılmış olan sinir kas koordinasyonu ve motor birim senkronizasyonu ile ilişkilendirilebilir. Alt ekstremitelerde

unilateral ve bilateral yorgunluğun postüral stabilite ve postüral ayarlamalar üzerine etkisini araştırmak amacıyla 14 genç erkek katılımcıya maksimum istemli kasılmanın %50'sinde 20 tekrarlı beş setten oluşan pedallama egzersizi yaptırılmıştır. Çalışma sonucunda merkezi sinir sisteminin vücut stabilitesini korumak amacıyla telafi edici kuvveti arttırdığı tespit edilmiştir. (Fan vd., 2024). Mevcut araştırma da artan iş yüküyle birlikte bilateral asimetrinin (kadın ve erkek sporcular) azalması Fan ve diğerlerinin (2024) merkezi sinir sisteminin vücut stabilitesini korumak amacıyla telafi edici kuvveti arttırması bakımından benzerlik göstermektedir. Bu sonuçlar yorgunluk arttıkça hemisferler arası nöral iletişimin artmasıyla ilişkilendirilebilir. Antolinez ve diğerleri (2025) üst ekstremité Wingate anaerobik güç (WANT) testinde cinsiyet ile yükün bilateral açık üzerinde etkisini incelemiştir. Çalışmada maksimal bisiklet testi sırasında bilateral defisit düzeyinin belirlenmesinde cinsiyet ve yükün önemli olduğu belirtilmiştir. John ve Valerie (2023) farklı egzersiz yoğunluklarının (%60, %70, %80, %90) pedal asimetrisi üzerindeki etkisini incelemiştir. Farklı egzersiz yoğunluklarında pedal asimetrisi için anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. McFall ve diğerleri (2022) sekiz elit zamana karşı sporcusuna karşı hareketli kuvvet sıçraması (CMJ), tek bacakla CMJ ve tek bacakla sıçrama testleri uygulamıştır. Sporcuların sıçrama testlerinde grup ortalamaları arasında anlamlı asimetri (mutlak asimetri: CMJ $5,4 \pm 3,6$; tek bacakla CMJ $10,0 \pm 5,4$; tek bacakla sıçrama $5,9 \pm 4,0$) tespit edilmemiştir. Fakat bütün sıçrama testlerinde bireysel düzeyde anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Mevcut araştırma McFall ve diğerlerinin (2022) sporcuların grup ortalamaları arasında anlamlı farklılık olmaması fakat bütün sıçramalarda bireysel olarak farklılık olması ve mevcut araştırma grup ortalamaları asimetrisi arasında anlamlı farklılık olmaması ve kadın sporcuların test öncesi ve sonra NHT testi sonuçlarının anlamlı olması bakımından benzerlik göstermektedir. Vial ve diğerleri (2023) futbolcularla yaptıkları çalışmada yorgunluk öncesi ve sonrası sprint koşusu ve dikey sıçrama sırasında alt ekstremitédeki kuvvet asimetrisini incelemişlerdir. Sporcuların sıçrama ve sprint testi ölçümleri sonucunda alt ekstremité asimetrisinde anlamlı artış tespit edilmemiştir. Bu bağlamda her iki çalışmada yorgunluğun alt ekstremité simetrisi üzerinde negatif bir etki göstermemesi bakımından birbirini destekler niteliktedir. Bu durum yorgunluk altında antrenmanlı sporcularda motor kontrolün korunabilmesiyle ilişkilendirilebilir.

Carpes ve diğerleri (2007) bisiklet sporcularının 40 km zamana karşı (TT) denemesinde krank torku ve egzersiz yoğunluğundaki artışın pedal asimetresinde

azalmaya neden olduğunu tespit etmiştir. Carpes ve diğerleri (2010) derleme çalışmasında bireylerin bisiklet kullanırken iki bacak arasında farklılıklar bulunduğunu ve bu durumun rekabet düzeyine, kadansa, egzersizin yoğunluğuna ve süresine göre değiştiğini belirtmişlerdir. Mevcut araştırmada maksimal aerobik güç testi öncesi maksimum NHT farkı ile test sonrası NHT asimetrisinin azalması, Carpes ve diğerlerinin (2007) 40 km TT sonucunda güç artışına bağlı asimetrinin azalması bakımından desteklemektedir.

5.1.2. Yorgunluğun nordic hamstring testi sonuçlarına etkisi

Magdalena ve diğerleri (2024) üniversite düzeyinde bireysel ve takım sporları yapan 22 rekreasyonel katılımcıda nordic hamstring egzersizlerinin (NHE), hamstring kaslarının akut yorgunluk kaynaklı değişimlerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda NHE sırasında algılanan zorluk derecesi (RPE) arttıkça ortalama kuvvetinin azaldığı tespit edilmiştir. Marshall ve diğerleri (2015) amatör futbol oyunlarının NHE'nin altı set ve beş tekrarlı uygulamasında hamstring yorgunluğu ve kas aktivasyonu tepkileri incelenmiştir. Çalışmanın ilk setinde katılımcıların maksimal eksantrik torkunda %7,9 ile %17,1 arasında azalma ($p<0,05$) tespit edilmiş ve bu azalma diğer setlerde artmıştır. Matthews ve diğerleri (2017) 45 dakikalık simüle edilmiş futbol aktivitesinin hamstring torkunda azalmaya sebep olduğunu tespit etmiştir. Fakat mevcut çalışmada yorgunluk öncesi ve sonrası uygulanan NHT sonuçlarında sporcuların yorgunluk sonucu uyguladığı kuvvet miktarı artmıştır. Bunun sebebi ise çalışmaya katılım sağlayan grupların sporcuların yaş, antrenman durumu, spor yaşına bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir.

