



**BADMİNTON SPORCULARINDA YORGUNLUĞUN BACKHAND
BÖLGESİNDE UYGULANAN BAŞÜSTÜ FOREHAND SMAÇ VURUŞU
SONRASI TEK BACAK YERE KONMA KİNEMATİĞİNE ETKİSİ**

Nurdan VARMIŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2024

ETİK BEYAN

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

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

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

Nurdan VARMIŞ
02/07/2024

BADMİNTON SPORCULARINDA YORGUNLUĞUN BACKHAND BÖLGESİNDE
UYGULANAN BAŞÜSTÜ FOREHAND SMAÇ VURUŞU SONRASI TEK BACAK
YERE KONMA KİNEMATİĞİNE ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Nurdan VARMIŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEMmuz 2024

ÖZET

Bu araştırmanın amacı yorgunluğun backhand bölgesinde uygulanan başüstü forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğine etkisinin belirlenmesidir. Araştırmaya 40 badminton sporcusu (20 kadın, 20 erkek) gönüllü olarak katılmıştır. Sporcular çalışma kapsamında 24-48 saat arayla 2 kez labaratuvara çağırılmışlardır. İlk seansta sporcuların backhand kortunda forehand başüstü smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma referans protokolü uygulanmıştır. İkinci seansta ise Air-BT yorgunluk protokolünü takiben backhand kortunda forehand başüstü smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma uygulanmıştır. Her iki günde de 5 başarılı smaç vuruşu gerçekleştirilmiştir. Protokoller öncesi ve sonrası ile dominant ve non-dominant taraf arası karşılaştırma yapmak için paired sample t test, cinsiyetler arası karşılaştırma için t test kullanılmıştır. Sıçrama yüksekliği referans protokolü ile yorgunluk protokolü arasında anlamlı farklı bulunmamıştır. Erkek oyuncuların kadın oyuncularından anlamlı yüksek sıçrama yüksekliği ile vücut kütle merkezi (VKM) yatay doğrusal hıza sahip olduğu tespit edilmiştir ($p=.009$). Buna ek olarak sporcuların non-dominant taraf diz varus açıları yorgunluk protokolü sonrasında anlamlı azalmıştır ($p=.022$). Diz eklemi zirve fleksiyon açısının yorgunluk protokolü sonrasında anlamlı yüksek bulunduğu ($p=.014$), erkeklerin daha yüksek zirve fleksiyon açısına sahip olduğu görülmüştür. Kalça ve diz açısal hızı kadınlarda dominant taraflarda yorgunluk sonrası anlamlı düşüş göstermiştir (kalça: $p=.002$, diz: $p=.040$). Eklem hareket açıklığında ise sadece diz ve ayak bileğinde dominant ve non-dominant taraflar arasında anlamlı farklar görüldüğü, yorgunluğun eklem hareket açıklığına anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu araştırmanın bulguları yüksek yoğunluklu müsabakaları bulunan badminton sporunda yorgunluğun performans etkileri hakkında antrenör ve sporculara rehber niteliği taşımaktadır.

Bilim Kodu : 1301
Anahtar Kelimeler : Badminton, Smaç, Yorgunluk, Tek bacak yere konma, Açısal hız, Eklem hareket açıklığı
Sayfa Adedi : 85
Danışman : Doç. Dr. Elif CENGİZEL

THE EFFECT FATIGUE OF SINGLE LEG LANDING KINEMATICS AFTER THE OVERHEAD FOREHAND SMASH IN THE BACKHAND SIDE ON BADMINTON PLAYERS

(MSc. Thesis)

Nurdan VARMIŞ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

July 2024

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the effect of fatigue on the kinematics of single leg landing after an overhead forehand smash performed in the backhand court. 40 badminton players (20 women, 20 men) participated in the research voluntarily. Within the scope of the study, the players were called to the laboratory twice with an interval of 24-48 hours. In the first session, the reference protocol of players landing on the ground with single leg landing after a overhaed forehand smash on the backhand court was applied. In the second session, following the Air-BT fatigue protocol, a single leg landing was applied after a overhead forehand smash on the backhand court. 5 successful smash were performed on both days. Paired sample t test was used to compare before and after protocols, and dominant and non-dominant sides, and t test was used to compare between genders. There was no significant difference in jump height between the reference protocol and the fatigue protocol. It was determined that male players had a significantly higher jump height and center of mass (CoM) horizontal linear velocity than female players ($p=.009$). In addition, the non-dominant side knee varus angles of the players decreased significantly after the fatigue protocol ($p=.022$). It was observed that there was a significantly higher difference in the peak flexion angle of the knee joint after the fatigue protocol ($p=.014$), and men had a higher peak flexion angle. Hip and knee angular velocity decreased significantly on the dominant sides in women after fatigue (hip: $p=.002$, knee: $p=.040$). It was observed that there were significant differences in joint range of motion between the dominant and non-dominant sides only in the knee and ankle, and that fatigue had no significant effect on joint range of motion. The findings of this research serve as a guide for coaches and players about the effects of fatigue on performance in the sport of badminton, which has high-intensity competitions.

Science Code : 1301

Key Words : Badminton, Smash, Fatigue, Single leg landing, Angular velocity, Range of motion

Page Number : 85

Supervisor : Assoc. Prof. Elif CENGİZEL

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca bilgi birikimi ile desteklerini benden esirgemeyen, yüksek lisans tezimi hazırlamamda en büyük katkısı ve desteği veren sayın danışmanım Doç. Dr. Elif CENGİZEL'e,

Ölçümleri almam da yardımcı olan bu yolda her zaman yanımda olan lisans öğrenimleri devam eden ve kardeş bildiğim sevgili Gizem ve Aslı AYNA kardeşlere, Eren GENÇ'e, değerli arkadaşlarım Mervenur DURLU ve Miraç Uğur MURATOĞLU'na,

Ölçüm davetimizi kabul edip sporcularını bize emanet eden değerli milli takım antrenörleri İsmail KÜÇÜK, Hüseyin ÖZDER, Bahadır Kağan KOLA, Seyit Ali YAZGAN ve katılım sağlayan tüm sporculara,

Yüksek lisans tezim sırasında yaşamış olduğum tüm duygularıma ortak olan sevgili annem Zeliha VARMIŞ'a, babam Hulusi VARMIŞ'a, abim Hamit VARMIŞ'a ve kardeşim Gülsüm VARMIŞ'a,

Tüm hayatım boyunca maneviyatını ve sevgisini derinden hissettiğim güzel kardeşim Tuğba VARMIŞ'a,

Akademik araştırmalarım ve tez sürecinde her zaman ve her koşulda bana destek olan değerli arkadaşlarım Emine İlkcan KURT, Arş. Gör. Dr. Çağdaş Özgür CENGİZEL'e,

Hayatıma yüksek lisans sürecimde giren, beni bu süreçte destekleyen ve hep hayatımda kalmasını istediğim Sevgili Muhammed Ümit BEKTAŞ'a ve BEKTAŞ ailesine ve bu süreçte yanımda olan ismini belirtmediğim herkese ayrı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Badminton ve Oyun Yapısı	5
2.2. Badminton’da Topa Vuruş Teknikleri	5
2.2. Biyomekanik	6
2.2.1. Spor biyomekaniği	7
2.2.2. Mekanik ve kinematik.....	8
2.2.3. Hareket analizi	10
2.2.4. Badmintonda smaç vuruşunun biyomekaniği	11
2.2.5. Yere konma mekaniği.....	12
2.2.6. Badmintonda tek bacak yere konma biyomekaniği	13
2.2.7. Badmintonda alt ekstremitte yaralanmaları.....	14
2.2.8. Badmintonda smaç vuruşu ve yere konma biyomekaniği ile ilgili yapılan çalışmalar.....	16
2.3. Badmintonda Smaç Tekniği	16
2.3.1. Badmintonda smaç teknikleri ve önemi.....	16
2.3.2. Badmintonda smaç tekniğinin safhaları	17

	Sayfa
2.4. Yorgunluk	24
2.4.1. Kas yorgunluğu	24
2.4.2. Kadın ve erkeklerde kas yorgunluğu.....	25
2.4.3. Yorgunluk ve antrenman	25
2.4.4. Badminton’da yorgunluk	26
3. YÖNTEM	27
3.1. Araştırma Modeli	27
3.2. Araştırma Grubu.....	27
3.3. Veri Toplama ve İşleme	27
3.3.1. Boy uzunluğu ölçümleri.....	28
3.3.2. Vücut ağırlığı ölçümleri	28
3.3.3. Antropometrik ölçümler	30
3.2. Araştırma Protokolü	31
3.2.1. Algılanan zorluk derecesi	37
3.3.2. 3 boyutlu hareket yakalama sistemi	37
3.3.3. VİCON Nexus hareket yakalama sistemi	41
3.4. Verilerin Analizi.....	45
4. BULGULAR	47
5. TARTIŞMA	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR.....	67
EKLER.....	79
EK 1- Gönüllü Olur Formu	80
EK 2- Etik Kurul Belgesi	82
ÖZGEÇMİŞ	85

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. AIR-BT protokolü seviye, zaman ve uzaklık bilgileri.....	36
Çizelge 3.2. Algılanan zorluk derecesi (Borg, 1998).....	37
Çizelge 4.1. Katılımcıların karakteristikleri.....	47
Çizelge 4.2. Badminton oyuncularının Air-BT yorgunluk protokolü öncesi ve sırasında algılanan zorluk değerleri	48
Çizelge 4.3. Badminton oyuncularının Air-BT protokolü esnasında VO2max değerleri	48
Çizelge 4.4. Badminton oyuncularının referans protokolü ve yorgunluk protokolü sonrası smaç sıçraması yüksekliği, vücut kütle merkezi yatay ve dikey doğrusal hızları.....	49
Çizelge 4.5. Badminton oyuncularının referans protokolü ve yorgunluk protokolü sonrası yere konma anındaki alt ekstremite eklem açıları	49
Çizelge 4.6. Badminton oyuncularının referans ve Air-BT yorgunluk protokolünü takiben uygulanan smaç vuruşu sonrasında yere konmaları sırasındaki alt ekstremite zirve fleksiyon açıları	51
Çizelge 4.7. Badminton oyuncularının referans ve Air-BT yorgunluk protokolünü takiben uygulanan smaç vuruşu sonrasında yere konmaları sırasındaki alt ekstremite açısal hızları.....	52
Çizelge 4.8. Badminton oyuncularının referans protokolü ile yorgunluk protokollerini takiben smaç vuruşları sırasındaki alt ekstremite eklem hareket açıklığı (EHA) değerleri	53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Badminton backhand arka kortta forehand smaç tekniği sırasında tek bacak yere konma	14
Şekil 2.2. Badmintonda smaç safhaları.....	17
Şekil 3.1. Servis bölgesi ve smaç bölgeleri.....	33
Şekil 3.2. Badminton sahası içerisinde AIR-BT yorgunluk testi uygulanışı	35
Şekil 3.3. Vicon T10 kameraların konumu	38
Şekil 3.4. Vicon Plug-in Gait referans kitapçığı kalça, diz ve ayak bileği eksenleri.....	44

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Ayak bileğinin yere konma esnasında nötral pozisyonu	15
Resim 2.2. Sporcunun smaç hazırlık safhası	18
Resim 2.3. Sporcunun geri salınım safhası	19
Resim 2.4. Sporcunun ileri salınım safhası	20
Resim 2.5. Sporcunun topla temas anı	21
Resim 2.6. Sporcunun topla temas sonrası devam etme safhası	22
Resim 2.7. Backhand arka kortta forehand smaç vuruşu	22
Resim 3.1. SECA (213, Hamburg, Germany) stadiometre	28
Resim 3.2. SECA (Colorata 760, Hamburg, Germany) tartı	29
Resim 3.3. Katılımcıların boy uzunluğu ve vücut kütlelerinin alınmasına ait görüntü	29
Resim 3.4. Katılımcıların diz, dirsek, el bileği ve ayak bileği genişliklerini ölçmek için kullanılan Holtain (UK) marka kayan kaliper	30
Resim 3.5. Katılımcıların el kalınlığını ölçmek için kullanılan skinfold kaliper	30
Resim 3.6. Seca 201	31
Resim 3.7. Araştırma akış dizaynı	32
Resim 3.8. Backhand kortunda smaç sonrası tek bacak yere konma sergileyen sporcunun ölçüm anında görüntüsü	34
Resim 3.9. Air-BT yorgunluk protokolü uygulama anından görsel	36
Resim 3.10. Vicon T10 kamera	38
Resim 3.11. Katılımcıların üzerine işaretçilerin yerleştirilmesi	40
Resim 3.12. İşaretçiler sporcu üzerinde yerleştirildikten sonra görünüm	40
Resim 3.13. Vicon Plug-in Gait Fullbody static modelleme sırasında sporcunun “T poz” konumlanması	42
Resim 3.14. T poz sırasında Vicon Nexus yazılımı üzerinde sporcu görüntüsü	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler Açıklamalar

%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
±	Artı-eksi
°	Derece
ω	Açısal hız

Kısaltmalar Açıklamalar

3D	3 Boyutlu
AIR BT	Abien intermitent recovery test
ATP	Adenozin trifosfat
AZD	Algılanan zorluk derecesi
Cm	Santimetre
EB	Etki büyüklüğü
EHA	Eklem hareket açıklığı
GA	Güven aralığı
kg	Kilogram
km	Kilometre
m	Metre
maks	Maksimum
min	Minimum
mm	Milimetre
MSS	Merkezi sinir sistemi
MVC	Maksimal istemli kuvvet üretimi
Ort	Ortalama
ÖÇB	Ön çapraz bağ

Kısaltmalar**Açıklamalar****p**

Anlamlılık seviyesi

SS

Standart sapma

VKİ

Vücut kütle indeksi

VO_{2max}

Maksimum oksijen tüketimi

1. GİRİŞ

Badminton dünya çapında 200 milyonun üzerinde sporcunun, 150'den fazla ulusun katıldığı popüler bir raket sporudur (Borg, 1998)(Herbaut ve Delannoy, 2020; Kimura ve diğerleri, 2012; Ramasamy ve diğerleri, 2021; Sasaki ve diğerleri, 2018). Hem kapalı ortamda hem de uygun koşullar sağlandığında açık havada da oynanabilen, hem kadınların hem de erkeklerin birçok yaş aralığında insanın birlikte oynayabildiği bir spor branşı olması sebebiyle popülerliğini sürdürmektedir (Turğut ve diğerleri, 2020).

Badminton 1992 Barselona Olimpiyatları'nda olimpik olmasına rağmen diğer spor dalları ile karşılaştırıldığında badminton alanında çok az araştırmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalar biyomekanik analiz (Cui ve diğerleri, 2022; Kuntze ve diğerleri, 2010; Li ve diğerleri, 2017; Madigan ve Pidcoe, 2003; Thomas ve Wolf, 2007; Zhang, 2020), fiziksel, fizyolojik ve yaralanma analizleri (Fahlstrom ve diğerleri, 1998; Herbaut ve Delannoy, 2020; Kimura ve diğerleri, 2012; Sasaki ve diğerleri, 2018; Statement, 2018) ve müsabaka analizleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Abdullahi ve Coetzee, 2017; Green ve diğerleri, 2023; Şenel ve Eroğlu, 2005; Song ve Rajakani, 2022; Türkeli ve diğerleri, 2019; Wang, 2022).

Badmintonda rakibe üstün gelmek için birçok taktik vardır. Forehand smaç vuruşu ise doğrudan sayı kazanmak ya da rakibi hataya zorlamak için kullanılan en yaygın vuruştur (Ramasamy ve diğerleri, 2021). Öyle ki smaç vuruşu Pekin Olimpiyatları tek erkekler kategorisinde oynanan rallilerin son vuruşunun %29 ile smaç olduğu görülmüştür (Abian-Vicen ve diğerleri, 2017).

Toplu sporların çoğunda topun konumuna göre sürekli hızlanma, yavaşlama ve yön değiştirmeye birlikte tek bacak yere konma hareketleri yapılmaktadır (Faude ve diğerleri, 2007). Epidemiyolojik araştırmalar badminton oyuncularındaki ÖÇB yaralanmalarının en büyük nedeninin baş üstü smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma olduğunu ortaya koymuştur (Kimura ve diğerleri, 2010). 2018 yılında yapılan bir araştırmada baş üstü vuruşla tek bacak yere konmaların tüm badminton etkinliği hareketlerinin yaklaşık %21.1'ini oluşturduğu, baş üstü vuruşla tek ayakla inişlerin yaklaşık yarısının arka korttaki backhand tarafında olduğu bulunmuştur (Sasaki ve diğerleri, 2018). Kötü diz dinamik kontrolünün badminton oyuncularında ÖÇB yaralanmasının bir nedeni olduğu öne sürülmüş (Kimura ve diğerleri, 2012; Sasaki ve diğerleri, 2018; Tseng ve diğerleri, 2021;

Zhao ve Gu, 2019) ve badmintonda yere konmayla ilgili çalışmalar, küçük diz açıları, büyük valgus açıları gibi zayıf diz dinamik kontrolünün ÖÇB yaralanması için risk faktörü olabileceğini göstermiştir. Ek olarak badmintonda kadın sporcuların erkeklerle karşılaştırıldığında backhand arka kortta baş üstü smaç vuruşu yaptıklarında ÖÇB yaralanma riskinin daha fazla olduğu görülmüştür. Bu yaralanmalar en sık yere konma aşamasında görülmüştür (Griffin ve diğerleri, 2006). Sinirsel ve refleks geribildirim kontrolü tarafından düzenlenen kas kuvvetleri diz yüklenmesinin tek pozitif düzenleyicileri olduğundan, ÖÇB yaralanmasının arka planında nöromüsküler aktivasyon ve diz biyomekaniği arasındaki ilişkiyi araştırmak çok önemlidir (Hu, Kim ve diğerleri, 2023).

Önceki çalışmalar, kas yorgunluğunun maksimum istemli kas kuvvetini ve iş kapasitesini azaltabileceğini (Gandevia, 2001) ve proprioseptif sistemi bozabileceğini, bunun da eklem stabilitesinde azalmaya katkıda bulunabileceğini ve hareket kontrolünü değiştirebileceğini (Miura ve diğerleri, 2004) ve duruş kontrolünü bozabileceğini (Bisson ve diğerleri, 2012; Brito ve diğerleri, 2012; Greig ve Walker-Johnson, 2007) göstermiştir. Bununla birlikte oluşacak olan yorgunluk altındaki performans değişiklikleri yaralanma riskini artırabilmektedir (Miura ve diğerleri, 2004).

Problem durumu / konunun tanımı

Badmintonda yapılan son çalışmalar müsabaka sırasında sporcuların yaşadığı olumsuzluklara neden olan konuları ve bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması ile birlikte performanstaki iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Badminton yüksek aerobik ve anaerobik kapasite gerektiren bir spor dalı olması sebebiyle yüksek efor istemektedir. Müsabaka sırasında puana ulaşmak için en önemli etkenin smaç olmasından kaynaklı sporcular sürekli smaç sıçraması yapmaktadır. Yapılan smaç sıçramalarının çoğunun backhand kortta ve tek bacak yere konma sağlanması ise sporcuların yaralanma riskini artırmaktadır. Bu sebeple literatüre katkı sağlaması amacıyla badminton sporcularında yorgunluğun backhand bölgesinde uygulanan başüstü forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğine etkisi incelenmek istenmiştir.

Araştırmanın amacı

Bu çalışmada yorgunluğun backhand bölgesinde uygulanan baş üstü forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmanın önemi

Elde edilen sonuçlar ışığında yorgunluk yaşayan badminton sporcularının backhand arka kort bölgesinde uygulamış oldukları baş üstü forehand smaç vuruşu sonrası alt ekstremité kinematiğinde fark olup olmadığını belirlemektir. Bu sayede müsabaka sırasında yorgunluğun alt ekstremité yaralanmalarındaki rolü ortaya koyulmuş olacaktır ve antrenörler ve sporculara müsabaka hazırlıkları aşamasında yol gösterici olacaktır.

Problem cümlesi

- Badminton’da yorgunluğun backhand bölgesinde uygulanan baş üstü forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğine etkisi var mıdır?

Alt problemler

- Yorgunluk sıçrama yüksekliğini düşürür mü?
- Yorgunluk kalça açısal hızını azaltır mı?

Hipotezler

H_0 : Badminton’da yorgunluğun backhand bölgesinde uygulanan baş üstü forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğine etkisi yoktur.

H_1 : Badminton’da yorgunluğun backhand bölgesinde uygulanan baş üstü forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğine etkisi vardır.

Bu araştırmada H_1 hipotezi kabul edilmiştir.

Varsayımlar / sayıtlılar

- Araştırmaya katılan sporcuların, alınan bütün performans testlerinde maksimum performanslarını gösterdikleri varsayılmıştır.
- Araştırmaya katılan sporcuların, algılanan zorluk derecelerine doğru cevap verdiği varsayılmıştır.
- Araştırmadan elde edilen tüm verilerin, güvenilir yöntemlerle toplandığı, amaca uygun ve doğruluğu varsayılmaktadır.
- Araştırmaya katılan sporcuların performans düzeylerinin birbirlerine yakın olduğu varsayılmıştır.

Sınırlılıklar

- Araştırma referans protokolü ve Air-BT yorgunluk protokolü ile sınırlandırılmıştır.
- İncelenen değişkenler, iç yük (algılanan zorluk derecesi) ve dış yük (sıçrama yüksekliği, doğrusal hız, kalça, diz ve ayak bileğine ait açısal değişiklikler) ile sınırlandırılmıştır.
- Katılımcıların 17 yaş altı, 19 yaş altı ve büyükler kategorisinde ilk 16 sporcu arasına girmiş olması, Türkiye Badminton Federasyonu'nda aktif olarak lisanslı sporcu olması sınırlılıklar arasındadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Badminton ve Oyun Yapısı

Badminton 19. Yüzyılın ortalarında Hindistan'da poona adıyla oynanmıştır. Birçok yönüyle badmintona benzeyen bu oyunu gören İngiliz subaylar 1860 yılında ülkelerinde getirmiş ve badminton kasabasında oynamışlardır. Bu sebeple bu sporun adı badminton olmuştur (Badminton Word Federation, 2020).

Kuralları ilk defa Boldwin tarafından belirlenen badminton sporunun Ann Jackson tarafından ilk resmi top ve saha ölçüleri belirlenmiştir (Araragı, 1995).

Badminton 1972 yılında Münih Olimpiyatları'nda ve 1988 Seul Olimpiyatları'nda gösteri sporu olarak, 1992 yılında ise Barcelona Olimpiyatları'nda olimbir bir spor olarak modern olimpiyatlar içerisinde yer almıştır (IOC, 2024).

Giderek daha iyi antrenman yöntemleri ve oyun analizleri buna bağlı olarak gelişen oyun yapısı ile birlikte son derece yüksek performanslar görülmektedir. 1980'lerin ortalarına kadar geniş açılı teknik hareketler ile vuruşlar ve bilek hareketleri standardın bir parçasıyken günümüzde en etkili vuruşlar rakibin tepki süresini azaltmak için kısa geri dönüşleri içermektedir. Bunun en iyi örneği günümüzde elit oyuncular hem tekler hem de çiftler maçlarında neredeyse her zaman backhand olarak gerçekleştirdiği kısa servistir (Brahms, 2014).

Oyunun amacı, raketle topa vurarak sahayı ortadan bölen 1.52 metre yüksekliğindeki filenin üzerinden topu karşı alana geçirmektir (Badminton Word Federation, 2020). Diğer bir amacı ise topu rakibin ulaşamayacağı veya zorlukla geri gönderebileceği yere atmaktır. Bu nedenle rakip sahanın köşeleri taktiksel olarak hedef alınması gereken noktalardır (Brahms, 2014).

2.2. Badminton'da Topa Vuruş Teknikleri

Badminton'da vuruş teknikleri dörde ayrılmaktadır. Bunlar ön kort vuruş teknikleri, orta kort vuruş teknikleri, dip kort vuruş teknikleri ve üst düzey vuruş tekniklerini içermektedir.

Ön kort vuruş teknikleri: Kendi içerisinde 3 vuruşu içermektedir. Bunlar: Net drop “ön korttan ön korta yapılan vuruştur amaç topun en kısa sürede file dibine topu düşürmektir”, netkill “ön korttan orta ve dip korta yapılan sert küt vuruşlardır ve topa sert vuruş sayesinde öldürücü vuruş olarak bilinir ve lop vuruş teknikleridir” ve lob “ön korttan dip korta yapılan vuruş tekniğidir ve amaç filenin altında alınan topu arka korta kadar uzaklaştırmaktır” vuruşlarını içermektedir (Turğut ve diğerleri, 2020)

- *Orta kort vuruş teknikleri:* Kendi içerisinde 6 vuruşu içermektedir. Bunlar forehand yüksek servis “orta korttan dip korta atılan ralliyi başlatan vuruştur”, backhand kısa servis “orta korttan orta korta atılan ralliyi başlatan vuruştur”, smaç “orta korttan orta veya dip korta yapılan sert, küt başüstü vuruştur puan almayı hedefler”, kısa savunma “hücumdan gelen bir topu bloke ederek kısa düşürmektir”, yüksek savunma “orta korttan dip korta yapılan vuruştur ve rakibin uzak olduğu dip korta atmak esastır” ve drive “orta korttan orta veya dip korta fileye yakın ve paralel gönderilen sert düz toplardır” vuruşlarını içermektedir (Turğut ve diğerleri, 2020).
- *Dip kort vuruş teknikleri:* Kendi içerisinde 2 vuruşu içermektedir. Drop-shut “dip korttan ön korta yapılan başüstü vuruş tekniğidir” ve clear “dip korttan dip korta yapılan başüstü vuruştur, hücum ve savunma iki çeşidi bulunmaktadır” vuruşlarını içermektedir (Turğut ve diğerleri, 2020).

Badminton maçları; tekler erkek-kadın, çiftler erkek-kadın ve karışık çiftler olmak üzere beş kategoride oynanmaktadır (Gülmez, 2007). Badminton sahası çiftler oyun sahasının toplam uzunluğu 13.400 metre, genişliği 6.100 metredir. Tekler oyun sahası ise toplam uzunluğu 13.400 metre, genişliği 5.180 metredir (Badminton Word Federation, 2020).

