



**T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANA BİLİM DALI
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON DOKTORA PROGRAMI**

DOKTORA TEZİ

**FARKLI EGZERSİZ TÜRLERİNİN ALT EKSTREMİTE KAS
KALINLIĞI, TENDON KALINLIĞI, KAS KUVVETİ,
PROPRİYOSEPSİYONU VE DENGEE OLAN ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dilara ÖZEN ORUK

MUĞLA-2024

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANA BİLİM DALI
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON DOKTORA PROGRAMI

DOKTORA TEZİ

FARKLI EGZERSİZ TÜRLERİNİN ALT EKSTREMİTE KAS
KALINLIĞI, TENDON KALINLIĞI, KAS KUVVETİ,
PROPRİYOSEPSİYONU VE DENGEE OLAN ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI

Dilara ÖZEN ORUK

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Kılıçhan BAYAR

MUĞLA-2024

TEZ ONAYI

Dilara ÖZEN ORUK tarafından hazırlanan “Farklı Egzersiz Türlerinin Alt Ekstremitte Kas Kalınlığı, Tendon Kalınlığı, Kas Kuvveti, Propriyosepsiyonu ve Dengeye Olan Etkilerinin Karşılaştırılması” başlıklı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Doktora Programında, Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Kılıçhan BAYAR
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Baki Umut TUĞAY
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Pınar BAŞBUĞ
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Gürsoy COŞKUN
Hacettepe Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Serkan USGU
Hasan Kalyoncu Üniversitesi

Tez savunma tarihi: 30.05.2024

Bu tez Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Doktora Programında, Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirmektedir.

Prof. Dr. Müesser ÖZCAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

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

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

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

- ☐ Tezimle ilgili patent başvurusu yapılacağından veya patent alma süreci devam ettiğinden Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile tezimin mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl erişime açılmasının ertelenmesini talep ediyorum.
- ☐ Tezimde yeni teknik, materyal ve metotlar kullanıldığından ve henüz makaleye dönüşmemiş olduğundan Enstitü Yönetim Kurul kararı ile mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay tezimin erişime açılmasının ertelenmesini talep ediyorum.

30.05.2024

Dilara ÖZEN ORUK

ETİK BEYAN

Doktora tezi olarak sunduğum “Farklı Egzersiz Türlerinin Alt Ekstremitte Kas Kalınlığı, Tendon Kalınlığı, Kas Kuvveti, Propriyosepsiyonu ve Dengeye Olan Etkilerinin Karşılaştırılması” isimli çalışmada tezin planlanmasından yazımına kadar tüm süreçlerde etik ilkelere bağlı kaldığımı, tezime ilişkin bilgi ve belgeleri akademik ve bilimsel etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezimde kullandığım tüm görsel ve yazılı materyallerin kaynağını gösterdiğimi, yararlandığım eserlerin tümünün kaynaklar bölümünde yer aldığını, tezimin Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

30.05.2024

Dilara ÖZEN ORUK

TEŞEKKÜR

Tezimin tüm aşamalarındaki desteğinden ötürü değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Kılıçhan BAYAR’a,

Lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca yardımını ve desteğini esirgemeyen Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü hocalarıma,

Tez izleme komitemde yer alarak kıymetli katkılarda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Baki Umut TUĞAY ve Doç. Dr. Gürsoy COŞKUN’a

Tezimin istatistik aşamasındaki desteği ve yol göstericiliği için değerli hocam Doç. Dr. Eralp DOĞU’ya,

Tezimin gerçekleşmesini sağlayan ve beni kırmayarak çalışmanın başından sonuna kadar katılım gösteren çok sevgili öğrencilerime,

Lisansüstü eğitime başlamam konusundaki en büyük destekçim olan ve yolumu aydınlatan güzel annem Nebahat Gülsüm ÖZEN’e, her zor anımda bana tecrübesiyle yol gösteren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen canım babam Nail ÖZEN’e ve yeryüzündeki en mükemmel kız kardeş olabilmeyi başaran meleğim Melisa ÖZEN’e,

Yoğun çalışma temposuna rağmen tüm tez vakalarımın değerlendirilmesinde çok büyük emek harcayan, hayattaki en büyük şanslarımdan biri olan, her konudaki en büyük destekçim sevgili hayat arkadaşım Yunus Emre ORUK’a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

FARKLI EGZERSİZ TÜRLERİNİN ALT EKSTREMİTE KAS KALINLIĞI, TENDON KALINLIĞI, KAS KUVVETİ, PROPRIYOSEPSİYONU VE DENGEE OLAN ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışma sağlıklı genç erişkinlerde farklı egzersiz türlerinin denge, propriyosepsiyon, alt ekstremitte kas kuvveti, kas-tendon kalınlığına olan etkilerini araştırmak amacıyla yapıldı. Randomize, tek kör tasarımlı çalışmamıza yaş ortalaması 20.03 ± 1.29 olan 65 sağlıklı erkek katıldı. Olguların fiziksel özellikleri kaydedildi. Kapalı zarf yöntemiyle dirençli egzersiz (DE), plyometrik egzersiz (PE) ve yüksek şiddetli aralıklı egzersiz (YŞAE) gruplarına ayrılan katılımcılara egzersiz öncesi ve sekiz hafta sonrasında olmak üzere iki ölçüm yapıldı. Tüm egzersiz gruplarında denge skorlarında iyileşme bulunurken, gruplar arasında fark görülmedi. Tüm egzersiz programlarının propriyosepsiyonu arttırdığı bulundu. 45° diz ekstansiyon propriyosepsiyonunda DE'nin PE'den daha fazla artışa yol açtığı, 10° ayak bileği dorsifleksiyon propriyosepsiyonunda DE ve PE'nin YŞAE'den; 25° ayak bileği plantar fleksiyon propriyosepsiyonunda DE ile kıyaslandığında YŞAE'nin daha etkili olduğu bulundu. Tüm gruplarda kas kuvvetlerinde artış gözlenirken; Kuadriseps femoris (KF) kuvveti artışında PE DE'ye göre, Gastro-soleus kuvveti artışında ise YŞAE diğer gruplara kıyasla daha etkili bulundu. Tüm egzersiz programlarının KF kas kalınlığı artışında etkili olduğu bulundu. PE'nin Rektus Femoris kalınlığı artışında YŞAE'den daha etkili olduğu bulundu. Diğer KF grubu kaslarındaki kalınlık artışı gruplarda benzerdi. Egzersiz programlarının semimembranosus (SM)₅₀ dışındaki hamstringlerin kalınlığını arttırdığı bulundu. SM₃₀ dışındaki tüm hamstringlerde programlar benzer etki gösterirken; SM₃₀ kalınlık artışında PE, DE'den daha etkiliydi. Gastroknemius kaslarında meydana gelen kalınlık artışı tüm gruplarda benzerken, soleus kasında PE'nin YŞAE'den daha etkili olduğu bulundu. Tüm gruplarda tendon kalınlıklarında benzer artış saptandı. Denge, propriyosepsiyon, kas kuvveti, kas-tendon kalınlığı parametrelerini geliştirmek için DE, PE ve YŞAE programları önerilebilir, bu programlardan herhangi birisinin gelişim üzerinde etkili olacağını düşünmekteyiz.

Anahtar kelimeler: Dirençli egzersiz, Plyometrik egzersiz, Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, Kas mimarisi, Hipertrofi, Postüral stabilite

COMPARISON OF THE EFFECTS OF DIFFERENT EXERCISE TYPES ON LOWER EXTREMITY MUSCLE THICKNESS, TENDON THICKNESS, MUSCLE STRENGTH, PROPRIOCEPTION AND BALANCE

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of different exercise types on balance, proprioception, lower extremity muscle strength, muscle-tendon thickness in healthy young adults. In this randomized, single-blinded study, 65 healthy male with a mean age of 20.03 ± 1.29 years participated. Physical characteristics of the subjects were recorded. Participants were divided into resistance exercise (RE), plyometric exercise (PE) and high intensity interval exercise (HIIT) groups by closed envelope method and two measurements were performed before exercise and after eight weeks. The results showed that balance scores improved in all exercise groups, but there was no difference between the groups. All exercise programs were found to increase knee and ankle proprioception. Results indicated that RE was more effective than PE in 45° knee extension proprioception, RE and PE were more effective than HIIT in 10° ankle plantar flexion proprioception, and HIIT was more effective than PE in 25° ankle plantar flexion proprioception. An increase in muscle strength was observed in all groups; PE was found to be more effective than RE at improving Quadriceps femoris (QF) strength while HIIT was the most effective at increasing Gastro-soleus strength. All exercises were found to be effective in increasing the thickness of the QF muscle group. PE was more effective than HIIT in increasing Rectus Femoris muscle thickness. All exercises increased the thickness of hamstring muscles except semimembranosus (SM)50. All exercise programs had similar effects on all hamstrings except SM30, whereas PE was more effective than RE. The thickness increase in the gastrocnemius muscles was similar in all groups, while PE was more effective than HIIT in the soleus muscle. In each exercise group, the rate of increase in tendon thickness was similar. Eight-week RE, PE, and HIIT programs might be recommended when the aim is to improve parameters like balance, proprioception, muscle strength, and muscle-tendon thickness. We think that any of these exercise programs will benefit the improvement of these parameters.

Keywords: Resistance training, Plyometric training, High intensity interval training, Muscle architecture, Hypertrophy, Postural stability

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Kaslar	4
2.1.1. Kuadriseps Femoris Kas Grubu	4
2.1.2. Hamstring Kas Grubu.....	5
2.1.3. Gastroknemius ve Soleus Kasları.....	6
2.2. Tendonlar	7
2.2.1. Kuadriseps Femoris Tendonu.....	8
2.2.2. Patellar Tendon.....	8
2.2.3. Aşil Tendonu	8
2.3. Denge	9
2.3.1. Vestibüler Sistem	9
2.3.2. Görsel (Vizüel) Sistem	10
2.3.3. Somatosensoriyel Sistem.....	11
2.3.4. Dengenin Değerlendirilmesi.....	13
2.4. Propriyosepsiyon.....	13
2.4.1. Propriyoseptif Sistemin Nöroanatomik Bileşenleri.....	16
2.4.2. Propriyosepsiyonun Değerlendirilmesi	16
2.5. Kas Kuvveti.....	17
2.5.1. Kas Kuvveti Değerlendirmesi	17
2.6. Kas ve Tendon Kalınlığı	18
2.6.1. Kas ve Tendon Kalınlığı Değerlendirmesi	20
2.7. Egzersiz	20
2.7.1. Dirençli Egzersizler	21

2.7.2. Plyometrik Egzersizler	22
2.7.3. Yüksek Şiddetli Aralıklı Egzersizler	24
3. YÖNTEM	26
3.1. Araştırma Modeli	26
3.2. Araştırma Evren ve Örneklemi/Araştırma Materyali.....	26
3.3. Veri Toplama Araçları	28
3.3.1. Denge Değerlendirmesi	28
3.3.2. Propriyosepsiyon Değerlendirmesi	29
3.3.3. Kas Kuvveti Değerlendirmesi	30
3.3.4. Kas Kalınlığı Değerlendirmesi	31
3.3.5. Tendon Kalınlığı Değerlendirmesi	35
3.4. Veri Toplama Süreci	37
3.5. Deneysel Kurgu.....	37
3.5.1. Egzersiz Protokolü	37
3.6. İstatistiksel Analiz.....	39
3.7. Etik Onay	40
3.8. Araştırmanın Sınırlılıkları	40
4. BULGULAR.....	41
4.1. Olguların Fiziksel Özellikleri.....	41
4.2. Denge Skorları ile İlgili Bulgular.....	41
4.3. Propriyosepsiyon ile İlgili Bulgular	43
4.4. Kas Kuvveti ile İlgili Bulgular	46
4.5. Kas Kalınlığı ile İlgili Bulgular	48
4.6. Tendon Kalınlığı ile İlgili Bulgular	53
5. TARTIŞMA.....	55
5.1. Denge	55
5.2. Propriyosepsiyon.....	58
5.3. Kas Kuvveti.....	61
5.4. Kas Kalınlığı	64
5.5. Tendon Kalınlığı	68
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	71
6.1. Sonuçlar	71
6.2. Öneriler	72
KAYNAKLAR	74
EKLER	94
Ek 1: ETİK KURUL ONAYI	94
Ek 2: KURUM İZİN ONAYI	95

Ek 3: FORMLAR (VERİ / KAYIT FORMLARI).....	97
Ek 4: ÖZ GEÇMİŞ.....	98



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AT	:	Aşıl Tendonu
BDD	:	Bilateral Dinamik Denge
BF	:	Biseps Femoris
BSD	:	Bilateral Statik Denge
DE	:	Dirençli Egzersiz
Dİ	:	Denge İndeksi
EKA	:	Enine Kesit Alanı
EPH	:	Eklem Pozisyon Hissi
GK	:	Gastroknemius
GKD	:	Gerilme-Kısalma Döngüsü
GS	:	Gastro-Soleus
GTO	:	Golgi Tendon Organı
KF	:	Kuadriseps Femoris
KT	:	Kuadriseps Femoris Tendonu
LG	:	Lateral Gastroknemius
MG	:	Medial Gastroknemius
MSS	:	Merkezi Sinir Sistemi
PE	:	Plyometrik Egzersiz
PT	:	Patellar Tendon
RF	:	Rektus Femoris
SIAI	:	Spina Iliaka Anterior Inferior
SIAS	:	Spina Iliaka Anterior Superior
SM	:	Semimembranosus
SOL	:	Soleus
ST	:	Semitendinosus
USD	:	Unilateral Statik Denge
UDD	:	Unilateral Dinamik Denge
VI	:	Vastus Intermedius
VL	:	Vastus Lateralis
VM	:	Vastus Medialis
YŞAE	:	Yüksek Şiddetli Aralıklı Egzersiz

ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Dengenin nöronal organizasyonu.....	12
Şekil 3.1. Çalışmanın Akış Diyagramı	27
Resim 3.1. Denge değerlendirmesi: A) bilateral statik, B) unilateral statik, C) bilateral dinamik, D) unilateral dinamik.....	28
Resim 3.2. Eklem pozisyon hissi değerlendirmeleri: A) diz eklemi, B) ayak bileği eklemi	29
Resim 3.3. Alt ekstremitte kas kuvvetlerinin değerlendirmesi: A) kuadriseps femoris kas grubu, B) hamstringler, C) gastro-soleus kas grubu	30
Resim 3.4. Kuadriseps femoris kas kalınlığı değerlendirmesi	32
Resim 3.5. Kuadriseps femoris kas grubu ultrason görüntüsü örneği	32
Resim 3.6. Hamstring kas kalınlığı değerlendirmesi	33
Resim 3.7. Hamstring kas grubu ultrason görüntüsü örneği	33
Resim 3.8. Gastro-soleus kas kalınlığı değerlendirmesi	34
Resim 3.10. Kuadriseps femoris tendon kalınlığı değerlendirmesi	35
Resim 3.12. Patellar tendon kalınlığı değerlendirmesi	36
Resim 3.13. Aşil tendonu kalınlığı değerlendirmesi.....	37

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Egzersiz protokolleri.....	38
Tablo 4.1. Olguların fiziksel özellikleri.....	41
Tablo 4.2. Statik ve dinamik denge skorlarının egzersiz öncesi ve sonrası ölçümlerinin grup içi karşılaştırması.....	42
Tablo 4.3. Grupların denge skorlarının egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması.....	43
Tablo 4.4. Diz eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması.....	43
Tablo 4.5. Diz eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının gruplar arası karşılaştırması	44
Tablo 4.6. Ayak bileği eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması.....	45
Tablo 4.7. Ayak bileği eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının gruplar arası karşılaştırması	45
Tablo 4.8. Alt ekstremitte kas kuvveti ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması.....	46
Tablo 4.9. Kas kuvveti ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının gruplar arası karşılaştırması	47
Tablo 4.10. KF kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması.....	48
Tablo 4.11. Grupların KF kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması.....	49
Tablo 4.12. Hamstring kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması.....	50
Tablo 4.13. Grupların hamstring kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması	51
Tablo 4.14. Gastro-soleus kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması.....	52
Tablo 4.15. Grupların gastro-soleus kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması	52
Tablo 4.16. Alt ekstremitte tendon kalınlığı ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması.....	53
Tablo 4.17. Grupların tendon kalınlığı ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması.....	54

1. GİRİŞ

Planlı ve düzenli olarak yapılandırılmış fiziksel aktivite olarak tanımlanan egzersiz, iskelet kasının yeniden şekillenmesi ve yapılanmasında güçlü bir etkidir. Kontraktıl aktivitenin yüklenme, frekans ve durasyon gibi spesifik özellikleri iskelet kasının ortaya çıkaracağı çeşitli adaptasyonları fasilite eder (Aydın ve Soyer, 2023; McGlory ve Phillips, 2015). Egzersiz, kaslarda çeşitli değişikliklere ve nöral adaptasyonlara yol açar. Egzersiz türüyle ilişkili olarak kas kuvveti, kassal endurans ve fonksiyonel performansta artışa neden olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda kasın mekanik özelliklerinin bilinmesi ve kas mimarisine en uygun egzersiz programının yapılandırılması sayesinde performans artışı ve yaralanmaların önüne geçilmesi de mümkün olabilmektedir (Günay ve Güzel, 2023).

Kas gücünü ve hipertrofisini artırmak için özel olarak tasarlanmış egzersizler, dirençli egzersizler (DE) olarak adlandırılmaktadır. Literatürde kas kuvveti üzerinde etkili dirençli egzersizlerin maksimal gücün %50-100'ünde, 6-15 tekrarlı 2 veya 3 setten oluşan 8 hafta veya daha uzun süreli programlar olduğu bildirilmektedir (Lacio vd., 2021; Stratton vd., 2004). Genel kullanım amaçları kas kuvveti, hipertrofi, güç, lokal musküler endurans, kas tonusu, genel sağlık ve kondisyon, hız ve çeviklik, denge/koordinasyon ve esnekliği artırma; vücut yağ oranı ve yaralanma riskini düşürme şeklinde sıralanabilecek olan DE'nin rehabilitasyon amaçlı kullanımı da söz konusudur (Hoffman ve Ratamess, 2008).

İlk kez 1975 yılında tanımlanan plyometrik egzersizler (PE), kasın yavaşlama fazı sırasında enerji depolanması ve hızlanma periyodu sırasında bu enerjinin serbest bırakılması esasına dayanır ve atletik antrenmanlarda sıklıkla tercih edilir. Aktif bir kası kısaltmadan önce germeyi içeren bu egzersizlerin, kas kasılmasının konsentrik fazı sırasında performansı arttırdığı gösterilmektedir (Suresh vd., 2018). Hız, kas kuvveti ve hızlı yön değiştirme gibi farklı fiziksel uygunluk parametrelerinde artışa yol açan PE, yaralanmaların önlenmesinde ve rehabilitasyon programlarında da kullanılmaktadır (Ramirez-Campillo vd., 2022). PE'nin 3 fazı bulunmaktadır: İlk fazda (eksentrik faz) kas içcikleri uyarılır ve bu şekilde elastik enerji depolanır, ikinci fazda (amortisman fazı)

aktive olan kas iğcikleri spinal motor nöronları uyarır ve üçüncü fazda (konsentrik faz) güçlü patlayıcı konsentrik kontraksiyonlar üretilir.

Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz (YŞAE), kısa ve ağır anaerobik egzersizi takip eden daha kısa ve daha hafif toparlanma periyotları içeren gelişmiş bir interval eğitim şeklidir. YŞAE yetişkinlerde genel sağlık amaçlı tercih edilirken, fiziksel uygunluk seviyesinin artırılması için uygulanabilen etkili bir strateji olarak ortaya konmuştur ve sürekli aerobik egzersize alternatif olarak ilgi görmektedir. Zaman yetersizliği genellikle egzersiz katılımının önündeki önemli bir engel olarak belirtilmektedir, bu nedenle zamanın verimli bir şekilde kullanıldığı YŞAE tercih edilmektedir (Gist vd., 2014; Logan vd., 2014). YŞAE'nin orta yoğunluktaki sürekli antrenman programlarıyla karşılaştırıldığında daha fazla fizyolojik uyarı ve adaptasyon sağlayabildiği gösterilmiştir. Bu egzersiz yaklaşımı; mitokondriyal biyogenez, atım hacminde artış ve vasküler fonksiyonlarda iyileşme gibi fizyolojik adaptasyonları tetiklemesinin yanı sıra kardiyorespiratuar uygunluk, egzersiz performansı, iskelet kası oksidatif kapasitesi ve insülin duyarlılığı gibi pek çok parametre de gelişmeler sağlar (Hough, 2021).

Literatüre bakıldığında farklı türde egzersizlerin çeşitli alt ekstremite parametreleri üzerine etkilerini araştıran pek çok araştırmanın olduğu görülmektedir (Cheon vd., 2020; Grgic, Schoenfeld ve Mikulic, 2021; McKinlay vd., 2018; Sankarmani vd., 2012; Vissing vd., 2008). Ancak bununla birlikte, farklı türde egzersizlerin kas ve tendon kalınlığı üzerine etkilerine dair çok az bilgi mevcuttur.

Egzersiz türü seçimi birçok farklı etmenden etkilenmektedir. Bireylerin hangi amaçla egzersiz yaptıkları, hangi fiziksel uygunluk parametresini geliştirmeye yönelik bir yol çizdikleri bu seçimde önem kazanmaktadır. Bireylerde geliştirilmesi istenen alt ekstremite özelliğinin göz önünde bulundurulmasıyla birlikte, en etkili egzersiz programına karar verilmesi mümkün olacaktır. Bundan yola çıkarak öncelikli amacımız; literatür incelenerek belirlenen parametrelerin objektif değerlendirme yöntemleriyle değerlendirilmesi, egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılarak her bir egzersiz protokolünün ayrı ayrı etkinliğinin belirlenmesidir. Bir diğer amacımız; sağlıklı erişkin bireylerde sekiz hafta süreli farklı türde egzersiz protokollerinden denge, propriyosepsiyon, kas kuvveti, kas kalınlığı ve tendon kalınlığı parametreleri üzerinde en etkili olanı belirlemek ve egzersiz türlerinin üstünlüklerini birbirleri ile karşılaştırmaktır.

Çalışmamız sonucunda elde edilecek verileri bilim dünyasıyla paylaşmak ise nihai hedefimizdir.

Çalışmamız aşağıdaki araştırma sorularını cevaplandırmayı amaçlamaktadır:

1. Dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler vücudun statik ve dinamik dengesini etkiler mi?
2. Dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler diz ve ayak bileği eklemi propriyosepsiyonunu etkiler mi?
3. Dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler alt ekstremitte kas kuvvetini etkiler mi?
4. Dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler alt ekstremitte kas kalınlığını etkiler mi?
5. Dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler alt ekstremitte tendon kalınlığını etkiler mi?

Hipotezler

Hipotez 1: Sağlıklı genç erişkinlerde sekiz haftalık dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler statik ve dinamik dengeyi artırır.

Hipotez 2: Sağlıklı genç erişkinlerde sekiz haftalık dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler alt ekstremitte propriyosepsiyonunu artırır.

Hipotez 3: Sağlıklı genç erişkinlerde sekiz haftalık dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler alt ekstremitte kas kuvvetini artırır.

Hipotez 4: Sağlıklı genç erişkinlerde sekiz haftalık dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler alt ekstremitte kas kalınlıklarını artırır.

Hipotez 5: Sağlıklı genç erişkinlerde sekiz haftalık dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizler alt ekstremitte tendon kalınlıklarını artırır.

Hipotez 6: Sağlıklı genç erişkinlerde sekiz haftalık dirençli/ plyometrik/ yüksek şiddetli aralıklı egzersizlerin denge, propriyosepsiyon, kas kuvveti, kas kalınlığı ve tendon kalınlığı üzerine olan etkileri benzerdir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kaslar

2.1.1. Kuadriseps Femoris Kas Grubu

Kuadriseps femoris (KF) kas grubu, insanların günlük yaşam aktivitelerinde ve fiziksel hareketlerinde çok önemli rol oynar. Yürüme, koşma, merdiven çıkma ve bisiklete binme gibi birçok fonksiyonda görev alır ve vücudu yerçekimine karşı sürekli destekleyen antigravite kaslarından biridir. KF'yi oluşturan kasların işlevsel koordinasyonu hakkında elde edilecek bilgiler, klinik ve rehabilitatif yaklaşımların belirlenmesinde yol gösterici olabilir (Akima vd., 2023).

KF kas grubu, dizin ön yüzeyinde yer alan rektus femoris (RF), vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM) ve vastus intermedius (VI) kaslarından oluşur. Dört kasın tamamı, femoral sinir tarafından innerve edilir ve patellar tendon aracılığıyla tüberositas tibiaya yapışır (Foster, 2012).

Bu kas grubunun içerisinde kalça eklemine de kateden tek kas RF'dir ve proksimalde spina iliaca anterior inferior (SIAI) ve asetabulumun üst kenarına yapışır. Üç vastus kasıyla birleşerek KT olarak devam ettiği noktada, düz bir şekilde uyluktan aşağı doğru uzanır. RF kalça fleksiyon ve diz ekstansiyon hareketlerini sağlayan esas kastır (Lippert, 2011). RF'nin lateralinde yer alan VL, KF kas grubunun en geniş ve kuvvetlisidir. Femurun linea asperasından başlayan VL'nin kalın ve oblik lifleri iliotibial bandın derinlerinde yer alır ve -anteriorda- patellar tendonda KF'nin geri kalanıyla birleşir (Cael, 2023; Lippert, 2011; Foster, 2012). Linea asperanın medialinden başlayan VM, uyluğun medial kısmından devam eder ve patellar tendona katılarak tüberositas tibiada sonlanır (Cael, 2023). RF'nin derininde yer alan VI ise, femurun anterior yüzünden başlayan küçük bir kastır. Diğer vastus grubu kaslarına oranla lifleri daha az obliktir (Cael, 2023; Lippert, 2011).

KF'nin; tibial tüberositasa uzanarak patellanın stabilitesine katkıda bulunmak, meniskopatellar ligament aracılığıyla ekstansiyon hareketi sırasında menisküsleri anteriora çekmek, kontraksiyonla birlikte medial kollateral bağdaki gerilimi azaltmak,

posterior çapraz ligamentle birlikte tibianın posteriora yer değiştirmesini önlemek gibi birçok görevi bulunmaktadır (Chavan ve Wabale, 2016). Kasın propriyoseptif afferentleri, postürün korunmasında etkilidir. Bu afferentlerin aktivasyonu ile kontralateral KF'nin koordinasyonu gelişir ve bununla ilişkili olarak postüral denge artar (Bordoni ve Varacallo, 2018).

RF, yürüme ve koşma sırasında femuru anteriora doğru çeker ve bu şekilde ayağın yerle teması ve vücut ağırlığını alması sağlanır. Diz ekstansiyonunda kalça fleksiyonundan daha etkilidir ancak kalça hareketlerinde iliopsoas, sartorius ve tensor fascia lata gibi kaslara yardım eder. Aynı zamanda SIAI'dan köken almasından dolayı anterior pelvik tilt hareketine de destek olur (Cael, 2023).

Birincil fonksiyonu diz ekstansiyonu olan vastus grubu kasları, genellikle diz ekstansiyonu sırasında gevşer ancak kasın bazı kısımları dizi stabilize etmek için aktif kalır. VI'nin derin lifleri, diz ekleminde patella superioruna ve sinovyal kapsüle tutunur. Diz ekleminin birincil işlevi, diz ekstansiyondayken eklem kapsülünün ve patellanın superiora yer değiştirmesini sağlamaktır (Foster, 2012). VM'nin lifleri medialde yer aldığı için VL'nin laterale çekme kuvvetini dengelerken, VI dikey yönlü bir çekme kuvveti uygular. Bu kaslar arasındaki kuvvet ve esnekliğin dengeli olması, femoral oluktaki düzgün *patellar tracking*'e katkıda bulunur. Ayakta durmak, bacağı yukarı kaldırmak ve zıplamak kuvvetli ve iyi dengelenmiş bir KF gerektirir (Cael, 2023).

2.1.2. Hamstring Kas Grubu

Primer diz fleksörü ve önemli bir kalça ekstansörü olan hamstring kas grubu, insan hareketi ve koşma-zıplama gibi atletik aktiviteler için önemlidir. Hamstringlerin işlevi, özellikle de hızlı ve patlayıcı tarzdaki kuvvet üretimi, dinamik diz eklemi kontrolü ve stabilitesi ve dolayısıyla eklem bütünlüğünün korunması için de önemli kabul edilir. Aynı zamanda hamstring kas grubu fonksiyonel olarak, gövde ile alt ekstremité arasındaki yük aktarımında önemli bir rol oynar ve bu da torakolumbal fasyanın gerginliğini etkiler (Afonso vd., 2021).

Hamstringler; uyluğun posteriorunda yer alan biceps femoris (BF), semimembranosus (SM) ve semitendinosus (ST) kaslarından oluşan bir kas grubudur. Pelvisin tabanını, dizin posterioru boyunca tibiaya ve fibulaya bağlar. Primer olarak diz

fleksiyonu ve kalça ekstansiyonunda görev alan bu kas grubu, siyatik sinir tarafından innerve edilir (Foster, 2012).

En lateralde yer alan hamstring kası olan BF'nin uzun ve kısa olmak üzere iki başı vardır. BF'nin uzun başı diğer iki hamstring kası ile iskial tüberositastan köken alırken, kısa başı linea asperadan başlar. Her ikisi de tibianın lateral kondilinde sonlanırlar. Hamstring kaslarından BF'nin kısa başı sadece diz hareketlerinde görev alır. Diğer hamstringler ise hem diz hem de kalça eklemi hareketlerinde rol oynarlar (Lippert, 2011). SM en medialdeki hamstring kasıdır ve ST ile adduktor magnus kaslarının ortasında yer alır. ST kası ise görece daha ince bir kاست ve BF'nin medialinde ve SM'nin superfisiyalinde yer alır. Her iki kas da iskial tüberositastan başlar; SM tibianın medial kondilinin posterior yüzeyinde, ST ise tibia proksimalinin anteromedial yüzeyinde sonlanır (Cael, 2023).

Hamstringler, postüral stabilizasyonun sağlanmasında antagonisti olan KF'ye göre daha fazla rol alır. Aynı zamanda, gluteus maksimus ve rektus abdominus kaslarına posterior pelvik tiltin korunmasında yardımcı olur. Primer olarak diz fleksiyonu gerçekleştirmenin yanında, açık kinetik zincirde (alt ekstremitte sabitlenmediğinde) femuru posteriora doğru çekerek kalça ekstansiyonunda görev alırlar. Yürüme ve koşma sırasında kalça ekstansiyonuyla birlikte hamstringler eksentrik kasılarak bu hareketi yavaşlatırlar. Kapalı kinetik zincirde (alt ekstremitte sabitlendiğinde), gluteus maksimus kasıyla birlikte pelvisi posteriora doğru çekerek gövdeyi dik duruma getirir. Bu "kalça menteşesi" işlevi, sıçramanın yanı sıra ayakta durma ve bacağı yukarı kaldırma gibi hareketler sırasında da kritik öneme sahiptir. Hamstringler ayrıca diz fleksiyonunda görevlidir ve BF kası da rotasyon açığa çıkarır. Dizde rotasyonun gerçekleşebilmesi, dizin semifleksiyonda olması ile mümkündür. Tam ekstansiyon pozisyonu, tibiofemoral eklemi kilitleyerek rotasyon hareketini engeller. Diz rotasyonu, alt ekstremitteye ağırlık aktarıldığında hareketin yönünü değiştirirken oldukça pratiktir. Bu hareket tenis, futbol ve basketbol gibi sporlarda kritik öneme sahiptir (Cael, 2023).

2.1.3. Gastroknemius ve Soleus Kasları

Gastro-soleus (GS) kas grubu, diz eklemi hareketlerinde önemli bir rol oynar. Gastroknemius (GK), dizi çaprazlayan primer kaslardan biridir ve KF ve hamstringlerle birlikte dizdeki total enine kesit alanının %98'ini oluşturur. GK, ağırlık aktarma

hareketleri sırasında dizi stabilize etmek için KF ile sinerjistik olarak çalışarak diz eklemi stabilitesine katkıda bulunur (Li vd., 2002).

Geniş ve güçlü plantar fleksörler olan GK ve soleus (SOL) kasları bacağın arkasında yer alır ve dizin posteriorunda bulunan küçük plantaris kası ile birlikte triseps surae'yi oluşturur (Foster, 2012).

GK, femurun medial ve lateral kondilinden başlayarak bacağı yüzeysel olarak geçtikten sonra SOL kası ile aşıl tendonunu oluşturur ve kalkaneusun arka yüzeyine yapışır. Medial ve lateral olmak üzere iki başı bulunan kas, diz ve ayak bileği olmak üzere iki eklem kateder (Lippert, 2011). GK'nin büyük çoğunluğu, hızlı toparlanan ancak çabuk yorulan hızlı kasılan liflerden oluşur. Bu lif dağılımı; kaldırma, koşma ve atlama gibi patlayıcı güç gerektiren aktivitelerdeki rolünün bir göstergesidir (Cael, 2023).

SOL, GK'nin altında yer alır ve posterior tibia ve fibula'nın posterior üst yarısından doğan bipennat bir kاستır. Yavaş kasılan liflerin baskınlığı nedeniyle yorgunluğa karşı oldukça dirençlidir. Postüral salınımlarda sürekli olarak aktiftir ve yavaş tonik kontraksiyonlarla ateşlenir. Postural salınım sırasındaki ritmik kontraksiyonları nedeniyle "ikinci kalp" olarak da anılan SOL, kanın kalbe venöz dönüşüne yardımcı olur (Foster, 2012).

GK, ayak bileğinin çok güçlü bir plantar fleksörüdür ancak diz fleksiyonunda da önemli bir yere sahiptir. SOL, plantar fleksiyon hareketi sırasında GK ile sinerjistik olarak çalışır. Diz ekstansiyon pozisyonundayken GK daha aktifken, diz fleksiyondayken SOL daha aktiftir. Her iki kas da tibial sinir tarafından innerve edilir (Cael, 2023). GK'nin diz eklemindeki birincil işlevi, ekstansiyonda dinamik bir stabilizatör görevi görmesidir. Yürüyüşün duruş fazı sırasında dizi arkaya ve aşağıya doğru çekerek, vücut ağırlığı topuktan parmak ucuna aktarılırken eklemi stabilize eder ve bu şekilde dizin fleksiyona gelmesini engelleyerek KF kası ile sinerjistik olarak çalışır (Foster, 2012).