Valdes ve diğerleri (2023) NHE ve eksantrik bisiklet antrenmanının (ECC) diz fleksörlerinin nöromüsküler fonksiyonlarına etkisinin karşılaştırıldığı çalışmada her iki antrenman yönteminde benzer nöromüsküler adaptasyonlar sağladığını tespit etmişlerdir. Bishop ve diğerleri (2022) futbolculara uyguladığı altı haftalık NHE egzersizlerinde sporcuların zirve gücündeki etki büyüklüğü -0,59 ile 0,40 ve asimetri büyüklüğündeki etki büyüklüğü -0,24 ile 0,35 arasında anlamlı değişiklik tespit edilmemiştir. Sporcuların haftalık olarak asimetri değişimleri %6,88 ile %9,21 arasında değişiklik göstermiştir. Mevcut araştırmada sporcular aerobik test öncesi ve aerobik testten sonra %0 ile %33,2 arasında değişiklik göstermiştir. Bishop ve diğerlerinin (2022) çalışmasında ise altı haftalık asimetri değişimleri %6,88 ile %9,21 arasında değişiklik olduğu tespit edilmiştir.

5.1.3. Bisiklet ve fonksiyonel hareket analizi (FMS) skorları

Rannama ve diğerleri (2017) 38 müsabık yol bisiklet sporcusuna (yaş ortalaması $19,2 \pm 2,3$ yıl, boy uzunluğu $181,7 \pm 6,6$ cm ve vücut ağırlığı $74,3 \pm 7,3$ kg) artırımı bisiklet testi ve FMS testi uygulamıştır. Çalışma sonucunda bisiklet branşına özgü postüral stabilitenin basınç merkezi salınım hızı olduğu ve bu parametrenin FMS testiyle ölçülen kas-iskelet durumu olduğu belirtilmiştir. Sağlıklı ve fiziksel olarak aktif bireylerde nöromüsküler yorgunluğun FMS testi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmaya 25 kişi (yaş $23,3 \pm 2,7$ yıl, boy uzunluğu $168,2 \pm 9,0$ cm ve vücut ağırlığı $72,2 \pm 15,5$ kg) katılmıştır. Çalışmaya katılan bireylerin yorgunluk öncesi toplam puanları ($45,1 \pm 5,4$) ile yorgunluk sonrası toplam puanları ($39,9 \pm 5,7$) anlamlı olarak düşmüş ve etki büyüklüğü 0,9 olarak tespit edilmiştir (Hanes, Schilling, Mulvenon ve Radzak, 2022). Farklı bir çalışmada Armstrong ve diğerleri (2018) dans aerobik fitness testiyle (DAFT) oluşturulan yorgunluğun FMS skorlarındaki değişimine, performans ve yaralanma riski açısından etkilerini incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada DAFT sonrası uygulanan FMS testi ortalama puanı ($15,393 \pm 1,86$) ve egzersiz öncesine ($16,83 \pm 1,83$) göre anlamlı olarak azalmıştır. Kavanagh ve diğerleri (2020) 97 okul öncesi çocuğun temel hareket becerisi (FMS) ile pedalsız denge bisikletindeki becerisinin birleştirip bir skor elde etmeyi amaçlamıştır. Çalışmada denge bisikletindeki performans ile temel hareket becerileri arasında anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Çalışma sonunda denge bisikleti becerisinin lokomotor nesne kontrolü ve stabilite becerisiyle birleştirilmesi genel FMS skorunu oluşturabileceği belirtilmiştir. Mevcut araştırma erkekler FMS FS puanlar ortalaması $16 \pm 2,4$ ve kadın sporcuların FMS ortanca değerinin 15 olması ile Armstrong ve diğerlerinin (2018) egzersiz öncesi uygulanan FMS testi ortalama puanı $16,83 \pm 1,83$ ve egzersiz sonrası $15,393 \pm 1,86$ olması bakımından benzerlik göstermektedir.

5.1.4. Yorgunluğun Y-Balance testi sonuçlarına etkisi

Zajac ve diğerleri (2022) 15-28 yaş aralığında 23 yol bisikleti sporcusu üzerinde yapmış olduğu çalışmada, sporcuların Y-Balance denge testi toplamı ortanca skoru sol taraf 97,9 cm ve sağ taraf 99,2 cm olarak tespit edilmiştir. Sporcular sağ ve sol bacak farkı ortancası 1,5 cm olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmaya katılan erkek sporcuların sağ bacak toplam ortalama skoru 108,5 cm, sol bacak toplam ortalama skoru 109,3 cm ve sağ ve sol bacak ortalama puanı farkı 0,8 cm olarak bulunmuştur. Kadın sporcuların sağ bacak toplam ortanca skoru 110,7 cm, sol bacak toplam ortanca skoru 108,6 cm ve sağ ve sol bacak ortanca puanı farkı 2,1 cm olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmada erkek

sporcuların toplam skor farkı Zajac ve diğerlerinin çalışmasındaki ortalama skor farkından daha az ve kadın sporcuların toplam skor farkı daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmalar arasındaki fark sporcuların antrenman yaşına ve denge antrenmanlarını uygulayıp uygulamama durumlarına bağlı olabilir.

