



**T.C.**

**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**

**EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI**

**SABİT OLMAYAN FARKLI ZEMİNLERDE UYGULANAN  
EGZERSİZLER SIRASINDA KAS AKTİVASYONUNUN  
İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Hüseyin TOPÇU**

**BURSA**

**2021**





**T.C.**

**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**

**EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI**

**SABİT OLMAYAN FARKLI ZEMİNLERDE UYGULANAN  
EGZERSİZLER SIRASINDA KAS AKTİVASYONUNUN  
İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Hüseyin TOPÇU**

**Danışman**

**Prof. Dr. Ramiz ARABACI**

**BURSA**

**2021**

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK**

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim.

**Hüseyin TOPÇU**

**27.09.2021**

## YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

“Sabit Olmayan Farklı Zeminlerde Uygulanan Egzersizler Sırasında Kas Aktivasyonunun İncelenmesi” adlı Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Hüseyin TOPÇU

Danışman

Prof. Dr. Ramiz ARABACI

Beden Eğitimi ve Spor ABD Başkanı

Prof. Dr. Nimet Haşıl KORKMAZ

**T.C.**

**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**

**EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Bursa Uludağ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı'nda 801470201 numaralı Hüseyin TOPÇU'nun hazırladığı " Sabit Olmayan Farklı Zeminlerde Uygulanan Egzersizler Sırasında Kas Aktivasyonunun İncelenmesi" başlıklı Doktora tezi çalışması ile ilgili tez savunma sınavı 27/10/2021 Çarşamba günü 13.30-15.00 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin başarılı olduğuna oybirliği ile karar verilmiştir.

Üye

Prof. Dr. Ramiz ARABACI

Üye

Prof. Dr. Hayrettin Gümüşdağ

Üye

Prof. Dr. Nimet Haşıl KORKMAZ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Tonguç VARDAR

Üye

Sınav Komisyonu Başkanı

Prof. Dr. Hamdi PEPE

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca benden desteğini esirgemeyen danıőmanım Prof. Dr. Ramiz ARABACI'ya ve tez izleme komitemde yer alan Sayın Prof. Dr. Nimet Haşıl KORMAZ'a, Dr. Öğr. Üyesi Zaim Alparslan ACAR'a ve Dr. Öğr. Üyesi Tonguç VARDAR'a emeklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu tez "TÜBİTAK 2214-A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Bursu 2018/2 Dönemi" desteğiyle desteklenerek tamamlanmıştır. Bu sebeple, TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı'na desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca tüm çalışma boyunca bana her türlü desteği veren Arő. Gör. Ali Kamil GÜNGÖR'e, Dr. Yakup BİRİNCİ'ye ve Dr. Öğr. Üyesi Serkan PANCAR'a tezime verdikleri desteklerden dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Her koőulda yanımda olan, desteğiyle zorlukları kolaylaőtıran sevgili aileme ve eőim Özge TOPÇU'ya sonsuz teşekkür ederim.

Hüseyin TOPÇU

## İçindekiler

Bilimsel Etiğe Uygunluk .....	I
Yönergeye Uygunluk Onayı.....	II
Jüri Değerlendirme Formu .....	III
Teşekkür .....	IV
Tablolar Listesi.....	IX
Şekiller Tablosu.....	XI
Kısaltmalar .....	XII
Özet .....	XIII
Abstract .....	XV
1. Bölüm .....	1
Giriş.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı .....	2
1.2 Araştırmanın Alt Amaçları.....	2
1.3 Araştırmanın Önemi .....	2
1.4 Araştırmanın Sınırlılıkları .....	3
1.5 Araştırmanın Varsayımları.....	4
1.6 Araştırma Soruları ve Hipotezler .....	4
2. Bölüm .....	10
Genel Bilgiler .....	10
2.1 Kas Sistemi.....	10



2.1.1. İskelet Kası Morfolojisi.....	10
2.1.2. İskelet Kası Kasılmasının Fizyolojik Süreçleri..	14
2.1.2.1 Nöromusküler kavşak.....	15
2.1.2.2 Uyarılma-kasılma çiftlenimi.....	18
2.1.2.3 Kasılma süreci.....	20
2.1.3. Kas kasılma türleri.....	20
2.1.3.1 İzotonik kasılma.....	21
2.1.3.2 İzometrik kasılma.....	21
2.1.4. İskelet Kasının Elektrofizyolojik Özellikleri.....	21
2.1.5. Motor Ünite.....	22
2.1.5.1 Motor ünite yapısı.....	22
2.1.5.2 Motor ünite tipleri.....	23
2.2 Fonksiyonel Antrenman.....	25
2.2.1. Çalışmada kullanılan antrenman aletleri.....	26
2.2.1.1 BOSU Topu.....	27
2.2.1.2 Pilates Topu(Swiss Ball).....	27
2.2.1.3 TRX Süspansiyon Antrenman Aleti.....	28
3. Bölüm.....	29
Yöntem.....	29
3.1 Katılımcılar.....	29
3.2 Deneysel Prosedür.....	30
3.2.1. Çalışmada Uygulanan Egzersizler.....	32
3.2.1.1 Şınav.....	32
3.2.1.2 Plank.....	33

3.2.1.3 Glute Bridge .....	34
3.2.1.4 Bulgarian Split Squat (BSS).....	34
3.2.2.Elektromiyografi.....	35
3.2.3.Elektromiyografik Verilerin Normalleştirilmesi .....	37
3.3 İstatistiksel Analiz .....	39
4. Bölüm .....	41
Bulgular .....	41
5. Bölüm .....	59
Tartışma ve Sonuç .....	59
5.1 Şınav Egzersizi Sırasında Farklı Zeminlere Göre Kas Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	59
5.1.1.PM Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması .....	59
5.1.2.AD Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması .....	60
5.1.3.TB Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.....	60
5.2 Plank Egzersizi Sırasında Farklı Zeminlere Göre Kas Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	62
5.2.1 RA Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması .....	62
5.2.2 EO Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.....	63
5.2.3 ES Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması .....	63
5.3 Glute Bridge Egzersizi Sırasında Farklı Zeminlere Göre Kas Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	66
5.3.1.BF Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması .....	66
5.3.2.ST Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması .....	67
5.3.3.GM Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması. ....	67

5.4 Bulgarian Split Squat Egzersizi Sırasında Farklı Zeminlere Göre Kas Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	68
5.4.1.BF Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması .....	68
5.4.2.ST Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması .....	69
5.4.3.RF Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması .....	69
5.4.4.VL Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması.....	70
5.4.5.VM Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması .....	70
5.4.6.GM Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması. ....	70
5.5 Sonuç.....	76
Kaynakça.....	77

## Tablolar Listesi

<i>Tablo</i>	<i>Sayfa</i>
Tablo 1. Katılımcıların Demografik Bilgileri.....	41
Tablo 2. Şınav Egzersizinde PM Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	42
Tablo 3. Şınav Egzersizinde AD Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	43
Tablo 4. Şınav Egzersizinde TB Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	44
Tablo 5. Plank Egzersizinde RA Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	45
Tablo 6. Plank Egzersizinde EO Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	47
Tablo 7. Plank Egzersizinde ES Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	48
Tablo 8. Glute Bridge Egzersizinde BF Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	49
Tablo 9. Glute Bridge Egzersizinde ST Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	51
Tablo 10. Glute Bridge Egzersizinde GM Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	52
Tablo 11. BSS Egzersizinde BF Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması.....	53
Tablo 12. BSS Egzersizinde ST Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması.....	54

Tablo 13. BSS Egzersizinde RF Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması .....	55
Tablo 14. BSS Egzersizinde VL Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması.....	56
Tablo 15. BSS Egzersizinde VM Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması.....	57
Tablo 16. BSS Egzersizinde GM Kasının Farklı Zeminlere Göre Aktivasyonlarının Karşılaştırılması.....	58

## Şekiller Tablosu

<i>Şekil</i>	<i>Sayfa</i>
Şekil 1. Sarkoplazmik Retikulum ve T-Tübüller Arasındaki İlişki.....	14
Şekil 2. Nöromusküler Kavşak.....	18
Şekil 3. Deneysel Prosedür.....	32
Şekil 4. Şınav Egzersizi.....	33
Şekil 5. Plank Egzersizi.....	34
Şekil 6. Glute Bridge Egzersizi.....	34
Şekil 7. BSS Egzersizi.....	35
Şekil 8. EMG Cihazı.....	39

## Kısaltmalar

<b>MVC</b>	Maksimum İstemli Kasılma
<b>PM</b>	Pectoralis Major
<b>AD</b>	Anterior Deltoid
<b>TB</b>	Triceps Brachii
<b>RA</b>	Rectus Abdominis
<b>EO</b>	External Oblique
<b>EA</b>	Erector Spinae
<b>GM</b>	Gluteus Maximus
<b>BF</b>	Biceps Femoris
<b>ST</b>	Semitendinosus
<b>RF</b>	Rectus Femoris
<b>VL</b>	Vastus Lateralis
<b>VM</b>	Vastus Medialis
<b>BSS</b>	Bulgarian Split Squat
<b>EMG</b>	Elektromiyografi
<b>VKİ</b>	Vücut Kitle İndeksi
<b>Kg</b>	Kilogram

## ÖZET

<b>Yazar</b>	: Hüseyin TOPÇU
<b>Üniversite</b>	: Bursa Uludağ Üniversitesi
<b>Anabilim Dalı</b>	: Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı
<b>Bilim Dalı</b>	:
<b>Tezin Niteliği</b>	: Doktora Tezi
<b>Sayfa Sayısı</b>	: 87
<b>Mezuniyet Tarihi</b>	: 27.10.2021
<b>Tez</b>	: Sabit Olmayan Farklı Zeminlerde Uygulanan Egzersizler Sırasında Kas Aktivasyonunun İncelenmesi
<b>Danışmanı</b>	: Prof. Dr. Ramiz ARABACI

### **SABİT OLMAYAN FARKLI ZEMİNLERDE UYGULANAN EGZERSİZLER SIRASINDA KAS AKTİVASYONUNUN İNCELENMESİ**

Bu çalışmanın amacı, sabit zemin, BOSU, Pilates topu ve TRX ekipmanlarında bir kas grubuna yönelik egzersizler sırasındaki kas aktivasyonlarının belirlenmesidir.

Çalışmaya, ortalama yaş  $21.5 \pm 2.66$  yıl, boy  $179 \pm 0.05$  cm, ağırlık  $74.28 \pm 4.27$  kg, Vücut Kütle İndeksi (VKİ)  $22.98 \pm 1.11$  kg/m<sup>2</sup> ve vücut yağ yüzde değerleri  $10.72 \pm 2.07$  olan 25 erkek sporcu gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılara, çalışma sırasında Şınav, Plank, Glute Bridge ve Bulgarian Split Squat (BSS) egzersizleri sırayla sabit zeminde, BOSU'da, Pilates Topunda ve TRX'te uygulatılmış ve kas aktivasyonları 8 kanallı EMG cihazı ile ölçülmüştür. Şınav hareketinde Pectoralis Major (PM), Anterior Deltoid (AD) ve Triceps Brachii (TB); Plank hareketinde Rectus Abdominis (RA), External Oblique (EO) ve Erector Spinae (ES);



Glute Bridge hareketinde Biceps Femoris (BF), Semitendinosus (ST) ve Gluteus Maximus (GM); BSS hareketinde BF, ST, Rectus Femoris (RF), Vastus Lateralis (VL), Vastus Medialis (VM) ve GM kasları ölçülmüştür. Elde edilen veriler SPSS 23.0 programında Friedman testi kullanılarak analiz edildi. Zeminler arasındaki farkları hesaplamak amacıyla çoklu karşılaştırma testi olarak Wilcoxon Signed Ranks Testi kullanılmıştır.

Şınav hareketinde instabilitenin artışıyla PM ve TB kaslarında aktivasyon artarken, AD kasında aktivasyon anlamlı olarak azalmaktadır. Plank hareketinde RA ve EO kaslarında instabilite artışıyla birlikte aktivasyon artışı tespit edilirken ES kası bu egzersizde oldukça az aktif olmaktadır. Glute Bridge hareketinde BF ve ST kasları instabilite artışla daha fazla aktif olurken GM kası TRX'te diğer zeminlere göre daha az aktif olmaktadır. BSS hareketinde BF, ST, GM kasları zeminden bağımsız olarak oldukça az aktif olurken, RF, VL ve VM kasları instabilite artışıyla aktivasyon artışı göstermektedir.

Sonuç olarak, egzersizler sırasında instabilitenin artışıyla bazı kaslarda aktivasyon artışı görülse de bazı kaslarda instabilitenin artışıyla farklılık görünmezken bazı kasların aktivasyonlarında da gerileme görülmüştür. Bu yüzden, antrenör ve sporcuların geliştirmeyi planlandıkları kasa göre zemin ve hareketleri seçmeleri optimal gelişim için önemli olacaktır.

## ABSTRACT

<b>Author</b>	: Hüseyin TOPÇU
<b>University</b>	: Bursa Uludağ University
<b>Field</b>	: Physical Education and Sport
<b>Branch</b>	:
<b>Degree Awarded</b>	: PhD Degree
<b>Page Number</b>	: 87
<b>Degree Date</b>	: 27.10.2021
<b>Thesis</b>	: Investigation Of Muscle Activation During Exercises On Different Unstable Surfaces
<b>Supervisor</b>	: Prof. Dr. Ramiz ARABACI

### INVESTIGATION OF MUSCLE ACTIVATION DURING EXERCISES ON DIFFERENT UNSTABLE SURFACES

The aim of this study is to determine the muscle activations during exercises for a muscle group on fixed floor, BOSU, Pilates ball and TRX equipment.

25 male athletes with a mean age of  $21.5 \pm 2.66$  years, height  $179 \pm 0.05$  cm, weight  $74.28 \pm 4.27$  kg, Body Mass Index (BMI)  $22.98 \pm 1.11$  kg/m<sup>2</sup> and body fat percentage  $10.72 \pm 2.07$  voluntarily participated in the study. During the study, Push-Up, Plank, Glute Bridge and Bulgarian Split Squat (BSS) exercises were applied to the participants on a stable surface, BOSU, Pilates Ball and TRX, respectively, and muscle activations were measured with an 8-channel EMG device. Pectoralis Major (PM), Anterior Deltoid (AD) and Triceps Brachii (TB) in push-ups; Rectus Abdominis (RA), External Oblique (EO) and Erector Spinae (ES) in plank

movement; Biceps Femoris (BF), Semitendinosus (ST) and Gluteus Maximus (GM) in the Glute Bridge movement; BF, ST, Rectus Femoris (RF), Vastus Lateralis (VL), Vastus Medialis (VM) and GM muscles were measured in BSS movement. The obtained data were analyzed using the Friedman test in the SPSS 23.0 program. Wilcoxon Signed Ranks Test was used as a multiple comparison test to calculate the differences between surfaces.

With the increase of instability in the push-up movement, the activation of the PM and TB muscles increases, while the activation of the AD muscle decreases significantly. In the plank movement, an increase in activation is detected with an increase in instability in the RA and EO muscles, while the ES muscle is very less active in this exercise. In the Glute Bridge movement, the BF and ST muscles are more active with an increase in instability, while the GM muscle is less active in TRX compared to other floors. In BSS movement, BF, ST, GM muscles are relatively less active regardless of the ground, while RF, VL and VM muscles show an increase in activation with increased instability.

As a result, although there was an increase in activation in some muscles with the increase of instability during exercises, there was no difference with the increase of instability in some muscles, while a decrease was observed in the activation of some muscles. Therefore, it will be important for optimal development that trainers and athletes choose the floor and movements according to the muscle they plan to develop.

## 1. Bölüm

### Giriş

Günümüz dünyasında yaşanan teknolojik ve bilimsel gelişmelerin oluşturduğu rekabet ortamı hâlihazırda bir rekabet ortamı olan spor camiasında da birçok değişime neden olmuştur. Oluşan bu ortamda başarılı olabilmek adına antrenör ve sporcular daha yeni antrenman yöntemlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Ortaya çıkan bu ihtiyaç spor bilimcilerin atletik performans konusunda yeni antrenman yöntemleri bulmalarına ve yeni görüşler sunmalarına neden olmuştur. Son yıllarda spor bilimcileri özellikle kuvveti geliştirmek için yapılan antrenmanların müsabaka içi şartlara ne kadar yakın şartlarda uygulanırsa o kadar etkili olduğu görüşünü benimsemektedir (Kohler, Flanagan & Whiting, 2010; Escamila ve ark., 2010; Imai ve ark., 2010; Czaprowski ve ark., 2014; Lawrence & Carlson, 2015). Bu görüşün sonucu olarak, çok yönlü spor becerilerinin etkinliğini artırmak için fonksiyonel antrenmanlara geleneksel ağırlık antrenmanlarından hızlı bir geçiş olmuştur. Spor ve günlük aktiviteler sırasında gövde kasları ile ekstremite kaslarının birlikte uyum içinde çalışmasının bilinmesi antrenörlerin antrenmanlarını planlarken bu kasların birlikte çalıştığı fonksiyonel antrenman yöntemlerini daha çok tercih etmelerine neden olmuştur. Son yıllarda, antrenörler ve sporcular bu bütünleşmiş antrenmanı yürütmenin en etkili yolunun dengesiz bir ortamda uygulanan direnç antrenmanları olduğuna inanmaktadır ve bu yöntem bilimsel olarak da incelenmeye alınmıştır. Yapılan araştırmaların bazıları, sabit olmayan yüzeyde yapılan antrenmanların geleneksel direnç antrenmanlarına göre nöromüsküler stresi daha çok artırdığı sonucuna varmıştır (Andersen ve diğ., 2014; Anderson & Behm, 2004; Norwood J. T., Anderson G. S., Gaetz M. B., Twist P. W., 2007; Uribe ve diğ., 2010). Direnç antrenmanlarında dengesiz bir ortam sağlamak için, makineler yerine serbest ağırlıkların kullanılması, temas noktalarının sayısının azaltılması ve egzersizin sabit olmayan bir yüzeyde uygulanması sık başvurulan

yöntemler arasındadır. Dengesiz yüzey oluşturabilmek için birçok ekipman kullanılmakta ve bu ekipmanlarda birçok kasa yönelik direnç egzersizleri uygulanabilmektedir. Son zamanlarda sabit olmayan zemin ekipmanları olarak sıkça BOSU, pilates topu ve TRX kullanılmaktadır. Literatüre bakıldığında serbest ağırlıklarla ve temas noktalarının azaltılmasıyla ilgili birçok çalışma yer almakta iken sabit olmayan yüzey oluşturmak için kullanılan ekipmanlarla uygulanan kuvvet antrenman yöntemlerinin etkinliğiyle ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Snarr & Esco, 2014).

### **1.1 Araştırmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı, sabit zemin, BOSU, Pilates topu ve TRX ekipmanlarında bir kas grubuna yönelik egzersizler sırasındaki kas aktivasyonlarının belirlenmesidir.

### **1.2 Araştırmanın Alt Amaçları**

Sabit olmayan zeminlerde uygulanan egzersizlerin sabit zemine göre kas aktivasyon oranındaki farklılıkları belirlemek,

Zeminler arasında hedef kasta hangi zeminin en iyi faydayı sağladığını belirlemek.

### **1.3 Araştırmanın Önemi**

Denge antrenmanları sakatlık sonrası bir rehabilitasyon aracı olarak faydalı kabul edilmektedir (Anderson and Behm, 2005). Daha önce yapılan çalışmalar, sabit olmayan yüzeylerdeki antrenmanlarda daha az direnç kullanarak eşdeğer bir kas aktivasyon seviyesinin ortaya çıkabileceğini göstermiştir (Anderson and Behm, 2004). Fizyoterapistler bu denge antrenmanlarının avantajını fark etmiş ve bu yöntemi işlevlerin geri kazanılmasına yardımcı olmak için kullanmışlardır, ancak sağlıklı popülasyonlardaki pratikliği bilimsel olarak ispatlanmamıştır (Escamilla ve diğ., 2016).

Antrenörler denge antrenmanlarında genellikle BOSU ve Pilates topunu tercih etseler de son zamanlarda süspansiyon antrenman sistemi (TRX) de kullanılmaya başlanmıştır. Her ne

kadar daha önceki çalışmalarda sabit ve sabit olmayan yüzeylerde uygulanan hareketler sırasında kas aktivasyonları EMG cihazlarıyla ölçülmüş olsa da deneysel yöntemlerdeki (egzersiz protokolü, EMG veri analizi, denge cihazlarının çeşitliliği) farklılıklardan dolayı çelişkili sonuçlar elde edilmiştir (de Oliveira, de Moraes Carvalho, & de Brum, 2008; Park & Yoo, 2011; Sandhu et al., 2008; Yoo & Hwang, 2010). Saeterbakken ve arkadaşlarının 2014 yılında BOSU topu ve sabit zemin üzerindeki hareketleri karşılaştırdıkları araştırmada BOSU topuyla yapılan egzersizlerde core bölgesi kaslarının aktivasyonunu sabit zemine göre daha fazla bulurken, Escamilla ve diğ. 2016 yılında pilates topuyla ve sabit zeminde yapılan hareketleri karşılaştırdıkları çalışmada benzer hareketler arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır. Literatürde, sonuçları çelişkili de olsa BOSU ve Pilates toplarıyla ilgili çalışmalar olmasına rağmen TRX aletine kas aktivasyonunu inceleyen araştırma sayısı oldukça azdır (Snarr ve Esco, 2013) ve bugüne kadar yapılan çalışmalar tek bir denge aletinde uygulanan egzersizin veya tek kas grubuna uygulanan egzersizin kas aktivasyonuna etkisini incelemiştir. Bu çalışma, hem 3 farklı denge aleti ve sabit zeminle uygulanacak olması hem de farklı kaslarını etkileyen 4 farklı egzersiz sırasındaki kas aktivasyonunu incelemesi bakımından literatürdeki en kapsamlı çalışma olma özelliğine sahiptir. Çalışmanın sonucunda 4 farklı zeminde uygulanan egzersizin kas aktivasyonuna etkileri karşılaştırılabilecek ve sporcular için daha etkili yöntem belirlenebilecektir.

#### **1.4 Araştırmanın Sınırlılıkları**

\* Araştırmanın örneklemini sadece Bursa’ da yaşayan 25 erkek sporcu ile sınırlandırılmıştır.

\* Bu araştırmada uygulanan egzersizler Şınav, Plank, Glute Bridge ve Bulgarian Split Squat (BSS) ile sınırlandırılmıştır.

\* Bu araştırmada sabit olmayan yzey oluşturmak için kullanılacak denge aletleri BOSU, Pilates Topu ve TRX ile sınırlandırılmıştır.

\* Bu araştırmada, egzersizler sırasında aktivasyon ölçümlerinde şınav egzersizinde pectoralis major, anterior deltoid ve triceps brachii; Plank egzersizinde rectus abdominis, external oblique ve erector spinae; Glute Bridge egzersizinde gluteus maximus, biceps femoris ve semitendinosus; BSS egzersizinde gluteus maximus, biceps femoris, semitendinosus, rectus femoris, vastus lateralis ve vastus medialis kasları ile sınırlandırılmıştır.

### **1.5 Araştırmanın Varsayımları**

1. Katılımcıların egzersiz gününden önce en az 72 saat süreyle ilgilendikleri spor branşları da dahil olmak üzere fiziksel ve bilişsel egzersizlerden uzak kaldıkları,
2. Katılımcıların egzersiz gününden önce 12 saat süreyle sigara içme, kafein ve alkol almadıkları,
3. Katılımcıların egzersiz gününden önce en az 3 saat süreyle yiyecek yemekten kaçındıkları,
4. Katılımcıların egzersizleri maksimum eforda uyguladıkları,
5. Katılımcıların egzersiz gününden önce uyku problemi yaşamadıkları,
6. Katılımcıların alışma öncesinde katılımcıların beyan ettikleri kişisel bilgilerin doğru olduğu varsayılmıştır.

