



**ESNEK DÜZ TABANLI BİREYLERDE ÜÇ BOYUTLU AYAK-AYAK
BİLEĞİ EGZERSİZİ VE KALÇA ABDUKTOR VE EKSTERNAL
ROTATOR KUVVETLENDİRME EGZERSİZİNİN ETKİSİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI: RANDOMİZE KONTROLLÜ ÇALIŞMA**

Dilek Hande ESEN

**DOKTORA TEZİ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2024

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Dilek Hande ESEN

23/07/2024

ESNEK DÜZ TABANLI BİREYLERDE ÜÇ BOYUTLU AYAK-AYAK BİLEĞİ
EGZERSİZİ VE KALÇA ABDUKTOR VE EKSTERNAL ROTATOR
KUVVETLENDİRME EGZERSİZİNİN ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI:
RANDOMİZE KONTROLLÜ ÇALIŞMA

(Doktora Tezi)

Dilek Hande ESEN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2024

ÖZET

Bu çalışmada asemptomatik esnek düz tabanlı bireylerde, kısa ayak egzersizine ilave üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi ile kalça abduktor ve eksternal rotator kuvvetlendirme egzersizinin (midye egzersizinin) medial longitudinal ark yüksekliği, statik ayak postürü, alt ekstremite izometrik kas kuvveti ve alt ekstremite performansı (plantar fleksör odaklı alt ekstremite enduransı, tek bacak öne sıçrama ve dinamik denge performansı) üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlandı. Çalışmaya 18-40 yıl yaş arası 56 birey dâhil edildi. Katılımcılar rastgele ayak egzersiz grubu (n=19), kalça egzersiz grubu (n=18) ve kontrol grubu (n=19) olarak üç gruba ayrıldı. Medial longitudinal ark yüksekliği naviküler düşme testi ile, ayak postürü Ayak Postür İndeksi-6 ile, izometrik kas kuvveti dijital handheld dinamometre ile, plantar fleksör odaklı alt ekstremite enduransı topuk yükseltme testi ile, tek bacak öne doğru sıçrama performansı tek bacak öne sıçrama testi ile, dinamik denge Y denge testi ile değerlendirildi. Değerlendirmeler çalışmanın başlangıcında ve sonunda olmak üzere iki kez tekrarlandı. Altı hafta boyunca, ayak egzersiz grubuna üç boyutlu ayak-ayak bileği ve kısa ayak egzersizi; kalça egzersiz grubuna midye ve kısa ayak egzersizi; kontrol grubuna sadece kısa ayak egzersizi uygulandı. Üç boyutlu ayak-ayak bileği ve midye egzersizi haftanın iki günü fizyoterapist gözetiminde, bir gün ev egzersizi olarak; kısa ayak egzersizi ise günlük, iki gün fizyoterapist gözetiminde, diğer günler ev egzersizi olarak planlandı. Çalışma sonucunda medial longitudinal ark yüksekliği ile abduktor hallusis kas kuvvetinin ayak egzersiz grubunda diğer gruplara kıyasla daha fazla arttığı ($p<0,05$), ayak pronasyonunun ayak egzersiz ve kalça egzersiz grubunda benzer şekilde azaldığı ($p<0,05$) ve bu azalmanın kontrol grubuna kıyasla daha fazla olduğu ($p<0,05$), fleksör digitorum brevis ve fleksör hallusis brevis kuvveti ile plantar fleksör odaklı alt ekstremite enduransı, öne doğru sıçrama ve dinamik denge performansının her üç grupta benzer şekilde geliştiği görüldü ($p<0,05$). Bu bulgular esnek düz tabanlılığın tedavisinde kısa ayak egzersizine ilave üç boyutlu ayak-ayak bileği ve/veya midye egzersizinin tek başına kısa ayak egzersizine kıyasla ayak postürünün gelişimine daha fazla katkı sağlayabileceğini ve üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizinin diğer egzersizlere göre medial longitudinal ark yüksekliğini ve abduktor hallusis izometrik kas kuvvetini artırmada daha etkili olabileceğini göstermiştir.

Bilim Kodu : 1024

Anahtar Kelimeler : Ayak deformiteleri, Direnç eğitimi, Egzersiz, Fiziksel fonksiyonel performans, Propriyoseptif nöromusküler fasilitasyon

Sayfa Adedi : 95

Danışman : Prof. Dr. Nihan KAFA

A COMPARISON OF THE EFFECT OF THREE-DIMENSIONAL FOOT-ANKLE EXERCISE
AND HIP ABDUCTOR AND EXTERNAL ROTATOR STRENGTHENING EXERCISE IN
FLEXIBLE FLATFOOTED INDIVIDUALS: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

(Ph. D. Thesis)

Dilek Hande ESEN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

July 2024

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of three-dimensional foot-ankle exercise and hip abductor and external rotator strengthening exercise (clam exercise) on medial longitudinal arch height, static foot posture, lower extremity isometric muscle strength and lower extremity performance (plantar flexor-focused lower limb endurance, single leg forward jump and dynamic balance performance) in asymptomatic flexible flatfooted individuals. The study included 56 individuals aged 18-40 years. The participants were randomly divided into three groups as foot exercise group (n=19), hip exercise group (n=18) and control group (n=19). Medial longitudinal arch height was assessed with the navicular drop test, foot posture was assessed with the Foot Posture Index-6, isometric muscle strength was assessed with a digital hand-held dynamometer, plantar flexor focused lower extremity endurance was assessed with the heel raise test, single leg forward jump performance was assessed with the single leg forward jump test, and dynamic balance was assessed with the Y balance test. The evaluations were repeated twice at the beginning and end of the study. For six weeks, three-dimensional foot-ankle and short-foot exercises were performed in the foot exercise group; clam and short-foot exercises were performed in the hip exercise group; and only short-foot exercises were performed in the control group. Three-dimensional foot-ankle and clam exercises were planned as two days a week under the supervision of a physiotherapist and one day as home exercise; short-foot exercise was planned as two days a week under the supervision of a physiotherapist and the other days as home exercise. As a result of the study, medial longitudinal arch height and abductor hallucis muscle strength increased more in the foot exercise group compared to the other groups ($p<0.05$), foot pronation decreased similarly in the foot exercise and hip exercise groups ($p<0.05$), and this reduction was greater than in the control group ($p<0.05$), flexor digitorum brevis and flexor hallucis brevis strength, plantar flexor-focused lower extremity endurance, forward jump and dynamic balance performance improved similarly in all three groups ($p<0.05$). These findings showed that three-dimensional foot-ankle and/or clam exercise in addition to short-foot exercise may contribute more to the development of foot posture compared to short-foot exercise alone in the treatment of flexible flatfooted and three-dimensional foot-ankle exercise may be more effective in increasing medial longitudinal arch height and abductor hallucis isometric muscle strength compared to other exercises.