Türkeri ve diğerleri (2020) Y-Balance testi güvenirlik çalışmasına (bireysel ve takım sporları olmak üzere dokuz farklı branşta) katılan sporcuların ikinci ölçüm sağ anterior uzunluğu toplamı $77,40 \pm 13,88$ cm, post-medial $110,15 \pm 19,28$ cm, post-lateral $109,32 \pm 19,46$ cm ve toplam skoru $108,68 \pm 19,04$ cm olarak bulunmuştur. Çalışmaya katılan sporcuların sol ayak anterior reach uzunluğu $78,14 \pm 14,97$ cm, post-medial $110,75 \pm 19,17$ cm, post-lateral $111,49 \pm 18,71$ cm ve toplam skoru $109,86 \pm 18,15$ cm olarak tespit edilmiştir. Mevcut çalışmaya katılan sporcuların sağ anterior uzunluğu ortancası 82,4 cm, post-medial 112,5 cm, post-lateral 115,2 cm ve toplam skoru 110,4 cm olarak bulunmuştur. Çalışmaya katılan sporcuların sol ayak anterior uzunluğu 82,2 cm, post-medial 112,6 cm, post-lateral 115,6 cm ve toplam skoru 109,6 cm olarak tespit edilmiştir. Mevcut araştırmaya katılan sporcuların sol ayak toplam değeri Türkeri ve diğerinin (2020) yapmış olduğu çalışmadan daha düşük olarak bulunmuştur. Fakat sağ toplam değeri mevcut çalışmada daha yüksek bulunmuştur. Bu farkın sporcuların yapmış olduğu branşın yapısına ve sporcuların yıllık antrenman periyodizasyonları içerisinde denge antrenmanları uygulayıp uygulamama durumlarına bağlı olabilir.

Koçak ve Ünver (2019) kadın futbolcuların FMS skor ortalamasını $16,6 \pm 1,6$ puan olarak bulmuştur. Sporcuların fonksiyonel hareket analizi ile Y-Balance sol taraf sonuçlarıyla pozitif yönde orta düzeyde ($\rho=0,512$; $p:0,011$) korelasyonlar tespit edilmiştir. Fakat mevcut araştırmada sporcuların FMS skorları aynı aralıkta olmasına rağmen FMS testiyle Y-Balance sol taraf arasında anlamlı korelasyon tespit edilmemiştir.

5.1.5. Yorgunluğun akıllı güç ölçer (smart trainer) ile elde edilen parametrelere etkisi

Rannama ve diğerlerinin (2015) sprint testinde kinetik asimetritlerin incelenmesi ve bu asimetritlerle maksimal gücün belirlenmesi konulu çalışmasına 16 (yaş $20,6 \pm 3,7$ yıl, boy uzunluğu $181,5 \pm 5$ cm ve vücut ağırlığı $74,8 \pm 7$ kg) yol bisikleti sporcusu katılmıştır. Sporculara uygulanan on saniyelik izokinetik maksimum güç testinde en yüksek asimetritler üst vücut kinematiğinde ve en simetrik değerler diz ekstansör kuvvetlerinde tespit edilmiştir. Keel ve Greer (2017) 12 bisiklet sporcusuna VO_{2maks} değerlerin %60'ında üç farklı (başlangıç denemesi, bilinçli kontrol denemesi ve görsel geri bildirim)

zamana karşı denemesi uygulanmıştır. Sporcuların birincil asimetri indeksi yüzdeleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Ancak görsel geri bildirim aşaması başlangıç aşaması (herhangi bir talimat alınmadan) asimetri değerinden anlamlı derece azaldığı bulgulanmıştır. Başlangıç aşaması asimetri indeksi $5 \pm 4,8$, bilinçli kontrol denemesi $4,3 \pm 4,4$ ve görsel geri bildirim denemesi $2,9 \pm 2,0$ olarak bulunmuştur. Mevcut araştırma başlangıç aşaması ile tamamlanma aşaması arasında sağ ve sol bacak denge farkının azalması, Keel ve Greer'in (2017) ilk aşamada sağ ve sol bacak denge farkının fazla olması ve bilinçli kontrol denemesi ve görsel geri bildirim aşamalarında düşmesi bakımından benzerlik göstermektedir.

5.2. Sonuç

Çalışmada öne çıkan bulgular:

- Kadın ve erkek sporcuların FMS skorların yaralanma riski sınırına yakın olduğu,
- NHT farkının yorgunluk arttıkça azaldığı,
- Kadın ve erkek sporcuların Y-balance testi ortalama skorlarının bir santimetreden az olduğu,
- Erkek sporcuların aerobik güç testinde zamana bağlı asimetri oranlarında anlamlı değişiklikler olduğu,
- Erkek sporcuların NHT öncesi maksimum fark değeri ile sağ anterior uzunluğu arasında negatif yönde korelasyon olduğu,
- Kadın sporcuların bacak kuvveti ile NHT öncesi maksimum fark arasında negatif yönde korelasyon tespit edilmiştir.

Bisiklet sporcularına uygulanan iş yükü arttıkça sağ ve sol bacak asimetri değerinin azaldığı görülmektedir.

5.3. Öneriler

- Mevcut çalışmanın sınırlılıklarından birisi teslerde EMG cihazı kullanılmamış olmasıdır. İleride yapılacak çalışmalarda EMG cihazı kullanılarak asimetrielerin hangi kas gruplarından kaynaklı olduğu belirlenebilir.
- Gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı yaş gruplarına aynı testler uygulanabilir.
- Farklı ısınma protokolleri uygulanarak bilateral asimetrielerin değişimlerine bakılabilir.

- Sporcuların farklı antrenman bölgelerinde yükler oluşturularak asimetri değişimleri incelenebilir.