2.2. Biyomekanik

Biyomekanik, biyolojik sistemlerin mekanik prensiplerini inceleyen ve bu prensipleri mühendislik uygulamalarına adapte eden multidisipliner bir alandır. Bu disiplin, insan vücudu gibi canlı organizmaların yapısını, işlevini ve hareketini matematiksel ve fiziksel modeller kullanarak analiz eder. Biyomekanik çalışmalarında kullanılan temel prensipler arasında kuvvet analizi, hareket analizi, stres ve gerilme analizi, akışkan dinamiği gibi mekanik kavramlar bulunur. Bu prensipler, biyolojik sistemlerin davranışlarını anlamak ve

optimize etmek için kullanılan matematiksel modeller ve simülasyonlar üzerine kuruludur (Özkaya ve diğerleri, 2016).

Biyomekanik, çeşitli disiplinlerde geniş bir uygulama alanına sahiptir ve aşağıdaki başlıca alanlarda önemli katkılarda bulunmaktadır:

- **Hareket Biyomekaniği ve Spor Performansı:** Biyomekanik, insan hareketlerini analiz ederek sporcuların performansını artırmaya yönelik stratejiler geliştirir. Bu alan, spor ekipmanlarının tasarımından, sporcu tekniklerinin iyileştirilmesine kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır (Özkaya ve diğerleri, 2016). Spor biyomekaniği olarak da ifade edilmektedir.
- **Ortopedik Biyomekanik ve Rehabilitasyon:** İskelet sistemi, eklem mekanikleri ve protez/ortez tasarımı gibi konuları içeren ortopedik biyomekanik, yaralanmaların tedavisi ve fiziksel rehabilitasyon süreçlerinin optimize edilmesinde kullanılır (Mow ve Huiskes, 2005).
- **Doku Mühendisliği ve Biyomateryaller:** Biyomekanik ilkeleri, yapay doku ve organların oluşturulması, biyomateryal seçimi ve biyolojik sistemlerle uyumun sağlanması gibi konularda önemli rol oynar. Bu alan, organ nakilleri ve yeniden yapılandırma cerrahisi gibi tıbbi uygulamalarda büyük önem taşır (Lanza ve diğerleri, 2020).
- **Klinik Biyomekanik ve Tıbbi Cihaz Geliştirme:** Biyomekanik prensipleri, tıbbi cihazların tasarımında ve geliştirilmesinde kullanılır. Örneğin, kalp kapakçıkları, stentler ve diğer cerrahi aletlerin tasarımında biyomekanik analizler büyük önem taşır (Cowin, 2001).

2.2.1. Spor biyomekaniği

Spor biyomekaniği, spor performansının anlaşılması ve optimize edilmesi için kritik bir role sahip olan multidisipliner bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu disiplin, insan hareketlerinin mekanik prensiplerini inceleyerek sporcuların tekniklerini, verimliliklerini ve sakatlanma risklerini analiz etmektedir. Spor biyomekaniği çalışmaları, fiziksel aktivite sırasında vücuttaki kuvvet ve moment dağılımlarını, kas aktivasyonunu, eklem kinematiklerini ve kinetiklerini detaylı bir şekilde değerlendirir (Bartlett, 2014; Zatsiorsky, 2008).

Modern spor biyomekaniği araştırmaları, biyomekanik modellemeler, hareket analiz sistemleri ve ileri düzey veri analiz tekniklerini içermekte ve bu sayede sporcuların tekniklerini optimize etmek için bilimsel temelli yöntemler sunmaktadır (Blazevich, 2017; Winter, 2009). Özellikle yüksek performans sporcuları ve profesyonel takımlar için, spor biyomekaniği çalışmaları, antrenman programlarının tasarımında ve sporcuların performanslarının sürekli olarak değerlendirilmesinde hayati bir öneme sahiptir.

Ayrıca, spor biyomekaniği sadece performans iyileştirmeye odaklanmakla kalmaz, aynı zamanda spor yaralanmalarının önlenmesi ve rehabilitasyonunda da kritik bir rol oynar. Spor yaralanmalarının büyük bir kısmı, biyomekanik faktörlerin yanlış uygulanmasından veya yanlış hareket tekniklerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, spor biyomekaniği araştırmaları, sakatlanma risklerini azaltacak güvenli hareket prensipleri geliştirmek için önemli bir araç olarak kullanılır (Bartlett, 2014).

2.2.2. Mekanik ve kinematik

Mekanik, cisimlerin kuvvetler altında nasıl hareket ettiğini ve etkileşimlerini inceleyen bir fizik dalıdır. Mekanik katı cisim mekaniği, şekil değiştiren cisim mekaniği, akışkan mekaniği olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Spor mekaniği ise iskelet sistemi ile ilgilidir ve katı cisim mekaniği içerisinde incelenmektedir. Katı cisim mekaniği statik ve dinamik olarak ikiye ayrılmaktadır (Knudson, 2007).

Statik, Newton'un ikinci yasasına göre, bir cisim üzerine etkiyen net moment veya net kuvvet sıfır değilse, cisim doğrusal veya açısal ivmeye sahip olacaktır. Eğer net kuvvet ve net moment sıfırsa cismin ivmesi sıfır olur ve sonuğta, cismin hızı ya sabit ya da sıfır olur. İvme sıfır olduğunda cismin dengede olduğu söylenebilir. Ayrıca cismin hızı sıfırsa cisim dengededir veya hareketsizdir (Özkaya ve diğerleri, 2016).

Dinamik, hareket bilimidir. Ayrıca bu bilim kinematiği (hareketin karakteristik çalışması) ve kinetiği (hareketi etkileyen kuvvetler bilimi) birçok alt bölümlere ayrılmıştır. Kinematik ivme, hız ve yer değiştirmenin karakteristik hareketiyle ilgilenmektedir. Kinematik, hareketlerdeki değişikliği inceler, bir başka deyişle; hareketin karakteristiği üzerinde çalışır. Bu konular kinetiğin alanıdır. Dinamik, beden eğitimi ve tıp alanlarında çok önemli bir bilimdir. Biyomekanik araştırmalar, yürüyüş unsurlarının analizinde, çeşitli

becerilerdeki kas işlevlerinin analizinde, hareket eden bir vücuda hava ve su direncinin etkisi ve spor yaralanmalarındaki araştırmalarda, başlıca rolü oynar (LeVeau, 1991).

Mekanik, aşağıdaki temel kavramlardan oluşur:

Kuvvet: Kuvvet, bir nesnenin hareketini, hızını veya şeklini değiştirebilen bir etkidir. Sporcuların vücutlarına uygulanan kuvvetler, örneğin bir futbol oyuncusunun topa vurma kuvveti veya bir haltercinin kaldırdığı ağırlığın etkisi, performanslarını belirler (Nordin ve Frankel, 2006). Kütle ve ivmenin çarpılması ile elde edilmektedir. Birimi Newton olup N ile sembolize edilmektedir.

Moment (Tork): Moment, bir noktada uygulanan kuvvetin dönme etkisini ifade eder. Spor biyomekaniğinde, eklem momentleri sporcuların hareket kalitesi ve sakatlanma riskleri üzerinde önemli bir rol oynar. Örneğin, diz eklemindeki torsiyon momentleri, basketbol oyuncularının sıçrama ve yere konmalarında önemli bir faktördür (Nordin ve Frankel, 2006).

Hareket: Mekanik hareket, bir nesnenin konum, hız ve ivme değişimlerini inceleyen bir alanı kapsar. Spor biyomekaniğinde, hareket analizi sayesinde sporcuların teknik hatalarını veya performanslarını iyileştirmek için gerekli düzeltmeler yapılabilir (Winter, 2009).

Mekanik ve kinematik prensipleri, spor biyomekaniğinde performansın değerlendirilmesi ve geliştirilmesinde kritik bir rol oynar. Bu prensipler, aşağıdaki yollarla sporcular, antrenörler ve spor bilimciler için önem taşır:

Performans optimizasyonu: Mekanik ve kinematik analizler, sporcuların teknik hatalarını belirlemek ve performanslarını maksimize etmek için kullanılır (Blazevich, 2017).

Sakatlanma risklerinin azaltılması: Yanlış hareket teknikleri veya yüksek stresli hareketlerin neden olduğu sakatlanma risklerini değerlendirmek ve minimize etmek için mekanik ve kinematik bilgiler kullanılır (Bartlett, 2014).

Antrenman programlarının tasarımı: Spor biyomekaniği, sporcular için uygun antrenman programları ve egzersiz protokolleri geliştirmek için bilimsel temelli veriler sağlar (Zatsiorsky ve diğerleri, 2020).

Bu prensipler, sporcuların performanslarını geliştirmek ve uzun vadeli sağlık ve performansları için güvenli ve etkili bir ortam yaratmak için hayati öneme sahiptir.

2.2.3. Hareket analizi

Hareket analizi, sporcuların hareketlerini bilimsel yöntemlerle inceleyerek, teknik hataları belirlemek, performansı değerlendirmek ve sporcuların hareket kalitesini artırmak için kullanılan disiplinler arası bir alandır. Bu analizler genellikle biyomekanik prensipleri, kinematik ve kinetik ölçümler, video analizi ve ileri teknolojik araçlarla desteklenir. Hareket analizi, aşağıdaki alanlarda önemli işlevlere sahiptir:

Performans Değerlendirmesi: Sporcuların hareketlerinin objektif bir şekilde değerlendirilmesi ve performanslarının nicel ve nitel analizi için kullanılır (Knudson, 2007)

Teknik Hataların Belirlenmesi: Sporcuların teknik hatalarını ve bu hataların performansları üzerindeki etkilerini ortaya koymak için hareket analizi kullanılır (Hrysomallis, 2007).

Sakatlanma Risklerinin Azaltılması: Yanlış tekniklerin veya biyomekanik olarak stresli hareketlerin sakatlanma riskini artırabileceği bilinmektedir. Hareket analizi, bu riskleri minimize etmek için uygun teknik düzeltmelerin yapılmasına yardımcı olabilir (Fortenbaugh ve diğerleri, 2009).

Antrenman Programlarının Tasarımı: Sporcuların güçlenme, koordinasyon ve esneklik gibi fiziksel özelliklerini geliştirmek için uygun antrenman programlarının tasarımı hareket analizi verileri kullanılır (Knudson, 2007).

Rehabilitasyon ve Performans İyileştirme: Sakatlık sonrası rehabilite süreçlerinde, hareket analizi, sporcuların doğru teknikleri tekrar kazanmalarına ve eski performans seviyelerine dönmelerine yardımcı olabilir (Fleisig ve Kwon, 2016).

2.2.4. Badminton'da smaç vuruşunun biyomekaniğı

Badminton'da bulunan teknik hareketlerin biyomekanik analizinde en çok kullanılan teknik smatır. Smaç rakibin sahasına raketle topu yukardan aşığıya olacak şekilde tüm g ile vurarak gerçekleştiren başüstü bir harekettir. Bu vuruş atak vuruşu olarak tanımlanır ve doğrudan sayıyı kazanmayı amaçlar (Hong ve diğerleri, 2014). Optimum smaç performansı, kinetik zincir hareketi olarak bilinen bir dizi uyumlu hareket serisinde çalışan vct bölümlerinin çeşitli hareketlerine bağlıdır (Valdecabres ve diğerleri, 2020).

Badminton'da smaç biyomekaniğı ile ilgili raketin ve sporcunun hareketine ilişkin yapılan araştırmalar bulunmaktadır. Bunlar, sıçrama yüksekliği, st ekstremitede sıçrama sırasında el bileği, dirsek, omuz ve gövdede meydana gelen açısal ve doğrusal değişiklikler, alt ekstremitede ayak bileği, diz ve kalça eklem hareketlerinin açısal ve doğrusal değişiklikleri, ayak taban basıncı, sporcunun ve raket kolunun hızına ilişkin araştırmalar, smaç mekaniğı ve yaralanmalar da dahil olmak üzere birçok alanı kapsamaktadır (Bingqi ve Zhiqiang, 2007; King ve diğerleri, 2020; Li ve diğerleri, 2017; Miller ve diğerleri, 2020; Ramasamy ve diğerleri, 2019, 2021, 2022; Rusdiana ve diğerleri, 2021; Towler ve diğerleri, 2021; Zhang, 2020).

Smaç vuruşu sırasında raket hızının en st düzeye çıkmasında iki faktör hkimdir. Bunlar raket kolunun açısal hızı tarafından belirlenen ileri salınım hızı, kinematik zincir ve bu kinematik zincirin uzunluğudur. Temel fizik açısından, herhangi bir açısal hızda, tamamen uzatılmış (daha uzun) bir kol, bükülmüş bir koldan daha yüksek raketle hız üretecektir. Bu yüzden oyuncular, genel olarak raketle mümkün olduğu kadar yükseğe sıçrar ve raketle uçuşunu kontrol etmek için vcdun biraz önünde, kol tamamen uzatılmış biçimde (topla temas halinde dirsek dzleştirilmelidir) olur (Zhang ve diğerleri, 2016). Buna ek olarak el bileği ekleminin yapacağı avuç içi fleksiyon da vuruşun daha hızlı olması açısından %20 oranında katkıda bulunmaktadır. Tüm bu kinematik faktörler sporcunun yorgunluk seviyesine göre değişmekle birlikte yorgun olmayan sporcularda raket hızı ortalama 188 ± 3.5 km/s olarak bulunmuştur (Rusdiana, 2020b).

Bu vuruşlarda ihtiyaç duyulan gücü minimum enerji maliyetiyle üretmek için, oyuncular sıralı bir proksimo-distal eklem hareketi (Thomas ve Wolf, 2007) ile hız ekleme avantajından yararlanır. Koordinasyon için yerden alt uzuvlara (Ismail ve diğerleri, 2012;

Rambely ve Abas, 2008) ve üst uzuvlara (Ariff ve Rambely, 2008; Strohmeyer ve diğerleri, 2009) kuvvet üretir. İlk olarak kalçanın geriye rotasyonu sırasında intervertebral eklem ters yönde dönebilir (Gowitzke ve diğerleri, 1987). Üst kol, omuzda vuruş yönüne doğru yanal bir dönüş başlatır (Cingel ve diğerleri, 2007). Ayrıca dirsek fleksiyonu ve radyo-ulnar supinasyon başlar. Omuzda medial rotasyon başlar, ardından dirsek ve radyo-ulnar aktive olur ve radyo-ulnar pronasyon meydana gelir. Önkol rotasyonu pronasyon (forehand) ve supinasyondan (backhand) ve nadiren de el bilek aldatmasını kullanır (Ariff ve Rambely, 2008; Rambely ve Abas, 2008; Waddell ve Acaster, 2000).

Soubeyrand ve arkadaşları (2017) el bileği fleksiyonu, önkol pronasyonu ve üst kol rotasyonunun biyomekanik hareket prensipleri ile kombinasyonu, badmintonunda maksimum smaç kuvveti ile sonuçlanabileceğini vurgulamıştır. Biyomekanik ilkeleri kullanarak maksimum güç, hız ve doğrulukta bir smaç üretmek rakibi zor pozisyonlara düşürmek ve sayı kazanmak için etkili bir yöntemdir (Gomez ve diğerleri, 2019).

2.2.5. Yere konma mekaniği

Sıçrama sonrası yere konma kas-iskelet sistemi açısından yüksek bir çaba gerektirdiğinden sıçrama sonrası bozulmuş yere konma ile alt ekstremitte yaralanmaları arasındaki ilişkiyi araştırmak için çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Bleecker ve diğerleri, 2020; Hewett ve diğerleri, 2009).

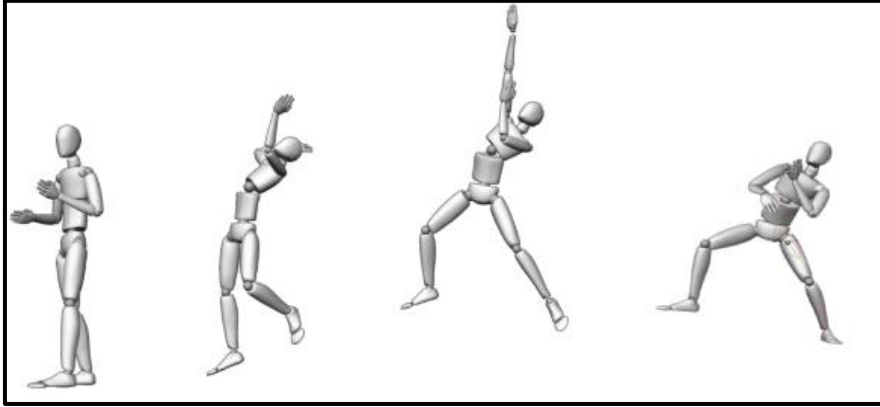
Alt ekstremitte kas aktivitesi modellerini ele alan çalışmalarda, yere konma görevinin gerçekleştirilmesi sırasında erkekler ve kadınlar arasında nöromüsküler kontrolde cinsiyet farklılıkları vardır. Kadınlar, antagonist kasına (hamstring) kıyasla daha güçlü quadriceps aktivitesi sergiler ve bu quadriceps aktivasyon stratejisi, daha küçük diz açılarında diz ön kayma kuvvetlerini artırabilir (Beaulieu ve Lamontagne, 2009; Dwyer ve diğerleri, 2010). Benzer şekilde, lateral yere konma görevi sırasında kadınlarda erkeklere kıyasla artan veya dengesiz gastrocnemius aktivitesi, dizini elverişsiz bir pozisyona sokar ve bu aktivasyon stratejisi ÖÇB'de daha fazla stres ve zorlanmaya neden olabilir (Beaulieu ve Lamontagne, 2009; Landry ve diğerleri, 2007; Saxby, 2020) Ayrıca, kadınlarda gluteal kas (gluteus maximus ve gluteus medius) aktivitesinin kontrolündeki cinsiyet farklılıkları, erkeklere kıyasla diz eklemünde frontal düzlem instabilitesi olasılığını artırabilir, diz yükünü

artırabilir ve böylece ÖÇB yaralanması riskini artırabilir (Llurda-Almuzara ve diğerleri, 2021).

Bu bağlamda yorgunluğun altta yatan mekanizmasını daha iyi anlamak için, önceki sistematik incelemeler ile yorgunluğun alt ekstremite yaralanma riski açısından nedenleri araştırılmalı sonrasında alt ekstremite sıçrama sonrası yere konma biyomekaniği üzerindeki etkisine odaklanılmalıdır (Barber-Westin ve Noyes, 2017; Benjaminse ve diğerleri, 2019; Jayalath ve diğerleri, 2018; Santamaria ve Webster, 2010)

2.2.6. Badminton'da tek bacak yere konma biyomekaniği

Temassız ÖÇB yaralanmalarında en yaygın ÖÇB yaralanmaları sıklıkla sportif faaliyet sırasında ani, yön değiştirmeler ve tek bacak yere konma sırasında meydana gelmektedir (Michaelidis ve Koumantakis, 2014). Bu hareketler badminton'da uygulanan temel hareket kalıplarıdır. Ancak badminton'da diz yaralanmalarına çok az dikkat edilmektedir (Kimura ve diğerleri., 2012a). Bunun sebebi ise badmintonun yaralanma riskinin daha düşük olduğuna inanılmasıdır (Lees, 2003). ÖÇB yaralanmaları ağırlığın çoğunun ya da tamamının tek ayağa kaydırılmasıyla meydana gelir (Olsen ve diğerleri, 2004; Sun ve diğerleri., 2016). Badminton'da tek bacak yere konma direkt olarak diz yaralanmalarıyla ilişkilidir. Çünkü tek ayakla yere konma sırasında her iki cinsiyet için de dominant bacak şoku absorbe etmektedir (Decker ve diğerleri, 2003). Epidemiyolojik çalışmalar badminton'da en sık ÖÇB yaralanmalarının baş üstü smaç sonrası tek bacak yere konma sırasında olduğunu göstermiştir (Kimura ve diğerleri, 2010). Ayrıca, en son bulgular, baş üstü vuruşlardan sonra yapılan tek ayakla yapılan konmaların (520) tüm badminton oyunu etkinliklerinin yaklaşık %21.07'sini (2468) oluşturduğunu, bunların yaklaşık yarısının arka sahaya tek ayakla yapılan yere konmalar olduğunu (221) ortaya çıkardığı ve bunun da yüksek diz yaralanma oranıyla ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Sasaki ve diğerleri, 2018).



Şekil 2.1. Badminton backhand arka kortta forehand smaç tekniği sırasında tek bacak yere konma (Hu, Zhang ve diğerleri, 2023)

2.2.7. Badmintonda alt ekstremitte yaralanmaları

Badminton yaralanma riski düşük bir spor olarak kabul edilmektedir. Buna rağmen oyuncuların dezavantajlı postural pozisyonlarda bile güç üretmesi gerektiği için yaralanmalar ortaya çıkmaktadır (Goh ve diğerleri, 2013). Dezavantajlı postural pozisyonlar ise çoğunlukla müsabaka sırasında oluşmaktadır. Bu sebeple sporcular müsabaka sırasında antrenman sezonundan daha fazla yaralanmaktadırlar (Jorgensen ve Winge, 1990). Ortaya çıkan yaralanma mekanizmasını anlamak ve yaralanmayı önlemek için ise oyunun durumu, sporcunun pozisyonu ve tüm vücut eklem biyomekaniği önemli bileşenlerdir (Bahr ve Krosshaug, 2005).

Badminton sıçramalar, hamle adımları ve yön değişikliklerinin olduğu yüksek yoğunluklu bir spordur (Kimura ve diğerleri, 2010; Madsen ve diğerleri, 2015; Shariff ve diğerleri, 2009). Önceki araştırmalar, badmintonda alt ekstremitte yaralanmalarının çoğunun arka korttaki backhand vuruşlarından sonra meydana geldiğini bulmuştur (Kimura ve diğerleri, 2012b). Yaralanmaların %70'inin alt ekstremitede geriye kalan %30'unun ise düşme, kayma, yere konma ya da diğer oyuncularla çarpma sebebiyle ortaya çıktığını bildirmişlerdir (Hensley ve Paup, 1979; Kroner ve diğerleri, 1990; Reeves ve diğerleri, 2015). Yaralanmalar en sık alt ekstremitede dizde (%43) ortaya çıkmaktadır (Shariff ve diğerleri, 2009). Bunu omurga, ayak bileği eklemi, quadriceps ve hamstring yaralanmaları takip etmektedir (Goh ve diğerleri, 2013; Miyake ve diğerleri., 2016; Yung ve diğerleri, 2019).

Araştırmalar badminton'da sporcuların yaralanmaları akut, aşırı kullanıma bağlı ve tanımlanamayan sebeplerden kaynaklı olmak üzere 3 başlıkta incelenmektedir. Bu yaralanmaların yaklaşık %75'i akut, %25'i aşırı kullanıma bağlı iken %1'e yakını ise tanımlanamayan sebeplerden kaynaklanmaktadır. Akut yaralanmalarda tendon ve kaslarda oluşan yırtık ve kopmalar tüm bu yaralanmaların %63'ünü oluşturmaktadır. Aşırı kullanıma bağlı yaralanmalarda ise en sık apofizit (%9.5) görülmektedir (Goh ve diğerleri, 2013). Buna ek olarak ayak bileği burkulmaları, aşıl tendon kopmaları ve ön çapraz bağ yaralanmaları da sık görülmektedir. Ayak bileği burkulmasının en sık görülen yaralanma olduğunu, Avrupa'daki tüm alt ekstremitte yaralanmalarının %33 ila %49'unu oluşturduğu Herbaut ve diğerleri (2018) tarafından görülmüştür.

Bununla birlikte aşıl tendon (AT) kopmaları da yere konma ve yön değiştirmelerin olduğu badminton'da sık görülmesi nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Kaldau ve diğerleri, 2022). Danimarka'da yapılan bir çalışmada badminton oyuncularının AT kopmalarının çoğunun, kortun arka çizgisine yakın olan, ağırlığı taşıyan tek ayakla yere konma sırasında meydana (Şekil 2.2.) geldiği görülmüştür (Kaalund ve Lass, 1989). AT kopmalarının sıklıkla yere konma aşamasında nötral ayak bileği pozisyonuyla ilişkili olduğunu ve bunun da AT üzerinde artan bir yüke yol açabileceğini göstermektedir (Kaldau ve diğerleri, 2022).



Resim 2.1. Ayak bileğinin yere konma esnasında nötral pozisyonu

Ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanması genç sporcular arasında en sık görülen ve en ciddi diz yaralanmalarından biridir (Alentorn-Geli ve diğerleri, 2009).

2.2.8. Badminton'da smaç vuruşu ve yere konma biyomekaniği ile ilgili yapılan çalışmalar

Badminton'da başüstü vuruş teknikleri drop, clear ve smaç olmak üzere üçe ayrılır (Awatani ve diğerleri, 2018). Ayrıca başüstü smaç vuruşu da ayakta ve sıçrayarak olarak ikiye ayrılmaktadır (Phomsoupha ve Laffaye, 2014). Badminton müsabakalarında smaç, sayı kazanmanın en etkili yoludur (Park ve diğerleri, 2017).

Literatüre baktığımızda badminton'da smaç vuruşu ile ilgili yapılan araştırmalar hareket analizi (Alcock ve Cable, 2009; Baharuddin, 2010; Hung ve diğerleri, 2020; Hung ve diğerleri, 2020; Ramasamy ve diğerleri, 2022; Rusdiana ve diğerleri 2021; Subarjah ve diğerleri, 2020) ve yaralanmaları (Fahlstrom ve diğerleri, 1998; Herbaut ve diğerleri, 2018; Herbaut ve Delannoy, 2020; Kimura ve diğerleri, 2010, 2012a; Reeves ve diğerleri, 2015; Shariff ve diğerleri, 2009) içermektedir. Bununla birlikte smaç tekniği sonrası yere konmayı içeren araştırmalar da bulunmaktadır. Bu araştırmalar daha çok alt ekstremit (kalça, diz ve ayak bileği) kinematik özelliklerini ve müsabaka sırasında ortaya çıkan yorgunluğu değerlendirmeye alarak yapılmıştır (He, 2022; Herbaut ve Delannoy, 2020; Le Mansec ve diğerleri, 2020; Lin ve diğerleri, 2023; Rusdiana ve diğerleri, 2023; Valdecabres ve diğerleri, 2022; Zhang, 2020).