### **1.6 Araştırma Soruları ve Hipotezler**

*Araştırma Sorusu 1:* şınav egzersizinde Pectoralis Major kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

#### **Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; şınav egzersizinde Pectoralis Major kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Şınav egzersizinde Pectoralis Major kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 2:** Şınav egzersizinde Anterior Deltoid kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Şınav egzersizinde Anterior Deltoid kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Şınav egzersizinde Anterior Deltoid kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 3:** Şınav egzersizinde Triceps Brachii kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Şınav egzersizinde Triceps Brachii kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Şınav egzersizinde Triceps Brachii kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 4:** Plank egzersizinde Rectus Abdominis kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Plank egzersizinde Rectus Abdominis kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Plank egzersizinde Rectus Abdominis kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.



**Araştırma Sorusu 5:** Plank egzersizinde External Oblique kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Plank egzersizinde External Oblique kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Plank egzersizinde External Oblique kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 6:** Plank egzersizinde Erector Spinae kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Plank egzersizinde Erector Spinae kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Plank egzersizinde Erector Spinae kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 7:** Glute Bridge egzersizinde Biceps Femoris kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Glute Bridge egzersizinde Biceps Femoris kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Glute Bridge egzersizinde Biceps Femoris kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 8:** Glute Bridge egzersizinde Semitendinosus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Glute Bridge egzersizinde Semitendinosus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Glute Bridge egzersizinde Semitendinosus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 9:** Glute Bridge egzersizinde Gluteus Maximus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Glute Bridge egzersizinde Gluteus Maximus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Glute Bridge egzersizinde Gluteus Maximus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 10:** Bulgarian Split Squat egzersizinde Biceps Femoris kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Biceps Femoris kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Biceps Femoris kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 11:** Bulgarian Split Squat egzersizinde Semitendinosus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Semitendinosus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Semitendinosus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 12:** Bulgarian Split Squat egzersizinde Rectus Femoris kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Rectus Femoris kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Rectus Femoris kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 13:** Bulgarian Split Squat egzersizinde Vastus Lateralis kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Vastus Lateralis kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Vastus Lateralis kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 14:** Bulgarian Split Squat egzersizinde Vastus Medialis kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Vastus Medialis kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Vastus Medialis kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

**Araştırma Sorusu 15:** Bulgarian Split Squat egzersizinde Gluteus Maximus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark var mıdır?

**Hipotezler:**

H<sub>0</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Gluteus Maximus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark yoktur.

H<sub>1</sub>; Bulgarian Split Squat egzersizinde Gluteus Maximus kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonları arasında fark vardır.

## 2. Bölüm

### Genel Bilgiler

#### 2.1 Kas Sistemi

Canlılarda iskelet sisteminin hareketi, sindirim ve solunumun çalışması, kanın kalpten pompalanması gibi günlük aktivitelerin tamamı kaslarda meydana gelen kasılmalar sayesinde (McComas ve diğ., 2006). İnsan vücudunun yaklaşık %50'sini oluşturan kas sistemi, kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye çevirerek kasılabilen özel kas hücrelerinden meydana gelmiştir. Uyarılabilen özellikteki kas hücrelerinin bir araya gelmesi ile oluşan kas dokusu beyinden gelen elektriksel uyarımları zar yüzeylerinde iletebilme ve bu elektriksel değişim ile mekanik olarak kasılma yeteneğine sahip hücrelerdir (Saç, 2016). Elektriksel, mekanik ve kimyasal olarak uyarılabilmeleri bakımından sinir hücrelerine benzemektedirler. Kaslar bu farklı uyaran türlerine karşı tepki olarak kasılır ve kasın kuvvet üretimine katkı sağlar. Bu yönüyle sinir hücrelerinden farklı olarak kasılabilme özelliğine sahiptirler (Barrett, 2019). Kaslar fizyolojik, çalışma mekanizmalarına ve kontraktıl protein yapılarına göre 3 farklı grup altında incelenir; kalp kası, düz kas ve çizgili kas (iskelet kası) (Guyton ve Hall, 2013). İskelet kas dokusu somatik sinir sistemi tarafından uyarılarak gerçekleştirilmiş olduğu mekanik aktivasyon ile vücut hareketini sağlayan ana birimdir.

**2.1.1. İskelet Kası Morfolojisi.** İskelet kası, kas lifi adı verilen uzun silindirik hücrelerden oluşur. Çapları 10 ila 100 µm arasında değişen ve uzunlukları 20 cm'ye kadar uzanan çok çekirdekli hücrelerdir. Bu çekirdekler, sarkolemma adı verilen kas lifi hücre zarının altındadır. Her kas lifi sarkolemma ile çevrilidir. Kas aksiyon potansiyelinin yayılmasında rol oynayan T-tübülleri içerir. Kas lifi sitoplazmasına sarkoplazma denir. Diğer hücre türlerinde bulunmayan büyük miktarlarda depolanmış glikojen ve miyogloblin içerir. Miyogloblin, oksijen bağlayıcı bir proteindir ve oksijeni kas lifinde depolar.

Liflerin dokularla birleşerek meydana getirdiği proksimal ve distal uçlar tendon adında yapılar ile ekleme hareketi sağlayan kemiklerin her iki ucuna bağlanır. Anatomide bu bağlantı noktalarına inseriyo (tutunma noktası) ve origin (başlangıç noktası) denir. İskelet kasları iki tendon arasında paralel şekilde yerleşir (McComas ve diğ., 2006; Saladin, 2014). İskelet kasları tendonları da içinde barındıran epimisyum olarak adlandırılan ve kası toplu halde bir arada tutmaya yarayan konnektif tarzda bir dokuyla örtülmüştür. Epimisyum yapılarından içeriye doğru uzanan kas dokularını çok ufak kısımlara bölen konnektif yapıya perimisyum denir. Fasikül yapılar olarak bilinen bu ufak kısımlar sayısı çok fazla olan kas liflerinin bir araya gelerek oluşturduğu yapılardır. İskelet kas lifleri uzun ve çekirdekli aynı zamanda da silindirik yapıya sahip sarkolemma diye bilinen hücre zarı ile kaplıdır. Bu dokuların hepsi sarkolemmaya kadar devam eder ve endomisyum ile kaplanır. Bu yapı iskelet kaslarında hücre zarından tendonlara kadar kaplı olduğundan herhangi bir hücrede meydana gelen gerilim tendona kadar ulaşabilmektedir (Guyton ve Hall, 2013). İskelet kasının kas lifi bir ışık mikroskobu ile incelendiğinde, lifin uzun eksenine dik bir dizi açık ve koyu bant görülür. Bu özelliğinden dolayı iskelet kası, çizgili kas köprüleri olarak da bilinir. İskelet kasının çizgili görünmesi yaklaşık 1 ila 2  $\mu$ m'lik demetler şeklinde çok sayıda kalın ve ince filamentin bir araya gelerek iskelet kasını oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Bu demetler miyofibriller olarak bilinir. Bir kas lifi içinde binlerce miyofibril vardır. Miyofibriller boyunca tekrar eden açık ve koyu bant serilerini oluşturan bu çizgiler, her bir miyofibrildeki kalın ve ince filamentlerin düzenlenmesinden kaynaklanmaktadır. Kalın filamentler miyozin ve ince filamentler aktin gibi kasılma proteinleri içerdiklerinden, miyofibriller kasılma elemanlarıdır ve sarkomer köprüler adı verilen bu tekrar eden bir biriminden oluşur.

İki Z çizgisi arasında kalan bölgeye sarkomer adı verilir. Sarkomer kas kasılmasında kılma ve uzamanın gerçekleştiği bölümdür. Sarkomer üzerinde, yalnızca aktin filamentlerin

bulunduğu bölge "I bandı" adını alır ve ışık mikroskopunda açık renk görüntü verir. Öte yandan aktin ve miyozin filamentlerinin birlikte yer aldığı kısımlar daha koyu renk görülürler. Bu bölgeler "A bandı" olarak isimlendirilirler. A bandının ortasında aktinin ulaşmadığı ve yalnızca miyozinden oluşan bir alan vardır. "H bölgesi" olarak adlandırılan bu bölge I bandından daha koyu, A bandından ise daha açık renkte görülecektir. I bandı ortasında dikey olarak uzanan "Z çizgisi" bulunur. Böylece, dinlenim durumunda, iki Z çizgisi arasında H bölgesini saymazsak sırasıyla I-A-I bantları yer almış olur. Z çizgileri bir miyofibrilin uzunluğu boyunca içindeki sarkomerleri birbirine bağlarlar. H bölgesinin merkezindeki dar koyu bant, M-çizgisi olarak bilinir ve kalın filamentlerin merkez bölgesini birbirine bağlayan proteinlere karşılık gelir. Z-hattından M-hattına uzanan protein titinden oluşan filamentler, hem M-çizgisi proteinlerine hem de kalın filamentlere bağlıdır. Kalın filamentler ve titin filamentler arasındaki bu M-hattı bağlantısı, her sarkomer köprüsünün ortasında ortalanmış olan düzenli kalın filament dizisinin korunmasından sorumludur. Çapı 16 nm olan kalın filamentler, öncelikle miyozin adı verilen proteinden oluşur. Ağır polipeptit zincirlerinden oluşan bir kuyruğu vardır ve hafif polipeptit zincirlerinden oluşan iki küresel kafaya sahiptir. Kasılma sırasında kalın ve ince miyofilamentleri birbirine bağlamaktan sorumlu olduklarından, kafalara çapraz köprüler de denir.

İnce filamentler öncelikle aktin içerir. Kasılma sırasında miyozin filamentlerinin çapraz köprülerini bağlayan aktif bölgeler olan G-aktin, aktin polipeptit alt birimleridir. Küresel G-aktin monomerleri, fibröz aktin veya F-aktin olarak polimerize edilir. Sarmal bir yapı oluşturan iki F-aktin ipliği, ince filamentlerin omurgasıdır (Widmaier , Raff & Strang, 2019; Marieb & Hoehn, 2010). İnce filamentlerde de düzenleyici proteinler vardır. Bunlardan biri çubuk benzeri bir protein olan tropomiyozindir. F-aktin yanında bir spiral oluşturur. Kasılma veya gevşeme sırasında aktin ve miyozin arasındaki etkileşimin düzenlenmesinde rol oynar. İnce

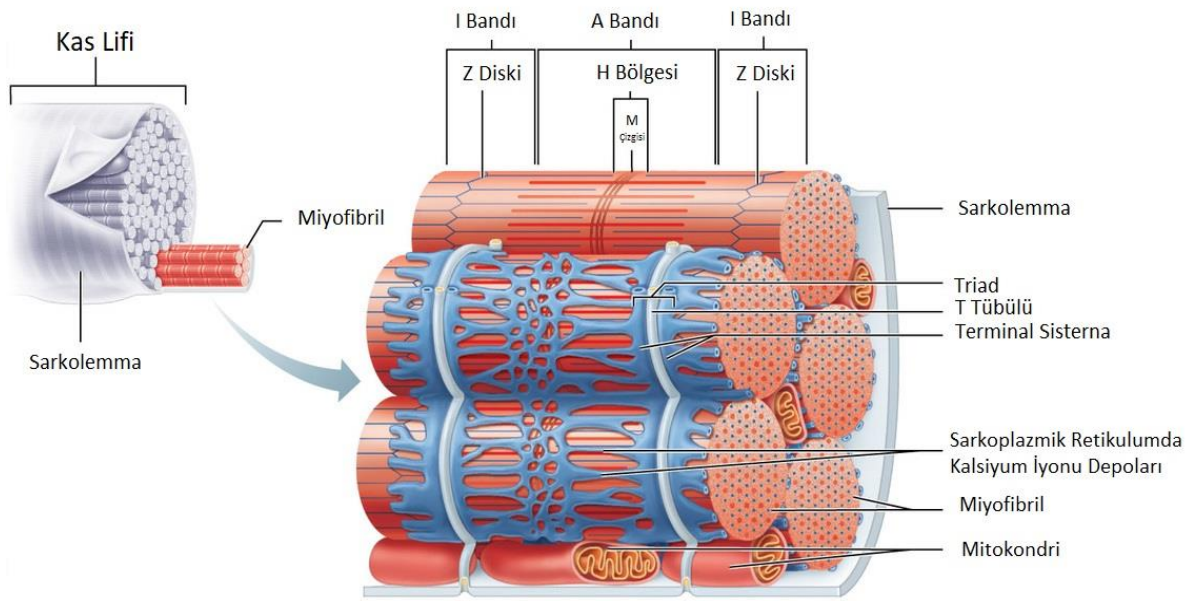
filamentlerde bulunan diğerk protein troponindir. Troponin veya troponin kompleksi, düz kas dışında iskelet kası ve kalp kasında kas kasılmasının bir ögesi olan üç düzenleyici protein ( troponin C, troponin I ve troponin T ) kompleksidir. Troponin, tropomiyozin proteinine bağlanmıştır ve kas dokusundaki aktin filamanları arasındaki oluk içerisinde yer almaktadır. Gevşemiş bir kasta tropomiyozin, miyozin çapraz köprüsü için bağlanma bölgesini bloke eder, böylelikle kasılmayı önler. Kas hücresi bir aksiyon potansiyeli ile kasılmak için uyarıldığında, sarkoplazmik zarda kalsiyum kanalları açılır ve sarkoplazmaya kalsiyum salınır. Kalsiyumun bir bölümü troponine bağlanır, bu da şekil değişimine neden olur ve aktin filamentlerindeki miyozin bağlanma yerlerini (aktif bölgeler) açığa çıkarır. Miyosinin aktine bağlanması çapraz köprü oluşümuna neden olur ve kas kasılımı başlar. Troponin hem iskelet kasında hem de kalp kasında bulunur, ancak troponinin özgül türevleri kas türleri arasında farklılık gösterir. Başlıca farklılık, iskelet kasındaki troponinin TnC alt biriminin dört kalsiyum iyonu bağlanma bölgesine sahip olması, kardiyak kasta ise yalnızca üç tane olmasıdır. Troponine bağlanan gerçek kalsiyum miktarı kesin olarak belirlenememiştir.

Bir kas lifinin endoplazmik retikulumu, sarkoplazmik retikulum olarak adlandırılır. Miyofibril, sarkoplazmik retikulumun birbirine bağlanan tübülleri ile çevrilidir. Bu tübüllerin çoğu, miyofibril boyunca uzunlamasına uzanır. Öte yandan, her bölümün sonunda terminal sisternalar olarak bilinen daha büyük kanallar vardır. Bu kanallar, zar uyarıldığında açığa çıkan kalsiyumu depolar. Sarkolemma, kas lifi içine nüfuz ederek A bandı ve I bandı arasındaki sınırdaki içi boş bir tüp oluşturur. Bu tüplere enine tübüller veya T- tübüller denir. Hücre dışı boşluk ile sürekli bağlantıları vardır. Kas aksiyon potansiyelinin kas hücresinin en derin kısmına yayılmasına yardımcı olurlar. Bu ileti sayesinde sarkoplazmik retikulundan kalsiyum (Ca<sup>++</sup>) iyonu salınır ve kas kasılması oluşur. T tübül-sarkoplazmik retikulum sisteminin kas lifinde oluşturduğu hacim, antrenmanlı bireylerde normalin 3 katına kadar çıkabilir.



Sarkoplazmik retikulum ve T-tübüller ile miyofibriller arasındaki ilişki Şekil 1’de gösterilmiştir. Miyofibrillerin arasında bulunan intrasellüler sıvıya sarkoplazma denir. Çok miktarda potasyum, magnezyum, fosfat, protein enzimler ile myofibrillere paralel olarak yerleşen çok sayıda mitokondri içerir.

**2.1.2. İskelet Kası Kasılmasının Fizyolojik Süreçleri.** İskelet kaslarının kontrolünde yer alan nöronlar, işlevsel bir hiyerarşik tarzda düzenlenmiştir. Hiyerarşinin her seviyesinin



Şekil 1. Sarkoplazmik retikulum ve T-tübüller arasındaki ilişki (Steele, 2013).

motor kontrolünde belirli bir görevi vardır. Bir eylem başlatmak için bu organizasyonun en üst kademesinde bir karar verilmelidir. Bu seviye hakkındaki bilgiler sınırlı olmakla birlikte, hafızayla, duygularla ve motivasyonla ilgili konuları içeren beynin birçok bölgesini kapsadığı varsayılmaktadır.

Bu seviyeden gelen bilgiler, motor kontrol hiyerarşisinin orta seviyesini oluşturan beynin bölümlerine iletilir. Bu seviye, karar verilen eylemi oluşturmak için gereken hareketi belirlemekten ve duruşu sürdürmekten sorumludur. Motor kontrol hiyerarşisinin orta seviyesini oluşturan anatomik yapılar, sensorimotor korteks, serebellum, subkortikal çekirdekler ve beyin

sapında yer alır. Motor program olarak bilinen kararlaştırılmış hareketleri gerçekleştirmek için kas, tendon, eklem, deri, vestibüler sistem, gözlerdeki reseptörlerden gelen afferent bilgileri, motor kontrol hiyerarşisinin en üst seviyesinden gelen sinyallerle bütünleştirir. Motor programıyla ilgili bilgiler, motor kontrol hiyerarşisinin en düşük seviyesi olan yerel düzeye inen yollarla iletilir. Alçalan yollar, beyin sapı yolları ve kortikospinal yollar olarak sınıflandırılır. Beyin sapı yollarına ayrıca ekstra piramidal sistem denir. Beyin sapındaki nöronlardan gelen aksonlar, motor nöronları etkilemek için omuriliğe inen yollar oluşturur. Dik duruş, denge ve yürüme kontrolünde rol oynarlar (Widmaier, Raff & Strang, 2019; Marieb & Hoehn, 2019). Kortikospinal yollar da piramidal sistem olarak bilinir. Kortikospinal yolların sinir lifleri sensorimotor korteksten orjin alır ve omurilikte son bulur. Kortikospinal lifler, iskelet kaslarının istemli hareketi için kontrol kaynağıdır. Motor kontrol hiyerarşisinin en düşük seviyesi olan lokal seviyede kortikospinal lifler, birincil motor nöronlar olan ön boynuz hücreleri ile sinapslar vardır (Preston & Shapiro, 2020; Widmaier, Raff & Strang, 2019; Marieb & Hoehn, 2019). Motor programına ilişkin bilgiler bu yollardan aksiyon potansiyelleri şeklinde aktarılır (Martin, Brown, Diamond, Cattaneo, & De-Miguel, 2020; Kimura, 2013). Motor kontrol hiyerarşisinin son bileşeni, elektriksel uyarımı kas kasılmasını başlatan aksiyon potansiyeli şeklinde ileten motor nöronudur. Birincil motor nöronlar ön boynuz hücreleridir ve omuriliğin ventral gri maddesinde bulunurlar. Çıkıntıları, motor kökleri olarak çıkmadan önce omuriliğin beyaz maddesinin içinden geçer.

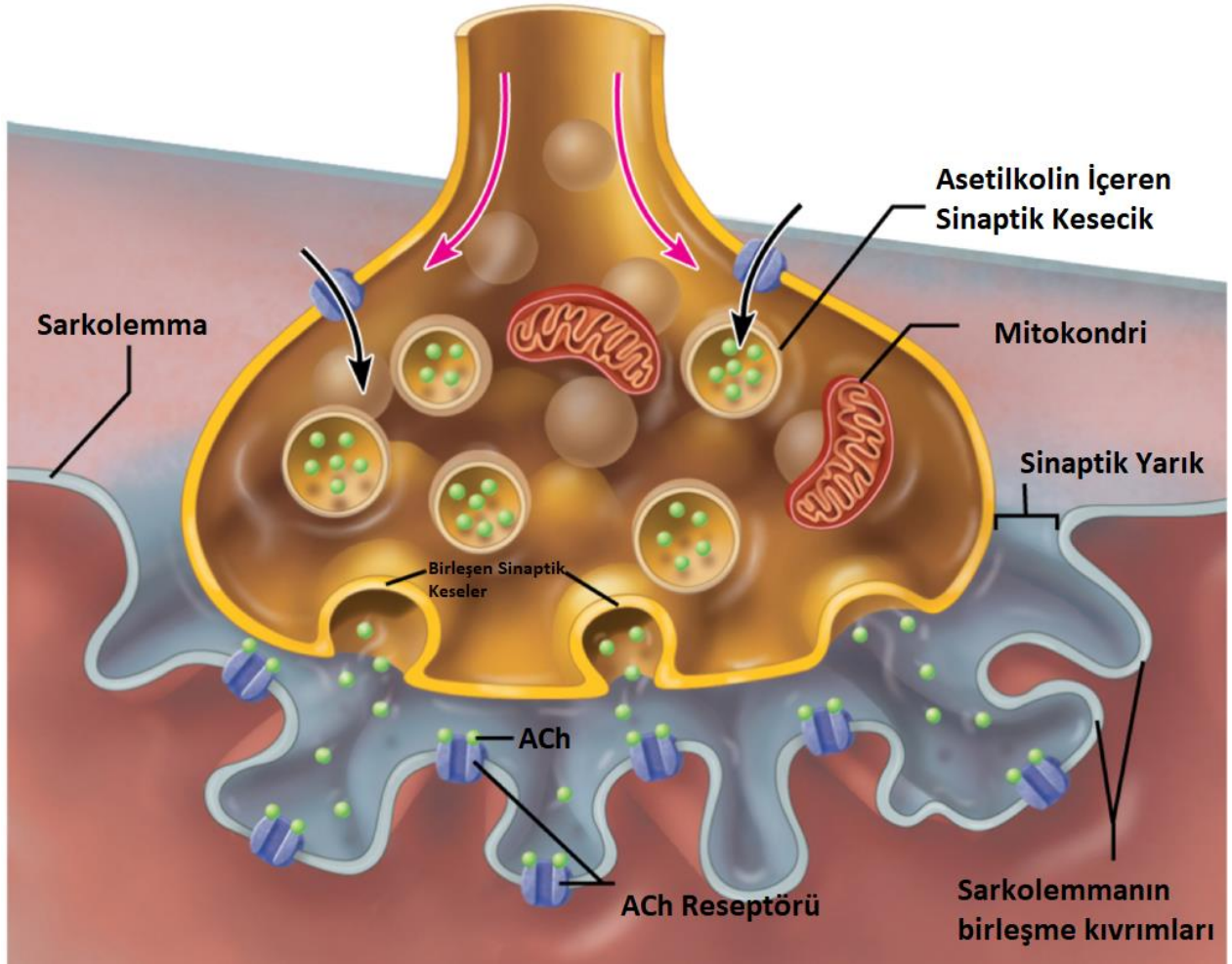
**2.1.2.1 Nöromusküler kavşak.** Normal şartlarda iskelet kasında kas lifleri nöromusküler sistemin ana unsurlarından olan motor nöronlar tarafından uyarılmadıkça kasılmazlar. Bir motor ünite, bir alfa motor nöron ve bu nöronun uyardığı tüm kas liflerinden oluşmaktadır. Bir motor nöronun omuriliğin ön boynuzunda yer alan gövdesi ve kas liflerine kadar uzanan bir aksonu bulunur. Motor nöronlar kas liflerine gelmeden önce akson terminalleri

denilen birçok dallara ayrışır. Bu akson terminalleri kas liflerinde sonlanır. Akson terminallerinin ve kas liflerinin birbirlerine temasının olduğu noktaya son plak veya nöromusküler kavşak denir. Genelde kas lifi başına sadece bir bağlantı bulunur ve kas lifinin ortasına yakın bir yerde yer alır (Squire, ve diğ., 2012; Kandel, Koester, Mack, & Siegelbaum, 2021). Motor nöronun yola çıkan bir elektriksel akım aksiyon potansiyeli üretir. Bu aksiyon potansiyeli nöromusküler kavşağa ulaştığında, kas lifinin zarında yeni bir aksiyon potansiyeli oluşturur ve kas lifi aktif hale gelir. Daha sonra bu aksiyon potansiyeli kasın iki ucuna doğru yayılır. Bu kas lifi aksiyon potansiyelleri (KLAP) uygun bir elektrot yardımıyla belirlenebilir. Bir kas lifine dağılan aksiyon potansiyeli, mekanik kasılmanın başlamasını sağlar. Bir motor ünitedeki tüm kas fibrilleri neredeyse aynı anda aktifleşir (Kandel, Koester, Mack, & Siegelbaum, 2021). Motor programıyla ilgili bilgiler, iskelet kasının kasılmasını başlatmak için motor kontrol hiyerarşisinin yerel düzeyinden motor nöronun aksonu aracılığıyla kas lifine iletilir (Kandel, Koester, Mack, & Siegelbaum, 2021). Her bir kas lifi, sadece bir motor nöronun aksonu tarafından innerve edilir. Her motor nöronun aksonu, bir kas yüzeyine ulaştığında ve miyelinsiz hale geldiğinde birçok dala bölünür (Widmaier, Raff & Strang, 2006; Marieb & Hoehn, 2019). Bir akson terminali ile bir kas lifi arasındaki bağlantı Şekil 2’de gösterilmektedir. Temas bölgesinde, kas lifi mitokondri ve çekirdek içeren motor uç plakasını oluşturmak için modifiye edilir (Kandel, Koester, Mack, & Siegelbaum, 2021). Bir motor nöronun akson terminalinin motor uç plakası ile birleşme noktası nöromusküler kavşak olarak adlandırılır (Widmaier, Raff & Strang, 2019; Marieb & Hoehn, 2019). Sinaptik yarık adı verilen sinir terminali ile kas hücreleri arasında yaklaşık 500 Å genişliğinde bir boşluk vardır. Nöromusküler bağlantı, motor nöron ile hedef iskelet kası arasındaki fonksiyonel bağlantıyı sağlayan kimyasal bir sinaptır (Kandel, Koester, Mack, & Siegelbaum, 2021). Bu bağlantı noktalarında, akson terminalleri, postsinaptik zarındaki kıvrımların karşısındaki bölgelerde yoğunlaşan yaklaşık 500