6. KAYNAKÇA

- Afonso, J., Peña, J., Sá, M., Virgile, A., García-de-Alcaraz, A., & Bishop, C. (2022). Why sports should embrace bilateral asymmetry: A narrative review. *Symmetry*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/sym14101993>.
- Akgün, N. (1994). *Egzersiz Fizyolojisi* (1.baskı). Ege Üniversitesi Basımevi.
- Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. *Physiological Reviews*, 88(1), 287–332. <https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2007>.
- Ament, W., & Verkerke, G. J. (2012). Exercise and Fatigue. *Sports Medicine*, 39, 389–422. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939050-00005>.
- Amundsen, R., Møller, M., & Bahr, R. (2023). Performing Nordic hamstring strength testing with additional weight affects the maximal eccentric force measured: do not compare apples to oranges. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 9(4). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2023-001699>.
- Amunts, K., Jaè Ncke B, L., Mohlberg, H., Steinmetz, H., & Zilles, K. (2000). Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender. *Neuropsychologia*, 38(3), 304–312. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(99\)00075-5](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(99)00075-5).
- And, M., & Stuart, D. G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 72(5), 1631–1648. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.72.5.1631>.
- Ashton, G. C. (1982). Handedness: an alternative hypothesis. *Behavior Genetics*, 12(2), 125–147.
- Atkinson, Daniel. E. (1977). *Cellular energy metabolism and its regulation*. In New York, NY, USA: Academic Press (1st ed.).
- Aquino, M., Petrizzo, J., Otto, R. M., & Wygand, J. (2022). The Impact of fatigue on performance and biomechanical variables—A narrative review with orospective methodology. *Biomechanics*, 2(4), 513–524. <https://doi.org/10.3390/biomechanics2040040>.
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning* (3rd ed.). Human Kinetics.
- Bassini-Cameron, A., Monteiro, A., Gomes, A., Werneck-de-Castro, J. P. S., & Cameron, L. (2008). Glutamine protects against increases in blood ammonia in football players in an exercise intensity-dependent way. *British Journal of Sports Medicine*, 42(4), 260–266. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2007.040378>.
- Bell, D. R., Sanfilippo, J. L., Binkley, N., & Heiderscheit, B. C. (2014). Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 884–891. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000367>.
- Beneke, R., Pollmann, C., Bleif, I., Leithäuser, R. M., & Hütler, H. (2002). How anaerobic is the wingate anaerobic test for humans? *European Journal of Applied Physiology*, 87(4–5), 388–392. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0622-4>.

- Bertucci, W. M., Arfaoui, A., & Polidori, G. (2012). Analysis of the pedaling biomechanics of master's cyclists: A preliminary study. *Journal of Science & Cycling*, 1(2), 42–46.
- Bini, R. R., & Hume, P. A. (2014). Assessment of bilateral asymmetry in cycling using a commercial instrumented crank system and instrumented pedals. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(5), 876–881. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0494>.
- Bini, R. R., Jacques, T. C., Carpes, F. P., & Vaz, M. A. (2017). Effectiveness of pedalling retraining in reducing bilateral pedal force asymmetries. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1336–1341. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1215505>.
- Bishop, D. (2003). Warm up 1 potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med*, 33(6), 439–454. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333060-00005>.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K. A., & Boo-Bis, L. H. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80(3), 876–884. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.3.876>.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K. A., & Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *Journal of Physiology*, 482(2), 467–480. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1995.sp020533>.
- Carpes, F. P., Diefenthaler, F., Bini, R. R., Stefanyshyn, D. J., Faria, I. E., & Mota, C. B. (2011). Influence of leg preference on bilateral muscle activation during cycling. *Journal of Sports Sciences*, 29(2), 151–159. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.526625>.
- Carpes, F. P., Mota, C. B., & Faria, I. E. (2010). On the bilateral asymmetry during running and cycling - A review considering leg preference. *Physical Therapy in Sport*, 11(4), 136–142. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.06.005>.
- Carter, H., Jones, A. M., Barstow, T. J., Burnley, M., Williams, C. A., Doust, J. H., & Carter, H. (2000). Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *Journal of Applied Physiology*, 89(3), 899–907. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.3.899>.
- Chandel, N. S. (2021). Mitochondria. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 13(3), 1–23. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a040543>.
- Chavarro-Nieto, C., Beaven, M., Gill, N., & Hébert-Losier, K. (2022). Reliability of repeated nordic hamstring strength in rugby players using a load cell device. *Sensors*, 22(24), 9756. <https://doi.org/10.3390/s22249756>.
- Clancy, C. E., Gatti, A. A., Ong, C. F., Maly, M. R., & Delp, S. L. (2023). Muscle-driven simulations and experimental data of cycling. *Scientific Reports*, 13(1), 21534. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47945-5>.
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. J. (2006). Invited clinical commentary pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 1. *North American Journal Of Sports Physical Therapy*, 1(2), 62–72.

- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(4), 549–563.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power part 1-biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>.
- Corona, B. T., Balog, E. M., Doyle, J. A., Rupp, J. C., Luke, R. C., Ingalls, C. P., Bt, C., Ja, D., & Rc, L. (2010). Junctophilin damage contributes to early strength deficits and EC coupling failure after eccentric contractions. *Am J Physiol Cell Physiol*, 298, 365–376. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00365.2009.-Junctophilins>.
- Cuk, T., Leben-Seljak, P., & Stefancic, M. (2001). Lateral asymmetry of human long bones. *Variability and Evolution*, 9, 19–23.
- Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar, A. H., & Yusof, A. (2013). Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 36(1), 45–53. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0005>.
- De Ruiter, C. J., De Korte, A., Schreven, S., & De Haan, A. (2010). Leg dominance in relation to fast isometric torque production and squat jump height. *European Journal of Applied Physiology*, 108(2), 247–255. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1209-0>.
- Debold, E. P., Fitts, R. H., Sundberg, C. W., & Nosek, T. M. (2016). Muscle fatigue from the perspective of a single crossbridge. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 11(48), 2270–2280. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001047>.
- Aquino, M., Petrizzo, J., Otto, R. M., & Wygand, J. (2022). The Impact of fatigue on performance and biomechanical variables—A narrative review with orospective methodology. *Biomechanics*, 2(4), 513–524. <https://doi.org/10.3390/biomechanics2040040>.
- Ekblom, B. J. Ø. R. N. (1986). Factors determining maximal aerobic power. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 556, 15–19.
- Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical basis of kinesiology*. Human Kinetics.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: What, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology*, 586(1), 11–23. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.139477>.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2016). Translating fatigue to human performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2228–2238. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000929>.
- Farrell III, J. W., & Neira, V. E. (2023). Contralateral Asymmetry in Cycling Power Is Reproducible and Independent of Exercise Intensity at Submaximal Power Outputs. *Symmetry*, 15(6), 1143. <https://doi.org/10.3390/sym15061142>.
- Farrell, J. W., Pribble, B. A., & Larson, R. D. (2021). Effects of exercise intensity on pedal force asymmetry during cycling. *Symmetry*, 13(8), 1449. <https://doi.org/10.3390/sym13081449>.