2.2. Tendonlar

Tendonlar, kasları kemiğe bağlayan fibröz yumuşak doku yapılarıdır. Birincil işlevleri, kasta gelen kuvveti kemiğe aktarmada pasif ve nispeten elastik olmayan yapılar olarak hareket etmektir. Bununla birlikte bazı tendonların (örneğin aşıl tendonu) enerji

depolamak gibi ek fonksiyonları da bulunmaktadır. Bunlar hareket verimliliğini artırmak için elastik gerilme enerjisini depolamada ve açığa çıkarmada rol oynayarak, yüksek düzeyde adaptif elastik yaylar gibi davranırlar. Tendon fonksiyonundaki bu değişkenlik, tendon yapısında da farklılıklar gerektirir (Gomes, Reis ve Rodrigues, 2015).

2.2.1. Kuadriseps Femoris Tendonu

Kuadriseps femoris tendonu (KT), KF'yi oluşturan dört kasın birleşerek oluşturduğu tendondur. Bu ortak tendonun en yüzeysel katmanında RF, orta katmanında VL ve VM, en derin katmanında ise VI yer alır. Patellanın birkaç santimetre superiorunda oluşan ve inferioruna kadar uzanan KT, patellayı medial ve lateralden sararak tibial tüberküle tutunur (Arnoczky, 1983).

2.2.2. Patellar Tendon

Patellar tendon (PT), KT'nin devamıdır ve patellanın anterior yüzünü geçerek tibial tüberküle yapışan RF bileşeninden oluşur. PT'nin normal antero-posterior kalınlığı KT'den daha incedir. Sonografik olarak, normal PT, onu oluşturan kollajen demetlerini temsil eden ekojenik fibriler bir görünüme sahiptir. Her bir tendonun yüzeysel ve derin yüzeyleri paralel yerleşimlidir (Miller, 2013).

2.2.3. Aşıl Tendonu

Aşıl tendonu (tendo calcaneus)(AT) vücuttaki en güçlü ve en kalın tendondur ve triceps surae'yi calcaneus'a bağlamaya yarar. AT, insan anatomisinin son derece karakteristik bir özelliğidir ve hatta bu tendonun insan evrimini şekillendirmeye yardımcı olduğu öne sürülmüştür. GK'nin medial ve lateral başları femoral kondillerden köken alır ve AT'ye katkıları bu kas gövdelerinin alt uçlarında geniş bir aponevroz olarak başlar. Kalkaneusun posterior yüzeyinde sonlanır (Maffulli ve Almekinders, 2007). Tipik olarak, tendonun distal kısmının kalınlığı 7 mm'yi geçmez ve bundan daha fazlası patolojiyi düşündürür. AT'de gerçek bir sinovyal tendon kılıfı bulunmaz ancak tendonun komşu yapılara göre kaymasına izin veren elastik bir kılıf oluşturan sahte bir kılıf veya "paratenon" vardır. Bu yapı kan damarları ve sinirler açısından zengindir ve tendon hareket ettikçe 2-3 cm esneyebilir (Winnicki vd., 2020).

AT, kendisini oluşturan kaslardan gelen duyu sinirleri ve komşu kutanöz sinirler, özellikle de sural sinirden gelen ince dallar tarafından innerve edilir. Paratenon, tendonun

kendisinden daha zengin bir inervasyona sahip olmakla birlikte propriyosepsiyonda önemli rolü olan Pacinian cisimciklerini içerir. Golgi tendon organları (GTO), kasta ve miyotendinöz bileşkeye yakın bir yerde bulunurken, kas içcikleri tendonda daha distaldedir (Maffulli ve Almekinders, 2007).

2.3. Denge

Postürün korunmasından karmaşık spor becerilerinin yürütülmesine kadar değişen çeşitli motor becerilerin önemli bir bileşeni olan denge; statik ve dinamik olmak üzere iki ana başlıkta incelenmektedir (Davlin, 2004). Statik denge, minimum hareketle destek tabanını sürdürme yeteneği olarak bilinirken; dinamik denge ise, sabit bir pozisyonu korurken bir görevi yerine getirme ya da dengesiz bir yüzey üzerinde minimum hareketle dengeyi sağlama ve sürdürme becerisidir (Ricotti, 2011). Denge sisteminin fonksiyonel hedefleri; oturma veya ayakta durma gibi belirli bir postüral dizilimin sürdürülmesi, farklı postürler arasındaki hareket geçişleri gibi istemli hareketlerin kolaylaştırılması ve takılma, kayma vb. gibi dış etkenlere karşı dengeyi yeniden sağlayan tepkilerin açığa çıkmasıdır. İyi bir denge, yalnızca postüral stabiliteyi korumada değil; aynı zamanda ayakta durma, sandalyeden kalkma, yürüme ve dönme gibi mobilitayla ilişkili çeşitli günlük yaşam aktivitelerini güvenli bir şekilde gerçekleştirebilmek için de gereklidir (Mancini ve Horak, 2011). Propriyoseptif keskinlik ve hassas nöromusküler motor kontrol, dengenin korunması için gereklidir. Dengenin sürdürülebilmesi, hassas motor kontrolün yanı sıra propriyosepsiyonla ilgili fizyolojik sistemlerdens gelen afferent bilgilerin algılanmasını ve entegrasyonunu da gerektirir (Hurley vd., 1998). Hem statik hem de dinamik denge; görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerden gelen duyuusal bilgilerin entegre edilmesini gerektirir (Davlin, 2004).

2.3.1. Vestibüler Sistem

Duyusal ve motor fonksiyonları olan vestibüler sistem; vestibüler organ ile medulla oblongata'daki vestibüler çekirdekler ve bu yapılar arasındaki yollardan meydana gelir. Membranöz labirent içinde yer alan vestibüler organlar, yapısal ve fonksiyonel olarak statik ve kinetik labirent olmak üzere 2'ye ayrılır. Statik labirentte otolit organlar olarak da tanımlanan utrikulus ve sakkulus yer alır. Otolitler, jelatinöz bir kitle içerisindeki tüylü hücreler içeren makulayı içerir. Bunlar başın doğrusal (lineer) hareketleriyle ilgili uyarılar üretir. Ayrıca, postüral salınımlar sırasında yavaş baş hareketlerine yanıt vererek ve vücudun aldığı postüre uygun şekilde başı

pozisyonlayarak, statik dengenin korunmasına yardım eder. Kinetik labirent semisirküler kanallarla ilişkilidir ve üç düzlemli açısal akselerasyonları algılamada rol alır. Birbirini tamamlayan bu yapılar dengenin oluşumunda görevlidir (Day ve Fitzpatrick, 2005; Seeley, Stephens ve Tate, 2005; Shumway-Cook ve Woollacott, 2007) Kanalların içerisinde yer alan kristal parçacıkların hareketleri daha çok başın rotasyonel hareketlerinden etkilenir, aynı zamanda vücut hareketleriyle de aynı yönlüdür. Bu işleyiş dinamik dengenin sağlanmasında rol oynar. Vestibular refleksler; postüral stabilitenin kurulmasında rol alır. Vestibülo-oküler refleks, baş ve göz hareketleri arasındaki koordinasyonun sağlanmasında görev alırken, vestibülo-spinal refleksin işlevi dengeyi korumak için hareket sırasında postüral kontrolü ayarlamaktır (Smith, 2017; Şahin, 2009).

Primer afferentlerden gelen vestibüler girdilerin iki ana hedefi vardır. Birinci hedef olan vestibüler nükleer komplekste, gelen afferent bilgi ile motor nöronlar arasında doğrudan ve hızlı bir şekilde bağlantılar kurulur. Diğer hedef ise, vestibüler performansı takip eden ve gerektiğinde vestibüler işlemeyi yeniden ayarlayan serebellumdur. Her iki durumda da vestibüler duyuşal girdi somatosensoriyel ve görsel girdilerle bağlantılı olarak işlenir (Herdman, 2013).

2.3.2. Görsel (Vizüel) Sistem

Görsel sistem; gözleri, yardımcı yapıları ve görsel bilgiyi ileten aksiyon potansiyellerinin yorumlandığı serebral kortekse uzanan afferent nöronları içerir. Çevremizdeki dünya hakkında edindiğimiz bilgilerin çoğu bu sistem tarafından algılanır (Purves vd., 2018). Bu sistemin denge korunumuna katkısı diğer sistemlere oranla daha az olmakla birlikte, özellikle denge görevinin zorlaştığı durumlarda rolü ve önemi artar (Waterston vd., 1993). Görsel bilgi, nesneleri boşlukta tanımlama ve hareketlerini belirlemede rol oynar. Bu nedenle daha çok eksteroseptif bir uyaran olarak gruplandırılrsa da vücudun uzaydaki pozisyonu, bir vücut bölümünün diğeriyle olan ilişkisi ve vücudun hareketi hakkında da bilgi sağlar. Görsel girdiler, başın çevredeki nesnelere göre konumu ve hareketiyle ilgili bilgi verir (Shumway-Cook ve Woollacott, 2007).

Görsel sistemin üç bileşeni vardır: merkezi görsel sistem, çevresel görsel sistem ve retinal kayma. Merkezi görsel sistem nesne hareketini algılama ve nesneyi tanımlamada rol oynarken, çevresel görsel sistem hareket sahnesine duyarlıdır ve hem

kendi kendine hareket algısına hem de postüral kontrole hakimdir. Afferent hareket algısının bir parçası olan retinal kayma, merkezi sinir sistemi (MSS) tarafından kişinin yer değiştirmesiyle ilişkilendirilir ve kompensatuar salınımlar için geri bildirim olarak kullanılır (Gaerlan vd., 2012). Retinadaki çubuk ve koni hücrelerinde bulunan ve ışığa karşı duyarlı olan özel duyu reseptörlerine gelen uyarılar, optik sinirler aracılığıyla serebrumun oksipital lobunda yer alan görme korteksine giderek burada işlenir ve böylece uzaydaki konum ve hareketin yönü belirlenerek denge sağlanır (Kılıç, 2008).

2.3.3. Somatosensoriyel Sistem

Somatosensoriyel sistemin iki ana bileşeni bulunmaktadır. Bunlardan birincisi mekanik uyarıları (hafif dokunma, titreşim, basınç vb) algılarken, diğeri ağrılı uyarıları ve sıcaklığı algılamakla görevlidir. Bu iki alt sistem birlikte çalışarak, insanlara nesnelerin şekillerini ve dokularını tanımlama, herhangi bir anda vücuda etki eden iç ve dış kuvvetleri gözlemlene ve potansiyel olarak zararlı durumları tespit etme yeteneği kazandırır. Bu sistem; mekanoreseptörler ve propriyoseptörlerden afferent yollarla gelen uyarılar aracılığıyla dengeye katkıda bulunur. Dış uyarıların mekanosensoriyel olarak işlenmesi, yorumlanması ve bununla ilgili bilginin MSS'ye aktarılması vücut yüzeyinde bulunan çeşitli deri ve deri altı mekanoreseptörlerin aktivasyonu ile başlatılır. Kaslarda, eklemlerde ve diğer derin yapılarda bulunan ve propriyoseptörler olarak adlandırılan diğer reseptörler ise kas-iskelet sistemi tarafından üretilen mekanik kuvvetleri gözlemler. Mekanosensoriyel bilgi, parietal lobun postsentral girusundaki birincil somatik duyu kortekse ulaşmak için spinal kord, beyin sapı ve talamus boyunca paralel olarak ilerleyen çıkan yollarla beyne taşınır (Purves vd., 2018).

Spinal kordun arkasında funiculus posterior yer alır. Gelen uyarı arka kökten (spinal gangliyondan) girer ve arka kökteki sinirler aracılığıyla yukarıya iletilir. Arka kökteki diskriminasyon, propriyosepsiyon ve vibrasyondan sorumlu sinirler; fasciculus cuneatus (T6 ve üstü - lateralde) ve fasciculus gracilis (T6 altı - medialde)'dir. Yukarıya ilerleyen afferent sinirler, nucleus cuneatus ve nucleus gracilisin bulunduğu bulbusa kadar ilerler ve nucleuslardan sonra çapraz yaparak talamusa devam eder. Talamusta 3. motor nöron aksonlarıyla sinaps yaparak serebral kortekse geçiş yapar ve buradaki duyu korteksine (postsentral girus – Brodmann 3,1,2) gider. Bu afferent yol dışında; spinoserebellaris anterior, spinoserebellaris posterior ve cuneoserebellaris bulunur. Spinoserebellar yollar, alt ekstremiteden aldığı duyu bilgilerini serebral kortekse uğramadan

seviyedeki bileşenler, MSS'nin planlama yapmasına yardımcı olmak için geri bildirim sinyalleri gönderir (Chang ve Kulig, 2015).

2.3.4. Dengenin Değerlendirilmesi

Denge değerlendirmesi fonksiyonel ve fizyolojik denge testleri olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir:

Fonksiyonel denge testleri, dengeyi ve herhangi bir müdahale ile dengede meydana gelen değişiklikleri belirlemek için kullanılır. Genellikle bir dizi motor görevdeki performans puanlanır ya da belirli bir pozisyondaki dengenin korunabildiği süre hesaplanır. Berg denge skalası fonksiyonel değerlendirmede altın standart olarak kabul edilirken; Tinetti denge ve yürüyüş değerlendirmesi, Süreli kalk - yürü testi, fonksiyonel uzanma testi ve yıldız denge testi gibi değerlendirme yöntemleri de bu başlık altında yer alır (Mancini ve Horak, 2011).

Fizyolojik denge değerlendirmeleri ise laboratuvar ortamında gerçekleştirilir ve daha objektif sonuçlar ortaya koyar. Bu yöntemlerle vücut salınım hızları ve dengedeki değişiklikler hassas bir şekilde tespit edilerek postüral kontrol bileşenleri ayrıntılı biçimde değerlendirilir. İzokinetik denge ölçüm sistemleri, statik ve dinamik platformlar üzerinde vücudun öne-arkaya ve yanlara olan postüral salınımlarını belirlemede tercih edilir. Üç boyutlu video analizleri, statik - dinamik postürografiler ve giyilebilir hareket sensörleri bu başlık altında ele alınır (Mancini ve Horak, 2011; Panjan ve Sarabon, 2010).

2.4. Propriyosepsiyon

Propriyosepsiyon kelimesi, Latince “kişinin kendine ait” anlamına gelen “proprius” ve algı kavramının birleşmesiyle oluşmuştur. Dilimize tam çevirisi “kişinin kendi benliğini algılaması” şeklindedir (Hillier, Immink ve Thewlis, 2015).

1906 yılında Charles Scott Sherrington somatosensoriyel sistemin fonksiyonlarını açıklarken "propriyosepsiyon", "interosepsiyon" ve "eksterosepsiyon" terimlerini ortaya atmıştır. Eksteroseptif duyu; kişinin direkt dış dünya ile olan etkileşimi sonucunda ortaya çıkan duyulardır. En önemlisi dokunma (taktıl) duyusudur. Termoseptif ve ağrı duyusu da bu gruba girer. İnteroseptif duyu, vücudun iç organlarından gelen visseral duyulardır.

pH ve kan gazlarına hassas kemoreseptörler tarafından algılanırlar (Boerboom vd., 2008; Hall, 2017; Moon vd., 2021).

Kas uzunluğu, kas gerilimi, eklem açısı ve bunlarda meydana gelen değişikliklerden elde edilen periferik duyu girdilerin toplamı yoluyla elde edilen propriyosepsiyon; ekstremite pozisyonunun, oryantasyonunun ve hareketin algılanması olarak tanımlanır. Kas kontrolü, hareketin kesinliği, denge ve eklem stabilitesi için gereklidir (Arvin vd., 2015; Macefield, 2021). Herhangi bir durumda muskuloskeletal yapılar üzerinde; yer çekimi, atalet ve reaksiyon kuvvetleri gibi eksternal kuvvetlerin etkisi bulunmaktadır ve bu kuvvetlere karşı koyan internal kuvvetlerle birlikte dengelenirler. İyi bir propriyosepsiyon, yapılar üzerinde meydana gelebilecek aşırı bir yüklenmenin üstesinden gelmek için kas-iskelet sisteminin tüm bileşenlerinin dengede olduğu anlamına gelir (Ergen, 2007). Direnç eğitiminden elde edilen kuvvet kazanımlarının hem kassal hem de nöral adaptasyonlar sonucu meydana geldiği bildirilmektedir. Nöral adaptasyonlar; kas kasılmasının refleks motor ünite fasilasyonunu, gelişmiş motor ünite senkronizasyonunu ve GTO'nun inhibisyonunu içermektedir ve bunların tümü propriyosepsiyon üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir (Moritani ve DeVries, 1979 ;Thompson vd., 2003). Birkaç çalışma, nöral adaptasyonların kuvvet antrenmanının ilk 6-8 haftasında meydana geldiğini göstermiştir. Kontrollü hareket paternlerinin daha fazla duyu geribildirim gerektirmesinden dolayı, propriyosepsiyonda artış olabileceği düşünülmektedir. Düzenli uygulama veya kompleks hareket paternlerinin eğitimi, vücudun afferent girdiye olan güvenliğini artırabilir ve bu da periferik duyu reseptörlerinin yeniden duyarlılaşmasına yol açabilir. Bu nedenle, farklı türdeki egzersizler sonucunda meydana gelen propriyosepsiyondaki artışın, kas yüklenmesinden bağımsız olarak egzersizleri gerçekleştirmek için gereken koordineli motor paternlerden kaynaklanabileceği üzerinde durulmaktadır (Thompson vd., 2003).

Görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemler 6. his olarak da adı geçen propriyosepsiyonda görev alırlar. Propriyosepsiyon; MSS tarafından ekstremite ya da eklem uzaydaki pozisyonunun, hareketinin ve ilgili bölgeye etkiyen kuvvetlerin algılanması ve eklemi en güvenli durumda tutacak yanıtların oluşturulmasıdır. Kısacası vücut bölümlerinin uzaydaki konumundan bilinçli ve bilinçaltı haberdar olma yeteneğidir. Propriyosepsiyon, görme duyusu ortadan kalktığında eklemlerin hangi pozisyonda olduğunu algılamaya ve ayakta dururken dengeyi sağlamaya yarar (McGee,

2018; Seeley, Stephens ve Tate, 2005). Duyusal nöronlar – reseptörler ve kortikal yapılardaki daha derin nöronlardan oluşan somatosensoriyel sistemin reseptörleri termoreseptörler, fotoreseptörler, mekanoreseptörler ve kemoreseptörler olmak üzere sınıflandırılır. Bu reseptörler; deri, iskelet kasları, kemikler, eklemler, iç organlar ve kardiyovasküler sistemden aldıkları çeşitli somatik duyuları (propriyoseptif, taktıl, termal, nosiseptif bilgiler...) kortikal yapılara iletirler. Meissner, Pacini, Rufini korpüskülleri ve Merkel diskleri MSS'ye dokunma, basınç, vibrasyon ve kutanöz gerilim hakkında spesifik bilgi sağlarlar. Kas ve eklemlerdeki mekanoreseptörler vücudun postürü ve hareketi hakkında bilgi sağlayarak propriyoseptörlere yardımcı olur (Deshpande vd., 2003; Kaya, Yosmaoglu ve Doral, 2018).

Bilinçli propriyosepsiyon; eklemden yer alan propriyoseptörler aracılığıyla serebral kortekse duyusal bilgi sağlar ve bu bilgiyle kinestezinin bilinçli farkındalığı sağlanır (Siegel ve Sapru, 2015). Eklem pozisyon hissi (EPH), kinestezi ve gerilim hissi bilinçli propriyoseptif duyunun alt başlıkları olarak kabul edilir (Baker vd., 2002). EPH, vücudun farklı segmentlerin birbirlerine göre pozisyonlarının farkındalığı iken; kinestezi eklem hareketlerinin hızını ve yönünü tahmin edilebilme yeteneği olarak tanımlanır (Hall, 2017).

Kas aktivitesi, motor ve duyusal nöronlar arasındaki etkileşimle hassas bir şekilde kontrol edilir. Bilinçsiz propriyosepsiyon; kas, tendon ve eklemlerdeki reseptörlerden motor sisteme geri bildirim sağlar. Hareketleri kontrol etmek için gerekli olan bilinçsiz propriyosepsiyonla görevli propriyoseptörler, kas içiği ve GTO'da bulunur ve buradan kaynaklı uyarılar serebral kortekse değil, serebelluma iletilerek farkındalık olmadan beden pozisyonu hakkında bilgi edinilir. Kas içikçikleri; iskelet kası liflerine paralel olarak dizilir ve kinestezi hakkında bilgi sağlar. Kas lifi uzunluğu-gerimi hakkında bilgi verir ve kasta en fazla bulunan reseptördür. GTO; kas-tendon bileşkesinde bulunan duyusal reseptörlerdir ve kas-tendon kompleksindeki gerilime karşı duyarlıdır. Kas kısaldığında ya da gerildiğinde oluşan kuvvete, gerime ve hıza hassas olan GTO, yaralanma potansiyelini azaltmak için koruyucu bir mekanizma oluştururlar. Aktive edilen kastaki gerilim yaralanma için potansiyel risk oluşturan seviyelere ulaştığında, GTO'nun aktivitesi artar ve agonist kasların kasılması engellenirken, antagonist kasların aktivitesi artırılarak kas kasılmasının gücünü azaltma işlevi görür (Hall, 2017; Hoffman ve Ratamess, 2008; Purves vd., 2018; Siegel ve Sapru, 2015).

Sensorimotor sistem, fonksiyonel eklem stabilitesinin korunmasında yer alan duyuşsal, motor ve merkezi entegrasyon ve işleme bileşenlerini kapsar. Duyuşsal bilgi (propriyosepsiyon), afferent yollardan MSS'ye gider ve sinir sisteminin diğer seviyelerinden gelen girdilerle entegre olarak, koordineli hareket kalıpları ve fonksiyonel stabilite için hayati önem taşıyan efferent motor yanıtları (nöromusküler kontrol) ortaya çıkarır. Periferik sinir sistemiyle birlikte hareketin istemli kontrolünü sağlar ve efferent liflerden oluşur (Myers ve Lephart, 2000).

2.4.1. Propriyoseptif Sistemin Nöroanatomik Bileşenleri

Deri, kas ve eklemlerden gelen propriyoseptif afferent yollar dorsal kökler aracılığıyla spinal korda girer ve sonrasında 3 farklı yol izleyerek sırasıyla spinal kordun ventral gri cevherine, serebelluma ve serebral kortekse geçer. Spinal kord; eklemleri potansiyel negatif streslere karşı koruyucu refleksler üretmek için Aα ve özellikle Aγ motor nöronlarına propriyoseptif afferent bağlantılardan oluşur. Serebellum; postür, denge ve hareketin bilinçaltı düzenlenmesinde görev alır. Serebral korteks; algılamaya izin veren yani propriyosepsiyonla sonuçlanabilen tek afferent hedeftir. Alt ekstremitelerden gelen propriyoseptif bilgiyi dorsolateral beyaz kolondaki spinomedüller yolla alırken, üst ekstremiteden gelenler büyük ölçüde dorsal beyaz kolondaki cuneat yol ile iletilir (Stillman, 2002).

2.4.2. Propriyosepsiyonun Değerlendirilmesi

Propriyosepsiyonu değerlendirmek için geliştirilmiş birçok test bulunmaktadır.

Spesifik testler

EPH testleri, bir eklemin önceden belirlenmiş bir hedef açıda yeniden pozisyonlanmasındaki hassasiyeti/doğruluğu değerlendirir. Kinestezi testlerinde pasif hareket algılama eşiği, hareket diskriminasyon testleri veya takip görevinin keskinliği kullanılarak eklem hareketini algılama becerisi değerlendirilir. Pasif ve aktif pozisyon hissi testlerinde, hareketi tanımlama ve tekrar etmedeki doğruluk; takip etme ve hedef bulma testlerinde (parmak-burun testi, diz-topuk testi vb.) ise hedef konumun ve izlenen yolun doğruluğu değerlendirilir (Stillman, 2002). Kuvvet algılama testleri, önceden oluşturulmuş ve belirlenmiş submaksimal kuvvet miktarını algılama ve üretme yeteneğini değerlendirmede tercih edilir (Röijeon, Clark ve Treleaven, 2015).

Non-spesifik testler

Denge testleri gibi fonksiyonel testler sıklıkla potansiyel propriyoseptif bozuklukları öngörmede kullanılır. Ancak bunlar vücudun tüm bölgelerini ve diğer duyuşsal ve motor işlevleri içerdüğinden propriyosepsiyona veya bir vücut bölümüne özgü testler değildir (Röijezon, Clark ve Treleaven, 2015).

Değerlendirmede kullanılan cihazlar

Klinik değerlendirmelerde sıklıkla kullanılan gonyometre, inklinometre, basınç sensörleri ve lazer işaretleyiciler uygun fiyatlı ve kullanımı oldukça pratik ve kolay olan aletlerdir. Ayrıca günümüzde, ivmeölçer ve jiroskoplara sahip akıllı telefonlar, Kinect gibi kamera sistemleri, Wii Denge Tahtası ve diğer video tabanlı teknolojilere de değerlendirilmede yer verilmektedir (Clark, Röijezon ve Treleaven, 2015).

2.5. Kas Kuvveti

Çok yönlü bir beceri olan kuvvet, dış dirence karşı kasın güç üretebilme yeteneği olarak tanımlanır. Genel sağlık ve fiziksel uygunluğun önemli bir bileşeni olan kas gücü, yetişkinlerde yaşla birlikte azalan ve çeşitli hastalık durumlarından olumsuz yönde etkilenen bir vücut fonksiyonudur (Bohannon, 2019). Bir kasın veya kas grubunun belirli bir hareket paterninde ve hızında üretebileceği maksimum kuvvet miktarı olan kas kuvveti, kas gücü fonksiyonu olarak da tanımlanır (Knuttgen ve Kraemer, 1987).

Kas kuvvetinin temel belirleyicileri; kasın yapısal özellikleri, boyu ve kısalma-gerilmesinin hızıdır. Yapısal açıdan bakıldığında, büyük bir kasın daha güçlü olduğu düşünülür. Ancak kas fibrillerinin diziliminden kaynaklı olarak, eşit boyutlardaki kasların tamamen farklı kuvvet üretebilme yetenekleri bulunur. Anlık kas uzunluğu da kuvvet için önemli bir belirleyicidir. Kasın uzunluğu direkt olarak vücut pozisyonundan yani eklemlerin açısal değerlerinden etkilenir. Örneğin, diz ekstansör kasları 60-70 derecelik fleksiyonda 10 derecelik fleksiyona göre 5-10 kat daha fazla kuvvet açığa çıkarır. Bu nedenle fiziksel bir performans sırasında, vücut pozisyonu ve ekstremitelerin oryantasyonu optimal kassal kuvvetin sağlanmasında anahtar rol oynar (Kumar, 2004).

2.5.1. Kas Kuvveti Değerlendirmesi

Kas kuvvetinin değerlendirilmesi 3 ana grupta incelenebilir: Manuel kas testi, saha testleri ve dinamometre.

En sık Kendall and Kendall tarafından geliştirilen manuel kas testi kullanılmaktadır. Gözlem, palpasyon ve değerlendiricinin kuvvet uygulaması aracılığıyla kas kuvvetini belirleyen manuel kas testinde, kuvvet 0-5 arasında derecelendirilir (Koo, 2022). Hareket olmadığında, değerlendirilen kasların aktif olup olmadığını ayırt etmek için palpasyon ve gözlemden faydalanılır. Hareket varlığında, tamamlanan eklem hareketi oranı gözlemlenir. Tüm eklem hareketi tamamlanıyorsa, değerlendirici tarafından direnç verilerek kas kuvveti belirlenir (Bohannon, 2019).

El dinamometresi, kuvvet ölçümü için etkili, objektif, hassas ve uygun fiyatlı olan alternatif bir yöntemdir. Değerlendirici küçük ve portatif bir cihaz olan el dinamometresi aracılığıyla maksimal izometrik kontraksiyon sırasında kas kuvvetini değerlendirir. Manuel kas testine göre daha hassas sonuçlar veren bu yöntemle tüm ekstremitelerde hem proksimal hem de distal kasları test edilebilir. Kavrama gücünü test etmek için spesifik dinamometreler bulunmaktadır (Mendoza ve Miller, 2003). İzokinetik dinamometri, belirli bir hızdaki hareket esnasında maksimal tork üretimini değerlendirir. İzokinetik testlerin, kuvvet kaybının belirlenmesinde izometrik testlere göre daha hassas ölçümler olduğu söylenebilir (Bohannon, 2019).

Saha testlerinde, vücut ağırlığı direnç olarak kullanılır ve performansı belirlemek için birincil çıktı olarak fonksiyonun süresi ve tekrarı esas alınır. 5 kez otur-kalk testi, 30 sn süreli otur-kalk testi ve topuk yükseltme testi bu başlık altında değerlendirilebilir (Bohannon, 2019).

2.6. Kas ve Tendon Kalınlığı

Kas kalitesi genellikle kas fonksiyonu ve kas kütlesi arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Song vd., 2020). Kasların kuvvet uygulama kapasitesi olarak tanımlanan kas kuvveti, günlük yaşamda karşılaşılan birçok görevin yerine getirilmesi için son derece önemlidir ve büyük ölçüde kas boyutunun yapısal bileşenlerinden biri olan kas kalınlığından etkilenir (Carroll, Riek ve Carson, 2001). Ward'a göre (2009), bir iskelet kasının yapısı, işlevinin en iyi göstergesidir (Ward vd., 2009).

Kas kütlesi ve enine kesit alanındaki (EKA) artış kas hipertrofisi olarak adlandırılır. Hipertrofik süreç boyunca, büyümeyi desteklemek amacıyla kontraktil

elemanlarda ve ekstraselüler matrikste genişleme meydana gelir. Büyüme; sarkomerlerin eklenmesi, kontraktil olmayan elemanların ve sarkoplazmik sıvının artırılması ve uydu hücre aktivitesinin güçlendirilmesi ile gerçekleşir (Schoenfeld, 2020).

Egzersize bağlı kas hipertrofisi, mekanik kuvvetlerin hücre içi anabolik ve katabolik yollara aracılık eden kimyasal sinyallere dönüştürüldüğü ve sonuçta kas protein dengesinde yıkım yerine sentezi destekleyen bir kaymaya yol açtığı mekanotransdüksiyon adı verilen bir fenomen tarafından düzenlenir. Böylece, tek tek liflerin çapını artıran ve buna sekonder olarak tüm kas kesit alanında bir artışla sonuçlanan miyofibriler kontraktil proteinleri birikir. Hem endurans odaklı yavaş kasılan Tip I lifler hem de kuvvet odaklı hızlı kasılan Tip II lifler hipertrofi yeteneğine sahip olmasına rağmen, hızlı kasılan liflerin hipertrofi kapasitesi, yavaş kasılan liflerden yaklaşık %50 daha fazladır. Hipertrofik adaptasyonun boyutu bireyler arasında değişiklik gösterir (Ogborn ve Schoenfeld, 2014).

Egzersiz ve koordineli muskuloskeletal hareketler sırasında, kuvvetin kastan kemiğe iletilmesinde çok önemli olan tendonlar; fiziksel aktivite sırasında önemli kuvvetlere dayanabilir. Kas tarafından üretilen kuvvet ne kadar büyük olursa, tendon yoluyla iletilen stres de o kadar büyük olur. Zamanla mekanik yükteki değişikliklere uyum sağlayabilen tendonlar, uzun süreli yüklenmeden kaynaklanan pozitif tendon plastisitesi gösterirler (Buchanan ve Marsh, 2002; Maffulli vd., 1987; Magnusson, Hansen ve Kjaer, 2003). Bununla birlikte, tekrarlayan fiziksel aktivite aşırı kullanım yaralanmalarına neden olabilir. Sık egzersiz yapan bireylerde tekrarlayan travmalarla birlikte tendonun maruz kaldığı mekanik mikrotravma, tendonda çeşitli dejeneratif değişikliklere yol açabilmektedir. Egzersiz yoğunluğundaki ve tendona binen stresteki artış mikro yırtılmalara neden olur. Tendon, hipertrofi ile sonuçlanan küçük bir yaralanma ve onarım süreciyle kendini sürekli olarak yeniden şekillendirir. Bu nedenle sık egzersiz yapan bireylerde tendon kalınlığının sedanter bireylere oranla daha kalın olabileceği söylenmektedir (Ying vd., 2003). Benzer olarak uzun süreli egzersizin tendon kalınlığını artırıcı yönde bir etkisinin olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (Buchanan ve Marsh, 2002; Fredberg vd., 2007).

2.6.1. Kas ve Tendon Kalınlığı Değerlendirmesi

Kas ve tendon kalınlığını değerlendirme yöntemleri, makroskopik ve mikroskopik olarak iki başlık altında incelenir. Egzersiz biliminde en sık kullanılan makroskopik yöntemler arasında; B-mode ultrasonografi ile kalınlık değerlendirmesi ya da kasın EKA değerlendirmesi, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme ve dual enerjili X-ışını absorpsiyometrisi ile yağsız vücut kütlesi değerlendirmesi yer alır. Kas biyopsisi ise mikroskopik bir değerlendirme yöntemi olarak kullanılabilir. Bu yöntem, belirli bir müdahalenin farklı kas lifi tiplerine spesifik etkileri hakkında daha fazla bilgi sağlar. Makroskopik yöntemlerin en büyük avantajı güvenilirliklerinin yüksek olmasıdır, kas biyopsisi daha hassas bir ölçüm sunar. USG'nin uygulamada beceri gerektirmesi, bilgisayarlı tomografinin yüksek radyasyon maruziyeti yaratması, manyetik rezonans görüntülemesinin ise yüksek maliyetli oluşu makroskopik yöntemlerin limitasyonları olarak sıralanabilir. Kas biyopsisinde ise aynı bölgeden iki kez biyopsi yapılmasında karşılaşılan zorluklar söz konusudur (Haun vd., 2019).

2.7. Egzersiz

Egzersiz; planlı, yapılandırılmış, tekrarlı ve fiziksel uygunluk parametrelerinin bir ya da birkaçını geliştirmek/koruyak amacıyla yapılan fiziksel aktivite olarak tanımlanabilir. Düzenli yapılan fiziksel aktivite/egzersizin vücut sistemleri üzerindeki olumlu etkileri: Kardiyovasküler ve kardiorespiratuar fonksiyonlarda, iyi hissetme halinde, iş-rekreasyonel ve spor aktivitelerinde performansta artış; morbiditede, mortalitede, koroner arter hastalık riskinde, anksiyete ve depresyonda azalma şeklinde özetlenebilir (Porcari, Bryant ve Comana, 2015).

Etkili bir egzersiz programının genel prensipleri şu şekilde sıralanabilir:

- Özgüllük prensibine göre; belirli bir sonucu elde etmek için buna spesifik bir şekilde egzersiz programını planlamak gerekir. Mesela amaç bir maksimum tekrarın artırılmasıysa; egzersiz frekansı, şiddeti ve durasyonu buna spesifik belirlenmelidir.
- İlerleyici yüklenme prensibine göre; kaslar belirli bir yüklenme yoğunluğuna alıştıkça egzersiz programının yoğunluğu da sürekli olarak artırılmalıdır. Bu kaldırılan ağırlığın, yapılan tekrar sayısının veya toplam set sayısının artırılması

şeklinde sağlanabileceği gibi setler arasındaki dinlenme süresinin azaltılması şeklinde de olabilir. Kaslara yüklenen stresi sürekli olarak artırmak, kasın kuvvetini artırmasını sağlar ve durağanlığı önler.