Science Code : 1024

Key Words : Foot deformities, Exercise, Physical functional performance, Proprioceptive neuromuscular facilitation, Resistance training

Page Number : 95

Supervisor : Prof. Dr. Nihan KAFA

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini paylaşarak akademik gelişimime büyük katkıları olan ve desteğini her zaman arkamda hissettiğim değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Nihan KAFA'ya,

Akademik gelişimim süresince bilgi ve deneyimleriyle yol gösterici olan ve bu yolda hiçbir zaman desteğini esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Nevin ATALAY GÜZEL'e,

Doktora çalışmamın planlanması ve yürütülmesinde değerli görüş ve katkılarını sunan tez izleme komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Seyit ÇITAKER ve Sayın Doç. Dr. Serkan TAŞ'a,

Tezimin gerçekleştirilmesinde ev sahipliği yaparak katkı ve desteklerini sunan Toros Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölüm Başkanlığı'na,

Katılımcıları değerlendirme sürecinde büyük bir sabır ve özveriyle çalışan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tolga DUMAN'a,

Çalışmaya katılmayı kabul eden ve büyük bir özveri ile zaman ayıran tüm katılımcılara,

Benzer süreçlerden geçerken her daim yardımına koşan, göstermiş olduğu sabır ve hoşgörülle tez çalışmama destek veren canım kardeşim Mehmet Kemal ERCAN'a,

Hayatımın her aşamasında beni destekleyen, arkamda bir güç olarak varlığını her daim hissettiğim sevgili annem Senem ERCAN'a ve sevgili babam Mehmet Kadir ERCAN'a,

Bana olan inancı ve sevgisiyle her koşulda yanımda olan, tez sürecimde büyük bir destek ve fedakârlık gösteren sevgili eşim Mustafa Kadir ESEN'e,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Ayak Anatomisi	5
2.1.1. Ayak kemikleri ve ilgili eklemler	5
2.1.2. Ayak ligamentleri.....	7
2.1.3. Plantar fasya	8
2.1.4. Ayağın fonksiyonel anatomik bölgeleri	8
2.1.5. Ayak arkları	9
2.1.6. Ekstrinsik ayak kasları	9
2.1.7. İntrinsik ayak kasları	10
2.2. Ayak Biyomekaniği	13
2.2.1. Ayak arklarının ayak biyomekaniğinde rolü	16
2.2.2. Ekstrinsik ayak kaslarının ayak biyomekaniğinde rolü	19
2.2.3. İntrinsik ayak kaslarının ayak biyomekaniğinde rolü	20
2.2.4. Ayağın kor sistemi	20
2.2.5. Kalça abduktor ve eksternal rotator kaslarının ayak biyomekaniğinde rolü	21
2.3. Düz tabanlık ve Klinik Önemi	21

	Sayfa
2.4. Düz tabanlığın alt ekstremite performansı ile ilişkisi	24
2.5. Düz Tabanlıkta Tedavi Yöntemleri	24
2.6. Düz Tabanlıkta Egzersiz Uygulamaları	25
2.6.1. Kısa ayak egzersizi.....	27
2.6.2. Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi	26
2.6.3. Midye egzersizi	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM	29
3.1. Katılımcılar	29
3.1.1. Çalışmaya dâhil edilme kriterleri	30
3.1.2. Çalışmaya dâhil edilmeme kriterleri	31
3.1.2. Çalışmadan çıkarılma kriterleri	31
3.2. Çalışma Prosedürü	31
3.2.1. Bağımsız değişkenler	32
3.2.2. Bağımlı değişkenler	32
3.3. Değerlendirme Yöntemleri	32
3.3.1. Demografik bilgiler	33
3.3.2. Genelleştirilmiş eklem hiper mobilitesinin değerlendirilmesi	33
3.3.3. Düz taban deformitesinin esnekliğinin değerlendirilmesi	33
3.3.4. Medial longitudinal ark yüksekliğinin değerlendirilmesi	34
3.3.5. Statik ayak postürünün değerlendirilmesi	35
3.3.6. Alt ekstremite izometrik kas kuvvetinin değerlendirilmesi	35
3.3.7. Alt ekstremite performansının değerlendirilmesi	38
3.4. Egzersiz Uygulaması	41
3.4.1. Kısa ayak egzersizi	42
3.4.2. Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi	43
3.4.3. Midye egzersizi	44