- Farrell, P.A., Joyner, M.J., & Caiozzo, V. (2011). *ACSM's advanced exercise physiology*. Wolters Kluwer Health Adis (ESP).
- Fidelus, K., & Kocjasz, J. (1965). Cwiczenia Ogolnoroz Wojowe W Treningu. In *Biomechanizma analiza podstawy* (p. 29).
- Fox, E. L. (1986). *Sports Physiology* (2. baskı). Wm. C. Brown Publishers.
- Gabbard, C., & Hart, S. (1996). A question of foot dominance. *The Journal of General Psychology*, 123(4), 289–296. <https://doi.org/10.1080/00221309.1996.9921281>.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725–1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, 35(9), 757–777. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535090-00003>.
- Grace, T.G. (1985). Muscle imbalance and extremity injury. A perplexing relationship. *Sports Med*, 2(2), 77–82. <https://doi.org/10.2165/00007256-198502020-00001>.
- Green HJ., & Patla AE. (1992). Maximal aerobic power: Neuromuscular and metabolic considerations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
- Greenhaff, P. L., Nevill, M. E., Soderlundt, K., Bodint, K., Boobis, L. H., Williams, C., & Hultman, E. (1994). The metabolic responses of human type I and II muscle fibres during maximal treadmill sprinting. *Journal of Physiology*, 478(1), 149–155. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1994.sp020238>.
- Halliday, David., Resnick, Robert., & Walker, Jearl. (2013). *Fundamentals of physics* (10th ed.). Wiley.
- Harris R.C., Edwards, R. H. T., Hultman, E., Nordesjo, L.-O., Nyland, B., & Sahlin, K. (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *European Journal of Physiology*, 367, 137–142.
- Hart, N. H., Nimphius, S., Weber, J., Spiteri, T., Rantalainen, T., Dobbin, M., & Newton, R. U. (2016). Musculoskeletal asymmetry in football athletes: A product of limb function over time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(7), 1379–1387. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000897>.
- Hebbal, G. V., & Mysorekar, V. R. (2006). Evaluation of some tasks used for specifying handedness and footedness. *Perceptual and Motor Skills*, 102, 163–164. <https://doi.org/10.2466.PMS.102.1.163-164>.
- Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Klatt, M., Faigenbaum, A. D., & Kang, J. (2007). Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns? *Research in Sports Medicine*, 15(2), 125–132. <https://doi.org/10.1080/15438620701405313>.
- Hsu, M. J., Chan, H. L., Huang, Y. Z., Lin, J. H., Hsu, H. H., & Chang, Y. J. (2020). Mechanism of fatigue induced by different cycling paradigms with equivalent dosage. *Frontiers in Physiology*, 11, 545. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00545>.
- Hug, F., & Dorel, S. (2009). Electromyographic analysis of pedaling: A review. In *Journal of Electromyography and Kinesiology* 19(2), 182–198. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.10.010>.

- Ikutomo, A., Kasai, N., & Goto, K. (2018). Impact of inserted long rest periods during repeated sprint exercise on performance adaptation. *European Journal of Sport Science*, 18(1), 47–53. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1383515>.
- Javaloyes, A., Mateo-March, M., Carpes, F. P., Moya-Ramon, M., Lopez-Gruoso, R., & Zabala, M. (2021). Bilateral asymmetries in professional cyclists during a Grand Tour. *Isokinetics and Exercise Science*, 29(4), 455–461. <https://doi.org/10.3233/IES-202234>.
- Jones, N. L., McCartney, N., Graham, T., John Kowalchuk, L. M., F Heigenhauser, G. J., Spriet, L., Jones, S., Spriet, L. L., Kowalchuk, J. M., & Sutton, J. R. (1985). Muscle performance and metabolism in maximal isokinetic cycling at slow and fast speeds. *Journal of Applied Physiology*, 59, 132–136. <https://doi.org/10.1152/jappl.1985.59.1.132>.
- Jones, P. A., & Bampouras, T. M. (2010). A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1553–1558. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181dc4392>.
- Keeley, D. W., Plummer, H. A., & Oliver, G. D. (2011). Predicting asymmetrical lower extremity strength deficits in college-aged men and women using common horizontal and vertical power field tests: a possible screening mechanism. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1632–1637. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddf690>.
- Kim, A. R., Park, D., & Lee, Y. S. (2021). Reliability and validity of the ground reaction force asymmetric index at seat-off as a measure of lower limb functional muscle strength: A preliminary study. *Applied Sciences*, 11(14), 6527. <https://doi.org/10.3390/app11146527>.
- Kluger, B. M., Krupp, L. B., & Enoka, R. M. (2013). Fatigue and fatigability in neurologic illnesses: proposal for a unified taxonomy. *Neurology*, 4(80), 409–416. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31827f07be>.
- Knuttgen, H. G. (1978). Force, work, power, and exercise. *Medicine and Science in Sports*, 10(3), 227–228.
- Kobayashi, Y., Kubo, J., Matsubayashi, T., Matsuo, A., Kobayashi, K., & Ishii, N. (2013). Relationship between bilateral differences in single-leg jumps and asymmetry in isokinetic knee strength. *Journal of Applied Biomechanics*, 29(1), 61–67. <https://doi.org/10.1123/jab.29.1.61>.
- Kong, P. W., & Burns, S. F. (2010). Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Physical Therapy in Sport*, 11(1), 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2009.09.004>.
- Korzeniewski, B. (2019). Pi-induced muscle fatigue leads to near-hyperbolic power–duration dependence. *European Journal of Applied Physiology*, 119(10), 2201–2213. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04204-8>.
- Kraemer, W., Fleck, S., & Deschenes MR. (2011). *Exercise physiology: integrating theory and application*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Lissek, S., Hausmann, M., Knossalla, F., Peters, S., Nicolas, V., Güntürkün, O., & Tegenthoff, M. (2007). Sex differences in cortical and subcortical recruitment