- Bireysellik prensibine göre; herhangi bir egzersiz programı, tasarlandığı kişinin özel ihtiyaçlarını, hedeflerini ve yeteneklerini dikkate alarak planlanmalıdır.
- Varyasyon prensibine göre; program ne kadar efektif olursa olsun bu etki kısa süreli olacaktır. Birey spesifik bir egzersiz programının sağlayacağı özel adaptasyonları deneyimledikten sonra kaslara yeni bir uyarı uygulanmalıdır, aksi takdirde ilerleme duracaktır.
- Sürdürülebilirlik prensibine göre; birey hedefine ulaştığında bu seviyeyi korumak için daha az çalışması yeterli olacaktır. Eğer seviyenin korunması amaçlanıyorsa, antrenman sıklığı azaltılabilir.
- Tersine çevrilebilirlik prensibine göre; egzersiz programı durdurulduğunda veya minimum frekans ve şiddette sürdürülmediğinde, kuvvet ve/veya hipertrofide meydana gelen adaptasyonlar ilerlemeyi durduracak, hatta zamanla başlangıç seviyesine geri dönecektir (Stoppani, 2023).

Egzersiz programının beş temel komponenti; frekans, durasyon, egzersiz şiddeti, egzersiz türü ve ilerlemedir. Bu komponentlerin uygun kombinasyonları ile genel ya da spesifik programlar planlamak mümkündür. İyi bir egzersiz programının anahtarı; bireylerin hoşuna giden, yeterli sıklık, durasyon ve gelişimi sağlayacak şiddetteki aktiviteleri seçmektir (Skinner, 2015).

2.7.1. Dirençli Egzersizler

Dirençli egzersizler (DE), spesifik iskelet kas gruplarının eksternal dirence karşı istemli aktivasyonunu içeren egzersiz türüdür. II. Dünya Savaşı'nın sonlarında DeLorme yaralı askerlerin rehabilitasyon süreçlerinde ilerleyici DE denemiş ve birkaç yıl sonra Watkons'la birlikte uzun dönem DE'nin etkileri üzerine ilk bilimsel makaleyi yayınlamıştır. İlk başlarda DE daha çok vücut geliştirmeciler tarafından tercih edilse de birçok sağlık kuruluşu tarafından tavsiye edilmesiyle birlikte popüler bir egzersiz şekli haline gelmiştir (ACSM, 2013).

DE'nin genel kullanım amaçları; kas kuvveti, hipertrofi, güç, lokal musküler endurans, kas tonusu, genel sağlık ve kondisyon, hız ve çeviklik, denge/koordinasyon ve esnekliği artırma; vücut yağ oranı ve yaralanma riskini düşürme şeklinde özetlenebilir. Bunun yanı sıra rehabilitasyon amaçlı kullanımı da söz konusudur (Hoffman ve Ratamess, 2008).

DE programı planlanırken; direnç, toplam set ve tekrar sayısı, seçilen egzersizlerin yapısı-türü, egzersizlerin sırası, setler arasındaki dinlenme aralıkları, tekrar hızı ve antrenman sıklığı gibi çeşitli akut değişkenleri göz önünde bulundurulur. Bu değişkenlerden bir veya birkaçını değiştirmek, antrenman uyaranlarını etkileyecek ve DE programlarını çeşitlendirmek ve katılımcı motivasyonunu korumak/artırmak için uygun koşulların sağlanmasını kolaylaştıracaktır. Bu nedenle DE programı, hedefe yönelik her değişkenin modifikasyonunu içerir (Kraemer ve Ratamess, 2004).

2.7.2. Plyometrik Egzersizler

Plyometrik egzersizler (PE), Rusya ve Doğu Avrupa'da atletizm sporcularının antrenmanlarında uzun yıllardır kullanılmaktadır. Rusya'da tanınmış bir atletizm antrenörü olan Verkhoshanski, şok antrenmanı ya da sıçrama antrenmanı olarak adlandırdığı bu konsepti başlatmıştır ancak plyometrik tanımı ilk kez 1975 yılında Purdue Üniversitesi'nin eski kadın atletizm koçu Fred Wilt tarafından ortaya atılmıştır. Plyometrik kelimesi Yunanca'da artırmak anlamına gelen plythein/plyo ve ölçmek anlamına gelen metric kelimelerinden türetilmiştir (Davies, Riemann ve Manske, 2015; Kumar, 2017; Marwat vd., 2023; Verkhoshansky, 2018).

PE, temel olarak çeşitli zıplama hareketlerinden oluşur ve GKD aracılığıyla hız-kuvvet ve reaktif güç gibi nöromusküler özellikleri geliştirmek için yaygın olarak kullanılan bir egzersiz çeşididir. PE, kas liflerinin ve konnektif dokunun elastik özelliklerini, kasın yavaşlama evresinde enerji depolamasına ve hızlanma döneminde bu enerjiyi serbest bırakmasına izin verecek şekilde harekete geçirir ve sonuç olarak kaslar, geleneksel yavaş hızda direnç antrenmanı ile elde edilenden daha yüksek gerilimler altında çalıştırılmış olur. Birçok egzersiz PE olarak sınıflandırılabilir, özellikle alt ekstremiteler için zıplama, sıçrama ve düşme gibi dikey ve yatay atlama egzersizleri en yaygın olanlarıdır (Fatouros vd., 2000; Turner ve Comfort, 2022). Bu egzersizler; hız, kas kuvveti ve çeviklik gibi çeşitli fiziksel uygunluk parametrelerinde iyileşmeye neden

olurken yaralanmaların önlenmesine ve rehabilitasyon programlarına da katkı sağlayabilirler (Ramirez-Campillo vd., 2022).

PE, eksentrik bir kontraksiyonu ve ardından patlayıcı bir konsentrik kontraksiyonu içerir. Bu iki kontraksiyon arasındaki geçiş ise GKD'dir. PE'nin başlıca iki fizyolojik prensibi bulunmaktadır: Mekanik modele göre; kasın bir dizi elastik bileşeni gerilir ve eksentrik kas hareketleri esnasında bir yay gibi elastik enerji depolar. Kaslar hemen konsentrik hareket başlatırsa, depolanan enerji açığa çıkar ve oluşan toplam kuvvete katkıda bulunur. Nörofizyolojik modele göre; eksentrik hareketin neden olduğu kas gerilmesi, gerilme refleksinin de tetiklenmesine yol açan kas içiğini stimule eder. Bu gerilme refleksi, agonist kasın sonraki konsentrik kasılması sırasında daha fazla kuvvet üretme kabiliyetini artırır. Bu iki model PE'nin üç fazına entegre edilmiştir: İlk faz olan eksentrik (frenleme) fazda kas içikleri uyarılarak elastik enerji depolanır. İkinci fazda (Amortisman fazı) aktive olan kas içikleri spinal motor nöronları uyarır ve üçüncü faz olan konsentrik (itme) fazda ise iki model etkileşime girerek güçlü patlayıcı konsentrik kontraksiyonlar üretir (Davies, Riemann ve Manske, 2015).

Eksentrik fazda, kas-tendon ünitesinin kas içiği ve kas içindeki kontraktıl olmayan dokular gerilir. Kas bileşenlerinin bu şekilde uyarılması sıklıkla nörofizyolojik-biyomekanik tepki olarak adlandırılır. Bu faz gerilme büyüklüğü, gerilme hızı ve gerilme süresinden etkilenir. Bu değişkenlerden herhangi birinin modifikasyonu, eksentrik faz hareketi sırasında depolanan enerji miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır. Amortisman fazı, eksentrik fazın sonlanmasından konsentrik kas hareketinin başlamasına kadar geçen süreyi tanımlar ve toparlanma zamanı ya da PE'nin elektro-mekanik gecikme aşaması olarak da adlandırılır. Bu aşama ne kadar kısa olursa plyometrik hareket de o kadar etkili ve güçlü olur. Bunun nedeni depolanan enerjinin geçişte verimli bir şekilde kullanılmasıdır. Eğer amortisman fazı gecikirse, depolanan enerji ısı olarak boşa harcanır, gerilme refleksi aktive olmaz ve konsentrik kasılmanın sonucunda ortaya çıkan pozitif iş çok etkili olmaz. PE'nin birincil hedeflerinden biri, toparlanma fazına kadar geçen süreyi azaltmaktır. Konsentrik faz, ortaya çıkan güç üretimi performans aşaması olarak da adlandırılır ve PE'nin kolaylaştırılmış veya geliştirilmiş aşaması olarak kabul edilir. Bu son aşama, önceden gerilmiş kasların elastik özelliklerini kullanan biyomekanik tepki de dahil olmak üzere birçok etkileşimden kaynaklanır (Davies, Riemann ve Manske, 2015).

Özetle GKD'nin etkili kullanımı, eksentrik fazda kas-tendon ünitesinin hızlı bir şekilde gerilmesini ve kısa bir amortisman fazının olmasını gerektirir. PE, GKD ile oldukça güçlü bir ilişkiye sahiptir (Turner ve Comfort, 2022).

2.7.3. Yüksek Şiddetli Aralıklı Egzersizler

Son zamanlarda sürekli aerobik egzersize alternatif olarak yüksek şiddetli aralıklı egzersizlere (YŞAE) ilgi duyulmaktadır. Zaman yetersizliği sıklıkla egzersiz katılımının önünde önemli bir engel olarak gösterilmekte, bu nedenle de zaman açısından daha verimli bir yöntem olarak düşük-orta şiddetli toparlanma aralıkları ile kısa süreli şiddetli egzersizlerden oluşan YŞAE'nin üzerinde durulmaktadır (Logan vd., 2014). Günümüzde popüler bir konu olsa da ilk olarak 1912 yılları civarında olimpiyatlara hazırlanan profesyonel bir atletin interval eğitimden faydalandığı bilinmektedir. İlerleyen yıllarda farklı ülkelerden birçok olimpiyat sporcusunun egzersiz programlarında YŞAE'nin farklı protokollerine yer verdiği görülmektedir. 1960'larda özellikle blok antrenman periyodizasyonu yaklaşımlarına yer verilmesiyle birlikte sahadaki kullanımı açısından büyük bir gelişim gösteren YŞAE, 1980'li yıllara gelindiğinde sahada atletler tarafından sıklıkla tercih edilen bir egzersiz türü haline gelmiştir. 2000'li yıllarda ise saha çalışmalarının popüler konularından birisi konumundadır (Laursen & Buchheit, 2019).

YŞAE'nin hızlı iskelet kası remodellingini ortaya çıkarma gücü, yüksek düzeyde kas lifinin dahil olması ve özellikle tip II lifler üzerindeki stres potansiyeli ile alakalıdır. Kontraksiyonla ilişkili metabolik değişiklikler, sinyal iletiminde görevli çeşitli kinazları ve fosfatazları aktive eder. Bu sinyal yolları, mitokondriyal biyogenez ve metabolizmada yer alan spesifik koaktivatörlerin desteklenmesinde rol oynar (Gibala, 2007).

Orta yoğunlukta sürekli antrenmana göre daha fazla fizyolojik uyarı ve adaptasyon sağlayabildiği gösterilen YŞAE; mitokondriyal biyogenez, artan atım hacminde artış ve vasküler fonksiyonlarda iyileşme gibi fizyolojik adaptasyonları tetikler. YŞAE ile ilişkili fizyolojik adaptasyonlar, kardiyorespiratuar uygunluk, egzersiz performansı, iskelet kası oksidatif kapasitesi ve insülin duyarlılığı dahil olmak üzere çeşitli parametreleri olumlu yönde etkiler (Hough, 2021). Enerji sistemleri aracılığıyla enerji üretimine olan katkısı ve nöromusküler-muskuloskeletal sistemler üzerindeki yüklenme uygulanan YŞAE protokolüne bağlı olarak değişiklik gösterir. Egzersizlerin

şiddetini, süresini ve egzersiz aralıklarının sayısını modüle etmek fizyolojik uyarı büyük ölçüde değiştirebilir (Laursen & Buchheit, 2019).

Literatüre bakıldığında farklı türde egzersizlerin çeşitli alt ekstremité parametreleri üzerine etkilerini araştıran pek çok araştırmanın olduğu görülmektedir (Cheon vd., 2020; Grgic, Schoenfeld ve Mikulic, 2021; McKinlay vd., 2018; Sankarmani vd., 2012; Vissing vd., 2008). Bununla birlikte farklı türde egzersizlerin kas ve tendon kalınlığı üzerine etkilerine dair çok az bilgi mevcuttur. Özellikle YŞAE programlarının kas ve tendon kalınlığı üzerine etkileri konusunda literatürde ciddi bir boşluk söz konusudur. Bu nedenle çalışmamız YŞAE programlarının ve farklı türde egzersizlerin kas ve tendon kalınlığı üzerindeki etkinliğini belirlemek/karşılaştırmak yönünden literatüre katkı sağlamaktadır.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Sağlıklı genç erişkinlerde farklı egzersiz türlerinin denge, propriyosepsiyon, alt ekstremité kas kuvveti, kas ve tendon kalınlığına olan etkilerini araştırmak amacıyla yapılan çalışmamız randomize ve tek-kör olarak planlandı.

3.2. Araştırma Evren ve Örneklemi/Araştırma Materyali

Çalışma için Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi içerisinde duyuruya çıkıldı ve dahil edilme-dışlanma kriterlerine uyan bireylere çalışmanın amacı ve yapılacak uygulamalar açıklandı. Katılmayı gönüllü olarak kabul eden bireyler örneklemi oluşturdu. Örneklem büyüklüğünün hesaplanmasında G-Power (Windows versiyon:3.1.9.3) istatistik programı kullanıldı. Hesaplama $\alpha:0.05$, $\beta:0.15$ ($1-\beta$: %85’lik güç değerinde), $F:0.40$ değerleriyle hesaplandı ve her bir grup için 22, toplam 66 olgunun yeterli olduğu görüldü.

Çalışmada bilgilendirilmiş onam formu okutulan 78 olguya ulaşıldı; 8 olgu çeşitli nedenlerle çalışmaya dâhil edilmezken, 5 olgunun ise takibi sağlanamadı. 65 gönüllü olgu üzerinde çalışma tamamlandı. Çalışmanın akış diyagramı Şekil 3.1’de gösterildi. Olguların PE, DE ve YŞAE grubuna ayrılmaları kapalı zarf yöntemi kullanılarak randomizasyon ile sağlandı. Her katılımcıya egzersiz öncesi ve 8 hafta süreli düzenli egzersiz (3 gün/hafta) sonrası değerlendirme olmak üzere toplam 2 ölçüm yapıldı. Tek-kör tasarımın sağlanması amacıyla randomizasyonu ve egzersiz programını uygulayan kişi ile değerlendirmeleri yapan kişilerin birbirinden farklı olması sağlandı. Değerlendirmeler ve egzersiz seansları Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Muğla Menteşe Devlet Hastanesi’nde gerçekleştirildi.

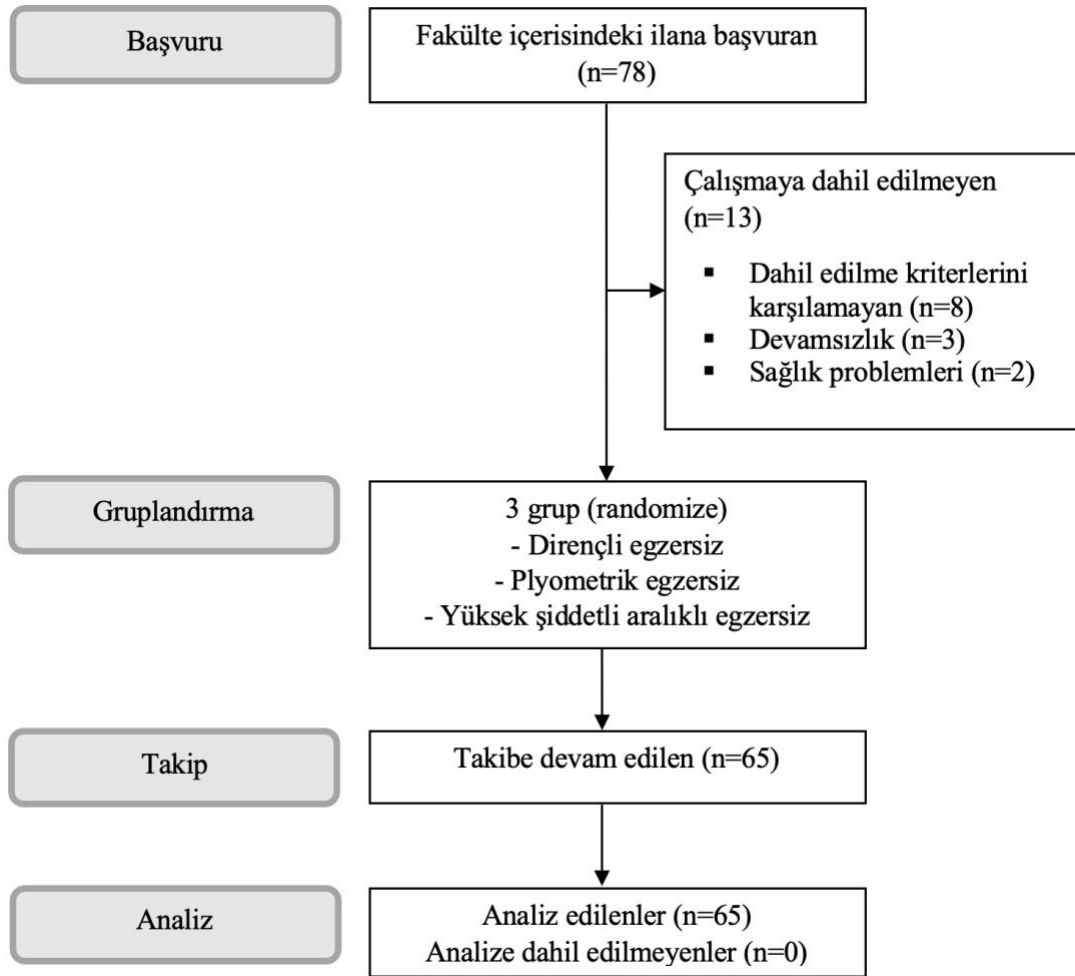
Dahil edilme kriterleri

1. 18-30 yaşında olmak
2. Erkek olmak
3. Çalışmaya katılmaya gönüllü olmak

4. Dünya Sağlık Örgütü kriterlerine göre vücut kütle indeksi değeri normal (18,5-24,9) olmak

Dışlanma kriterleri

1. Çalışmaya katılımı etkileyebilecek fiziksel, mental veya psikolojik herhangi bir hastalığı/travması olmak
2. Son 6 ay içerisinde alt ekstremitesine yönelik medikal, konservatif ve cerrahi tedavi gerektiren travma hikayesine sahip olmak
3. Değerlendirmeden 24 saat öncesine kadar alkol, farmösitik madde tüketmiş olmak

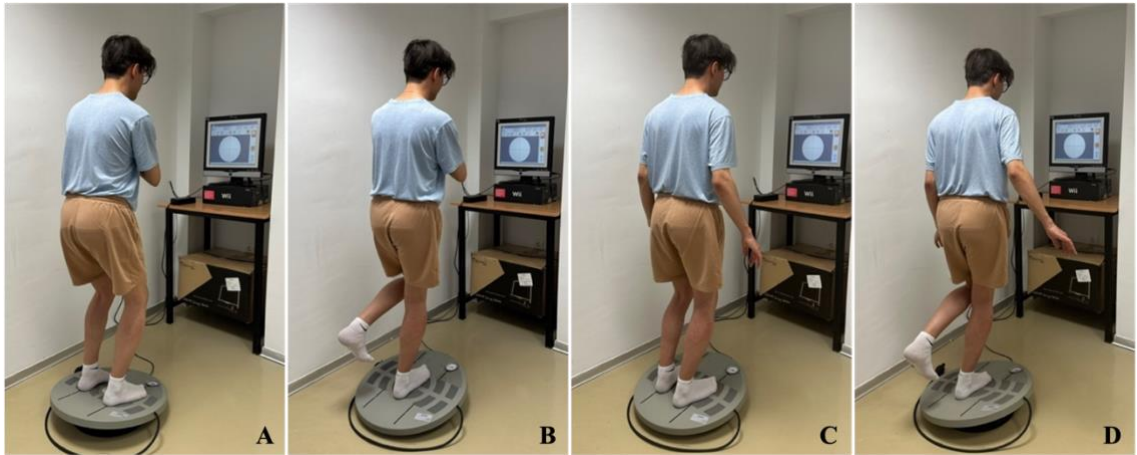


Şekil 3.1. Çalışmanın Akış Diyagramı

3.3. Veri Toplama Araçları

3.3.1. Denge Değerlendirmesi

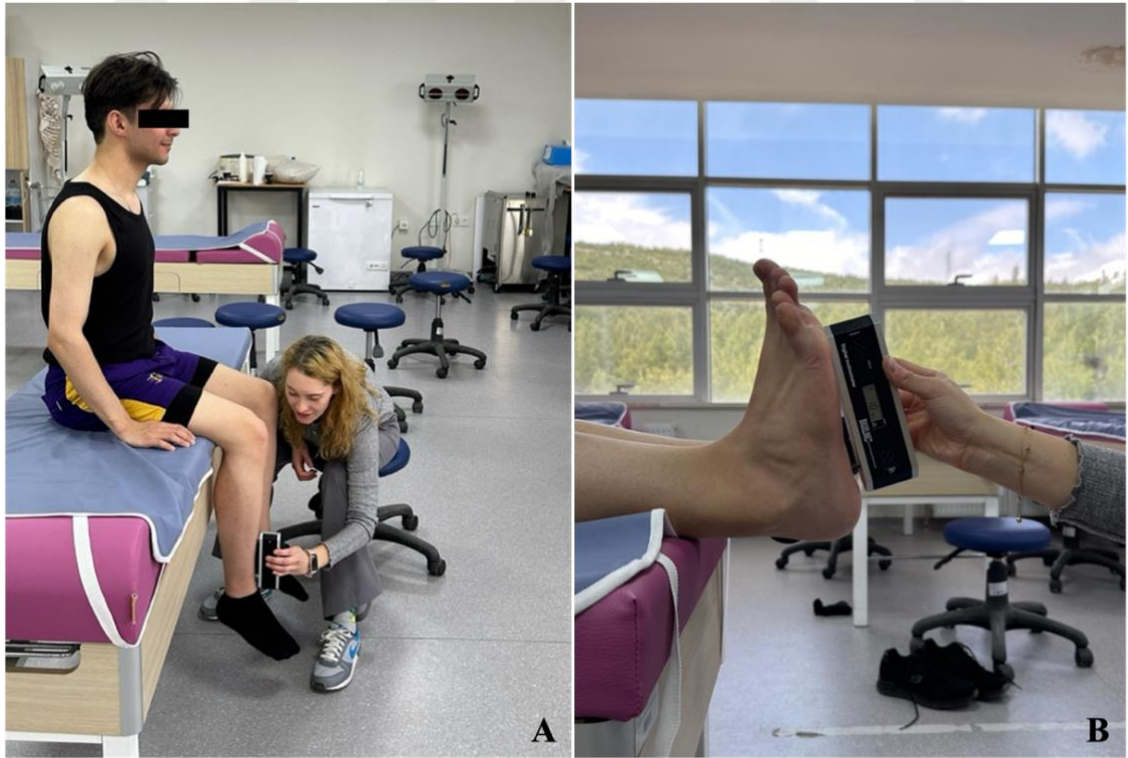
Katılımcıların statik ve dinamik dengeleri, Kinestetik Beceri Eğitim Cihazı (Sport KAT Model 650-TS, LLC, USA) ile değerlendirildi. Merkezinde yer alan küçük bir pivot sayesinde desteklenen hareketli bir platformun yer aldığı cihazda, basıncı 6 PSI (30) olarak ayarlanan platformun üzerine çıkan kişinin göz hizasında ve 1 m önünde geri bildirim amaçlı bir ekran yer aldı. Statik denge ölçümünde; dizleri yaklaşık 20° fleksiyonda, kolları omuzlarında çaprazlanmış, başı ve gövdesi dik bir şekilde pozisyonlanan kişiden, test sırasında ekranda gördüğü 'X' işaretini merkezde sabit tutması istendi ve cihaz, bireyin işareti 30 saniye boyunca X ekseninden ne kadar uzak pozisyonda tuttuğunu kaydederek puan verdi. Skor aralığı 0-6000 arasında değişen cihazda, düşük skor hastanın iyi performansı gösterir (Hansen vd., 2000; Karakaya vd., 2015; Kocak vd., 2010). Bireylerin kollarının pozisyonu bozulması ya da platformdan düşmeleri durumunda test iptal edilip tekrarlandı. Daha sonra tek ayak denge ölçümlerine geçildi. Kişilerin hangi bacaklarını dominant olarak kullandıkları sorgulandı ve dominant bacak üzerinde test aynı şekilde tekrarlandı. Dinamik denge testinde de çift ayak üzerindeki değerlendirmelerden tek ayak üzerindeki değerlendirmelere doğru ilerlendi. 6 PSI basınca ayarlanan platform üzerine çıkan bireylerden kollarını yanda serbest bırakması istendi. İmleç hızı 3 seviyesine, imleç hareket tipi ve yönü dairesel ve saat yönünün tersine ayarlandı. Test sonunda monitörde çıkan Denge İndeksi (Dİ), bireyin denge skoru olarak kaydedildi (Hansen vd., 2000) (Resim 3.1).



Resim 3.1. Denge değerlendirme: A) bilateral statik, B) unilateral statik, C) bilateral dinamik, D) unilateral dinamik

3.3.2. Propriyosepsiyon Değerlendirmesi

Propriyosepsiyon değerlendirme EPH ölçümü şeklinde yapıldı ve 1° duyarlılıktaki Lafayette marka dijital gonyometre (Lafayette Instrument, Lafayette, IN, ABD) kullanıldı. Diz eklemi EPH değerlendirmesinde, katılımcı kalça ve diz 90° fleksiyonda ayaklar serbest ve destek almayacak şekilde otururken pozisyonlandı ve dijital inklinometre sıfırlanarak başlangıç pozisyonunun 0° olması sağlandı. Ayak bileği EPH değerlendirmesinde, katılımcı uzun oturuş pozisyonunda dizleri ekstansiyonda pozisyonlandı ve dijital inklinometre sıfırlanarak başlangıç pozisyonunun 0° olması sağlandı. Tüm ölçümler sırasında bireylerden gözlerini kapatmaları istendi. Diz eklemi için hedef açılar 30°, 45° ve 60°, ayak bileği eklemi için hedef açılar ise 10° dorsi fleksiyon, 11° plantar fleksiyon ve 25° plantar fleksiyon olarak belirlendi. Her ölçüm öncesinde bireylere hedef açı söylendi ve iki kez öğretildi. Ardından bireylerden hedef açıyı altışar kere tekrarlamaları istendi. Bireylerin ulaşılan açıda 5 sn beklemleri istendi ve ardından ekstremiteler başlangıç pozisyonuna pasif olarak geri döndürüldü. Üç kere tekrarlanan ölçüm sonuçlarının hedef açıdan sapma miktarları mutlak hata olarak tüm açı değerlerinde kaydedildi (Aslan vd., 2018; Romero-Franco vd., 2017; Şenol vd., 2019) (Resim 3.2).



Resim 3.2. Eklem pozisyon hissi değerlendirmeleri: A) diz eklemi, B) ayak bileği eklemi

3.3.3. Kas Kuvveti Değerlendirmesi

İzometrik kas kuvveti ölçümleri DataMed 2000 (D.&R. Ferstl GmbH, Hemau, Almanya) marka manuel kas testi cihazı ile gerçekleştirildi. Açıların doğru tanımlanabilmesi için Dijital İnclinometre (Baseline) kullanıldı. Velkro bantlar ile beraber bacağa sabitlenen cihaz yardımıyla açı kontrolleri yapılarak ölçümler alındı. Katılımcıların her birinden üç kez ölçüm alındı ve ortalama değerler kilogram cinsinden kaydedildi. Yorgunluğu önlemek amacıyla ölçümler arasına birer dakikalık molalar eklendi (Erden, 2009; Kesilmiş ve Akın, 2020).

KF kas kuvveti ölçümünde katılımcılar düz bir zemin üzerinde kalçaları ve dizleri 90° fleksiyonda, ayaklar serbest, destek almayacak şekilde otururken pozisyonlandı. Dinamometre malleol seviyesinin 1-2 cm üstüne gelecek şekilde bacağa dik olarak yerleştirildi ve katılımcının cihaza karşı ekstansiyon yönünde 5 sn boyunca maksimum kuvvet uygulaması istendi. Hamstring kas kuvveti ölçümü; katılımcı sedyede yüzükoyun pozisyonlanarak, diz 90° fleksiyonda ve uyluk sabitlenerek yapıldı. Dinamometre malleol seviyesinin 1-2 cm üstüne gelecek şekilde bacağa dik olarak yerleştirildi ve katılımcının cihaza karşı fleksiyon yönünde maksimum kuvvet uygulaması istendi. Gastro-soleus (GS) kas kuvveti ölçümü için katılımcı yüzükoyun yatış pozisyonunda kollar gövde yanında, ayak yataktan sarkıtılmış ve nötralde pozisyonlanarak, dinamometre ayak tabanının yerleştirilerek ölçüm yapıldı (Saldıran vd., 2020) (Resim 3.3).



Resim 3.3. Alt ekstremité kas kuvvetlerinin değérlendirmesi: A) kuadriseps femoris kas grubu, B) hamstringler, C) gastro-soleus kas grubu

3.3.4. Kas Kalınlığı Değerlendirmesi

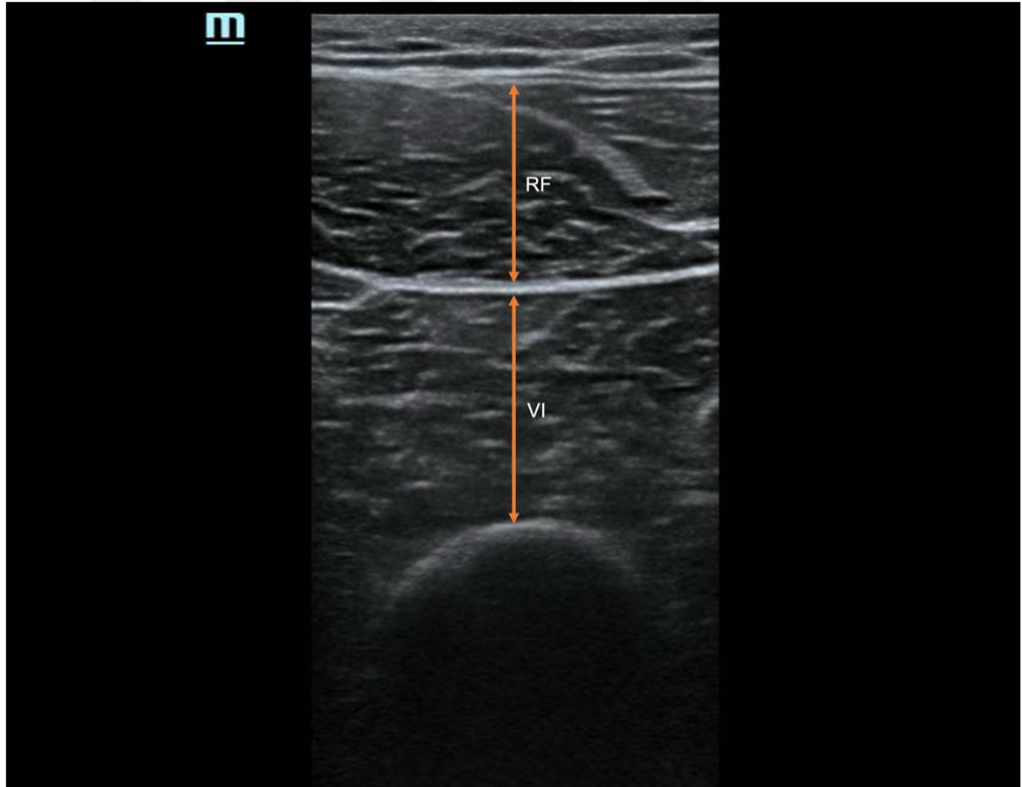
Kas kalınlığı ile ilgili ölçümler Mindray DC-8 EXP (Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics, Shenzhen, P.R. China) ultrason sistemine 12-3 mHz frekans aralığına sahip, yüksek çözünürlüklü lineer prob (L12-3E) kullanılarak değerlendirildi. Tüm incelemeler altı yıllık ultrasonografi deneyimine sahip tek radyoloji uzman hekimi tarafından gerçekleştirildi. B-mod USG incelemesi katılımcılar uygun pozisyonda inceleme masasına alındıktan sonra yapıldı. İnceleme öncesinde katılımcılar normal vücut sıvılarının stabilizasyonu için 10 dakika ölçüm yapılacak pozisyonda hareketsiz bekletildi ve sırasıyla KF, GS ve hamstring kas grubuna ait ölçümler gerçekleştirildi (Berg, Tedner ve Tesch, 1993). Ultrason probuna ait akustik teması sağlamak ve transduser basıncı nedeniyle görüntülerin yanlış yorumlanma riskini azaltmak için cilt ve transduser arasında su bazlı hipoalerjenik özellikte bir jel kullanılarak prob ölçüm yapılacak düzeye cilde dik olacak şekilde yerleştirildikten sonra aksiyel (transvers) planda en az üç ardışık görüntü kaydedildi (Palmer vd., 2015). Kas kalınlığı ölçümleri daha önceki çalışmalara göre en büyük kas çapına denk gelecek şekilde belirlenen anatomik noktalardan gerçekleştirildi. USG’de yüzeysel ve derin fasya arasındaki en geniş mesafe dikkate alınarak alt ekstremitte kasları gevşek konumdayken ölçüm yapıldı (Silvestri, Muda ve Orlandi, 2015).

Her katılımcının dominant bacağına ait KF kasının RF, VI, VL ve VM parçalarının kalınlıkları; kalça ve diz eklemi nötralde olacak şekilde sırt üstü pozisyondayken ölçüldü (Caresio vd., 2017; Cheon vd., 2020).

RF ve VI kas kalınlığı ölçümleri, spina iliaca anterior superior (SIAS)’dan patellanın superior köşesine kadar uyluk uzunluğu boyunca belirlenen sanal çizginin tam orta noktasından, VL kas kalınlığı ölçümü ise SIAS’dan patellanın superolateral köşesine kadar uyluk uzunluğu boyunca belirlenen sanal çizginin tam orta noktasından yapıldı (Caresio vd., 2017; Cheon vd., 2020; Minetto vd., 2016). VM kasından yapılacak ölçümler, SIAS’dan patellanın superomedial köşesine kadar uyluk uzunluğu boyunca uzanan hattın 1/5’lik alt kesimi hizasından gerçekleştirildi (Resim 3.4 ve Resim 3.5).