	Sayfa
3.5. İstatistiksel Analiz	45
4. BULGULAR	47
4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri	47
4.2. Naviküler Düşme Testi ve Ayak Postür İndeksi-6 Analizleri	47
4.3. Alt Ekstremitte İzometrik Kas Kuvveti Analizleri	49
4.4. Alt Ekstremitte Performans Testleri Analizi	50
5. TARTIŞMA	53
5.1. Demografik Bilgiler	53
5.2. Uygulamaların MLA Yüksekliği, Ayak Postürü ve Kas Kuvveti Üzerine Etkisi	54
5.3. Uygulamaların Alt Ekstremitte Performansına Etkisi	60
5.3.1. Uygulamaların topuk yükseltme performansına etkisi	60
5.4.2. Uygulamaların öne doğru sıçrama performansına etkisi	62
5.4.3. Uygulamaların dinamik denge performansına etkisi	64
5.5. Çalışmanın Güçlü Yanları ve Limitasyonları	66
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	71
EKLER	83
EK-1. Etik Komisyon İzni	84
EK-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu.....	86
EK-3. Katılımcı Değerlendirme Formu	88
EK-4. Ayak Postür İndeksi-6	90
EK-5. Ev Egzersizi Kayıt Defteri	92
ÖZGEÇMİŞ	93

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Katılımcıların demografik özellikleri.....	47
Çizelge 4.2. NDT ve API-6 değerleri	48
Çizelge 4.3. İzometrik kas kuvveti değerleri.....	50
Çizelge 4.4. Alt ekstremiter performans testi verileri	51



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ayak kemiklerinin dorsal ve plantar görünüşleri	6
Şekil 2.2. Plantar fasya ve Aşil tendonu ile plantar fasya arasındaki fasyal bağlantı ...	8
Şekil 2.3. İntrinsik ayak kasları	11
Şekil 2.4. Ayağın longitudinal ekseni etrafındaki hareketleri	14
Şekil 2.5. Medial longitudinal arkı destekleyen yapılar	17
Şekil 2.6. Çıkırık mekanizması	19
Şekil 2.7. Ayak kor sistemi	21
Şekil 3.1. Çalışma CONSORT akış şeması	30

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Jack testi	34
Resim 3.2. Lafayette® Model-01165 hand-held dinamometre	35
Resim 3.3. İzometrik kalça abduktor ve eksternal rotator kas kuvveti değerlendirmesi	37
Resim 3.4. Ayak bileği dört yönlü izometrik kas kuvveti değerlendirmesi	37
Resim 3.5. İzometrik intrinsik kas kuvveti değerlendirmesi	38
Resim 3.6. Topuk yükseltme testi	39
Resim 3.7. Tek bacak öne sıçrama testi	40
Resim 3.8. Y denge testi	41
Resim 3.9. Kısa ayak egzersizi	42
Resim 3.10. Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizleri	43
Resim 3.11. Midye egzersizi	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
cm	Santimetre
kg	Kilogram
m	Metre
m ²	Metrekare
n	Birey sayısı
p	İstatistiksel anlamlılık düzeyi
SS	Standart sapma
Kısaltmalar	Açıklamalar
3-B	3 boyutlu
AEG	Ayak egzersiz grubu
ANOVA	Varyans analizi
API-6	Ayak postür indeksi-6
ÇAA	Çeyrekler arası aralık
EMG	Elektromiyografi
KA	Kısa ayak
KEG	Kalça egzersiz grubu
KG	Kontrol grubu
MLA	Medial longitudinal ark
NDT	Navikular düşme testi
PNF	Proprioseptif nöromusküler fasilitasyon
SPSS	Statistical package for social sciences
VKI	Vücut kütle indeksi

1. GİRİŞ

Düz tabanlık, özellikle yüklenme sırasında medial longitudinal ark (MLA) yapısının çökmesi, talusun adduksiyonu, kalkaneusun eversiyonu ve ön ayağın abduksiyonu ile karakterize yaygın bir patomekanik durumdur [1, 2]. Yetişkin bireylerin en az %20'sinde düz tabanlık görüldüğü [3], bu oranın 18-25 yıl yaş arası fizyoterapi öğrencilerinde %11,25 olduğu bildirilmiştir [4].

Düz tabanlığın tedavi algoritmasıyla ilgili henüz fikir birliği bulunmamaktadır. Genellikle ilk tedavi seçeneği olarak konservatif tedavi düşünülür [5]. Konservatif tedavide ise sıklıkla başta intrinsik ayak kasları olmak üzere MLA yapısını destekleyen kasların kuvvetlendirilmesini amaçlayan terapötik egzersizlere ve anti-pronasyon yönünde ayak postürünü düzeltici bantlama ve tabanlık gibi eksternal takviyelerin kullanımına odaklanılır [6, 7]. Esnek düz tabanlı bireylerin intrinsik ayak kaslarını kuvvetlendirmek için sıklıkla ayağın temel kor egzersizi olarak bilinen kısa ayak (KA) egzersizi önerilir [8]. Düz tabanlı bireyler üzerinde yapılan çalışmalarda KA egzersizinin MLA yapısı ve arka ayak pronasyonunun iyileşmesinde [9], intrinsik kas kuvveti [7, 10, 11] ve dengenin geri kazanımında etkili olduğu bildirilmiştir [11-13].

Sağlıklı bir MLA yapısının korunmasında intrinsik ayak kasları kadar ekstrinsik ayak kaslarının da optimum kuvvette çalışması kritik bir öneme sahiptir [2]. Son zamanlarda, düz tabanlı bireylerde intrinsik ve ekstrinsik ayak kaslarını güçlendirmek için üç boyutlu (3-B) ayak-ayak bileği egzersizleri önerilmiştir [8, 13]. Dirençli elastik bant ile kombine gerçekleştirilen bu egzersizlerin abduktor hallusis ve fleksör hallusis longus kasını aktive etmede oldukça etkili olduğu, bununla birlikte abduktor hallusis kasını KA egzersizinden daha fazla aktive edebildiği [8] ve denge performansını geliştirdiği bildirilmiştir [13]. Bu perspektifte, 3-B ayak-ayak bileği egzersizleri ile hem intrinsik hem de ekstrinsik ayak kaslarının eş zamanlı olarak kuvvetlendirilmesini amaçlayan egzersizler, düşük MLA yapılı bireylerde ayak yapısının ve alt ekstremitte fonksiyonlarının gelişiminde faydalı olabilir.