- during simple and complex motor control: An fMRI study. *NeuroImage*, 37(3), 912–926. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.05.037>.
- Longman, D., Stock, J. T., & Wells, J. C. K. (2011). Fluctuating asymmetry as a predictor for rowing ergometer performance. *International Journal of Sports Medicine*, 32(8), 606–610. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275301>.
- Loturco, I., Kobal, R., Moraes, J. E., Kitamura, K., Cal Abad, C. C., Pereira, L. A., & Nakamura, F. Y. (2017). Predicting the maximum dynamic strength in bench press: the high precision of the bar velocity approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 1127–1131. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001670>.
- MacArthur, D. G., & North, K. N. (2005). Genes and human elite athletic performance. *Human Genetics*, 116(5), 331–339. <https://doi.org/10.1007/s00439-005-1261-8>.
- Macdougall, J. D., Sale, D. G., Elder, G. C. B., & Sutton, J. R. (1982). Muscle ultrastructural characteristics of elite powerlifters and bodybuilders. *Eur J Appl Physiol/European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 48, 117–126.
- Maloney, S. J. (2019). The relationship between asymmetry and athletic performance: a critical review. *Journal Of Strength and Conditioning Research*, 33(9), 2579–2593. [www.nsca.com. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002608](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002608).
- Manning, J. T., Koukourakis, K., & Brodie, D. A. (1997). Fluctuating asymmetry, metabolic rate and sexual selection in human males. *Evolution and Human Behavior*, 18(1), 15–21.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551–555. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<551:RAFVOS](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS).
- Martin, L. (1999). Methods of assessing exercise capacity. In N. S. Cherniack, M. D. Altose, & I. Homma (Eds.), *Rehabilitation of the Patient with Respiratory Disease*. McGraw-Hill.
- Maulder, P. S. (2013). Dominant limb asymmetry associated with prospective injury occurrence. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 35(1), 121–131.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McCartney, G., & Hepper, P. (1999). Development of lateralized behaviour in the human fetus from 12 to 27 weeks' gestation. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 41(2), 83–86. <https://doi.org/10.1017/S0012162299000183>.
- Mcmahon, S., & Jenkins, D. (2012). Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis following intense exercise. *Sports Medicine*, 32(12), 761–784. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232120-00002>.
- Meeusen, R., Watson, P., Hasegawa, H., Roelands, B., & Piacentini, M. F. (2006). Central Fatigue The Serotonin Hypothesis and Beyond. *Sports Medicine*, 36(10), 881–909. [10.1519/R-5050501x.1](https://doi.org/10.1519/R-5050501x.1).

- Murray, K., Schoenmakers, P., Taylor, M., & Sandercock, G. (2024). A critical review of the methods used to measure, analyse and interpret kinetic asymmetries during cycling. *Journal of Science & Cycling*, 13(1), 50–66. <https://doi.org/10.28985/1324.jsc.07>.
- Myburgh, K. H. (2004). Can Any Metabolites Partially Alleviate Fatigue Manifestations at the Cross-Bridge? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(1), 20–27. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000106200.02230.E6>.
- Myers, J., & Ashley, E. (1997). Dangerous curves: A Perspective on exercise lactate and the anaerobic threshold. *CHEST*, 111(3), 787–795.
- Newton, R. U., Gerber, A., Nimphius, S., Shim, J. K., Doan, B. K., Robertson, M., Pearson, D. R., Craig, B. W., K., Häkkinen, Kraemer, W. J. (2006). Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 971–977.
- Norman, B., Glenmark, B., & Jansson, E. (1995). Muscle ampy deaminase deficiency in 2% of a healthy population. *Muscle & Nerve*, 18(2), 239–241. <https://doi.org/10.1002/mus.880180216>.
- Onions, C. T., Friedrichsen, G. W. S., & Burchfield, R. W. (1996). *The Oxford dictionary of English etymology* (1st ed.), Oxford University Press.
- Pellicer-Caller, R., Vaquero-Cristóbal, R., González-Gálvez, N., Abenza-Cano, L., Horcajo, J., & de la Vega-Marcos, R. (2023). Influence of exogenous factors related to nutritional and hydration strategies and environmental conditions on fatigue in endurance sports: A systematic review with meta-analysis. *Nutrients*, 15(12), 2700. <https://doi.org/10.3390/nu15122700>.
- Pilegaard, H., Domino, K., Noland, T., Juel, C., Hellsten, Y., Halestrap, A. P., Bangsbo, J., & No-land, T. (1999). Effect of high-intensity exercise training on lactate/H transport capacity in human skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 276(2), 255–261.
- Potvin, J. R., & Fuglevand, A. J. (2017). A motor unit-based model of muscle fatigue. *PLoS Computational Biology*, 13(6), e1005581. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005581>.
- Powers, S. K., Howley, E. T., & Quindry, J. (2007). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance* (11th ed.). McGraw Hill New York.
- Rahnama, N., Lees, A., & Bambaecichi, E. (2005). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48(11–14), 1568–1575. <https://doi.org/10.1080/00140130500101585>.
- Rannama, I., Port, K., Bazanov, B., & Pedak, K. (2015). Sprint cycling performance and asymmetry. *Journal of Human Sport and Exercise*, 10(1), 248–258.
- Ream, E., & Richardson, A. (1996). Fatigue: a concept analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 33(5), 519–529.
- Ritchie, B., & Woods JJ, B. (1984). Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle and Nerve*, 7(9), 691–699. <https://doi.org/10.1002/mus.880070902>.