Resim 3.4. Kuadriseps femoris kas kalınlığı değeriendirme

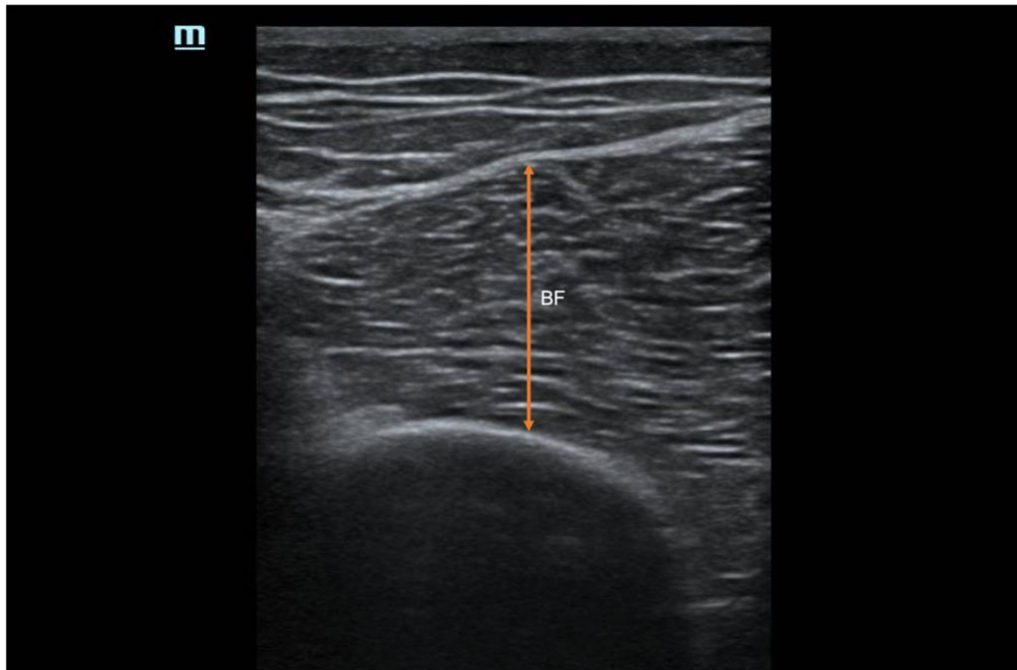


Resim 3.5. Kuadriseps femoris kas grubu ultrason görüntüsü örneği

Hamstring kas grubuna ait BF, ST ve SM kaslarının kalınlıkları; kalça ve diz eklemleri nötralde olacak şekilde yüzükoyun pozisyondayken ölçüldü (Marušič vd., 2020). Ölçümler, iskiyal tüberkül ile BF kası için tibianın medial kondili, ST kası için fibula başı ve SM kası için proksimal tibianın posteromedial yüzeyi arasındaki sanal hattın %30'luk proksimal ve %50'lik orta kısmından olacak şekilde her kas için iki farklı bölgeden yapıldı (Nagano, Higashihara ve Edema, 2015; Sconfienza, Orlandi ve Silvestri, 2015) (Resim 3.6 ve Resim 3.7).



Resim 3.6. Hamstring kas kalınlığı değerlendirilmesi

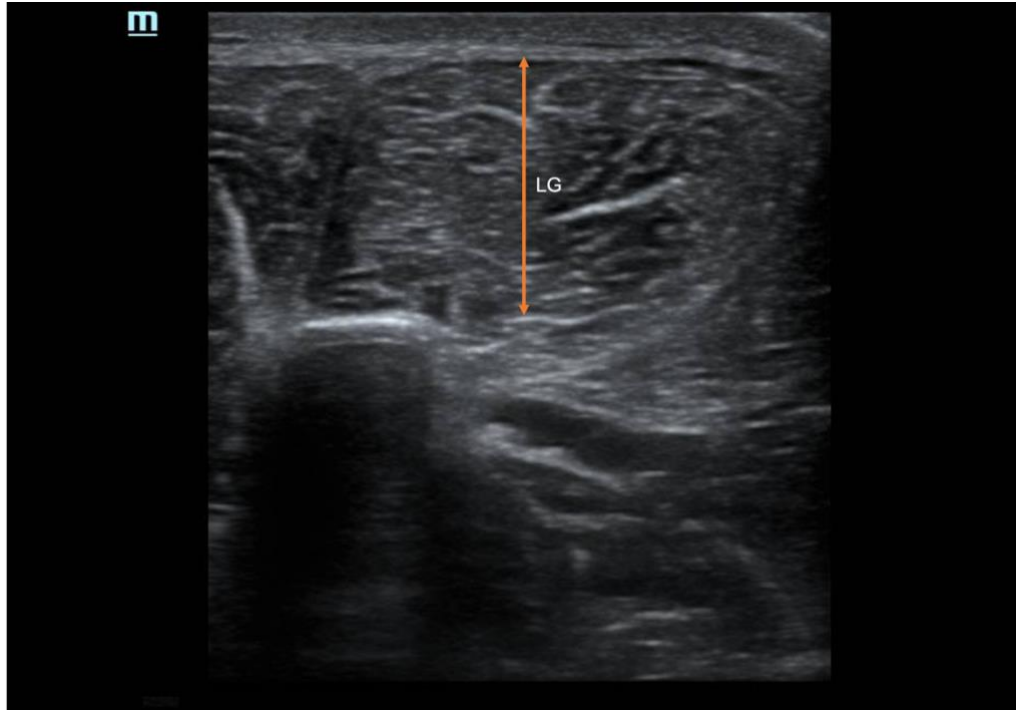


Resim 3.7. Hamstring kas grubu ultrason görüntüsü örneği

GS kas grubuna ait lateral gastroknemius (LG), medial gastroknemius (MG) ve SOL kaslarının kalınlıkları; alt ekstremit eklemleri nötralde olacak şekilde yüzükoyun pozisyondayken ölçüldü. Popliteal fossa santralinden lateral malleol arasındaki bacak uzunluğunun %30 proksimal seviyesinden LG ve MG kasları, tam orta seviyesinden ise SOL kası değerlendirildi (Kubo, Ikebukura ve Yata, 2021) (Resim 3.8 ve Resim 3.9).



Resim 3.8. Gastro-soleus kas kalınlığı değerlendirmesi



Resim 3.9. Gastro-soleus kas grubu ultrason görüntüsü örneği

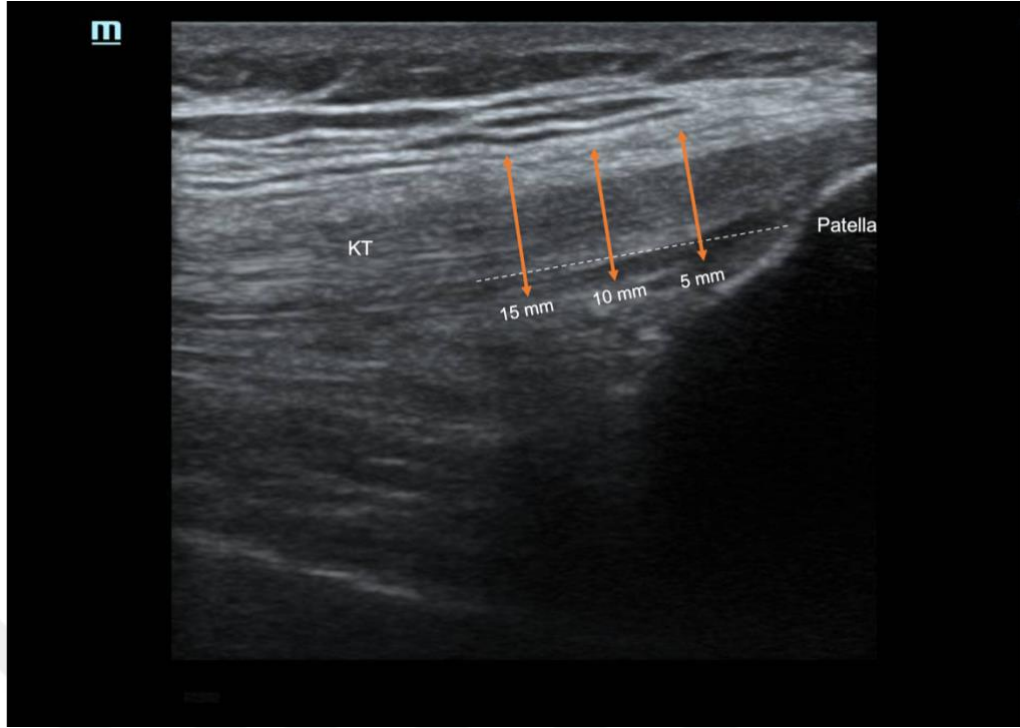
3.3.5. Tendon Kalınlığı Değerlendirmesi

Katılımcıların KT ve PT kalınlıkları kas kalınlığı değerlendirmesinde kullanılan aynı cihaz ile değerlendirildi. Katılımcılar, dominant dizleri popliteal fossa altına yastık yerleştirilerek 30° fleksiyonda olacak şekilde sırtüstü pozisyonlandı.

KT kalınlığı; ultrason probu, tendonun distal kesiminin longitudinal (sagittal) eksenine paralel olacak şekilde yerleştirildikten sonra, referans noktanın (patellanın üst kenarı) 5–10–15 mm superiorunda bulunan üç noktadan ayrı ayrı ölçüldü. Tek bir tendon kalınlığı ölçüsü için üç ölçümün ortalaması alındı (Resim 3.10 ve Resim 3.11).



Resim 3.10. Kuadriseps femoris tendon kalınlığı değerlendirmesi



Resim 3.11. Tendon kalınlığı ultrason görüntüsü örneği

PT kalınlığı, ultrason probu tendonun proksimal kesiminin longitudinal (sagittal) eksenine paralel olacak biçimde yerleştirildikten sonra, referans noktanın (patellanın alt kenarı) 5–10–15–20 mm inferiorunda bulunan dört noktadan ayrı ayrı ölçüldü. Tek bir tendon kalınlığı ölçüsü için dört ölçümün ortalaması alındı (Klich vd., 2020) (Resim 3.12).



Resim 3.12. Patellar tendon kalınlığı değeriendirme

Katılımcıların AT kalınlıkları, ayak bilekleri nötralde olacak şekilde yüzükoyun pozisyonda değerlendirildi. AT kalınlığı; ultrason probu, tendonun distal kesiminin longitudinal (sagittal) eksenine paralel olacak şekilde yerleştirildikten sonra, referans noktanın (kalkaneus insersiyosu) 5–10–15 mm superiorunda bulunan üç noktadan ayrı ayrı ölçüldü. Tek bir tendon kalınlığı ölçüsü için üç ölçümün ortalaması alındı (Pożarowszczyk vd., 2018; Zarzycki vd., 2018) (Resim 3.13).



Resim 3.13. Aşil tendonu kalınlığı değerlendirmesi

3.4. Veri Toplama Süreci

Yüz yüze gerçekleştirilen veri toplama sürecine; bireylerin yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu ve vücut kütle indeksi gibi fiziksel özelliklerinin veri toplama formuna kaydedilmesiyle başladı. Katılımcıların dominant ekstremitelerine ait kas kalınlığı ve tendon kalınlığı ölçümleri 6 yıllık deneyimi olan bir radyolog tarafından Muğla Menteşe Devlet Hastanesi Radyoloji Departmanı'nda gerçekleştirildi. Kas kuvveti, propriyosepsiyon ve denge değerlendirmeleri ise bir uzman fizyoterapist tarafından Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Kliniği'nde yapıldı.

3.5. Deneyisel Kurgu

3.5.1. Egzersiz Protokolü

Çalışmaya dahil edilen bireyler kapalı zarf randomizasyon yöntemiyle 3 farklı egzersiz grubuna ayrıldı:

- a) Dirençli Egzersiz
- b) Plyometrik Egzersiz
- c) Yüksek Şiddetli Aralıklı Egzersiz

8 hafta süresince haftada 3 gün şeklinde yüz yüze gerçekleştirilen egzersiz seanslarının zorluk seviyesi ilerleyici olarak planlandı. Her egzersiz seansı sırasıyla 10 dakikalık ısınma periyodunu, alt ekstremiteye yönelik 4-5 hareketten ve uygun sayıda set-tekrardan oluşan spesifik ilerleyici egzersizleri ve 10 dakikalık soğuma periyodunu içerdi. Egzersiz seansları başka bir uzman fizyoterapist tarafından Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Kliniği'nde gerçekleştirildi. Tüm egzersiz protokolleri Tablo 3.1.'de gösterildi.

Tablo 3.1. Egzersiz protokolleri

1. Grup Dirençli Egzersiz	2. Grup Plyometrik Egzersiz	3. Grup Yüksek Şiddetli Aralıklı Egzersiz
1-2. hafta: 3 x 9-12 Çömelmeler (squats), öne hamleler (lunges), adım egzersizleri (step-ups), parmak ucuna yükselme (calf raises) 3-4. hafta: 3 x 9-12 Çömelmeler, adım egzersizleri, geniş aralık çömelmeler (wide stance squats), arka ayağı yükselterek öne hamle (raised rear foot lunge), tek bacak otur-kalk yükselmeler (one-legged sit-to-stand rises) 5-6. hafta: 3 x 9-12 Çömelmeler, adım egzersizleri, geniş aralık çömelmeler, arka ayağı yükselterek öne hamle, tek bacak çömelmeler (one-legged squats) 7-8. hafta: 3 x 9-12 Çömelmeler, parmak ucuna yükselme, geniş aralık çömelmeler, arka ayağı yükselterek öne hamle, tek bacak çömelmeler <i>Egzersizler arasında 2 dk, setler arasında 60 sn dinlenme</i> <i>Orta şiddet - 1 maksimum tekrarın %50- 70'i</i>	1-2. hafta: 3 x 9-12 – 3 x 3 x 5 Karşı hareket atlamalar (countermovement jumps), dizler-göğüse atlamalar (knees-to-chest jumps), drop atlama (drop jumps), ardışık uzun atlamalar (consecutive long jumps)* 3-4. hafta: 3 x 9-12 Drop atlama, atlayarak öne hamle (jump lunges), düz bacak atlama (straight-legged jumps w/toe-touch), yana lateral atlamalar (side-to-side lateral hops), yüksek diz atlayarak ilerleme (high knee skips) 5-6. hafta: 3 x 9-12 Drop atlama, atlayarak öne hamle, yüksek diz atlayarak ilerleme, atlayarak ilerleme (hop & skip jumps), tek bacak karşı hareket atlamalar 7-8. hafta: 3 x 9-12 Drop atlama, atlayarak öne hamle, tek bacak karşı hareket atlamalar, tek bacak dizler-göğüse atlamalar (one-legged knees-to-chest jumps), tek bacak ardışık uzun atlamalar <i>Egzersizler arasında 2 dk, setler arasında 60 sn dinlenme</i>	1-2. hafta: 3 set 3-4. hafta: 4 set Kayakçı hamlesi (skater lunge), çömelmeler (squats), kalça tekmelemeler (butt kicks), yana hamleler (side lunges), jumping jacks, öne atlama küçük adımlarla geri dönme (broad jump backpedal) <i>Her 30 sn'lik egzersiz sonrası 15 sn dinlenme – setler arası 60 sn dinlenme</i> 5-6. hafta: 3 set 7-8. hafta: 4 set Çömelme pozisyonunda atlamalar (squat jacks), arkaya hamleler (reversed lunge), yıldız atlamalar (star jumps), dağ tırmanışı (mountain climbers), ellerle uyluğa vurarak atlama (thigh slap jumps), burpees, yüksek diz (high knees), atlayarak öne hamle (jumping lunges) <i>Her 20 sn'lik iki egzersiz sonrası 20 sn dinlenme - setler arası 60 sn dinlenme</i>

Kaynak: Mckinlay vd., 2018; Ross, Porter ve Durstine, 2016

3.5.1. Dirençli Egzersizler

Bu gruptaki bireyler egzersizleri üç set ve 9-12 tekrarlı, progresif dirençli olacak şekilde gerçekleştirdi. 80%1RM (orta şiddet - bir maksimum tekrarın %50- 70'i). Programda yer alan egzersizler iki haftada bir değiştirildi; ilk hafta dokuz tekrarlı gerçekleştirilen egzersizlerin sayısı, ikinci hafta 12'ye çıkarıldı. İlk iki hafta 1 maksimum tekrarın %50'si ile başlanan programda, iki haftada bir direnç %60-%65 ve %70 olacak şekilde artırıldı. Egzersizler arasında iki dk, setler arasında 60 sn dinlenme sağlandı.

3.5.2. Plyometrik Egzersizler

Egzersiz programı sekiz hafta süresince kolaydan zora, bilateralinden unilaterale olacak şekilde ilerletildi. Programda yer alan egzersizler iki haftada bir değiştirildi; ilk hafta dokuz tekrarlı gerçekleştirilen egzersizlerin sayısı, ikinci hafta 12'ye çıkarıldı. Drop atlama egzersizleri ilk dört hafta 40 cm, sonraki dört hafta 45 cm yükseklikteki basamakla gerçekleştirildi. Üç set ve 9-12 tekrarlı yapılan egzersizler arasında iki dk, setler arasında 60 sn dinlenme sağlandı.

3.5.3. Yüksek Şiddetli Aralıklı Egzersiz

Egzersizlerin set sayısı ve zorluk dereceleri daha önceki çalışmalar örnek alınarak hafta hafta ilerletildi. Programda yer alan egzersizler dört haftada bir değiştirildi. İlk iki hafta üç set gerçekleştirilen egzersizler, son iki hafta dört set şeklinde tamamlandı. İlk dört hafta boyunca bireylere her 30 sn'lik egzersiz sonrası 15 sn dinlenme ve setler arası 60 sn dinlenme verilirken sonraki dört hafta boyunca bireyler her 20 sn'lik iki egzersiz sonrası 20 sn ve setler arası 60 sn dinlendi.

3.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizinde Jamovi (Mac version 2.4.12.0) kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk ve dağılımın basıklık-çarpıklık (Skewness-Kurtosis) değerlerine bakılarak belirlendi. Nitel veriler sayı, nicel veriler ise ortalama ve standart sapma olarak gösterildi. Verilerin grup içi karşılaştırmasında Bağımlı Örneklem T testi kullanılırken, gruplar arası karşılaştırmada tek yönlü varyans analizi (F test) kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi. Gruplar arası karşılaştırmalarda farkın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla yapılan post-hoc analizlerde Tukey ve Games Howell düzeltmesi kullanıldı ve üç grup yer aldığı için $p < 0.017$ olarak kabul edildi.

3.7. Etik Onay

Çalışmaya dâhil edilen olgulara bilgilendirilmiş onam formu imzalatılarak gönüllü katılım izinleri alındı. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Etik Kurulu 2'den (Tarih: 15.03.2022 Protokol no: 220023 / Karar no: 30) etik onay (Ek 1) ve ilgili kurumlardan yönetsel izinler (Tarih: 19.01.2022 ve 24.01.2022 Sayı: E-68041228-903.05-380368) (Ek 2, Ek 3) alınarak çalışma gerçekleştirildi.

3.8. Araştırmanın Sınırlılıkları

USG'de intra-observer ve inter-observer değerlendirmenin yapılmamış olması ve kas kuvveti ve propriyosepsiyon değerlendirmelerinde daha objektif olan izokinetik sistemlerin kullanılmamış olması çalışmamızın limitasyonları olarak sıralanabilir.

4. BULGULAR

Farklı egzersiz türlerinin denge, propriyosepsiyon, alt ekstremitte kas kuvveti, kas ve tendon kalınlığına olan etkilerini karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışmamıza, yaş ortalaması 20.03 ± 1.29 olan toplam 65 sağlıklı gönüllü olgu katıldı. Yapılan normallik analizine göre verilerin normal dağıldığı bulundu.

4.1. Olguların Fiziksel Özellikleri

Olguların fiziksel özellikleri; yaş (yıl), boy (cm), vücut ağırlığı (kg) ve vücut kütle indeksleri (kg/m^2) Tablo 4.1’de gösterildi. Çalışmamıza katılan toplam 65 olgu üç farklı egzersiz grubunda takip edildi: DE grubunda 22, PE grubunda 22 ve YŞAE grubunda ise 21 olgu yer aldı. Yapılan tek yönlü varyans analizine göre grupların fiziksel özelliklerinin benzer olduğu bulundu ($p > 0.05$).

Tablo 4.1. Olguların fiziksel özellikleri

	DE n=22 ($\bar{x} \pm Ss$)	PE n=22 ($\bar{x} \pm Ss$)	YŞAE n=21 ($\bar{x} \pm Ss$)	Toplam n=65 ($\bar{x} \pm Ss$)	F	p
Yaş (yıl)	20.18 ± 1.33	19.77 ± 1.31	20.14 ± 1.24	20.03 ± 1.29	0.667	0.517
Boy (cm)	177.86 ± 4.27	178.18 ± 4.81	179.29 ± 6.86	178.43 ± 5.35	0.407	0.667
VA (kg)	72.27 ± 7.52	71.68 ± 8.62	77.71 ± 10.47	73.83 ± 9.2	2.959	0.059
VKİ (kg/m^2)	22.84 ± 2.22	22.58 ± 2.54	24.13 ± 2.63	23.17 ± 2.52	2.411	0.098

VA: Vücut ağırlığı, VKİ: Vücut kütle indeksi, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, n: Sayı, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, F: Tek yönlü varyans analizi, * $p < 0.05$.

4.2. Denge Skorları ile İlgili Bulgular

Tüm olguların egzersiz öncesi bilateral statik denge (BSD) skorları 274.53 ± 68.72 iken egzersiz sonrasında bu değer 233.89 ± 43.58 olarak bulundu. Egzersizle meydana gelen değişim hesaplandığında iki ölçüm arasında -40.64 ± 71.09 fark olduğu saptandı. Unilateral statik denge (USD) skorları egzersiz öncesinde 391.92 ± 118.49 ve egzersiz sonrasında 293.14 ± 57.92 bulunurken, iki ölçüm arasındaki fark -98.78 ± 114.49 idi. Bilateral dinamik denge (BDD) skorları arasındaki fark -86.73 ± 147.36 iken, ortalama denge skoru egzersiz öncesinde 1795.91 ± 239.44 ve egzersiz sonrasında 1709.18 ± 213.73 olarak ölçüldü. Unilateral dinamik denge (UDD) skorları egzersiz öncesinde

2411±344.54, egzersiz sonrasında 2196.48±337.08 olarak bulundu. İki ölçüm arasındaki fark -214.52±209.55 idi.

DE grubunun BSD ölçümleri karşılaştırıldığında, eğitim öncesi ve sonrası denge skorları arasındaki fark -14.32±60.23 olarak bulundu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi; $t(21)=1.12$, $p = 0.277$. Diğer tüm gruplarda egzersiz sonrası denge skorlarının egzersiz öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azaldığı belirlendi ($p<0.05$). Denge skorlarının zamana göre değişimleri (egzersiz öncesi ve sonrası) Tablo 4.2.'de gösterildi.

Tablo 4.2. Statik ve dinamik denge skorlarının egzersiz öncesi ve sonrası ölçümlerinin grup içi karşılaştırması

Denge Skorları	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x}\pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x}\pm Ss$)	t	p
BSD	DE	250.14±59.46	235.82±51.54	1.115	0.277
	PE	273.82±67.36	219.27±25.8	4.076	0.001*
	YŞAE	300.82±72.47	247.17±46.52	2.923	0.008*
USD	DE	400.32±139.68	280.91±58.58	4.101	0.001*
	PE	370.23±100.54	298.45±60.82	3.646	0.002*
	YŞAE	405.85±114.14	300.39±54.75	4.395	<0.001*
BDD	DE	1720.95±231.78	1645.64±186.1	2.27	0.034*
	PE	1762.77±212.38	1678.64±175.42	3.627	0.002*
	YŞAE	1909.14±242.58	1807.74±248.67	2.629	0.016*
UDD	DE	2343.68±391.21	2131±318.89	4.196	<0.001*
	PE	2361.68±246.76	2137.23±257.64	5.949	<0.001*
	YŞAE	2533.19±363.16	2327.14±400.76	4.305	<0.001*

BSD: Bilateral statik denge, USD: Unilateral statik denge, BDD: Bilateral dinamik denge, UDD: Unilateral dinamik denge, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, $\bar{x}\pm Ss$: Ortalama±Standart sapma, t: Bağımlı gruplarda t-testi, * $p<0.05$.

Tüm denge skorlarında zamanla meydana gelen değişim benzerdi ($p>0.05$). Egzersiz öncesi ve sonrasında denge skorlarında meydana gelen değişimlerin gruplar arası karşılaştırması Tablo 4.3.'de verildi.

Tablo 4.3. Grupların denge skorlarının egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması

Denge Skorları	DE Δ $\bar{x}\pm Ss$	PE Δ $\bar{x}\pm Ss$	YŞAE Δ $\bar{x}\pm Ss$	F	p	η^2
BSD	-14.32 $\pm$ 60.23	-54.55 $\pm$ 62.78	-53.65 $\pm$ 84.1	2.379	0.101	0.071
USD	-119.41 $\pm$ 136.59	-71.77 $\pm$ 92.32	-105.45 $\pm$ 109.94	1.005	0.372	0.031
BDD	-75.32 $\pm$ 155.62	-84.14 $\pm$ 108.81	-101.40 $\pm$ 176.79	0.169	0.845	0.005
UDD	-212.68 $\pm$ 237.74	-224.45 $\pm$ 176.98	-206.05 $\pm$ 219.31	0.041	0.959	0.001

BSD: Bilateral statik denge, USD: Unilateral statik denge, BDD: Bilateral dinamik denge, UDD: Unilateral dinamik denge, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, Δ : Eğitim öncesi ve sonrası ölçüm sonuçlarının farkı, $\bar{x}\pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, F: Tek yönlü varyans analizi, *p<0.05, η^2 : Effect size.

4.3. Propriyosepsiyon ile İlgili Bulgular

Propriyosepsiyon değerlendirmesinde EPH ölçümleri kullanılarak analiz yapıldı. Tüm olguların egzersiz öncesi 30° diz EPH değerleri 3.61 $\pm$ 1.29 iken egzersiz sonrasında bu değer 1.38 $\pm$ 1.0 olarak bulundu. Egzersizle meydana gelen değişim hesaplandığında iki ölçüm arasında -2.24 $\pm$ 1.54 fark olduğu saptandı. 45° diz EPH değerleri arasındaki fark (egzersiz öncesi: 3.3 $\pm$ 1.27, egzersiz sonrası: 1.35 $\pm$ 0.83) -1.95 $\pm$ 1.5 idi. 60° diz EPH değerleri ise egzersiz öncesinde 3.78 $\pm$ 1.67 ve egzersiz sonrasında 1.66 $\pm$ 1.12 bulunurken iki ölçüm arasındaki fark -2.12 $\pm$ 1.90 olarak saptandı.

Egzersiz eğitiminin diz propriyosepsiyonu üzerindeki etkinliğini değerlendirmek amacıyla egzersiz öncesi ve sonrası ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, tüm açılarda istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu gözlemlendi (p<0.05). Dizde EPH değerlerinin zamana bağlı değişimi ile ilgili bulgular Tablo 4.4.'de gösterildi.

Tablo 4.4. Diz eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması

EPH (°)	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x}\pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x}\pm Ss$)	t	p
Diz 30°	DE	3.45 $\pm$ 1.26	1.11 $\pm$ 0.68	8.430	<0.001*
	PE	3.77 $\pm$ 1.35	1.24 $\pm$ 0.9	10.035	<0.001*
	YŞAE	3.62 $\pm$ 1.31	1.79 $\pm$ 1.27	4.158	<0.001*

Tablo 4.4. (Devam) Diz eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması

EPH (°)	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x} \pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x} \pm Ss$)	t	p
Diz 45°	DE	3.95±1.21	1.32±0.95	8.419	<0.001*
	PE	2.66±0.89	1.4±0.53	5.679	<0.001*
	YŞAE	3.27±1.37	1.33±0.98	5.316	<0.001*
Diz 60°	DE	4.33±2.23	2.14±1.28	3.809	0.001*
	PE	3.7±1.19	1.59±0.99	6.312	<0.001*
	YŞAE	3.3±1.28	1.24±0.88	8.306	<0.001*

EPH: Eklem pozisyon hissi, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama±Standart sapma, t: Bağımlı gruplarda t-testi, *p<0.05.

Diz eklemının 30° ve 60° açılarındaki EPH ölçümlerinde zamanla meydana gelen değişim tüm gruplarda benzer olmakla birlikte (p>0.05), 45°’deki EPH ölçümlerinde meydana gelen değişimde gruplar arasında farklılık bulundu. Farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek için yapılan post-hoc analizde PE ile karşılaştırıldığında DE lehine bir sonuca ulaşıldı (p<0.017) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Diz eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının gruplar arası karşılaştırması

EPH (°)	DE Δ $\bar{x} \pm Ss$	PE Δ $\bar{x} \pm Ss$	YŞAE Δ $\bar{x} \pm Ss$	F	p	η^2	Post-hoc analiz	
							I-J	p
Diz 30°	-2.34±1.30	-2.53±1.18	-1.83±2.01	1.205	0.307	0.037		
Diz 45°	-2.64±1.47	-1.27±1.05	-1.94±1.67	5.137	0.009*	0.142	DE>PE	0.002**
Diz 60°	-2.2±2.7	-2.11±1.56	-2.06±1.14	0.027	0.973	0.001		

EPH: Eklem pozisyon hissi, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, Δ : Eğitim öncesi ve sonrası ölçüm sonuçlarının farkı, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama±Standart sapma, F: Tek yönlü varyans analizi, *p<0.05, η^2 : Effect size, I-J: Grup karşılaştırmaları (Tukey), **p<0.017.

Egzersiz öncesi AB 10° DF EPH değerleri 2.31±0.68 iken egzersiz sonrasında bu değer 0.6±0.45 olarak bulundu. Egzersizle meydana gelen değişim hesaplandığında iki ölçüm arasında -1.71±0.82 fark olduğu saptandı. AB 11° PF EPH değerleri arasındaki fark (egzersiz öncesi: 2.27±0.81, egzersiz sonrası: 0.72±0.49) -1.55±0.94 idi. AB 25° PF EPH değerleri ise egzersiz öncesinde 3.49±1.12 ve egzersiz sonrasında 1.15±0.89 bulunurken iki ölçüm arasındaki fark -2.34±1.51 olarak saptandı.

Egzersiz eğitiminin ayak bileği propriyosepsiyonu üzerindeki etkinliğini değerlendirmek amacıyla egzersiz öncesi ve sonrası ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, tüm açılarda istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu gözlemlendi ($p<0.05$). Ayak bileğinde EPH değerlerinin zamana bağlı değişimi ile ilgili bulgular Tablo 4.6.'da gösterildi.

Tablo 4.6. Ayak bileği eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması

EPH (°)	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x}\pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x}\pm Ss$)	t	p
AB 10° DF	DE	2.39 $\pm$ 0.7	0.42 $\pm$ 0.28	12.959	<0.001*
	PE	2.65 $\pm$ 0.59	0.71 $\pm$ 0.58	9.789	<0.001*
	YŞAE	1.85 $\pm$ 0.52	0.67 $\pm$ 0.42	9.669	<0.001*
AB 11° PF	DE	2.17 $\pm$ 0.81	0.76 $\pm$ 0.46	7.321	<0.001*
	PE	2.08 $\pm$ 0.72	0.64 $\pm$ 0.52	7.759	<0.001*
	YŞAE	2.59 $\pm$ 0.85	0.76 $\pm$ 0.51	8.206	<0.001*
AB 25° PF	DE	3.08 $\pm$ 0.69	1.36 $\pm$ 0.92	5.944	<0.001*
	PE	3.59 $\pm$ 1.2	1.23 $\pm$ 1.08	6.986	<0.001*
	YŞAE	3.83 $\pm$ 1.29	0.84 $\pm$ 0.5	10.083	<0.001*

EPH: Eklem pozisyon hissi, AB: Ayak bileği, DF: Dorsifleksiyon, PF: Plantar fleksiyon, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, $\bar{x}\pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, t: Bağımlı gruplarda t-testi, * $p<0.05$.

AB eklemi 11° PF'de zamanla meydana gelen değişimin gruplar arasında benzer olduğu bulundu ($p>0.05$). Diğer açılarda ölçülen propriyosepsiyon değerlerinde zamanla meydana gelen değişim gruplar arasında farklılık gösteriyordu ($p<0.05$). Gruplar arası karşılaştırmada AB 10° DF değerleri arasında görülen farkın hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek amacıyla yapılan post-hoc analizde DE ve PE gruplarının YŞAE grubuna göre daha fazla artışa yol açtığı bulundu ($p<0.017$). AB 25° PF değerleri arasında görülen fark ise DE ile karşılaştırıldığında YŞAE lehineydi ($p<0.017$). Egzersiz öncesi ve sonrasında ayak bileği EPH derecelerinde meydana gelen değişimlerin gruplar arası karşılaştırması Tablo 4.7.'de gösterildi.

Tablo 4.7. Ayak bileği eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının gruplar arası karşılaştırması

EPH (°)	DE Δ $\bar{x}\pm Ss$	PE Δ $\bar{x}\pm Ss$	YŞAE Δ $\bar{x}\pm Ss$	F	p	η^2	Post-hoc analiz	
							I-J	p
AB 10° DF	-1.97 $\pm$ 0.71	-1.94 $\pm$ 0.93	-1.19 $\pm$ 0.56	7.37	0.001*	0.192	YŞAE<DE	0.001**
							YŞAE<PE	0.002**

Tablo 4.7. (Devam) Ayak bileği eklemi propriyosepsiyon ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının gruplar arası karşılaştırması

EPH (°)	DE Δ $\bar{x} \pm Ss$	PE Δ $\bar{x} \pm Ss$	YŞAE Δ $\bar{x} \pm Ss$	F	p	η^2	Post-hoc analiz	
							I-J	p
AB 11° PF	-1.41±0.9	-1.44±0.87	-1.83±1.02	1.33	0.272	0.041		
AB 25° PF	-1.71±1.35	-2.36±1.59	-2.98±1.36	4.21	0.019*	0.120	DE<YŞAE	0.005**

EPH: Eklem pozisyon hissi, AB: Ayak bileği, DF: Dorsifleksiyon, PF: Plantar fleksiyon, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, Δ : Eğitim öncesi ve sonrası ölçüm sonuçlarının farkı, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama±Standart sapma, F: Tek yönlü varyans analizi, *p<0.05, η^2 : Effect size, I-J: Grup karşılaştırmaları (Tukey), **p<0.017.