2.3. Badminton'da Smaç Tekniği

Badminton'da rakibe üstünlük sağlamak için birçok teknik ve taktik element vardır (Abian-Vicen ve diğerleri, 2017). Bu teknik elementlerden biri smaç vuruşudur. Smaç tekniği forehand ve backhand olarak ikiye ayrılmaktadır ve bu vuruşlar ayakta ya da sıçrayarak yapılmaktadır (Abián ve diğerleri, 2017).

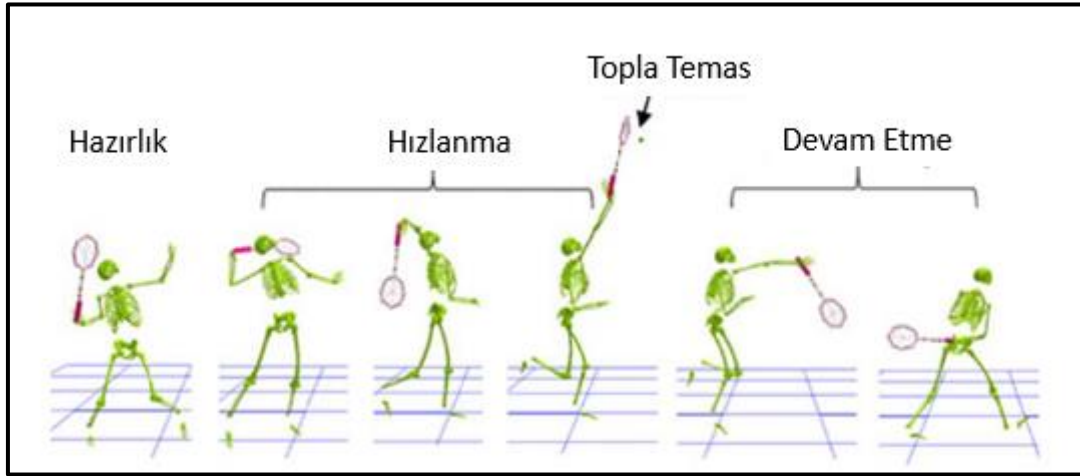
2.3.1. Badminton'da smaç teknikleri ve önemi

Sporcu sıçrayarak smaç vurduğunda rakibin reaksiyon süresini azaltır, topa dik bir uçuş yolu sağlar. Bunun sonucu olarak da doğrudan bir sayı kazanmayı ya da rakibi hata yapmaya zorlayan bir vuruş yapmasını sağlar. Bununla birlikte smaç isabetli olmalı ve sayı kazandırılmalıdır, aksi takdirde beklenmedik bir şekilde ralli rakip tarafından geri dönerse ve sporcu aynı anda yere konarsa sahanın arka çizgisinden ortaya ulaşması zorlaşır ve sayı

kaybedebilir (Abian-Vicen ve diğ erleri, 2017; Brahms, 2014). Badmintonda smaç vuru u, bacakların, omuzların ve kol kaslarının gücünü, bileklerin esnekliğini ve ayrıca vücut hareketlerinin uyumlu olarak koordinasyonunu gerektirir (Li ve, 2017). Badmintonda forehand smaç vuru u, değişen vücut kütle merkezini korumak, gövde rotasyonu ve üst ekstremit  rotasyonunu aynı anda gerçekleştirmek için eklem koordinasyonu ve denge yeteneği gerektiren temel ve en tipik beceri olarak kabul edilir (Grice, 2008; Lo ve Stark, 1991).

2.3.2. Badmintonda smaç tekniğinin safhaları

Smaç tekniğini optimize etmek için gerekli olan çeşitli unsurlar vardır. Etkili bir ba  üstü smaç vuru u için, hazırlık, hızlanma (geri savurma ve ileri savurma), topa vuruş ve devam etme gibi her hareket dizisi için biyomekanik ilkeler bulunmaktadır (Abi n ve diğ erleri, 2017; King ve diğ erleri, 2020; Miller ve diğ erleri, 2020; Z. Zhang ve diğ erleri, 2016; Zhou ve diğ erleri, 2022). Daha eski kaynaklarda ise hazırlık, hızlanma ve devam etme olarak geçmektedir (Brahms, 2014). Bu safhalar hem ayakta hem de sı ıyarak smaç vuru u için geçerlidir (Jaitner ve Gawin, 2010).



Şekil 2.2. Badmintonda smaç safhaları (Zhang ve diğ erleri, 2016)

Hazırlık safhası

Hazırlık aşaması, yaklaşık olarak bir saniyenin dörtte     kadar sürer. Ağırlık merkezi, baskın bacağın hafif arka ve yan yöne hareket ettirilmesiyle dominant ayağa alınır (Zhou ve diğ erleri, 2022). Sporcu vücut kütlesini clear vuru unda olduğu gibi dominant olmayan

tarafından dominant olan ayağa doğru kaydırır (Brahms, 2014). Omuz geriye uzatılır ve addüksiyona getirilir. El bileği raket başının yukarı bakacak şekilde uzatılır. Raket kafası yukarıyı gösterecek şekilde uzatılır. Oyuncu rakete bakar ve hedef almak için sol elini topun geldiği yöne uzatır. Ardından raketle vurmak için raketini geri çeker. Denge duruşunu sürdürmek için non-dominant eli rakete doğru işaret eder. Vücudun pozisyonu, omuz üzerinde iki kolu gererek, her iki bacağı omuz genişliğinde açarak ve sabit bir ağırlık ve kütle merkezi oluşturmak için her iki dizini hafifçe bükerek dengelenmelidir (Rota ve diğerleri, 2014).



Resim 2.2. Sporcunun smaç hazırlık safhası

Hızlanma

Hızlanma, geri ve ileri salınımdan oluşan oldukça dinamik bir aşamadır. Hızlanma safhasında vuruşun etkili olması için önemli iki faktör vardır; geri ve ileri dönüş aşamasının uygun şekilde uygulanmasıdır. Hızlanma aşaması, bir geri salınım ve ardından bir ileri salınımdan oluşur. Bu iki bileşen raket başının geri dönüşün sonunda en düşük noktaya ulaşmasıyla sınırlandırılmıştır. Bundan sonra raket başı takip aşamasının başladığı raketle çarpma noktasına kadar ileri doğru hareket eder (Z. Zhang ve diğerleri, 2016). Bu aşamada sporcular raketle vuruş anına kadar gövde rotasyonu, ağırlık merkezi değişimi, raket kolunu geriye almayı, omuz addüksiyonunu, sorunsuz ve eş zamanlı olarak kinematik zincire uygun bir şekilde uygular (Zhou ve diğerleri, 2022). Gövde rotasyonu yapan sporcularda daha fazla pelvik toraks ayrımına sahip sporcuların daha hızlı smaç vurduğunu tespit edilmiştir (King ve diğerleri, 2020; Z. Zhang ve diğerleri, 2016).

Geri salınım safhası

Bu safha bazı kaynaklarda hızlanma ya da ivmelenme olarak da geçmektedir (King ve diğerleri, 2020; Miller ve diğerleri, 2020; Z. Zhang ve diğerleri, 2016; Zhou ve diğerleri, 2022). Oyuncu yana doğru dönerek geriye doğru hamle yapar ve vücudunu da geriye hareket ettirir (Brahms, 2014). Geri dönüş aşamasında, yük geriye doğru hareket ettirildiğinde, ağırlık merkezini geri dönüş konumuna hareket ettirmek için gövde bacaklarla itilmelidir. Bundan sonra, daha yüksek bir hız ve ileri vuruş ivmesi için en uygun momentumu sağlamak için raket kolu mümkün olduğunca geriye doğru getirilmelidir (Rusdiana, 2020b). Bu pozisyon sıçramadan önceki en düşük diz açısına sahip ve raket başının en altta olduğu noktadır (Ramasamy ve diğerleri, 2021). Raket geri savurma safhasında en düşük noktasındayken daha esnek bir dirsek pozisyonu sağlar ve smaç sırasında raket daha yüksek hızlara ulaşır (Miller ve diğerleri, 2020).



Resim 2.3. Sporcunun geri salınım safhası

İleri salınım safhası

Bu evre bazı kaynaklarda hızlanma(ivmelenme) evresine dahil edilmektedir (King ve diğerleri, 2020; Ramasamy, 2021). İleriye savurma hareketinin optimal hızı meydana gelen eylemsizlik momentine bağlıdır. Raket kafasının mesafesi kalçalara daha yakın olmalıdır, raket kolunun vücudun arkasındaki konumu ne kadar uzaksa oluşturulan momentum ve açısal hız o kadar büyük olur. Bu prensibin uygulanması, bir dizi küçük kas hareketini

takip eden büyük kas hareketlerini dâhil ederek topla temas noktası sırasında kesinlikle daha büyük bir kuvvet toplamını artıracaktır (Maeda ve diğerleri, 2017).



Resim 2.4. Sporcunun ileri salınım safhası

Topla temas

Hazırlıktan vuruşa, biceps brachii, triceps brachii, ekstansör carpi radialis ve fleksör carpi ulnaris gibi üst ekstremite kasları aktive edilir. Vuruş fazından önce sabit bir zamanda, triceps brachii, ekstansör carpi radialis, fleksör carpi ulnaris ve trapeziusta elektromiyografik amplitüd tepe noktası oluşur (Sakurai ve Ohtsuki, 2000).

Hamle adımı evresi sırasında vücut ağırlığı sağ (dominant) ayak üzerindedir. Vuruş yapılırken sağ diz bükülür ve geri adımdan sonra tekrar düzleştirilir. Sporcu yükseğe sıçrar. Sağ dirsek (dominant) geri çekilir, sol el denge ve hedef almak için raketle yukarıyı gösterir. Vuruş aşamasında sağ kalça ve sağ omuz çok hızlı ileri doğru döndürülür. Sıçrama sırasında vücut gerilmiş bir yay gibi gerilir. Vücuttaki bu gerginlik, hızlı ve güçlü bir vuruş eylemiyle dağılır. Sağ ön kol içe döner, ardından el fleksiyona getirilir. Raketle, vücudun önündeki en yüksek noktasından vurulur (Brahms, 2014). Vuruş sırasında raket önce geriye daha sonra ileriye salınım yapar (Kwan ve Rasmussen, 2008).



Resim 2.5. Sporcunun topla temas anı

Devam etme

Vuruştan sonra fazla momentumu dağıtmak için sporcular arka ayakla ön ayağı yer değiştirirken raketi çapraz tarafa doğru geçirerek aşırı hızlanmayı azaltmak için takip aşamasını gerçekleştirir (Brahms, 2014; Grice, 2008; Z. Zhang ve diğerleri, 2016).

Smaç vurulduğu anda raket kolu aşağı doğru çekilir. Smaç, rakibin oyun sahasının önüne mümkün olduğu kadar yakın bir yere konmalıdır. Fileye iyi bir açı sağlamak için rakete mümkün olduğu kadar yüksekte vurulmalıdır (Brahms, 2014). Oyuncu sol ayağıyla yere konar ve bu ayağı ile hemen ileri doğru hareket etmeye başlayabilir (Brahms, 2014).



Resim 2.6. Sporcunun topla temas sonrası devam etme safhası



Resim 2.7. Backhand arka kortta forehand smaç vuruşu

Sporcu monitorizasyonu

Sporcu monitorizasyonu, modern spor bilimlerinin en önemli bileşenlerinden biridir. Bu uygulama, sporcuların antrenman yüklerinin ve fizyolojik tepkilerinin sürekli olarak izlenmesini içerir. Doğru bir monitorizasyon, sporcuların performanslarını optimize etmelerine ve sakatlık risklerini minimize etmelerine olanak tanır (Halsen, 2014).

Sporcu monitorizasyonu, antrenman programlarının bireysel ihtiyaçlara göre uyarlanmasını sağlar. Foster ve arkadaşları (2001), sporcuların iç ve dış yüklerinin düzenli olarak izlenmesinin, antrenmanların etkinliğini artırmada kritik bir rol oynadığını

belirtmişlerdir. Bu sayede, sporcuların antrenman yükleri, onların fizyolojik kapasitelerine ve adaptasyon süreçlerine uygun bir şekilde ayarlanabilir.

Günümüzde, sporcu monitorizasyonu için birçok ileri teknoloji kullanılmaktadır. GPS cihazları, kalp atış hızı monitörleri ve ivmeölçerler, sporcuların fizyolojik verilerini toplamada önemli araçlardır. Akenhead ve Nassis (2016), bu teknolojilerin antrenman yükünü daha doğru bir şekilde ölçmede ve yönetmede önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, algılanan zorluk derecesi (AZD) gibi subjektif değerlendirme araçları da sporcuların iç yüklerinin izlenmesinde kullanılmaktadır (Borg, 1982).

Sporcu monitorizasyonu, performans optimizasyonu ve sakatlık önleme stratejilerinin temel taşlarından biridir. Düzenli ve doğru bir monitorizasyon, antrenmanların bireysel ihtiyaçlara göre uyarlanmasına, aşırı yüklenme ve sakatlık risklerinin azaltılmasına ve teknolojinin etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanır. Sporcuların performanslarını en üst düzeye çıkarmak ve sağlıklarını korumak için monitorizasyonun önemi yadsınamaz (Halsen, 2014).

İç yük: İç yük, sporcuların fiziksel ve psikolojik yanıtlarını ifade eder. Bu, kalp atım hızı, kan laktat düzeyi, kas glikojen depoları, hormon seviyeleri ve AZD gibi biyolojik ve psikolojik göstergelerle ölçülebilir. İç yük, bireysel farklılıklar gösterir ve aynı dış yüklemeye maruz kalan sporcular arasında bile değişiklik gösterebilir (Foster ve diğerleri, 2001).

Dış yük: Dış yük, sporcuların yaptığı fiziksel aktivitenin objektif ölçülerini ifade eder. Bu, koşu mesafesi, hız, ağırlık kaldırma miktarı, sıçrama yüksekliği gibi belirli fiziksel parametrelerle ölçülür. Dış yük, antrenörler tarafından kolayca kontrol edilebilir ve programlanabilir. Antrenman şiddeti ve hacmi genellikle dış yükün bileşenleri olarak kabul edilir (Halsen, 2014).

İç ve dış yük kavramları birbiriyle ilişkili ancak birbirinden bağımsızdır. Aynı dış yük, farklı bireylerde farklı iç yük tepkilerine neden olabilir. Bu nedenle, sadece dış yükü izlemek yeterli olmayabilir; iç yükü de göz önünde bulundurmak gereklidir (Impellizzeri ve Marcora, 2009). Antrenman planlamasında iç ve dış yükün dengeli bir şekilde

yönetilmesi, sporcuların performanslarının artırılması ve sakatlık risklerinin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir.

İç ve dış yük kavramları, sporcularda performans optimizasyonu ve sakatlık önleme stratejilerinin temel taşlarındandır. İç yük, bireysel farklılıkları göz önünde bulundururken, dış yük ise antrenmanın objektif ölçülerini ifade eder. Her iki yük türünün dengeli bir şekilde yönetilmesi, sporcuların performansını artırmada ve sakatlık risklerini minimize etmede kritik bir rol oynar (Halsen, 2014).

2.4. Yorgunluk

Yorgunluk fizyolojik anlamda maksimum kuvvet üretme kapasitesinin kaybı, egzersiz sırasında kasın gönüllü aktivasyonunda kademeli bir azalma ve uzun süreli aktiviteden sonra bir kasın, organın vb. verimliliğinde azalma gibi anlamlara gelmektedir (Phillips, 2015).

2.4.1. Kas yorgunluğu

Yorgunluk çeşitli olası mekanizmalara sahip çok yönlü bir olgudur. Aslında sıklıkla kullanılan deneysel modele veya bunların meydana geldiği koşula bağlı olarak, yorgunluğun bir takım farklı tanımları mevcuttur. Phillips (2015)'e göre spor bilimlerinde egzersiz ve spor yorgunluğu araştırmalarındaki asıl sebep tek bir yorgunluk tanımı üzerinde anlaşamamış olmalarıdır. Bu yüzdendir ki yorgunluğun çok fazla tanımı bulunmaktadır (Bainbridge, 1923; Hill, 1926; Kallenberg ve diğerleri, 2007; Merton, 1950; Mosso, 1915). Genel anlamda yorgunluk, vücudun belirli bir işlev seviyesini veya önceden belirlenmiş bir egzersiz yoğunluğunu sürdürememesi anlamına gelir (Zhang, 2020). Yorgunluğun bir çok sebebi vardır. Bunlardan bazıları patolojik yorgunluk, fizyolojik yorgunluk ve psikolojik yorgunluktur (Merdan, 2016).

Yorgunluğun ana mekanizması, merkezi yorgunluk mekanizmasıdır (merkezi sinir hücrelerinin enerji tüketimi vücut canlılığında azalmaya yol açar) ve periferik yorgunluk mekanizmasıdır (periferik hücre içi ve hücre dışı sıvılardaki değişiklikler kas çalışma yeteneğinde azalmaya yol açar). Zamana göre akut yorgunluk ve kronik yorgunluk olarak ayrılabilir ve ayrıca konuma göre uzun süre yüksek performans yarışığında veya

antrenman yaptığında, sporcuların organ fonksiyonları geçici olarak azalacaktır ve bu da egzersiz kaynaklı yorgunluğa yol açacaktır. Egzersiz kaynaklı yorgunluk, akut, yaygın bir yorgunluktur (Duclos ve diğerleri, 2012).

2.4.2. Kadın ve erkeklerde kas yorgunluğu

İskelet kası yorgunluğu yirminci yüzyılın başlarından beri fizyologların dikkatini çeken bir konu olmuştur (Giulio ve diğerleri, 2024). Ancak yorgunlukta cinsiyetlerin rolünün özel olarak incelenmesi Petrofsky'nin (1975) araştırmaları ile başlamıştır. Önceki araştırmalar, kadın sporcuların ÖÇB yaralanmalarına yakalanma sıklığının erkeklerden yaklaşık 2-6 kat daha fazla olduğu görülmüştür (Ryan ve diğerleri, 2014; Sutton ve Bullock, 2013).

2.4.3. Yorgunluk ve antrenman

Yorgunluk izometrik kasılmalarda kastaki kuvvet üretiminin baskılanması olarak ifade edilmektedir. Dinamik kasılmalarda ise kasın ürettiği kuvvetin ve kasılma hızının azalması olarak tanımlanmaktadır (Baechle ve Earle, 2008; Wilmore ve diğerleri, 2004).

Yorgunlukla ilgili çalışmalarda ortaya çıkan performans kaybının, merkezi sinir sisteminin bir unsuru olarak değerlendirilen nöral ağın herhangi bir aşamasında ve/veya sinir kas kavşağında meydana gelen değişikliklerden oluşabileceği gibi, iskelet kas hücresinin kontraktıl sürecini etkileyen bir olumsuz değişiklikten kaynaklanabileceği gösterilmiştir. Bu bilgilerin ışığı altında tanımlamanın daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla nöral ağlardaki değişiklikler ile oluşturulan yorgunluğa merkezi, kas hücresinde meydana gelen değişiklikler sonrası oluşan performans kaybına ise periferik yorgunluk adı verilmiştir.

- **Merkezi yorgunluk:** Merkezi yorgunlukta motor kortekste aktivasyon azalması, α -motor nöron aktivitesinin baskılanması, sinaptik iletimde nörotransmitter salınımındaki düşüş veya motor sinir boyunca aksiyon potansiyeli (AP) deşarj frekansındaki azalma etken olarak tartışılmaktadır. Kaslardan ve eklemlerden kaynaklanan ağırlı afferent impulslar sporcuların kazanma ve yarışa devam etme isteğini olumsuz etkilemektedir. Nöral iletimde meydana gelen olası fizyolojik değişikliklere ek olarak, sporcunun yarışma arzusunu olumsuz etkileyebilecek psikolojik direnç azalması performansta

azalmaya neden olabilir (Allen, 2004; Gibson ve Noakes, 2004; Williams ve Ratel, 2009).

- Periferik yorgunluk: Periferik yorgunluk kasılma özelliğini etkileyen ve doğrudan kasın kendisinden kaynaklanan etkenler tarafından oluşturulmaktadır. Periferik yorgunluk konusunda yapılan çalışmalarda fiziksel aktivite sırasında kasta biriken metabolitler ile enerji yolağında kullanılan substratlar arasındaki dinamik dengenin değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çerçevede kas içinde biriken LA, hidrojen iyonları (H^+), inorganik fosfat (Pi), adenosin difosfat (ADP) ve K^+ ağırlıklı olarak çalışılmışken; substrat düzeyinde ise öncelikli olarak depo ATP, PCr, glikoz ve glikojen miktarları irdelenmiştir (Allen, 2004; Green, 1997; Sahlin ve diğerleri, 1998).

2.4.4. Badminton'da yorgunluk

Badminton, hızlı ve yoğun bir raket sporu olması nedeniyle oyuncular üzerinde ciddi bir yorgunluk etkisi yaratabilir. Yorgunluk, badminton oyuncularının performansını olumsuz yönde etkileyebilir. Badminton oyuncularının yoğun antrenman dönemlerinde yaşadıkları yorgunluğun performanslarını olumsuz etkilediğini görülmüş, oyuncuların yorgunluk seviyeleri ve performansları arasında negatif bir ilişki bulunmuş (Rusdiana, 2020b). Yorgunluk arttıkça, oyuncuların hızı, çevikliği ve reaksiyon süreleri azalmıştır. Bu sonuçlar, badmintonda yorgunluğun performansı düşürebildiğini göstermektedir.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma nicel araştırma yöntemlerinden deneysel araştırma modeli içerisinde kullanılan kesitsel araştırma türü kullanılmıştır. Kesitsel bir çalışma, belirli bir zamanda belirli bir noktada toplanan değişkenlerin verilerini bir grup insan üzerinde analiz eden bir gözlemsel araştırma türüdür

3.2. Araştırma Grubu

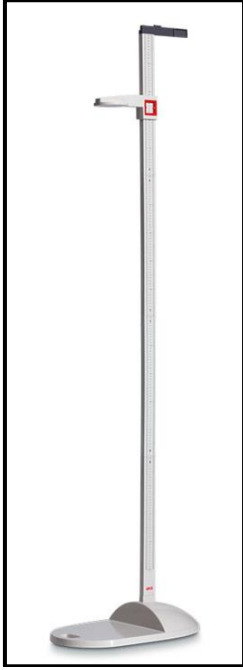
Araştırmaya 16 yaş ve üzeri Türkiye geneli yapılan ulusal maçlarda ilk 16 derecesine girmiş ve aktif olarak müsabakalara katılan 20 kadın (18.6 ± 2.4 yıl, 163.9 ± 5.2 cm, 57 ± 6.5 kg) ve 20 erkek badminton sporcusu (18.6 ± 2.1 yıl, 174.6 ± 4 cm, 69.5 ± 6.8) katılmıştır (Çizelge 3.1). Katılımcıların 4'ünün dominant tarafı sol, 36'sının ise sağdır. Bu araştırmada sporcuların vuruş sonrası yere kondukları bacak non-dominant bacaklarıdır ve verilerde bu şekilde incelenmiştir. Çalışmaya dahil etme kriterleri; 17 yaş altı, 19 yaş altı ve büyükler kategorisinde ulusal müsabakalarda ilk 16 sporcu arasına girmiş olmak, aktif olarak badminton oyuncusu olarak liglerde oynuyor olmak ve son 6 ay içerisinde herhangi bir yaralanma veya sakatlık geçirmemiş olmak olarak belirlenmiştir. Hariçte bırakılma kriteri ise son 6 ayda herhangi bir sakatlık veya ameliyat geçirmiş olmak olarak belirlenmiştir. Araştırmaya başlamadan önce çalışmanın içeriği tüm sporculara detaylı bir şekilde anlatılmış, 18 yaş altı sporcuların velilerinden veli izin formu, 18 yaş ve üzeri katılımcılardan ise gönüllü katılım formu teslim alınmıştır. Bu araştırma Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu tarafından onaylanmıştır (Onay Kodu: 2023-463).

3.3. Veri Toplama ve İşleme

Araştırmaya katılan sporcuların verileri toplanırken kullanılan ölçüm cihazlarına ait bilgiler aşağıda belirtildiği gibidir.

3.3.1. Boy uzunluğu ölçümleri

Katılımcıların boy uzunluğu 1 mm hassasiyete sahip olan SECA (213, Hamburg, Germany) marka stadiometre aracılığıyla ölçülmüş, elde edilen değler “cm” cinsinden kaydedilmiştir (Şekil 3.1).



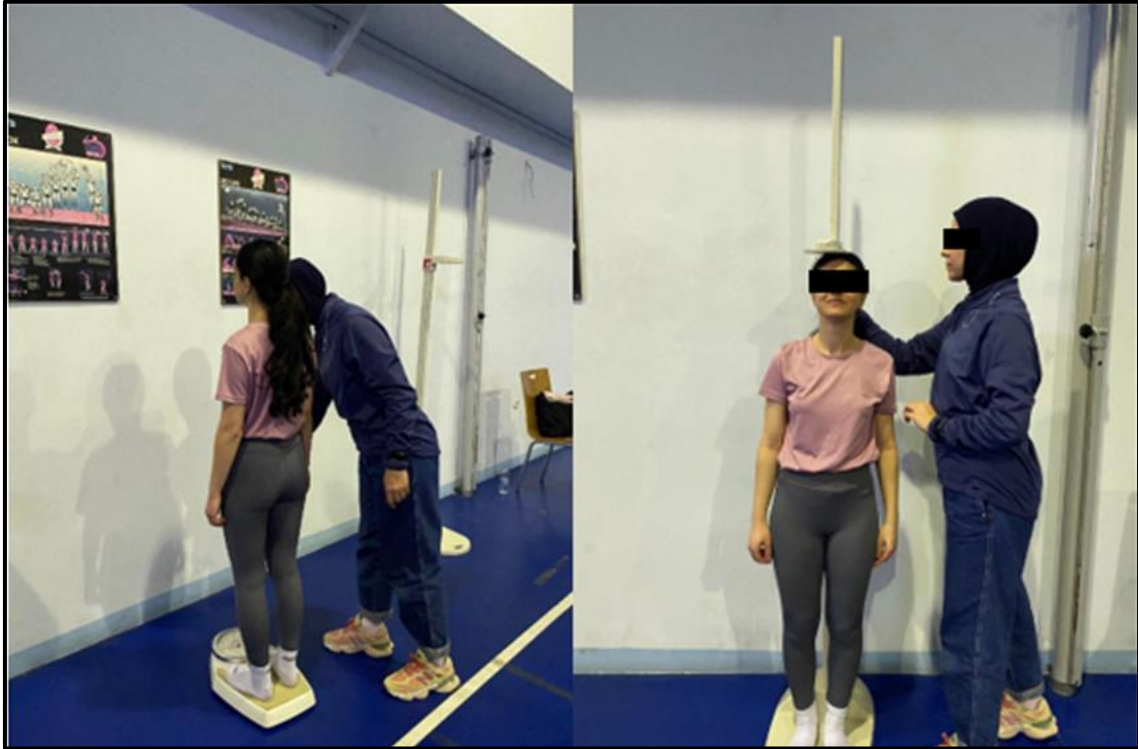
Resim 3.1. SECA (213, Hamburg, Germany) stadiometre

3.3.2. Vücut ağırlığı ölçümleri

Katılımcıların vücut ağırlığı analog göstergeli 0.1 kg hassasiyete sahip SECA (Colorata 760, Hamburg, Germany) marka baskül aracılığıyla ölçülmüş, elde edilen değler kg cinsinden kaydedilmiştir (Şekil 3.2).