Alt ekstremitte kinetik zincir bağlantısının herhangi bir noktasındaki biyomekaniksel dizilim bozukluğu komşu segment dizilimini olumsuz yönde etkileyebilir. Nitekim düz taban deformitesinin pelvis ve kalçanın biyomekaniksel düzgünlüğünü bozabileceği ve alt ekstremitte internal rotasyon artışına sebep olabileceği bulunmuştur [14]. Özellikle talusun aşırı adduksiyonu ve subtalar eklem pronasyonu, femurda adduksiyon ve internal rotasyon artışına yol açarak diz eklemine aşırı valgusa zorlayabilir [14, 15]. Bununla birlikte, proksimal bölgede kalça abduktör ve eksternal rotatör kas zayıflığının da ayakta pronasyona neden olabilecek şekilde, kalçada adduksiyon ile iç rotasyona, dizde ise dinamik valgusa yol açabileceği bildirilmiştir [18]. Bu bilgiyi destekler nitelikte başka bir çalışma, düz tabanlı bireylerin kalça abduktör ve eksternal rotatör kas kuvvetinin, sağlıklı bireylere kıyasla daha düşük olduğunu rapor etmiştir [85]. Önceki çalışmalarda, 6 haftalık dirençli egzersiz eğitimi sonrası kalça abduktör ve eksternal rotatör kaslarındaki kuvvet artışının arka ayak eversiyon hareket açıklığının azalmasına katkı sağladığı [16] ve midye egzersizinin ayak egzersizleriyle kombine edildiğinde tek başına ayak egzersizlerine kıyasla naviküler düşmede daha büyük bir iyileşmeye yol açtığı gösterilmiştir [17]. Yapılan elektromiyografik analiz çalışmalarında da, KA egzersizi sırasında kalça abduktör ve eksternal rotatör kaslarındaki aktive artışının sadece KA egzersizine kıyasla intrinsik ayak kaslarında daha fazla aktivasyon sağladığı bildirilmiştir [18]. Bu kanıtlar, kalça abduktör ve eksternal rotatörlerinin güçlendirilmesiyle düz tabanlılık deformitesinin kontrol altına alınabileceği ve ayak yapısının antipronasyon yönünde restore edilebileceği fikrini desteklemektedir.

Esnek düz tabanlı bireylerde egzersizin ayak postürünü, plantar basınç dağılımını, intrinsik ve ekstrinsik ayak kas kuvvetini ve alt ekstremitte fonksiyonlarını iyileştirebileceği kanıtlanmıştır [6, 7, 19-24]. Dolayısıyla, esnek düz tabanlı bireylerin rehabilitasyonunda kullanılan farklı güncel egzersiz yaklaşımlarının bilinmesi ve anlaşılması, bu popülasyonun konservatif tedaviden optimum fayda sağlayabilmesi ve ayak-ayak bileği rehabilitasyonunda henüz yeterli klinik deneyimi olmayan sağlık profesyonellerinin egzersiz reçeteleyebilme yetisine katkı sunabilmesi açısından önem arz etmektedir. Esnek düz tabanlı bireylerin konservatif tedavisinde kullanılan egzersiz yaklaşımlarına ilişkin literatür çalışmaları incelendiğinde, aslında bu konuda henüz fikir birliğine varılmış kesin bir egzersiz algoritmasının oluşmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, 3-B ayak-ayak bileği egzersizlerinin düz tabanlılığa etkisi açıkça bilinmemektedir. Ayrıca düz tabanlı bireylerde kalça abduktör ve eksternal rotatör kas kuvveti eğitiminin ayak postürü üzerine etkisini

araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [17, 19]. Bu bilgiler ışığında planlanan bu tez çalışmasının amacı, esnek düz tabanlı bireylerde, kısa ayak egzersizine ilave üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi ile kalça abduktor ve eksternal rotator kas kuvvetlendirme egzersizinin (midye egzersizinin) MLA yüksekliği, statik ayak postürü, alt ekstremite izometrik kas kuvveti ve alt ektremitenin fonksiyonel performansı (plantar fleksörler odaklı alt ekstremite enduransı, tek bacak öne doğru sıçrama performansı ve dinamik denge) zerine etkilerini incelemek ve karşılaştırmaktı.

Çalışmanın hipotezleri;

H0: Üç ayak-ayak bileği egzersizi ve midye egzersizi karşılaştırıldığında; MLA yüksekliği, statik ayak postürü, alt ekstremite kas kuvveti ve performansı üzerine etkisi açısından fark yoktur.

H1_a: Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi, MLA yüksekliği üzerinde midye egzersizinden daha etkilidir.

H1_b: Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi, statik ayak postürü üzerinde midye egzersizinden daha etkilidir.

H1_c: Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi, alt ekstremite izometrik kas kuvveti üzerine midye egzersizinden daha etkilidir.

H1_d: Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi, alt ekstremite performansı üzerinde midye egzersizinden daha etkilidir.