4.4. Kas Kuvveti ile İlgili Bulgular

Tüm olguların egzersiz öncesi KF kas kuvveti değerleri 15.52 ± 2.88 iken egzersiz sonrasında bu değer 22.83 ± 3.03 olarak bulundu. Egzersizle meydana gelen değişim hesaplandığında iki ölçüm arasında 7.31 ± 3.38 fark olduğu saptandı. Hamstringlerin kas kuvveti egzersiz öncesinde 13.83 ± 2.13 ve egzersiz sonrasında 19.46 ± 2.49 bulunurken, iki ölçüm arasındaki fark 5.64 ± 2.78 idi. GS kas kuvveti değerleri arasındaki fark 8.79 ± 4.1 iken, ortalama kuvvet egzersiz öncesinde 18.54 ± 3.11 ve egzersiz sonrasında 27.33 ± 4.03 olarak ölçüldü.

Egzersiz eğitiminin alt ekstremitte kas kuvveti üzerindeki etkinliğini değerlendirmek amacıyla egzersiz öncesi ve sonrası ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, tüm kas gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir kuvvet artışı olduğu gözlemlendi (p<0.05). Kas kuvveti değerlerinin zamana bağlı değişimi ile ilgili bulgular Tablo 4.8.'de gösterildi.

Tablo 4.8. Alt ekstremitte kas kuvveti ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması

Kas Kuvveti (kg)	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x} \pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x} \pm Ss$)	t	p
Kuadriseps Femoris	DE	16.39±3.28	21.74±3.54	-8.855	<0.001*
	PE	13.66±2.02	22.71±2	-25.049	<0.001*
	YŞAE	16.56±2.28	24.12±2.99	-8.268	<0.001*

Tablo 4.8. (Devam) Alt ekstremite kas kuvveti ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması

Kas Kuvveti (kg)	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x} \pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x} \pm Ss$)	t	p
Hamstringler	DE	14.47 $\pm$ 2.13	19.82 $\pm$ 3.11	-6.748	<0.001*
	PE	13.62 $\pm$ 2.42	19.28 $\pm$ 2.62	-14.482	<0.001*
	YŞAE	13.36 $\pm$ 1.7	19.29 $\pm$ 1.52	-10.615	<0.001*
Gastro-soleus	DE	18.97 $\pm$ 4.14	26.63 $\pm$ 4.6	-9.665	<0.001*
	PE	18.74 $\pm$ 2.16	26.48 $\pm$ 3	-11.108	<0.001*
	YŞAE	17.88 $\pm$ 2.72	28.95 $\pm$ 4.03	-11.358	<0.001*

DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, kg: kilogram, t: Bağımlı gruplarda t-testi, *p<0.05.

Hamstring kas kuvvetinde zamanla meydana gelen değişim miktarı farklı egzersiz grupları için benzerdi (p>0.05). Gruplar arası farklılıkların hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek amacıyla yapılan post-hoc analizler sonucunda, KF kas kuvvetinde meydana gelen değişime bakıldığında PE grubundaki artış miktarının DE grubuna göre daha yüksek olduğu saptandı (p<0.017). GS kas kuvvetindeki artışa bakıldığında ise YŞAE grubunda görülen farkın DE ve PE grubundan istatistiksel olarak daha yüksek olduğu bulundu (p<0.017) (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Kas kuvveti ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının gruplar arası karşılaştırması

Kas Kuvveti (kg)	DE	PE	YŞAE	F	p	η^2	Post-hoc analiz	
	Δ $\bar{x} \pm Ss$	Δ $\bar{x} \pm Ss$	Δ $\bar{x} \pm Ss$				I-J	p
Kuadriseps Femoris	5.35 $\pm$ 2.83	9.05 $\pm$ 1.69	7.56 $\pm$ 4.19	13.692	<0.001*	0.208	PE>DE	0.001**
Hamstringler	5.34 $\pm$ 3.71	5.66 $\pm$ 1.83	5.92 $\pm$ 2.56	0.185	0.832	0.007	-	-
Gastro-soleus	7.66 $\pm$ 3.72	7.74 $\pm$ 3.27	11.06 $\pm$ 4.46	5.457	0.007*	0.150	YŞAE > DE YŞAE > PE	0.005** 0.006**

DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, Δ : Eğitim öncesi ve sonrası ölçüm sonuçlarının farkı, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, kg: kilogram, F: Tek yönlü varyans analizi, *p<0.05, η^2 : Effect size, I-J: Grup karşılaştırmaları (Games-Howell ve Tukey), **p<0.017.

4.5. Kas Kalınlığı ile İlgili Bulgular

KF kas grubu için tüm olguların egzersiz öncesi ve sonrası kas kalınlıkları değerlendirildi. Egzersiz öncesinde 19.81 ± 1.5 olan RF kas kalınlığı 1.73 ± 1.39 artış göstererek egzersiz sonrasında 21.54 ± 1.81 olarak bulundu. VI değerleri arasındaki fark (egzersiz öncesi: 17.17 ± 2.7 , egzersiz sonrası: 18.95 ± 2.82) 1.78 ± 1.76 idi. VL değerleri egzersiz öncesinde 21.31 ± 2.21 ve egzersiz sonrasında 23.82 ± 1.99 bulunurken iki ölçüm arasındaki fark 2.52 ± 1.18 olarak saptandı. VM değerleri ise egzersiz öncesinde 23.9 ± 1.64 ve egzersiz sonrasında 25.7 ± 1.66 bulunurken iki ölçüm arasındaki fark 1.79 ± 1.1 idi.

Olguların KF kas grubuna ait kalınlıklarının grup içi zamana göre değişimi Tablo 4.10'da gösterildi. Tüm gruplarda zamana göre grup içi değişim RF, VI, VL ve VM kaslarında anlamlı olarak bulundu ($p < 0.05$).

Tablo 4.10. KF kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması

Kas Kalınlığı (mm)	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x} \pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x} \pm Ss$)	t	p
RF	DE	19.26 ± 1.32	21.01 ± 1.59	-5.174	<0.001*
	PE	20.32 ± 1.75	22.57 ± 1.72	-9.336	<0.001*
	YŞAE	19.86 ± 1.23	21.02 ± 1.71	-4.26	<0.001*
VI	DE	17.68 ± 3.04	19.13 ± 2.77	-3.792	0.001*
	PE	17.03 ± 2.48	19.53 ± 2.96	-6.736	<0.001*
	YŞAE	16.8 ± 2.58	18.16 ± 2.66	-3.952	0.001*
VL	DE	21.14 ± 2.57	23.73 ± 1.94	-11.351	<0.001*
	PE	21.85 ± 1.9	24.26 ± 1.96	-9.537	<0.001*
	YŞAE	20.91 ± 2.09	23.46 ± 2.08	-8.875	<0.001*
VM	DE	23.62 ± 1.5	25.51 ± 1.8	-8.611	<0.001*
	PE	24.09 ± 1.8	26.16 ± 1.62	-9.85	<0.001*
	YŞAE	23.99 ± 1.65	25.39 ± 1.52	-5.276	<0.001*

RF: Rectus femoris, VI: Vastus intermedius, VL: Vastus lateralis, VM: Vastus medialis, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, mm: milimetre, t: Bağımlı gruplarda t-testi, * $p < 0.05$.

RF dışındaki KF grubu kas kalınlıklarında zamanla meydana gelen değişim benzerdi ($p>0.05$). RF kasında zamanla meydana gelen değişimin PE grubunda YŞAE grubuna göre daha yüksek olduğu yapılan post-hoc analiz sonucunda bulundu ($p<0.017$). Egzersiz öncesi ve sonrasında KF kas grubunun kalınlıklarında meydana gelen değişimlerin gruplar arası karşılaştırması Tablo 4.11.'de verildi.

Tablo 4.11. Grupların KF kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması

Kas Kalınlığı (mm)	DE Δ $\bar{x}\pm Ss$	PE Δ $\bar{x}\pm Ss$	YŞAE Δ $\bar{x}\pm Ss$	F	p	η^2	Post-hoc analiz	
							I-J	p
RF	1.75 $\pm$ 1.59	2.25 $\pm$ 1.13	1.17 $\pm$ 1.26	3.517	0.036*	0.102	PE>YŞAE	0.009**
VI	1.45 $\pm$ 1.8	2.5 $\pm$ 1.74	1.36 $\pm$ 1.58	2.994	0.057	0.088	-	
VL	2.59 $\pm$ 1.07	2.4 $\pm$ 1.18	2.56 $\pm$ 1.32	0.147	0.864	0.005	-	
VM	1.89 $\pm$ 1.03	2.07 $\pm$ 0.98	1.4 $\pm$ 1.21	2.238	0.115	0.067	-	

RF: Rektus femoris, VI: Vastus intermedius, VL: Vastus lateralis, VM: Vastus medialis, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, Δ : Eğitim öncesi ve sonrası ölçüm sonuçlarının farkı, $\bar{x}\pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, mm: milimetre, F: Tek yönlü varyans analizi, * $p<0.05$, η^2 : Effect size, I-J: Grup karşılaştırmaları (Tukey), ** $p<0.017$.

Hamstringler için tüm olguların egzersiz öncesi ve sonrası kas kalınlıkları değerlendirildi. Egzersiz öncesinde 21.22 $\pm$ 1.5 olan BF₃₀ kas kalınlığı 1.35 $\pm$ 1.61 artış göstererek egzersiz sonrasında 22.56 $\pm$ 1.84 olarak bulunurken, BF₅₀ değerleri arasındaki fark (egzersiz öncesi: 21.73 $\pm$ 1.66, egzersiz sonrası: 23.72 $\pm$ 2.11) 1.98 $\pm$ 1.92 idi. SM₃₀ değerleri egzersiz öncesinde 17.04 $\pm$ 1.94 ve egzersiz sonrasında 19.34 $\pm$ 2.37 bulunurken iki ölçüm arasındaki fark 2.30 $\pm$ 2.17 olarak saptandı. SM₅₀ değerleri ise egzersiz öncesinde 20.39 $\pm$ 2.41 ve egzersiz sonrasında 20.08 $\pm$ 2.68 bulunurken iki ölçüm arasındaki fark 0.30 $\pm$ 2.49 idi. Egzersiz öncesinde 17.76 $\pm$ 1.80 olan ST₃₀ kas kalınlığı 3.31 $\pm$ 2.42 artış göstererek egzersiz sonrasında 21.07 $\pm$ 2.50 olarak bulunurken, ST₅₀ değerleri arasındaki fark (egzersiz öncesi: 19.72 $\pm$ 2.26, egzersiz sonrası: 22.21 $\pm$ 2.76) 2.5 $\pm$ 2.41 idi.

DE, PE ve YŞAE gruplarının grup içi SM₅₀ ölçümleri karşılaştırıldığında, eğitim öncesi ve sonrası kas kalınlıkları arasındaki farklar sırasıyla -1.22 $\pm$ 2.81, -0.24 $\pm$ 2.12 ve 0.58 $\pm$ 2.23 olarak bulundu ve bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi.

($p>0.05$). Diğer tüm gruplarda egzersiz sonrası hamstring kas grubu kalınlıklarının egzersiz öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde arttığı belirlendi ($p<0.05$). Hamstring kas grubu kalınlıklarının zamana göre değişimleri (egzersiz öncesi ve sonrası) Tablo 4.12.'de gösterildi.

Tablo 4.12. Hamstring kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması

Kas Kalınlığı (mm)	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x}\pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x}\pm Ss$)	t	p
BF ₃₀	DE	20.63 $\pm$ 1.34	21.8 $\pm$ 1.39	-3.619	0.002*
	PE	21.4 $\pm$ 1.68	23.07 $\pm$ 1.75	-4.995	<0.001*
	YŞAE	21.65 $\pm$ 1.3	22.84 $\pm$ 2.14	-3.078	0.006*
BF ₅₀	DE	21.71 $\pm$ 1.42	23.11 $\pm$ 1.89	-4.060	0.001*
	PE	21.07 $\pm$ 1.48	23.83 $\pm$ 2.08	-6.317	<0.001*
	YŞAE	22.44 $\pm$ 1.81	24.24 $\pm$ 2.29	-4.370	<0.001*
SM ₃₀	DE	17.09 $\pm$ 2.16	18.32 $\pm$ 2.77	-3.149	0.005*
	PE	16.83 $\pm$ 1.54	19.86 $\pm$ 2.19	-6.916	<0.001*
	YŞAE	17.21 $\pm$ 2.12	19.87 $\pm$ 1.74	-5.385	<0.001*
SM ₅₀	DE	20.02 $\pm$ 3.11	18.8 $\pm$ 2.66	2.031	0.055
	PE	20.00 $\pm$ 2.04	19.76 $\pm$ 2.27	0.522	0.607
	YŞAE	21.17 $\pm$ 1.78	21.75 $\pm$ 2.29	-1.192	0.247
ST ₃₀	DE	17.56 $\pm$ 2.15	20.02 $\pm$ 2.38	-5.359	<0.001*
	PE	17.6 $\pm$ 1.34	21.75 $\pm$ 2.57	-8.005	<0.001*
	YŞAE	18.15 $\pm$ 1.86	21.47 $\pm$ 2.29	-6.141	<0.001*
ST ₅₀	DE	19.28 $\pm$ 2.7	20.82 $\pm$ 2.91	-3.051	0.006*
	PE	19.55 $\pm$ 2.06	22.59 $\pm$ 2.6	-6.432	<0.001*
	YŞAE	20.34 $\pm$ 1.9	23.27 $\pm$ 2.2	-5.438	<0.001*

BF: Biceps femoris, SM: Semimembranosus, ST: Semitendinosus, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, $\bar{x}\pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, mm: milimetre, t:Bağımlı gruplarda t-testi, * $p<0.05$

Grupların hamstring kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarına ait karşılaştırmalar Tablo 4.13.'de gösterildi. Hamstring kas grubuna ait kalınlıklarda meydana gelen değişimler gruplar arasında karşılaştırıldığında sadece PE grubundaki SM₃₀ ölçümlerinin DE grubuna göre daha yüksek olduğu bulundu ($p<0.017$). Bunun dışındaki ölçümlerin gruplarda benzer olduğu saptandı ($p>0.05$).

Tablo 4.13. Grupların hamstring kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması

Kas Kalınlığı (mm)	DE Δ $\bar{x}\pm Ss$	PE Δ $\bar{x}\pm Ss$	YŞAE Δ $\bar{x}\pm Ss$	F	p	η^2	Post-hoc analiz	
							I-J	p
BF ₃₀	1.17 $\pm$ 1.51	1.67 $\pm$ 1.57	1.19 $\pm$ 1.77	.676	0.512	0.021	-	-
BF ₅₀	1.4 $\pm$ 1.61	2.76 $\pm$ 2.05	1.8 $\pm$ 1.88	3.115	0.051	0.091	-	-
SM ₃₀	1.23 $\pm$ 1.83	3.03 $\pm$ 2.05	2.66 $\pm$ 2.27	4.676	0.013*	0.131	PE>DE	0.005**
SM ₅₀	-1.22 $\pm$ 2.81	-0.24 $\pm$ 2.12	0.58 $\pm$ 2.23	3.003	0.057	0.088	-	-
ST ₃₀	2.46 $\pm$ 2.16	4.16 $\pm$ 2.43	3.32 $\pm$ 2.48	2.828	0.067	0.084	-	-
ST ₅₀	1.54 $\pm$ 2.36	3.04 $\pm$ 2.22	2.93 $\pm$ 2.47	2.783	0.070	0.082	-	-

BF: Biceps femoris, SM: Semimembranosus, ST: Semitendinosus, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, Δ : Eğitim öncesi ve sonrası ölçüm sonuçlarının farkı, $\bar{x}\pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, mm: milimetre, F: Tek yönlü varyans analizi, * $p<0.05$, η^2 : Effect size, I-J: Grup karşılaştırmaları (Tukey), ** $p<0.017$.

GS için tüm olguların egzersiz öncesi ve sonrası kas kalınlıkları değerlendirildi. Egzersiz öncesinde 19.95 $\pm$ 1.76 olan MG kas kalınlığı 1.86 $\pm$ 1.52 artış göstererek egzersiz sonrasında 21.81 $\pm$ 2.25 olarak bulundu. LG değerleri arasındaki fark (egzersiz öncesi: 18.20 $\pm$ 1.37, egzersiz sonrası: 19.93 $\pm$ 2.13) 1.72 $\pm$ 1.54 idi. SOL değerleri egzersiz öncesinde 22.35 $\pm$ 1.57 ve egzersiz sonrasında 24 $\pm$ 1.61 bulunurken iki ölçüm arasındaki fark 1.65 $\pm$ 0.94 olarak saptandı.

Olguların GS kas grubuna ait kalınlıklarının grup içi zamana göre değişimi Tablo 4.14'de gösterildi. Tüm egzersiz gruplarında zamana göre grup içi değişim MG, LG ve SOL kaslarında anlamlı olarak bulundu ($p<0.05$).

Tablo 4.14. Gastro-soleus kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması

Kas Kalınlığı (mm)	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x} \pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x} \pm Ss$)	t	p
MG	DE	18.76 $\pm$ 1.37	20.78 $\pm$ 2.24	-5.302	<0.001*
	PE	20.57 $\pm$ 1.58	22.6 $\pm$ 1.93	-8.615	<0.001*
	YŞAE	20.55 $\pm$ 1.72	22.06 $\pm$ 2.24	-4.337	<0.001*
LG	DE	17.65 $\pm$ 1.07	19.05 $\pm$ 1.72	-4.338	<0.001*
	PE	18.97 $\pm$ 1.39	20.68 $\pm$ 1.97	-7.362	<0.001*
	YŞAE	17.98 $\pm$ 1.30	20.06 $\pm$ 2.43	-4.959	<0.001*
SOL	DE	21.5 $\pm$ 1.86	23.28 $\pm$ 1.64	-8.227	<0.001*
	PE	23.09 $\pm$ 1.13	25.03 $\pm$ 1.34	-9.623	<0.001*
	YŞAE	22.47 $\pm$ 1.25	23.67 $\pm$ 1.31	-7.923	<0.001*

MG: Medial gastroknemius, LG: Lateral gastroknemius, SOL: Soleus, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, mm: milimetre, t: Bağımlı gruplarda t-testi, *p<0.05

SOL dışındaki GS grubu kas kalınlıklarında zamanla meydana gelen değişim benzerdi (p>0.05). Gruplar arası karşılaştırmada SOL kas kalınlıkları arasında görülen farkın (p<0.05) hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek amacıyla yapılan post-hoc analizde egzersiz grupları arasındaki farkın PE ve YŞAE gruplarından kaynaklandığı bulundu (PE>YŞAE, p<0.017). Egzersiz öncesi ve sonrasında GS kas grubu kalınlıklarında meydana gelen değişimlerin gruplar arası karşılaştırması Tablo 4.15.'de verildi.

Tablo 4.15. Grupların gastro-soleus kas grubuna ait kalınlık ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması

Kas Kalınlığı (mm)	DE	PE	YŞAE	F	p	η^2	Post-hoc analiz	
	Δ $\bar{x} \pm Ss$	Δ $\bar{x} \pm Ss$	Δ $\bar{x} \pm Ss$				I-J	p
MG	2.03 $\pm$ 1.79	2.03 $\pm$ 1.1	1.51 $\pm$ 1.6	0.820	0.445	0.026	-	-
LG	1.4 $\pm$ 1.51	1.7 $\pm$ 1.09	2.09 $\pm$ 1.93	1.066	0.351	0.033	-	-
SOL	1.78 $\pm$ 1.01	1.94 $\pm$ 0.95	1.20 $\pm$ 0.69	4.02	0.023*	0.115	PE>YŞAE	0.008**

MG: Medial gastroknemius, LG: Lateral gastroknemius, SOL: Soleus, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, Δ : Eğitim öncesi ve sonrası ölçüm sonuçlarının farkı, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, mm: milimetre, F: Tek yönlü varyans analizi, *p<0.05, η^2 : Effect size, I-J: Grup karşılaştırmaları (Tukey), **p<0.017.

4.6. Tendon Kalınlığı ile İlgili Bulgular

Tüm olguların egzersiz öncesi KT kalınlığı 5.36 ± 0.49 iken egzersiz sonrasında bu değer 0.33 ± 0.3 artış gösterdi ve 5.69 ± 0.47 olarak bulundu. PT değerleri arasındaki fark (egzersiz öncesi: 4.08 ± 0.37 , egzersiz sonrası: 4.34 ± 0.37) 0.26 ± 0.23 idi. AT değerleri ise egzersiz öncesinde 4.38 ± 0.40 ve egzersiz sonrasında 4.69 ± 0.4 bulunurken iki ölçüm arasındaki fark 0.31 ± 0.26 olarak saptandı.

Alt ekstremitte tendon kalınlıklarının grup içi zamana bağlı değişimleri incelendiğinde, tüm egzersiz gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir kalınlık artışı olduğu saptandı ($p < 0.05$). Egzersiz öncesi ve sonrası değerlerin grup içi karşılaştırmalarına ilişkin bulgular Tablo 4.16.'da gösterildi.

Tablo 4.16. Alt ekstremitte tendon kalınlığı ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin grup içi karşılaştırması

Tendon Kalınlığı (mm)	Grup	Egzersiz öncesi ($\bar{x} \pm Ss$)	Egzersiz sonrası ($\bar{x} \pm Ss$)	t	p
KT	DE	5.3 ± 0.55	5.65 ± 0.48	-5.428	$<0.001^*$
	PE	5.42 ± 0.57	5.81 ± 0.48	-5.305	$<0.001^*$
	YŞAE	5.36 ± 0.34	5.61 ± 0.45	-4.91	$<0.001^*$
PT	DE	4 ± 0.42	4.33 ± 0.39	-5.433	$<0.001^*$
	PE	4.11 ± 0.28	4.34 ± 0.29	-5.435	$<0.001^*$
	YŞAE	4.14 ± 0.4	4.35 ± 0.43	-5.536	$<0.001^*$
AT	DE	4.28 ± 0.39	4.61 ± 0.36	-5.925	$<0.001^*$
	PE	4.39 ± 0.38	4.74 ± 0.41	-5.592	$<0.001^*$
	YŞAE	4.47 ± 0.43	4.71 ± 0.42	-5.383	$<0.001^*$

KT: Kuadriseps femoris tendonu, PT: Patellar tendon, AT: Aşıl tendonu, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, mm: milimetre, t: Bağımlı gruplarda t-testi, $*p < 0.05$

Grupların tendon kalınlığı ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması Tablo 4.17.'de gösterildi. Tendon kalınlıklarında zamanla meydana gelen değişimin her üç egzersiz grubunda da benzer olduğu bulundu ($p > 0.05$).

Tablo 4.17. Grupların tendon kalınlığı ölçümlerinin egzersiz öncesi ve sonrası farklarının karşılaştırılması

Tendon Kalınlığı (mm)	DE Δ $\bar{x} \pm Ss$	PE Δ $\bar{x} \pm Ss$	YŞAE Δ $\bar{x} \pm Ss$	F	p	η^2
KT	0.34 $\pm$ 0.3	0.39 $\pm$ 0.35	0.25 $\pm$ 0.24	1.248	0.294	0.039
PT	0.34 $\pm$ 0.29	0.23 $\pm$ 0.2	0.21 $\pm$ 0.18	1.862	0.164	0.057
AT	0.33 $\pm$ 0.26	0.35 $\pm$ 0.3	0.24 $\pm$ 0.21	1.063	0.352	0.033

KT: Kuadriseps femoris tendonu, PT: Patellar tendon, AT: Aşıl tendonu, DE: Dirençli egzersiz, PE: Plyometrik egzersiz, YŞAE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, Δ : Eğitim öncesi ve sonrası ölçüm sonuçlarının farkı, $\bar{x} \pm Ss$: Ortalama $\pm$ Standart sapma, F: Tek yönlü varyans analizi, *p<0.05, η^2 : Effect size.

5. TARTIŞMA

Çalışmamız sağlıklı genç erişkinlerde farklı egzersiz türlerinin denge, propriyosepsiyon, alt ekstremitte kas kuvveti, kas kalınlığı ve tendon kalınlığına olan etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirildi. Sekiz hafta süren egzersiz programı DE grubunda 22, PE grubunda 22 ve YŞAE grubunda ise 21 olgu ile tamamlandı.

Egzersizin statik ve dinamik dengeyi geliştirmesine yönelik 1. hipotezimiz bilateral ve unilateral denge için kabul edildi. Alt ekstremitte propriyosepsiyonu ve kas kuvvetindeki artış üzerine olan 2. ve 3. hipotezlerimiz kabul edildi. Alt ekstremitte kas kalınlıklarındaki artış üzerinde duran 4. hipotezimiz KF ve GS kas grupları için kabul edilirken, hamstringler için kısmen karşılandı. 5. hipotezimiz alt ekstremitte tendon kalınlıklarının egzersizle birlikte artmasıyla birlikte kabul edildi. Son hipotezimiz egzersizlerin çeşitli parametreler üzerindeki etkilerinin birbirine benzer olmasıydı ve denge, hamstring kas kuvveti, vastus kas grubu ve tendon kalınlıkları için desteklenirken, diğer parametreler içinse kısmen karşılandı.

5.1. Denge

İyi bir denge, vücudun çevreye göre konumuna ilişkin duyuşal bilgilerin karmaşık entegrasyonunu ve vücut hareketini kontrol etmek için uygun motor tepkiler üretme becerisini gerektiren günlük yaşam için zorunlu bir beceridir (Sturnieks vd., 2008).

Çalışmamızla benzer olarak, literatürde yer alan dirençli, plyometrik ve yüksek şiddetli aralıklı egzersizlerin statik ve dinamik denge üzerine etkilerini araştıran çalışmaların büyük bir çoğunluğunda egzersiz programları altı-sekiz hafta süreli olarak uygulanmıştır ve bu süre denge performansında önemli gelişmeler sağlamak için yeterli bir süre gibi görünmektedir (Asadi, 2013; Elboim-Gabyzon vd., 2021; Lee vd., 2020; Mohammadi vd., 2012; Prieske vd., 2018; Tay vd., 2019).

Çalışmamızın sonuçlarına göre sekiz haftalık DE programı sonucunda dinamik denge skorlarında azalma görülmüştür. USD skorlarında da azalma görülürken, BSD skorundaki azalma istatistiksel olarak anlamlı değildi. Denge skorlarında meydana gelen azalma, denge performansındaki iyileşmeyi göstermektedir.

DE'nin denge skorları üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların bir kısmı dengede önemli gelişmeler olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmamızın bulguları, DE'nin genç erkeklerde statik ve dinamik denge performansında önemli bir artış sağlayabildiği yönündedir. Behm ve ark. (2015) tarafından yapılan sistematik derleme incelendiğinde, 2-12 haftalık DE programlarına ve 14-80 yaş aralığındaki katılımcılara yer veren toplam 22 çalışmanın dahil edildiği görülmektedir. Bu sistematik derlemenin sonucunda DE programlarının denge performansını iyileştirmede etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Behm vd., 2015). Buna ek olarak, Šarabon ve Kozinc'in 13 randomize kontrollü çalışmayı derlediği metaanalizlerinde de DE'nin denge performansını artırmada etkili olduğu bulunmuştur (Šarabon ve Kozinc, 2020). Aynı zamanda çalışmamızın sonuçlarını destekleyen ve DE'nin statik ve dinamik denge performansında anlamlı bir artışa neden olduğunu belirten başka çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, yaş ortalaması 23 olan 35 sağlıklı erişkinin Y denge testi ile değerlendirilen denge parametrelerinde altı haftalık DE programı sonucunda artış gözlenmiştir (Prieske vd., 2018). 17-20 yaşlarındaki 30 sağlıklı erkek ile yapılan bir çalışmada dinamik dengeyi değerlendirmede yıldız denge testi, statik dengeyi değerlendirmede ise Romberg testi kullanılmış ve altı hafta süreli DE programı sonucunda her iki parametrede de iyileşme ortaya çıktığı bildirilmiştir (Mohammadi vd., 2012). Denge performansında görülen iyileşmenin nedeni, egzersiz programıyla birlikte alt ekstremité kas kuvvetinin artması, hızlı kasılan motor ünitelerin fasilasyonu, kas koordinasyonunun artması, DE sırasında disinhibisyonun azaltılması ve kas içciklerinin uyarılması süreci olabilir. Bu durumda, kas kontraksiyonu kas içciklerindeki Gama efferent aktivitesini uyarır ve kas içciklerinin duyarlılığının artırılmasıyla, postüral kontrolde önemli bir role sahip olan eklem pozisyonu algısını geliştirebilir (Mohammadi vd., 2012). Kuvvet ve denge performansındaki eşzamanlı gelişmelerin altında yatan mekanizma tam olarak bilinmese de kortikospinal uyarılabilirlikteki değişikliklerin rolü üzerinde durulmaktadır. DE'nin primer motor korteks ve kortikospinal yollar içindeki intrakortikal inhibitör ağları azalttığı ve kas lifleri boyunca aksiyon potansiyellerinin yayılma hızını arttırdığı bilinmektedir. Bu da dengeyi korumak için gerçekleştirilen otomatik ve istemli kas aktiviteleri üzerinde etkili olabilir (Casolo vd., 2020; Kidgell vd., 2017; Šarabon ve Kozinc, 2020).

Çalışmamızın bulgularına göre sekiz haftalık PE programı sonucunda tüm denge skorlarında azalma meydana gelmiştir. Birçok araştırmada PE, hem statik hem de

dinamik denge skorlarında anlamlı bir değişikliğe neden olmakla birlikte 32 çalışmanın derlendiği ve 818 katılımcıyı içine alan bir meta-analizde, PE'nin basketbol oyuncularının denge skorunda iyileşme meydana getirdiği bildirilmiştir (Ramirez-Campillo vd., 2022). Ramachandran ve ark. (2021) tarafından yapılan 80 çalışma ve 9-63 yaş aralığındaki 1806 sağlıklı katılımcıyı içeren bir başka sistematik derlemenin sonucu da bunu desteklemekte ve PE'nin hem atletik hem de rekreasyonel ortamlarda dengeyi geliştirmek için yeterli bir program olduğunu bildirmektedir (Ramachandran vd., 2021).

PE ile denge performansında meydana gelen gelişme, alt ekstremité kaslarının kontraksiyonundaki artışla ya da propriyoseptif ve nöromusküler kontroldeki değişikliklerle ilişkili olabilir. Bununla birlikte, altta yatan fizyolojik ve biyomekanik mekanizmalar belirsizliğini korumaktadır ve ilgili adaptasyon mekanizmaları hakkında daha fazla çalışma gerekmektedir (Ramirez-Campillo vd., 2022).

Sekiz haftalık YŞAE programımız sonucunda katılımcıların bilateral ve unilateral denge skorlarında azalma görülmüştür. YŞAE programlarının dengeye olan etkilerini inceleyen çalışmalara baktığımızda çoğu yayının diabetes mellitus, osteoartrit, parkinson, post stroke ve geriatrik grupları da içeren pek çok farklı popülasyonda gerçekleştirildiğini görmekteyiz. Altı haftalık YŞAE programına alınan osteoartritli yetişkinlerde denge performansının arttığını bildiren Bressel ve ark. bunun nedenini eklem ağrısındaki azalma ile ilişkilendirmiştir (Bressel vd., 2014). Literatürde altı haftalık YŞAE'nin diabetes mellitus hastalarında (Alarcón-Gómez vd., 2020), post stroke hastalarında (Anjos vd., 2022; Wiener vd., 2019) ve sağlıklı yaşlılarda (Elboim-Gabyzon vd., 2021) denge performansında iyileşmeye yol açtığını bildiren çalışmalar da mevcuttur.

Literatürde yer alan ve egzersiz programlarının denge parametreleri üzerinde etkili olduğunu bildiren çok sayıdaki çalışmanın yanı sıra bunun aksini gösterenler de bulunmaktadır. Melnikov ve ark. 38 kişinin dahil edildiği çalışmalarında DE'nin postür al denge somatosensoriyel faktörünü artırmada etkisiz olduğunu, bunun da denge yeteneği üzerinde zayıf bir etki yaratmasından kaynaklandığını belirtmiştir (Melnikov vd., 2022). On beş orta-yüksek kaliteli çalışmanın dahil edildiği ve toplam 523 katılımcıyı içeren bir sistematik derlemede, yaşları 15-22 arasında değişen sporcularda alt ekstremitéyi de içeren kombine PE programlarının statik ve dinamik denge üzerinde etkili

olmadığı bildirilirken (Deng vd., 2023), 18 genç basketbolcu kadının dahil edildiği randomize kontrollü başka bir çalışmada da yedi haftalık PE'nin denge skorları üzerinde bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Meszler ve Váczi, 2019). Sculthorpe ve ark. tarafından altı haftalık YŞAE'nin 33 sedanter yaşlı erkekte denge üzerindeki etkilerini inceleyen pilot çalışmanın ve Wilke ve Mohr tarafından 11,7-72,8 yaş aralığındaki 864 katılımcının dahil edildiği sistematik derlemenin sonuçları da bunu desteklemektedir (Sculthorpe vd., 2017; Wilke ve Mohr vd., 2020). Çalışmamız ve mevcut literatürün farklı sonuçlara ulaşmış olmasının olası nedenleri; literatürdeki değerlendirme yöntemlerindeki, egzersiz parametrelerindeki (çeşitlilik, şiddet, frekans, süre) ve katılımcıların kişisel özellikleri arasındaki farklılıklardır. Konuyla ilgili yayınlar incelendiğinde, denge değerlendirmesinde kullanılan yöntemlerin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Berg denge skalası gibi çeşitli testlerin yanı sıra statik denge değerlendirmesinde ayak basınç platformları, tek ayak üzerinde durma testi gibi yöntemler kullanılırken, dinamik denge değerlendirmesinde Y denge testi ve süreli oturma testleri gibi farklı yöntemler tercih edilmiştir (Melnikov vd., 2022; Tay vd., 2019).

Çalışmamızda farklı egzersiz programlarının denge parametreleri üzerindeki etkinliklerinin birbirine benzer olduğu bulunmuştur. Tay ve ark. (2019) altı hafta süreli PE ile DE'nin denge skorları üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında dinamik denge skorları üzerinde olumlu etkiler gözlemlerken, gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşmış (Tay vd., 2019), başka bir çalışmada da DE ve PE'nin denge parametreleri üzerine etkileri karşılaştırılmış ve medial-lateral statik ve dinamik denge üzerindeki etkinliklerinin benzer olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Choi, 2010). Literatürde YŞAE programı ile DE ve PE programlarının denge üzerindeki etkilerini karşılaştıran çalışma bulunmamaktadır. İleriki araştırmalarda YŞAE'nin denge parametreleri üzerindeki etkinliğinin farklı egzersiz gruplarıyla karşılaştırmalı olarak daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

5.2. Propriyosepsiyon

Vücut bölümlerinin uzaydaki konumundan bilinçli ve bilinçdışı farkında olma yeteneği olan propriyosepsiyon, özellikle görme duyusunun ortadan kalkmasıyla birlikte eklemlerin hangi pozisyonda olduğunu algılamaya ve ayakta dururken dengeyi sağlar. İyi bir propriyosepsiyon sayesinde, kas-iskelet sisteminin tüm bileşenlerinin dengede olması sağlanır (Ergen vd., 2007; McGee vd., 2018; Seeley vd., 2005). Propriyoseptif duyu,

eklemlerin hareketlerini kontrol etmede; kaslarda, tendonlarda, bağlarda ve eklem kapsülünde bulunan reseptörler aracılığıyla stabiliteyi korumada önemli roller oynar (Lephart vd., 1998).