Å çapında çok sayıda sinaptik vezikül içerir. Bu veziküller, asetilkolin (ACh) adı verilen bir nörotransmitter içerir (Kandel, Koester, Mack, & Siegelbaum, 2021). Nöromüsküler kavşak Şekil 2'de gösterilmektedir. Motor nöron tarafından iletilen bir aksiyon potansiyeli bir akson terminaline ulaştığında, sinir plazmasını depolarize eder ve ardından, kalsiyum iyonlarının hücre dışı sıvıdan akson terminaline yayılmasına izin veren voltaja duyarlı kalsiyum kanallarını açar. Kalsiyum, asetilkolin içeren vezikülleri çevreleyen membranı etkinleştiren proteinlere bağlanır ve asetilkolini akson terminali ile motor uç plakası arasındaki sinaptik yarığa salmak için sinir plazma membranı ile kaynaşmalarına yardımcı olur (Widmaier , Raff & Strang, 2019; Marieb & Hoehn, 2019).

Motor uç plakası, orada bulunan birçok nikotinic ACh reseptörü için geniş bir yüzey alanı sağlayan çok sayıda küçük kıvrım içerir (Hall, 2015; Marieb & Hoehn, 2019). Sinaptik yarık boyunca dağılan ACh molekülleri, daha sonra sarkolemmadaki nikotinic asetilkolin reseptörlerine bağlanır. Böylece iyon kapıları sarkolemmada geçirgenlik değişikliklerine yol açacak şekilde açılır. Bu sarkomun depolarizasyonu ile sonuçlanır (Hall, 2015; Marieb & Hoehn, 2019). Başlangıçta, motor uç plakasında sarkomun lokalize depolarizasyonu nedeniyle bir uç plaka potansiyeli oluşur (Kandel, Koester, Mack, & Siegelbaum, 2021). Yeterli nörotransmitterin motor nöronun aksonal terminalinden salınması koşuluyla, uç plaka potansiyeli, sarkolemma boyunca yayılan bir aksiyon potansiyeli vererek, bitişik sarkolemmadaki bitişik voltaj kapılı iyon kanallarını etkinleştirmek için bir eşiği aşacaktır (Hall, 2015; Marieb & Hoehn, 2019). Sinir aksiyon potansiyeli ile kasta üretilen membran depolarizasyonu, sinirin kendi kendine indüklediği depolarizasyonun belki de 1/100 katı kadar azalacağından, elektriksel aktiviteden sinirden kasa doğrudan transfer gerçekleşemez. Bu nedenle, motor nöronun hedef kasını uyardığı mekanizma, elektriksel olmaktan çok kimyasal olarak aracılık edilen bir bağlantı noktasına bağlıdır. Nöromüsküler bileşkenin rolü, yüksek

empedanslı sinirden düşük empedanslı kasa kadar bir empedans transformatörü olmaktadır (Hall, 2015; Marieb & Hoehn, 2019). Birkaç milisaniyeden sonra asetilkolin, motor nöronun gelen ilave uyarım yokluğunda kas lifi kasılmasının devam etmesini önlemek için asetilkolinesteraz (AChE) adı verilen bir enzim tarafından parçalanır (Hall, 2015).



Şekil 2. Nöromüsküler Kavşak (Steele, 2013).

**2.1.2.2 Uyarılma-kasılma çiftlenimi.** Uyarılma-kasılma çiftlenimi, adenosin tri fosfat (ATP) molekülleri tarafından sağlanan kimyasal enerjinin miyofibrillerin lifleri tarafından üretilen mekanik kuvvete dönüştürülmesiyle ilgili olayları içerir. Sarkoplazma uyarılabilir bir zar olduğundan, motor nöronun gelen sinyallerin bu nöromüsküler bağlantı

yoluyla kimyasal iletimini takiben nöromüsküler kavşağın post-sinaptik kısmında bir aksiyon potansiyeli üretilir. Bu aksiyon potansiyeli sadece sarkoplazma olarak adlandırılan iskelet kası zarı boyunca değil, aynı zamanda çapraz veya T-tübüller olarak adlandırılan yüzey zarının kıvrımları boyunca da yayılır (Marieb & Hoehn, 2019). Bu elektriksel aktivite, kasılma proteinleri üzerinde doğrudan etki etmez. Ancak sitozolik kalsiyum konsantrasyonunu artırarak kasılma mekanizmasının başlamasına katkıda bulunur. Bu, T- tübüllerinin zarında bulunan voltaj kapılı kalsiyum kanallarının aktivasyonu ile sağlanır. Bu kanallar, sarkoplazmik retikulumdaki kalsiyum salınım proteinlerine yakın bir konumdadır ve sarkoplazmik retikulumun terminal sarnıçlarında depolanan kalsiyumun kas sitoplazmasına salınmasını tetikler (Marieb & Hoehn, 2019).

Dinlenme durumundaki bir kas lifinde, kalın ve ince filamentleri çevreleyen sitoplazmadaki kalsiyum iyonlarının konsantrasyonu yaklaşık  $10^{-7}$  molar olup, kasılmayı ortaya çıkarmak için yeterli değildir (Hall, 2015; Marieb & Hoehn, 2019). Bu durumda, kalsiyum bağlama yerlerinden çok azı dolu olduğundan, kasılmaya neden olan ince ve kalın filamentler arasındaki çapraz köprü etkileşimi, kası dinlenme durumunda tutan tropomiyosin tarafından bloke edilir (Hall, 2015; Marieb & Hoehn, 2019). Nöromüsküler kavşağın sinaptik sonrası kısmında oluşturulan aksiyon potansiyeli aracılığıyla T-tübüllerinin depolarizasyonunu takiben miyofibrilleri çevreleyen sitoplazmadaki kalsiyum iyonlarının konsantrasyonunda yaklaşık  $2 \times 10^{-4}$  molara ulaşan bir artış meydana gelir. Hücre içi kalsiyumun yükselmesi, kontraktıl proteinleri aktive eder (Widmaier, Raff, & Strang, 2019). Bu kalsiyum iyonları, miyofilamentler arasında pasif olarak yayılır ve tersine çevrilebilir şekilde troponin C'ye bağlanarak tropomiyosin molekülünde konformasyonel bir değişikliğe neden olur. Bu durum, tropomiyosinin bloke edici etkisinin ortadan kaldırılmasına ve böylece çapraz köprü etkileşimine izin verilmesine neden olur. Kasılma, troponinden kalsiyum uzaklaştırılıncaya

kadar devam edecektir (Hoppeler, Baum, Lurman, & Mueller, 2011). Bu nedenle, sitoplazmadaki kalsiyum konsantrasyonu, salınım öncesi seviyeye düşürülmelidir. Sarkoplazmik retikulum zarı, kalsiyum iyonlarını sitoplazmadan sarkoplazmik retikuluma pompalayan Ca-ATPazlar olarak adlandırılan aktif taşıma proteinlerine sahiptir (Marieb & Hoehn, 2019). Kalsiyum iyonlarının yeniden alınması sağlandığında gevşeme meydana gelir.

**2.1.2.3 Kasılma süreci.** Kasılma, kas lifinin kalın ve ince lifleri arasındaki etkileşim yoluyla elde edilir. Kalsiyumlu bir ortamda, kas kasılmasını sağlamak ve ATP molekülleri tarafından sağlanan kimyasal enerjiyi mekanik işe dönüştürmek için aktin ve miyozin filamentleri arasında çapraz köprü etkileşimi gerçekleşir.

Kas kasılması, kayan bir filament mekanizması ile gerçekleşir. Bu mekanizmada aktin filamentleri, miyozin filamentleri arasında içe doğru kayar. Bu, miyozin filamentlerinden çapraz köprülerin aktin filamentlerle etkileşimi ile üretilen mekanik kuvvetlerle elde edilir. Böylece, iskelet kası lifi kısalır. Bu kısalma sırasında ince filamentler merkeze doğru kayar, ince filamentlerin tutturulduğu Z diskleri kalın filamentlere doğru çekilir ve bu da ardışık Z çizgileri arasındaki mesafenin azalmasına neden olur. I bantları kısalır, H bölgeleri kaybolur ve A bantları birbirine yaklaşır (Marieb & Hoehn, 2019). Sarkomerler kısalsa bile (yani ardışık Z çizgileri arasındaki mesafe), ne kalın ne de ince filamentlerin uzunluğunda bir değişiklik yoktur (Widmaier , Raff, & Strang, 2019).

**2.1.3. Kas kasılma türleri.** Bir kas lifi, aktin ve miyozin çapraz köprü döngüsü yoluyla gerilim oluşturur. Gerilim altındayken kas uzayabilir, kısalabilir veya aynı kalabilir. Kasılma terimi kısalmayı ifade etse de, kas sistemine atıfta bulunulduğunda, bir kas lifi içinde gerginlik oluşması anlamına gelir. Birkaç tür kas kasılması meydana gelir ve kasılma sırasında kasın uzunluğundaki değişikliklerle tanımlanır.

**2.1.3.1 İzotonik kasılma.** İzotonik kasılmalar, kas uzunluğu değıştikçe kasta sabit gerginliği korur. İzotonik kas kasılmaları konsantrik ve eksantrik olmak üzere ikiye ayrılır.

*Konsantrik kasılma.* Kasların güç oluştururken kısaltıldığı ve direnci yenen bir tür kas kasılmasıdır. Örneğin, ağır bir ağırlığı kaldırırken, bicepslerin konsantrik kasılması, kolun dirsekte bükülmesine ve ağırlığı omuza doğru kaldırmasına neden olur. Çapraz köprü döngüsü meydana gelir ve sarkomer, kas lifi ve kası kısaltır.

*Eksantrik kasılma.* Kas kuvvet oluştururken bir kasın uzamasına neden olur; gerçekte direnç, üretilen kuvvetten daha büyüktür. Eksantrik kasılmalar hem gönüllü hem de istemsiz olabilir. Örneğin, istemli bir eksantrik kasılma, yukarıdaki eşmerkezli kasılma sırasında kaldırılan ağır ağırlığın kontrollü olarak düşürülmesi olacaktır. İstemsiz bir eksantrik kasılma, bir ağırlık bir kasın taşıyamayacağı kadar büyük olduğunda meydana gelebilir ve bu nedenle gerginlik altındayken yavaşça düşürülür. Çapraz köprü döngüsü, sarkomer, kas lifi ve kas uzamasına ve kasın genişlemesini kontrol etmesine rağmen meydana gelir.

**2.1.3.2 İzometrik kasılma.** Kas boyunun sabit kalıp, kasın tonusunun değışerek kuvvet üretilen kasılma türlerine izometrik kasılma denir. Örneğin, bir biceps kasılması sırasında, halteri aktif olarak yükseltmek veya indirmek yerine sabit / statik bir konumda tutmak, izometrik kasılmanın bir örneğidir.

**2.1.4.İskelet Kasının Elektrofizyolojik Özellikleri.** İskelet kası, vücudumuzda sinirler gibi uyarılabilir dokulardan biridir. Dâhili veya harici olarak uyarıldıklarında aksiyon potansiyeli adı verilen elektrik sinyalleri üretebilirler. Bu, iskelet kasının elektrofizyolojik yönlerinin kökenidir. Bu elektrofizyolojik yönler, elektromiyografi (EMG) gibi elektrodiagnostik çalışmaların temelini oluşturur. EMG, belirli bir kasta çeşitli boyutlarda motor üniteleri tarafından üretilen motor ünite aksiyon potansiyelinin (MUAP) tespit edilmesine dayanır (Oh, 2003).



**2.1.5. Motor Ünite.** Tipik bir kas, hücre gövdeleri omurilikte veya beyin sapında bir motor çekirdek adı verilen ayrı bir kümede bulunan yaklaşık yüz büyük motor nöron tarafından kontrol edilir. Her motor nöronun aksonu omurilikten bir ventral kök yoluyla veya beyin sapından bir kraniyal sinir yoluyla çıkar. Kontrol ettiği kasa girene kadar daha küçük periferik sinir dalları şeklinde ilerler. Daha sonra, kasın önemli bir kısmına dağılmış 100 ila 1000 kas lifini innerve etmek için geniş çapta dallanır. Aynı motor nöron tarafından innerve edilen kas liflerinin sayısı, innervasyon oranı olarak adlandırılır ve farklı kaslar için önemli ölçüde değişebilir. İnce bir hareket derecesine ihtiyaç duyan dışsal göz kaslarında 3: 1 iken sadece kaba hareket sağlayan ekstremite kaslarında 30: 1'den 2000: 1'e kadar değişir, (Oh, 2003; Preston & Shapiro, 2020). Tek bir motor nöron tarafından innerve edilen kas lifleri ve motor nöronun kendisi bir motor ünitesi olarak adlandırılır. Motor ünite (MU) iskelet kaslarının temel yapısal ve işlevsel birimidir (Diószeghy, 2002). Motor fonksiyonlarda rol oynayan son ortak yoldur. Her bir kas lifi, yalnızca bir motor ünitesi tarafından innerve edilir. Motor nöron yoluyla iletilen aksiyon potansiyeli her zaman motor ünitesinin tüm kas liflerinin depolarizasyonuna ve eşzamanlı olarak bir MUAP oluşturmasına neden olur.

**2.1.5.1 Motor ünite yapısı.** Bir motor nöron sistemi, ön boynuz hücrelerinden, aksonlarından oluşan radikls, pleksus ve periferik sinirlerden ve nöromusküler sinapslardan oluşur. Ön boynuz hücreleri birincil motor nöronlardır. Omuriliğin ventral gri maddesinde bulunurlar. Bu hücrelerin aksonları, periferik sinirlerdeki motor lifler haline gelir. Bu aksonlar miyelin ile etkin bir şekilde yalıtılır. Depolarizasyon, tuz iletimi yoluyla ve sadece Ranvier'in her bir düğümünde gerçekleşir. Miyelinli sinir lifleri 35 ila 75 m / s aralığında hareket eder. Motor ünite, bir akson, ön boynuz hücresi ve tüm bağlı kas lifleri ve nöromusküler kavşaklar olarak tanımlanır (Squire, ve diğerleri, 2014).

**2.1.5.2 Motor ünite tipleri.** Bir motor üniteye bir motor nöron tarafından innerve edilen kas lifleri özdeş liflerden oluşur (Kandel, Koester, Mack, & Siegelbaum, 2021). Bu nedenle, bir motor ünitenin kas liflerinin özellikleri, motor ünite tiplerinin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Öte yandan motor ünite tiplerinin sınıflandırılmasında bileşenlerin bazı özellikleri dikkate alınmalıdır. Motor ünite tipleri, kas liflerinin histokimyasal ve metabolik özelliklerine, aksonların elektrofizyolojik özelliklerine, kas liflerinin mekanik ve kasılma özelliklerine, kas liflerinin elektrofizyolojik özelliklerine, motor nöronun elektriksel özelliklerine ve motor ünitenin nöromüsküler bileşkesine göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırma en yaygın olarak kas liflerinin histokimyasal ve metabolik özelliklerine ve bir motor üniteye ait kas liflerinin kasılma ve mekanik özelliklerine bağlı olarak elde edilir (Loeb, 2013; Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004). Kas lifleri histokimyasal boyamalarına ve tip I, tip IIa ve tip IIb gibi metabolik özelliklerine göre üç türe ayrılır (Widmaier, Raff, & Strang, 2019). PH 4.6'da ön inkübasyondan sonra, tip I lifler koyulaşır, tip IIa lifler boyanmaz ve tip IIb lifler orta derecede boyanır (Marieb & Hoehn, 2019). Kas lifleri, yavaş kasılan (S-tipi), hızlı kasılan yorgunluğa dirençli (FR-tipi) ve hızlı kasılan çabuk yorulan (FF) gibi kasılma özelliklerine ve yorgunluklarına göre sınıflandırılabilir (Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004; Widmaier, Raff, & Strang, Vander's Human Physiology, 2019). Seğirme kasılma özelliği, motor nöron aksiyon potansiyeline yanıtın hızı olarak kas lifi tarafından üretilen tepe kuvvet veya tepe gerilim ve gevşeme süresi olarak tanımlanabilir (Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004). Bir motor ünitesinin kasılma kuvveti, fiber tipinin kuvvet üretme yeteneklerinin motor nöron tarafından innerve edilen fiber sayısı ile çarpılmasına bağlı olduğundan, motor üniteleri ayrıca tip I (S-tipi), tip IIa (FR -tipi) ve tip IIb (FF-tipi) olarak da sınıflandırılabilir (Preston & Shapiro, 2020).

Tip I (S-tipi) motor üniteleri, tip I (Yavaş kasılan) kas liflerine sahiptir. Bu liflerin ürettiği kuvvet, kas lifi sarkomasında oluşturulan bir aksiyon potansiyeline yanıt olarak nispeten yavaş bir şekilde yükselir ve düşer (Widmaier , Raff, & Strang, 2019). Oksidatif fosforilasyon için yüksek kapasiteye ve ATP'yi sentezlemek için oksidatif enzimlere sahip çok sayıda mitokondriye sahiptirler. Bu nedenle, bu lifler aynı zamanda oksidatif lifler olarak da sınıflandırılır. ATP'nin sentezi, glikoz ve yağ asitleri gibi oksijen ve yakıt moleküllerini iletmek için kan akışına bağlı olduğundan, bu lifler kan damarlarıyla çevrilidir. Oksijen difüzyon oranını artıran ve dolaşımdan oksijenin depolanmasını sağlayan oksijen bağlayıcı bir heme proteini olan büyük miktarlarda miyoglobulinden oluştukları için koyu kırmızı renge sahiptirler ve kırmızı kas lifi olarak adlandırılırlar (Widmaier , Raff, & Strang, 2019; Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004). Oksidatif (aerobik) metabolik özellik, bu lifleri yorgunluğa en dirençli lifler yapar (Widmaier , Raff, & Strang, 2019; Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004). Öte yandan, daha düşük ATP aktivitesine sahip miyozin içerirler (Widmaier , Raff, & Strang, 2019). Çapı en küçük lifler oldukları ve daha az büzülme elemanlarına sahip oldukları için daha az kasılma kuvveti üretirler. Tip I (S-tipi) motor ünitelerden oluşan motor nöronlar, yukarıda bahsedilen metabolik özelliklere sahip daha az, daha ince lifleri ve daha düşük sinir iletim hızına sahip daha küçük aksonlara sahiptir (Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004; Oh, 2003; Loeb, 2013). Bu motor üniteleri küçük kuvvetlerde etkinleştirilir ve daha düşük kuvvet seviyelerinde işe alınır (Oh, 2003).

Tip IIa (FR-tipi) motor üniteleri, tip IIa kas liflerinden oluşur. Tip I liflere kıyasla sarkolemmada üretilen aksiyon potansiyeline yanıt olarak daha hızlı seğirmeye ve daha hızlı gevşemeye sahiptirler. Orta derecede mitokondriye sahiptirler ve kasılma için enerji sağlamak üzere hem oksidatif metabolizmayı hem de glikolizi kullanabilirler (Loeb, 2013). Bu nedenle, yorgunluğa nispeten dirençlidirler (Loeb, 2013). Öte yandan, nispeten yüksek ATP aktivitesine

sahiptirler. Tip I liflere göre daha düşük miyogloblin içerdikleri için, tip I liflere göre soluk, ancak tip IIb liflerden daha koyu renktedirler. Daha büyük liflere ve daha fazla kasılma elemanlarına sahip olduklarından, tip I'e göre nispeten daha fazla kasılma kuvveti üretirler. Tip IIa motor ünitelerinin motor nöronları, orta düzeyde sinir iletim hızına sahip ara aksonlara sahiptir. Ara kuvvetler tarafından aktive edilirler ve bu nedenle orta kuvvet seviyesinde işe alınırlar.

Tip IIb (FF-tipi) motor üniteleri, tip IIb kas liflerinden oluşur. Kas lifi aksiyon potansiyeline yanıt olarak en hızlı seğirmeye ve en hızlı gevşemeye sahiptirler. Az sayıda mitokondriye ve yüksek konsantrasyonda glikolitik enzimlere ve büyük miktarda glikojen deposuna sahiptirler. Kasılma için gerekli enerji, glikojenin glikolizinin ADP'yi hızla fosforile etmesi ve glikojeni laktik günümüz spor aside dönüştürmesi ile sağlanır (Oh, 2003; Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004). Glikojenin bu hızlı tükenmesi ve laktik asit birikimi, bu lifleri kısa süreli kuvvet patlamasıyla sınırlar (Loeb, 2013). Bu nedenle çabuk yorulurlar. Glikolitik (anaerobik) metabolik özellikleri nedeniyle, birkaç kan damarı ile çevrilidirler ve çok az miyogloblin içerirler ve soluk renklidirler (Oh, 2003; Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004). Tip IIb kas lifleri büyük lifler olduğundan yüksek özgül kuvvetler üretirler (Oh, 2003; Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004). En yüksek miyozin-ATP aktivitesine sahiptirler (Oh, 2003; Moritani, Stegeman, & Merletti, 2004). Tip IIb motor üniteleri büyük hücre gövdelerine ve daha yüksek hızlarda motor nöron aksiyon potansiyellerini ileten büyük çaplı aksonlara sahiptir.