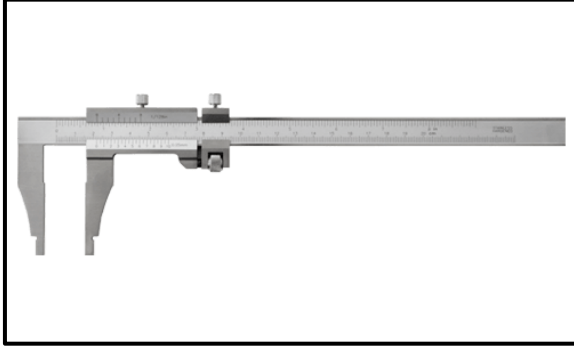
Resim 3.2. SECA (Colorata 760, Hamburg, Germany) tartı



Resim 3.3. Katılımcıların boy uzunluğu ve vücut kütlesinin alınmasına ait görüntü

Yukarıda belirtilen her iki ölçümde sporcuların üzerinde sadece tişört, şort veya tayt varken çıplak ayakla ya da çorapla ve dik duruş pozisyonunda ölçülmüştür.

3.3.3. Antropometrik ölçümler



Resim 3.4. Katılımcıların diz, dirsek, el bileği ve ayak bileği genişliklerini ölçmek için kullanılan Holtain (UK) marka kayan kaliper

Vicon Nexus yazılımında katılımcı antropometrik ölçümlerinde kullanmak üzere belirli referans noktalarının çap ölçümlerinin alınması için kayan kaliper (Holtain, UK) kullanılmıştır. Bu referans noktaları diz genişliği (oturur pozisyonda iken diz 90° fleksiyonda iken femurun medial ve lateral epikondilleri arasında kalan mesafe), dirsek genişliği (sporcu dirsek 90° fleksiyonda iken humerusun medial ve lateral epikondilleri arasında kalan mesafe), ayak bileği genişliği (sporcu oturur pozisyonda iken fibulanın lateral malleolü ile tibianın medial malleolu arasında kalan kısım) ve el bileği genişliği (radius ve ulnanın stiloid çıkıntıları arasında kalan kısım) olarak Vicon Plug-in Gait referans rehberinde belirtilmiştir.



Resim 3.5. Katılımcıların el kalınlığını ölçmek için kullanılan skinfold kaliper (Holtain, UK)

Vicon Nexus Plug-in Gait Fullbody ölçeklendirmesinde el kalınlığı ölçümünde Holtain marka skinfold kaliper (UK) kullanılmıştır.

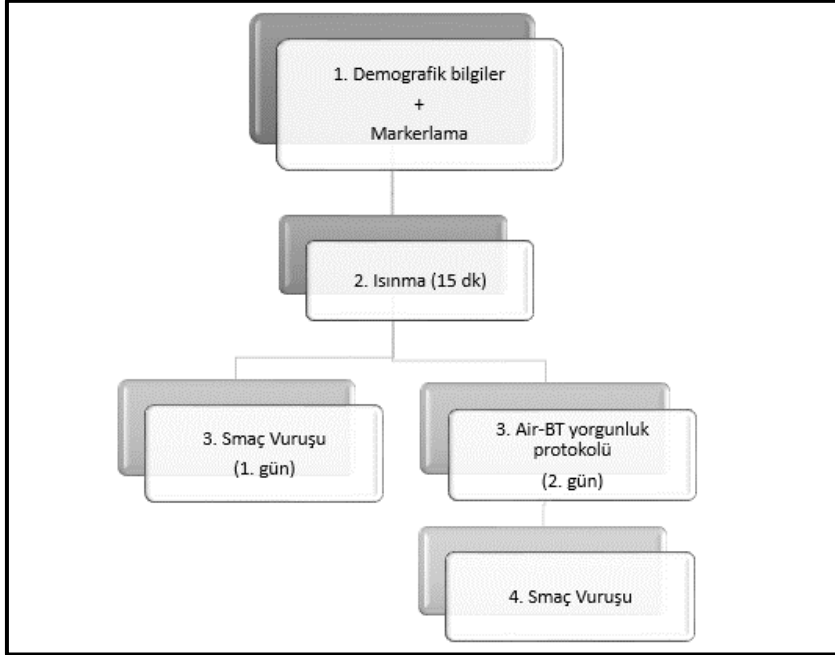


Resim 3.6. Seca 201 (Hamburg, Germany) Gullick Şeridi

Katılımcıların bacak uzunluğu (spina iliaca anterior superior ile malleolus medialis arasındaki mesafe), pelvik asisler arası mesafe (sagittal düzlemde her iki anterior superior iliac (ASIS) arasındaki mesafe) ve omuz manşet uzunluğunu (sporcu sagittal düzlemde abduksiyon-adduksiyon yaparken glenohumeral eklem ile omuz akromion çıkıntısı arasında kalan kısım) ölçmek için Seca (201, Hamburg, Germany) marka gullick şeridi kullanılmıştır (Şekil 3.6).

3.2. Araştırma Protokolü

Araştırma 2 farklı ölçüm gününde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerin ilk günü sporcuların backhand arka kortta vurdukları smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma verileri kaydedilmiş olup; ikinci günü badmintonu özgü geliştirilmiş olan adımlama protokolünü uygulayıp yorgunluk oluşturduktan sonra tek bacak yere konma verileri kaydedilmiştir.

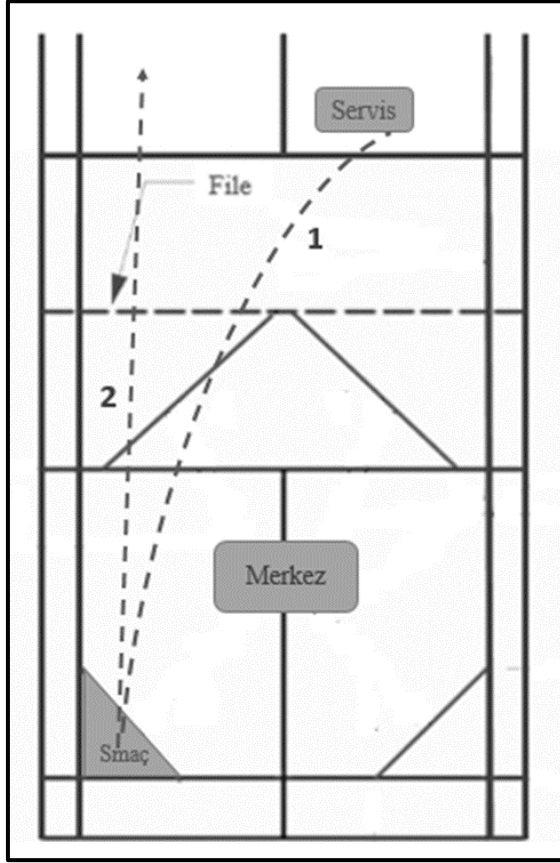


Resim 3.7. Araştırma akış dizaynı

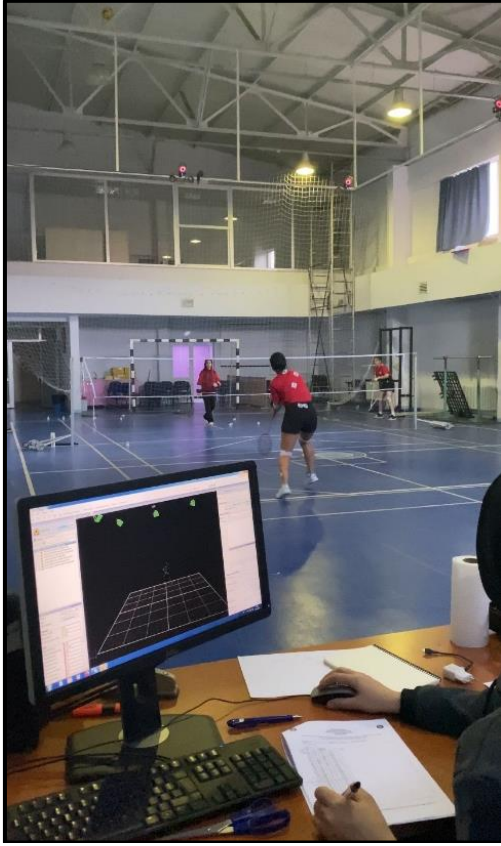
Katılımcılara ölçüm günü öncesinden bilgilendirme yapılmış olup, ölçüme katılacakları günün öncesinde zorlayıcı bir fiziksel aktiviteye maruz kalmamaları, uykusuz olmamaları ve ölçüm sırasında maksimum efor sarf edeceklerinden dolayı aç gelmemeleri hususunda bilgilendirilmişlerdir. Katılımcılara uygulanacak ölçüm öncesi testlerin içerikleri yazılı ve sözlü olarak anlatılmıştır.

Ölçüm günü ilk olarak katılımcıların karakteristikleri ve antropometrik bilgileri (sırasıyla ad soyad, yaş, spor yaşı, boy uzunluğu, vücut ağırlığı) alınmıştır. Ardından kinematik verilerini elde etmek amacıyla vücutlarına yerleştirilecek olan işaretçilerin referans noktalarının belirlenmesi ve işaretçilerin yapıştırılması gerçekleşmiştir. Katılımcıların ısınma protokolü her iki ölçüm gününde de aynı şekilde planlanmıştır. Isınma toplamda 15 dk'dır. İlk 10 dakikasında sporcu ısınmasını bireysel olarak tamamlamıştır. Bu 10 dakikanın 7 dakikasını koşu ve driller, 3 dakikasını ise germe olarak tamamlamıştır. Sonraki 5 dakika ise badminton kortu içerisinde eş ile birlikte topla ısınma süresi olarak tamamlamıştır. Sporcu ısınma süresini tamamladıktan sonra familiarizasyonu sağlamak amacıyla 3 adet backhand bölgesinde forehand smaç vuruşu gerçekleştirmiştir. Vicon 3 boyutlu (3D) hareket sistemi ile görüntü yakalama esnasında sporcudan komutla birlikte karşı kort servis bölgesinden gelen 5 adet servis topuna, rakip paralel korta doğru maksimal smaç vuruşu gerçekleştirmesi istenmiştir. Topun dışarı çıkması, çapraz korta gitmesi, fileye takılması ve gözlem sonucu sporcunun maksimum efor sarf etmemesi

durumlarında smaç vuruŖu baŖarısız sayılmıŖ ve tekrar edilmiŖtir. Hedef alana 5 adet baŖarılı smaç vuruŖu yapan sporcunun testi ilk gün için sonlandırılmıŖtır.



Ŗekil 3.1. Servis bölgesi ve smaç bölgeleri



Resim 3.8. Backhand kortunda smaç sonrası tek bacak yere konma sergileyen sporcunun ölçüm anında görüntüsü

Ölçümlerin ikinci gününde sporcuların vücutlarında referans noktalarına uygun bir şekilde işaretçiler yapıştırılmıştır. Ardından ısınma protokolü ilk gün olduğu gibi 7 dk ısınma koşusu, 3 dk bireysel germe ve 5 dk saha içerisinde karşılıklı topla ısınma olarak uygulanmıştır. Isınma sonrası sporcuların uygulayacağı AIR-BT (Abien Intermittent Recovery Badminton Test) yorgunluk protokolü (Abián-Vicén ve diğerleri, 2021) sporculara anlatılmış ve tam anlaşılması için ilk 30 saniyesi dinletilmiştir. Sporcunun yorgunluk seviyesini belirlemek amacıyla protokol öncesinde, sırasında ve sonunda AZD 0 ile 10 derece arasında (0 en düşük, 10 en şiddetli yorgunluk) belirtmesi istenmiştir.

AIR-BT yorgunluk protokolünün uygulanışı aşağıda belirtildiği gibidir:

Bu protokol badminton sahası içerisinde badmintonu en iyi simüle edecek şekilde sporcularda yorgunluk oluşturmayı amaçlamaktadır (Abián-Vicén ve diğerleri, 2021). AIR BT testi sekans adı verilen farklı tekrarlardan oluşan 16 seviyeden oluşmaktadır. Her sekans badmintonu özgü 8 yer değiştirmeyi içermektedir. Her yer değiştirmede baskın ayağın tekler badminton kortunun dört köşesine yerleştirilmiş bir çizgiyi geçmesi ve her

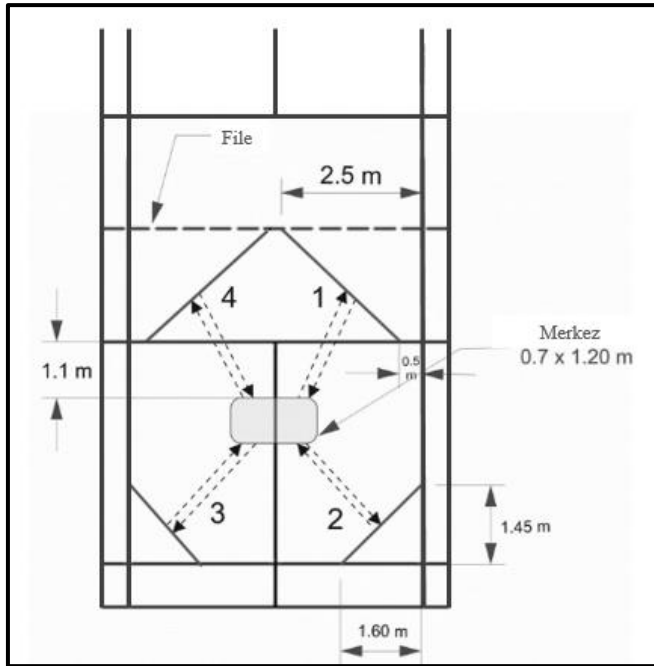
yer değiştirmeyi gerçekleştirdikten sonra kortun merkezine dönmesi gerekmektedir. Sporcular testi bir beep testi ile sürdürecektir. Testin başlaması ile oyuncular merkezden sahanın sağ ön köşesine hareket ederek başlar, sağ arka, sol arka ve sol ön olacak şekilde saat yönünde ilerleyerek döngüyü tekrarlarlar (her sekansta 2 kez bu döngü tamamlanır). Oyuncuların her harekette raket ile bir badminton vuruşunu simüle etmesi ve her iki ayağını da sahanın ortasındaki dikdörtgen içine koyarak dönmesi gereklidir.

Seviye 1 ve 2 bir sekanstan oluşmaktadır. Seviye 3-7 arası üç sekanstan, seviye 8-12 arası 4 sekanstan ve seviye 13-16 arası 6 sekanstan oluşmaktadır. Tempo her seviyede kademeli olarak artmaktadır. Her sekans arasında oyuncular aktif olarak 10 saniyelik dinlenmelidir. Katılımcı bir sekans içinde iki kez merkez alana gelemediğinde test sonlandırılır. Toplam süre ve seviye kaydedilir. Test başlamadan ve test başladıktan sonra her seviye sonunda sporculardan AZD alınmış ve kaydedilmiştir.

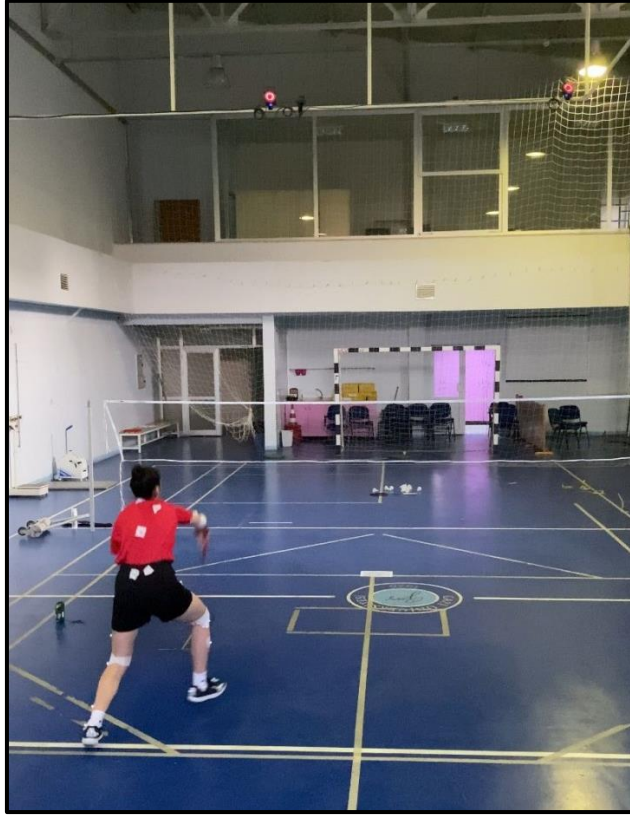
Katılımcının kendi isteği ile testi bırakması, sağlık sorunu oluşması ve merkez alana 2 kez gelememesi testi sonlandırma kriterleri olarak belirlenmiştir.

AIR-BT yorgunluk testinin formülü aşağıdaki gibidir:

$$VO_{2max} = 0.023 \times (\text{AIR-BT süresi}) + 31.334 \quad (3.1)$$



Şekil 3.2. Badminton sahası içerisinde AIR-BT yorgunluk testi uygulaması (Abián-Vicén ve diğerleri, 2021)



Resim 3.9. Air-BT yorgunluk protokolü uygulama anından görsel

Çizelge 3.1. AIR-BT protokolü seviye, zaman ve uzaklık bilgileri

Seviye	Zaman (sn)	Mesafe (m)	Seviye	Zaman (sn)	Mesafe (m)	Seviye	Zaman (sn)	Mesafe (m)
1	27	40	8.4	657	840	13.4	1201	1640
2	61	80	9.1	685	880	13.5	1227	1680
3.1	95	120	9.2	713	920	13.6	1253	1720
3.2	129	160	9.3	742	960	14.1	1279	1760
3.3	162	200	9.4	771	1000	14.2	1304	1800
4.1	195	240	10.1	799	1040	14.3	1330	1840
4.2	228	280	10.2	826	1080	14.4	1355	1880
4.3	260	320	10.3	854	1120	14.5	1380	1920
5.1	292	360	10.4	882	1160	14.6	1406	1960
5.2	324	400	11.1	909	1200	15.1	1430	2000
5.3	356	440	11.2	936	1240	15.2	1455	2040
6.1	387	480	11.3	963	1280	15.3	1480	2080
6.2	418	520	11.4	991	1320	15.4	1505	2120
6.3	449	560	12.1	1017	1360	15.5	1530	2160
7.1	479	600	12.2	1044	1400	15.6	1555	2200
7.2	510	640	12.3	1071	1440	16.1	1580	2240
7.3	540	680	12.4	1097	1480	16.2	1604	2280
8.1	569	720	13.1	1123	1520	16.3	1629	2320
8.2	598	760	13.2	1149	1560	16.4	1653	2360
8.3	628	800	13.3	1175	1600	16.5	1678	2400
						16.6	1702	2440

3.2.1. Algılanan zorluk derecesi

Katılımcıların algılanan zorluk derecelerini (AZD) belirlemek için Borg (1998) skalası kullanılmıştır. Air-BT yorgunluk protokolü öncesinde sporculara AZD hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Protokol öncesi ve protokol sırasında her seviye sonunda katılımcılara AZD sorulmuştur.

Çizelge 3.2. Algılanan zorluk derecesi (Borg, 1998)

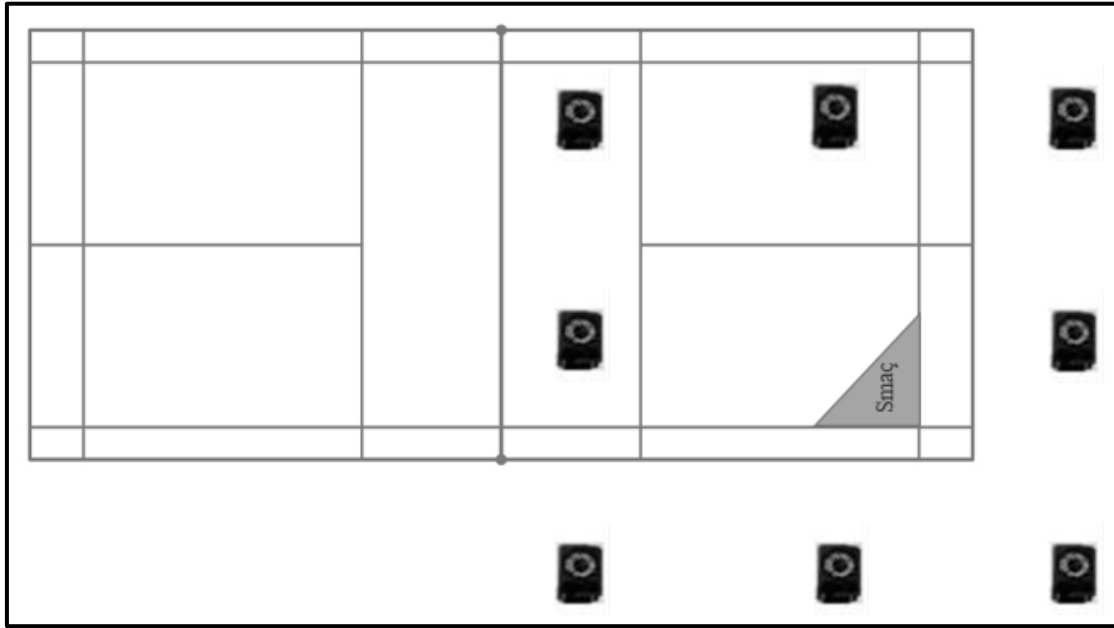
0	Yok
0,5	Zorlukla fark edilebiliyor
1	Çok hafif
2	Hafif
3	Orta
4	Biraz ciddi
5	Ciddi
6	-
7	Çok ciddi
8	-
9	Çok çok ciddi
10	En şiddetli

3.3.2. 3 boyutlu hareket yakalama sistemi

Katılımcıların kinematik verileri 3 boyutlu (3D) Vicon hareket yakalama sistemi (VICON Motion Systems, Oxford Metrics Ltd., Oxford, İngiltere, www.vicon.com) aracılığıyla elde edilmiştir. Bu sistem 8 kameralı (T10 kamera, Vicon Peak, Oxford, İngiltere) 200 kare/sn hızında 35 pasif işaretleyici (9 mm çapında) ile elde edilmiştir. Bu kameralar ölçüm alanını görüntüleyecek şekilde yükseltilerek demir bir iskelet üzerinde sabitlenmiştir (Şekil 3.12). Cihazın kalibrasyonu Vicon kurallarına uygun olarak yapılmış ve düzenli olarak kalibre edilmiştir.



Resim 3.10. Vicon T10 (Oxford, UK) kamera



Şekil 3.3. Vicon T10 kameraların konumu

Tam vücut biyomekanik bir model oluşturmak için gerekli standart anatomik referans noktalara her katılımcı için 35 işaretçi sabitlenmiştir (Davis ve diğerleri, 1991).

Vücut işaretçilerinin yerleşimi şu şekildedir:

Kafa İşaretçileri: LFHD (Sol frontal kemiği üzeri), RFHD (Sağ frontal kemiği üzeri) ve LBHD (Başın sol arkasında olur ve ön işaretleyicilerle birlikte başın transvers düzlemini tanımlar), RBHD (Başın sağ arkasındadır ve ön işaretleyicilerle birlikte başın transvers düzlemini tanımlar).

Gövde İşaretçileri: C7 (7. boyun omurunun dikensi çıkıntısı üzerinde), T10 (10. torasik vertebranın dikensi çıkıntısında), CLAV (klavikulanın göğüs kemiğiyle birleştiği juguler çentikte), STRN (Göğüs kemiğinin ksifoid çıkıntısı üzerinde), RBAK (sağ scapulanın orta noktası).