2. GENEL BİLGİLER

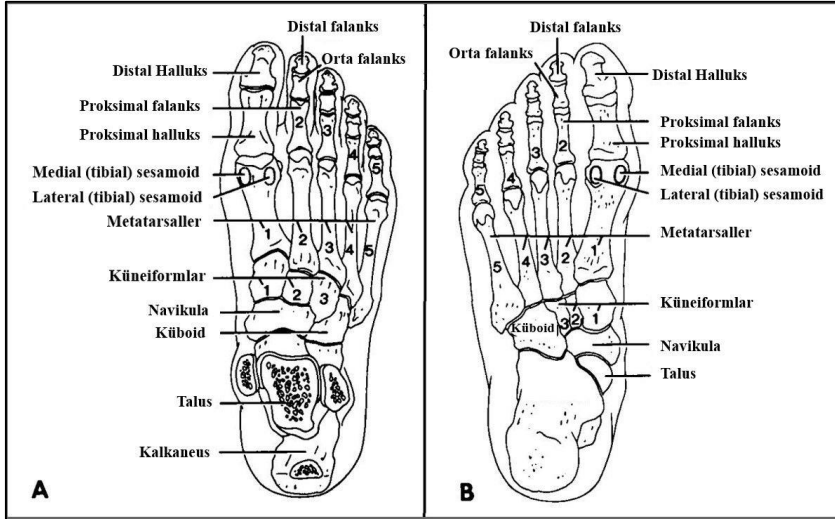
Alt ekstremitte diziliminin distal parçasını oluşturan ayak-ayak bileği kompleksi vücut ile yer arasındaki bağlantıyı sağlayan yapıdır. Ayak bileği distal fibula, distal tibia ve talus arasında yer alan talokrural eklem bölgesini; ayak ise ayak bileği distalinde yer alan yapıların tamamını kapsayan bölgeyi ifade eder [25, 26].

2.1. Ayak Anatomisi

Ayak, küçük bir bölge olmasına rağmen statik ve dinamik aktiviteler sırasında absorban organ görevi görerek çeşitli yüzeyler üzerinde stabilitesini bozmadan mobil kalabilmesi adına kompleks bir morfolojiye sahiptir [27]. Yapısında aksesuar ve sesamoid kemikler hariç toplam 26 kemik, 33 eklem, 19 intrinsik kas ve tüm ayak kemiklerini birbirine bağlayan dorsal ve plantar ligamentleri içerir [2, 27].

2.1.1. Ayak kemikleri ve ilgili eklemler

Ayağın iskelet yapısı 7 tarsal, 5 metatarsal, 14 falanks (başparmakta iki adet, diğer parmaklarda üç adet) ve 2 sesamoid kemikten oluşur. Talus, kalkaneus, navikula, üç kuneiform kemik ve kuboid kemik tarsal kemikleri oluşturur. Sesamoid kemikler birinci metatars başının altında fleksör hallusis brevis tendonunun içine sarılı halde bulunur. Diğer kemikler bir araya gelerek proksimalden distale doğru subtalar (talokalkaneal eklem), transvers (mid) tarsal, tarsometatarsal, metatarsofalangeal ve interfalangeal eklemleri oluşturur. Metatarsal kemikler medialden laterale doğru sırasıyla birden beşe kadar numaralandırılarak ifade edilir [27] (Resim 2.1).



Şekil 2.1. Ayak kemiklerinin dorsal (A) ve plantar (B) görünüşleri [27]

Talokrural eklem: Distal tibia, fibula ve talus arasında yer alan ayak bileği eklemidir. Genel olarak üç düzlemde harekete izin verir ancak eklemde asıl olarak plantar ve dorsifleksiyon hareketleri meydana gelir [25].

Subtalar eklem: Talus ve kalkaneus arasında yer alan talokalkaneal eklemidir. İnversiyon ve eversiyon hareketi yaparak supinasyon (inversiyon ve adduksiyon) ve pronasyon (eversiyon ve abduksiyon) yaptırır [27]. Subtalar eklem diğer önemli görevi ayak patolojilerinin normalden ne kadar saptığının belirlenmesinde nötral pozisyonunun referans olarak kullanılmasıdır. Subtalar nötral pozisyon olarak tanımlanan bu referans pozisyon dördüncü ve beşinci metatars başlarının diğer metatars başlarıyla aynı düzleme getirildiği, subtalar eklem nötral açıda durduğu ve her iki taraftan talus başının kabaca eşit şekilde palpe edilebildiği, bir diğer ifadeyle subtalar eklem işlevsel olarak pronasyon veya supinasyonda olmadığı pozisyonudur [26].

Transvers tarsal eklem: Chopart veya midtarsal eklem olarak da adlandırılan transver tarsal eklem talonavikuler ve kalkaneokuboid eklem bir araya gelmesiyle oluşur. Eklemde dorsifleksiyon, plantar fleksiyon, inversiyon, eversiyon, abduksiyon ve adduksiyon hareketleri gerçekleşir. Ayrıca supinasyon ve pronasyon hareketlerini gerçekleştirir [26, 28, 29].

Tarsometatarsal eklem: Tarsometatarsal eklem diğer adıyla Lisfrank eklemi distal sıradaki tarsal kemiklerler metatarsal kemiklerin arasında yer alır. Eklemde dorsifleksiyon, plantar fleksiyon, inversiyon ve eversiyon hareketleri görülür [26, 28, 29].

Metatarsofalangeal eklem: Metatarsofalangeal eklemler, falankslarla metatarsal kemikler arasına yerleşmiş çift eksenli eklemlerdir. Fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyon ve adduksiyon hareketlerine izin verirler. Yürüyüş siklusunun itme fazında eldeki benzerlerine kıyasla çok daha büyük açılarda ekstansiyon hareketi yaparlar [28].

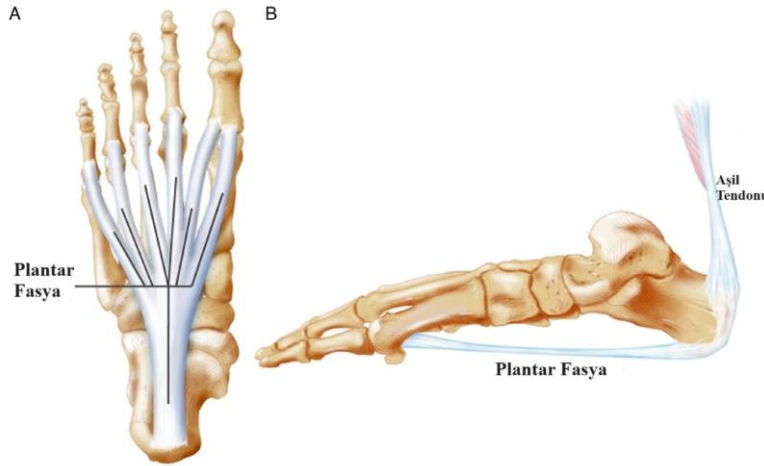
İnterfalangeal eklem: Falankslar arasında yerleşim gösteren interfalangeal eklemler tek eksenli eklemlerdir. Metatarsafalangeal eklemle uyumlu olarak yürüyüşün itme fazında çok büyük ekstansiyon açılarında hareket açığa çıkarabilirler [28].