Sekiz haftalık DE programımız sonucunda katılımcıların diz ve ayak bileği propriyosepsiyonlarında artış olduğu görülmüştür. Han ve ark. yaptıkları sistematik derleme ve metaanaliz sonucunda dirençli egzersizlerin ayak bileği eklem pozisyon hissinde iyileşmeye yol açtığını bildirirken, Guede-Rojas ve ark. benzer bir sistematik derlemeyi diz osteoartritli popülasyonda gerçekleştirmiş ve sonuç olarak DE'nin diz propriyosepsiyonunda da artışa yol açtığını göstermiştir (Guede-Rojas vd., 2023; Han vd., 2022).

Otuz katılımcıyla yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, stabil olmayan yüzeylerde uygulanan ayak bileği güçlendirme egzersizlerinin fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan genç yetişkinlerde propriyoseptif duyuyu geliştirmek için etkili bir tedavi yöntemi olarak sunulabileceği gösterilmiştir (Ha vd., 2018). Buna karşılık 17-21 yaşlarındaki 30 sağlıklı kadında yapılan başka bir çalışma, on hafta süreli alt ekstremiteye yönelik DE programı sonucunda ayak bileği propriyosepsiyonunda anlamlı bir değişiklik ortaya çıkmadığını bildirmiştir (Melnikov vd., 2022).

Yun ve ark. yaptıkları randomize kontrollü çalışmada 60 yaş üstü 40 diz osteoartrit hastasını dört haftalık DE programı boyunca takip etmiş ve egzersiz programının diz propriyosepsiyonunda etkili olduğunu bulmuş; Moghadasi ve ark. ise yaş ortalaması 34 olan 36 kadın multiple skleroz hastasında sekiz haftalık DE programı sonucunda diz propriyosepsiyonunun artış gösterdiği sonucuna ulaşmıştır (Moghadasi vd., 2018; Yun vd., 2010). DE programı sonucunda propriyosepsiyonda gözlemlediğimiz iyileşme, egzersiz programının kas kuvvetini artırmasından ve bunun da eklem kapsülünün dışında bulunan golgi reseptörleri ve kas tendon organları gibi çeşitli propriyoseptif yapıların hassasiyetinde artışa yol açmasından kaynaklanıyor olabilir (Topp ve Pifer, 2017).

Literatürde PE'nin propriyosepsiyon üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma olduğu görülmektedir. 18-25 yaş aralığındaki 30 katılımcı ile yapılan bir çalışmada, sekiz haftalık PE programının diz eklemindeki propriyoseptif duyuyu artırdığı bildirilmiştir (Büyükturan vd., 2021). Başka bir çalışmada, altı haftalık alt ekstremit

plyometrik egzersiz programı sonucunda futbolcularda diz propriyosepsiyonunun geliştiği bildirilirken (Seo vd., 2010), sekiz haftalık plyometrik antrenmanı takiben diz propriyosepsiyonunda anlamlı iyileşmeler saptanan çalışmalar da mevcuttur (Zamani vd., 2010). Çalışmamızın sonuçları literatürü destekleyerek, PE'nin tüm eklem ve açılarda propriyosepsiyonda artışa yol açtığını göstermiştir. EPH'de önemli ölçüde iyileşme ortaya koyan sonuçlarımızın, PE'nin periferik duyuşal reseptörlerin hassaslaşmasına yol açarak afferent girdiyi aktive etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde PE'nin, periferik ve merkezi sinir sisteminde birtakım nöral adaptasyonlara ve nöromusküler faktörlerde iyileşmeye yol açarak, eklem pozisyon hissinde ve eklem hareket farkındalığında artışa neden olduğu bildirilmiştir. Periferik adaptasyonlar, hareket açıklığının sonuna yakın eklem mekanoreseptörlerinin tekrarlı stimulasyonundan kaynaklanıyor olabilir. Bazı araştırmacılar, PE sonucunda kassal performansta meydana gelen kazanımların sinir sisteminde yer alan nöral bir adaptasyon sonucunda oluştuğunu ileri sürmektedir. Kassal koordinasyonu artırmak ve gerilme-kısalma döngüsünü (GKD) kullanma becerisini en üst düzeye çıkarmak gibi çeşitli nöromusküler faktörler bunda etkili olabilir (Asadi vd., 2013). Aynı zamanda ekstremitelerden gelen duyuşal nöronların aktivitesindeki artış da propriyoseptif duyuda artışa yol açabilir (Grigg, 1994). PE sırasında uyarılan kas, kas içciklerini ve eklem propriyosepsiyonunda rol oynayan GTO'ları aktive ederek alt ekstremitte propriyosepsiyonunu geliştirir (Seo vd., 2010).

Çalışmamızın sonuçlarına göre sekiz haftalık YŞAE programı sonucunda diz ve ayak bileğinin tüm açılarındaki propriyosepsiyon değerlerinde iyileşme meydana gelmiş ve EPH açıları azalmıştır. Literatürde YŞAE'nin propriyosepsiyon üzerindeki etkinliğini inceleyen çalışmaların olmadığı görülmektedir. Çalışmamız sonucunda propriyosepsiyonda meydana gelen artışın nedeni bilinmemekle birlikte, egzersizle birlikte ortaya çıkan kas kasılmasının refleks motor ünite fasilasyonu, gelişmiş motor ünite senkronizasyonu ve GTO'nun inhibisyonu gibi çeşitli nöral adaptasyonların propriyosepsiyon üzerindeki olumlu etkilerinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz (Thompson vd., 2003). Bu alanda daha fazla sayıda araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Herhangi bir aktif egzersiz 'propriyoseptif eğitim' olarak kabul edilebilir çünkü egzersiz sırasında eklem ve kas-tendon mekanoreseptörlerinden MSS'ye bir dizi afferent impuls üretilir (Clark ve Herrington, 2010). Bu nedenle, aktif egzersizler propriyosepsiyonu artırmada önemli bir bileşen olarak kabul edilebilir. Çalışmamızda 30°

ve 60° diz propriyosepsiyonlarında zamanla meydana gelen değişim tüm egzersiz gruplarında benzerdi. Farklı egzersiz programlarının 45° diz propriyosepsiyonundaki etkileri karşılaştırıldığında, DE programının PE'den daha etkili olduğu bulundu. İlerleyici DE programımız süresince, egzersizler sırasındaki diz fleksiyon açılarının egzersizlerin büyük çoğunluğunda 90 derece olarak planlandığı görülmektedir. PE programımız ise genellikle 45 derecelik diz fleksiyonu gerektiren patlayıcı hareketler içermekteydi. İki grup arasındaki fark, eğitimler boyunca beklenen diz fleksiyon derecelerinin farklılığından kaynaklı olabilir.

11° PF'deki ayak bileği propriyosepsiyonunda zamanla meydana gelen değişimin tüm egzersiz gruplarında benzer olduğu saptanırken, 25° PF'de YŞAE DE'den, 10° DF'de DE ve PE YŞAE'den daha fazla etki gösterdi. Propriyosepsiyon ve egzersiz yaklaşımlarına ilişkin literatür incelendiğinde, Ziaei ve ark. tarafından yapılan çalışmada, PE ve DE programlarının ayak bileği propriyosepsiyonunu geliştirdiği ancak iki protokolün etkinliğinde bir farkın olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Ziaei vd., 2020). Literatürde YŞAE ile diğer egzersiz gruplarının ayak bileği propriyosepsiyonundaki etkinliğini karşılaştıran herhangi bir çalışmanın olmadığı görülmektedir.

5.3. Kas Kuvveti

Kasların kuvvet uygulama kapasitesi olarak tanımlanan kas kuvveti; günlük yaşam aktiviteleri, genel sağlık durumu, rehabilitasyon programları ve spor performansının önemli bir yönü olan kas-iskelet sistemi uygunluğunun bir bileşenidir (Kumar, 2004). Çalışmamız sonucunda tüm egzersiz programlarının alt ekstremita kas kuvvetinde artışa yol açtığı bulundu.

Dirençli egzersiz programlarının kas kuvvetinde artışa yol açtığı bilinmektedir. Birçok çalışmanın bulguları da bunu destekleyecek nitelikte olup 8-10 haftalık DE programı sonucunda diz ekstansör ve fleksör kas kuvvetinde iyileşmeler göstermiştir (Boraczyński vd., 2023; Melnikov vd., 2022). Direnç antrenmanı periyodunun ardından, iskelet kaslarının maksimal kuvvet üretme kapasitesi artış gösterir. Uzun süreli direnç antrenmanı ile görülen kuvvet üretimindeki artışların temel olarak nöronal ve nöromusküler adaptasyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Škarabot vd., 2021). Egzersiz programlarının erken evrelerinde ortaya çıkan temel nörolojik adaptasyonlar; antagonist kasların aktivasyonunda azalma ve kas lifi sayısındaki artış, ateşleme frekansı

ve motor ünitelerin senkronizasyonu nedeniyle artan agonist kas aktivasyonunu içermektedir (Bruseghini vd., 2019). Buna ek olarak, DE'nin iskelet kasındaki mitokondriyal solunum kapasitesini, işlevini ve doku homojenitelerindeki oksidatif enzimlerin aktivitesini artırdığı bilinen bir gerçektir (McKenna vd., 2022; Porter vd., 2016). Kronik egzersizde, mitokondriyal içeriğin artış göstermesiyle birlikte dokuların oksijen tüketim kapasitesi ve ATP sağlama kapasitesi de yükselecektir. İskelet kasında egzersiz, mitokondriyal biyogenez oranının hızlandırılmasında önemli bir rol oynayabilir (Hood, 2009).

PE ile kas kuvvetinde meydana gelen artışlar, gelişmiş motor ünite ateşleme frekansı, senkronizasyon, uyarılabilirlik ve efferent motor aktiviteyi içeren çeşitli nöral adaptasyonlarla ilişkili olabilir. Adaptif mekanizmalar, devreye giren her bir motor ünite başına üretilen relatif kuvveti arttırabilir. Bununla birlikte, kas hipertrofisinin de bu süreçte etkili olması mümkündür (Ramirez-Campillo vd., 2022). PE sırasında hem refleks mekanizmaların etkinliğinin artması hem de elastik potansiyel enerjinin kullanılmasıyla üretilen kuvvet, konsantrik kontraksiyonda kontraktıl proteinlerin ürettiği kuvvete eklenerek kas kuvvetinin daha yüksek olmasına olanak sağlamaktadır (Chu ve Meyer, 2013). PE'nin kassal kuvvet üzerindeki etkisini değerlendiren bir çalışmada, yaşları 18-25 yıl olan toplamda 30 genç yetişkin bireyin diz ekstansör ve fleksör kaslarının izokinetik kas kuvvetinde egzersizle birlikte artış gözlemlendiği bildirilmiştir (Büyükturan vd., 2021). Bu nedenle, bulgularımız PE'nin alt ekstremitte kas kuvveti performansını geliştirmek için uygun bir yöntem olduğuna dair kanıtlar sunmaktadır. Bunlara ek olarak, farklı dallardan sporcularda kondisyon geliştirmede etkili olduğunu bildiren çok sayıda yayın bulunmaktadır. Ioannides ve ark., altı haftalık PE'nin 12 karate sporcusunun kassal kuvvet performansındaki etkinliğini incelemiş ve programın performansta gelişimle sonuçlandığını bildirmiştir (Ioannides vd., 2020). Fathi ve ark.a göre 16 haftalık PE voleybolcularda kuvvet performansında iyileşmeye katkıda bulunmaktadır (Fathi vd., 2019). Behringer ve ark. yaptıkları randomize kontrollü çalışmada sekiz haftalık PE'nin 36 tenisçinin bacak kuvvetinde artışa yol açtığını belirtmiş, Sharma ve Multani ise randomize kontrollü çalışmalarında iki haftalık PE programı sonucunda 12-20 yaş aralığındaki 20 erkek basketbolcunun GS kas grubunda kuvvet artışı olduğunu gözlemlemiştir (Behringer vd., 2013; Sharma ve Multani, 2012). PE sırasında hem refleks mekanizmaların etkinliğinin artması hem de elastik potansiyel enerjinin kullanılmasıyla üretilen kuvvet, konsantrik kontraksiyonda kontraktıl proteinlerin ürettiği

kuvvete eklenerek kas kuvvetinin daha yüksek olmasına olanak sağlamaktadır (Chu ve Meyer, 2013).

Tüm vücuda yönelik YŞAE programının KF kasının kuvvetini artırmada etkili olduğu bildirilmiştir (Marzuca-Nassr vd., 2020). Kas mitokondri içeriğini, fonksiyonunu ve dinamiklerini değiştiren YŞAE, iskelet kasındaki glikoz, laktat ve yağ asitleri taşıyıcılarının protein içeriğini artırır. Mitokondri ve taşıyıcı proteinlerin bu adaptasyonları, iskelet kasındaki oksidatif kapasiteyi ve substrat kullanılabilirliğini artırır. YŞAE programı sonucunda kas kuvvetlerinde meydana gelen artışın bunlardan kaynaklandığı düşünülebilir (Hoshino vd., 2016).

Bulgularımızdan elde edilen sonuçlara göre KF kas grubunun kuvvetindeki artış yorumlandığında, PE programının DE programına göre daha etkili olduğu saptanmıştır. Hamstring kas grubunun kuvvetinde zamanla meydana gelen artış farklı egzersiz gruplarında benzerken, GS kas grubunun kuvvetindeki artışa bakıldığında ise YŞAE programının her iki gruba kıyasla daha etkin olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda YŞAE programında yer alan egzersizler daha horizontal karakterdeki sıçramalardan oluşurken (örneğin öne sıçrama), PE programında dikey sıçramalar ağır basmaktaydı. Horizontal ve dikey karakterdeki sıçramalarda kas aktivasyonlarının değişiklik gösterdiği bilinmektedir. GS kasının özellikle öne sıçrama gibi aktivitelerde daha aktif olduğu göz önünde bulundurulursa, YŞAE programı sonucunda GS kas grubunda gözlenen kalınlık artışının diğer egzersiz gruplarından fazla olması beklenebilir.

Bu konuyla ilişkili yayınları incelediğimizde egzersiz gruplarının birbirine üstünlüğü konusunda çok farklı sonuçlar bildirildiğini görmekteyiz. DE ve PE programlarının etkinliklerini karşılaştıran bazı çalışmalarda, KF kas kuvvetini geliştirmede DE lehine sonuçlara ulaşılmıştır (Hasan, 2023; Ita ve Guntoro, 2018). Tay ve ark. tarafından 26 bireyle yapılan bir çalışmada altı hafta süreli PE ile DE'nin diz fleksör ve ekstansör kas kuvvetinde birbirine üstünlüklerinin olmadığı bildirilirken, Al Ameer DE ve PE programlarına alınan 18-25 yaş aralığındaki 60 erkek katılımcıyı leg press ile değerlendirmiş ve bacak kas kuvvetinin DE grubu lehine olduğu sonucuna ulaşmıştır (Al Ameer, 2020; Tay vd., 2019). 22 katılımcının dahil olduğu başka bir

çalışmada ise sekiz haftalık DE'nin YŞAE programı karşısında daha etkili olduğu belirtilmiştir (Molinari vd., 2022). Çalışmamız ve literatür arasındaki uyumsuzluğun nedeni incelendiğinde, bunun uygulanan egzersiz programları arasındaki büyük farklılıklardan kaynaklanabileceği görülmektedir. DE ve PE programlarındaki frekans, durasyon, egzersiz şiddeti ve progresyon gibi özellikler çok çeşitliken, YŞAE protokolleri de bisiklet ergometresi, koşu bandı, üst-alt ve tüm vücudu içine alan egzersiz programları gibi farklı tekniklerle planlanmıştır. Bir başka sebep ise kas kuvvetini değerlendirmede kullanılan tekniğin değişiklik göstermesi olabilir. Çalışmamızda kas kuvvetini değerlendirmede manual dinamometre tercih edilmişken, leg press ve izokinetik sistemler gibi farklı cihazlar aracılığıyla kassal kuvvet değerlendiren birçok çalışma bulunmaktadır (Al Ameer, 2020; Hasan, 2023, Molinari vd., 2022).

DE, PE ve YŞAE programları sonucunda kas kuvvetinde gözlenen artışın ortak nedeni olarak mitokondriyal metabolizma üzerinde durabiliriz (Drake vd., 2016; Jacobs vd., 2013). İskelet kası toplam vücut kütleinin yaklaşık %40'ını oluşturur ve metabolik açıdan insan vücudundaki en aktif dokulardan biridir. ATP üretmek için besin maddelerini oksitleyen mitokondri, uzun süreli egzersizin enerji ihtiyacını karşılamaktan sorumludur. Mitokondriler, birbiriyle ilişkili çoklu süreçler yoluyla egzersizin sürekli değişen enerji taleplerini karşılayabilen son derece dinamik organellerdir. Mitokondriyal miktar ve kalitedeki gelişmeler, iskelet kası kontraksiyon ve metabolik fonksiyonlarının iyileştirilmesinde çok önemlidir. Egzersiz eğitimi, yeni proteinlerin ve mitokondriyal DNA'nın mevcut retikulumda sentezi ve birleştirilmesi ve yapısal ayırma ve birleştirmenin yanı sıra hasarlı ve işlevsiz mitokondrinin parçalanması da dahil olmak üzere yüksek düzeyde koordine edilmiş çeşitli adaptif süreçler yoluyla genel mitokondriyal miktar ve kalitede belirgin iyileşmeler ortaya çıkarır (Drake vd., 2016).

5.4. Kas Kalınlığı

İskelet kası hipertrofisi; hormonlar, büyüme faktörleri ve egzersizlerin etkisine aracılık eden mekanik sinyaller tarafından uyarılabilir. Hipertrofi sırasında kasta meydana gelen büyüme, protein sentezinin uyarılması yoluyla translasyonel düzeyde ve ribozomal RNA'ların ve kasa özgü genlerin aktivasyonu yoluyla transkripsiyonel düzeyde kontrol edilir (Schiaffino vd., 2021). Literatürde kas hipertrofisinin değerlendirmesinde çok sayıda farklı yöntemin kullanıldığı görülmekle birlikte, yaygın ve pratik olarak B-mode USG ile kas kalınlığı ve EKA ölçümleri tercih edilmektedir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre sekiz haftalık DE, PE ve YŞAE programları sonucunda tüm alt ekstremitte kas kalınlıklarında artış meydana gelirken, hamstring kas grubu incelendiğinde SM₅₀ kas kalınlığındaki artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Bunun dışındaki tüm kalınlık artışları istatistiksel olarak anlamlıdır.

DE'nin alt ekstremitte kas kalınlıkları üzerindeki etkilerini araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Genellikle 5-12 haftalık dirençli antrenman programını takiben kas kalınlığında meydana gelen değişimin incelendiği bu çalışmalarda sıklıkla KF, GS ve Hamstring kas grubunun incelendiği görülmektedir.

5-12 haftalık eğitimler sonucunda KF kas kalınlığında artış gözlemlendiğini bildiren pek çok çalışma olmakla birlikte (Housh vd., 1992; Santos vd., 2018; Tesch vd., 2004), yaş ortalaması 25 olan 23 sağlıklı erkeğin dahil edildiği bir çalışmada 8 haftalık DE programıyla birlikte RF kas kalınlığında artış gösterilmiştir (Alonso-Fernandez vd., 2018). Benzer şekilde Ema ve ark (2013) 12 haftalık DE programı sonucunda diz ekstansör kaslarında (VL, VM, VI ve RF) kalınlık artışı gözlemlemiştir. Damas ve ark. (2016) ise yaşları ortalaması 27 olan on sağlıklı erkek ile yaptıkları çalışmalarında, 10 haftalık DE programının erken aşamalarında VM kasında miyofibriler protein sentezi ile hipertrofi arasında anlamlı bir korelasyon gözlemlediklerini belirtmiştir (Damas vd., 2016; Ema vd., 2013).

10 ve 12 haftalık farklı DE programlarını takiben hamstringlerde kalınlık artışı olduğunu gözlemleyen çalışmalar olduğu gibi (Abe vd., 2000; Bourne vd., 2017), dört haftalık bir DE sürecinin aynı kas grubunda kalınlık artışı için yeterli olmadığını belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Ribeiro-Alvares vd., 2018).

DE'nin GK kas kalınlığı üzerindeki etkinliğini yaş ortalaması 23 olan 18 sağlıklı erkek katılımcı üzerinde değerlendiren bir çalışmada yedi haftalık egzersizin etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Duclay vd., 2009). Daha ileri yaş gruplarında 6-8 haftalık DE programlarının plantar fleksörlerdeki kalınlık üzerine etkilerini araştıran çalışmalar da bulunmaktadır. Yaş ortalaması 65 olan 24 bireyin takip edildiği sekiz haftalık bir DE programının plantar fleksör kaslarında hipertrofiyle sonuçlandığı gösterilmiş olmakla birlikte (Lopez vd., 2020), başka bir çalışmada altı haftalık DE programının yaş

ortalaması 53 olan 25 bireyin GM ve GL kas kalınlığında herhangi bir değişikliğe yol açmadığı bildirilmiştir (Crill vd., 2014).

Sekiz haftalık PE programımız sonucunda değerlendirilen alt ekstremite kaslarının büyük çoğunluğunda kalınlık artışı olduğu görülmüştür. DE ile karşılaştırıldığında PE'nin kas kalınlığı üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar literatürde daha az yer almaktadır. Monti ve ark. altı haftalık PE programına dahil ettikleri grubun hem KF hem de VL kas kalınlıklarında artış meydana geldiğini bildirmiştir (Monti vd., 2020). 18-35 yaş aralığındaki 36 sağlıklı erkek katılımcıyla tamamlanan bir çalışmanın sonucunda, sekiz hafta süreli PE'nin KF, VL, VM ve VI EKA'sında artışa yol açtığı gözlemlenmiştir (Earp vd., 2015). Benzer şekilde Vissing ve ark. 12 haftalık PE ile birlikte KF ve hamstring kas gruplarının EKA'sında artış olduğunu bildirmiştir (Vissing vd., 2008). Plantar fleksörlere yönelik 12 haftalık PE programının kas ve tendon mekanik özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, egzersiz programının LG, MG ve SOL kaslarında kalınlık artışıyla sonuçlandığı gözlemlenmiştir (Kubo vd., 2021). Ramírez-delaCruz ve ark. 32 çalışmanın meta-analizini yapmış ve PE'nin VL, VM, RF kas kalınlığını artırmak için etkili bir araç olduğu sonucuna ulaşmıştır (Ramírez-delaCruz vd., 2022). Buna karşılık, PE programlarının kas kalınlığında değişikliğe yol açmadığını bildiren çalışmalar da literatürde yer almaktadır (Cormie vd., 2010; Kyröläinen vd., 2005). Kas hipertrofisinin açığa çıkması için, egzersizin genellikle kas protein dengesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olması gerekir. İnsanlarda PE'ye yanıt olarak kas protein sentezi yanıtlarında meydana gelen değişiklikleri doğrudan inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak hayvan çalışmalarına baktığımızda, PE'ye tabi tutulan sıçanların protein sentezi oranında önemli ölçüde artış yaşandığı görülmektedir (Watt vd., 1982). Çalışmamızla birlikte PE programı sonucunda kas kalınlıklarında meydana gelen artış kısmen bu şekilde açıklanabilir. Bunun yanı sıra, PE'de gerilim altında daha az zaman geçmesi ve metabolik stresin minimum olması göz önünde bulundurulursa, kısa süreli yüksek kuvvetli mekanik uyarıların hipertrofik bir yanıtı açacağı varsayılabilir (Grgic vd., 2021).

Sekiz haftalık YŞAE programımızın sonuçlarına göre KF, alt ekstremite kas kalınlıklarında artış meydana gelmiştir. Pek çok çalışmada YŞAE programlarının kas hipertrofisinde artışla sonuçlandığı gösterilmiştir. Bir çalışmada, 10 hafta süreli KH_{max} 'ın %90-95'inde 4 dakikalık koşuyu takiben KH_{max} 'ın %70'inde 3 dakikalık aktif dinlenmeyi

içeren ve toplam 4 setten oluşan YŞAE protokolüne dahil edilen üniversite öğrencilerinin VL kası EKA'sında %10,6'lık bir artış görüldüğü bildirilmiştir (Ester vd., 2017). Osawa ve ark. ise, 16 hafta süren YŞAE protokolü sonucunda yetişkin erkeklerde KF'nin EKA'sında %11'lik artış meydana geldiğini göstermiştir (Osawa vd., 2014). Ratlar üzerinde yapılan bir çalışmada sekiz haftalık YŞAE'nin, IGF-I (insülin benzeri büyüme hormonu-I) ve myostatin oluşumunda rol alan iletim yollarını iyileştirerek GK kasında hipertrofiyi tetiklediği bulunmuştur (Biglari vd., 2020). İnsan çalışmalarından ortaya çıkan sonuçlar, YŞAE'nin kas kütlesi düzenlemesinde rol oynayan genlerin ve proteinlerin ekspresyonunu modüle edebileceğini, kas protein sentezini artırabileceğini ve kas uydu hücrelerini aktive edebileceğini göstermektedir (Callahan vd., 2021). YŞAE'nin bir dizi metabolik adaptasyonu teşvik ettiği bilinmektedir. YŞAE programıyla ilk aşamalarda meydana gelen musküler adaptasyonların ağırlıklı olarak oksidatif olması beklenmektedir (Blue vd., 2018). Bununla birlikte, Scalzo ve ark. (2014) dört-sekiz seanslık YŞAE programı sonrasında VL'de mitokondriyal biyogenez ve kas protein sentezinde artış gözlemlendiğini bildirmiştir ve bunun da kasın yeniden şekillenmesinde etkin olması muhtemeldir (Scalzo vd., 2014).

Çalışmamızda KF kas grubunda zamanla meydana gelen kalınlık artışı değişimlere baktığımızda; RF'nin PE grubunda DE grubuna göre daha fazla kalınlık artışıyla sonuçlandığı görülürken vastus kaslarındaki değişim tüm egzersiz gruplarında benzerdi. SM₃₀ kas kalınlığında meydana gelen değişim DE ile karşılaştırıldığında PE lehine olmakla birlikte; diğer hamstring grubu kaslarında zamanla meydana gelen kalınlık artışı değişimleri tüm egzersiz programlarında birbirine benzerdi. GS kas grubu kalınlıklarında zamanla meydana gelen değişimler incelendiğinde, MG ve LG'de görülen kalınlık artışlarının tüm egzersiz gruplarında benzer olduğu görülürken, SOL kalınlığı YŞAE ile karşılaştırıldığında PE grubunda daha fazlaydı. DE, PE ve YŞAE programlarımızın her biri tüm alt ekstremiteye yönelik planlanmış olmakla birlikte, tüm egzersiz programları kas gruplarını eşit ölçüde aktive etmemiş olabilir. RF, SM ve SOL kaslarındaki gruplar arasındaki farklılığın bundan kaynaklanmış olabileceğini düşünüyoruz.

Kas kalınlığı üzerinde DE ve PE programlarının etkinliğini tartışan çok sayıda çalışma literatürde yer alırken, YŞAE programları ile karşılaştırma yapan yayın sayısı sınırlıdır. Konopka ve Harber tarafından yapılan bir derlemede hem DE ve hem de

aerobik egzersizlerin diz ekstansör kaslarının hipertrofisini uyarmada eşit derecede etkili olabileceği öne sürülmüştür (Konopka ve Harber, 2014). Benzer şekilde Ceccarelli ve ark. dirençli egzersizlerin yanı sıra aerobik egzersizlerin de protein metabolizmasını değiştirerek ve iskelet kası hipertrofisini indükleyerek anabolik bir potansiyel ortaya koyduğunu bildirmiştir (Ceccarelli vd., 2017). Kubo ve ark. plantar fleksör kas kalınlıklarının 12 hafta sonunda hem DE hem PE ile arttığını ancak iki grup arasında anlamlı bir farklılık olmadığını bildirmiştir (Kubo vd., 2017). Fakat literatürde yer alan ve DE ile aerobik egzersizlerin kas hipertrofisi üzerindeki etkinliklerini karşılaştıran bir sistematik derlemede DE lehine sonuca ulaşılmıştır (Grgic vd., 2019). Başka bir derlemede ise PE ve DE programlarının alt ekstremite kas grupları için antrenmansız bireylerde kas hipertrofisi üzerinde benzer etkiler yaratabileceği vurgulanmıştır (Grgic vd., 2021).

5.5. Tendon Kalınlığı

Tendonlar, pasif elastik enerjiyi bir yay gibi biriktirme potansiyeline sahiptir ve kas yırtılmasını önlemek için tampon görevi görürler. Birçok çalışmada, tendonların mekanik özelliklerinin çeşitli egzersizler sırasında hem kas gücü üretimi hem de verimlilik için önemli olduğu gösterilmiştir (Zarzycki vd., 2018). Tendonlar kas tarafından üretilen kuvvetleri kemik dokuya iletir ve böylelikle hareket için eklemler etrafında tork üretiminde önemli bir rol oynar. Tendonların viskoelastik özellikleri, mekanik gerilim enerjisinin depolanması ve serbest bırakılmasını sağlayarak kas-tendon ünitesinin kuvvet ve güç üretme kapasitesine önemli ölçüde katkıda bulunur. Dolayısıyla, tendonların özelliklerinin hareket performansı ile ilişkili olduğu söylenebilir (Mersmann vd., 2017). Manyetik rezonans görüntüleme ve ultrasonun her ikisi de tendon özelliklerini ölçmede geçerli yöntemlerdir ve insan in-vivo tendon çalışmalarının çoğunda tercih edilmektedirler (Brushøj vd., 2006). Çalışmamızın sonuçlarına göre sekiz haftalık egzersiz programı sonunda tüm egzersiz gruplarında alt ekstremite tendon kalınlıklarında artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Egzersizin tendon kalınlığı üzerine etkinliği tartışılmalı bir konu olarak varlığını sürdürmektedir. Yapılan bir çalışmada, yaş ortalaması 20 olan 15 erişkin erkeğin dokuz haftalık DE programından önce ve sonra PT EKA'sı incelenmiş ve egzersizin yaklaşık %4'lük bir artışa yol açtığı bildirilmiştir (Seynnes vd., 2009). Başka bir çalışmada, 12 haftalık dirençli antrenman programından önce ve sonra yaş ortalaması 25 olan 12 sağlıklı erkek katılımcıda PT EKA'sını araştırılmış ve katılımcıların distal ve proksimal tendon insersiyonunda %4-7 artış gözlemlenmiştir

(Kongsgaard vd., 2007). Buna karşılık yaş ortalaması 21 olan dokuz sağlıklı erkekte üç aylık DE programının ardından PT EKA'sında bir değişiklik olmadığını gözlemleyen çalışmalar da mevcuttur (Kubo ve Yata; 2017). Benzer şekilde 10 haftalık DE programı sonucunda AT EKA'sında değişiklik olmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalarda, tendon hipertrofisini ortaya çıkarmak için daha yüksek yükleme yoğunluğu veya daha fazla eğitim süresi gerekebileceği üzerinde durulmuştur (Kubo vd., 2001; Kubo vd., 2002; Waugh vd., 2014). Milgrom ve ark. 55 kişiyle tamamladıkları altı ay süreli DE programı ile AT'de EKA artışı bildirmiş ve yeterince yüksek ve sürekli yüke yanıt olarak AT'nin morfolojik özelliklerini yeniden şekillendirebileceği ve böylece kendini güçlendirebileceği hipotezini öne sürmüşlerdir (Milgrom vd., 2014). Aynı zamanda 14 haftalık DE programının AT EKA'sında artışa yol açtığını bulan çalışmalar da mevcuttur (Arampatzis vd., 2007; Arampatzis vd., 2010).

Abián ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada altı haftalık PE programının PT'de hipertrofik yanıtla sonuçlandığı gösterilirken, başka bir çalışmada benzer bir sonuca sekiz haftalık PE ile AT EKA'sında ulaşılmıştır (Abián vd., 2020; Houghton vd., 2013). Başka bir çalışmada ise, 12 haftalık PE programının aşil tendonu kalınlığında herhangi bir değişikliğe yol açmadığı bildirilmiştir (Kubo vd., 2021). Fouré ve ark. tarafından yapılan farklı çalışmalarda da 14 haftalık PE programının AT EKA'sı üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır (Fouré vd., 2010; Fouré vd., 2011).

YŞAE'nin tendon kalınlığı üzerine etkilerini araştıran çalışmalar oldukça yetersiz sayıdadır. Yapılan bir sistematik derlemede aerobik egzersiz ve YŞAE programlarının miyofibriler protein sentezini önemli ölçüde artırdığı, buna karşılık egzersiz sonrası mitokondriyal protein sentezinde artışa dair yalnızca sınırlı kanıt olduğu bildirilmiştir (Bagheri, 2022). Yapılan bir hayvan deneyinde, ratlar dokuz haftalık bir YŞAE programına alınmış ve sonuç olarak egzersiz protokolünün AT'de kolajen fibrilleri arasında çapraz bağlantı oluşumunun uyarılmasını indüklediği bulunmuştur (Tsuchiya vd., 2023).

Literatürde yer alan çalışmalarda uygulanan egzersiz programlarının tür, şiddet ve frekans gibi parametrelerindeki çeşitlilik sonuçlarımızın farklılığının nedeni olabilir. Başka bir olasılık ise değerlendirmede kullanılan yöntemlerdeki farklılıklardır. Önceki çalışmalar, tendon hipertrofisini değerlendirmede sıklıkla EKA ölçümlerini tercih

ederken, bizim çalışmamızda B-mode USG ile tendon kalınlığını ölçme yöntemi kullanılmıştır.