## **2.2 Fonksiyonel Antrenman.**

Sporda veya günlük hayatta çoğu aktivite, etkili bir şekilde hareket etmemizi ve kuvvetleri üretmek, azaltmak ve dengelemek için vücudumuzu kullanmamızı gerektirir (Jay Dawes, 2017). Bu, hem stabilite (yani harekete direnç) hem de hareketlilik (yani hareket etme

yeteneği) kombinasyonunu gerektirir. Bu kavramlar taban tabana zıt gibi görünse de, biri olmadan diğeri de zarar görür. Eklemlerde verimli hareketler üretmek, kolların ve bacakların amaçlanan hareket aralıkları boyunca akıcı bir şekilde hareket etmesine izin veren bir stabilite tabanı gerektirir. Son zamanlarda, hem spor kondisyon programlarında hem de genel popülasyon için temel antrenmanlarda, antrenörlerin vücudun bir kas grubundan daha çok, aynı anda bir çok kas grubunu koordineli bir şekilde çalıştırabilme isteği ile fonksiyonel antrenmanlar tercih konusu olmuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda antrenörler son zamanlarda fonksiyonel antrenmanlarla ilgili birçok yeni yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemler içinde en yaygın olanlarından birisi sabit olmayan yüzeylerde hareketlerin uygulandığı antrenmanlardır. Rehabilitasyon ve spor sektörlerinde temel denge ve temel kuvvet antrenmanları sıkça kullanılmaktadır. Sabit olmayan yüzeylerde uygulanan kuvvet antrenmanlarının, kor kas sistemindeki (rehabilitasyon sektörü) mevcut bir yaralanma veya zayıflığın üstesinden gelmeye yardımcı olduğuna veya performansı en üst düzeye çıkarmak için (spor sektörü) verimli kor stabilite ve kor gücü oluşturarak spor performansını artırdığına inanılmaktadır (Behm, Anderson ve Curnew, 2002). Bu sabit olmayan yüzeyleri oluşturmak için spor salonlarında birçok alet kullanılmaktadır. Bu aletlerin en çok kullanılanları, pilates topu, BOSU topu, TRX, köpük rulolar ve denge diskleridir. Stabil olmayan yüzeylerde antrenmanın inanılan avantajı, nöromüsküler adaptasyonların önemine ve güçteki artışlarla olan ilişkisine dayanmaktadır (Anderson ve Behm, 2005). Yüzey kararsızlığındaki bir artışın, nöromüsküler sistemi sabit zeminde uygulanan kararlı direnç antrenmanı yöntemlerinden daha fazla strese sokacağı öne sürülmüştür (Behm, Anderson ve Curnew, 2002). Böylece daha fazla kasın çalışması sağlandığı ve daha verimli antrenmanlar olduğu düşünölmüştür (Behm, Anderson ve Curnew, 2002).

### **2.2.1. Çalışmada kullanılan antrenman aletleri.**

**2.2.1.1 BOSU Topu.** İsmi "Both Sides Up("Her İki Taraf Yukarıda)" anlamına gelen bir kısaltmadan alan, 1999'da David Weck tarafından icat edilen fitness antrenman cihazı, sert bir platforma tutturulmuş şişirilmiş bir kauçuk yarım küreden oluşur. Cihaz genellikle denge antrenmanları için kullanılır. Kubbe tarafı yukarı baktığı zaman, cihaz sabit kalırken kullanıcıya sabit olmayan bir yüzey sağlar. Cihaz, platform yukarı bakacak şekilde ters çevrilebilir. Bu pozisyonda, cihaz diğer yüzüne göre daha dengesiz bir zemin sunar. Çalışmada BOSU topu bütün egzersizlerde kubbe tarafı yere bakacak şekilde kullanılmıştır.

**2.2.1.2 Pilates Topu(Swiss Ball).** Yoga topu olarak da bilinen bu egzersiz topu, yumuşak elastikten yapılmış, tipik olarak 5 ile 10 santimetre artışlarla, 35 santimetre (14 inç) ile 85 santimetre (34 inç) arasında değişen ve hava ile doldurulmuş bir toptur. 1963 yılında İtalyan plastik üreticisi Aquilino Cosani tarafından geliştirildi. Amerikalı fizik tedavi uzmanı Joanne Posner-Mayer'e göre egzersiz topunun bir terapi aracı olarak kullanımı, Bobath konseptinin ilk savunucusu olan İsviçreli çocuk doktoru Dr. Elsbeth Köngan ile başlıyor. Daha sonra "Pezzi topları" olarak bilinen bu toplar, ilk olarak İsviçre'de çalışan İngiliz fizyoterapist Mary Quinton tarafından yeni doğanlar ve bebekler için tedavi programlarında kullanıldı. Daha sonra, İsviçre Basel'deki Fizik Tedavi Okulu'nun müdürü Dr. Susanne Klein-Vogelbach nöro-gelişimsel tedavi için fizik tedavi olarak top egzersizinin kullanımını entegre etti. 1985 yılında, topa çeşitli egzersizleri anlattığı "Ballgymnastik zur funktionellen Bewegungslehre" ("Fonksiyonel hareket teorisi için top jimnastiği") adlı ünlü bir kitap yayınladı. Klein-Vogelbach, ortopedik veya tıbbi sorunları olan yetişkinleri tedavi etmek için top tekniklerinin kullanılmasını savundu. 1995 yılında, Joanne Posner-Mayer ABD'de "Ortopedik ve Spor Tıbbi için İsviçre Top Uygulamaları" adlı bir kitap yayınladı. Amerikalı fizyoterapistler top egzersizlerini kullanmaya başladıkça bu terim ABD'de yaygınlaştı. Klinik bir ortamda fiziksel terapi olarak geliştirilmelerinden, bu egzersizler artık atletik antrenmanlarda genel bir fitness

rutininin parçası olarak ve yoga ve pilates gibi alternatif egzersizlere dahil edilerek kullanılmaktadır.

**2.2.1.3 TRX Süspansiyon Antrenman Aleti.** “Total Resistance Exercise” kelimesinin kısaltılması ile ismini alan, tavana ya da sabit bir noktaya bağlanarak vücut ağırlığıyla çeşitli eklem ve çoklu düzlemde antrenman yapılmasına olanak sağlayan iki kayış ve uçlarında tutamaçların olduğu antrenman sistemidir. Bu sistemde hareketlerin zorluk düzeylerini ayarlamak için üç prensip bulunmaktadır. Bunlar, vücudun yerler olan açısının değiştirilmesiyle hareketin zorluğunun değiştirildiği “Vektörel Direnç” prensibi, el ve ayakların destek noktalarının değiştirilerek hareketin dengesinin değiştirildiği “sabitlik-denge (stability)” prensibi ve kayışın bağlantı noktasından uzaklaşarak şiddetin artırıldığı “sarkaç” prensibidir (Bettendorf, 2010).

### 3. Bölüm

#### Yöntem

Bu araştırma 2020-1/33 nolu Bursa Uludağ Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul kararı ve DDP(SPF)-2020/19 proje kodu ile Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi desteği ile yürütülmüştür. Ayrıca, bu araştırma TÜBİTAK 2214-A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı ile desteklenmiştir.

#### 3.1 Katılımcılar

Bu çalışmada, örneklem büyüklüğü hesaplaması “G Power” programında analiz edilerek hesaplanmıştır. Analizde, etki büyüklüğü  $f = 0.25$ ,  $\alpha = 0.05$  (%5 tip 1 hata olasılığı) ve  $\beta = 0.80$  (%80 güç) değerleri kullanılarak örneklem büyüklüğü en az 24 kişi olarak hesaplanmıştır. Çalışma sırasında olası katılımcı dışlanması ihtimaline karşı güç analizinde belirtilenden %25 daha büyük bir örneklem sayısı ( $n = 30$ ) planlanmış ve ölçümler sırasında 5 katılımcının çeşitli nedenlerle çalışmadan çıkması nedeniyle 25 gönüllü kişiyle tamamlanmıştır.

Katılımcıların ortalama yaş  $21.5 \pm 2.66$  yıl, boy  $179 \pm 0.05$  cm, ağırlık  $74.28 \pm 4.27$  kg, Vücut Kütle İndeksi (VKİ)  $22.98 \pm 1.11$  kg/m<sup>2</sup> ve vücut yağ yüzde değerleri  $10.72 \pm 2.07$ 'dir. Katılımcılar en az 5 senelik spor geçmişi olan ve halen ilgilendikleri branşla ilgili (futbol, güreş, atletizm) antrenman ve müsabakalara devam eden adaylardan seçilmiştir.

Çalışmaya dâhil olma kriterleri;

- Gönüllü olmak,
- 18-25 yaş aralığında olmak,
- VKİ değerlerinin 20 ile 25 kg/m<sup>2</sup> arasında olması ve vücut yağ oranının en fazla %15 olması,
- Çalışmadaki egzersizleri yapmaya engel bir sakatlık veya hastalığının olmamasıdır.



Katılımcılar ile çalışmaya başlamadan bir hafta önce egzersizlerin tanıtımı ve çalışma hakkında bilgi vermek için toplantı yapıldı ve toplantı sırasında her katılımcıdan “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur” formu imzalatılarak toplatıldı.

### **3.2 Deneysel Prosedür**

Tüm testler Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı Laboratuvarı’nda yapılmıştır. Sirkadiyen ritmin sonuçlara olası etkilerinden kaçınmak amacıyla, testler öğleden sonra 13:00-16:00 saatleri arasında günlük maksimum 2 kişi ölçülerek gerçekleştirilmiştir. Ayrıca katılımcılardan deneysel müdahale gününden önce; en az 72 saat süreyle ilgilendikleri spor branşları da dahil olmak üzere fiziksel egzersizlerden, 12 saat süreyle sigara içme, kafein içerikli içecekler ile alkol alımından ve 3 saat süreyle de yiyecek yemekten kaçınmaları istenmiştir.

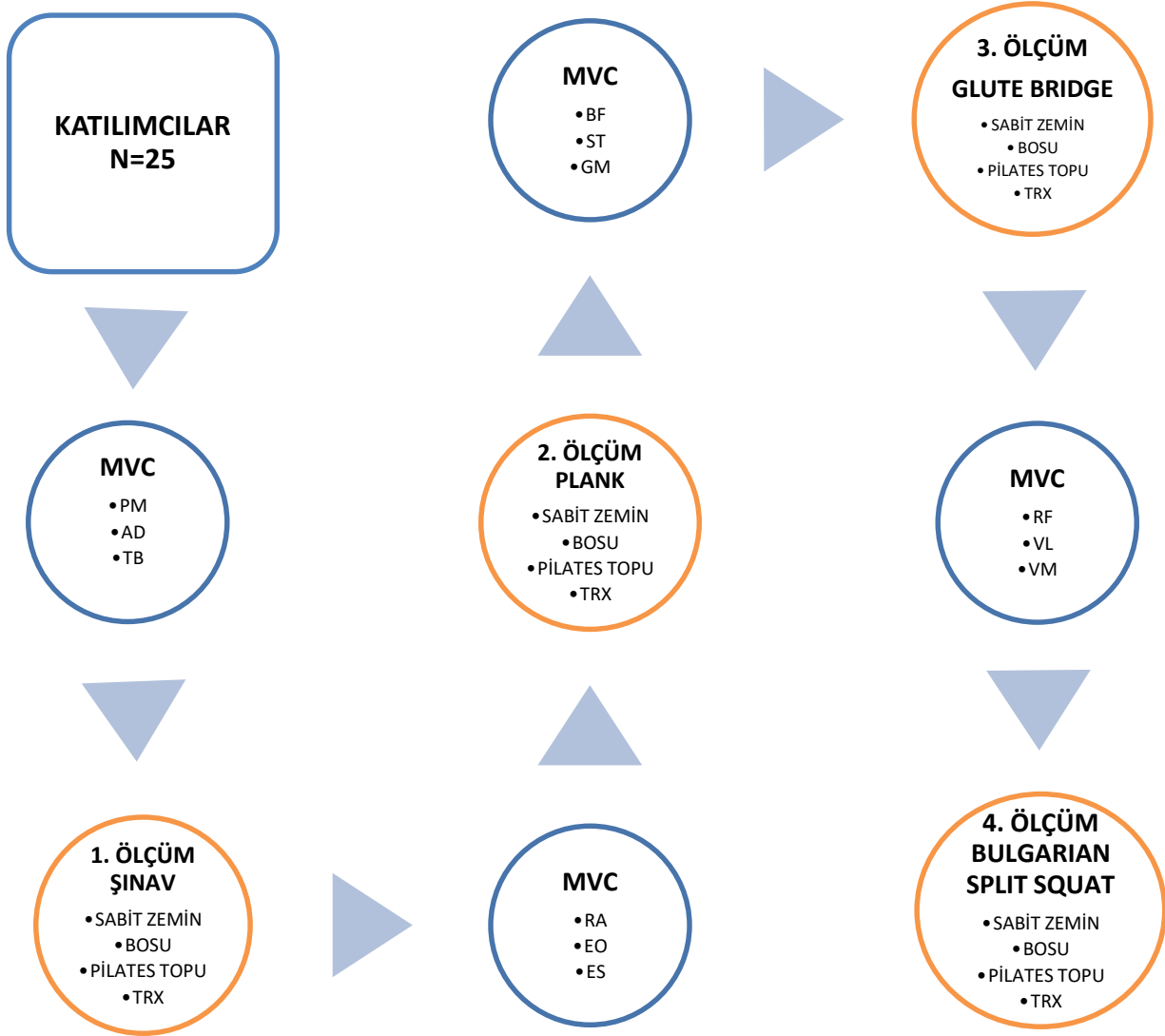
Çalışma günü katılımcıların ilk olarak boy, bacak uzunlukları, kilo ve VKİ ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler öncesi katılımcılar 5 dakikalık genel ısınma protokolü uygulamışlardır. 3 dakikalık koşu bandında jogging koşusu ve 2 dakikalık üst ve alt ekstremitelere yönelik statik germe hareketleri uygulamışlardır. Jogging koşusunun son 1 dakikasında katılımcılar kolları sırayla öne, arkaya çevirerek ve yana açıp kapatarak koşmuş ve skipping yapmışlardır.

4 farklı zeminde (Sabit Zemin, BOSU, Pilates Topu, TRX) 4 farklı egzersizin (Şınav, Plank, Glute Bridge, BSS) uygulanması sırasında kasların elektromiyografik aktivitelerini ölçebilmek için tekrarlanan bir ölçüm yöntemi tasarlanmıştır.

Çalışmada, egzersiz sırası şınav, plank, glute bridge ve BSS şeklinde olup her bir egzersiz sırayla sabit zemin, BOSU, Pilates Topu ve TRX ekipmanlarında uygulanarak tamamlanmıştır. Her egzersiz öncesi, o egzersizde aktivasyonu ölçülecek kaslara elektrot yapıştırma işlemi yapılmış ve sinyallerin normalizasyonunda kullanılacak kasların maksimum

istemli kasılma (MVC) ölçümleri yapılmıştır. MVC ölçümleri elektromiyografi bölümünde detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

Katılımcılardan şınav, glute bridge ve BSS egzersizlerini 2 saniye iniş fazı, 2 saniye çıkış fazı olmak üzere toplamda 4 saniyede tamamlayacak tempoda 3 tekrar yapmaları istenildi ve en yüksek aktivasyona sahip tekrarın veri ortalamaları analizlerde kullanıldı. Egzersiz temposu dijital bir metronom yardımıyla takip edildi. Plank egzersizinde 10 saniye sabit kalmaları istenildi ve kaydın ortasındaki 5 saniye veri olarak alındı.

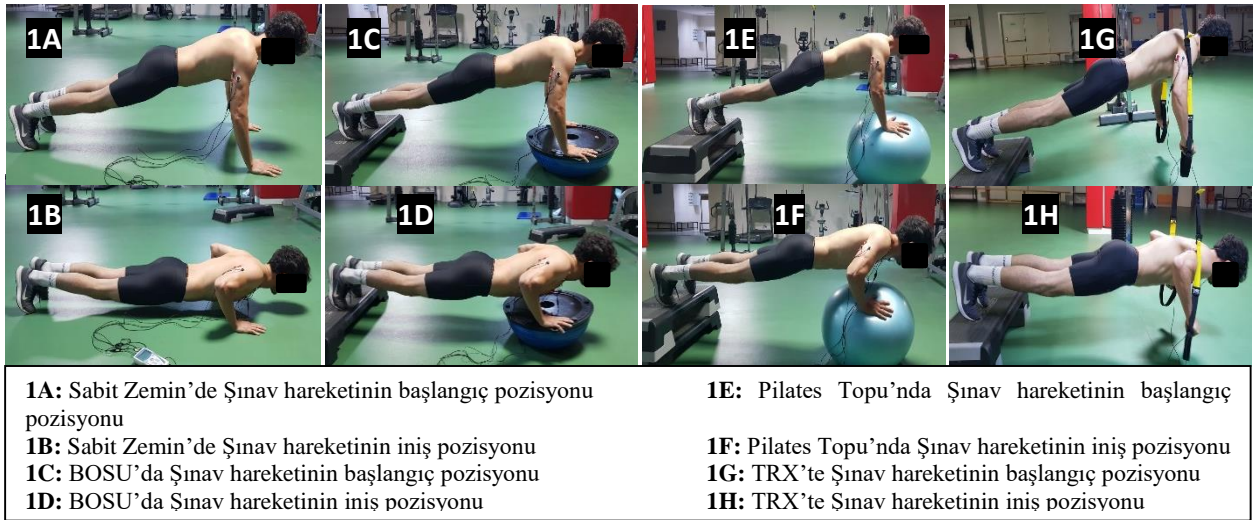


Şekil 3. Deneysel Prosedür

### 3.2.1.Çalışmada Uygulanan Egzersizler.

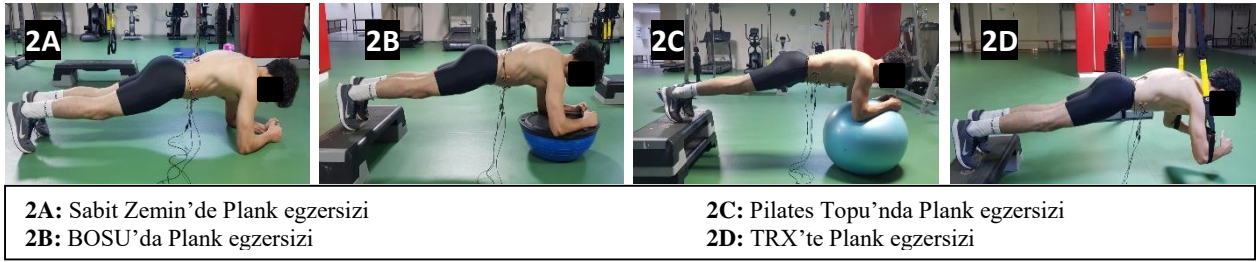
**3.2.1.1 Şınav.** Egzersize, eller omuz genişliğinde ve hizasında açık, dirsekler ve el bilekleri ekstansiyonda, ayaklar omuz genişliğinde açık, gövde ve bacaklar ekstansiyonda başlar, vücut aşağı inerken dirsekler 90<sup>0</sup> ‘lik fleksiyona getirilirken omuzlar 45<sup>0</sup> ‘lik abdüksiyona getirilir ve beklemeden tekrar başlangıç pozisyonuna döner. Egzersiz, iniş

(eksantrik) ve çıkış (konsantrik) fazları olmak üzere 2 fazdan oluşmakta ve katılımcılardan her fazı 2 saniyede toplamda 4 saniyede tamamlamaları istenildi. Uygulamalar sırasında katılımcılar denge cihazlarına ellerini yerleştirdi, ayaklarını da vücutları yere paralel olacak şekilde denge cihazının yüksekliğiyle hizalanan bir sehpanın üstüne koydular. Şınav hareketi sırasında katılımcıların pectoralis major (PM), anterior deltoid (AD) ve triceps brachii (TB) kaslarının elektromiyografik aktivasyonları kaydedildi.



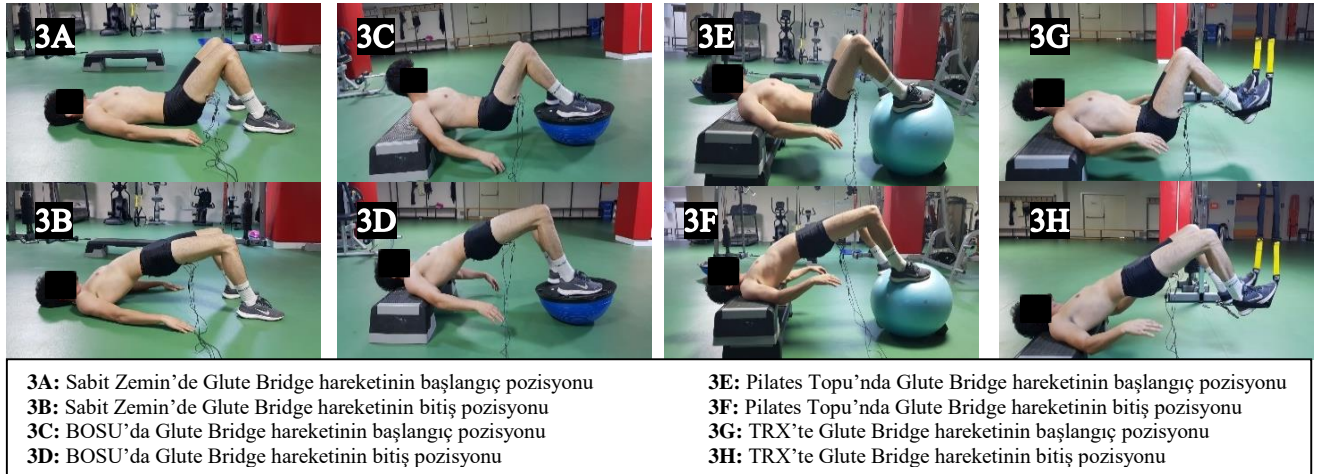
Şekil 4. Şınav Egzersizi

**3.2.1.2 Plank.** Gövdenin ön yüzü yere bakacak şekilde, dirsekler  $90^{\circ}$ lik fleksiyonda, dirsekler ve ön kollar arasında mesafe omuz genişliğinde açık, eller yumruk halinde ve avuç içleri birbirine bakacak şekilde, ayaklar birbirine yakın fakat temas etmeyecek şekilde, ayak parmakları ekstansiyonda, topuk, kalça, omuzlar ve baş düz bir hat halinde pozisyonunu koruması istenen geleneksel plank egzersizi uygulandı. Katılımcılar egzersize başladıktan sonra 10 saniye boyunca EMG kayıtları yapıldı ve kaydın ortasındaki 5 saniyelik bölüm veri olarak kaydedildi. Denge platformlarına ellerini yerleştiren adayın ayakları da cihazın yüksekliğine uygun olarak sehpa üzerine yerleştirildi. Plank egzersizinde katılımcıların rectus abdominis (RA), external oblique (EO) ve erector spinae (ES) kaslarının elektromiyografik aktivasyonları ölçülmüştür.