2.1.2. Ayak ligamentleri

Ayakta kemik yapıları bir arada tutup stabilize etmek için çok sayıda ligament bulunur. Talus ile kalkaneus arasında interosseöz talokalkaneal ligament ve lateral, medial ve posterior talokalkaneal ligament yer alır. Kalkaneus ile navikula birbirine plantar ve dorsal kalkaneonavikular ligamentler aracılığıyla bağlanır [30]. Kalkaneusla kuboid kemiği dorsal ve plantar kalkaneokuboid ligamentler bir arada tutar [30]. Uzun plantar ligament, kalkaneusun plantar yüzeyinden kuboide doğru uzanır. Bazı lifleri metatarsal kemiklerin bazisine doğru uzanarak peroneus longus tendonu için bir tünel yapar [31]. Plantar kalkaneokuboid ligament, diğer adıyla kısa plantar ligament uzun plantar ligamentin daha derininde aynı doğrultuda yerleşim gösteren ligamenttir [31]. Navikula kuboid kemiğe transvers yerleşim gösteren dorsal ve plantar kuboidonavikular ligament aracılığıyla, kuneiform kemiklere ise dorsal ve plantar küneonavikular ligamentler aracılığıyla bağlanır. Kuneiform kemiklerle kuboid kemik birbirine kuneokuboid ligamentlerle; kuneiform kemikler kendi içinde birbirine interkuneiform ligamentlerle; metatarsaller birbirine ve tarsal kemiklere sırasıyla intermetatarsal ve tarsometatarsal ligamentlerle bağlanır [30].

2.1.3. Plantar fasya

Plantar fasya çok katlı kalın bir fibröz doku olduğu için sıklıkla plantar aponevroz olarak adlandırılır. Kalkaneusun medial tüberkülünden başlayarak metatars başlarına doğru longitudinal bir eksende uzanır, lateralde dört falanksı ve halluks altındaki sesamoid kemikleri sararak son bulur [2, 26, 32] (Resim 2.2).



Şekil 2.2. Plantar fasya (A), Aşil tendonu ve plantar fasya arasındaki fasyal bağlantı (B) [2]

2.1.4. Ayak fonksiyonel anatomik bölgeleri

Ayak fonksiyonel açıdan arka ayak, orta ayak ve ön ayak olmak üzere 3 ayrı anatomik bölgede incelenebilir [25, 26]. Bu bölgeler incelenirken anterior ve posterior terimleri daha çok tibia ve fibula için, dorsal ve plantar terimleri ayak bölgesi için kullanılır. Dorsal kelimesi ayağın süperior bölümünü, plantar kelimesi ise inferior bölümünü tanımlar [26]. *Arka ayak*; kalkaneus ve talusun yer aldığı arka kısımdır. Talusun süperior yüzü tibia ve fibula ile eklemleşerek talokrural eklemi; inferior yüzü kalkaneus ile eklemleşerek subtalar eklemi; anterior yüzü navikula ile eklemleşerek talonavikuler eklemi meydana getirir [29, 31, 32]. *Orta ayak*; transvers tarsal eklem ile tarsometatarsal eklem arasında bulunan bölümdür. Navikula, medial, orta ve lateral kuneiform ile kuboid kemiği içinde barındırır. *Ön ayak*; tarsometatarsal eklemden sonraki kısımdır ve metatarsallerle falanksları içerir [29, 31, 32]. Kemiklerin alışılmadık şekli, bu kemiklerin daha az kas desteği ve daha yoğun ligament kombinasyonu ile ayakta dizilim göstermesi sonucu ayak arkları oluşur. Ayakta

toplam beş adet ark bulunur. Bunlardan iki tanesi longitudinal ark, üç tanesi transvers arktır [27].

2.1.5. Ayak arkları

Ayakta medial ve lateral longitudinal olmak üzere iki adet longitudinal ark; anterior transvers, midtransvers ve posterior transvers olmak üzere üç adet transvers ark bulunur.

Medial longitudinal ark; talus, navikula, üç kuneiform ile birinci, ikinci ve üçüncü metatarsal kemiklerin bir araya gelmesiyle oluşan ark yapısıdır. Kalkaneusun medialinden başlar. Sustentakulum tali ve navikulanın tüberkülünü geçtikten sonra birinci metatars başının arkasında sonlanır. Arkın en yüksek noktası navikula üzerindedir. Sağlıklı ayak yapısında bu noktanın yerden yüksekliği 15-18 mm arasında değişir. MLA lateral longitudinal arka göre daha esnektir ve normal şartlarda dışardan çıplak gözle fark edilebilir bir konkaviteye sahiptir [2, 32].

Lateral longitudinal ark; kuboid kemik ile dördüncü ve beşinci metatarsal kemikler tarafından oluşturulan ark yapısıdır. Kalkaneusun lateral tüberkülünden başlar. En yüksek noktası kalkaneokuboid eklem üzerinde yer alır. Arkın yerden yüksekliği yaklaşık 3-5 mm arasındadır. MLA'ya göre daha sert ve düzdür [2, 32].

Transvers arklar, tarsal kemikler ile metatarsallerin kama şeklinde birleşmesiyle oluşur. *Anterior transvers ark* birinci ve beşinci metatars başları arasında, *midtransvers ark* üç kuneiform ve kuboid kemik arasında, *posterior transvers ark* kuboid ile navikula arasında uzanır [2, 32].