Bulgularımızdan elde edilen sonuçlara göre farklı egzersiz programlarının alt ekstremitte tendon kalınlıkları üzerine etkinliklerinin benzer olduğu bulunmuştur. Yetişkinlerde fizyolojik AT çapının 4–6 mm olduğu bildirilirken, PT kalınlığı değerleri ölçüm yapılan bölgeye bağlı olarak 3-5 mm arasında gözlenmiştir. Tekrarlı ve yoğun yüklenmeye bağlı fizyolojik bir tendon adaptasyonu görülmektedir. Tendon kalınlığındaki artışın, daha yüksek kas kütlesi nedeniyle artan kuvvet üretme kapasitesine adaptasyondan kaynaklandığını bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Cassel vd., 2017). Tendonlar, hücrel aktiviteyi ve kolajen sentezini artırarak egzersizler sırasındaki yüklenmelere yanıt verir ve bu da boyut artışıyla sonuçlanır (Kulig vd., 2013). Tendon materyal özelliklerindeki değişikliklerin arkasındaki diğer olası mekanizmalar, kolajen fibril morfolojisindeki değişiklikleri ve kolajen molekülleri arasındaki çapraz-bağlanma seviyelerini içerir. Egzersize yanıt olarak kolajen sentezi ve ekspresyon seviyelerinde artış gözlenir. Bu artışların, mekanik uyaranlar sonucunda ortaya çıkan TGF β -1 ve IGF-I gibi kolajen uyarıcı büyüme faktörlerinin oto-/parakrin etkisiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Heinemeier ve Kjaer, 2011). EKA’da meydana gelen artışın fibril çapı, fibril yoğunluğu, kolajen ve proteoglikan içeriğindeki değişikliklerle ilişkili olabileceği de öne sürülmektedir (Magnusson ve Kjaer, 2019). Literatürde kısa ve uzun süreli egzersiz programlarının tendon kalınlığı üzerindeki etkinliği ile ilgili kanıtlar yetersiz olmakla birlikte; programın türü, yoğunluğu ve süresi gibi etkenlerin belirleyici olabileceği üzerinde durulmuştur.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Çalışmamız neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır:

- Sekiz haftalık DE programı USD, BDD ve UDD skorları üzerinde etkili olmakla birlikte, BSD skoru üzerinde etkili değildir.
- Sekiz haftalık PE ve YŞAE programları statik ve dinamik tüm denge parametrelerinin gelişmesinde etkili bir yöntemdir.
- Egzersiz gruplarının bilateral ve unilateral denge skorlarını geliştirmede birbirine karşı üstünlüğü yoktur.
- Sekiz haftalık DE, PE ve YŞAE programları diz ekleminin propriyosepsiyonunu artırmaktadır. Diz ekleminin 30° ve 60° açılarında ölçülen EPH değerlerinde zamanla propriyosepsiyonda meydana gelen değişim gruplarda benzerdir. 45° EPH ölçümünde PE grubu DE grubundan daha fazla artışa yol açar.
- Sekiz haftalık DE, PE ve YŞAE programları ayak bileği ekleminin propriyosepsiyonunu artırmaktadır. AB 10° DF'deki EPH ölçümlerinde zamanla meydana gelen değişimler YŞAE grubunun lehinedir. AB 11° PF'deki EPH ölçümlerinde farklı egzersizlerin propriyosepsiyon üzerindeki etkinliği birbirine benzerdir. AB 25° PF'deki EPH ölçümlerinde propriyosepsiyonda zamanla meydana gelen değişim YŞAE grubuyla kıyaslandığında DE grubunun lehinedir.
- Sekiz haftalık DE, PE ve YŞAE programları KF, hamstring ve GS kaslarının kuvvetini artırmaktadır. PE programı DE programına göre KF kas kuvvetinin zamana göre artmasında daha etkindir. YŞAE programı diğer gruplara kıyasla GS kas kuvvetini daha fazla artırır.
- Egzersiz programlarının her biri KF kas grubu kalınlıklarının artışında etkilidir. DE, PE ve YŞAE gruplarında sekiz haftalık egzersiz programıyla birlikte VI, VL ve VM kaslarında meydana gelen kalınlık artışı birbirine benzerdir. PE grubu RF kas kalınlığı artışında YŞAE grubundan daha etkilidir.
- Egzersiz programlarının her biri SM₅₀ dışındaki hamstring kaslarının kalınlığını artırmaktadır. DE, PE ve YŞAE'nin SM kasının %50'lik kısmından yapılan ölçümler sonucunda elde edilen kas kalınlığı üzerine etkisi yoktur. SM₃₀ kası dışındaki tüm

Hamstring kaslarında DE, PE ve YŞAE programları benzer etki gösterir. SM₃₀ kası kalınlık artışında PE, DE'den daha etkilidir.

- Tüm egzersiz programları GS kaslarının kalınlığını artırır. DE, PE ve YŞAE gruplarında sekiz haftalık egzersiz programıyla birlikte MG ve LG kaslarında meydana gelen kalınlık artışı birbirine benzerdir. SOL kasında PE programı YŞAE'den daha etkilidir.
- Egzersiz programlarının her biri alt ekstremite tendon kalınlıklarını artırmaktadır. DE, PE ve YŞAE gruplarında sekiz haftalık egzersiz programıyla birlikte KT, PT ve AT tendonlarında meydana gelen kalınlık artışı birbirine benzerdir.

6.2. Öneriler

Sekiz haftalık farklı egzersiz programlarının etkinliğini karşılaştıran çalışmamızın sonuçlarına göre önerilerimiz şu şekildedir:

Denge, propriyosepsiyon, kas kuvveti ve kas-tendon kalınlığı gibi parametrelerin geliştirilmesinin amaçlandığı durumlarda, 8 hafta süreli DE, PE ve YŞAE programları önerilebilir. Alt parametrelerde küçük farklılıklar olmasına rağmen, bu egzersiz türlerinden herhangi birisi gelişim üzerinde etkili olacaktır. Aynı zamanda çalışmamızda yer alan tüm egzersiz programlarının, ayak bileği ve diz denge ve propriyosepsiyonunun geliştirilmesi amaçlı koruyucu egzersiz protokollerinde yer almasının uygun olacağı görülmektedir.

Çalışmamızda yer alan parametrelerden kas kuvvetini değerlendirmede manual dinamometreden, diz ve ayak bileği propriyosepsiyonunu değerlendirmede ise gonyometre/inklinometre yardımıyla EPH'den faydalandık. Sonraki çalışmalarda; tork, kasılma hızı, açısal değerler ve ortalama güç gibi verileri sağlayan ve önceden belirlenen sabit hızda hareket ve dinamik hareket sırasında kasta maksimum yüklenmenin sağlanabildiği izokinetik cihazlar gibi daha objektif ölçüm yöntemlerinin kullanılmasının egzersiz programlarının etkinliğini belirlemede daha etkili sonuçlar ortaya çıkaracağını düşünüyoruz.

İleriki çalışmalarda egzersiz programlarının daha uzun dönem etkileri incelenebilir. Bunun yanı sıra diz ve ayak bileği instabilitesi gibi çeşitli alt ekstremite

patolojilerine sahip bireylerde geliştirilmesi üzerinde durulan parametreler göz önüne alınarak, egzersiz programlarının etkinlikleri araştırılabilir.



KAYNAKLAR

- Abe T, DeHoyos DV, Pollock ML, Garzarella L (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 81: 174-180. DOI: 10.1007/s004210050027
- Abián P, Martínez F, Jiménez F, Abián-Vicén J (2020). Effects of eccentric single-leg decline squat exercise on the morphological and structural properties of the vastus lateralis and patellar tendon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24): 9410. DOI: 10.3390/ijerph17249410
- Afonso J, Rocha-Rodrigues S, Clemente FM, Aquino M, Nikolaidis PT, Sarmento H, ..., Ramirez-Campillo R (2021). The hamstrings: anatomic and physiologic variations and their potential relationships with injury risk. *Frontiers in physiology*, 12, 694604. DOI: 10.3389/fphys.2021.694604
- Akima H, Maeda K, Shima N (2023). Neuromuscular activation of the quadriceps femoris, including the vastus intermedius, during isokinetic knee extensions. *Scientific Reports*, 13(1): 7674. DOI: 10.1038/s41598-023-34532-x
- Al Ameer A (2020). Impact of plyometric and resistance training on selected fitness variables among university soccer playing adults. *Annals of Applied Sport Science*, 8(3). DOI: 10.29252/aassjournal.817
- Alarcón-Gómez J, Rivera FM, Madera J, Chulvi-Medrano I (2020). Effect of a HIIT protocol on the lower limb muscle power, ankle dorsiflexion and dynamic balance in a sedentary type 1 diabetes mellitus population: A pilot study. *PeerJ*, 8, e10510. DOI: 10.7717/peerj.10510
- Alonso-Fernandez, D., Docampo-Blanco, P., & Martinez-Fernandez, J. (2018). -*098721q Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with nordic hamstring exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 88-94. DOI: 10.1111/sms.12877
- American College of Sports Medicine (2014). ACSM's resources for the personal trainer. Fourth edition. Lippincott williams & wilkins.
- Anjos JM, Neto MG, Dos Santos FS, Almeida KDO, Bocchi EA, Lima Bitar YDS, Duraes AR (2022). The impact Of high-intensity interval training on functioning and health-related quality of life in post-stroke patients: A systematic review with meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 36(6): 726-739. DOI: 10.1177/02692155221087082

- Arampatzis A, Karamanidis K, Albracht K (2007). Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. *Journal of Experimental Biology*, 210(15): 2743-2753. DOI: 10.1242/jeb.003814
- Arampatzis A, Peper A, Bierbaum S, Albracht K (2010). Plasticity of human Achilles tendon mechanical and morphological properties in response to cyclic strain. *Journal of Biomechanics*, 43(16): 3073-3079. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2010.08.014
- Arnoczky SP (1983). Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 172: 19-25.
- Arvin M, Hoozemans MJ, Burger BJ, Verschueren SM, van Dieën JH, Pijnappels M (2015). Reproducibility of a knee and hip proprioception test in healthy older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 27: 171-177. DOI: 10.1007/s40520-014-0255-6
- Asadi A (2013). Effects of in-season plyometric training on sprint and balance performance in basketball players. *Sport Science*, 6(1): 24-27. URL: <http://www.sportscience.ba/pdf/br11.pdf#page=24>
- Aslan HIY, Buddhadev HH, Suprak DN, San Juan JG (2018). Acute effects of two hip flexor stretching techniques on knee joint position sense and balance. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(5): 846. DOI: 10.26603/ijspst20180846
- Aydın G, Soyer F (2023). Aktif sporcuların egzersiz bağımlılığı düzeyleri ve performans artırıcılara yönelik tutumlarının incelenmesi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 28(2): 135-141. DOI: 10.53434/gbesbd.1193981
- Bagheri R, Robinson I, Moradi S, Purcell J, Schwab , Silva T., ... Camera DM (2022). Muscle protein synthesis responses following aerobic-based exercise or high-intensity interval training with or without protein ingestion: a systematic review. *Sports Medicine*, 52(11): 2713-2732. DOI: 10.1007/s40279-022-01707-x
- Baker V, Bennell K, Stillman B, Cowan S, Crossle K (2002). Abnormal knee joint position sense in individuals with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic Research*, 20(2): 208-214. DOI: 10.1016/S0736-0266(01)00106-1
- Behm DG, Muehlbauer T, Kibele A, Granacher U (2015). Effects of strength training using unstable surfaces on strength, power and balance performance across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45: 1645-1669. DOI: 10.1007/s40279-015-0384-x
- Behringer M, Neuerburg S, Matthews M, Mester J (2013). Effects of two different resistance-training programs on mean tennis-serve velocity in adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 25(3): 370-384. DOI: 10.1123/pes.25.3.370

- Berg HE, Tedner B, Tesch PA (1993). Changes in lower limb muscle cross-sectional area and tissue fluid volume after transition from standing to supine. *Acta Physiologica Scandinavica*, 148(4): 379-385. DOI: 10.1111/j.1748-1716.1993.tb09573.x
- Biglari S, Afousi AG, Mafi F, Shabkhiz F (2020). High-intensity interval training-induced hypertrophy in gastrocnemius muscle via improved IGF-I/Akt/FoxO and myostatin/Smad signaling pathways in rats. *Physiology International*, 107(2): 220-230. DOI: 10.1556/2060.2020.00020
- Blue MN, Smith-Ryan AE, Trexler ET, Hirsch KR (2018). The effects of high intensity interval training on muscle size and quality in overweight and obese adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(2): 207-212. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.06.001
- Boerboom AL, Huizinga MR, Kaan WA, Stewart RE, Hof AL, Bulstra SK, Diercks RL (2008). Validation of a method to measure the proprioception of the knee. *Gait & Posture*, 28(4): 610-614. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2008.04.007
- Bohannon RW (2019). Considerations and practical options for measuring muscle strength: a narrative review. *BioMed Research International*, 2019. DOI: 10.1155/2019/8194537
- Boraczyński M, Magalhães J, Nowakowski JJ, Laskin JJ (2023). Short-Term effects of lower-extremity heavy resistance versus high-impact plyometric training on neuromuscular functional performance of professional soccer players. *Sports*, 11(10): 193 DOI: 10.3390/sports11100193
- Bordoni B, Varacallo M (2018). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Thigh Quadriceps Muscle. In: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Bourne MN, Duhig SJ, Timmins RG, Williams MD, Opar DA, Al Najjar A, ... Shield AJ (2017). Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5): 469-477. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096130
- Bressel E, Wing JE, Miller AI, Dolny DG (2014). High-intensity interval training on an aquatic treadmill in adults with osteoarthritis: effect on pain, balance, function, and mobility. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8): 2088-2096. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000258
- Bruseghini P, Capelli C, Calabria E, Rossi AP, Tam E (2019). Effects of high-intensity interval training and isoinertial training on leg extensors muscle function, structure, and intermuscular adipose tissue in older adults. *Frontiers in Physiology*, 10: 1260. DOI: 10.3389/fphys.2019.01260

- Brushøj C, Henriksen BM, Albrecht-Beste E, Hölmich P, Larsen K, Bachmann Nielsen M (2006). Reproducibility of ultrasound and magnetic resonance imaging measurements of tendon size. *Acta Radiologica*, 47(9): 954-959. DOI: 10.1080/02841850600854936
- Buchanan CI, Marsh RL (2002). Effects of exercise on the biomechanical, biochemical and structural properties of tendons. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133(4): 1101-1107.
- Büyükturan B, Karartı C, Senem ŞAŞ, Büyükturan Ö (2021). Genç yetişkinlerde karada ve su içinde yapılan plyometrik egzersizlerin kas kuvveti ve propriosepsiyon üzerine etkisinin incelenmesi. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, 8(1): 10-17. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jetr/issue/62275/629164>
- Cael CJ (2023). Functional anatomy: musculoskeletal anatomy, kinesiology, and palpation for manual therapists (pp. 321-426). Second edition. Massachusetts: Jones & Bartlett Learning.
- Callahan MJ, Parr EB, Hawley JA, Camera DM (2021). Can high-intensity interval training promote skeletal muscle anabolism?. *Sports Medicine*, 51(3): 405-421. DOI: 10.1007/s40279-020-01397-3
- Caresio C, Salvi M, Molinari F, Meiburger KM, Minetto MA (2017). Fully automated muscle ultrasound analysis (MUSA): robust and accurate muscle thickness measurement. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 43(1): 195-205. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.08.032
- Carroll TJ, Riek S, Carson RG (2001) Neural adaptations to resistance training: implications for movement control. *Sports Medicine*, 31(12): 829–840. DOI: 10.2165/00007256-200131120-00001
- Casolo A, Farina D, Falla D, Bazzucchi I, Felici F, Del Vecchio A (2020). Strength training increases conduction velocity of high-threshold motor units. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52: 955-967. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002196
- Cassel M, Intziagianni K, Risch L, Müller S, Engel T, Mayer F (2017). Physiological tendon thickness adaptation in adolescent elite athletes: A longitudinal study. *Frontiers in Physiology*, 8: 795. DOI: 10.3389/fphys.2017.00795
- Ceccarelli G, Benedetti L, Arcari ML, Carubbi C, Galli D (2017). Muscle stem cell and physical activity: what point is the debate at?. *Open Medicine*, 12(1): 144-156. DOI: 10.1515/med-2017-0022
- Chavan SK, Wabale RN (2016). Reviewing morphology of Quadriceps femoris muscle. *Journal of Morphological Sciences*, 33(02): 112-117. DOI: 10.4322/jms.053513

- Chang YJ, Kulig K (2015). The neuromechanical adaptations to Achilles tendinosis. *The Journal of Physiology*, 593(15): 3373–3387. DOI: 10.1113/JP270220
- Cheon S, Lee JH, Jun HP, An YW, Chang E (2020). Acute effects of open kinetic chain exercise versus those of closed kinetic chain exercise on quadriceps muscle thickness in healthy adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(13): 4669. DOI: 10.3390/ijerph17134669
- Choi SH (2011). effects of weight training and plyometric training for fitness and functional stability on collegiates male. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*, 13(1): 63-73.
- Chu DA, Myer GD (2013). Plyometrics. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Clark N, Herrington L (2010). The knee. In. P. Comfort and E. Abrahamson (Eds.), *Sports Rehabilitation and Injury Prevention* (pp. 407-468). West Sussex: Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/9781118685150
- Clark NC, Röijezon U, Treleaven J (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Manual Therapy*, 20(3): 378-387. DOI: 10.1016/j.math.2015.01.009
- Cormie P, McGuigan MR, Newton RU (2010). Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42: 1566-1581. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181cf818d
- Crill MT, Berlet G, Hyer C (2014). Plantar flexor muscle architecture changes as a result of eccentric exercise in patients with Achilles tendinosis. *Foot & Ankle Specialist*, 7(6): 460-465. DOI: 10.1177/1938640014539812
- Damas F, Phillips SM, Libardi CA, Vechin FC, Lixandrão ME, Jannig PR, ... Ugrinowitsch C (2016). Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *The Journal of Physiology*, 594(18): 5209-5222. DOI: 10.1113/JP272472
- Davies G, Riemann BL, Manske R (2015). Current concepts of plyometric exercise. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(6): 760.
- Davlin CD (2004). Dynamic balance in high level athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 98(3_suppl): 1171-1176. DOI: 10.2466/pms.98.3c.1171-1176
- Day BL, Fitzpatrick RC (2005). The vestibular system. *Current Biology*, 15(15): 583-586. DOI: 10.1016/j.cub.2005.07.053

- Deng N, Soh KG, Zaremohzzabieh Z, Abdullah B, Salleh KM, Huang D (2022). Effects of combined upper and lower limb plyometric training interventions on physical fitness in athletes: a systematic review with meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1): 482. DOI: 10.3390/ijerph20010482
- Deshpande N, Connelly DM, Culham EG, Costigan PA (2003). Reliability and validity of ankle proprioceptive measures. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(6): 883-889. DOI: 10.1016/S0003-9993(03)00016-9
- Drake JC, Wilson RJ, Yan Z (2016). Molecular mechanisms for mitochondrial adaptation to exercise training in skeletal muscle. *The FASEB Journal*, 30(1): 13. DOI: 10.1096/fj.15-276337
- Duclay J, Martin A, Duclay A, Cometti G, Pousson M (2009). Behavior of fascicles and the myotendinous junction of human medial gastrocnemius following eccentric strength training. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 39(6): 819-827. DOI: 10.1002/mus.21297
- Earp JE, Newton RU, Cormie P, Blazevich AJ (2015). Inhomogeneous quadriceps femoris hypertrophy in response to strength and power training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(11): 2389-2397. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000669
- Elboim-Gabyzon M, Buxbaum R, Klein R (2021). The effects of high-intensity interval training (HIIT) on fall risk factors in healthy older adults: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 18(22): 11809. DOI: 10.3390/ijerph182211809
- Ema R, Wakahara T, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y (2013). Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 113: 2691-2703. DOI: 10.1007/s00421-013-2700-1
- Erden Z (2009). Is there any difference in joint position sense among different knee angles?. *Eklem Hastalik Cerrahisi*, 20(1): 47-51.
- Ergen E, Ülkar B, Eraslan A (2007). Derleme: propriyosepsiyon ve koordinasyon. *Spor Hekimliği Dergisi*, 42(2): 57-83. Erişim adresi: <https://journalofsportsmedicine.org/full-text/146/tur>
- Estes RR, Malinowski AMY, Piacentini M, Thrush D, Salley E, Losey C, Hayes E (2017). The effect of high intensity interval run training on cross-sectional area of the vastus lateralis in untrained college students. *International Journal of Exercise Science*, 10(1): 137. Erişim adresi: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5214170/
- Fathi A, Hammami R, Moran J, Borji R, Sahli S, Rebai H (2019). Effect of a 16-week combined strength and plyometric training program followed by a detraining period on athletic

performance in pubertal volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(8): 2117-2127. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002461

Fatouros IG, Jamurtas AZ, Leontsini D, Taxildaris K, Aggelousis N, Kostopoulos N, Buckenmeyer P (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(4): 470-476.

Foster MA (2012). Therapeutic kinesiology: musculoskeletal systems, palpation, and body mechanics. New Jersey: Pearson Higher Ed.

Fouré A, Nordez A, Cornu C (2010). Plyometric training effects on Achilles tendon stiffness and dissipative properties. *Journal of Applied Physiology*, 109(3): 849-854. DOI: 10.1152/japphysiol.01150.2009

Fouré A, Nordez A, McNair P, Cornu C (2011). Effects of plyometric training on both active and passive parts of the plantarflexors series elastic component stiffness of muscle–tendon complex. *European Journal of Applied Physiology*, 111: 539-548. DOI: 10.1007/s00421-010-1667-4

Fredberg U, Bolvig L, Lauridsen A, Stengaard-Pedersen K (2007). Influence of acute physical activity immediately before ultrasonographic measurement of Achilles tendon thickness. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 36(6): 488-489. DOI: 10.1080/03009740701607059

Gaerlan MG, Alpert PT, Cross C, Louis M, Kowalski S (2012). Postural balance in young adults: the role of visual, vestibular and somatosensory systems. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 24(6): 375-381. DOI: 10.1111/j.1745-7599.2012.00699.x

Gibala MJ (2007). High-intensity interval training: a time-efficient strategy for health promotion?. *Current Sports Medicine Reports*, 6(4): 211-213. DOI: 10.1097/01.CSMR.0000306472.95337.e9

Gist NH, Fedewa MW, Dishman RK, Cureton KJ (2014). Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(2): 269-279. DOI: 10.1007/s40279-013-0115-0

Grgic J, Mcllvanna LC, Fyfe JJ, Sabol F, Bishop DJ, Schoenfeld BJ, Pedisic Z (2019). Does aerobic training promote the same skeletal muscle hypertrophy as resistance training? A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49: 233-254. DOI: 10.1007/s40279-018-1008-z

- Grgic J, Schoenfeld BJ, Mikulic P (2021). Effects of plyometric vs. resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A review. *Journal of Sport and Health Science*, 10(5): 530-536. DOI: 10.1016/j.jshs.2020.06.010
- Grigg P (1994). Peripheral neural mechanisms in proprioception. *Journal of Sport Rehabilitation*, 3(1): 2-17. DOI: 10.1123/jsr.3.1.2
- Guede-Rojas F, Benavides-Villanueva A, Salgado-González S, Mendoza C, Arias-Álvarez G, Soto-Martínez A, Carvajal-Parodi C (2023) (Baskıda). Effect of strength training on knee proprioception in patients with knee osteoarthritis. A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine and Health Science*. DOI: 10.1016/j.smhs.2023.10.005
- Günay SM, Güzel NA (2023). İskelet kaslarının pasif mekanik özellikleri ve egzersiz. *TOGÜ Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1): 94-105. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2407516>
- Ha SY, Han JH, Sung YH (2018). Effects of ankle strengthening exercise program on an unstable supporting surface on proprioception and balance in adults with functional ankle instability. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(2): 301. DOI: 10.12965/jer.1836082.041
- Hall JE (2017). Guyton ve Hall tıbbi fizyoloji (s. 607-697). 13. Baskı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri.
- Hansen M, Dieckmann B, Jensen K, Jakobsen B (2000) The reliability of balance tests performed on the kinesthetic ability trainer (KAT 2000). *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 8(3): 180-185. DOI: 10.1007/s001670050211
- Han J, Luan L, Adams R, Witchalls J, Newman P, Tirosh O, Waddington G (2022). Can therapeutic exercises improve proprioception in chronic ankle instability? A systematic review and network meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 103(11): 2232-2244. DOI: 10.1016/j.apmr.2022.04.007
- Hasan S (2023). Effects of plyometric vs. strength training on strength, sprint, and functional performance in soccer players: a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 13(1): 4256. DOI: 10.1038/s41598-023-31375-4
- Haun CT, Vann CG, Roberts BM, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, Roberts MD (2019). A critical evaluation of the biological construct skeletal muscle hypertrophy: size matters but so does the measurement. *Frontiers in Physiology*, 10: 437252. DOI: 10.3389/fphys.2019.00247
- Heinemeier KM, Kjaer M (2011). In vivo investigation of tendon responses to mechanical loading. *The Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 11(2): 115-123. Erişim adresi: <https://www.ismni.org/jmni/pdf/44/05HEINEMEIER.pdf>

- Herdman SJ (2013). Vestibular rehabilitation. *Current Opinion in Neurology*, 26(1): 96-101.
- Hillier S, Immink M, Thewlis D (2015). Assessing proprioception: a systematic review of possibilities. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(10): 933-949. DOI: 10.1177/1545968315573055
- Hoffman J, Ratamess NA (2008). A practical guide to developing resistance-training programs (pp. 41-146). Second edition. Monterey, CA: Coaches Choice.
- Hood DA (2009). Mechanisms of exercise-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(3): 465-472. DOI:10.1139/H09-045
- Hoshino D, Kitaoka Y, Hatta H (2016). High-intensity interval training enhances oxidative capacity and substrate availability in skeletal muscle. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 5(1): 13-23. DOI: 10.7600/jpfsm.5.13
- Hough P (2021). High-intensity interval training. In *Advanced personal training* (pp. 171-203). Routledge.
- Houghton LA, Dawson BT, Rubenson J (2013). Effects of plyometric training on achilles tendon properties and shuttle running during a simulated cricket batting innings. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4): 1036-1046. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182651e7a
- Housh DJ, Housh TJ, Johnson GO, Chu WK (1992). Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 73(1): 65-70. DOI: 10.1152/jappl.1992.73.1.65
- Hurley MV, Rees J, Newham DJ (1998). Quadriceps function, proprioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. *Age and Ageing*, 27(1): 55-62. DOI: 10.1093/ageing/27.1.55
- Ioannides C, Apostolidis A, Hadjicharalambous M, Zaras N (2020). Effect of a 6-week plyometric training on power, muscle strength, and rate of force development in young competitive karate athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(4): 1740-1746. DOI: 10.7752/jpes.2020.04236
- Ita S, Guntoro TS (2018). The effect of plyometric and resistance training on muscle power, strength, and speed in young adolescent soccer players. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 9(8). DOI: 10.5958/0976-5506.2018.00936.1
- Jacobs RA, Flück D, Bonne TC, Bürgi S, Christensen PM, Toigo M, Lundby C (2013). Improvements in exercise performance with high-intensity interval training coincide with

an increase in skeletal muscle mitochondrial content and function. *Journal of Applied Physiology*, 115(6): 785-793. DOI:10.1152/jappphysiol.00445.2013

Karakaya MG, Rutbil H, Akpınar E, Yildirim A, Karakaya İÇ (2015). Effect of ankle proprioceptive training on static body balance. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(10): 3299-3302. DOI: 10.1589/jpts.27.3299

Kaya D, Yosmaoglu B, Doral MN (2018). Proprioception in orthopaedics, sports medicine and rehabilitation. Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-66640-2

Kesilmiş İ, Akın M (2020). Quadriceps ve Hamstring kas kuvveti dinamik denge performansını etkiler mi?. *Türk Spor Bilimleri Dergisi*, 3(1): 1-7.

Kılıç RT (2008). Farklı spor branşlarındaki sporcuların denge performans parametrelerinin tanımlayıcı özelliklerinin belirlenmesi (Yayınlanmamış Doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Kidgell DJ, Bonanno DR, Frazer AK, Howatson G, Pearce AJ (2017). Corticospinal responses following strength training: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Neuroscience*, 46(11): 2648-2661. DOI:10.1111/ejn.13710

Klich S, Ficek K, Krymski I, Klimek A, Kawczyński A, Madeleine P, Fernández-de-Las-Peñas C (2020). Quadriceps and patellar tendon thickness and stiffness in elite track cyclists: An ultrasonographic and myotonometric evaluation. *Frontiers in Physiology*, 11: 1659. DOI: 10.3389/fphys.2020.607208

Kocak FU, Ulkar B, Özkan F (2010). Effect of proprioceptive rehabilitation on postural control following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Physical Therapy Science*, 22(2): 195-202. DOI: 10.1589/jpts.22.195

Kongsgaard M, Reitelseder S, Pedersen TG, Holm L, Aagaard P, Kjær M, Magnusson SP (2007). Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training. *Acta Physiologica*, 191(2): 111-121. DOI: 10.1111/j.1748-1716.2007.01714.x

Konopka AR, Harber MP (2014). Skeletal muscle hypertrophy after aerobic exercise training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 42(2): 53-61. DOI: 10.1249/JES.0000000000000007

Koo BK (2022). Assessment of muscle quantity, quality and function. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 31(1): 9. DOI: 10.7570/jomes22025

Kraemer WJ, Ratamess NA (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & science in sports & exercise*, 36(4): 674-688. DOI: 10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61

- Kubo K, Ikebukuro T, Yata H (2021). Effects of plyometric training on muscle–tendon mechanical properties and behavior of fascicles during jumping. *Physiological Reports*, 9(21): e15073. DOI: 10.14814/phy2.15073
- Kubo K, Ishigaki T, Ikebukuro T (2017). Effects of plyometric and isometric training on muscle and tendon stiffness in vivo. *Physiological Reports*, 5(15): e13374. DOI: 10.14814/phy2.13374
- Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T (2002). Effects of resistance and stretching training programmes on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *The Journal of Physiology*, 538(1): 219-226. DOI: 10.1113/jphysiol.2001.012703
- Kubo K, Kanehisa H, Ito M, Fukunaga T (2001). Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 91(1): 26-32. DOI: 10.1152/jappl.2001.91.1.26
- Kubo K, Yata H (2017). Effects of concentric and eccentric training on the stiffness and blood circulation of the patellar tendon. *Sports Medicine International Open*, 1(02): E43-E49. DOI: 10.1055/s-0042-121000
- Kulig , Landel R, Chang YJ, Hannanvash N, Reischl SF, Song P, Bashford GR (2013). Patellar tendinopathy morphology. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23: e81-e88. DOI: 10.1111/sms.12021
- Kumar S (2004). Muscle strength. CRC Press.
- Kumar PS (2017). Effect of Jump Metrics Training on Power Parameters among Inter Collegiate Football Players. Pre-Exercise Nutrition: Carbohydrates and Fluid Requirement for Training and Competition, 264.
- Kyröläinen H, Avela J, McBride JM, Koskinen S, Andersen JL, Sipilä S, ... Komi PV (2005). Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 15(1): 58-64. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2004.00390.x
- Lacio M, Vieira JG, Trybulski R, Campos Y, Santana D, Novaes J, ... Wilk M (2021). Effects of resistance training performed with different loads in untrained and trained male adult individuals on maximal strength and muscle hypertrophy: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21): 11237. DOI: 10.3390/ijerph182111237
- Laursen P, Buchheit M (2019). Science and application of high-intensity interval training. *Human Kinetics*.

- Lee HM, Oh S, Kwon JW (2020). Effect of plyometric versus ankle stability exercises on lower limb biomechanics in taekwondo demonstration athletes with functional ankle instability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10): 3665. DOI: 10.3390/ijerph17103665
- Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL (1998). Proprioception of the ankle and knee. *Sports Medicine*, 25: 149-155. DOI: 10.2165/00007256-199825030-00002
- Li L, Landin D, Grodesky J, Myers J (2002). The function of gastrocnemius as a knee flexor at selected knee and ankle angles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(5): 385-390. DOI: 10.1016/S1050-6411(02)00049-4
- Lippert L (2011). Clinical kinesiology and anatomy (pp. 290-351). Fifth edition. Philadelphia, PA: FA Davis Company.
- Logan GR, Harris N, Duncan S, Schofield G (2014). A review of adolescent high-intensity interval training. *Sports Medicine*, 44(8): 1071-1085. DOI: 10.1007/s40279-014-0187-5
- Lopez P, Crosby BJ, Robetti BP, Turella DJP, Weber TAS, de Oliveira ML, Rech A (2020). Effects of an 8-week resistance training intervention on plantar flexor muscle quality and functional capacity in older women: A randomised controlled trial. *Experimental gerontology*, 138: 111003. DOI: 10.1016/j.exger.2020.111003
- Macefield VG (2021). The roles of mechanoreceptors in muscle and skin in human proprioception. *Current Opinion in Physiology*, 21: 48-56. DOI: 10.1016/j.cophys.2021.03.003
- Maffulli N, Regine R, Angelillo M, Capasso G, Filice S (1987). Ultrasound diagnosis of Achilles tendon pathology in runners. *British Journal of Sports Medicine*, 21(4): 158. DOI: 10.1136/bjism.21.4.158
- Magnusson SP, Hansen P, Kjaer M (2003). Tendon properties in relation to muscular activity and physical training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(4): 211-223. DOI: 10.1034/j.1600-0838.2003.00308.x
- Magnusson SP, Kjaer M (2019). The impact of loading, unloading, ageing and injury on the human tendon. *The Journal of Physiology*, 597(5): 1283-1298. DOI: 10.1113/JP275450
- Mancini M, Horak FB (2010). The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 46(2): 239–248.