Şekil 5. Plank Egzersizi

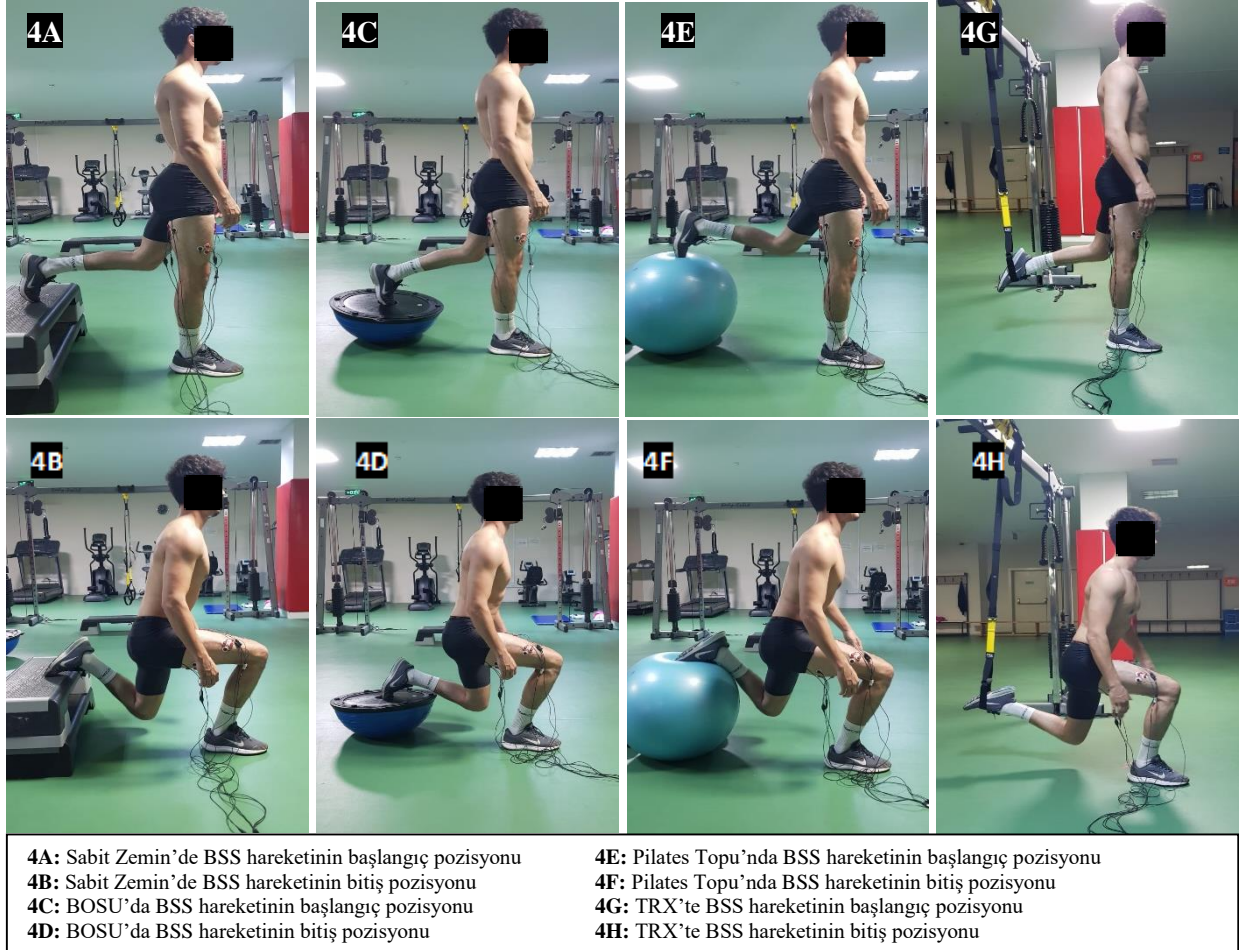
**3.2.1.3 Glute Bridge.** Katılımcılar her iki dizleri 90° fleksiyonda ve ayakları omuz genişliğinde açık ve ayak tabanları yerde düz olacak şekilde sırtüstü uzandılar. Kalçalar, omuz ve diz arasında düz bir çizgi oluşana kadar yerden kaldırıldı (konsantrik). Katılımcılar daha sonra kontrollü bir şekilde kalçalarını başlangıç pozisyonuna indirerek (eksantrik) egzersizi tamamladılar. Denge platformlarına katılımcılar ayaklarını yerleştirirken omuzlarını da cihazın yüksekliğine uygun bir sehpa üzerine yerleştirdi. Glute bridge egzersizinde katılımcıların gluteus maximus (GM), biceps femoris (BF) ve semitendinosus (ST) kaslarının elektromiyografik aktivasyonları ölçülmüştür.



Şekil 6. Glute Bridge Egzersizi

**3.2.1.4 Bulgarian Split Squat (BSS).** Dominant bacak önde sabit zeminde ve diz ekstansiyonda, dominant olmayan bacak arkada diz 90° fleksiyonda olacak şekilde sehpa ya da diğer denge platformlarında parmak ucu dik olacak şekilde yerleştirilerek egzersiz başlangıç pozisyonu alınır. Katılımcılar, dominant bacaklarının diz açısı tam ekstansiyondan 90°'lik açığa

gelene kadar dize fleksiyon yapıp (eksantrik), tekrar başlangıç pozisyonuna dönülerek (konsantrik) hareketi tamamlamıştır. BSS egzersizi sırasında katılımcıların BF, ST, GM, rectus femoris (RF), vastus lateralis (VL) ve vastus medialis (VM) kaslarının elektromiyografik aktivasyonları incelenmiştir.



Şekil 7. BSS egzersizi

**3.2.2. Elektromiyografi.** Elektromiyografik aktivite, portatif 8 kanallı yüzeyel EMG aleti (ME6000, Mega Electronics, Kuopio, Finland) kullanılarak PM, AD, TB, RA, EO, ES, GM, BF, ST, RF, VL, VM kaslarından kaydedilmiştir. Kaslardan EMG kayıtlarını elde etmek için bipolar gümüş/gümüş klorid kaplı yüzeyel elektrotlar (Kendall-Arbo elektrotlar 1 cm gümüş-gümüş klorid diskler ile; Tyco Healthcare, Neustadt/Donau, Germany) kullanılmıştır.

Elektrotlar yerleştirilmeden önce, derideki kıllar traşlanmış ve isopropil alkolle temizlenmiş ve elektrotlar arası empedansı 2000  $\Omega$  altında tutmak ve deri empedansını en aza indirmek için zımpara kağıdı ile deri zımparalanmıştır. Elektrotlar, kaslarının en belirgin olduğu yerlere, kas liflerinin yönüne mümkün olduğunca paralel bir çizgi boyunca kasların gövdesi üzerindeki deriye yapıştırılmıştır. Elektrotların merkezleri arasındaki mesafe 20 mm olarak belirlenmiştir. Elektrotlar bütün deneklerin dominant tarafındaki kaslara yapıştırılmıştır. İlgili kaslara elektrotların yerleşim yerleri aşağıdadır:

- PM: Elektrotlar aksiller kıvrımın 4 cm medialine kas yönünde yerleştirildi (Schick ve diğ., 2010).

- AD: Akromiyonun distalinde ve anteriorunda bir parmak genişliğinde yerleştirildi (Schick ve diğ., 2010).

- TB: Akromiyonun posterior kristası ile olekranon arasındaki çizgiye %50 oranında, çizginin medialinde elektrotlar yerleştirildi (Hermens ve diğ., 1999).

- RA: Umblikus ile ksifoid çıkıntı arasındaki orta noktanın yaklaşık olarak hemen altına yerleştirildi, ancak tendon kesişiminde değil ve orta hattın 3 cm laterale yerleştirildi (Hermens ve diğ., 1999).

- EO: Kosta kenarının en alt noktasından karşı pubik tüberkül'e uzanan çizgiye paralel, median çizginin 14 cm lateralinde, umblikusun 1 cm aşağısında, iliak krestin 1 cm veya daha fazla üzerine yerleştirildi (Boccia & Rainoldi, 2014).

- ES: L1'in spinöz prosesinin yaklaşık iki santimetre lateraline yapıştırıldı (Hermens ve diğ., 1999).

- GM: Posterior superior iliak omurgadan uyluğun arka yüzünün ortasına kadar olan çizgi yönünde, sakral vertebra ile büyük trokanter arasındaki çizgiye %50 oranında yerleştirildi (Hermens ve diğ., 1999).

- BF: İskial tüberkül ile femur lateral kondil arasındaki hattın orta kısmına yerleştirilmiştir (Hermens ve diğ., 1999).

- ST: İskial tüberkül ile femur medial kondil arasındaki hattın orta kısmına yerleştirilmiştir (Hermens ve diğ., 1999).

- RF: Spina iliaca anterior superior ile patella üst kenarını birleştiren hattın tam orta noktasına yerleştirilmiştir (Hermens ve diğ., 1999).

- VL: Spina iliaca anterior superiorundan patellanın lateral kenarına doğru çizilen hattın patellaya yakın olan 3 te 1'lik mesafesine kas yönünde yerleştirilmiştir.

- VM: Diz medial eklem çizgisi ile Spina iliaca anterior superioru birleştiren hattın medial eklem çizgisine %20 uzaklıkta olacak şekilde kas yönünde yerleştirilmiştir (Hermens ve diğ., 1999).

Sinyaller elektrotlara yakın yerleşik, düşük geçiş filtreli (8-500 Hz, -3dB points), 12-bit analog-dijital dönüşümlü analog ayırıcı amplifikatörler ile büyütülmüş ve bir mikrobilgisayarda (Mega Electronics, ME6000 sistem, Kuopio, Finland) depolanmıştır. Bu birim analog EMG sinyalini 1000 Hz frekansında örneklemiştir. Kayıt sırasında, veriler optik bir kablo ile kişisel bir bilgisayara aktarılmış ve ham EMG amplitude değerleri ( $\mu\text{V}$ ) MegaWin v3.1 yazılımı ile otomatik olarak hesaplanmıştır. Depolanmış ham EMG veriler yazılım aracılığıyla mutlak ortalama karekök amplitude değerleri ( $\mu\text{V}$ ) olarak ifade edilmiştir.

**3.2.3. Elektromiyografik Verilerin Normalleştirilmesi.** EMG ölçümlerinin en büyük dezavantajlarından birisi genlik verilerinin birçok faktörden etkilenecek farklı değerler almasıdır. Elektrotların bağlandığı noktalar, deneklerin o anlık psikolojik ve fizyolojik durumu gibi etkenler verilerin farklı değerlerde çıkmalarına neden olabilir. Mikro volt ölçekli parametrelerin bu "belirsiz" karakterinin üstesinden gelmek için bir çözüm, verileri referans değerine normalleştirilmesidir. Normalleştirme yöntemlerinden en çok tercih edilen yöntem



maksimum istemli kasılma (MVC) değerini referans almaktır. MVC bir kasın sabit bir dirence karşı kasın uyguladığı maksimum kuvvet sırasındaki elektromiyografik aktivasyonlarının referans değer olarak alınarak egzersiz sırasındaki aktivasyonun bu referans değere oranının yüzde olarak verildiği bir normalleştirme yöntemidir. Bu çalışmada da kasların referans değerleri MVC yöntemiyle belirlenmiş ve egzersizler sırasındaki kas aktivasyonları MVC referans değerinin yüzdesi şeklinde analiz edilmiştir. Egzersizlere başlamadan önce o egzersizde ölçülecek olan her kasın ayrı ayrı MVC ölçümleri yapılmıştır. MVC ölçümleri sırasında katılımcılardan güçlerini yavaş bir şekilde artırmaları ve 3 saniye içinde maksimum seviyeye çıkmaları ve o seviyede 5 saniye kalmaları ardından 3 saniye içinde tekrar yavaş bir şekilde kasılmayı durdurmaları istenildi. Her kas için dinlenme aralığı 120 saniye olan iki MVC testi uygulatılmış ve maksimum kasılmanın devam ettiği 5 saniyenin ilk ve son saniyeleri atılarak ortadaki 3 saniyenin karekök ortalaması alınmış ve yüksek olan testin değeri MVC değeri olarak kabul edilmiştir. Kasların MVC ölçümleri manuel yöntemlerle belirlenmiş olup her bir kasın ölçüm şekli şöyledir;

- PM: Sırt üstü sehpa uzanır pozisyonda dirsekler  $90^0$  lik fleksiyonda olacak şekilde sabitlenmiş barı itmesi istenerek ölçüm yapılmıştır.

- AD: Ayakta pozisyonda dirsekler tam ekstansiyonda olacak şekilde omuz öne doğru  $45^0$  lik açıda sabit manuel direnci yukarı doğru itmesi istenerek ölçülmüştür.

- TB: Katılımcılar ayakta pozisyonda, kol dirsekten  $90^0$  fleksiyonda iken manuel bir dirence karşı dirsekten ekstansiyon hareketi yaptırılarak veri alınmıştır.

- RA: Bacaklar sabit dizlerden  $90^0$  bükük mekik pozisyonunda gövde  $30^0$  lik fleksiyonda manuel bir dirence karşı güç uygulatılarak ölçülmüştür.

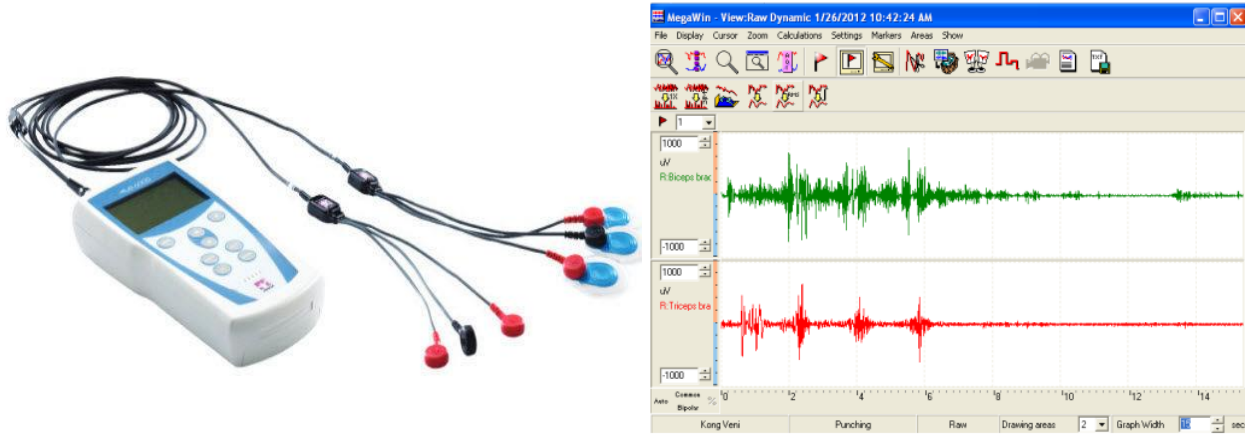
- EO: RA' nın MVC ölçümüne ek olarak gövdeye ölçülen kasın tarafına rotasyon yaptırılarak ölçüldü.

- ES: Yüzüstü yatar pozisyonda scapula bölgesinden uygulanan manuel dirence karşı ters mekik hareketi yaparken ölçülmüştür.

- GM: Yüzüstü yatar pozisyonda diz ekstansiyonda, kalça  $20^0$  hiperekstansiyonda iken sabit bir manuel dirence karşı ekstansiyon yapmaları istenildi.

- Hamstring Kas Grubu (BF, ST): Yüzüstü yatar pozisyonda diz açısı  $30^0$  fleksiyonda iken sabit manuel bir dirence karşı fleksiyon yapmaları istenildi.

- Quadriceps Kas Grubu (RF, VL, VM): Oturur pozisyonda diz açısı  $60^0$  iken sabit manuel bir dirence karşı ekstansiyon yapmaları istenildi.



Şekil 8. Emg Cihazı

### 3.3 İstatistiksel Analiz

Verilerin analizinde SPSS 23.0 (IBM Corp. Armonk Newyork, ABD) paket programı kullanılmıştır. Verilerin dağılımının normalliğini test etmek amacıyla Shapiro-Wilk testi kullanıldı. Normallik testinin sonuçlarına göre veri dağılımının normal çıkmaması üzerine non-parametrik test olan Friedman testi kullanıldı. Zeminler arasındaki farkları hesaplamak amacıyla çoklu karşılaştırma testi olarak Wilcoxon Signed Ranks Testi kullanılmıştır. Wilcoxon Signed Ranks Testinin etki büyüklüğünde r değeri kullanılmış olup, r değeri z değerinin N'nin kareköküne bölünerek hesaplanmıştır (Pallant, 2010). Etki büyüklüğünde

Cohen'in (1988) 0.1 - 0.3 arası küçük etki, 0.3 – 0.5 arası orta etki, 0.5 ve üzeri büyük etki kriterleri kullanılmıştır.  $p < 0.05$  değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

## 4. Bölüm

### Bulgular

Çalışmada 4 farklı zeminde (sabit, BOSU, Pilates Topu, TRX) uygulanan 4 farklı egzersiz (şınav, plank, glute bridge ve BSS) sırasında PM, AD, TB (Şınav), RA, EO, ES (Plank), BF, ST, GM (Glute Bridge), BF, ST, RF, VL, VM, GM (BSS) kaslarının elektromiyografik aktivasyonlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmaya en az 5 yıllık spor geçmişi olan 25 erkek sporcu gönüllü olarak katılmışlardır.

Tablo 1.

*Katılımcıların demografik bilgileri*

Parametre	$\bar{x}$	ss
Yaş (yıl)	21.52	2.66
Ağırlık (kg)	74.28	4.27
VKİ (kg/m <sup>2</sup> )	22.98	1.11
Yağ (%)	10.72	2.07

Tablo 2.

*Şınav egzersizinde PM kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
PM	Sabit	32 (27-47)	Bosu	-.875	-	0.382
			Pilates	-2.187	0.31	0.029*
			TRX	-3.058	0.43	0.002*
	Bosu	37 (27- 44,50)	Sabit	-.875	-	0.382
			Pilates	-2.176	0.31	0.030*
			TRX	-2.731	0.39	0.006*
	Pilates Topu	38 (33-51)	Sabit	-2.187	0.31	0.029*
			Bosu	-2.176	0.31	0.030*
			TRX	-0.514	-	0.607
	TRX	43 (31-55,50)	Sabit	-3.058	0.43	0.002*
			Bosu	-2.731	0.39	0.006*
			Pilates	-0.514	-	0.607

\* p < 0.05

Tablo 2 incelendiğinde, sınav egzersizinde PM kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 32 (27-47), BOSU 'da 37 (27- 44,50), pilates topunda 38 (33-51) ve TRX 'de 43 (31-55,50) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında sabit zemin ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu (p<0.05) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde (r = 0.31) olduğu saptanmıştır. Sabit zemin ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu (p<0.05) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde (r = 0.43) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu (p<0.05) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde (r = 0.31) olduğu saptanmıştır. BOSU ile

TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.39$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 3.

*Şınav egzersizinde AD kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
AD	Sabit	40 (26.50-50)	Bosu	-0.049	-	0.961
			Pilates	-2.930	0,41	0.003*
			TRX	-1.072	-	0.284
	Bosu	36 (29- 51)	Sabit	-0.049	-	0.961
			Pilates	-2.716	0,38	0.007*
			TRX	-1.301	-	0.193
	Pilates Topu	25 (19-40)	Sabit	-2.930	0,41	0.003*
			Bosu	-2.716	0,38	0.007*
			TRX	-3.258	0,46	0.001*
	TRX	37 (27.50-56)	Sabit	-1.072	-	0.284
			Bosu	-1.301	-	0.193
			Pilates	-3.258	0,46	0.001*

\*  $p < 0.05$

Tablo 3 incelendiğinde, şınav egzersizinde AD kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 40 (26.50-50), BOSU 'da 36 (29- 51), pilates topunda 25 (19-40) ve TRX 'de 37 (27.50-56) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında sabit zemin ile pilates topu arasında sabit zemin lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.41$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında BOSU lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde

( $r = 0.38$ ) olduğu saptanmıştır. Pilates topu ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.46$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.

*Şınav egzersizinde TB kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
TB	Sabit	32 (20.50-39)	Bosu	-2.635	0.37	0.008*
			Pilates	-4.348	0.61	0.000*
			TRX	-4.346	0.61	0.000*
	Bosu	32 (23.50- 46)	Sabit	-2.635	0.37	0.008*
			Pilates	-4.287	0.61	0.000*
			TRX	-4.293	0.61	0.000*
	Pilates Topu	61 (49-70)	Sabit	-4.348	0.61	0.000*
			Bosu	-4.287	0.61	0.000*
			TRX	-2.181	0.31	0.029*
	TRX	62 (51.50-83)	Sabit	-4.346	0.61	0.000*
			Bosu	-4.293	0.61	0.000*
			Pilates	-2.181	0.31	0.029*

\*  $p < 0.05$

Tablo 4 incelendiğinde, şınav egzersizinde TB kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 32 (20.50-39), BOSU 'da 32 (23.50- 46), pilates topunda 61 (49-70) ve TRX 'de 62 (51.50-83) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında sabit zemin ile BOSU arasında sabit zemin lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.37$ ) olduğu saptanmıştır. Sabit zemin ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki

büyükliğünde ( $r = 0.61$ ) olduğu saptanmıştır. Sabit zemin ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.61$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.61$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.61$ ) olduğu saptanmıştır. Pilates topu ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.31$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 5.

*Plank egzersizinde RA kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
RA	Sabit	31 (17 - 46)	Bosu	-1,115	-	0.265
			Pilates	-4,212	0,60	0.000*
			TRX	-4,346	0,61	0.000*
	Bosu	34 (21.50-48.50)	Sabit	-1,115	-	0.265
			Pilates	-4,211	0,60	0.000*
			TRX	-4,373	0,62	0.000*
	Pilates Topu	56 (46-69)	Sabit	-4,212	0,60	0.000*
			Bosu	-4,211	0,60	0.000*
			TRX	-4,279	0,61	0.000*
	TRX	83 (61-104.50)	Sabit	-4,346	0,61	0.000*
			Bosu	-4,373	0,62	0.000*
				Pilates	-4,279	0,61

\*  $p < 0.05$



Tablo 5 incelendiğinde, plank egzersizinde RA kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 31 (17-46), BOSU 'da 34 (21.50-48.50), pilates topunda 56 (46-69) ve TRX 'de 83 (61-104.50) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında sabit zemin ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.60$ ) olduğu saptanmıştır. Sabit zemin ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.61$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.60$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.62$ ) olduğu saptanmıştır. Pilates topu ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.61$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 6.

*Plank egzersizinde EO kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
EO	Sabit	37 (25.50-46)	Bosu	-2.437	-0.34	0.015*
			Pilates	-4.279	-0.61	0.000*
			TRX	-4.346	-0.61	0.000*
	Bosu	48 (34-60.50)	Sabit	-2.437	-0.34	0.015*
			Pilates	-3.445	-0.49	0.001*
			TRX	-4.374	-0.62	0.000*
	Pilates Topu	59 (47-83.50)	Sabit	-4.279	-0.61	0.000*
			Bosu	-3.445	-0.49	0.001*
			TRX	-3.795	-0.54	0.000*
	TRX	75 (59-92)	Sabit	-4.346	-0.61	0.000*
			Bosu	-4.374	-0.62	0.000*
				Pilates	-3.795	-0.54

\* p < 0.05

Tablo 6 incelendiğinde, plank egzersizinde EO kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 37 (25.50-46), BOSU 'da 48 (34-60.50), pilates topunda 59 (47-83.50) ve TRX 'de 75 (59-92) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında, sabit zemin ile BOSU arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu (p<0.05) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde (r = 0.34) olduğu saptanmıştır. Sabit zemin ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu (p<0.05) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde (r = 0.61) olduğu saptanmıştır. Sabit zemin ile TRX arasında TRX lehine anlamlı

fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.61$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.49$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.62$ ) olduğu saptanmıştır. Pilates topu ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.54$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 7.