Pelvis İşaretçileri: LASI (Sol anterior superior iliac çıkıntı üzerinde), RASI (Sağ anterior superior iliac çıkıntı üzerinde), LPSI (sol posterior superior iliac çıkıntı üzerinde), RPSI (sağ posterior superior iliac çıkıntı üzerinde)

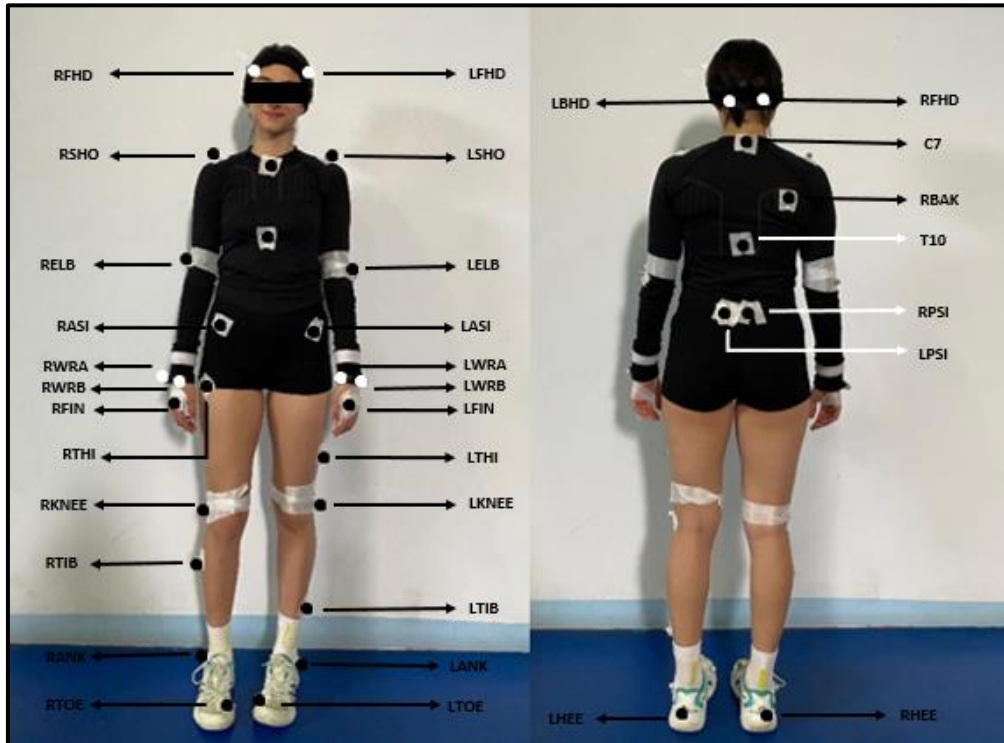
Üst Ekstremité İşaretçileri: LSHO (Acromio-clavicular eklemden), LELB (Humerus lateral epikondil üzerinde), LWRA (Sol el bileğinin lateralinde, el bileği eklemi merkezine mümkün olduğunca yakın bir yerde, bilek bandına bağlı bir çubuğun başparmak tarafında), LWRB (Sol el bileğin medialinde, el bileği ekleminin merkezine mümkün olduğunca yakın bir yerde, bilek bandına bağlı bir çubuğun küçük parmak tarafında), LFIN (Sol el 2. Metacarpal kemik distalinde), RSHO (Acromio-clavicular eklemden), RELB (Humerus lateral epikondil üzerinde), RWRA (Sağ el bileğinin lateralinde, el bileği eklemi merkezine mümkün olduğunca yakın bir yerde, bilek bandına bağlı bir çubuğun başparmak tarafında), RWRB (Sağ el bileğin medialinde, el bileği ekleminin merkezine mümkün olduğunca yakın bir yerde, bilek bandına bağlı bir çubuğun küçük parmak tarafında), RFIN (2. Metacarpal kemik distalinde).

Alt Ekstremité İşaretçileri: LTHI (Sol uyluğun alt lateral 1/3 yüzeyinin üzerinde), LKNE (Sol dizin fleksiyon-ekstansiyon ekseninde), LTIB (Sol uylukta tibianın 1/3 ayak bileği ekleminin yukarısı, lateral kısmı), LANK (Lateral malleol üzeri), LHEE (Ayak parmağı işaretleyicisi ile aynı yükseklikte, ayağın plantar yüzeyinin üzerinde calcaneus üzerinde), LTOE (2. metatarsal kemik üzeri), RTHI (Sağ uyluğun üst lateral 1/3 yüzeyinin üzerinde), RKNE (Sağ dizin fleksiyon-ekstansiyon ekseninde), RTIB (tibianın diz ekleminin 1/3

aşağısı, lateral kısmı), RANK (Lateral malleol üzeri), RHEE (Ayak parmağı işaretleyicisi ile aynı yükseklikte, ayağın plantar yüzeyinin üzerinde calcaneus üzerinde) RTOE (2. metatarsal kemik üzeri).



Resim 3.11. Katılımcıların üzerine işaretçilerin yerleştirilmesi



Resim 3.12. İşaretçiler sporcu üzerinde yerleştirildikten sonra görünüm

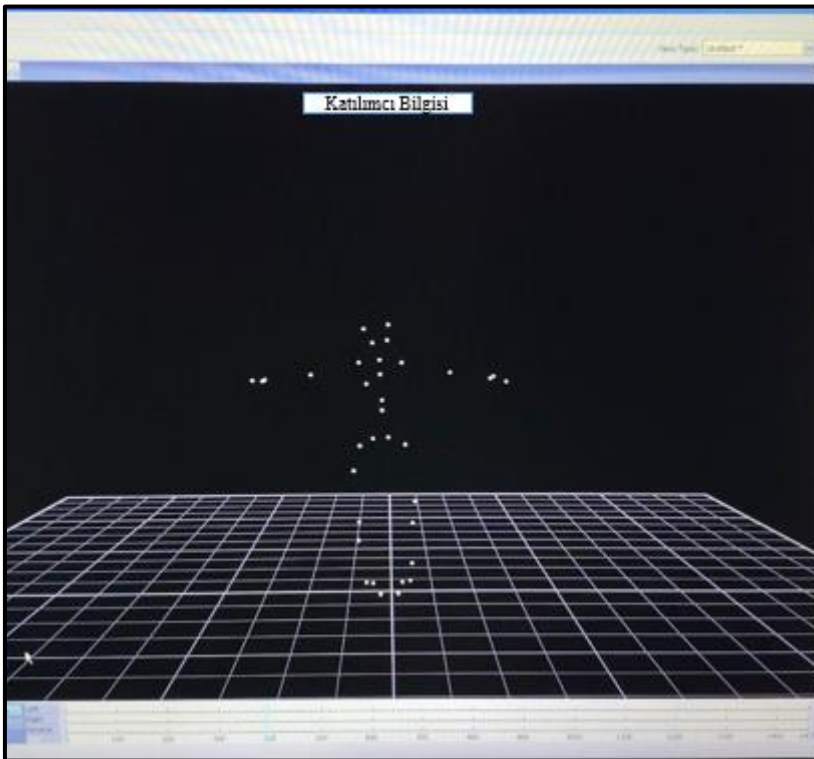
Labaratuvar ölçümleri başlamadan badminton sahası çizilmiş, her ölçümün bir gün öncesinden labaratuvar kontrol edilmiş, ısı, ekipman kontrolü yapılmıştır. Sporcular geldiğinde hazır hale getirilmiş, zemin kontrol edilmiş ve düzenli temizliği sağlanmıştır. Katılımcıların labaratuvarında beklemesini önlemek adına randevu sistemi ile sırayla çağırılmışlardır.

3.3.3. VİCON Nexus hareket yakalama sistemi

Araştırma da performansın ölçülmesi amacıyla hareket analizi verileri 3 boyutlu (3D) Vicon hareket yakalama sistemi (VICON Motion Systems, Oxford Metrics Ltd., Oxford, İngiltere, www.vicon.com) aracılığıyla elde edilmiştir. Kaydedilen smaç vuruşu hareketinde katılımcı üzerine yerleştirilen işaretçilerin yazılıma tanımlanması ve birbirinden ayırt edilmesi için Vicon Plug-in Gait Full Body etiketleme modeli kullanılmıştır. İlk olarak static Plug-in Gait Full Body modelinin katılımcının ölçülerine göre ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Bu işlem modeli için ihtiyaç duyulan parametreler ayak bileği, diz, dirsek ve el bileği çapı, el kalınlığı, bacak uzunluğu, omuz manşet uzunluğu, interasis mesafe, vücut kütlesi ve boy uzunluğudur. Tüm sporcuların belirtilen verileri toplandıktan sonra Nexus yazılımına uygun alana yazılır ve ölçeklendirme tamamlanmış olur. Smaç vuruşu yapılmadan önce tüm katılımcılardan kamera sisteminin içerisinde yer alan T noktasında statik “T poz” adı verilen bir pozisyonda beklemesi istenir ve her katılımcı için bu statik kalibrasyon yapılır. Bu sayede katılımcıların 3 boyutlu konumları elde edilmiş olur.



Resim 3.13. Vicon Plug-in Gait Fullbody static modelleme sırasında sporcunun “T poz” konumlanması



Resim 3.14. T poz sırasında Vicon Nexus yazılımı üzerinde sporcu görüntüsü

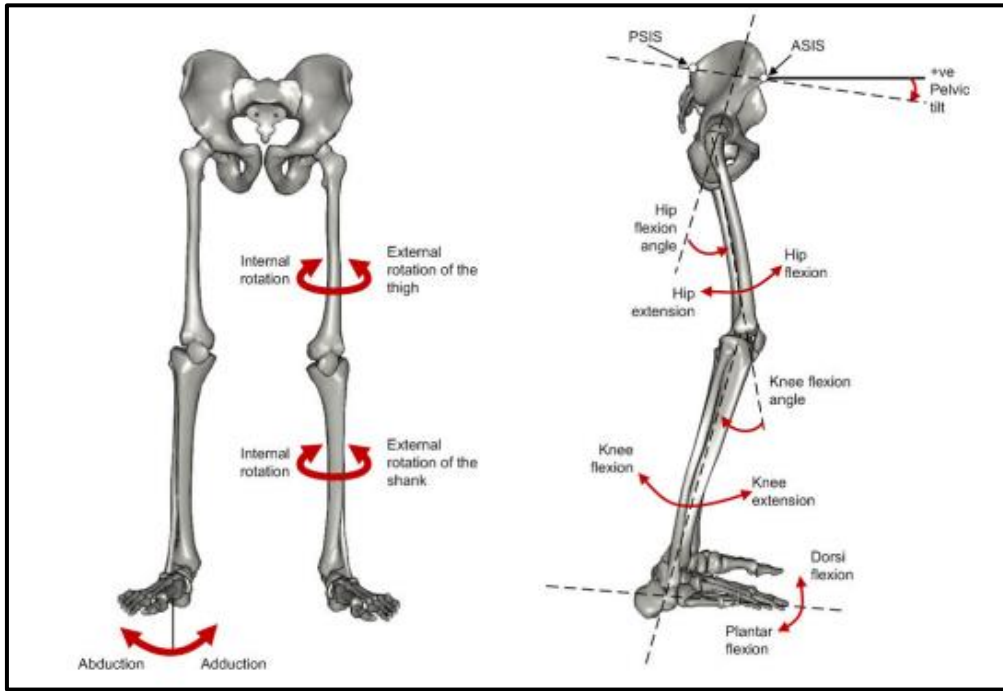
Katılımcıların 5 başarılı smaç görüntüsünün ve 1 statik görüntüsünün etiketleme (labeling) ve modelleme işlemi (modeling) Nexus (1.8.4 versiyon) yazılımı (Vicon, Oxford, UK) aracılığıyla yapılmıştır. Ardından Microsoft Excel formatında veriler sayısal biçime dönüştürülmüştür. Kinetik ve kinematik parametreler Vicon kitapçığındaki Plug-in Gait kullanılarak hesaplanmıştır.

Kinematik parametreler hesaplanırken aşağıdaki referans noktaları göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

- Sıçrama yüksekliği: Vücut kütle merkezi (VKM) z eksenin de smaç sıçraması yaparken sporcunun ayağının yerden ilk havalanması ile yere ilk temas anı arasında maksimum ve minimum değerlerin birbirinden çıkarılıp cm cinsine çevrilmesi ile elde edilmiştir. (Birimi: cm)
- Vücut kütle merkezi dikey hız: Vücut kütle merkezi z ekseninde smaç sıçraması yaparken sporcunun ayağının yerden ilk havalanması ile yere ilk temas anı arasında önce yer değiştirme hesaplanır. Ardından süreye bölünerek doğrusal hız hesaplanır. Çıkan sonuçlar arasında maksimum (mutlak) değer alınır. Bu sonuç VKM maksimum dikey hızı ifade eder. (Birimi: m/sn).
- Vücut kütle merkezi yatay hız: Vücut kütle merkezi y eksenin de smaç sıçraması yaparken sporcunun ayağının yerden ilk havalanması ile yere ilk temas anı arasında önce yer değiştirme hesaplanır. Ardından süreye bölünerek doğrusal hız hesaplanır. Çıkan sonuçlar arasında maksimum (mutlak) değer alınır. Bu sonuç VKM maksimum dikey hızı ifade eder (Birimi: m/sn).
- Fleksiyon açıları: Katılımcıların kalça, diz ve ayak bileğindeki yere ilk temas anında y eksenindeki değer fleksiyon açılarını ifade etmektedir (Birimi: “°” derece).
- Varus (+)/valgus (-) açısı: Diz eklemine yere konma anında x eksenindeki değer varus/valgus açısını ifade etmektedir (Birimi: “°” derece).
- Zirve fleksiyon açısı: Kalça ve ayak bileğinde zirve fleksiyon açısı anlamına gelirken ayak bileğinde dorsifleksiyon/plantar fleksiyon anlamına gelmektedir. Yere ilk temas anı ile harekete devam etme safhası arasındaki maksimum değeri ifade etmektedir. Dizde maksimum, kalça ve ayak bileğinde minimum değer kullanılmıştır (Birimi: “°” derece).

- İnternal (+)/eksternal (-) rotasyon: Ayak bileğinin internal/eksternal rotasyon açısı yere konma anında ayak bileğinin x eksenine karşılık gelen rakamı ifade etmektedir (Birimi: “°” derece).

Not: Dizde maksimum, kalça ve ayak bileğinde minimum kullanılması sebebi Vicon Plug-in Gait referans kitapçığında eklemlerin eksenlerinin ifade ediliş şekillerine göre düzenlenmesi sebebiyledir.



Şekil 3.4. Vicon Plug-in Gait referans kitapçığı kalça, diz ve ayak bileği eksenleri

- Açısal hız: Kalça, diz ve ayak bileği eklemleri için hesaplanmıştır. Smaç sıçraması için sporcunun yerden ilk havalanması ile devam etme aşaması arasındaki y eksenini için yer değiştirme hesaplanır. Ardından süreye bölünerek açısal hız hesaplanır. Maksimum değer açısal hızı ifade eder (Birimi: °/sn).
- Eklem hareket açıklığı (EHA): Kalça, diz ve ayak bileği eklemleri için hesaplanmıştır. Sporcunun y ekseninde yerden ilk havalanma anı ile devam etme safhası arasındaki maksimum ve minimum değerler arasındaki farkı ifade etmektedir (Birimi: “°” derece).

3.4. Verilerin Analizi

Tanımlayıcı istatistikler için değişkenlerin ortalama ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Güven aralıkları (%95 GA), çizelgede ortalama ve standart sapmalarla birlikte sunulmuştur. Veri dağılımının normalliğine Shapiro-Wilk testi ile bakılmıştır. Farklı protokoller öncesi ve sonrası parametreleri karşılaştırmak için paired sample t test, cinsiyetler arası karşılaştırmalar için t test, dominant ve non-dominant taraflar arasındaki farkı karşılaştırmak için paired sample t test uygulanmıştır. Etki büyüklüğü Cohen's d (2013) kullanılarak şu ölçeğe göre sınıflandırılmıştır: önemsiz $<.2$, küçük $.2-.5$, orta $.5-.8$, büyük $.8-1.0$ ve çok büyük $1.0>$. İstatistiksel analiz SigmaPlot 11.0 yazılımı aracılığıyla yapılmıştır. Anlamlılık seviyesi $p<.05$ 'tir.

4. BULGULAR

Araştırmaya katılan kadın ve erkek badminton oyuncularının karakteristikleri Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Katılımcıların yaşları ortalama 18.6 ± 2.1 yıl, spor yaşları ortalama 9.5 ± 2.1 yıl, boy uzunluğu ortalama 169.2 ± 7.3 cm, vücut kütlesi ortalama 63.2 ± 9.1 kg, vücut kütle indeksi ortalama 22 ± 2 kg.m^{-2} olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Katılımcıların karakteristikleri

	n	Ort $\pm$ SS	min	maks	%95 GA
Yaş (yıl)	K	18.6 ± 2.4	16	24	16.9-19.1
	E	18.6 ± 1.8	16	24	17.2-18.8
	T	18.6 ± 2.1	16	24	17-19
Spor yaşı (yıl)	K	9.2 ± 1.7	5	12	8.2-9.8
	E	9.9 ± 2.3	6	16	7.9-10.1
	T	9.5 ± 2.1	5	16	8.0-10
Boy uzunluğu (cm)	K	163.9 ± 5.2	151	171	160.6-165.5
	E	174.6 ± 4	165	183	171.9-176.1
	T	169.2 ± 7.3	151	183	165.6-172.4
Vücut kütlesi (kg)	K	57 ± 6.5	44	70	53.9-60.1
	E	69.5 ± 6.8	53	82	65.8-72.2
	T	63.2 ± 9.1	44	82	58.7-67.3
VKİ (kg.m^{-2})	K	21.2 ± 1.8	19.3	26	20.2-21.8
	E	22.8 ± 2	18.8	26.4	21.1-22.9
	T	22 ± 2	18.8	26.4	20.1-22

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, min: minimum değer, maks: maksimum değer, GA: Güven aralığı, K: Kadın, E: Erkek, T: Toplam katılımcı, VKİ: Vücut kütle indeksi, $p < 0.05$.

Katılımcıların Air-BT yorgunluk protokolü sırasında AZD verileri 3’te belirtildiği gibidir. Air-BT yorgunluk protokolü çizelgesine göre sporcular 2 ve 3. seviyelere kadar 0 yorgunluk seviyesinde olduğunu belirtmişlerdir. Zorluk seviyesi 10’u gören sporcuların ortalama 13.1-13.2. seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. 5 sporcu tüm seviyeleri tamamlamış ve Air-BT protokolünde 16.6 seviyeye ulaşmıştır.

Çizelge 4.2. Badminton oyuncularının Air-BT yorgunluk protokolü öncesi ve sırasında algılanan zorluk değerleri (AZD)

		Zorluk Seviyeleri										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air-BT'de geçirilen süre	K	131±1 81	226 ±2 25	375±2 64	460±27 5	449 ±1 68	630±2 54	760±2 83	827±2 39	949±3 14	1029±26 9	1129±3 04
	E	44±12 7	201±2 05	288±2 36	428±2 85	552±3 51	645 ±3 75	717±3 14	661±29 9	801±2 88	989±30 8	1152±3 49
	T	87±16 0	215±21 4	330±2 50	444± 2 76	503±2 81	638±31 9	741±29 4	744±2 78	887±30 7	1006±2 88	1140±32 3

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, K: Kadın, E: Erkek, T: Toplam katılımcı,

Araştırmaya katılan kadın badminton oyuncularının VO_{2max} değerleri ortalama 57 ± 7.1 ml.kg.dk⁻¹, erkek katılımcıların VO_{2max} değerleri ortalama 58.9 ± 7.8 ml.kg.dk⁻¹, toplam katılımcı grubunun VO_{2max} miktarları ortalama 57.9 ± 7.5 ml.kg.dk⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. Badminton oyuncularının Air-BT protokolü esnasında VO_{2max} değerleri

		Ort±SS	min	max	%95 GA
VO_{2max} ml.kg.dk ⁻¹	K	57±7.1	46.4	70.5	52.7- 59.3
	E	58.9±7.8	47.7	70.5	54.3-61.7
	T	57.9±7.5	46.4	70.5	53.5- 60.5

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, min: minimum değer, maks: maksimum değer, K:Kadın, E:Erkek, T:Toplam katılımcı

Araştırmaya katılan badminton oyuncularının referans protokolü ve Air-BT yorgunluk protokolünde sporcuların sıçrama yükseklikleri erkeklerde kadın oyunculara göre anlamlı yüksek (referans protokolü sırasıyla kadınlar ve erkekler; '21.8±4.5 cm' ve '41.8±12.8 cm' "çok büyük" EB=2.084 p=.001, Air-BT yorgunluk protokolü sırasıyla kadınlar ve erkekler; '20.6±4.6' ve '40.7±7.9' "çok büyük" EB=3.1 p=.001) bulunmuştur. Badminton oyuncularının sıçrama yüksekliği referans protokolü ile Air-BT yorgunluk protokolü arasında anlamlı farklı bulunmamıştır. Katılımcıların referans protokolü ve Air-BT yorgunluk protokolü VKM dikey doğrusal hızları erkeklerde kadın oyunculara göre anlamlı yüksek (referans protokolü sırasıyla kadınlar ve erkekler; '1.4±0.3' ve '2.1±0.4' "çok büyük" EB=1.979 p=.001, Air-BT yorgunluk protokolü kadınlar ve erkekler sırasıyla; '1.4±0.3' ve '2.1±0.3' "çok büyük" EB=2.333 p=.001) bulunmuştur. Bunula birlikte badminton oyuncularının VKM dikey doğrusal hızları referans protokolü ile Air-BT yorgunluk protokolü arasında anlamlı farklı bulunmamıştır. VKM yatay doğrusal hız, cinsiyetler arası her iki protokolde de anlamlı farklı bulunmazken, Air-BT yorgunluk

protokolü sonrası kadın sporcularda VKM yatay doğrusal hızı anlamlı azalmıştır (ön ve son test sırasıyla; 1.5 ± 0.3 ve 1.3 ± 0.3 “orta” $EB=0.666$ $p=.009$).

Çizelge 4.4. Badminton oyuncularının referans protokolü ve yorgunluk protokolü sonrası smaç sıçraması yüksekliği, vücut kütle merkezi yatay ve dikey doğrusal hızları

		Referans Protokolü			p*	Air-BT Yorgunluk Protokolü Sonrası			p*	p**
		Ort±SS	min	maks		Ort±SS	min	maks		
Sıçrama yüksekliği (cm)	K	21.8±4.5	13.9	30.3	.001	20.6±4.6	15.3	30.2	.001	.131
	E	41.8±12.8	19.6	64.2		40.7±7.9	26.9	55.2		.660
	T	31.8±13.8	13.9	64.2	-	30.7±12	15.3	55.2	-	.294
VKM Dikey Doğrusal Hız _z (m/sn)	K	1.4±0.3	0.4	2	.001	1.4±0.3	1	1.9	0.001	.070
	E	2.1±0.4	1.2	2.9		2.1±0.3	1.7	2.6		.800
	T	1.8±0.5	0.4	2.9	-	1.7±0.5	1	2.6	-	.474
VKM Yatay Doğrusal Hız _y (m/sn)	K	1.5±0.3	0.8	2.4	.365	1.3±0.3	0.9	1.9	.178	.009
	E	1.4±0.5	0.2	1.9		1.5±0.4	0.5	2.2		.974
	T	1.5±0.4	0.2	2.4	-	1.4±0.4	0.5	2.2	-	.071

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, min: minimum değer, maks: maksimum değer, K:Kadın, E:Erkek, T:Toplam katılımcı, VKM: Vücut Kütle Merkezi, p*: Cinsiyetlerarası karşılaştırma, p**: Protokoller arası karşılaştırma, , $p<0.05$.

Badminton oyuncularının referans protokolü ve yorgunluk protokolünü takiben uyguladıkları smaç vuruşu sonrası yere konma esnasında diz varus/valgus açısı referans protokolü ile Air-BT yorgunluk protokolü toplam açılar arasında (sırasıyla referans protokolü non-dominant ve Air-BT yorgunluk protokolü non-dominant “küçük” $EB=0.384$ $p=.022$) anlamlı düşüş vardır. Badminton oyuncularının non-dominant kalça fleksiyon açısı hem referans protokolü (dominant ve non-dominant taraf sırasıyla kadın, erkek ve toplam; “çok büyük” $EB=1.385$ $p=.001$, “çok büyük” $EB=1.221$ $p=.001$, “çok büyük” $EB=1.295$ $p=.001$) hem de Air-BT yorgunluk protokolünde (sırasıyla kadın, erkek ve toplam; “çok büyük” $EB=1.460$ $p=.001$, “büyük” $EB=0.793$ $p=.003$, “çok büyük” $EB=1.061$ $p=.001$) dominant tarafa göre anlamlı yüksek bulunmuştur. Katılımcıların diz fleksiyon açısı protokoller arasında anlamlı fark bulunmazken, erkek sporcularda Air-BT yorgunluk protokolü sonrası dominant ve non-dominant taraf arasında (“orta” $EB=0.647$ $p=.003$), toplam sporcularda ise referans protokolü ve Air-BT yorgunluk protokolünde dominant ve non-dominant taraflar arasında (referans protokolü dominant, non-dominant; $EB=0.294$ $p=.004$, Air-BT yorgunluk protokolü dominant, non-dominant; “küçük” $EB=0.363$ $p=.002$) anlamlı fark bulunmuştur. Diz varus/valgus açısı referans protokolünde toplam değerlerde dominant ve non-dominant taraflar arasında (toplam; “küçük” $EB=0.411$ $p=.049$) anlamlı fark bulunmuştur. Ayak bileği dorsi/plantar fleksiyon açıları referans protokolünde

erkeklerde ve toplam değerlerde (sırasıyla erkek ve toplam; “orta” EB=0.575 p=.012, “küçük” EB=0.391 p=.010), Air-BT yorgunluk protokolünde ise sadece toplam değerde (“küçük” EB=0.459 p=.037) anlamlı fark bulunmuştur. Ayak bileği internal/eksternal rotasyon açısı hem referans protokolünde dominant ve non-dominant taraflarda (sırasıyla kadın, erkek ve toplam; “çok büyük” EB=2.333 p=.001, “çok büyük” EB=1.576 p=.001, “çok büyük” EB=1.905 p=.001) hem de Air-BT yorgunluk protokolü açısal değerlerinde (sırasıyla kadın, erkek, toplam; “çok büyük” EB=2.034 p=.001, “çok büyük” EB=1.787 p=.001, “çok büyük” EB=1.891 p=.001) anlamlı büyük açısal fark vardır.