- Marušič J, Vatovec R, Marković G, Šarabon N (2020). Effects of eccentric training at long-muscle length on architectural and functional characteristics of the hamstrings. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(11): 2130-2142. DOI: 10.1111/sms.13770
- Marzuca-Nassr GN, Artigas-Arias M, Olea MA, SanMartin-Calisto Y, Huard N, Duran-Vejar F, ... Salazar LA (2020). High-intensity interval training on body composition, functional capacity and biochemical markers in healthy young versus older people. *Experimental Gerontology*, 141: 111096. DOI: 10.1016/j.exger.2020.111096
- Marwat MK, Nizami R, Shah M, Wahid T, Ahmad T, Saman S, Mehmood K (2023). Effect Of Plyometric Training On Jumping Performance Of The Volley Ball Players. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 3755-3761. DOI: 10.47750/pnr.2023.14.02.442
- McGee S (2018). Examination of the sensory system. In S. McGee (Ed.), *Evidence-Based physical diagnosis* (pp. 569-582). Fourth Edition. Philadelphia, PA: Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-323-39276-1.00062-7
- McGlory C, Phillips SM (2015). Exercise and the regulation of skeletal muscle hypertrophy. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 135: 153-173. DOI: 10.1016/bs.pmbts.2015.06.018
- McKenna CF, Salvador AF, Keeble AR, Khan NA, De Lisio M, Konopka AR, ... Burd NA (2022). Muscle strength after resistance training correlates to mediators of muscle mass and mitochondrial respiration in middle-aged adults. *Journal of Applied Physiology*. DOI: 10.1152/jappphysiol.00186.2022
- McKinlay BJ, Wallace P, Dotan R, Long D, Tokuno C, Gabriel DA, Falk B (2018). Effects of plyometric and resistance training on muscle strength, explosiveness, and neuromuscular function in young adolescent soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(11): 3039-3050. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002428
- Melnikov AA, Smirnova PA, Fedorov AM, Malahov MV (2022). The Influence of Lower Limbs Strength Training on the Postural Stability of Physically Active Girls. *Human Physiology*, 48(6): 696-707. DOI: 10.1134/S0362119722700062
- Mendoza M, Miller RG (2014). Assessment of muscle strength. In MJ Aminoff and RB Daroff (Eds.), *Encyclopedia of the neurological sciences* (pp. 190-200). Second edition. London: Elsevier
- Mersmann F, Charcharis G, Bohm S, Arampatzis A (2017). Muscle and tendon adaptation in adolescence: elite volleyball athletes compared to untrained boys and girls. *Frontiers in Physiology*, 8: 417. DOI: 10.3389/fphys.2017.00417

- Meszler B, Váczi M (2019). Effects of short-term in-season plyometric training in adolescent female basketball players. *Physiology International*, 106(2): 168-179. DOI: 10.1556/2060.106.2019.14
- Michael Benjamin P, Theobald D, Suzuki, H Toumi (2007). The anatomy of the achilles tendon. In N. Maffulli and LC. Almekinders (Eds.), *The achilles tendon* (pp. 5-6). London: Springer.
- Milgrom Y, Milgrom C, Altaras T, Globus O, Zeltzer E, Finestone AS (2014). Achilles tendons hypertrophy in response to high loading training. *Foot & Ankle International*, 35(12): 1303-1308. DOI: 10.1177/1071100714550651
- Miller TT (2013). The patellar tendon. In *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 17(1): 56-59. Thieme Medical Publishers.
- Minetto MA, Caresio C, Menapace T, Hajdarevic A, Marchini A, Molinari F, Maffiuletti NA (2016). Ultrasound-based detection of low muscle mass for diagnosis of sarcopenia in older adults. *PM&R*, 8(5): 453-462. DOI: 10.1016/j.pmrj.2015.09.014
- Moghadasi A, Ghasemi G, Sadeghi-Demneh E, Etemadifar M (2020). The effect of total body resistance exercise on mobility, proprioception, and muscle strength of the knee in people with multiple sclerosis. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29(2): 192-199. DOI: <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0303>
- Mohammadi V, Alizadeh M, Gaieni A (2012). The effects of six weeks strength exercises on static and dynamic balance of young male athletes. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 31: 247-250. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.12.050
- Mohebbi A, Amiri P, Kearney RE (2022). Identification of human balance control responses to visual inputs using virtual reality. *Journal of Neurophysiology*, 127(4): 1159-1170. DOI: 10.1152/jn.00283.2021
- Molinari T, Molinari T, Rabello R, Rodrigues R (2022). Effects of 8 weeks of high-intensity interval training or resistance training on muscle strength, muscle power and cardiorespiratory responses in trained young men. *Sport Sciences for Health*, 18(3): 887-896. DOI: 10.1007/s11332-021-00872-2
- Monti E, Franchi MV, Badiali F, Quinlan JI, Longo S, Narici MV (2020). The time-course of changes in muscle mass, architecture and power during 6 weeks of plyometric training. *Frontiers in Physiology*, 11: 946. DOI: 10.3389/fphys.2020.00946
- Moon KM, Kim J, Seong Y, Suh BC, Kang K, Choe HK, Kim K (2021). Proprioception, the regulator of motor function. *BMB Reports*, 54(8): 393. DOI: 10.5483/BMBRep.2021.54.8.052

- Moritani T, DeVries HA (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 58(3): 115-130.
- Myers JB, Lephart SM (2000). The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *Journal of Athletic Training*, 35(3): 351.
- Nagano Y, Higashihara A, Edama M (2015). Change in muscle thickness under contracting conditions following return to sports after a hamstring muscle strain injury—a pilot study. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, 2(2): 63-67. DOI: 10.1016/j.asmart.2015.01.001
- Ogborn D, Schoenfeld BJ (2014). The role of fiber types in muscle hypertrophy: implications for loading strategies. *Strength & Conditioning Journal*, 36(2): 20-25. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000030
- Osawa Y, Azuma K, Tabata S, Katsukawa F, Ishida H, Oguma Y,... Matsumoto H (2014). Effects of 16-week high-intensity interval training using upper and lower body ergometers on aerobic fitness and morphological changes in healthy men: a preliminary study. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 257-265. DOI: 10.2147/OAJSM.S68932
- Palmer TB, Akehi K, Thiele RM, Smith DB, Thompson, BJ (2015). Reliability of panoramic ultrasound imaging in simultaneously examining muscle size and quality of the hamstring muscles in young, healthy males and females. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 41(3): 675-684. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2014.10.011
- Panjan A, Sarabon N (2010). Review of methods for the evaluation of human body balance. *Sport Science Review*, 19(5-6): 131. DOI:10.2478/v10237-011-0036-5
- Porcari J, Bryant C, Comana F (2015). Exercise physiology. Philadelphia, PA: FA Davis Company.
- Porter C, Reidy PT, Bhattarai N, Sidossis LS, Rasmussen B. (2015). Resistance exercise training alters mitochondrial function in human skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(9): 1922. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000605
- Pożarowski B, Gołaś A, Chen A, Zajac A, Kawczyński A (2018). The impact of post activation potentiation on achilles tendon stiffness, elasticity and thickness among basketball players. *Sports*, 6(4): 117. DOI: 10.3390/sports6040117
- Prieske O, Krüger T, Aehle M, Bauer E, Granacher U (2018). Effects of resisted sprint training and traditional power training on sprint, jump, and balance performance in healthy young adults: a randomized controlled trial. *Frontiers in Physiology*, 9: 156. DOI: 10.3389/fphys.2018.00156

- Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia A-S, Mooney RD, Platt ML, White LE (2018). Neuroscience. Sixth edition. Sunderland: Sinauer Associates.
- Ramachandran AK, Singh U, Ramirez-Campillo R, Clemente FM, Afonso J, Granacher U (2021). Effects of plyometric jump training on balance performance in healthy participants: a systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 12: 1760. DOI: 10.3389/fphys.2021.730945
- Ramirez-Campillo R, García-Hermoso A, Moran J, Chaabene H, Negra Y, Scanlan AT (2022). The effects of plyometric jump training on physical fitness attributes in basketball players: A meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 11(6): 656-670. DOI: 10.1016/j.jshs.2020.12.005
- Ramírez-de la Cruz M, Bravo-Sánchez A, Esteban-García P, Jiménez F, Abián-Vicén J (2022). Effects of plyometric training on lower body muscle architecture, tendon structure, stiffness and physical performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine-open*, 8(1): 1-29. DOI: 10.1186/s40798-022-00431-0
- Ribeiro-Alvares JB, Marques VB, Vaz MA, Baroni BM (2018). Four weeks of Nordic hamstring exercise reduce muscle injury risk factors in young adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(5): 1254-1262. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001975
- Ricotti L (2011) Static and dynamic balance in young athletes. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(4): 616-28. DOI: 10.4100/jhse.2011.64.05
- Romero-Franco N, Montaña-Munuera JA, Jiménez-Reyes P (2017). Validity and reliability of a digital inclinometer to assess knee joint-position sense in a closed kinetic chain. *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(1). DOI: <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0138>
- Röijezon U, Clark NC, Treleaven J (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Manual Therapy*, 20(3): 368-377. DOI: 10.1016/j.math.2015.01.008
- Saldıran TÇ, Atıcı E, Öztürk Ö, Rezaei DA (2020). Cinsiyet farklılığının alt ekstremitte kas kuvveti ve kas mekanik özelliklerinde oluşturduğu değişiklikler - Bir pilot çalışma. *Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences*, 5(3): 530-7. DOI: 10.5336/healthsci.2019-72554
- Sankarmani B, Sheriff SI, Rajeev KR, Alagesan J (2012). Effectiveness of plyometrics and weight training in anaerobic power and muscle strength in female athletes. *International Journal of Pharmaceutical Science and Health Care*, 2(2).
- Santos R, Valamatos MJ, Mil-Homens P, Armada-da-Silva PAS (2018). Muscle thickness and echo-intensity changes of the quadriceps femoris muscle during a strength training program. *Radiography*, 24(4): e75-e84. DOI: 10.1016/j.radi.2018.03.010

- Šarabon N, Kozinc Ž (2020). Effects of resistance exercise on balance ability: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Life*, 10(11): 284. DOI: 10.3390/life10110284
- Scalzo RL, Peltonen GL, Binns SE, Shankaran M, Giordano GR, Hartley DA, ... Miller BF (2014). Greater muscle protein synthesis and mitochondrial biogenesis in males compared with females during sprint interval training. *The FASEB Journal*, 28(6): 2705-2714. DOI: 10.1096/fj.13-246595
- Schiaffino S, Reggiani C, Akimoto T, Blaauw B (2021). Molecular mechanisms of skeletal muscle hypertrophy. *Journal of Neuromuscular Diseases*, 8(2): 169-183. DOI: 10.3233/JND-200568
- Schoenfeld BJ (2021). Science and development of muscle hypertrophy. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Sconfienza LM, Orlandi D, Silvestri E (Eds.) (2015). Ultrasound-guided musculoskeletal procedures: the lower limb. Springer.
- Sculthorpe NF, Herbert P, Grace F (2017). One session of high-intensity interval training (HIIT) every 5 days, improves muscle power but not static balance in lifelong sedentary ageing men: a randomized controlled trial. *Medicine*, 96(6). DOI: 10.1097/MD.00000000000006040
- Seeley RR, Stephens TD, Tate P (2005). Essentials of anatomy & physiology. Fourth edition. McGraw-Hill Education.
- Seo BD, Shin HS, Yoon JD, Han DW (2010). The effect of lower extremity plyometric training on the proprioception and postural stability of collegiate soccer players with postural instability. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(1): 1-12. DOI: 10.5103/KJSB.2010.20.1.001
- Seynnes OR, Erskine RM, Maganaris CN, Longo S, Simoneau EM, Grosset JF, Narici MV (2009). Training-induced changes in structural and mechanical properties of the patellar tendon are related to muscle hypertrophy but not to strength gains. *Journal of Applied Physiology*, 107(2): 523-530. DOI: 10.1152/jappphysiol.00213.2009
- Sharma D, Multani NK (2012). Effectiveness of plyometric training in the improvement of sports specific skills of basketball players. *Physiotherapy and Occupational Therapy*, 6(1).
- Shumway-Cook A, Woollacott MH (2007). Motor control: translating research into clinical practice (pp. 62-70). Third edition. Philadelphia, Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkins.

- Siegel A, Sapru HN (2015). Essential neuroscience. Third edition. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- Silvestri E, Muda A, Orlandi D (Eds.) (2015). Ultrasound Anatomy of Lower Limb Muscles: A Practical Guide. Springer.
- Škarabot J, Brownstein CG, Casolo A, Del Vecchio A, Ansdell P (2021). The knowns and unknowns of neural adaptations to resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 121: 675-685. DOI: 10.1007/s00421-020-04567-3
- Skinner JS (2005). Exercise testing and exercise prescription for special cases: theoretical basis and clinical application. Third edition. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- Smith PF (2017). The vestibular system and cognition. *Current Opinion in Neurology*, 30(1): 84-89. DOI: 10.1097/WCO.0000000000000403
- Song JS, Abe T, Bell ZW, Wong V, Spitz RW, Yamada Y, Loenneke JP (2021). The relationship between muscle size and strength does not depend on echo intensity in healthy young adults. *Journal of Clinical Densitometry*, 24(3): 406-413. DOI: 10.1016/j.jocd.2020.09.002
- Stillman BC (2002). Making sense of proprioception: the meaning of proprioception, kinaesthesia and related terms. *Physiotherapy*, 88(11): 667-676. DOI: 10.1016/S0031-9406(05)60109-5
- Stoppani J (2024). Jim Stoppani's encyclopedia of muscle & strength. Third edition. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Stratton G, Jones M, Fox KR, Tolfrey K, Harris J, Maffulli N, ... Frostick SP (2004). BASES position statement on guidelines for resistance exercise in young people. *Journal of Sports Sciences*, 22(4): 383-390. DOI: 10.1080/02640410310001641629
- Sturnieks DL, St George R, Lord SR (2008). Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 38(6): 467-478. DOI: 10.1016/j.neucli.2008.09.001
- Suresh TN, Veeragoudhaman TS, Vijayananth V, Kumar SD (2018). Effects of Plyometric-Weight Training and Plyometric Training on Anaerobic Power and Muscle Strength in Male Volley Ball Players. *International Journal of Research and Scientific Innovation*, 5(4): 90-96.
- Şahin C (2009). Vestibüler sistem anatomi, fizyolojisi ve bozuklukları. *Nobel Medicus Journal*, 5(3): 5-8.

- Şenol D, Uçar C, Çay M, Özbağ D, Canbolat M, Yıldız S (2019). The effect of stress-induced cortisol increase on the sense of ankle proprioception. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 65(2): 124. DOI: 10.5606/tftrd.2019.2457
- Tay ZM, Lin WH, Kee YH, Kong W (2019). Trampoline versus resistance training in young adults: effects on knee muscles strength and balance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(4): 452-460. DOI: 10.1080/02701367.2019.1616045
- Tesch PA, Trieschmann JT Ekberg, A (2004). Hypertrophy of chronically unloaded muscle subjected to resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 96(4): 1451-1458. DOI: 10.1152/japplphysiol.01051.2003
- Thompson KR, Mikesky A, Bahamonde RE, Burr DB (2003). Effects of physical training on proprioception in older women. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, 3(3): 223-231.
- Thorpe CT, Birch HL, Clegg PD, Screen HRC (2015). Tendon physiology and mechanical behavior: structure–function relationships. In ME. Gomes, RL. Reis and MT. Rodrigues (Eds.), *Tendon regeneration: understanding tissue physiology and development to engineer functional substitutes*. London: Elsevier, Academic Press.
- Topp R, Pifer M (2017). A preliminary study into the effect of 2 resistance training modes on proprioception of subjects with knee osteoarthritis. *Journal of Performance Health Research*, 1(1): 26. DOI: <https://doi.org/10.25036/jphr.2017.1.1.topp>
- Tsuchiya Y, Takakura H, Osawa S, Izawa T (2023). Impact of high-intensity interval training on tendon related gene expression in rat Achilles tendon. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 658: 116-121. DOI: 10.1016/j.bbrc.2023.03.076
- Turner A, Comfort P (2022). *Advanced strength and conditioning: an evidence-based approach*. Second edition. New York: Routledge. DOI: 10.4324/9781003044734
- Verkhoshansky Y (2018). *Shock method*. Rome: Verkhoshansky SSTM.
- Vissing K, Brink M, Lønbro S, Sørensen H, Overgaard K, Danborg K, ... Aagaard P (2008). Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6): 1799-1810. DOI:10.1519/JSC.0b013e318185f673
- Ward SR, Eng CM, Smallwood LH, Lieber RL (2009). Are current measurements of lower extremity muscle architecture accurate?. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 467(4): 1074-1082. DOI: 10.1007/s11999-008-0594-8

- Waterston JA, Hawken MB, Tanyeri S, Jäntti P, Kennard C (1993). Influence of sensory manipulation on postural control in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 56(12): 1276. DOI: 10.1136/jnnp.56.12.1276
- Watt PW, Kelly FJ, Goldspink DF, Goldspink G (1982). Exercise-induced morphological and biochemical changes in skeletal muscles of the rat. *Journal of Applied Physiology*, 53(5): 1144-1151. DOI: 10.1152/jappl.1982.53.5.114
- Waugh CM, Korff T, Fath F, Blazevich AJ (2014). Effects of resistance training on tendon mechanical properties and rapid force production in prepubertal children. *Journal of Applied Physiology*, 117(3): 257-266. DOI: 10.1152/japplphysiol.00325.2014
- Winnicki K, Ochoła-Kłos A, Rutowicz B, Pękala PA, Tomaszewski KA (2020). Functional anatomy, histology and biomechanics of the human Achilles tendon—A comprehensive review. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 229: 151461. DOI: 10.1016/j.aanat.2020.151461
- Ying M, Yeung E, Li B, Li W, Lui M, Tsoi CW (2003). Sonographic evaluation of the size of Achilles tendon: the effect of exercise and dominance of the ankle. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 29(5): 637-642. DOI: 10.1016/S0301-5629(03)00008-5
- Yun YD, Shin HJ, Kim SJ, Lim SW, Choi SJ, Seo DK, ... Kim SH (2010). The effects of resistance exercise and balance exercise on proprioception and WOMAC index of patients with degenerative knee osteoarthritis. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*, 1(2): 169-175.
- Zamani J, Rahnama N, Khayambashi K, Lenjannezhad S (2010). The effects of 8 weeks plyometric training on knee proprioception. *British Journal of Sports Medicine*, 44(Suppl 1): i12-i13. DOI: 10.1136/bjsm.2010.078725.38
- Zarzycki A, Stawarz M, Maillette J, Lovecchio N (2018). Acute changes of Achilles tendon thickness investigated by ultrasonography after shotokan and kyokushin karate training. *Archives of Budo*, 14: 213-218. Erişim adresi: <https://air.unimi.it/retrieve/9a3ebf8d-84a7-42f1-a656-f12c5a26d245/12183.pdf>
- Ziaei M, Esmaeili H, Mirshkar M (2020). Effect of Plyometric and Theraband Tainings on Ankle Proprioception and Strength in Adolescent Soccer Players. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*, 9(2): 16-29. DOI: 10.22038/JPSR.2020.39048.1923

EKLER

Ek 1: ETİK KURUL ONAYI

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
TIP VE SAĞLIK BİLİMLERİ ETİK KURULU - 2 (SPOR,SAĞLIK) KARARI

Protokol No : 220023

Karar No : 30

Araştırma Yürütücüsü	Araştırma Görevlisi DİLARA ÖZEN ORUK
Kurumu / Birimi	MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ / FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON BÖLÜMÜ
Araştırmanın Başlığı	Farklı Egzersiz Türlerinin Alt Ekstremitte Kas Kalınlığı, Tendon Kalınlığı, Kas Kuvveti, Propriyosepsiyonu ve Dengeye Olan Etkilerinin Karşılaştırılması
Çalışmanın Yapılacağı Kurum ve Kuruluşlar	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Menteşe Devlet Hastanesi
Başvuru Formunun Etik Kurula Geldiği Tarih	22.01.2022
Başvuru Formunun Etik Kurulda İncelendiği Tarih	İlk İnceleme Tarihi : 25.01.2022 1. Düzeltme Tarihi : 01.03.2022
Karar Tarihi	15.03.2022

KARAR : UYGUNDUR

AÇIKLAMA :Beyan edilen veri formlarının dışına çıkılmaması şartıyla araştırmanın uygulanabilirliği konusunda bilimsel araştırmalar etiği açısından bir sakınca yoktur.

Prof.Dr. Media SUBAŞI BAYBUĞA
Başkan

Doç. Dr. Ayşe KACAROĞLU VİCDAN
Üye

Prof.Dr. Baki Umut TUĞAY
Üye

Prof.Dr. Süleyman Murat YILDIZ
Üye

Doç.Dr. Gönül BABAYİĞİT İREZ
Üye

Doç.Dr. Şeyda KIVRAK
Üye

Doç. Dr. Halil Evren ŞENTÜRK
Üye

Doç. Dr. GONCA KARAYAĞIZ MUSLU
Üye

Doç.Dr. SERAP DURUKAN KÖSE
Üye



Ek 2: KURUM İZİN ONAYI

19.01.2022

**TC MUĞLA MENTEŞE DEVLET HASTANESİ
BAŞHEKİMLİĞİNE**

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Etik Kurulu - 2'ye başvurusunu gerçekleştireceğimiz "Farklı Egzersiz Türlerinin Alt Ekstremitte Kas Kalınlığı, Tendon Kalınlığı, Kas Kuvveti, Propriyosepsiyonu ve Dengeye Olan Etkilerinin Karşılaştırılması" isimli araştırmamızın kurumunuzda gerçekleştirilebilmesi için gerekli kurum izninin verilmesi konusunda gereğini arz ederim.

Adres:

Arş. Gör.
Dilara ÖZEN ORUK

Telefon: :

Uzm. Dr.
Yunus Emre ORUKOp. Dr. Saad BALLI
Başhekim



T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-49323390-903.05-380641
Konu : İzin İşleri (Arş.Gör.Dilara ÖZEN ORUK)

24.01.2022

FİZİYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON BÖLÜM BAŞKANLIĞINA

İlgi : 24.01.2022 tarihli ve E-68041228-903.05-380368 sayılı yazınız

Bölümünüz öğretim elemanlarından Arş.Gör.Dilara ÖZEN ORUK'un "Farklı Egzersiz Türlerinin Alt Ekstremité Kas Kalınlığı, Tendon Kalınlığı, Kas Kuvveti, Propriyosepsiyonu ve Dengeye Olan Etkilerinin Karşılaştırılması isimli araştırmasını fakültemizin kayıtlı demirbaş/malzemelerini kullanarak yürütme talebi Dekanlığımız tarafından uygun görülmüştür.

Konunun adı geçen öğretim elemanına imza karşılığı tebliğ edilmesi hususunda bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Kılıçhan BAYAR
Dekan

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: VNELLX-TG8ZRB

Belge Doğrulama Adresi: <https://ebds.mu.edu.tr>

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
KÖTEKLİ / MENTEŞE/ MUĞLA

Telefon No: (0252) 211-2231 / Faks No: (0252) 211-1880

e-Posta: saglik@mu.edu.tr İnternet Adresi: <http://www.sbf.mu.edu.tr/>

Kep Adresi: muglaskuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için: Güldem EROĞLU
Bilgisayar İşletmeni
Telefon No: 0252211 5119



Ek 3: FORMLAR (VERİ / KAYIT FORMLARI)

Veri Toplama Formu

Adı-Soyadı:	Boy Uzunluğu:		Sol / Sağ				
Telefon:	Vücut Ağırlığı:						
Yaş:	Vücut Kütle İndeksi:						
Denge	Bilateral		Dominant				
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik			
Propriosepsiyon		30°	45°	60°			
	Diz Eklemi						
		10° DF	11° PF	25° PF			
	Ayak Bileği Eklemi						
Kas Kuvveti		1	2	3			
	Kuadriseps Femoris						
	Hamstringler						
	Gastro-soleus						
Kas Kalınlığı		RF	VI	VL	VM		
	Kuadriseps Femoris						
		BF30	BF50	SM30	SM50	ST30	ST50
	Hamstringler						
		LG	MG	SOL			
	Gastro-soleus						
Tendon Kalınlığı		5 mm	10 mm	15 mm	20 mm		
	Kuadriseps Femoris				X		
	Patellar						
	Aşıl				X		

Ek 4: ÖZ GEÇMİŞ

Adı Soyadı : Dilara ÖZEN ORUK

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl) : Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı Doktora (2019-2024)

Lise : Kalaba Anadolu Lisesi (2004-2008)

Lisans : Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Muğla Sağlık Yüksekokulu (2009-2013)

Yüksek Lisans : Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı (2017-2018)

Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl : Özel Lokman Hekim Hastanesi (2013-2014)
Özel Meta Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi (2014-2015)
Superisi Özel Eğitim Merkezi (2015-2016)
Türkiye Olimpiyat Hazırlık Merkezi (2016-2017)
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi (2017-halen)

Yayımları (SCI ve diğer) :

SCI veya SCI Expanded, SSCI, AHCI tarafından taranan dergilerde yayımlanan tam makale

1. Güp AA, İpek Dongaz Ö, **Özen Oruk D**, Deveci EE, Bayar B, Bayar K (2023). Prediction of hospitalization time and independence level with functional outcomes for patients with acute stroke: a retrospective study. *Neurological Research*, 45(10): 947–956.
2. Bayar B, Güp AA, **Özen Oruk D**, İpek Dongaz Ö, Doğu E, Bayar K (2023). Development of the postural habits and awareness scale: a reliability and validity study. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 29(2): 815-820.

3. **Özen Oruk D**, Karakaya MG, Yenişehir S, Karakaya İÇ (2021). Effect of Kinesio taping on wrist kinematics and functional performance: A randomized controlled trial. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, S0894-1130(21)00148-4.

4. Yenişehir S, Karakaya İÇ, Sivaslıoğlu AA, **Özen Oruk D**, Karakaya MG (2020). Reliability and validity of Five Times Sit to Stand Test in pregnancy-related pelvic girdle pain. *Musculoskeletal Science & Practice*, 48: 102157.

ÜAK Tarafından Kabul edilmiş olan uluslararası alan indeksleri tarafından taranan dergilerde yayınlanan tam makale

1. Ipek Dongaz Ö, **Özen Oruk D**, Güp AA, Koç M, Bayar B, Bayar K (2023). Coronaphobia among healthcare professionals and its associations with sleep quality, physical activity, and fatigue in Turkey. *International Journal of Healthcare Management*, 1-7.

2. Ipek Dongaz Ö, **Özen Oruk D**, Güp AA, Tapan ÖO, Bayar B, Bayar K (2021). The Attack Profile in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Retrospective Study. *Karya Journal of Health Science*, 2(2): 44-48.

ULAKBİM tarafından taranan ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış makale

1. **Özen Oruk D** (2023). Physical Activity and Exercise During Pregnancy in Turkey: A Narrative Review. *Anatolian Clinic the Journal of Medical Sciences*, 28(3): 425-432.

2. **Özen Oruk D**, Bayar K (2023). Investigation of Pain, Function, Anxiety, and Depression Levels in Patients with Total Knee Arthroplasty Before Discharge. *Online Turkish Journal of Health Sciences*, 8(1).

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış tam makale

1. **Özen Oruk D**, Güp AA, Ipek Dongaz Ö, Bayar K, Bayar B (2020). Fizyoterapi ve rehabilitasyon bölümü öğrencilerinin klinik uygulamaya yönelik kaygı düzeyleri ve kişilik tiplerinin incelenmesi: Bir pilot çalışma. *Journal of Zeugma Health Science*, 51.

2. Ipek Dongaz Ö, **Özen Oruk D**, Güp AA, Bayar B, Bayar K (2020) Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Öğrencilerinin Fiziksel Uygunluğa İlişkin Test Sonuçları ve Bakış Açıları: Bir Pilot Çalışma. *Karya Journal of Health Science*, 1(1): 9-14.

Uluslararası kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü olarak sunulan ve tam metin olarak yayımlanan bildiri

1. **Özen Oruk D**, Ertunç, E. N., Çakmak, C., Çatalçam, Ç., Daştan, E. B., Öngören, B. & Bayar, K. (2023). Engelli Çocuğa Sahip Ailelerin, Engelli Çocukları ile Sağlıklı

Çocuklarına Karşı Tutum ve Davranışlarının Karşılaştırılması. 12th International Hippocrates Congress on Medical and Health Sciences.

2. **Özen Oruk, D.**, Dibekçi, Ö. C., Özcan, C., Küçükylmaz, E. S., Yaşa, E. & Bayar, K. (2023). Üniversite Öğrencilerinin Sosyal Medya Bağımlılığı ile Postürleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. 12th International Hippocrates Congress on Medical and Health Sciences.

3. **Özen Oruk, D.**, Karakaya M. G., Yenişehir, S. & Çıtak Karakaya, İ. (2019). Kinezyolojik Bantlama Uygulamasının El Bileği Kinematığı ve Fonksiyonel Performansına Olan Etkisi: Randomize Kontrollü Çalışma. X. Uluslararası Katılımlı Spor Fizyoterapistleri Kongresi.

4. Yenişehir, S., Çıtak Karakaya, İ., Sivaslıoğlu, A. A., **Özen Oruk, D.**, & Karakaya, M. G. (2019). Test-retest and inter-rater reliability of five times sit to stand test in pregnancy-related pelvic girdle pain. IUGA Exchange Meeting 2019.

Uluslararası kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü olarak sunulan ve özet metin olarak yayımlanan bildiri

1. **Özen Oruk, D.**, Oruk, Y. E, & Bayar, K. (2022). Plyometrik Egzersizlerin Kas Kalınlığı ve Dinamik Dengeye Olan Etkisi. XVIII. Fizyoterapide Gelişmeler Kongresi

2. Yenişehir, S., Çıtak Karakaya, İ., **Özen, D.**, & Karakaya, M. G. (2018). Gebeliğe bağlı pelvik kuşak ağrısı olan ve olmayan bireylerde fiziksel aktivite düzeyinin karşılaştırılması. 1st International Health Sciences and Life Congress

3. Yenişehir, S., Çıtak Karakaya, İ., **Özen, D.**, Güp, A. A. & Karakaya, M. G. (2018). Gebeliğe bağlı pelvik kuşak ağrısı olan ve olmayan bireylerin kinezyofobilerinin karşılaştırılması. 1st International Health Sciences and Life Congress

4. Yenişehir, S., Çıtak Karakaya, İ., **Özen, D.**, & Karakaya, M. G. (2018). Gebeliğe bağlı pelvik kuşak ağrısı olan bireylerde aktivite limitasyonunun değerlendirilmesi. 1st International Health Sciences and Life Congress

5. Yenişehir, S., Çıtak Karakaya, İ., **Özen, D.**, & Karakaya, M. G. (2018). Gebeliğe bağlı pelvik kuşak ağrısında ağrı özelliklerinin ve tedavi öykülerinin incelenmesi. 17. Fizyoterapi ve Rehabilitasyonda Gelişmeler Kongresi

6. Yenişehir, S., Çıtak Karakaya, İ., **Özen, D.**, & Karakaya, M. G. (2017). Üriner inkontinansın konservatif yönetiminde interdisipliner yaklaşıma sahip miyiz?. I. Uluslararası Sağlık Bilimleri Kongresi

7. Yenişehir, S., Çıtak Karakaya, İ., **Özen, D.**, & Karakaya, M. G. (2017). Huzurevinde çalışan bakım verenlerin üriner inkontinans konusundaki bilgi ve uygulamaları. I. Uluslararası Sağlık Bilimleri Kongresi
8. Çıtak Karakaya, İ., Yenişehir, S., **Özen, D.**, & Karakaya, M. G. (2017). Fizyoterapi kanıt veri tabanında yer alan üriner stres inkontinans ve elektroterapi konulu klinik çalışmaların kalite analizi. I. Uluslararası Sağlık Bilimleri Kongresi
9. **Özen, D.**, Karakaya, M. G., Yenişehir, S., & Çıtak Karakaya, İ. (2017). Farklı dövüş sanatı sporcularının bilişsel işlevler yönünden karşılaştırılması. I. Uluslararası Sağlık Bilimleri Kongresi

Uluslararası kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda poster şeklinde sunulan ve özet metin olarak yayımlanan bildiri

1. **Özen, D.**, Karakaya, M. G., & Çıtak Karakaya, İ. (2018). Dart atma hareketinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerin literatür incelemesi. 1st International Health Sciences and Life Congress
2. **Özen, D.**, Karakaya, M. G., Yenişehir, S., & Çıtak Karakaya, İ. (2018) Nörolojik rehabilitasyonda giyilebilir sensörlerin kullanımı ile ilgili yapılmış çalışmaların analizi. 1st International Health Sciences and Life Congress.
3. **Özen, D.**, Karakaya, M. G., Yenişehir, S., & Çıtak Karakaya, İ. (2018) Parkinsonlu hastalarda teknoloji temelli yürüyüş değerlendirmelerinin literatür analizi. 1st International Health Sciences and Life Congress.
4. **Özen Oruk, D.**, İpek Dongaz, Ö., Güp, A. A., Bayar, K. & Bayar, B. (2020). Üniversite Öğrencilerinin Vücut Farkındalıklarının İncelenmesi. 3rd International Health Science and Life Congress
5. İpek Dongaz, Ö., Güp, A. A., **Özen Oruk, D.**, Bayar, B. & Bayar, K. (2020) Akut İnme Hastalarının Başlangıç Denge ve Mobilite Skorlarının Hospitalizasyon Süresi ile İlişkisinin İncelenmesi. 3rd International Health Science and Life Congress
6. Güp, A. A., **Özen Oruk, D.**, İpek Dongaz, Ö., Bayar, B. & Bayar, K. (2020) Sağ ve Sol Hemisfer Lezyonu Olan Akut İnme Hastalarının Denge ve Mobilite Düzeylerinin Karşılaştırılması. 3rd International Health Science and Life Congress
7. **Özen, D.**, & Gelen, E. (2016) Genç Kürek ve Kano Sporcularının Postüral Yapılarının İncelenmesi. 14. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi

Ulusal kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü-poster sunulan ve özet metin olarak yayımlanan bildiri

1. **Özen Oruk, D., & Bayar, K.** (2021). Covid-19 pandemi sürecinde genç yetişkinlerin fiziksel aktivite düzeyleri ve yorgunluk şiddetleri. 8. Ulusal Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Kongresi

2. **Özen Oruk, D.,** Güp, A. A., İpek Dongaz, Ö., Bayar, B. & Bayar, K. (2019). Üniversite Öğrencilerinin Vücut Farkındalıklarının İncelenmesi. 3rd International Postmenopozal diz osteoartritli kadınların postoperatif ağrı düzeylerini etkileyen faktörlerin incelenmesi: Pilot Çalışma. 5. Ulusal Romatolojik Rehabilitasyon Kongresi

3. Güp, A. A., İpek Dongaz, Ö., **Özen Oruk, D.,** Bayar, B. & Bayar, K. (2019) Romatolojik Rehabilitasyonda Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Yeri: Literatür Analizi. 5. Ulusal Romatolojik Rehabilitasyon Kongresi

4. İpek Dongaz, Ö., **Özen Oruk, D.,** Güp, A. A., Bayar B., & Bayar, K. (2019) Miyofasiyal Ağrı Sendromlu Kadınların Demografik Özelliklerinin Umutsuzluk Düzeyi ile İlişkisinin İncelenmesi. 5. Ulusal Romatolojik Rehabilitasyon Kongresi

Alanında tanınmış ulusal yayınevlerince yayımlanan kitaplarda bölüm yazarlığı

1. Bayar, K. & **Özen Oruk, D.** (2020) Ortezler/Myelomeningoselde Ortezler. Yayın Evi: Hipokrat Editör Adı: Prof. Dr. Nilgün Bek

Alanında makale, kitap bölümü ve karar tahlili vb.çevirileri

1. Karakaya, M. G. & **Özen Oruk, D.** (2021) Terapatik Egzersiz Temeller ve Teknikler/Denge Bozukluğu İçin Egzersiz. Yayın Evi: Hipokrat Yayıncılık Editör Adı: Köse Nezire, Vardar Yağlı Naciye, Güney Deniz Hande

Tamamlanmış Bilimsel Araştırma Projelerinde (BAP) yardımcı araştırmacı

1. Proje adı: Kinezyolojik Bantlama Uygulamasının El Bileği Kinematiki ve Fonksiyonel Performansına Olan Etkisi. Yardımcı Araştırmacı (2018-2019)

2. Proje adı: Gebeliğe Bağlı Pelvik Kuşak Ağrısında Beş Kez Otur-Kalk Testinin Güvenilirlik ve Geçerliliği. Yardımcı Araştırmacı (2017-2019)