- Sanders, D., & Heijboer, M. (2019). Physical demands and power profile of different stage types within a cycling grand tour. *European Journal of Sport Science*, 19(6), 736–744. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1554706>.
- Schiltz, M., dric Lehance, C., Maquet, D., Bury, T., Crielaard, J.-M., & Croisier, J.-L. (2009). Explosive strength imbalances in professional basketball players. *Journal of Athletic Training*, 44(1), 39–47. http://meridian.allenpress.com/jat/article-pdf/44/1/39/1454407/1062-6050-44_1_39.pdf.
- Şenel, Ö. (1999). An evaluation on the difference between the concepts of strength and power. *Gazi Journal of Physical Education and Sport Sciences*, 4(1), 41–44.
- Serrien, D. J., Ivry, R. B., & Swinnen, S. P. (2006). Dynamics of hemispheric specialization and integration in the context of motor control. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(2), 160–166. <https://doi.org/10.1038/nrn1849>.
- Sevim, Y. (1995). *Antrenman Bilgisi*. Gazi Kitabevi.
- Siegler, J. C., Bell-Wilson, J., Mermier, C., Faria, E., & Robergs, R. A. (2006). Active and passive recovery and acid-base kinetics following multiple bouts of intense exercise to exhaustion. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16(1), 92–107. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.16.1.92>.
- Smak, W., Neptune, R. R., & Hull, M. L. (1999). The influence of pedaling rate on bilateral asymmetry in cycling. *Journal of Biomechanics*, 32(9), 899–906. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(99\)00090-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(99)00090-1).
- Smith, J. C., & Hill, D. W. (1991). Contribution of energy systems during a Wingate power test. *British Journal of Sports Medicine*, 25(4), 196–199. <http://bjsm.bmj.com/>.
- Søgaard, K., Gandevia, S. C., Todd, G., Petersen, N. T., & Taylor, J. L. (2006). The effect of sustained low-intensity contractions on supraspinal fatigue in human elbow flexor muscles. *Journal of Physiology*, 573(2), 511–523. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.103598>.
- Spriet, L. K. (1992). Anaerobic metabolism in human skeletal muscle during short-term, intense activity'. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 1(70), 157–165. <https://doi.org/doi:10.1139/y92-023>.
- Steenhuis, R. E., & Bryden, M. P. (1989). Different dimensions of hand preference they relate to skilled and unskilled activities. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 25(2), 289–304. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(89\)80044-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(89)80044-9).
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>.
- Tommasin, S., De Luca, F., Ferrante, I., Gurreri, F., Castelli, L., Ruggieri, S., Prosperini, L., Pantano, P., Pozzilli, C., & De Giglio, L. (2020). Cognitive fatigability is a quantifiable distinct phenomenon in multiple sclerosis. *Journal of Neuropsychology*, 14(3), 370–383. <https://doi.org/10.1111/jnp.12197>.
- Türk Dil Kurumu. (2025). *Yorgunluk*. Güncel Türkçe Sözlük, Türk Dil Kurumu Yayınları.

- Turner, A. N., & Stewart, P. F. (2013). Repeat sprint ability. *Strength and Conditioning Journal*, 35(1), 37-41. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182824ea4>.
- Van Someren K. (2006). *The physiology of anaerobic training*. Elsevier/Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-10117-5.50010-6>.
- Van Valen, L. (1962). A study of fluctuating asymmetry. *International Journal of Organic Evolution*, 16(2), 125–142.
- Velotta, J., Weyer, J., Ramirez, A., Winstead, J., & Bahamonde, R. (2011). Relationship between leg dominance tests and type of task. *Biomechanics in Sports*, 11(2), 1035–1039.
- Venhorst, A., Micklewright, D., & Noakes, T. D. (2018). Perceived fatigability: utility of a three-dimensional dynamical systems framework to better understand the psychophysiological regulation of goal-directed exercise behaviour. *Sports Medicine*, 48(11), 2479–2495. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0986-1>.
- Verzijl, H. T. F. M., Van Engelen, B. G. M., Luyten, J. A. F. M., Steenbergen, G. C. H., Van Den Heuvel, L. P. W. J., Ter Laak, H. J., Padberg, G. W., & Wevers, R. A. (1998). Genetic characteristics of myoadenylate deaminase deficiency. *Annals of Neurology*, 44(1), 140–143. <https://doi.org/10.1002/ana.410440124>.
- Vollestad, N. K., & Sejersted, O. M. (1988). Biochemical correlates of fatigue A brief review. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 57(3), 336–347.
- Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Whipp, B. J., & Froelicher, V. F. (1987). Principles of exercise testing and interpretation. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 7(4), 189.
- Watson PJ, & Thornhill R. (1994). Fluctuating asymmetry and sexual selection. *Trends in Ecology & Evolution*, 9(1), 21–25.
- Wells, G. D., Selvadurai, H., & Tein, I. (2009). Bioenergetic provision of energy for muscular activity. *Paediatric Respiratory Reviews*, 10(3), 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2009.04.005>
- Willmor, J., & Costill, D. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics.
- Winter, E. M., & Fowler, N. (2009). Exercise defined and quantified according to the Système International d'Unités. *Journal of Sports Sciences*, 27(5), 447–460. <https://doi.org/10.1080/02640410802658461>.
- Withers, R. T., Sherman, W. M., Clark, D. G., Esselbach, P. C., Nolan, S. R., Mackay, M. H., & Brinkman, M. (1991). Muscle metabolism during 30, 60 and 90 s of maximal cycling on an air-braked ergometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63, 354–362.
- Yıldız, S. A. (2012). Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir? *Solunum Dergisi*, 14(1), 1–8. www.solunum.org.tr.
- Zajac, A., Chalimoniuk, M., Gołaś, A., Lngfort, J., & Maszczyk, A. (2015). Central and Peripheral Fatigue During Resistance Exercise - A Critical Review. In *Journal of Human Kinetics* 49(1), 159–169. Polish Academy of Science, Committee of Physical Culture. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0118>.