*Plank egzersizinde ES kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
ES	Sabit	7 (6-9)	Bosu	-0.836	-	0.403
			Pilates	-0.054	-	0.957
			TRX	-2.283	-0.32	0.022*
	Bosu	7 (6-9.50)	Sabit	-0.836	-	0.403
			Pilates	-1.059	-	0.289
			TRX	-1.824	-	0.068
			Sabit	-0.054	-	0.957
			Pilates	-1.059	-	0.289
			TRX	-2.617	-0.37	0.009*
	TRX	8 (7-10)	Sabit	-2.283	-0.32	0.022*
			Bosu	-1.824	-	0.068
			Pilates	-2.617	-0.37	0.009*

\*  $p < 0.05$

Tablo 7 incelendiğinde, plank egzersizinde ES kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 7 (6-9), BOSU 'da 7 (6-9,5), pilates topunda 7 (6-9,5) ve TRX 'de 8 (7-10) olarak

tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında, sabit zemin ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.32$ ) olduğu saptanmıştır. Pilates topu ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.37$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 8.

*Glute Bridge egzersizinde BF kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
BF	Sabit	11 (9.50 -17)	Bosu	-3.575	-0.51	0.000*
			Pilates	-4.376	-0.62	0.000*
			TRX	-4.016	-0.57	0.000*
	Bosu	19 (15-25)	Sabit	-3.575	-0.51	0.000*
			Pilates	-3.796	-0.54	0.000*
			TRX	-3.620	-0.51	0.000*
	Pilates Topu	33 (27.50-42)	Sabit	-4.376	-0.62	0.000*
			Bosu	-3.796	-0.54	0.000*
			TRX	-0.835	-	0.404
	TRX	32 (23.50-49)	Sabit	-4.016	-0.57	0.000*
			Bosu	-3.620	-0.51	0.000*
			Pilates	-0.835	-	0.404

\*  $p < 0.05$

Tablo 8 incelendiğinde, Glute Bridge egzersizinde BF kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 11 (9.50 -17), BOSU 'da 19 (15-25), pilates topunda 33 (27.50-42) ve TRX'de 32 (23.50-49) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri

karşılaştırmalarında, sabit zemin ile BOSU arasında BOSU lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.51$ ) olduğu saptanmıştır. Sabit ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.62$ ) olduğu saptanmıştır. Sabit ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.57$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.54$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.51$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 9.

*Glute Bridge egzersizinde ST kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
ST	Sabit	16 (11-22.50)	Bosu	-4.161	-0.59	0.000*
			Pilates	-4.378	-0.62	0.000*
			TRX	-4.348	-0.61	0.000*
	Bosu	26 (20.50-35)	Sabit	-4.161	-0.59	0.000*
			Pilates	-4.228	-0.60	0.000*
			TRX	-3.406	-0.48	0.001*
	Pilates Topu	39 (32.50-45.50)	Sabit	-4.378	-0.62	0.000*
			Bosu	-4.228	-0.60	0.000*
			TRX	-1.832	-	0.067
	TRX	37 (29.50-44)	Sabit	-4.348	-0.61	0.000*
			Bosu	-3.406	-0.48	0.000*
				Pilates	-1.832	-

\* p < 0.05

Tablo 9 incelendiğinde, Glute Bridge egzersizinde ST kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 16 (11-22.50), BOSU 'da 26 (20.50-35), pilates topunda 39 (32.50-45.50) ve TRX'de 37 (29.50-44) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında, sabit zemin ile BOSU arasında BOSU lehine anlamlı fark olduğu (p<0.05) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde (r = 0.59) olduğu saptanmıştır. Sabit ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu (p<0.05) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde (r = 0.62) olduğu saptanmıştır. Sabit ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark

olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.61$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.60$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.48$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 10.

*Glute Bridge egzersizinde GM kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
GM	Sabit	23 (17-32.50)	Bosu	-1.801	-	0.072
			Pilates	-0.987	-	0.324
			TRX	-2.835	-0.40	0.005*
	Bosu	22 (15-29.50)	Sabit	-1.801	-	0.072
			Pilates	-0.057	-	0.954
			TRX	-2.249	-0.32	0.025*
	Pilates Topu	23 (16-28.50)	Sabit	-0.987	-	0.324
			Bosu	-0.057	-	0.954
			TRX	-2.639	-0.37	0.008*
	TRX	16 (10.50-19.50)	Sabit	-2.835	-0.40	0.005*
			Bosu	-2.249	-0.32	0.025*
				Pilates	-2.639	-0.37

\*  $p < 0.05$

Tablo 10 incelendiğinde, Glute Bridge egzersizinde GM kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 23 (17-32.50), BOSU 'da 22 (15-29.50), pilates topunda 23 (16-28.50) ve TRX'de 16 (10.50-19.50) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan

değerleri karşılaştırmalarında, sabit zemin ile TRX arasında sabit zemin lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.40$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile TRX arasında BOSU lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.32$ ) olduğu saptanmıştır. Pilates topu ile TRX arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.37$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 11.

*BSS egzersizinde BF kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
BF	Sabit	9 (7-10.50)	Bosu	-2.198	-0.31	0.028*
			Pilates	-1.943	-	0.052
			TRX	-1.378	-	0.168
	Bosu	10 (8-14.50)	Sabit	-2.198	-0.31	0.028*
			Pilates	-0.230	-	0.818
			TRX	-1.290	-	0.197
	Pilates Topu	10 (8-14.50)	Sabit	-0.987	-	0.052
			Bosu	-0.057	-	0.818
			TRX	-1.038	-	0.299
	TRX	9 (7.50-14)	Sabit	-1.378	-	0.168
			Bosu	-1.290	-	0.197
			Pilates	-1.038	-	0.299

\*  $p < 0.05$

Tablo 11 incelendiğinde, BSS egzersizinde BF kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 9 (7-10.50), BOSU 'da 10 (8-14.50), pilates topunda 10 (8-14.50) ve TRX'de 9 (7.50-14) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri



karşılaştırmalarında, sabit zemin ile BOSU arasında BOSU lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.31$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 12.

*BSS egzersizinde ST kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
ST	Sabit	11 (8-15.50)	Bosu	-1.993	-0.28	0.046*
			Pilates	-1.584	-	0.113
			TRX	-1.119	-	0.263
	Bosu	12 (9-18)	Sabit	-1.993	-0.28	0.046*
			Pilates	-3.077	-0.44	0.002*
			TRX	-0.546	-	0.585
	Pilates Topu	10 (8-13.50)	Sabit	-1.584	-	0.113
			Bosu	-3.077	-0.44	0.002*
			TRX	-2.491	-0.35	0.013*
	TRX	13 (9.50-18)	Sabit	-1.119	-	0.263
			Bosu	-0.546	-	0.585
			Pilates	-2.491	-0.35	0.013*

\*  $p < 0.05$

Tablo 12 incelendiğinde, BSS egzersizinde ST kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 11 (8-15.50), BOSU 'da 12 (9-18), pilates topunda 10 (8-13.50) ve TRX'de 13 (9.50-18) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında, sabit zemin ile BOSU arasında BOSU lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın küçük etki büyüklüğünde ( $r = 0.28$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında BOSU lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r =$

0.44) olduğu saptanmıştır. Pilates topu ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.35$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 13.

*BSS egzersizinde RF kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
RF	Sabit	18 (11.50-27.50)	Bosu	-1.332	-	0.183
			Pilates	-3.474	-0.49	0.001*
			TRX	-1.357	-	0.175
	Bosu	16 (11.50-26.50)	Sabit	-1.332	-	0.183
			Pilates	-4.079	-0.58	0.000*
			TRX	-2.278	-0.32	0.023*
			Sabit	-3.474	-0.49	0.001*
			Pilates	-4.079	-0.58	0.000*
			TRX	-2.231	-0.32	0.026*
	Pilates Topu	25 (17-35.50)	Sabit	-1.357	-	0.175
			Bosu	-2.278	-0.32	0.023*
			Pilates	-2.231	-0.32	0.026*
TRX	17 (11.50-29)	Bosu	-2.278	-0.32	0.023*	
		Pilates	-2.231	-0.32	0.026*	

\*  $p < 0.05$

Tablo 13 incelendiğinde, BSS egzersizinde RF kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 18 (11.50-27.50), BOSU 'da 16 (11.50-26.50), pilates topunda 25 (17-35.50) ve TRX'de 17 (11.50-29) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında, sabit zemin ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.49$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) ve bu farkın büyük etki

büyükliğünde ( $r = 0.58$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.32$ ) olduğu saptanmıştır. Pilates topu ile TRX arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.32$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 14.

*BSS egzersizinde VL kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
VL	Sabit	43 (33.50-59.50)	Bosu	-1.219	-	0.223
			Pilates	-3.692	-0.52	0.000*
			TRX	-2.600	-0.37	0.009*
	Bosu	43 (33.50-66.50)	Sabit	-1.219	-	0.223
			Pilates	-2.956	-0.42	0.003*
			TRX	-1.442	-	0.149
	Pilates Topu	50 (38-74.50)	Sabit	-3.692	-0.52	0.000*
			Bosu	-2.956	-0.42	0.003*
			TRX	-1.960	-	0.050
	TRX	45 (37.50-72.50)	Sabit	-2.600	-0.37	0.009*
			Bosu	-1.442	-	0.149
				Pilates	-1.960	-

\*  $p < 0.05$

Tablo 14 incelendiğinde, BSS egzersizinde VL kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 43 (33.50-59.50), BOSU 'da 43 (33.50-66.50), pilates topunda 50 (38-74.50) ve TRX'de 45 (37.50-72.50) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında, sabit zemin ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu

( $p < 0.05$ ) ve bu farkın büyük etki büyüklüğünde ( $r = 0.52$ ) olduğu saptanmıştır. Sabit zemin ile TRX arasında TRX lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.37$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.42$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 15.

*BSS egzersizinde VM kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
VM	Sabit	51 (38.50-68)	Bosu	-0.320	-	0.749
			Pilates	-2.815	-0.40	0.005*
			TRX	-1.872	-	0.061
	Bosu	49 (40-68)	Sabit	-0.320	-	0.749
			Pilates	-3.058	-0.43	0.002*
			TRX	-1.919	-	0.055
	Pilates Topu	55 (44-86.50)	Sabit	-2.815	-0.40	0.005*
			Bosu	-3.058	-0.43	0.002*
			TRX	-1.058	-	0.290
	TRX	53 (42-65.50)	Sabit	-1.872	-	0.061
			Bosu	-1.919	-	0.055
			Pilates	-1.058	-	0.290

\*  $p < 0.05$

Tablo 15 incelendiğinde, BSS egzersizinde VM kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 51 (38.50-68), BOSU 'da 49 (40-68), pilates topunda 55 (44-86.50) ve TRX'de 53 (42-65.50) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında, sabit zemin ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu

( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.40$ ) olduğu saptanmıştır. BOSU ile pilates topu arasında pilates topu lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.43$ ) olduğu saptanmıştır.

Tablo 16.

*BSS egzersizinde GM kasının farklı zeminlere göre aktivasyonlarının karşılaştırılması*

Kas	Zemin	Medyan (Q1- Q3)	Karşılaştırılan zemin	Z	r	p
GM	Sabit	15 (13.50-20)	Bosu	-2,255	-0.32	0.024*
			Pilates	-0,805	-	0.421
			TRX	-0,549	-	0.583
	Bosu	17 (12.50-24)	Sabit	-2,255	-0.32	0.024*
			Pilates	-1,178	-	0.239
			TRX	-1,157	-	0.247
	Pilates Topu	18 (13-20.50)	Sabit	-0,805	-	0.421
			Bosu	-1,178	-	0.239
			TRX	-0,038	-	0.970
	TRX	17 (14-20)	Sabit	-0,549	-	0.583
			Bosu	-1,157	-	0.247
			Pilates	-0,038	-	0.970

\*  $p < 0.05$

Tablo 16 incelendiğinde, BSS egzersizinde GM kası aktivasyonunun medyan değerleri sabit zeminde 15 (13.50-20), BOSU 'da 17 (12.50-24), pilates topunda 18 (13-20.50) ve TRX'de 17 (14-20) olarak tespit edilmiştir. Zeminler arası aktivasyon medyan değerleri karşılaştırmalarında, sabit zemin ile BOSU arasında BOSU lehine anlamlı fark olduğu ( $p < 0.05$ ) ve bu farkın orta etki büyüklüğünde ( $r = 0.32$ ) olduğu saptanmıştır.

## 5. Bölüm

### Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmanın birinci amacı, sabit olmayan zeminlerde uygulanan egzersizler sırasındaki kas aktivasyonunu sabit zeminde uygulanan egzersiz sırasındaki kas aktivasyonlarıyla karşılaştırmaktır. İkinci amacı ise farklı zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırarak hedef kas için en çok aktivasyonu sağlayan zemini belirleyebilmektir.

#### 5.1 Şınav Egzersizi Sırasında Farklı Zeminlere Göre Kas Aktivasyonlarının Karşılaştırılması

Şınav hareketinde PM, AD ve TB kasları hedef kaslar olarak belirlendi. Bu çalışmada üç kas, şınav sırasında glenohumeral ve humeroulnar eklem hareketindeki özel rolleri nedeniyle seçildi. PM, humerusun iç rotasyonu ile birlikte yatay ve diyagonal adduksiyondan sorumlu tek eklemlili bir kastır. PM'nin çeşitli lifleri (yani klaviküler kafa) humerus fleksiyonundan da sorumludur, sternokostal kısım ise humerus ekstansiyonu sağlar (Floyd & Thompson, 2009). Tüm deltoid, şınav sırasında çoklu roller sağlarken, AD öncelikle ön liflerden farklı olan humerus fleksiyonunun rolü için seçilmiştir (Floyd & Thompson, 2009). AD ayrıca humerusun iç rotasyonu ile birlikte yatay ve diyagonal adduksiyon sağlar (Floyd & Thompson, 2009). Ek olarak, TB, şınav sırasında birincil eşmerkezli dirsek genişleticidir (Floyd & Thompson, 2009).

**5.1.1.PM Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, pilates topunda ve TRX'te sabit zemine göre anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu tespit edilirken, sabit zemin ile BOSU'nun karşılaştırılmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında pilates topu ve TRX'teki kas aktivasyonu BOSU

'ya göre anlamlı düzeyde daha fazla çıkarken, pilates topu ile TRX'teki aktivasyon karşılaştırılmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama TRX>Pilates Topu>Bosu>Sabit zemin şeklindedir.

**5.1.2. AD Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, pilates topunda sabit zemine göre anlamlı düzeyde daha az kas aktivasyonu tespit edilirken, BOSU ve TRX ile sabit zemin karşılaştırılmasında anlamlı düzeyde bir fark saptanmamıştır. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında pilates topundaki kas aktivasyonu hem BOSU'ya göre hem de TRX'e göre anlamlı düzeyde daha az olurken, BOSU ve TRX arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama Sabit Zemin>TRX>BOSU>Pilates Topu şeklindedir.

**5.1.3. TB Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, sabit zeminde BOSU, Pilates Topu ve TRX'e göre anlamlı düzeyde daha az kas aktivasyonu meydana gelmiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında BOSU'daki kas aktivasyonu hem Pilates Topu'na hem de TRX'e göre anlamlı düzeyde daha az olurken, Pilates Topu ile TRX arasında Pilates Topu'nda anlamlı düzeyde daha az aktivasyon meydana gelmiştir. . Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama TRX>Pilates Topu>BOSU>Sabit Zemin şeklinde olmuştur.

Literatür incelendiğinde, çeşitli instabilite cihazlarında farklı egzersizler yapılırken seçilen kas sisteminin EMG aktivitesini inceleyen çok sayıda araştırma yer

almaktadır (Beach ve diğ., 2008; Freeman ve diğ., 2006; Anderson G.S, Gaetz M., Holzmann M. & Twist P., 2013; Nascimento ve diğ., 2017; de Araújo, R. C. ve diğ., 2020). Torres ve arkadaşlarının 2017 yılında BOSU ile sabit zeminde uygulanan şnav hareketindeki kas aktivasyonlarını incelediği çalışmada PM ve TB kaslarında anlamlı fark bulamazken, AD kasında anlamlı derecede BOSU'da kas aktivasyon azalması görülmüştür. Bizim çalışmamızda da PM ve AD kaslarında benzer sonuç bulunmuştur. Fakat TB kasında bizim çalışmamızda Torres ve arkadaşlarının (2017) çalışmasından farklı olarak BOSU'da sabit zemine göre anlamlı düzeyde kas aktivasyon artışı görülmüştür. Oluşan bu farkın egzersiz uygulama farklılıklarından olduğu varsayılmaktadır. Torres ve arkadaşları çalışmalarında katılımcılardan hem elleri hem de ayakları BOSU'nun üzerinde iken şnav hareketini yapmalarını isterken bizim çalışmamızda katılımcılar sadece eller BOSU'nun üzerinde, ayaklar yüksekliği BOSU'ya paralel olacak şekilde ayarlanmış sehpanın üzerinde iken hareketi gerçekleştirmişlerdir. Pilates topunun, kas aktivasyon artışı konusunda önemli bir cihaz olduğu gösterilmiştir (Beach ve diğ., 2008; Freeman ve diğ., 2006; Marshall & Murphy, 2005; Marshall & Murphy, 2006a; Marshall & Murphy, 2006b). Lehman ve arkadaşlarının 2006 yılında pilates topu üzerinde yapılan farklı şnavlardaki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığı çalışmada PM kasında anlamlı bir fark tespit edemezken TB kasında anlamlı bir kas aktivasyon artışı olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmadan farklı olarak bizim çalışmamızda PM kasında anlamlı bir aktivasyon artışı tespit edilmiştir. Oluşan bu farkın bizim çalışmamızda ayaklar pilates topu yüksekliğinde bir sehpaye konularak hareket yapılırken bu çalışmada ayakların yerde olması sonucu oluşan açı farkından kaynaklandığı düşünülmektedir. Snarr ve Esco'nun 2013 yılında 21 katılımcıyla TRX ile sabit zemini karşılaştırdığı çalışmada PM, AD, TB kaslarında sabit olmayan zeminde



daha fazla kas aktivasyonu olduğunu bulmuşlardır. Çalışmamızın bulguları PM ve TB kasında literatürdeki çalışmalarla benzerlik göstermektedir. AD kasında ise literatürün aksine bizim bulgularımızda sabit olmayan zeminde kasın aktivasyonu azalmaktadır. Böyle bir farkın şınav hareketinde PM kasının birincil hareket ettirici kas olarak görev alması, TB kasının hem dirseğin ana ekstansörü hem de omuz ekleminin stabilizatörlerinden birisi olması nedeniyle stabilitenin azalmasına ters orantılı olarak kas aktivasyonu artmaktadır. Stabilitate azalırken meydana gelen TB kasındaki aktivasyon artışının, görevlerinden biri omuz ekleminin stabilizasyonunu sağlamak olan AD kasına daha az yük bindiği ve bu durumda daha az kas aktivasyonuna neden olduğu varsayılmaktadır.

## **5.2 Plank Egzersizi Sırasında Farklı Zeminlere Göre Kas Aktivasyonlarının Karşılaştırılması**

Kor kasları global ve lokal birimler olarak tanımlanabilir (Faries & Greenwood, 2007). Bu birimler, kasın kor bölgesindeki ve bağlanma bölgelerindeki pozisyonuna göre birimlere ayrılır. Lokal birimler, hassas omurga yapılarını destekler ve global kaslar tarafından gerçekleştirilecek performans antrenmanı gibi daha güçlü eylemlerin yapılmasına da destek verir. Global kaslardaki kas aktivasyonunun ölçümü, yüzey yakınlıkları nedeniyle genellikle daha kolaydır. RA, EO ve ES dahil olmak üzere global kas sisteminin gelişmiş işlevi ve aktivasyonunun, stabiliteyi ve kas koordinasyonunu iyileştirdiği ve yaralanma riskini azalttığı gösterilmiştir (Cissik, 2002). Bu nedenle, bu çalışmada plank egzersizi sırasında anterior (RA), posterior (ES) ve lateral (EO) global kor kasları ölçüm için seçildi.

**5.2.1 RA Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, pilates topunda ve

TRX'te sabit zemine göre anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu tespit edilirken, sabit zemin ile BOSU'nun karşılaştırılmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında pilates topu ve TRX'teki kas aktivasyonu BOSU 'ya göre anlamlı düzeyde daha fazla çıkarken, pilates topu ile TRX'teki aktivasyon karşılaştırılmasında TRX'te anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu saptanmıştır. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama TRX>Pilates Topu>Bosu>Sabit Zemin şeklindedir.

**5.2.2 EO Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, sabit olmayan üç zeminde de sabit zemine göre anlamlı düzeyde kas aktivasyon artışı tespit edilmiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında, Pilates Topu ve TRX'teki kas aktivasyonu BOSU 'ya göre anlamlı düzeyde daha fazla çıkarken, pilates topu ile TRX'teki kas aktivasyonu karşılaştırılmasında TRX'te anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu saptanmıştır. Bulgulardan yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama TRX>Pilates Topu>Bosu>Sabit Zemin şeklindedir.

**5.2.3 ES Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, TRX'te sabit zemine göre anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu tespit edilirken, sabit zemin ile BOSU ve sabit zemin ile Pilates Topu'nun karşılaştırmalarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında, Pilates Topu ile TRX'teki kas aktivasyonu karşılaştırılmasında TRX'te anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu saptanırken, BOSU ile Pilates Topu ve BOSU ile TRX karşılaştırmalarında anlamlı bir

fark saptanmamıştır. Bulgulardan yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama TRX>Pilates Topu=Bosu>Sabit Zemin şeklindedir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, Atkins ve arkadaşlarının 2015 yılında sabit olmayan zeminlerin (Pilates Topu ve TRX) sabit zeminle karşılaştırmasını yaptığı çalışmada anterior ve lateral global kor bölgesi kaslarının sabit olmayan zeminlerde daha fazla aktivasyon oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada posterior bölgedeki kor kaslarının sabit zemin ya da sabit olmayan zemin fark etmeksizin oldukça az aktivasyon oluşturduğunu saptamışlardır (Atkins ve diğ., 2015). Bizim çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızın sonuçları, instabilite cihazlarının (örneğin, TRX ve Pilates topu) karın duvarını hedef almak için tasarlanmış geleneksel egzersizlere kıyasla RA, EO ve ES'de daha fazla EMG aktivitesi ortaya çıkardığını gösteren önceki araştırmalarla tutarlıdır (Beach T., Howarth SJ., Callaghan JP., 2008; Behm DG., Leonard A., Young, WB., Bonsey W ve MacKinnon, 2005; Duncan, 2009; Feldwieser, Sheeran ve Meana-Esteban, 2012; Lehman GJ., Hoda W. ve Oliver S., 2005; Marshall & Murphy, 2005; Snarr, Esco, 2014; Snarr, Esco, Witte, Jenkins ve Brannan, 2013; Vera-Garcia, Grenier ve McGill, 2000). Örneğin, Lehman ve arkadaşları (2005) yaptıkları çalışmada geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında, bir pilates topu üzerinde yapılan plank hareketinde daha fazla RA ve EO aktivitesi tespit etmişlerdir. Başka iki çalışmada da curl up hareketinde pilates topunda sabit zemine göre benzer şekilde daha fazla RA ve EO aktivitesi tespit edilmiştir (Duncan, 2009; Vera-Garcia, Grenier ve McGill, 2000). Behm ve arkadaşları (2005) yaptıkları çalışmada katılımcılara stabil olmayan zeminlerde çoklu gövde güçlendirme egzersizleri (side bridge, supermans, prone bridge vb.) yaptırıldılar ve

çalışmalarında sabit olmayan yüzeylerin karın duvarında ve ES bölgesinde EMG'yi artırdığını tespit ettiler. Benzer bir çalışmada, katılımcılar bir Pilates topuyla sırtüstü köprüler yaptıklarında sabit zemine göre RA, EO ve ES kas aktivasyonunun arttığı tespit edilmiştir (Feldwieser, Sheeran ve Meana-Esteban, 2012). Başka bir deyişle, ayakları veya kolları instabilite cihazının içine veya üzerine yerleştirmek, omurga stabilitesi için artan bir zorluğa neden olmaktadır (Marshall & Murphy, 2006). Kor kas sistemi, vertebral kolonun bütünlüğünü sağlamak ve izometrik kasılmalar sırasında aşırı rotasyonlara direnmek için hayati öneme sahiptir (Snarr, Esco, 2014). İnstabilite cihazlarıyla plank yapıldığında RA, EO ve ES'in artan EMG aktivasyon artışı, egzersiz sırasında omurgada gerçekleşen bozulmaları önlemek için daha fazla kor stabilizasyonu talebinden de kaynaklanabilir (Marshall & Murphy, 2006). Egzersizler yapılırken vücudun plank benzeri bir pozisyonda olduğu çoğu dinamik ve izometrik hareketlerde, geleneksel sırtüstü spinal fleksiyon hareketleriyle (örneğin; mekik) karşılaştırıldığında kor aktivasyonuna daha fazla ihtiyaç vardır (Snarr, Esco, 2014). Plank hareketinde sabit zemin ile TRX'in karşılaştırıldığı başka iki çalışmada, benzer sonuçlar tespit edilmiştir (Beach, Howarth, Callaghan, 2008; Snarr, Esco, Witte, Jenkins ve Brannan, 2013). Muhtemelen uygun omurga pozisyonunun korunması nedeniyle, plank benzeri pozisyonları (örneğin, şınav) içeren egzersizler dengesiz yüzeylerde yapıldığında, kor kas sisteminde (RA, EO ve ES) daha fazla aktivite görülmektedir (Beach, Howarth, Callaghan, 2008; Snarr, Esco, Witte, Jenkins ve Brannan, 2013).