2.1.6. Ekstrinsik ayak kasları

Ayağın ekstrinsik kasları bacadan köken alan, tendonları ayak bileğinden geçerek ayakta sonlanan kaslardır. Bacakta buldukları bölgeye göre ön, lateral ve arka grup kasları olarak üç kompartmanda incelenebilir [26].

Anterior bölge kasları tibialis anterior, ekstansör digitorum longus, ekstansör hallusis longus ve peroneus tertius kaslarından oluşur. Hepsinin başlangıç noktası proksimal tibia, fibula ve

interosseöz membrandan köken alır. Genel olarak açığa çıkaracakları hareketin yönünü rotasyon eksenlerine göre çekiş açılarının pozisyonu belirler. Ortak görevleri ayak bileği eklemine dorsifleksiyon, subtalar eklem inversiyon (tibialis anterior, ekstansör hallusis longus) veya eversiyon (ekstansör digitorum longus) yaptırmaktır. Tibialis anterior ayak bileğinin en kuvvetli dorsifleksör kasıdır. Ekstansör hallusis longus başparmağa ekstansiyon, ekstansör digitorum longus başparmak hariç diğer parmaklara ekstansiyon yaptırır [32, 33]. *Lateral bölge kasları* peroneus (fibularis) longus ve peroneus (fibularis) brevis kaslarıdır. Her ikisi de fibula proksimalinden orijin alır. Peroneus longus lateral malleolün arkasından geçerek ayak tabanında ilerler ve medial kuneiform ile birinci metatarsalin bazisine insersiyon yapar. Peroneus brevis beşinci metatarsal kemiğin tuberositasında sonlanır. Bu kaslar birlikte ayak bileğine plantar fleksiyon, arka ayağa eversiyon yaptırırlar. Peroneus longus en kuvvetli arka ayak evertörü olarak bilinir [30, 32, 33].

Posterior bölge kasları yüzeysel ve derin grup kasları olarak ikiye ayrılır. Yüzeysel bölgede gastroknemius, soleus ve plantaris kasları, derin bölgede tibialis posterior, fleksör digitorum longus ve fleksör hallusis longus kasları yer alır. Bu kasların ortak fonksiyonu plantar fleksiyon yaptırmaktır. Gastroknemius ve soleus kas kompleksi ayak bileğinin primer plantar fleksörleridir ve sıklıkla triseps surae kası olarak ifade edilir. Bu kas grubunun tendinöz kısımları bacak distalinde bir araya gelip Aşil tendonu olarak devam eder ve kalkaneusun posterioruna insersiyon yapar. Fleksör digitorum longus 2-5. parmaklara fleksiyon yaptırır. Fleksör hallusis longus başparmağın primer fleksör kasıdır ve fleksör digitorum longus ve tibialis posterior kaslarıyla birlikte subtalar eklem inversiyonuna yardım eder [30, 33].

2.1.7. İntrinsik ayak kasları

İntrinsik ayak kasları ayaktan başlayan ve yine ayakta sonlanan küçük çaplı kaslardır [2] (Resim 2.3).



Şekil 2.3. İntrinsik ayak kasları: (1) abduktor hallusis, (2) fleksör digitorum brevis, (3) abduktor digiti minimi (4) kuadratus plantae (5) lumbrikaller (origoları fleksör digitorum longus tendonu), (6) fleksör digiti minimi, (7) adduktor hallusis oblikue (a) ve transverse (b), (8) fleksör hallusis brevis, (9) plantar interossealler (10) dorsal interossealler (11) ekstansör digitorum brevis [2]

Dorsal bölge kasları

Ayak dorsalinde sadece ekstansör digitorum brevis kası bulunur. Kalkaneokuboid eklem hizasında kalkaneusun süperiorundan başlar, ekstansör digitorum longus kasının tendonlarıyla birleşir ve ilk dört falanksa dört adet tendon verir [26].

Plantar bölge kasları

Plantar bölgede yer alan kaslar dört katmandan oluştuğu için dört farklı tabaka halinden incelenir.

Birinci tabaka kasları: Bu bölgede abduktor hallusis, fleksör digitorum brevis ve abduktor digiti minimi kasları yer alır. Plantar bölgenin en medial ve en üst yüzeyinde bulunan

abduktor hallusis kası ile fleksör digitorum brevis kası kalkaneusun medial tüberkülünden, abduktor digiti minimi kası lateral tüberkülünden başlar. Abduktor hallusis birinci parmağın proksimal falanks tabanının medial sesamoid kemik tarafında; fleksör digitorum brevis 2-5. parmakların orta falanksının her iki tarafında, abduktor digiti minimi beşinci parmak proksimal falanks bazisinin lateral kenarında sonlanır. Tutundukları falankslara fleksiyon ve abduksiyon yaptırırlar [29, 32].

İkinci tabaka kasları: Bu tabakada kuadratus plantae ve lumbrikal kaslar yer alır. Kuadratus plantae kası kalkaneusun plantar yüzeyinden iki baş şeklinde başlar ve fleksör digitorum profundus tendonunun dış yan tarafına tutunarak sonlanır. İşlevi fleksör digitorum longusa yardım ederek başparmak hariç diğer parmakların fleksiyonuna yardımcı olmaktır. Ayrıca fleksör digitorum profundusun tendonlarını stabilize ederek mediale doğru yer değiştirmelerini limitler. Lumbrikaller fleksör digitorum profundus tendonlarının proksimalinden başlayıp başparmak hariç diğer dört parmağın medial kısımlarından geçerek dorsal aponevrozda sonlanır. Başparmak hariç metatarsofalangeal eklemlere fleksiyon, interfalangeal eklemlere ekstansiyon yaptırırlar [2, 26, 32].