Zajac, B., Mika, A., Gaj, P. K., & Ambroży, T. (2022). Does cycling training reduce quality of functional movement motor patterns and dynamic postural control in adolescent cyclists? a pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12109. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912109>.



7. EKLER

EK-1: Etik Kurul İzin Belgesi

T.C.

ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ

Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul Kararı

TOPLANTI SAYISI	KARAR SAYISI	KARAR TARİHİ
04	12	15.04.2025

Karar Numarası: 2025/01

Prof. Dr. Işık BAYRAKTAR'ın 18.03.2025 tarihli ve 238758 E. No'lu “**Yorgunluğa Bağlı Bilateral Güç Değişimlerinin İncelenmesi**” konulu başvurusu.

Prof. Dr. Işık BAYRAKTAR'ın 18.03.2025 tarihli ve 238758 E. No'lu “**Yorgunluğa Bağlı Bilateral Güç Değişimlerinin İncelenmesi**” konulu başvurusunun fikri, hukuki ve telif hakları bakımından metot ve ölçeğine ilişkin sorumluluğun başvurucuya ait olmak üzere araştırma süresince uygulanmasının etik olarak uygun olduğuna oybirliği ile karar verilmiştir. **15.04.2025**



EK-2 Çocuk Bilgilendirilmiş Onam Formu

Sevgili Katılımcı,

Araştırmayı ben ve danışman hocamla birlikte “Yorgunluğa Bağlı Bilateral Güç Değişimlerinin İncelenmesi” isimli tez çalışmasını yapıyoruz. Amacımız sporcuların performans ölçme ve değerlendirmeleri yapılarak antrenman desteği sağlamak ve sporcuların performans gelişimleri desteklemektir. Araştırma ile yeni bilgiler öğreneceğiz. Bu araştırmaya katılmanı öneriyoruz.

Bu araştırmaya katılacak olursan antropometrik, esneklik, kuvvet, fonksiyonel hareket analizi (FMS) ve aerobik güç ölçümleri yapacağız. Yapılacak olan ölçümlerle beraber senin güçlü ve zayıf yönlerini tespit edeceğiz. Bu araştırmanın sonuçları senin gibi bisiklet sporu yapan çocuklar için yararlı bilgiler sağlayacaktır.

Bu araştırmaya katılıp katılmamak için karar vermeden önce anne ve baban ile konuşup onlara danışmalısın. Onlara da bu araştırmadan bahsedip onaylarını/izinlerini alacağız. Anne ve baban tamam deseler bile sen kabul etmeyebilirsin. Bu araştırmaya katılmak senin isteğine bağlı ve istemezsen katılmazsın. Bu nedenle hiç kimse sana kızmaz ya da küsmez. Önce katılmayı kabul etsen bile sonradan vazgeçebilirsin, bu tamamen sana bağlıdır.

Aklına şimdi gelen veya daha sonra gelecek olan soruları istediğin zaman bana sorabilirsin. Telefon numaram ve adresim bu kağıtta yazıyor. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorsan aşağıya lütfen adını ve soyadını yaz ve imzanı atar mısın. İmzaladıktan sonra sana ve ailene bu formun bir kopyası verilecektir.

Çocuğun adı, soyadı:

Çocuğun imzası:

Tarih:

Velisinin adı, soyadı:

Velisinin imzası:

Tarih:

Araştıracının adı, soyadı, ünvanı: Adres:

Tel:

İmza:

EK-3 ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Alper DEMİRER

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi 2018-2022
- 2024, Antrenör, Gençlik ve Spor Bakanlığı, Antalya Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü

Yayınları ve Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Demirer, A., Bayraktar, I., Kurnaz, K., Güngörmüş, H. A., & Ay Yıldız, Y. (2023). Antrenörlerin Sportmen Davranış Düzeylerinin Alt Yapı Sporcularında Ahlaki Karar Almaya Etkisi. 5. Uluslararası Rekreasyon ve Spor Yönetimi Kongresi (ss. 208-209).
- Demirer, A., Akbaş, D., & Bayraktar, I. (2024). 2000-2024 Olimpiyat Oyunları Özelinde Cimnastik Branşının İncelenmesi: Kanada Örneği. 10th International Artemis Scientific Research Congress (ss. 856-895)