Czaprowski ve arkadaşlarının 2014 yılında yapmış oldukları çalışmada çalışmamızdan farklı olarak EO kas aktivasyonunda sabit zemin ile BOSU arasında anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir (Czaprowski, Afeltowicz, Gębicka, Pawłowska, Kędra, Barrios ve Hadała, 2014). Çalışmamızdan farklı sonuç çıkmasının, Czaprowski ve

arkadaşlarının çalışmasında deneklerin BOSU'nun sert yüzeyinin zeminde olacak şekilde ve ayakların BOSU'nun yüksekliğine paralel olacak şekilde yükseltilmeden egzersizleri yapmalarının oluşturduğu açısal farktan kaynaklandığı varsayılmaktadır.

Bu çalışma sırasındaki bir başka bulgu, instabilite cihazları arasındaki önemli farklılıklardır. İnstabilite cihazlarında planklar yapılırken, sabit bir yüzeye kıyasla vücudu hizalı tutmak için sinerjistler ve stabilizasyon kaslarında bir aktivasyon artış olmalıdır. Ancak bu 3 cihazın tasarımları arasında farklılıklar bulunmaktadır. BOSU'nun bir tarafının sabit olması Pilates topuna ve TRX'e göre instabilite oranı azdır. Pilates topu tek bir birim olarak çalışır, oysa TRX cihazı farklı yönlerde hareket edebilen 2 bağımsız koldan oluşur. Bu yapısal farklar nedeniyle TRX cihazı ile katılımcıların üst gövdesinin hareket edebildiği daha az serbestlik dereceleri vardır, bu da spinal harekete direnmek için RA kontraksiyonuna daha fazla dikkat edilmesine neden olur (Snarr, Esco, 2014).

### **5.3 Glute Bridge Egzersizi Sırasında Farklı Zeminlere Göre Kas Aktivasyonlarının Karşılaştırılması**

Glute bridge hareketinde hamstring kas grubundan BF, ST kasları ve GM kası ölçüm için seçilmiştir. Glute bridge egzersizi kalçaya ekstansiyon yaptırılarak tamamlanan bir harekettir ve kalçaya ekstansiyon hareketinin ana kasları GM ve hamstring grubu kaslarıdır. Bu sebeple, çalışmamızda kaslar tercih edilmiştir.

**5.3.1.BF Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, sabit olmayan üç zeminde de sabit zemine göre anlamlı düzeyde kas aktivasyon artışı tespit edilmiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında Pilates Topu ve TRX'teki kas aktivasyonu BOSU 'ya göre anlamlı düzeyde daha fazla çıkarken, pilates topu ile TRX'teki kas aktivasyonu karşılaştırılmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Çalışma

bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama Pilates topu > TRX > BOSU > Sabit zemin şeklindedir.

**5.3.2.ST Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, sabit olmayan üç zeminde de sabit zemine göre anlamlı düzeyde kas aktivasyon artışı tespit edilmiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında Pilates Topu ve TRX'teki kas aktivasyonu BOSU 'ya göre anlamlı düzeyde daha fazla çıkarken, pilates topu ile TRX'teki kas aktivasyonu karşılaştırılmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama Pilates topu > TRX > BOSU > Sabit zemin şeklindedir.

**5.3.3. GM Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, yalnızca TRX'te sabit zemine göre anlamlı düzeyde daha az kas aktivasyonu olmuştur. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında TRX'te diğer iki sabit olmayan zemine göre daha az kas aktivasyonu olmuştur. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama Sabit zemin > Pilates topu > BOSU > TRX şeklindedir.

Çalışmamızdan elde edilen bulguları daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırdığımızda kısmen benzerlik göstermektedir. Youdas ve arkadaşlarının 2015 yılında yapmış oldukları çalışmada glute bridge hareketinde sabit zeminle sabit olmayan zemini (Pilates Topu) karşılaştırmışlar ve GM kasında zeminler arasında anlamlı fark bulamazken hamstring kas grubunda sabit olmayan zeminde daha fazla kas aktivasyonu

tespit etmişlerdir. Youdas ve arkadaşlarının çalışmasının bulguları bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir. Hamstring kas grubu kalça ekleminin dinamik stabilizatörlerinden olması nedeniyle egzersiz ortamındaki instabilite artışıyla birlikte vücudu dengede tutmaya çalışan BF ve ST kaslarında da kas aktivasyonunun arttığını düşünmekteyiz. GM kası aktivasyonu diğer zeminlere göre TRX'te anlamlı bir düşüş yaşamaktadır. Bunun nedeni olarak, TRX'te ayakların topukları kayışların tutamaklarına yerleştirildiği için ayaklar diğer zeminlere göre daha dik konumlanırken, diğer zeminlerde ayak tabanları zemine temas etmektedir (bkz. Şekil 6). Bu açısal farklılıktan dolayı TRX'te GM kas aktivasyonunda düşüş olduğunu düşünmekteyiz.

#### **5.4 Bulgarian Split Squat Egzersizi Sırasında Farklı Zeminlere Göre Kas Aktivasyonlarının Karşılaştırılması**

Güç ve kondisyonda son trendler, çok yönlü spor becerilerinin etkinliğini artırmak için fonksiyonel egzersizlerin kullanımını desteklemektedir, bu da direnç antrenmanının kalitesini artırmaktadır. Bu beceriler, kinetik zincirin kontrolünü sürdürürken lokomotor, manipülatif ve stabilite eylemlerini içerir. Bu hareketlerin çoğu, önemli bir ön-arka, yanal rotasyonel kuvvet vektörü uygulaması ile farklı teknikler kullanarak tek taraflı çok yönlü atlama, yön değiştirme ve sprint hareketlerini içerir. Bu nedenle, Bulgarian Split Squat gibi tek bacak egzersizleri, sıçrama, sprint, yön değiştirme vb. antrenmanlarının önemli bir parçası olmuştur. Bulgarian Split Squat hareketinde en çok quadriceps, hamstring ve kalça kaslarının aktif olduğu bilinmektedir (Appleby, Cormack ve Newton, 2019). Bu nedenle, bu çalışmada BF, ST, RF, VL, VM, GM kasları ölçüm için seçildi.

**5.4.1. BF Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, BOSU'da sabit zemine

göre anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu tespit edilirken, sabit zemin ile Pilates Topu ve TRX'in karşılaştırılmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında üç zeminde de anlamlı düzeyde farklı kas aktivasyonu saptanmamıştır. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama BOSU>Pilates Topu>TRX>Sabit zemin şeklindedir.

**5.4.2. ST Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, BOSU'da sabit zemine göre anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu tespit edilirken, sabit zemin ile Pilates Topu ve TRX'in karşılaştırılmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında, BOSU ile Pilates topundaki kas aktivasyonu karşılaştırılmasında BOSU'da anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu saptanırken, BOSU ile TRX karşılaştırmalarında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Pilates topu ile TRX karşılaştırılmasında TRX'te anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu saptanmıştır. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama TRX>BOSU>Sabit Zemin> Pilates topu şeklindedir.

**5.4.3. RF Kasının Aktivasyonunun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, Pilates topunda sabit zemine göre anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu tespit edilirken, sabit zemin ile BOSU ve TRX'in karşılaştırılmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında, BOSU ile Pilates topu ve TRX'teki kas aktivasyonu karşılaştırılmasında Pilates topu ve TRX'te anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu saptanırken, Pilates topu ve TRX karşılaştırmalarında pilates topunda anlamlı düzeyde



daha fazla kas aktivasyonu görülmüştür. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama Pilates topu > Sabit Zemin > TRX > BOSU şeklindedir.

**5.4.4. VL Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, Pilates topunda ve TRX'te sabit zemine göre anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu tespit edilirken, sabit zemin ile BOSU'nun karşılaştırılmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında, BOSU ile Pilates topu ve TRX'teki kas aktivasyonu karşılaştırılmasında Pilates topu ve TRX'te anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu saptanırken, Pilates topu ile TRX karşılaştırmasında anlamlı fark tespit edilmemiştir. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama Pilates topu > TRX > BOSU > Sabit zemin şeklindedir.

**5.4.5. VM Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, Pilates topunda sabit zemine göre anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu tespit edilirken, sabit zemin ile BOSU ve TRX karşılaştırmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında, BOSU ile Pilates topu karşılaştırmasında Pilates topunda anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu saptanırken, TRX ile BOSU ve Pilates topu karşılaştırmasında anlamlı fark tespit edilmemiştir. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama Pilates topu > TRX > Sabit zemin > BOSU şeklindedir.

**5.4.6. GM Kasının Aktivasyonun Karşılaştırılması.** Sabit zemin ile sabit olmayan zeminlerdeki kas aktivasyonlarını karşılaştırdığımızda, BOSU'da sabit zemine

göre anlamlı düzeyde daha fazla kas aktivasyonu tespit edilirken, sabit zemin ile Pilates topu ve TRX karşılaştırmasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sabit olmayan zeminlerin karşılaştırılmasında, üç zemin arasında da anlamlı bir fark saptanmamıştır. Çalışma bulgularından yola çıkarak zeminleri, en çok kas aktivasyonundan en az kas aktivasyonuna doğru sıraladığımızda sıralama BOSU> Pilates topu > TRX > Sabit zemin şeklindedir.

Çalışmamız bulgularından yola çıkarak, Bulgarian Split Squat egzersizi sırasında zeminden bağımsız olarak kalça ve hamstring kas grupları, quadriceps kas grubuna göre oldukça az kasılmaktadır. Bu bulgumuz da Bulgarian Split Squat vb. tek bacakla uygulanan egzersizlerin quadriceps temelli bir egzersiz olduğunu söyleyen çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Andersen ve diğ., 2014; DeFores, Cantrell, Schilling, 2014; Farrokhi, Pollard, Souza, Chen, Reischl, Powers, 2008; Escamilla ve diğ., 2010; Bouillon, Michael, Andrew, Milligan ve Obrock, 2019). Zeminleri karşılaştırdığımızda BF kasında yalnızca BOSU ile sabit zemin arasında BOSU’da daha fazla aktivasyon tespit edilmiştir. Oluşan bu farkın BOSU’nun sabit zemindeki sehpa göre daha alçak olması ile oluşan açısal farktan kaynaklandığı varsayılmaktadır. Aguilera-Castells ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada (2019) TRX ile sabit zemin karşılaştırmasında BF kas aktivasyonunda anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir. Bizim çalışmamızın bulguları da bu çalışmanın bulgularıyla paralellik göstermektedir. Krause ve arkadaşlarının 2018 yılında “lunge” hareketinde TRX ve sabit zemini karşılaştırdıkları çalışmada bizim çalışmamızdan farklı olarak hamstring kas grubunda TRX’te daha fazla kas aktivasyonu olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuçlardaki bu farkın, Krause ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada uygulanan hareketin farklı olması ve sabit zeminde destek ayağının dizde 90<sup>0</sup>’lik fleksiyon yapacak kadar yükseltilmemiş

olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. ST kasında zeminlere göre kas aktivasyonlarına baktığımızda BOSU’da sabit zemine göre bir artış söz konusu iken diğer zeminlerde sabit zemine göre anlamlı fark görülmemiştir. BOSU’da oluşan bu farkın destek ayağının hizasının BOSU’da diğer zeminlere göre daha aşağıda olmasının oluşturduğu açısız farktan kaynaklandığı varsayılmaktadır. ST kasında pilates topunda hem BOSU’ya göre hem de TRX’e göre daha az aktivasyon oluşmuştur. Bunun nedeni olarak Pilates topunun yapısı gereği yuvarlanma eğiliminde olması ve katılımcıların dengede durmak için daha fazla quadriceps kas grubunu devreye sokması sonucu ST kasına duyulan ihtiyacın azalması olduğunu düşünmekteyiz. Literatüre baktığımızda hamstring grubuyla yapılan çalışmalarda hamstring kas grubunda zeminden bağımsız olarak oldukça az kas aktivasyonları saptayan çalışmalar bulunurken ST kasını özel olarak sabit olmayan zeminlerde inceleyen yeterli çalışma yoktur. RF kasının aktivasyonunu zeminlere göre kıyasladığımızda BOSU’da sabit zemine göre anlamlı bir fark yok iken, TRX’te BOSU’ya göre, pilates topunda da diğer zeminlere göre anlamlı bir artış görülür. Literatüre bakıldığında, daha önce yapılan çalışmalarda TRX ile sabit zemin karşılaştırılmış ve bizim çalışmamızda olduğu gibi sabit zemin ile TRX arasında anlamlı bir kas aktivasyon farkı tespit edilmemiştir (Andersen ve diğ., 2014; Krause ve diğ., 2018). RF kası diğer quadriceps kas grubu kaslarına göre Bulgarian Split Squat hareketinde daha az kasılmaktadır. Bunun nedeni olarak, RF kasının Bulgarian Split Squat hareketinde, sabit zeminde ve TRX’te kalça ve pelvisin abduksiyon, adduksiyon ve rotasyonel hareketlerini stabilize etmek yerine kalça fleksiyon ve diz ekstansiyon hareketlerinin kontrolünü sağlamak olmasıdır (Krause ve diğ., 2018). BOSU’da diğer zeminlere göre daha az aktivasyon olmasının nedeni BOSU’da destek ayağının diğer zeminlere göre daha alçakta olmasından dolayı oluşan açısız farktan kaynaklandığını

düşünmekteyiz. RF kası en fazla Pilates topunda aktivasyon ortaya çıkarmıştır. Bunun nedeni, pilates topu yapı olarak diğer zeminlere göre daha hareketli olmasından dolayı RF kası hareket sırasında hem kalça fleksiyon ve diz ekstansiyon hareketlerinin kontrolünü sağlama hem de kalça ve pelvisin abduksiyon, adduksiyon ve rotasyonel hareketlerini stabilize etme görevlerini yerine getirdiği için daha fazla aktivasyona ihtiyaç duymaktadır. VL ve VM kaslarına baktığımızda BOSU ile sabit zemin arasında aktivasyon değerlerinde anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Fakat hem VL’de hem de VM’de pilates topu ile BOSU ve sabit zemin arasındaki karşılaştırmalarda pilates topunda daha yüksek kas aktivasyonu tespit edilmiştir. TRX’te VL kasında sabit zemine göre daha fazla aktivasyon görülürken diğer zeminlerle anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. VL ve VM kasları Bulgarian Split Squat hareketinin iniş fazında eksantrik kasılırken dizin fleksiyonuna, çıkış fazında konsantrik kasılarak dizin ekstansiyonuna yardımcı olur. Bu görevin yanında dizin stabilizasyonunda da önemli rol almaktadır (Bouillon ve diğ., 2019). Bu yüzden destek ayağı da olsa instabilite arttıkça stabilizör kaslar olan VL ve VM kasları hareket sırasında daha fazla kasılmaktadır. Literatürde VL ve VM kaslarını instabil platformlarda inceleyen çalışmalara bakıldığında bizim bulgularımızdan farklı olarak sabit olmayan yüzeylerde daha az kas aktivasyonu olduğunu tespit etmişlerdir (Saeterbakken ve Fimland, 2013; McBride, Cormie ve Deane, 2006). Bu farkın, daha önce yapılan çalışmalarda bizim çalışmamızdan farklı hareket uygulanmasından (Squat) ve instabilite platformlarına uygulama ayağının ya da her iki ayağın birden konularak hareketin uygulanmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. GM kasına baktığımızda BOSU’da sabit zemine göre anlamlı düzeyde kas aktivasyonu artarken diğer zeminlerde anlamlı fark bulunmamıştır. BOSU’daki bu farkın destek ayağının BOSU’da daha alçakta olması sonucu oluşan açı farklılığından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Literatüre

bakıldığında GM kasının farklı zeminlerdeki aktivasyonunu ölçen çok az çalışma vardır. Bunlardan birisi Krause ve arkadaşlarının 2018 yılında yapmış olduğu çalışmadır. Krause ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada deneklere sabit zeminde ve TRX'te "lunge" hareketi yaptırarak kas aktivasyonlarını takip etmişlerdir. Çalışmalarında GM kası bulgularında bizim çalışmamızdan farklı olarak TRX'te daha fazla kas aktivasyonu olduğu sonucuna varılmıştır. Oluşan bu farkın, bizim çalışmamızda katılımcılardan sabit zeminde destek ayaklarını dizden 90<sup>0</sup>'lik fleksiyon yapacak kadar yükseklikteki sehpa koyarak oldukları yerde hareketi yapmalarını istenirken, Krause ve arkadaşlarının çalışmasında katılımcılar destek ayağı zeminde olacak şekilde öne doğru hamle (lunge) hareketini yapmışlardır. Hareketin ve yapılış açılarının farklı olması sonucu bizim çalışmamızda GM kasının aktivasyonunda daha farklı sonuç ortaya çıktığını düşünmekteyiz.

Çalışmamızda, sınav hareketinde PM ve TB kaslarında sabit olmayan zeminlerde aktivasyon artışı görülürken, AD kasında instabilite artışıyla kas aktivasyonu azalmaktadır. PM ve TB'yi geliştirmek amacıyla yapılan sınav egzersizinde optimal faydayı sağlamak amacıyla egzersizin TRX'te uygulanması en doğru tercih olabilirken, AD kası için en doğru tercihin sabit zeminde uygulanması olabilir.

Plank hareketinde zeminlerden bağımsız olarak RA ve EO kaslarının aktivasyonu ES kasına göre oldukça fazladır. RA ve EO kaslarını geliştirmek için yapılan plank egzersizinde optimal faydayı sağlamak amacıyla egzersizin TRX'te uygulanması en doğru tercih olabilirken, ES kası için plank egzersizi uygulanması zemin fark etmeksizin oldukça düşük aktivasyon üretmesi nedeniyle tavsiye edilmemektedir.

Glute Bridge hareketinde BF ve ST kaslarında instabilitenin artışıyla doğru orantılı olarak sabit olmayan zeminlerde aktivasyon artışı görülürken, GM kasında

TRX'te anlamlı düzeyde aktivasyon düşüşü yaşanmaktadır. BF ve ST kaslarını geliştirmek için yapılan Glute Bridge egzersizinde optimal faydayı sağlamak amacıyla egzersizin TRX veya Pilates topunda uygulanması en doğru tercih olabilirken, GM kası için TRX tercih edilmemelidir.

Bulgarian Split Squat hareketinde zeminlerden bağımsız olarak BF, ST ve GM kasları oldukça düşük kas aktivasyonu üretirken, RF kası orta düzeyde, VL ve VM kasları da yüksek bir kas aktivasyonu üretmektedir. Hamstring kas grubu ve kalça kaslarında zeminler arası anlamlı farklar oluşsa da düşük kas aktivasyonu olması nedeniyle bu kasları geliştirmeye yönelik antrenmanlarda bu hareketi tavsiye etmiyoruz. Bu sonuçlardan yola çıkarak Bulgarian Split Squat hareketinin quadriceps kas grubunu geliştirmeye yönelik antrenmanlarda kullanılmasını tavsiye etmekteyiz. Quadriceps kas grubu için Bulgarian Split Squat hareketinin Pilates topunda uygulanması diğer zeminlere göre daha fazla fayda sağlayabilir.

Gelecek planlanan çalışmalarda;

- Hareketlerin iniş ve çıkış fazları ayrı ayrı değerlendirilebilir,
- Çalışmamızda kullanılan instabilite cihazlarından başka cihazlarda başka bölgelere yönelik kasların ölçümleri yapılabilir,
- Farklı egzersizler vücut ağırlığıyla veya belirli ek ağırlıklarla uygulanarak ölçümler yapılabilir.

### **5.5 Sonuç.**

Egzersizler sırasında instabilitenin artışıyla bazı kaslarda aktivasyon artışı görölse de bazı kaslarda instabilitenin artışıyla farklılık görünmezken bazı kasların aktivasyonlarında da gerileme görölmüştür. Bu yüzden, antrenör ve sporcuların geliştirmeyi planlandıkları kasa göre zemin ve hareketleri seçmeleri optimal gelişim için önemli olacaktır.

## 6. Bölüm

### Kaynakça

- Aguilera-Castells, J., Buscà, B., Morales, J., Solana-Tramunt, M., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Rey-Abella, F., ... & Peña, J. (2019). Muscle activity of Bulgarian squat. Effects of additional vibration, suspension and unstable surface. *PloS one*, *14*(8), e0221710.
- Andersen, V., Fimland, M. S., Brennstet, Ø., Haslestad, L. R., Lundteigen, M. S., Skalleberg, K., & Saeterbakken, A. H. (2014). Muscle activation and strength in squat and Bulgarian squat on stable and unstable surface. *International journal of sports medicine*, *35*(14), 1196-1202.
- Anderson, G. S., Gaetz, M., Holzmann, M., & Twist, P. (2013). Comparison of EMG activity during stable and unstable push-up protocols. *European Journal of Sport Science*, *13*(1), 42-48.
- Anderson, G. S., Gaetz, M., Holzmann, M., & Twist, P. (2013). Comparison of EMG activity during stable and unstable push-up protocols. *European Journal of Sport Science*, *13*(1), 42-48.
- Anderson, K. G., & Behm, D. G. (2004). Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(3), 637-640.
- Anderson, K., & Behm, D. G. (2005). The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports medicine*, *35*(1), 43-53.
- Anderson, K., & Behm, D. G. (2005). Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. *Canadian journal of applied physiology*, *30*(1), 33-45.
- Appleby, B. B., Cormack, S. J., & Newton, R. U. (2019). Specificity and transfer of lower-body strength: influence of bilateral or unilateral lower-body resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *33*(2), 318-326.