Çizelge 4.5. Badminton oyuncularının referans protokolü ve yorgunluk protokolü sonrası yere konma anındaki alt ekstremit eklemlerinin açıları

	n	Referans Protokolü (Ort±SS)		p*	p**	Air- BT Yorgunluk Protokolü Sonrası (Ort±SS)		p*	p**	p*** (D)	p*** (ND)
		D	ND			D	ND				
Kalça fleksiyon _y açısı (°)	K	-16.2±13	-31.8±9.2	.001	.209	-17.6±10.4	-30.9±7.6	.001	.231	.417	.636
	E	-20.4±12.2	-35.3±12.2	.001		-21.4±12.8	-31.8±13.4	.003		.632	.702
	T	-18.3±12.6	-33.5±10.8	.001		-19.5±11.6	-31.4±10.8	.001		.358	.454
Diz fleksiyon _y açısı (°)	K	21.6±30.7	17.9±9.4	.070	.683	19.7±25.3	17.9±7.4	.177	.613	.453	.990
	E	28.2±18.9	19.6±20.2	.071		30±17.1	18.8±17.5	.002		.416	.856
	T	24.9±25.4	18.7±15.6	.004		24.9±22	18.3±13.3	.002		.995	.692
Diz Varus (+)/valgus _x (-) açısı (°)	K	17.5±19.4	26.2±10.7	.090	.079	27.5±30.2	23.1±9	.898	.690	.475	.127
	E	26±15.3	30.9±18.9	.370		23.6±13.2	22.7±17.6	.674		.464	.189
	T	21.7±17.7	28.5±15.3	.049		25.6±23.1	22.9±13.8	.783		.941	.022
Ayak bileği Dorsi (+)/plantar (-) fleksiyon _y açısı (°)	K	5.4±4.3	7.5±11.3	.495	.077	6.3±5.4	10±8.8	.136	.607	.440	.522
	E	7.1±3.8	11.8±10.9	.012		7.2±6.3	10.2±8.9	.159		.962	1.000
	T	6.3±4.1	9.6±11.2	.010		6.7±5.8	10.1±8.7	.037		.640	.577
Ayak bileği internal (+)/eksternal rotasyon _x (-) açısı (°)	K	9.6±10.4	41.5±16.3	.001	.800	10.1±13.8	35.4±10.9	.001	.275	.736	.105
	E	10.4±13.3	38.2±21.1	.001		13.9±16.3	40.9±13.8	.001		.165	.574
	T	10±11.8	39.8±18.7	.001		12±15	38.2±12.6	.001		.167	.588

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, min: minimum değer, maks: maksimum değer, K: Kadın, E: Erkek, T: Toplam katılımcı, D: Dominant taraf, ND: Non-dominant taraf, p*: Dominant ve non-dominant karşılaştırma p**: Kadın ve erkekler arası karşılaştırma , p***: yorgunluk protokolü öncesi ve sonrası karşılaştırma , p<0.05.

Badminton oyuncularının referans protokolü ve yorgunluk protokolünü takiben uyguladıkları smaç vuruşu sonrası yere konma esnasında kalça ve ayak bileği zirve fleksiyon açıları dominant ve non-dominant taraflarda anlamlı farklı bulunmamakla birlikte diz zirve fleksiyon açısı Air-BT yorgunluk protokolü sonrasında cinsiyetler arası (“orta” EB=0.488 p=.014) anlamlı fark vardır Badminton oyuncularının kalça zirve fleksiyon açısı referans protokolünde kadın, erkek ve toplam değerlerde dominant ve non-dominant taraflar arasında (sırasıyla kadın, erkek ve toplam; “küçük” EB=0.411 p=.011, “çok büyük” EB=1.205 p=.014, “çok büyük” EB=1.067 p=.001) ve kadınlar ve erkekler karşılaştırıldığında (“orta” EB=0.522 p=.025), Air-BT yorgunluk protokolü sonrası ise kadınlar ve toplam değerlerin dominant ve non-dominant karşılaştırmasında (sırasıyla kadınlar ve toplam; “büyük” EB=0.899 p=.014, “orta” EB=0.647 p=.009) anlamlı fark bulunmuştur. Diz zirve fleksiyon açısı referans protokolü kadın, erkek ve toplam değerlerde dominant ve non-dominant taraflar arasında (sırasıyla kadın, erkek ve toplam; “orta” EB=0.696 p=.030, “küçük” EB=0.389 p=.024, “orta” EB=0.551 p=.001) fark bulunmuştur. Bununla birlikte protokoller arası karşılaştırmalarda hem dominant hem de non-dominant kalça, diz ve ayak bileği zirve fleksiyon açıları anlamlı farklı elde edilmemiştir.

Çizelge 4.6. Badminton oyuncularının referans ve Air-BT yorgunluk protokolünü takiben uygulanan smaç vuruşu sonrasında yere konmaları sırasındaki alt ekstremita zirve fleksiyon açıları

	n	Referans Protokolü		p*	p**	Air-BT Yorgunluk Protokolü Sonrası		p*	p**	p*** (D)	p*** (ND)
		D	ND			D	ND				
Kalça zirve fleksiyon açısı (°)	K	12.1±9.6	20.7±8.1	0.011	0.025	14±6.1	20.6±8.4	0.014	0.264	0.609	0.971
	E	14.4±10.3	26.4±9.6	0.014		15.4±9.9	21.4±12.8	0.158		1.000	0.245
	T	13.3±9.9	23.5±9.2	0.001	-	14.8±8.3	21±10.7	0.009	-	0.489	0.310
Diz zirve fleksiyon açısı (°)	K	40±20.4	28.9±9.6	0.030	0.226	34.5±15.8	29.2±9.6	0.181	0.014	0.065	0.884
	E	40.3±12.5	34.1±18.7	0.024		40.4±12.3	36.1±14.3	0.424		0.801	0.294
	T	40.2±16.6	31.5±14.9	0.001	-	37.6±14.2	32.6±12.5	0.130	-	0.128	0.209
Ayak bileği zirve fleksiyon açısı (°)	K	3.9±2.4	5.9±5.4	0.074	0.087	3.8±2.9	4.9±3.4	0.247	0.068	0.995	0.571
	E	5.4±3.5	6.8±6	0.787		5.9±4.5	6.5±4.8	0.392		0.954	0.522
	T	4.7±3.1	6.4±5.7	0.122	-	4.9±3.9	5.7±4.2	0.158	-	0.965	0.941

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, min: minimum değer, maks: maksimum değer, K: Kadın, E: Erkek, T: Toplam katılımcı, D: Dominant taraf, ND: Non-dominant taraf, p*: Cinsiyetler arası dominant ve non-dominant karşılaştırma p**: Kadın ve erkekler arası karşılaştırma , p***: yorgunluk protokolü öncesi ve sonrası karşılaştırma , p<0.05.

Badminton oyuncularının referans protokolü ve yorgunluk protokolünü takiben uyguladıkları smaç vuruşu sonrası yere konma esnasında kalça, diz ve ayak bileği açısız hızları dominant ve non-dominant taraflarda anlamlı farklı bulunmamıştır. Badminton sporcularının uyguladıkları referans protokolü ve Air-BT yorgunluk protokolü arasında kadın sporcuların kalça ve diz açısız hızı dominant taraflarda (sırasıyla kalça ve diz; “orta” EB=0.517 p=.002, “küçük” EB=0.388 p=.040) anlamlı fark vardır. Diz açısız hızı her iki protokol gününde de kadın erkek ve toplam değerlerde dominant ve non-dominant arasında (referans protokolü sırasıyla kadın, erkek ve toplam; EB= “çok büyük” p=.017, EB=0.262 “küçük” p=.045, EB=0.568 “orta” p=.001; Air-BT yorgunluk protokolü sırasıyla kadın, erkek, toplam; EB=1.396 “çok büyük” p=.004, EB=0.313 “küçük” p=.313, EB=0.588 “orta” p=.019) anlamlı fark bulunmuştur. Ayak bileği açısız hızında protokoller arasında fark yoktur. Sporcuların ayak bileği açısı referans protokolü ve Air-BT yorgunluk protokolünde kadın erkek ve toplam değerlerde dominant ve non-dominant taraflar arasında (EB=1.150 “çok büyük” p=.001, EB=0.517 “orta” p=.014, EB=0.736 “orta” p=.001) anlamlı fark vardır. Bununla birlikte Air-BT yorgunluk protokolü ayak bileği açısız hızında kadın ve erkekler karşılaştırıldığında (EB=1.878 “çok büyük” p=.030) anlamlı büyük açısız fark vardır.

Çizelge 4.7. Badminton oyuncularının referans ve Air-BT yorgunluk protokolünü takiben uygulanan smaç vuruşu sonrasında yere konmaları sırasındaki alt ekstremitte açısız hızları

	n	Referans Protokolü		p*	p**	Air-BT Yorgunluk Protokolü Sonrası		p*	p**	p*** (D)	p*** (ND)
		D	ND			D	ND				
Kalça açısız hızı (°/sn)	K	269.2±95.3	258.5±105.9	.883		225.9±70.2	246.7±78.7	.992		.002	.956
	E	244.9±101.1	251.5±122.9	.146	.139	247.8±56.8	213.1±36.6	.178	.712	.304	.648
	T	256.7±97.8	255±113.3	.260	-	237.4±63.6	229.9±62.9	.340	-	.342	.682
Diz açısız hızı (°/sn)	K	385.9±134	549.9±125.8	.017		332.5±140.7	511.4±114.2	.004		.040	.082
	E	479.4±245.3	544.8±252.6	.045	.697	469.9±280.2	555.7±266.5	.003	.234	.715	.840
	T	433.8±202.1	547.3±197	.001	-	404.8±232.9	533.5±203.6	.001	-	.146	.632
Ayak bileği açısız hızı (°/sn)	K	117.6±96.3	396.3±328.9	.001		121.3±60.5	298.2±192.9	.001		.369	.239
	E	233.3±275.3	435.3±478.7	.014	.260	167.6±78.9	378.5±204	.003	.030	.458	.349
	T	176.9±213.9	415.9±405.9	.001	-	145.7±73.6	338.3±200.1	.001	-	.582	.952

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, min: minimum değer, maks: maksimum değer, K: Kadın, E: Erkek, T: Toplam katılımcı, D: Dominant taraf, ND: Non-dominant taraf, p*: Cinsiyetler arası dominant ve non-dominant karşılaştırma p**: Kadın ve erkekler arası karşılaştırma , p***: yorgunluk protokolü öncesi ve sonrası karşılaştırma , p<0.05.

Badminton sporcularının uyguladığı referans protokolü ve Air-BT protokolleri eklem hareket açıklığı (EHA) açısından karşılaştırıldığında her 3 eklem için de anlamlı fark bulunmamıştır. Bunun yanı sıra diz ve ayak bileği eklemleri her iki protokol içerisinde dominant ve non-dominant taraflar arasında anlamlı fark olduğu bulunmuştur. Diz EHA kadın, erkek ve toplam değerlerde dominant ve non-dominant taraflarda referans protokolü (sırasıyla kadın, erkek ve toplam; “orta” EB=0.724 p=.017, “orta” EB=0.530 p=.045, “orta” EB=0.617 p=.016) ve Air-BT yorgunluk protokolünde (sırasıyla kadın, erkek, toplam; “yüksek” EB=0.860 p=.004, “orta” EB=0.670 p=.003, “orta” EB=0.713 p=.001) anlamlı fark vardır. Sporcuların ayak bileği EHA kadın, erkek ve toplam değerlerde dominant ve non-dominant taraflarda referans protokolü (sırasıyla kadın, erkek, toplam; “çok büyük” EB=1.689 p=.001, “orta” EB=0.584 p=.014, “büyük” EB=0.993 p=.001) ve Air-BT yorgunluk protokolünde (sırasıyla kadın, erkek ve toplam; “çok büyük” EB=1.593 p=.001, “büyük” EB=0.964 p=.003, “çok büyük” EB=1.195 p=.001) anlamlı fark vardır.

Çizelge 4.8. Badminton oyuncularının referans protokolü ile yorgunluk protokollerini takiben smaç vuruşları sırasındaki alt ekstremit eklemler hareket açıklığı (EHA) değerleri

	n	Referans Protokolü		p*	p**	Air-BT Yorgunluk Protokolü Sonrası		p*	p**	p*** (D)	p*** (ND)
		D	ND			D	ND				
Kalça EHA değeri (°)	K	40±7.9	40.5±7.9	.883	.848	40±9.9	39.4±7.3	.992	.806	.990	.544
	E	39±8.5	42.5±9.4	.146		42.5±9.3	38.2±9	.178		.075	.064
	T	39.5±8.1	41.5±8.6	.499		41.3±9.5	38.8±8.1	.298		.162	.052
Diz EHA değeri (°)	K	45.8±12.4	54.4±11.3	.017	.908	41.8±9.2	51.1±12.2	.004	.118	.103	.185
	E	45.8±16.8	54.3±15.2	.045		46.5±13.4	56.8±17.1	.003		.927	.568
	T	45.8±14.6	54.4±13.2	.016		44.3±11.7	53.9±15	.001		.308	.861
Ayak bileği EHA değeri (°)	K	9.1±4.4	19.8±7.8	.001	.409	8.6±3.3	19.4±9	.001	.058	.734	.879
	E	13.6±6	19±11.6	.014		13.6±5.8	20.9±9	.003		.779	.584
	T	11.4±5.8	19.4±9.8	.001		11.3±5.4	20.1±8.9	.001		.926	.719

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, min: minimum değer, maks: maksimum değer, K: Kadın, E: Erkek, T: Toplam katılımcı, D: Dominant taraf, ND: Non-dominant taraf, p*: Cinsiyetler arası dominant ve non-dominant karşılaştırma p**: Kadın ve erkekler , p***: yorgunluk protokolü öncesi ve sonrası karşılaştırma, , p<0.05.

5. TARTIŞMA

Badminton'da yapılan son çalışmalar müsabaka sırasında sporcuların yaşadığı olumsuzluklara neden olan konuları ve bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması ile birlikte performanstaki iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Araştırmada Abián-Vicén ve arkadaşlarının (2021) geliştirmiş olduğu yorgunluk protokolü kullanılmış, protokole başlamadan ve başladıktan sonra katılımcılara her seviyenin başında AZD sorulmuştur. Kadın katılımcılar ortalama 3.1. (131 ± 181 , 120 m) seviyeye kadar hiç yorgunluk hissetmediğini bildirirken, erkekler katılımcılar ortalama 2. (44 ± 127 , 80 m) seviyede yorgunluk seviyesinde değişimler olduğunu bildirmişlerdir. Bu iki seviye arasında 1 sekans fark bulunmaktadır, fakat performans düzeyince ciddi bir belirleyici değildir. İlk 87 ± 160 sn yani 2-3.1 seviyeleri arasında sporcularda hiç yorgunluk olmadığı belirlenmiştir. Protokole dair en belirgin bulgu Air-BT protokolü sonuçlarına kadın katılımcılar yorgunluk seviyeleri 9 (kadınlar: 1029 ± 269 sn, 854-882 m ve 12.1-12.2. sekanslar arası, erkekler: 989 ± 308 sn, 1280-1320 m ve 11.3-11.4 sekanslar arası) olana kadar erkeklerden ileri süre, zaman ve mesafeler kat ettikleri ve 10. (kadınlar: 1129 ± 304 sn, 1520-1560 m ve 13.1-13.2 sekanslar arası, erkekler: 1152 ± 323 sn, 1560-1600 m ve 13.2-13.3 sekansları arası) seviyede ise erkek sporcuların kadın sporculardan yüksek değerlere ulaştıkları görülmüştür. Bununla birlikte 40 sporcu arasında protokolün tamamını tamamlayan 5 sporcu (3 erkek, 2 kadın) bulunmaktadır. Diğer sporcular ise protokol sırasında en yüksek yorgunluk seviyelerine ulaştığını ifade ederek test tamamlanmadan bırakmışlardır.

Sporcuların Air-BT yorgunluk protokolü sonuçlarına göre VO_{2max} değerleri kadınlarda ortalama 57 ml.kg.dk^{-1} (kadınların protokolü 10. seviyede ulaştığı saniyenin ortalaması ile hesaplanmıştır), erkeklerde $58.9 \text{ ml.kg.dk}^{-1}$ (erkeklerin 10. seviyede ulaştığı saniyenin ortalaması ile hesaplanmıştır) toplamda ise $57.9 \text{ ml.kg.dk}^{-1}$ (tüm sporcuların protokolde 10. seviyeye ulaştığı saniyenin ortalaması ile hesaplanmıştır) olarak hesaplanmıştır.

Abian-Vicen ve arkadaşlarının (2021) 36 katılımcı (14 kadın, 22 erkek) ile geliştirmiş olduğu bu testte katılımcıların 14 yaş üzerinde olması ve en az 5 yıl badminton deneyimine sahip olması bizim çalışmamız ile benzer sınırlılıklara sahip olduğunu göstermektedir. Araştırmamıza katılım sağlayan sporcuların yorgunluk protokolünü maksimum çaba göstererek uyguladıklarını baz alıp karşılaştıracak olursak araştırmada tüm sporcuların performansı 809 ± 251 sn, 9.9 ± 2.4 seviye ve kat edilen mesafe 1050 ± 362 m olarak

bulunmuştur. Katılımcıların $VO_{2max}=50.2 \pm 6.7$ ml.kg.dk⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Protokolün geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları 2 farklı protokol (Yo-Yo aralıklı koşu testi ve koşu bandı testi) karşılaştırılmış ve Air-BT yorgunluk testini badminton oyuncularında VO_{2max} 'ı değerlendirmek için geçerli ve güvenilir bir test olduğunu belirtmişlerdir.

Alcock ve Cable'ın (2009) 16 erkek çiftler ve tekler müsabakalarında yarışan badminton sporcusunun katıldığı araştırmada tekler müsabakasında yarışanların tahmini $VO_{2max}=50.6\pm 4.6$ ml.kg.dk⁻¹, çiftler müsabakasında yarışan sporcuların ise tahmini $VO_{2max}=45.5\pm 4.5$ ml.kg.dk⁻¹ olarak bulmuşlardır. Bu araştırmada bulunan sporcuların VO_{2max} değerlerinin düşük çıkmasının sebebi çiftler kategorisinde yarışan sporcuları dahil etmelerinden kaynaklanabilir. Çiftler kategorisinde sporcular bir sahada iki kişi bulundukları için tekler kategorisindeki sporcular kadar yüksek oksijen kapasitesine ihtiyaç duymayabilirler. Rusdiana (2020) yapmış olduğu çalışmada erkek badminton, kürek ve bisiklet sporcularının direkt ve indirekt VO_{2max} değerlerini karşılaştırmıştır. Bu araştırma sonucunda indirekt yöntem ile badminton oyuncularının $VO_{2max}=51.7\pm 3.6$ ml.kg.dk⁻¹, kürekçilerin $VO_{2max}=50.9\pm 2.9$ ml.kg.dk⁻¹ ve bisiklet sporcularının $VO_{2max}=55.7\pm 3.8$ ml.kg.dk⁻¹ iken direkt yöntem ile badminton oyuncularının $VO_{2max}=47.7\pm 2.3$ ml.kg.dk⁻¹, kürekçilerin $VO_{2max}=47.2\pm 2.5$ ml.kg.dk⁻¹ ve bisikletçilerin $VO_{2max}=62.2\pm 3.3$ ml.kg.dk⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Araştırmada badmintoncuların VO_{2max} değerlerinin düşük olmasının sebebi katılımcı sayısının az olması, katılımcıların haftalık antrenman sayısının yetersiz olması, sporcuların müsabaka sezonunda olmamasından kaynaklanabilir.

Badminton oyuncularının sıçrama yükseklikleri değerlendirildiğinde hem referans protokolünde hem de Air-BT yorgunluk test protokolünde erkek sporcuların kadın sporcuların neredeyse 2 katı yüksekliğe sıçrama yaptıkları belirlenmiş, bu sebeple erkek ve kadın sporcular arasında her iki günde de (referans protokolü: $p=.001$, Air-BT yorgunluk protokolü: $p=.001$) anlamlı sıçrama yüksekliğine sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte badminton oyuncularında sıçrama yüksekliği referans protokolü ve Air-BT yorgunluk protokolü arasında fark bulunmamıştır ($p=.131$). Sıçrama yüksekliği her iki cinsiyette de referans protokolünde en yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir, ancak bu fark minimaldir. Bu da yorgunluğun badminton sporcularında sıçrama yüksekliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığını göstermektedir. Kadınlar referans protokolünde ortalama 21.8 ± 4.5 cm, yorgunluk sonrası 20.6 ± 4.6 cm sıçrama yüksekliğine ulaşırken, erkekler referans protokolünde 41.8 ± 12.8 cm ve yorgunluk protokolü sonrası

40.7±7.9 cm sıçrama yüksekliğine ulaşmışlardır. Burada en çok dikkat çeken veri ise erkeklerde referans protokolü günü maksimum sıçramanın 64.2 cm olarak görülmesidir. Badminton’da smaç sıçramasının yüksek olması topun yere düşme süresinin kısılması, daha dik açıyla yere düşmesi anlamına gelmektedir. Bu durum da sporcuyla sayıya ulaştırmada büyük bir etkindir.

Ramasamy ve arkadaşları (2019) 19 elit badminton oyuncusunun dikey smaç sıçrama yüksekliğini 49±4.7cm olarak bulmuşlardır. King ve arkadaşları (2020) 18 erkek badminton oyuncularının sıçrama sırasında üst ekstremita kinematiklerinin analizi yaptığı araştırmada sıçrama yüksekliğini 31.6±9.2 cm olarak bulmuştur. Rusdiana ve arkadaşları (2023) araştırmamıza paralel olarak olarak yorgunluk protokolü uygulamış (8 km/s hız ile treadmill de 3 dk ısınma ve ardından 10 km/s hız ile başlatarak her 3 dk sonunda 2 km/s artırarak tükenene kadar devam eden bir yorgunluk protokolü) ve üst ekstremita kinematiğini değerlendirmişlerdir. Buna ek olarak sıçrama yüksekliği sporcularda yorgunluk öncesi 46±5.1 cm iken yorgunluk sonrası 43±6.8 cm olarak bulunmuş ve yorgunluk öncesi ile sonrasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p<0.05$). Araştırmamıza benzer olarak protokoller arası fark bulunmamışken, yorgunluk protokolü sonunda düşüş gözlenmiştir. Rusdiana ve arkadaşlarının (2023) katılımcı grubunun az olması, yaş grubunun bizim katılımcılarımızdan daha yüksek olması gibi sebeplerden kaynaklı farklılıklar olabileceği düşünülmektedir.

Badminton oyuncularında yorgunluğun yere konma kinematiğine etkisini değerlendirdiğimiz araştırmamızda sporcuların VKM dikey ve yatay doğrusal hızları değerlendirildiğinde her iki ölçüm gününde de cinsiyetler arası fark bulunmuştur. Sporcuların VKM dikey doğrusal hızlarında referans ve Air-BT yorgunluk protokolü günlerinde değişim olmamakla birlikte, VKM yatay doğrusal hız Air-BT yorgunluk protokolü gününde kadınlarda düşüş gösterirken erkeklerde artış göstermektedir. Bu durum müsabaka sırasında yorulan kadın sporcuların topa ulaşma süresini geciktirecek ve performansı olumsuz etkileyecektir. Badminton oyuncularının uyguladığı referans protokolü ve Air-BT yorgunluk protokolleri arasında VKM yatay doğrusal hız hesaplamalarında kadın sporcular (referans protokolü: 1.5±0.3, Air-BT yorgunluk protokolü: 1.3±0.3 “orta” EB=0.666) arasında fark bulunmuştur.

Rambely ve arkadaşlarının (2004) 13 erkek badminton oyuncusu ile yaptığı araştırmada smaç vuruşu sırasında elde ettiği verilere göre VKM yatay doğrusal hızı 0.04 ± 1.4 m/sn, dikey doğrusal hızı ise 1.9 ± 0.9 m/sn olarak bulmuştur.

Badminton sporcularında yorgunluğun backhand bölgesinde uygulanan başüstü forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğine etkisini incelediğimiz araştırmada sporcuların yerle ilk temas anında kalça fleksiyon açıları dominant ve non-dominant taraflar arasında anlamlı fark bulunmaktadır. Sporcuların backhand bölgesinde vurmuş oldukları forehand smaç hareketi esnasında sergilemiş oldukları tek bacak yere konma sırasında farklı açısal değişiklikler gözlemlenmesi hareketin asimetrisinden dolayı beklenmektedir. Kadın ve erkek sporcuların yerle ilk temas anındaki kalça fleksiyon açıları arasında fark bulunmaması ise hareketin cinsiyetler arası farklılaşmadığını göstermektedir. Badminton oyuncularını backhand kortta uyguladıkları forehand smaç sonrasında ilk yere temas anında dominant kalça fleksiyon açısı ortalama -16.2° ile -21.4° arasında iken non-dominant kalça fleksiyon açısı ortalama -30.9° ile -35.3° arasında gözlemlenmiştir. Sporcular yorgunluk protokolü sonrası diz fleksiyon açısında anlamlı değişiklik yaşamamıştır. Bu durum sporcuların yorgun oldukları durumda bile diz eklemindeki yükü absorbe edebildiklerini göstermektedir.

Badminton oyuncularının yorgunluk sonrası backhand kortta uyguladıkları forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğinde diz varus/valgus açısının toplam değerlerde Air-BT yorgunluk protokolü sonrası azaldığı görülmüştür (referans protokolü: “küçük” EB=0.411 p=.049, Air-BT yorgunluk protokolü: “küçük” EB=0.384 p=.022).

Bu azalmanın sporcuların diz eklemine binen yükün artmasına, dolayısıyla ÖÇB yaralanma riskinin artmasına sebep olacağı belirtilmiştir (Tamura ve diğerleri, 2017). Kadın sporcuların dominant diz varus açısı Air-BT yorgunluk protokolü sonrasında yaklaşık %50 artış göstermiş non-dominant diz açısı ise azalma göstermiştir. Sporcuların smaç sonrası tek bacak yere konma sırasında yere ilk temas eden ayağın nondominant ayak olmasından kaynaklı diz açısında azalma görülmesi kadın sporcuların yorgunluk sonrası ÖÇB yaralanma riskini artırabilecektir.

Badminton oyuncularının yorgunluk sonrası backhand kortta uyguladıkları forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma sırasında tüm yere konmalarda ayak bileği

dorsifleksiyon pozisyonu korumuştur. Erkek sporcuların referans protokolünde (“küçük” $EB=0.575$ $p=.012$) ve toplam sporcuların her iki protokolünde de dominant ve nondominant taraflar arasında anlamlı fark bulunmuştur (referans protokolü: “küçük” $EB=0.391$ $p=.010$, Air-BT yorgunluk protokolü: “küçük” $EB=0.459$ $p=.037$).