- Atkins, S. J., Bentley, I., Brooks, D., Burrows, M. P., Hurst, H. T., & Sinclair, J. K. (2015). Electromyographic response of global abdominal stabilizers in response to stable-and unstable-base isometric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1609-1615.
- Barrett, K. E. (2019). Ganong's review of medical physiology.
- Beach, T. A., Howarth, S. J., & Callaghan, J. P. (2008). Muscular contribution to low-back loading and stiffness during standard and suspended push-ups. *Human Movement Science*, 27(3), 457-472.
- Behm, D. G., & Anderson, K. G. (2006). The role of instability with resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 716.
- Behm, D. G., Anderson, K., & Curnew, R. S. (2002). Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(3), 416-422.
- Behm, D. G., Leonard, A. M., Young, W. B., Bonsey, W. A. C., & MacKinnon, S. N. (2005). Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *J Strength Cond Res*, 19(1), 193-201.
- Behm, D. G., Leonard, A. M., Young, W. B., Bonsey, W. A. C., & MacKinnon, S. N. (2005). Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *J Strength Cond Res*, 19(1), 193-201.
- Bettendorf, B. (2010). TRX suspension training bodyweight exercises: scientific foundations and practical applications. *San Francisco: Fitness Anywhere Inc.*
- Bouillon, L. E., Hofener, M., O'Donnell, A., Milligan, A., & Obrock, C. (2019). Comparison of Muscle Activity Using Unstable Devices During a Forward Lunge. *Journal of sport rehabilitation*, 29(4), 394-399.

- Calatayud, J., Borreani, S., Colado, J. C., Martín, F. F., Rogers, M. E., Behm, D. G., & Andersen, L. L. (2014). Muscle activation during push-ups with different suspension training systems. *Journal of sports science & medicine*, 13(3), 502.
- Cissik, J. M. (2002). Programming abdominal training, Part I. *Strength & Conditioning Journal*, 24(1), 9-15.
- Czaprowski, D., Afeltowicz, A., Gębicka, A., Pawłowska, P., Kędra, A., Barrios, C., & Hadała, M. (2014). Abdominal muscle EMG-activity during bridge exercises on stable and unstable surfaces. *Physical therapy in sport*, 15(3), 162-168.
- Czaprowski, D., Afeltowicz, A., Gębicka, A., Pawłowska, P., Kędra, A., Barrios, C., & Hadała, M. (2014). Abdominal muscle EMG-activity during bridge exercises on stable and unstable surfaces. *Physical therapy in sport*, 15(3), 162-168.
- Dawes, J. (2017). *Complete Guide to TRX Suspension Training*. Human Kinetics.
- de Araújo, R. C., Nascimento, V. Y. S., Torres, R. J. B., Trombini-Souza, F., Behm, D., & Pitangui, A. C. R. (2020). Can the use of unstable surfaces and instruction for conscious abdominal contraction increase the EMG activity of the periscapular muscles during the dynamic push-up?. *Journal of sport rehabilitation*, 29(2), 225-230.
- De Oliveira, A. S., de Moraes Carvalho, M., & de Brum, D. P. C. (2008). Activation of the shoulder and arm muscles during axial load exercises on a stable base of support and on a medicine ball. *Journal of electromyography and kinesiology*, 18(3), 472-479.
- DeFOREST, B. A., Cantrell, G. S., & Schilling, B. K. (2014). Muscle activity in single-vs. double-leg squats. *International journal of exercise science*, 7(4), 302.
- Diószeghy, P. (2002). Scanning electromyography. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 25(S11), S66-S71.

- Drinkwater, E. J., Pritchett, E. J., & Behm, D. G. (2007). Effect of instability and resistance on unintentional squat-lifting kinetics. *International journal of sports physiology and performance*, 2(4), 400-413.
- Duncan, M. (2009). Muscle activity of the upper and lower rectus abdominis during exercises performed on and off a Swiss ball. *Journal of bodywork and movement therapies*, 13(4), 364-367.
- Escamilla, R. F., Lewis, C., Bell, D., Bramblet, G., Daffron, J., Lambert, S., ... & Andrews, J. R. (2010). Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40(5), 265-276.
- Escamilla, R. F., Lewis, C., Pecoson, A., Imamura, R., & Andrews, J. R. (2016). Muscle activation among supine, prone, and side position exercises with and without a Swiss ball. *Sports health*, 8(4), 372-379.
- Faries, M. D., & Greenwood, M. (2007). Core training: stabilizing the confusion. *Strength and conditioning journal*, 29(2), 10.
- Farrokhi, S., Pollard, C. D., Souza, R. B., Chen, Y. J., Reischl, S., & Powers, C. M. (2008). Trunk position influences the kinematics, kinetics, and muscle activity of the lead lower extremity during the forward lunge exercise. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 38(7), 403-409.
- Feldwieser, F. M., Sheeran, L., Meana-Esteban, A., & Sparkes, V. (2012). Electromyographic analysis of trunk-muscle activity during stable, unstable and unilateral bridging exercises in healthy individuals. *European Spine Journal*, 21(2), 171-186.
- Floyd, R. T., & Thompson, C. W. (2009). *Manual of structural kinesiology* (Vol. 16). New York, NY: McGraw-Hill.

- Freeman, S., Karpowicz, A., Gray, J., & McGill, S. (2006). Quantifying muscle patterns and spine load during various forms of the push-up. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(3), 570-577.
- Hall, S. J. (2015). *Basic biomechanics*. McGraw-Hill Education.
- Hoehn, K., & Marieb, E. N. (2010). *Human anatomy & physiology* (p. 1159). San Francisco, CA: Benjamin Cummings.
- Hoppeler, H., Baum, O., Lurman, G., & Mueller, M. (2011). Molecular mechanisms of muscle plasticity with exercise. *Comprehensive Physiology*, 1(3), 1383-1412.
- Imai, A., Kaneoka, K., Okubo, Y., Shiina, I., Tatsumura, M., Izumi, S., & Shiraki, H. (2010). Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40(6), 369-375.
- John, H. A., & Guyton, J. H. (2013). *Textbook of Medical Physiology*.
- Kande, E. R., Koester, J. D., Mack, S. H., & Siegelbaum, S. A. (Eds.). (2021). *Principles of neural science*. McGraw-Hill Education LLC..
- Kimura, J. (2013). *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice*.
- Kohler, J. M., Flanagan, S. P., & Whiting, W. C. (2010). Muscle activation patterns while lifting stable and unstable loads on stable and unstable surfaces. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 313-321.
- Krause, D. A., Elliott, J. J., Fraboni, D. F., McWilliams, T. J., Rebhan, R. L., & Hollman, J. H. (2018). Electromyography of the hip and thigh muscles during two variations of the lunge exercise: A cross-sectional study. *International journal of sports physical therapy*, 13(2), 137.

- Lawrence, M. A., & Carlson, L. A. (2015). Effects of an unstable load on force and muscle activation during a parallel back squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2949-2953.
- Lehman, G. J., Hoda, W., & Oliver, S. (2005). Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swissball. *Chiropractic & osteopathy*, 13(1), 1-8.
- Lehman, G. J., MacMillan, B., MacIntyre, I., Chivers, M., & Fluter, M. (2006). Shoulder muscle EMG activity during push up variations on and off a Swiss ball. *Dynamic Medicine*, 5(1), 1-7.
- Loeb, G. E. (2013). Estimating point of contact, force and torque in a biomimetic tactile sensor with deformable skin.
- MacIntosh, B. R., Gardiner, P. F., & McComas, A. J. (2006). *Skeletal muscle: form and function*. Human kinetics.
- Marshall, P. W., & Murphy, B. (2006a). Increased deltoid and abdominal muscle activity during Swiss ball bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 745-750.
- Marshall, P. W., & Murphy, B. A. (2005). Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86(2), 242-249.
- Marshall, P., & Murphy, B. (2006b). Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on a swiss ball. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 31(4), 376-383.
- McBride, J. M., Cormie, P., & Deane, R. (2006). Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 915.

- Moritani, T. D. R. R., Stegeman, D., & Merletti, R. (2004). Basic physiology and biophysics of EMG signal generation. *Electromyography Physiology Engineering and Noninvasive Applications*, 1-20.
- Nascimento, V. Y. S., Torres, R. J. B., Beltrão, N. B., Dos Santos, P. S., Pirauá, A. L. T., de Oliveira, V. M. A., ... & de Araújo, R. C. (2017). Shoulder muscle activation levels during exercises with axial and rotational load on stable and unstable surfaces. *Journal of applied biomechanics*, 33(2), 118-123.
- Norwood, J. T., Anderson, G. S., Gaetz, M. B., & Twist, P. W. (2007). Electromyographic activity of the trunk stabilizers during stable and unstable bench press. *Journal of Strength and conditioning Research*, 21(2), 343.
- Oh, S. J. (2003). *Clinical electromyography: nerve conduction studies*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Park, S. Y., & Yoo, W. G. (2011). Differential activation of parts of the serratus anterior muscle during push-up variations on stable and unstable bases of support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(5), 861-867.
- Preston, D. C., & Shapiro, B. E. (2020). *Electromyography and Neuromuscular Disorders E-Book: Clinical-Electrophysiologic-Ultrasound Correlations*. Elsevier Health Sciences.
- Raff, H., Strang, K. T., & Vander, A. J. (2014). *Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function*. McGraw-Hill.
- Robert Martin, A., Brown, D. A., Diamond, M. E., Antonino, C., & De-Miguel, F. F. (2020). *From Neuron to Brain*.
- Saç, A. (2016). Q açısının diz izokinetik kas kuvveti ile kas aktivasyonuna etkisi.

- Saeterbakken, A. H., Andersen, V., Behm, D. G., Krohn-Hansen, E. K., Smaamo, M., & Fimland, M. S. (2016). Resistance-training exercises with different stability requirements: time course of task specificity. *European journal of applied physiology, 116*(11), 2247-2256.
- Saeterbakken, A. H., Andersen, V., Jansson, J., Kvellestad, A. C., & Fimland, M. S. (2014). Effects of BOSU ball (s) during sit-ups with body weight and added resistance on core muscle activation. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 28*(12), 3515-3522.
- Saladin, K. S., McFarland, R., & Sullivan, S. J. (2014). *Essentials of Anatomy & Physiology*. McGraw-Hill Education.
- Sandhu, J. S., Mahajan, S., & Shenoy, S. (2008). An electromyographic analysis of shoulder muscle activation during push-up variations on stable and labile surfaces. *International journal of shoulder surgery, 2*(2), 30.
- Snarr, R. L., & Esco, M. R. (2013). Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups. *Journal of human kinetics, 39*, 75.
- Snarr, R. L., & Esco, M. R. (2014). Electromyographical comparison of plank variations performed with and without instability devices. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 28*(11), 3298-3305.
- Snarr, R. L., Esco, M. R., Witte, E. V., Jenkins, C. T., & Brannan, R. M. (2013). Electromyographic activity of rectus abdominis during a suspension push-up compared to traditional exercises. *J Exer Phys online, 16*(3), 1-8.
- Squire, L., Berg, D., Bloom, F. E., Du Lac, S., Ghosh, A., & Spitzer, N. C. (Eds.). (2012). *Fundamental neuroscience*. Academic press.

- Steele, L. (2013). *Instructor Guide to Text and Media: Human Anatomy & Physiology Elaine K. Marieb, Katja Hoehn Ninth Edition*. Pearson.
- Uribe, B. P., Coburn, J. W., Brown, L. E., Judelson, D. A., Khamoui, A. V., & Nguyen, D. (2010). Muscle activation when performing the chest press and shoulder press on a stable bench vs. a Swiss ball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 1028-1033.
- Vera-Garcia, F. J., Grenier, S. G., & McGill, S. M. (2000). Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical therapy*, 80(6), 564-569.
- Widmaier, E. P., Raff, H., & Strang, K. T. (2006). *Vander's human physiology* (Vol. 5). New York, NY: McGraw-Hill.
- Yoo, W. G., & Hwang, Y. I. (2010). Activation and ratio of the upper trapezius and serratus anterior muscles during dynamic and isometric exercises on various support surfaces. *Journal of Physical Therapy Science*, 22(3), 267-271.
- Youdas, J. W., Hartman, J. P., Murphy, B. A., Rundle, A. M., Ugorowski, J. M., & Hollman, J. H. (2015). Magnitudes of muscle activation of spine stabilizers, gluteals, and hamstrings during supine bridge to neutral position. *Physiotherapy theory and practice*, 31(6), 418-427.



## EKLER

## EK 1. Etik Kurul Onayı

## ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

<b>ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI</b>	Sabit Olmayan Farklı Zeminlerde Uygulanan Egzersizler Sırasında Kas Aktivasyonunun İncelenmesi	
<b>KARAR BİLGİLERİ</b>	<b>Karar No:</b> 2020-1/33	<b>Tarih:</b> 22 Ocak 2020
	<p>Yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak değerlendirildi.</p> <p>1-Araştırmanın yapılmasının uygun olduğuna,</p> <p>2- Araştırmanın yürütülmesi sırasında Etik kurul kaşesi bulunan "Onam" formlarının kullanılması ve bu formun çalışmaya katılan gönüllülere çalışma hakkında sözlü bilgi verilmesi sonrasında eksiksiz bir şekilde doldurulmasına,</p> <p>3-Araştırmanın başlama tarihinin bildirilmesi ve araştırma tamamlandığında özet bir sonuç raporunun hazırlanarak kurulumuza iletilmesine,</p> <p>4-Araştırma protokolünde ve başvuru formunda yapılacak tüm değişiklikler için Etik Kuruldan izin alınması gerektiğinin sorumlu araştırmacılara iletilmesine toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.</p>	
<b>ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU</b>		
<b>ÇALIŞMA ESASI</b>	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu	
<b>BAŞKANIN UNVANI/ADI SOYADI</b>	Prof.Dr.Mustafa HACIMUSTAFAOĞLU	
<b>ÜYELER</b>		

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile İlişki		Katılım *	
			E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Prof.Dr. Mustafa HACIMUSTAFAOĞLU Başkan	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	U.Ü.T.F. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Prof.Dr. E.H. BAŞAĞAN MOĞOL Başkan Yardımcısı	Anesteziyoloji	U.Ü.T.F. Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Prof.Dr. M. Sertaç YILMAZ Üye	Farmakoloji	U.Ü.T.F. Tıbbi Farmakoloji AD.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Doç. Dr. Alpaşan TÜRKKAN Üye	Halk Sağlığı	U.Ü.T.F. Halk Sağlığı AD.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Doç. Dr. Pinar VURAL Üye	Psikiyatri	U.Ü.T.F. Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları AD.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>
Doç. Dr. Hilal ÖZKAN Üye	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	U.Ü.T.F. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Doç. Dr. Hasan ARI Üye	Kardiyoloji	Bursa Yüksek İhtisas EAH Kardiyoloji Kliniği	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>
Doç. Dr. Kağan HUYSAL Üye	Biyokimya	Bursa Yüksek İhtisas EAH Biyokimya	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Doktor Öğretim Üyesi Çiğdem Mine YILMAZ Üye	Hukuk	U.Ü.Hukuk Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Doktor Öğretim Üyesi Engin SAĞDİLEK Üye	Biyofizik	U.Ü.T.F. Biyofizik AD.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>
Doktor Öğretim Üyesi Sezer ERER KAYA Üye	Tıp Tarihi ve Etik	U.Ü.T.F. Tıp Tarihi ve Etik AD.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>
Selen MİĞAL Üye	Sağlık mesleği memuru olmayan üye	Serbest Meslek	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>

\*Toplamda Bulunan

## ÖZGEÇMİŞ

### HÜSEYİN TOPÇU ARAŞTIRMA GÖREVLİSİ

**Adres** : ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ/EĞİTİM FAKÜLTESİ/BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR BÖLÜMÜ

#### Öğrenim Bilgisi

Doktora 2017 1/2020	BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ/BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR (DR)  Tez adı: Sabit Olmayan Farklı Zeminlerde Uygulanan Egzersizler Sırasında Kas Aktivasyonunun İncelenmesi Tez Danışmanı:(RAMİZ ARABACI)
Yüksek Lisans 2014 20/Ocak/2017	ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ/BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR (YL) (TEZLİ)  Tez adı: Farklı Isınma Protokollerinin Sporcu Performansına Akut Etkileri (2016) Tez Danışmanı:(RAMİZ ARABACI)
Lisans 2009 7/Haziran/2013	AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR YÜKSEKOKULU/BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR EĞİTİMİ BÖLÜMÜ/BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETMENLİĞİ PR.

#### Akademik Görevler

ARAŞTIRMA GÖREVLİSİ  
2013 ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ/SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ/BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR BÖLÜMÜ/BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI)

#### Projelerde Yaptığı Görevler:

1. Esansiyel Aminoasitlerin Fiziksel Performansa Etkisinin İncelenmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Yürütücü:ZİLELİ RAİF,Araştırmacı:PANÇAR SERKAN,Araştırmacı:BİRİNCİ YAKUP ZÜHTÜ,Araştırmacı:TOPÇU HÜSEYİN,Araştırmacı:EROĞLU MELİKE NUR,Araştırmacı:VATANSEVER ŞERİFE,Araştırmacı:ŞAHİN ŞENAY, , 15/02/2019 - Sabit Olmayan Farklı Zeminlerde Uygulanan Egzersizler Sırasında Kas Aktivasyonunun İncelenmesi,
2. Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Yürütücü:ARABACI RAMİZ,Araştırmacı:TOPÇU HÜSEYİN, , 09/10/2020 (Devam Ediyor) (ULUSAL) FARKLI ISINMA PROTOKOLLERİNİN SPORCU PERFORMANSINA AKUT ETKİSİ, Yükseköğretim
3. Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı:TOPÇU HÜSEYİN,Yürütücü:ARABACI RAMİZ, , 18/03/2015 - 18/03/2017 (ULUSAL)

#### Eserler

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. YILDIRIM YAHYA,ARABACI RAMİZ, TOPÇU HÜSEYİN, VARDAR TONGUÇ (2019). The relationship between some physical fitness characteristics and body composition of elite wrestlers. *International journal of physical education fitness and sport*, 8(1), 25-32., Doi: 10.26524/ijpefs1913 (Yayın No: 4799580)
2. ARABACI RAMİZ, GIRAK İBRAHİM, VARDAR TONGUÇ, TOPÇU HÜSEYİN (2019). LONG-TERM EFFECTS OF WEARING THE ELEVATION TRAINING MASK ON PHYSICAL PERFORMANCE IN YOUNG SOCCER PLAYERS. *Kinesiology Slovenica*, 25(2), 5-14. (Yayın No: 5676905)
3. YILDIRIM YAHYA, ARABACI RAMİZ, TOPÇU HÜSEYİN, VARDAR TONGUÇ (2019). The relationship between some physical fitness characteristics and body composition of elite wrestlers. *International Journal of Physical Education, Fitness and Sports*, 8(1), 25-32., Doi: 10.26524/ijpefs1913 (Yayın No: 5784752)
4. pancar serkan, tokgöz onur, TOPÇU HÜSEYİN (2018). THE EFFECT OF 8-WEEK EXERCISE PROGRAM ON SOME HEMATOLOGICAL PARAMETERS IN OBESE CHILDREN. *European Journal of Physical Education and Sport Science* (Yayın No: 4579315)
5. TOPÇU HÜSEYİN, DOĞAN MEHMET, DOĞAN AYŞEGÜL, girak ibrahim, yıldız atakan (2018). Quality Management System (ISO 9001: 2015): Bursaspor Case. *Scholars Journal of Economics, Business and Management (SJEEM)*, 5(12), 1150-1156. (Yayın No: 4730135)
6. TOPÇU HÜSEYİN, DOĞAN MEHMET, DOĞAN BURAK (2018). Altı Sigma Yöntemi ve Yükseköğretim Kurumlarında Uygulanabilirliği Üzerine Bir Çalışma. *Bartın Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 68-79. (Yayın No: 4593650)
7. TOPÇU HÜSEYİN, ARABACI RAMİZ (2017). ACUTE EFFECT OF DIFFERENT WARM UP PROTOCOLS ON ATHLETE'S PERFORMANCE. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 3(8), 35-49. (Yayın No: 3558262)

### B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler :

1. TOPÇU HÜSEYİN, ARABACI RAMİZ, GIRAK İBRAHİM, VARDAR TONGUÇ (2019). GENÇ FUTBOLCULARIN FİZİKSEL PERFORMANSLARINDA YÜKSEKLİK ANTRENMAN MASKELERİNİN UZUN DÖNEM ETKİLERİ. 17th International Sport Sciences Congress, 314-315. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5677009)
2. pancar serkan, VATANSEVER ŞERİFE, BİRİNCİ YAKUP Z, TOPÇU HÜSEYİN, ŞAHİN ŞENAY, eroğlu melike nur (2018). Dalı Zincirli Amino Asitlerin Fiziksel Performansa Etkisinin İncelenmesi. 16. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4729524)
3. Pancar Serkan, VATANSEVER ŞERİFE, TOPÇU HÜSEYİN, Birinci Yakup, Pazarlık Yusuf, Er Tuğrul, Gökçek Eslem, Eroğlu Melike Nur (2018). Dalı Zincirli Aminoasitlerin Mental Performansa Etkisi. 16. International Sport Sciences Congress (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4729524)
4. TOPÇU HÜSEYİN, VARDAR TONGUÇ, ARABACI RAMİZ (2018). 11-15 Yaş Arası Futbolcuların Vücut Kompozisyonları ile Bazı Kondisyonel Özellikler Arasındaki İlişkinin İncelenmesi?. I. International Congress Of Physical Education, Sport, Recreation And Dance, 405-405. (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4284797)
5. ARABACI RAMİZ, GÖRGÜLÜ RECEP, TOPÇU HÜSEYİN, KIRCI GÜNAYDIN (2018). Masajın Kardiyak Otonom Sinir Aktivitesine Gerçek Zamanda Etkisini Noninvaziv Olarak Değerlendirmesi. I. International Congress Of Physical Education, Sport, Recreation And Dance (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4284808)
6. EROL SADETTİN, ARABACI RAMİZ, ACAR ZAİM ALPARSLAN, ERDEN SALİH, TOPÇU HÜSEYİN, DOĞAN MEHMET, GURAK AHMET NAZİM, EROL FİGEN (2018). YILDIZ VE GENÇ MİLLİ TAKIM ESKRİM SPORCULARININ BAZI FİZYOLOJİK VE BİYOMOTORİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ. I. ULUSLARARASI BEDEN EĞİTİMİ, SPOR, REKREASYON VE DANS KONGRESİ (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4266064)
7. ARABACI RAMİZ, ELMA Özlem Nur, MACAR TOLGA, TOPÇU HÜSEYİN (2018). 14-17 Yaş Arası Karateçilere Uygulanan Fizyolojik Antrenman Programının Bazı Kondisyonel Özellikler Üzerine Etkisi?. I. International Congress Of Physical Education, Sport, Recreation And Dance (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4284789)
8. EROL SADETTİN, ARABACI RAMİZ, ACAR ZAİM ALPARSLAN, ERDEN SALİH, TOPÇU HÜSEYİN, DOĞAN MEHMET, GURAK AHMET NAZİM, EROL FİGEN (2018). Yıldız ve Genç Millî Takım Eskrim Sporcularının Bazı Fizyolojik ve Biyomotorik Özelliklerinin Belirlenmesi?. I. International Congress Of Physical Education, Sport, Recreation And Dance (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4284800)
9. KATRA HAŞİM, KORKMAZ NİMET, TOPÇU HÜSEYİN, BİRİNCİ YAKUP Z (2017). Sedanter Bireylerin ve Sporcuların Otomatik Düşünce Durumlarının Farklı Değişkenlere Göre İncelenmesi. Dünya Spor Bilimleri Araştırmaları Kongresi (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3796537)