Araştırmada sporcuların ayak bileği internal/external rotasyon açısı tüm ölçüm günlerinde dominant ve non-dominant taraflar için internal rotasyon olarak seyretnmiştir. Katılımcıların her iki günde de dominant ve non-dominant tarafları arasında anlamlı fark bulunmuştur. Bu durum hareketin asimetrisinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Erkek sporcuların her iki günde de benzer açılara sahip olması yorgunluğun etkilerinin ortaya çıkmadığını gösterirken kadın sporcuların non-dominant ayak bileği internal/eksternal rotasyon açısı Air-BT yorgunluk protokolünün yapıldığı gün azalma göstermiştir. Bu durum diz varus açısı ile paralellik göstermektedir. Her iki bacağın kuvvetinin orantılı olması badmintonda alt ekstremitte yaralanmasının önüne geçebilmek için önem arz etmektedir.

Hung ve arkadaşları (2020) 16 erkek badmintoncu ile 3 farklı badminton smaç stratejisinin kinematik analizini yapmıştır. Bu stratejiler gölge badminton çalışması, topsuz hedef bölgeye doğru smaç simülasyonu ve top ile smaç vuruşu şeklindedir. Hedef bölgesi ve sporcunun smaç vurduğu bölge araştırmamız ile benzerlik göstermektedir. Toplu yapılan smaç vuruşunda kalça fleksiyon açısı -13.96 ± 7.04 , diz fleksiyon açısı -15.27 ± 3.03 , ayak bileği varus/valgus açısı -8.75 ± 1.93 , ayak bileği plantar/dorsifleksiyon açısı 27.53 ± 2.82 olarak bulunmuştur. Tseng ve arkadaşları (2021) 20 badminton sporcusu (10 kadın 10 erkek) ile yapmış olduğu çalışmada kadınların erkeklere göre tek bacak yere konarken daha büyük bir diz valgus açısı, daha fazla diz ekstansiyonu, daha büyük ayak bileği dorsifleksiyonu ve inversiyon açısı sergilediğini bulmuşlardır. Erkek sporcuların daha fazla kalça fleksiyonu daha büyük diz varus açısı olduğunu bulmuşlardır.

Geçmiş araştırmalar yere konma sırasında diz valgus açılarının kadın sporcularda daha yüksek ÖÇB yaralanma riski ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (Hewett ve diğerleri, 2005; Koga ve diğerleri, 2010; Krosshaug ve diğerleri, 2007; Olsen ve diğerleri, 2000). Araştırmamızda ise kadın sporcuların Air-BT yorgunluk protokolü sonrasında diz varus açısının arttığı görülmekte ve bu sebeple yorulan sporcuların ÖÇB riskinin arttığı görülmektedir.

Herbaut ve Delannoy (2020), yorgunluğun badminton sporcularının ayak bileği yaralanma riskine olan etkisini EMG ve yer reaksiyon kuvveti kullanarak değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak yorulan badminton oyuncularının ayak bileği inversiyon açısında artış gözlemlenmiştir. Bu durum badmintoncularda yorgunluk arttıkça ayak bileği burkulması riskinin arttığını vurgulamaktadır.

Araştırmada sporcuların referans ve Air-BT yorgunluk protokolünü takiben uygulanan smaç vuruşu sonrasında yere konma ve toparlanma arasındaki alt ekstremite zirve fleksiyon açılarındaki protokoller arası fark bulunmamıştır ($p < 0.05$). Bununla birlikte kalça zirve fleksiyon açısında referans protokolü gününde cinsiyetler arası fark bulunmuştur ($p = .025$). Erkek sporcuların kalça zirve fleksiyon açısının daha yüksek olduğu görülmüştür. Kadınlar ve erkeklerin fizyolojik ve antropometrik farklılıklarından kaynaklı bu farkların ortaya çıkabileceği düşünülmektedir. Kalça zirve fleksiyon açısı dominant ve non-dominant taraflar arasında da hem kadın hem erkek hem de toplam değerlerde anlamlı fark ortaya çıkmıştır. Backhand arka kortta uygulanan smaç vuruşu sırasında yere konarken sporcuların dominant ve non-dominant bacakları birbirine paralel hareket sergilememeleri sebebiyle bu farkların oluşabileceği düşünülmektedir.

Katılımcıların diz zirve fleksiyon açısı referans protokolü gününde fark bulunmazken, Air-BT yorgunluk protokolü sonrasında kadınlar ve erkekler arasında fark bulunmuştur ($p = .014$). Erkek sporcuların diz zirve fleksiyon açısı kadınlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yorgunluk sonrası erkek sporcuların diz eklemine binen yükü daha iyi absorbe etme yeteneğine sahip olduğu, kadınların erkeklere göre ÖÇB yaşama riskinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ek olarak diz zirve fleksiyon açıları referans protokolü sonrası kadın, erkek ve toplam değerlerde dominant ve non-dominant taraflar arasında fark bulunmuştur.

Katılımcıların ayak bileği zirve fleksiyon açıları her iki günde de protokoller arası, dominant ve non-dominant taraflar arası ve cinsiyetler arası fark göstermemiştir ($p < 0.05$). Bu durum yorgunluğa maruz kalan sporcuların ayak bileği mobilitesini koruyabildiği, ayak bileği yaralanmaları ile karşılaşma olasılığının düşük olduğu anlamına gelmektedir.

Literatürde badmintonda smaç sırasında alt ekstremite zirve fleksiyon açıları sadece öne adım hareketinde araştırılmış olup (Liu ve diğerleri, 2023; Mei ve diğerleri, 2017; Tong ve

diğerleri, 2023), badmintonda smaç sıçraması safhalarında herhangi bir zirve fleksiyon açısı değerine rastlanmamaktadır. Bu anlamda araştırmamız referans değeri taşımaktadır.

Badminton oyuncularının yorgunluk sonrası backhand kortta uyguladıkları forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma sırasında kadın sporcularda protokoller arası dominant taraflarda kalça ve diz açısal hızında (kadın dominant kalça açısal hız $p=.517$, kadın dominant diz açısal hız $p=.388$) anlamlı fark bulunmuştur. Kadın sporcuların kalça ve diz eklemi açısal hızları Air-BT protokolünde referans protokolüne göre azalma göstermiştir. Bu da sporcuların yorulduktan sonra yaralanma yaşamamak adına hareket kısıtlamasına gittiğini ya da istenilen, dinlenik durumdaki tekniğe benzer açısal hızlarda hareket sergilemediklerini göstermektedir. Bu bulgunun performansı olumsuz yönde etkileyebileceği düşünülmektedir. İstenilen hareket açıklığına ulaşamaması tekniğin doğru uygulanamamasına da yol açabilmekte ve müsabaka koşullarında rakibe üstün gelme açısından dezavantajlı duruma düşebilmektedir. Genel anlamda ise erkek sporcuların kadın sporculardan daha düşük açısal hıza sahip olduğu görülmüştür. Bu durum ise boy uzunluğu, VKM yatay ve dikey hız farklardan dolayı topa ulaşma süresinin kısalmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Badminton sporcularının referans protokolü ile yorgunluk protokollerini takiben smaç vuruşları sırasındaki alt ekstremite EHA açısından değerlendirildiğinde kalça EHA; protokoller arası, cinsiyetler arası ve dominant ve non-dominant taraflar arasında anlamlı farklı bulunmamıştır ($p<0.05$). Kadınlar ve erkeklerin kalça EHA değerleri birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu da badminton oyuncularının backhand kortta uyguladıkları forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma sırasında kalça eklemi cinsiyet fark etmeksizin ortalama 38.2° - 42.5° arasında seyretmektedir.

Katılımcıların diz ve ayak bileği EHA değerleri dominant ve non-dominant taraflar arasında anlamlı fark ortaya koymuştur. Özellikle ayak bileği dominant ve non-dominant taraflar arasında çok büyük EHA farkı bulunmaktadır. Bu durumun sporcunun VKM den uzaklaştıkça kontrol mekanizmasının azalmasından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Diz EHA dominant taraflarda ortalama 41.8° - 46.5° arasında, non-dominant taraflarda ise 51.1° - 56.8° aralığındadır. Ayak bileği EHA dominant taraflarda 8.6° - 13.6° arasında non-

dominant taraflarda ise 19° - 20.9° arasında bulunmuştur. Literatürde badminton da alt ekstremit e EHA'nı değ erlendiren araşt ırmaya rastlanmamıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Badminton'da yapılan son çalışmalar müsabaka sırasında sporcuların yaşadığı olumsuzluklara neden olan konuları ve bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması ile birlikte performanstaki iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Phomsoupha ve Laffaye (2015) yaptığı araştırmada badminton kısa süreli ve yüksek yoğunluklu bir spor olduğunu, müsabaka sırasında ortaya çıkan maksimum kalp atım hızı, maksimum kalp atım sayısının %90'ından fazla olduğunu ve enerji sistemleri açısından %60-70 aerobik sistem ve %30 anaerobik sistemi içerdiğini laktik anaerobik metabolizmadan çok anaerobik alaktik metabolizmaya hizmet ettiğini belirtmiştir. Sporcularda müsabaka koşullarında ciddi yorgunluk yaşanmakta ve bu durum performansta düşüş ya da yaralanmaya yol açmaktadır. Bu sebeple de özellikle alt ekstremitelerde kinematik değişiklikler görülmesi olasıdır. Sporcunun bu istemsiz değişiklikleri de performansı olumsuz etkileyebilir ya da yaralanmaya yol açabilmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı araştırmamızda yorgunluğun alt ekstremitelerde kinematiğine etkisi önem arz etmektedir.

Araştırmamız badminton oyuncularının ilk gün hiçbir girişimde bulunmadan ısınma sonrası backhand kortta forehand başüstü smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konmayı içeren referans protokolü ve ikinci gün ısınma sonrası Air-BT yorgunluk protokolünü takiben uyguladıktan backhand kortta forehand başüstü smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Referans protokolünde sporcuların ısınması ve backhand arka kort bölgesinde forehand başüstü smaç vurmasını içermektedir. Air-BT yorgunluk protokolünde sporcu ısınmasını tamamladıktan sonra Air-BT yorgunluk protokolünü badminton sahasında uygular. Sporcu tükenene dek protokol devam eder ve sonra test sonlandırılır. Hemen ardından sporculardan referans protokolünde olduğu gibi rakip sahadan atılan topa backhand arka kort bölgesinden forehand smaç vuruşu yapması istenmiştir. Sporcuların iç yüklerini belirlemek amacıyla AZD alınmıştır ve ayrıca Air-BT yorgunluk protokolü aracılığıyla da VO_{2max} hesaplanmıştır. Bununla birlikte sporcuların sıçrama yüksekliği, VKM dikey ve yatay doğrusal hız, yere ilk temas anındaki alt ekstremitelerde fleksiyon, varus/valgus, dorsi/plantar fleksiyon, internal/eksternal rotasyon açıları, toparlanmaya kadar geçen sürede zirve fleksiyon açıları, açısal hızları ve eklem hareket açıları hesaplanmıştır, dominant ve non-dominant taraflarda, cinsiyetler arasında ve protokoller arasında karşılaştırması yapılmıştır.

Protokol sırasında sporcuların tükenene kadar protokolü sürdürdükleri varsayılmakla birlikte kadınlar ortalama protokol süresi 1129 sn (seviye:12.1-12.2, kat edilen mesafe:1360-1400) ve erkeklerin ortalama 1152 sn (seviye: 13.2-13.3, kat edilen mesafe: 1560-1600) arasında olduğu ve VO_{2max} kadınlarda 57 ± 7.1 ml.kg.dk⁻¹ ve erkeklerde 58.9 ± 7.8 ml.kg.dk⁻¹ olarak bulunmuştur. Air-BT yorgunluk protokolü sonrasında sporcuların sıçrama yüksekliğinde fark görülmemiştir. Sıçrama yüksekliği her iki ölçüm gününde de cinsiyetler arası fark bulunmuştur (referans protokolü: $p=.001$ EB=2.084, Air-BT yorgunluk protokolü: $p=.001$ EB=3.109).

VKM dikey doğrusal hızda protokoller arası, dominant ve non-dominant taraflar arasında fark bulunmazken, her iki ölçüm gününde cinsiyetler arasında fark bulunmuştur (referans protokolü: $p=.001$ EB=1.979, Air-BT yorgunluk protokolü: $p=.001$ EB=2.333). VKM yatay doğrusal hız kadınlarda Air-BT yorgunluk protokolü sonrasında anlamlı düşüş göstermiştir ($p=.009$ EB=2.3).

Badminton oyuncularının backhand arka kortta uyguladıkları forehand başüstü smaç vuruşu sonrası yere ilk temas anında alt ekstremitede kalça fleksiyon açıları kadın, erkek ve toplam değerlerde dominant ve non-dominant taraflar arasında anlamlı fark bulunmuştur. Kalça ve diz fleksiyon açıları erkek sporcuların hem dominant hem de non-dominant taraflarda her iki protokol gününde kadınlardan daha yüksek açılara ulaştığı görülmüştür. Diz varus açısında toplam değerlerde protokoller arası non-dominant taraflarda anlamlı düşüş göstermiştir ($p=.022$ EB=0.384). Sporcuların yorgunluk sonrası diz varus açısında azalma görülmüştür. Ayak bileği internal rotasyonunda kadınlarda Air-BT yorgunluk protokolü sonrasında azalma görülmüştür (referans protokolü: 41.5 ± 16.3 Air-BT yorgunluk protokolü: 35.4 ± 10.9).

Araştırmada yere konma ve sonrasında toparlanma safhası arasında alt ekstremita zirve fleksiyon açıları kalçada referans protokolünde cinsiyetler arası fark gözlemlenirken ($p=.025$ EB=0.522), dizde Air-BT yorgunluk protokolü sonrasında cinsiyetler arası fark gözlemlenmiştir ($p=.014$ EB=0.647). Her iki durumda da erkeklerin zirve fleksiyon açısı daha yüksek bulunmuştur.

Araştırmada katılımcıların alt ekstremita açısal hızları yerden ilk havalanma anı ile yere konduktan sonra ilk toparlanma anı arasındaki açısal yer değiştirme değerlendirilmiştir. Bu

bağlamda kadın sporcularda kalça ve diz ekleminde protokoller arası anlamlı fark bulunmuştur (kalça: $p=.002$ EB=0.517, diz: $p=.040$ EB=0.388). Her iki ekstremitede de Air-BT yorgunluk protokolünden sonra açısal olarak azalma gözlemlenmiştir. Ayak bileği açısal hızı Air-BT yorgunluk protokolü sonrasında cinsiyetler arası anlamlı fark bulunmuştur ($p=.030$ EB=1.878). Diz ve ayak bileği dominant ve non-dominant taraflar arasında farklar bulunmuştur.

Katılımcıların yerden ilk havalanma ve toparlanma arasındaki en yüksek değer olan EHA, diz ve ayak bileği her iki ölçüm gününde de kadınların, erkeklerin ve toplam değerlerin dominant ve non-dominant taraflar arasında fark bulunmuştur. Badmintonda backhand arka kortta uygulanan smaç vuruşu sonrasında tek bacak yere konma pozisyonunda sporcuların alt ekstremitte hareketi her iki bacak için de benzerlik göstermediği için fark oluşmasının doğal olduğu düşünülmektedir.

Ek olarak Air-BT yorgunluk protokolünün yeni geliştirilmiş olması sebebiyle literatürde bu protokole dair yapılmış araştırma bulunmamaktadır. Araştırmamız protokolü destekler nitelikte olup antrenörlere ve sporculara yol gösterici olmakla birlikte, performans takibinin antrenörler tarafından nicel olarak takip edilebilmesine olanak sağlamaktadır.

Sonuç olarak badmintonda yorgunluğun backhand kortta uyguladıkları forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma mekanizmasına etkisi üzerine önemli bulgulara ulaşılmıştır. Kadın sporcuların yorgunluk sonrası yatay doğrusal hızının azalması müsabaka koşullarında dezavantaj yaratacağı düşünülmektedir. Sporcuların smaç sonrası tek bacak yere konması non-dominant taraf ile gerçekleştiği için non-dominant tarafın sunduğu veriler büyük öneme sahiptir. Bu anlamda diz varus açısı protokoller arası non-dominant taraflar arasında farkın olması diz ekleminin yorgunluk sonrası ÖÇB riskinin arttığını göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan Air-BT yorgunluk protokolünün antrenörler tarafından küçük yaşlardan itibaren sporcuların performans takibine olanak sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu araştırma farklı yaş gruplarında, smaç vurma bölgesinin forehand bölgesi olarak belirlenmesi ve sahanın orta ve çapraz bölgelerini hedef alarak yapılacak olan smaçlarla da genişletilmesi ile kinematik olarak ortaya çıkabilecek farklılıkların ortaya koyulabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdullahi, Y. and Coetzee, B. (2017). Notational singles match analysis of male badminton players who participated in the African badminton championships. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(1–2), 1–16.
- Abián-Vicén, J., Bravo-Sánchez, A., and Abián, P. (2021). AIR-BT, a new badminton-specific incremental easy-to-use test. *Plos One*, 16(9), 1–13.
- Abian-Vicen, J., Castanedo, A., Abian, P. and Sampedro, J. (2017). Temporal and notational comparison of badminton matches between men ' s singles and women ' s singles Temporal and notational comparison of badminton matches between men ' s singles and women ' s singles. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 310–320.
- Abián, P., Castanedo, A., Feng, X. Q., Sampedro, J. and Abien-Vicen, J. (2017). Notational comparison of men ' s singles badminton matches between Olympic Games in Beijing and London. *International Journal of Performannce Analysis in Sport*, 14, 42–53.
- Akenhead, R. and Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11, 587–593.
- Alcock, A. and Cable, N. T. (2009). A comparison of singles and doubles badminton: heart rate response, player profiles and game characteristics. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(2), 228–237.
- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Lázaro-Haro, C. and Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17, 705–729.
- Allen, D. G. (2004). Skeletal muscle function: Role of ionic changes in fatigue, damage and disease. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 31(8), 485–493.
- Araragi, K. and Araragi, T. (1995). A Study of the local laws for badminton in the early days concerning the laws introduced before 1893 in which the badminton asocation was established. *Bulletin of Tokai Women ' s University*, 15, 15–36.
- Ariff, F. H. M. and Rambely, A. S. (2008). Determination of torques at upper limb joints during jumping in badminton smash via Kane's method. *ISBS Conference Proceeding Archive*, 73–76.
- Awatani, T., Morikita, I. and Urata, T. (2018). Correlation between isometric shoulder strength and racket velocity during badminton forehand smash movements : study of valid clinical assessment methods. *The Journal of Physical Therapy Science*, 30, 850–854.

- Baechle, T. R. and Earle, R. W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign, Illinois: Human kinetics, 75-91.
- Baharuddin, M. Y. (2010). Motion analysis of arm movement during badminton smash. *IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES 2010)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 30th November - 2nd December 2010, 111–114.
- Bahr, R. and Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanism: a key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 324–329.
- Bainbridge, F. A. (1923). *The physiology of muscular exercise*. Londra: Longmans, Green, and Company, 41-52.
- Barber-Westin, S. D. and Noyes, F. R. (2017). Effect of fatigue protocols on lower limb neuromuscular function and implications for anterior cruciate ligament injury prevention training a systematic review. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(14), 3388–3396.
- Bartlett, R. (2014). *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns*. Londra: Routledge, 21-25.
- Beaulieu, L. and Lamontagne, A. M. (2009). Lower limb muscle activity and kinematics of an unanticipated cutting manoeuvre: a gender comparison. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 17, 968–976.
- Benjaminse, A., Webster, K. E., Kimp, A., Meijer, M. and Gokeler, A. (2019). Revised approach to the role of fatigue in anterior cruciate ligament injury prevention: a systematic review with meta - analyses. *Sports Medicine*, 49(4), 565–586.
- Bingqi, C. and Zhiqiang, W. (2007). A statistical method for analysis of technical data of a badminton match based on 2-d seriate images. *Tsinghua Science and Technology*, 12(5), 594–601.
- Bisson, E. J., Remaud, A., Boyas, S., Lajoie, Y. and Bilodeau, M. (2012). Effects of fatiguing isometric and isokinetic ankle exercises on postural control while standing on firm and compliant surfaces. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 9(39), 1–9.
- Blazevich, A. and Blazevich, A. J. (2017). *Sports Biomechanics: The Basics: Optimising Human Performance*. Londra: Bloomsbury Publishing, 71-75.
- Bleecker, C. De, Vermeulen, S., Blaiser, C. De, Willems, T., Ridder, R. De. and Roosen, P. (2020). Relationship between jump - landing kinematics and lower extremity overuse injuries in physically active populations: a systematic review and meta - analysis. *Sports Medicine*, 50(8), 1515–1532.
- Borg, G. (1982). A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. *Psychophysical Judgment and the Process of Perception*, 4, 25–34.
- Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Humman kinetics*, 3, 45-61.
- Brahms, B.-V. (2014). *Badminton Handbook*. London: Meyer and Meyer Sport, 51-54.

- Brito, J., Fontes, I., Ribeiro, F., Raposo, A., Krstrup, P. and Rebelo, A. (2012). Postural stability decreases in elite young soccer players after a competitive soccer match. *Physical Therapy in Sport*, 13(3), 175–179.
- Cingel, R. Van, Medical, S., Kleinrensink, G. and Bie, R. A. De. (2007). Isokinetic strength values , conventional ratio and dynamic control ratio of shoulder rotator muscles in elite badminton players. *Isokinetics and Exercise Science*, 15, 287–293.
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd Editio). New York: Routledge, 98-112.
- Cowin, S. C. (2001). *Bone Mechanics Handbook*. Florida: CRC press, 114-121.
- Cui, X., Lam, W. K., Gao, Q., Wang, X. and Zhao, T. (2022). Biomechanical analysis on skilled badminton players during take-off phase in forehand overhead strokes: A pilot study. *Biology*, 11(10), 1–13.
- Davis, R. B., Ounpuu, S., Dennis, T. and Gage, J. R. (1991). A gait analysis data collection and reduction technique. *Human Movement Science*, 10, 575–587.
- Decker, M. J., Torry, M. R., Wyland, D. J., Sterett, W. I. and Steadman, J. R. (2003). Gender differences in lower extremity kinematics , kinetics and energy absorption during landing. *Clinical Biomechanics*, 18, 662–669.
- Duclos, M., Foster, C. and States, U. (2012). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the european college of sport science and the american college of sports medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186–205.
- Dwyer, M. K., Boudreau, S. N., Mattacola, C. G., Uhl, T. L. and Lattermann, C. (2010). Comparison of lower extremity kinematics and hip muscle activation during rehabilitation tasks between sexes. *Journal of Athletic Training*, 45(2), 181–190.
- Fahlstrom, M., Bjornstig, U. and Acute, L. R. (1998). Acute badminton injuries. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8, 145–148.
- Faude, O., Meyer, T., Rosenberger, F., Fries, M., Huber, G. and Kindermann, W. (2007). Physiological characteristics of badminton match play. *European Journal of Applied Physiology*, 100, 479–485.
- Fleisig, G. S. and Kwon, Y. (2016). *The Biomechanics of Batting, Swinging, and Hitting*. London: Routledge, 145-170.
- Fortenbaugh, D., Fleisig, G. S. and Andrews, J. R. (2009). Baseball pitching biomechanics in relation to injury risk and performance. *Sports Health*, 1(4), 314–320.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrov, L. A., Suzanne, P., Doleshal, A. and Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–115.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725–1789.

- Giulio, C. Di, Daniele, F., Tipton, C. M., Giulio, D., Daniele, F. and Tipton, C. M. (2024). Angelo Mosso and muscular fatigue: 116 years after the first congress of physiologists: IUPS commemoration. *Advances in Physiology Education*, 30, 51–57.
- Goh, S. L., Mokhtar, A. H. and Ali, R. M. (2013). Badminton injuries in youth competitive players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 53, 65–70.
- Gomez, M.-Á., Rivas, F., Connor, J. D. and Leicht, A. S. (2019). Performance differences of temporal parameters and point outcome between elite men's and women's badminton players according to match-related contexts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4057), 1–18.
- Gowitzke, B. A., Waddell, D. B. and Macdougall, J. D. (1987). Biomechanical and Physiological Measures of Teen-Aged Badminton Players. *ISBS - Conference Proceedings Archive*, 285–293.
- Green, H. J. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 247–256.
- Green, R., West, A. T. and Willems, M. E. T. (2023). Notational analysis and physiological and metabolic responses of male junior badminton match play. *Sports*, 11(2).
- Greig, M. and Walker-Johnson, C. (2007). The influence of soccer-specific fatigue on functional stability. *Physical Therapy in Sport*, 8(4), 185–190.
- Grice, T. (2008). Badminton: steps to success. *Human Kinetics*, 18–48.
- Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynnon, B. D., Demaio, M., Dick, R. W., Engebretsen, L., Garrett, W. E., Jo, A., Hewett, T. E., Huston, L. J., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Lephart, S., Mandelbaum, B. R., Mann, B. J., Marks, P. H., Marshall, S. W. and Yu, B. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries a review of the hunt valley II meeting, January 2005. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(9), 1512–1532.
- Halsen, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44, 139–147.
- He, G. (2022). Comparative study on biomechanics of two legs in the action of single-leg landing in men's badminton. *MCB Molecular and Cellular Biomechanics*, 19(1), 41–50.
- Hensley, L. D. and Paup, D. C. (1979). A Survey of Badminton Injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 13, 156–160.
- Herbaut, A. and Delannoy, J. (2020). Fatigue increases ankle sprain risk in badminton players: A biomechanical study. *Journal of Sports Sciences*, 38(13), 1560–1565.
- Herbaut, A., Delannoy, J. and Foissac, M. (2018). Injuries in French and Chinese regular players: les blessures chez les joueurs réguliers de badminton. *Science and Sports*, 33(3), 145–151.

- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., Mclean, S. G., Bogert, A. J. Van Den, Paterno, M. V and Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492–501.
- Hewett, T. E., Torg, J. S. and Boden, B. P. (2009). Video analysis of trunk and knee motion during non-contact acl injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *British Journal of Sports Medicine*, 1–26.
- Hill, A. V. (1926). *Muscular Activity*. Baltimore: Johns Hopkins University, 152-158.
- Hong, Y., Wang, S. J., Lam, W. K. and Cheung, J. T. (2014). Kinetics of badminton lunges in four directions. *Journal of Biomechanics*, 30, 113–118.
- Hrysomallis, C. (2007). Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Medicine*, 37(6), 547–556.
- Hu, Z., Kim, Y., Dong, T., Meng, X. and Dong, M. (2023). Correlation between gluteus muscle activity and dynamic control of the knee joint in a single-leg landing task in badminton. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 23(6), 429–440.
- Hu, Z., Zhang, Y., Dong, T., Dong, M., Kim, S. and Kim, Y. (2023). Gender differences in neuromuscular control during the preparation phase of single-leg landing task in badminton. *Journal of Clinical Medicine*, 12(9).
- Hung, C., Hung, M., Chang, C., Wang, H. and Ho, C. (2020). Influences of lateral jump smash actions in different situations on the lower extremity load of badminton players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(2), 264–270.
- Hung, M., Chang, C., Lin, K., Hung, C. and Ho, C. (2020). The applications of landing strategies in badminton footwork training on a backhand side lateral jump smash. *Journal of Human Kinetics*, 73, 19–31.
- Impellizzeri, F. M. and Marcora, S. M. (2009). Test validation in sport physiology: Lessons learned from clinimetrics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4, 269–277.
- İnternet: Badminton Word Federation (BWF). (2020). *Rules of the Game*. Web: <http://Corporate.Bwfbadminton.Com/Statutes/#1513733461252-A16ae05d-1fc9>, 23 Mayıs 2024'te alınmıştır.
- İnternet: IOC. (2024). *Olimpic History*. Web: <https://www.olympic.org/badminton>, 24 Nisan 2024'te alınmıştır.
- Ismail, K. N. S., Salim, M. S. and Omar, N. (2012). A biomechanical analysis of the knee during jump landing. *30. Annual Conference of Biomechanics in Sports*, 39, 265–268.

- Jaitner, T. and Gawin, W. (2010). A mobile measure device for the analysis of highly dynamic movement techniques. *8th Conference of the International Sports Engineering Association (ISEA) A*, 2(2), 3005–3010.
- Jayalath, J. L. R., Weerakkody, N. and Bini, R. (2018). Effects of fatigue on ankle biomechanics during jumps: A systematic review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 42, 245-254.
- Jorgensen, U. J. and Winge, S. (1990). Injuries in Badminton. *Sports Medicine*, 10(1), 59–64.
- Kaalund, S. and Lass, P. (1989). Achilles tendon rupture in badminton. *Britis*, 23(2), 102–104.
- Kaldau, N. C., Nedergaard, N. J., Hölmich, P. and Bencke, J. (2022). Adjusted landing technique reduces the load on the achilles tendon in badminton players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 21(2), 224–232.
- Kallenberg, L. A. C., Schulte, E., Disselhorst-klug, C. and Hermens, H. J. (2007). Myoelectric manifestations of fatigue at low contraction levels in subjects with and without chronic pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17, 264–274.
- Kimura, Y., Ishibashi, Y., Tsuda, E., Yamamoto, Y., Hayashi, Y. and Sato, S. (2012). Increased knee valgus alignment and moment during single-leg landing after overhead stroke as a potential risk factor of anterior cruciate ligament injury in badminton. *British Journal of Sports Medicine*, 46(3), 207–213.
- Kimura, Y., Ishibashi, Y., Tsuda, E., Yamamoto, Y. and Tsukada, H. (2010). Mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in badminton. *British Journal of Sports Medicine*, 44, 1124–1127.
- King, M., Towler, H., Dillon, R. and McErlain-Naylor, S. (2020). A correlational analysis of shuttlecock speed kinematic determinants in the badminton jump smash. *Applied Sciences*, 10(4), 1–14.
- Knudson, D. V. and Knudson, D. (2007). *Fundamentals of biomechanics (Vol 183)*. New York: Springer, 75-91.
- Koga, H., Nakamae, A. and Shima, Y. (2010). Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(11), 2218–2225.
- Kroner, K., Schmidt, S. A., Nielsen, A. B., Yde, J., Jakobsen, B. W. and Jensen, J. (1990). Badminton injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 24(2), 1–4.
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R. and Hewett, T. E. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 359–367.
- Kuntze, G., Mansfield, N. and Sellers, W. (2010). A biomechanical analysis of common lunge tasks in badminton. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 183–191.

- Kwan, M. and Rasmussen, J. (2008). Dynamic model of a badminton stroke. *International Symposium on Electronic Art*, 1–10.
- Landry, S. C., Mckean, K. A., Hubley-kozey, C. L., Stanish, W. D., Fracs, C. and Deluzio, K. J. (2007). Neuromuscular and lower limb biomechanical differences exist between male and female elite adolescent soccer players during an unanticipated side-cut maneuver. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(11), 1888–1900.
- Lanza, R., Langer, R., Vacanti, J. P. and Atala, A. (2020). *Principles of Tissue Engineering*. Cambridge: Academic press, 185-190.
- Le Mansec, Y., Perez, J., Rouault, Q., Doron, J. and Jubeau, M. (2020). Impaired performance of the smash stroke in badminton induced by muscle fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(1), 52–59.
- Lees, A. (2003). Science and the major racket sports : a review. *Journal of Sports Sciences*, 21(9), 707–732.
- LeVeau, B. (1991). *Biomechanics of Human Motion* (Third Edit). W.B. Saunders Company, 471-475.
- Li, S., Zhang, Z., Wan, B., Wilde, B. and Shan, G. (2017). The relevance of body positioning and its training effect on badminton smash. *Journal of Sports Sciences*, 35(4), 310–316.
- Lin, Z., Blazeovich, A. J., Abbiss, C. R., Wilkie, J. C. and Nosaka, K. (2023). Neuromuscular fatigue and muscle damage following a simulated singles badminton match. *European Journal of Applied Physiology*, 123(6), 1229–1240.
- Liu, Z., Yang, C., Yu, J., Zhao, X., Wu, J., Zhang, Y., Li, J. and Gu, Y. (2023). The Effect of Muscles Fatigue on the Knee's Kinetics and Kinematics Characteristics. *Sustainability*, 15(4), 1–11.
- Llurda-Almuzara, L., Perez-Bellmunt, A., Labata-Lezaun, N., López-de-Celis and C., C.-V. (2021). Relationship between lower limb EMG activity and knee frontal plane projection angle during a single-legged drop jump. *Physical Therapy in Sport*, 52, 13–20.
- Lo, D. and Stark, K. (1991). Sports performance series: the badminton overhead shot. *Strength and Conditioning Journal*, 13(4), 6–15.
- Madigan, M. L. and Pidcoe, P. E. (2003). Changes in landing biomechanics during a fatiguing landing activity. *Kournal of Electromyography and Kinesiology*, 13, 491–498.
- Madsen, M. C., Karlsen, A. and Nybo, L. (2015). Novel Speed Test For Evaluation of Badminton-Spesific Movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1203–1210.

- Maeda, T., Tsuchiya, K., Peiris, R., Tanaka, Y., and Minamizawa, K. (2017, March). Hapticaid: Haptic experiences system using mobile platform. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 397-402.
- Mei, Q., Gu, Y., Fu, F. and Fernandez, J. (2017). A biomechanical investigation of right-forward lunging step among badminton players. *Journal of Sports Sciences*, 35(5), 457–462.
- Merdan, Ö. (2016). *Dikkat ve koordinasyon çalışmalarının anaerobik yorgunluk altındaki dikkat, el-göz koordinasyonu ve reaksiyon süresi performansına etkisinin incelenmesi*.
- Merton, P. A., and G. P. (1950). Strength and fatigue. *Nature*, 166(4221), 527–527.
- Michaelidis, M. and Koumantakis, G. A. (2014). Effects of knee injury primary prevention programs on anterior cruciate ligament injury rates in female athletes in different sports : A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 15, 200–210.
- Miller, R., Towler, H., McErlain-Narlor, S. and King, M. (2020). Relationships Between Whole-Body Kinematics and Badminton Jump Smash Racket Head Speed. *8th International Society of Biomechanics in Sport Conference*, 38(1), 480–483.
- Miura, K., Ishibashi, Y., Tsuda, E., Okamura, Y., Otsuka, H. and Toh, S. (2004). The effect of local and general fatigue on knee proprioception. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 20(4), 414–418.
- Mosso A. (1915). *Fatigue*. London: Allen and Unwin Ltd., 541-545.
- Mow, V. C. and Huiskes, R. (2005). *Basic Orthopaedic Biomechanics and Mechano-Biology*. Pensilvanya: Lippincott Williams and Wilkins, 691-695.
- Nordin, M. and Frankel, V. H. (2006). *Basic Biomechanics Of The Musculoskeletal System*. Lippincott Williams and Wilkins, 895-899.
- Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L. and Bahr, R. (2000). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002–1012.
- Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L. and Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate. *American Orthopaedic Society for Sports Medicine*, 32(4), 1002–1012.
- Özkaya, N., Leger, D., Goldsheyder, D. and Nordin, M. (2016). *Fundamentals of Biomechanics: Equilibrium, Motion, and Deformation*. New York: Springer, 365-378.
- Park, S., Lam, W., Yoon, S., Lee, K., Ryu, J., Lam, W., Yoon, S., Lee, K. and Ryu, J. (2017). Effects of forefoot bending stiffness of badminton shoes on agility , comfort perception and lower leg kinematics during typical badminton movements. *Sports Biomechanics*, 16(3), 374–386.

- Petrofsky, S. J., Burse, R. L. and Lind, A. R. (1975). Comparison women of physiological responses exercise of and men to isometric. *Journal of Applied Physiology*, 38(5).
- Phillips, S. (2015). *Fatigue in Sport and Exercise*. Londra: Routledge, 236-238.
- Phomsoupha, M. and Laffaye, G. (2014). Shuttlecock velocity during a smash stroke in badminton evolves linearly with skill level. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 17(1), 140–141.
- Phomsoupha, M. and Laffaye, G. (2015). The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports Medicine*, 45(4), 473–495.
- Ramasamy, Y. (2021). *Biomechanical determinants of shuttlecock speed in the forehand jumping smash by elite male malaysian badminton players*. Doctoral dissertation, University of Malaya, Malaysia, 51-57.
- Ramasamy, Y., Osman, D., Sundar, D. and Joseph, D. (2019). Ground Reaction Force and Kinematics of Forehand Jumping Smash Among Elite Malaysian Badminton Players. *37th International Society of Biomechanic in Sport Conference, Aerosensa 30*, 173–176.
- Ramasamy, Y., Sundar, V., Usman, J., Razman, R., Towler, H. and King, M. A. (2022). Relationships between racket arm joint moments and racket head speed during the badminton jump smash performed by elite male Malaysian players. *Applied Sciences*, 12(2).
- Ramasamy, Y., Usman, J., Sundar, V., Towler, H. and King, M. (2021). Kinetic and kinematic determinants of shuttlecock speed in the forehand jump smash performed by elite male Malaysian badminton players. *Sports Biomechanics*, 20(4), 1–16.
- Rambely, A. S. and Abas, W. A. B. W. (2008). Contact Time and Take-off Speed Relationship in Determining Height of Jump in Jumping Badminton Smash. *26. International Conference on Biomechanics in Sports*, 660–663.
- Rambely, A. S., Abas, W. A. B. W. and Yusof, M. S. (2005). The Analysis of the Jumping Smash in the Game of Badminton. *23. International Symposium on Biomechanics in Sports, 1*, 671–674.
- Reeves, J., Hume, P. A., Gianotti, S., Wilson, B. and Ikeda, E. (2015). A retrospective review from 2006 to 2011 of lower extremity injuries in badminton in New Zealand. *Sports*, 3, 77–86.
- Rota, S., Morel, B., Saboul, D., Rogowski, I. and Hautier, C. (2014). Influence of fatigue on upper limb muscle activity and performance in tennis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(1), 90–97.
- Rusdiana, A. (2020a). Analysis differences of vo2max between direct and indirect measurement in badminton , cycling and rowing. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 9(3), 162–170.

- Rusdiana, A. (2020b). Fatigue effect on movement kinematic changes of overhead jumping smash in badminton. *Jurnal Sportif: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 6(2), 272–287.
- Rusdiana, A., Komaini, A. and Nugraha, S. (2023). Impact of cardiovascular fatigue on kinematic changes in badminton overhead jump smash: A descriptive analysis. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(10), 2786–2793.
- Rusdiana, A., Subarjah, H., B, B., Budiman, D., Wibowo, R., Nurjaya, D. R., Pramutadi, A., Mustari, A., Kusdinar, Y. and Syahid, A. (2021). Kinetics analysis of overhead standing smash in badminton. *Jurnal Pendidikan Jasmani Dan Olahraga*, 6(1), 81–88.
- Ryan, J., Magnussen, R. A., Cox, C. L., Hurbanek, J. G., Flanigan, D. C. and Kaeding, C. C. (2014). ACL reconstruction : Do outcomes differ by sex ? A systematic review. *JBJS*, 96(6), 507–512.
- Sahlin, K., Tonkonogi, M. and Söderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162(3), 261–266.
- Sakurai, S. and Ohtsuki, T. (2000). Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practice. *Journal of Sports Sciences*, 18(11), 901–914.
- Santamaria, L. J. and Webster, K. E. (2010). The Effect of Fatigue on Lower-Limb Biomechanics During Single-Limb Landings: A Systematic Review. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(8), 464–473.
- Sasaki, S., Nagano, Y. and Ichikawa, H. (2018). Loading differences in single-leg landing in the forehand- and backhand-side courts after an overhead stroke in badminton : A novel tri-axial accelerometer research. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–8.
- Saxby, D. J. (2020). Mechanism of anterior cruciate ligament loading during dynamic motor tasks. *BioRxiv*, 03, 1–27.
- Şenel, Ö. ve Eroğlu, H. (2005). Atina Olimpiyat Oyunları Badminton müsabakalarının genel analizi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 4, 49–58.
- Shariff, A. H., George, J. and Ramlan, A. A. (2009). Musculoskeletal injuries among Malaysian badminton players. *Singapore Medical Journal*, 50(11), 1095–1097.
- Song, H. and Rajakani, K. (2022). Analysis of winning experience and technical training effect of badminton match based on BP neural network. *Journal of Healthcare Engineering*, 12(3), 241–242.
- Soubeyrand, M., Assabah, B., Bégin, M., Laemmel, E., Santos, A. Dos and Crézé, M. (2017). Pronation and supination of the hand : Anatomy and biomechanics. *Hand Surgery and Rehabilitation*, 36(1), 2–11.
- St. Clair Gibson, A. and Noakes, T. D. (2004). Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine*, 38(6), 797–806.

- Statement, C. (2018). International Olympic Committee Pediatric ACL Injury Consensus Group, Ardern, C. L., Ekås, G., Grindem, H., Moksnes, H., Anderson, A. F. and Engebretsen, L. (2018). 2018 International Olympic Committee consensus statement on prevention, diagnosis, and management of pediatric anterior cruciate ligament injuries. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(3), 2325967118759953.
- Strohmeyer, H. S., Armstrong, C., Litvinsky, Y., Nooney, R., Moore, J. and Smith, K. (2009). Intersegmental Coordination Differences Between Beginning Performers Executing A Badminton Smash For Accuracy or Velocity. 27. *International Conference On Biomechanics*.
- Subarjah, H., Imanudin, I., Kusdinar, Y., Syahid, M. and Kurniawan, T. of F. on B. V. C. in O. B. J. S. (2020). Effect of fatigue on biomechanical variable changes in overhead badminton jump smash. *Annals of Applied Sport Science*, 8(1), 1–9.
- Sun, D., Gu, Y., Mei, Q., Shao, Y. and Sun, J. (2016). Effect of heel heights on female postural control during standing on a dynamic support surface with sinusoidal oscillations effect of heel heights on female postural control during. *Journal of Motor Behavior*, 49(3), 1940–1027.
- Sutton, K. M. and Bullock, J. M. (2013). Anterior cruciate ligament rupture : differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg*, 21(1), 41–50.
- Tamura, A., Akasaka, K., Otsudo, T., and Shiozawa, J. (2017). Dynamic knee valgus alignment influences impact attenuation in the lower extremity during the deceleration phase of a single-leg landing. *Plos One*, 12(6), 1–12.
- Thomas, J. and Wolf, G. (2007). Biomechanical Analysis of the Jump Smash of German Elite Badminton Players. 25. *International Symposium on Biomechanics in Sports*, 578.
- Tong, J., Lu, Z., Cen, X., Chen, C., Ugbolue, U. C. and Gu, Y. (2023). The effects of ankle dorsiflexor fatigue on lower limb biomechanics during badminton forward forehand and backhand lunge. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11, 1–11.
- Towler, H., Yeadon, P. and King, M. (2021). a Case Study on the Effects of the Upper Arm Definition on Shoulder and Elbow Kinematics During the Badminton Smash. 39th *International Society of Biomechanics in Sport Conference*, 1–5.
- Tseng, H. J., Lo, H. L., Lin, Y. C., Liu, W. C., Lin, S. Y., Chou, P. H. and Lu, C. C. (2021). Analyze the Differential Rates of Anterior Cruciate Ligament Injuries Between Men and Women by Biomechanical Study of Single-Leg Landing in Badminton. *Indian Journal of Orthopaedics*, 55(2), 409–417.
- Turğut, M., Baydil, B., Yaşar, O. M., Cığerci, A. E., Şahin, Z., Ekşi, T. ve Kerem, M. (2020). *Badminton El Kitabı*. Ankara: Spor Yayınevi ve Kitabevi, 125-128.
- Türkeli, A., Şenel, Ö. ve Gülmez, İ. (2019). Rio olimpiyat oyunlarında badminton müsabakalarının incelenmesi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 10(3), 242–255.

- Valdecabres, R., Casal, C. A., Guilherme, J. and Chiminazzo, C. (2020). Players ' on-court movements and contextual variables in badminton world championship. *Frontiers in Psychology in Psychology*, 11, 1–9.
- Valdecabres, R., Richards, J. and De Benito, A. M. (2022). The effect of match fatigue in elite badminton players using plantar pressure measurements and the implications to injury mechanisms. *Sports Biomechanics*, 21(8), 940–957.
- Waddell, B. D. and Acaster, G. A. (2000). Biomechanical Principle Applied to Badminton Power Strokes. *18 International Symposium on Biomechanics in Sports*.
- Wang, C. (2022). A binary-entropy analysis of the relationship between scoring structure and match outcome in badminton. *Frontiers in Psychology*, 13, 1–11.
- Williams, C. A. and Ratel, S. (2009). Human muscle fatigue. In *Taylor and Francis e-Library*. <https://doi.org/10.4324/9780203885482>
- Wilmore, J., H., D., Costill, L. and Kenney., W. L. (2004). *Physiology of sport and exercise* (Vol. 20). Champaign, IL: Human kinetics.
- Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. New Jersey: John wiley and sons, 325-332.
- Zatsiorsky, V. (2008). *Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention*. New Jersey: John Wiley and Sons, 241-247.
- Zatsiorsky, V. M., Kraemer, W. J. and Fry, A. C. (2020). *Science and Practice of Strength Training*. Illinois: Human Kinetics, 71-75.
- Zhang, S. (2020). Effects of fatigue on biomechanics of forehand smash in badminton. *Journal of Vibriengineering*, 22(8), 1826–1833.
- Zhang, Z., Li, S., Wan, B., Visentin, P., Jiang, Q., Dyck, M., Li, H. and Shan, G. (2016). The influence of x-factor (trunk rotation) and experience on the quality of the badminton forehand smash. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 9–22.
- Zhao, X. and Gu, Y. (2019). Single leg landing movement differences between male and female badminton players after overhead stroke in the backhand-side. *Human Movement Science*, 66(818), 142–148.
- Zhou, X., Imai, K., Chen, Z., Liu, X. and Watanabe, E. (2022). Mechanism for shoulder pain and injury in elite badminton players. *International Journal of Sports Medicine and Rehabilitation*, 5(25), 1–11.

EKLER

EK 1- Gönüllü Olur Formu



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
ETİK KOMİSYONU

KATILIMCILAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sizi, **Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu**'ndantarih /sayı ile izin alınan* ve Do. Dr. Elif CENGİZEL tarafından yürütülen “Badminton sporcularında yorgunluğun backhand bölgesinde uygulanan başüstü forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğine etkisi” başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan çıkma hakkına sahipsiniz. Bu çalışmaya katılmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Çalışmaya katıldığınız için size bir ödeme yapılmayacaktır. Çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır.

*Gazi Üniversitesi Etik Komisyon izini alındıktan sonra doldurularak kullanılacaktır.

Araştırmanın Amacı	Bu araştırmanın amacı badminton sporcularında yorgunluğun backhand bölgesinde uygulanan başüstü forehand smaç vuruşu sonrası tek bacak yere konma kinematiğini incelemektir.
Araştırmanın Yöntemi	Araştırma kapsamında sporcuların ilk gün dinlenik durumda iken backhand arka kortta tek bacak iniş kinematiği, ikinci gün ise yorgunluk sonrası aynı şekilde tek bacak iniş kinematiği incelenecektir. Bunlara ek olarak sporcudan antropometrik ölçümler (yaş, boy, vücut ağırlığı, spor yaşı, vücut yağ yüzdesi) de alınacaktır. Katılımcıların tek bacak iniş kinematiği video analiz yöntemi ile kayıt altına alınacak olup katılımcıya zarar verebilecek herhangi bir girişimde bulunulmayacaktır.
Araştırmanın Öngörülen Süresi (Başlama ve Bitiş Tarihi Başvurudaki Başlangıç ve Bitiş Tarihi ile Uyumlu Olmalıdır.)	20.03.2023 – 20.07.2023
Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı	50
Araştırmanın Yapılacağı Yerler	Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Biyomekanik Laboratuvarı
Görüntü ve/veya ses kaydı alınacak mı?	Evet Hayır

Tablo katılımcıların anlayabileceği biçimde, akademik dil kullanılmadan yazılacaktır.

EK-1 (devam) Gönüllü Olur Formu

KATILIMCI BEYANI

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

Araştırma yürütücüsü(Tez çalışmalarında Danışman tarafından imzalanacaktır.)

Adı ve Soyadı	Doç. Dr. Elif CENGİZEL	Tarih ve İmza
Adres ve telefonu	Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü Ankara Türkiye 05056342227	

Katılımcı

Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

Velayet veya Vesayet Altındaki Katılımcılar için Veli/Vası

Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

EK 2- Etik Kurul Belgesi

Evrak Tarih ve Sayısı: 05.04.2023-E.629131



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu

Sayı : E-77082166-302.08.01-629131
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

05.04.2023

Dağıtım Yerlerine

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Enstitüsü Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı **Yüksek Lisans Öğrencisi Nurdan VARMIŞ'ın, Doç. Dr. Elif CENGİZEL'in** danışmanlığında yürüttüğü **"Badminton Sporcularında Yorgunluğun Backhand Bölgesinde Uygulanan Başüstü Forehand Smaç Vuruşu Sonrası Tek Bacak Yere Konma Kinematikine Etkisi"** adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **21.03.2023** tarih ve **05** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

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

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2023 - 463

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek:1 Liste
DAĞITIM
Gereği:
Sayın Doç. Dr. Elif CENGİZEL

Bilgi:
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Belge Doğrulama Kodu :BS97S7K173

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/gazi-universitesi-cbys>

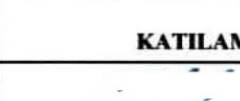
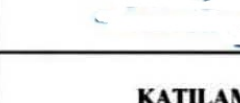
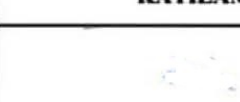
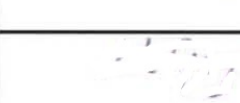
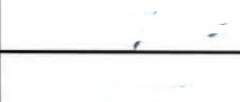
Emniyet Mahallesi Bandırma Caddesi No :6/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Tel:0 (312) 202 20 57 - 0 (312) 2... Faks:0 (312) 202 38 76
İnternet Adresi :<http://etikkomisyon.gazi.edu.tr/>
Kep Adresi: gaziuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için :Ayfer Çekmez
Genel Evrak Sorumlusu
Telefon No:202 38 81



Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK-2 (devam) Etik Kurul Belgesi

Evrak Tarih ve Sayısı: 05.04.2023-E.629131 GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONU KATILIM LİSTESİ	
TOPLANTI TARİHİ : 21.03.2023	TOPLANTI SAYISI : 05
ADI – SOYADI	İMZA
Prof. Dr. İsmail KARAKAYA BAŞKAN	KATILAMADI
Prof.Dr.Zehra GÖÇMEN BAYKARA BAŞKAN YRD.	
Prof.Dr.C.Haluk BODUR	
Prof.Dr.Seçil ÖZKAN	
Prof.Dr.Cevriye TEMEL GENCER	KATILAMADI
Prof.Dr.İlkay ULUTAŞ	
Prof.Dr.Aymelek GÖNENÇ	KATILAMADI
Prof.Dr.Kemalettin DENİZ	
Prof.Dr.Makbule GEZMEN KARADAĞ	
Prof.Dr.İlyas OKUR	
Prof.Dr.Nihan KAFA	
Doç.Dr.Melek Gülşah ŞAHİN	
Doç.Dr. Gökhan DELİCEOĞLU	
Doç.Dr.Elvan İNCE AKA	

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : VARMIŞ, Nurdan
Uyruğu : T.C.
:

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi /Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi	2021
Lise	Mamak Anadolu Sağlık Meslek Lisesi	2016

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2024-Devam	Kırıkkale Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2023-2024	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	Spor Uzmanı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Varmış, N., Kurt, E. İ., Karaağaç, Y. Ve Cengizel, E. (2024). Raket sporcularında vücut yağ yüzdesi, vücut kütle indeksi ve somatotipin karşılaştırılması. *Yalova Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 3(1), 47-59.

Kurt, E. İ., Varmış, N., Cengizel, Ç. Ö. ve Cengizel, E. (2023). Havalı tabanca ve havalı tüfek sporcularının somatotip, vücut yağ yüzdesi, üst ekstremitte uzunluğu ve el kavrama kuvvetlerinin karşılaştırılması. *Sportmetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 21(3), 190-201.

Hobiler

Tenis, Badminton



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..