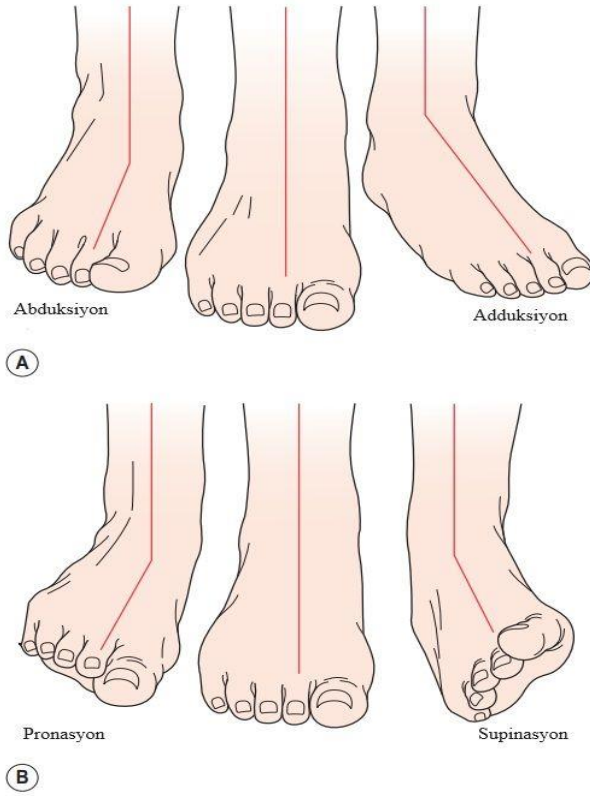
Üçüncü tabaka kasları: Üçüncü tabaka digitorum, fleksör digiti minimi ve adduktor hallusis kaslarından oluşur. Fleksör hallusis brevis kası kuneiform ve kuboid kemiklerin lateralinden başlar, başparmağın proksimal falanksının medial ve lateral kenarında sesamoid kemikleri sararak sonlanır. Görevi tutunduğu falanksa fleksiyon yaptırmaktır. Beşinci metatarsal tabanından ve peroneus longus tendonundan orijin alan fleksör digiti minimi kası beşinci parmak proksimal falanks tabanının lateralinde sonlanır. Beşinci parmak proksimal falanksına fleksiyon hareketi yaptırır. Oblik ve transvers olmak üzere iki başı bulunan adduktor hallusis kası daha sonra birleşerek başparmak proksimal falanksının bazisine tutunarak sonlanır. Bu kasın görevi ise başparmağa adduksiyon hareketi yaptırmaktır [2, 30, 32].

Dördüncü tabaka kasları: Dördüncü tabaka üç plantar, dört dorsal olmak üzere toplam yedi tane interosseal kas içerir. Dorsal interossealler metatarsallerin arasında, plantar interossealler daha çok metatars aralarının plantar kısmında konumlanmıştır. Dorsal interossealler parmaklara abduksiyon, metatarsofalangeal ekleme fleksiyon yaptırırlar. Plantar interosseal kasların görevi ise 3-5. parmak adduksiyonu, birinci proksimal falanks fleksiyonu, ikinci ve üçüncü falanks ekstansiyonudur [2, 26, 30, 32].

2.2. Ayak Biyomekaniği

Ayak çok yönlü fonksiyonları olan hareketli bir yapıdır. Dinamik ve statik aktiviteler sırasında vücudun yerle temasını devam ettirirken vücut için stabil bir destek yüzeyi oluşturur. Aynı zamanda vücudun lokomosyonu sırasında bir kaldıraç kolu gibi işlev görerek vücudun öne doğru ilerletilmesinden ve taban temasıyla oluşan şokların absorpsiyonundan sorumludur. Konumu itibariyle vücut ağırlığının yere aktarılmasını ve yerden gelen reaksiyon kuvvetlerinin ayak bileği aracılığıyla proksimal bölgelere iletilmesini sağlar [2, 26, 30-32, 34]. Ayak fonksiyonlarının sağlıklı bir şekilde gerçekleşebilmesi için ayağın bazen mobil ve esnek bazen de stabil ve rijit bir yapıda olması gerekir. Esnek yapıda olması engebeli zeminlere adaptasyonunu kolaylaştırıp taban temasıyla oluşan kuvvetleri karşılayabilmesi için, rijit yapıda olması hareket sırasında oluşan itici kuvvetlere karşı koyabilmesi için avantajdır [2, 26, 30-32].

Ayak hareketlerinin anatomik düzlemde özel tanımlamaları vardır; sagittal düzlemde dorsifleksiyon (yukarıya doğru) ve plantar fleksiyon (aşağıya doğru), frontal düzlemde inversiyon (adduksiyon) ve eversiyon (abduksiyon), transvers düzlemde ayağın distal kısmı bacak vertikal orta hattına doğru hareket ettiğinde adduksiyon veya internal rotasyon, vücut orta hattından uzaklaştığında abduksiyon veya eksternal rotasyon meydana gelir. Ancak, ayak bileği ve ayağın mekanik eksenini anatomik düzlemlere dik açıda olmadığı için, bu hareketler her ne kadar bazı durumlarda tek düzlemde oluşsa da aslında üç düzlemli olarak kabul edilir. Bu nedenle “*ayağın supinasyonu*” inversiyon, adduksiyon ve plantar fleksiyon ile sonuçlanan, “*ayağın pronasyonu*” eversiyon, abduksiyon ve dorsifleksiyonla sonuçlanan rotasyon hareketleridir [27] (Resim 2.4).



Şekil 2.4. Ayağın longitudinal eksenini etrafındaki hareketleri; (A) abduksiyon ve adduksiyon, (B) pronasyon ve supinasyon [32]

Ayak hareketlerine en fazla katkıda bulunan eklemler subtalar eklem ile transvers tarsal eklemdir. Bu eklemlerin primer fonksiyonu ayağa eversiyon ve inversiyon hareketi yaptırarak supinasyon ve pronasyona katkı sağlamaktır. Diğer eklemler, bu eklemlere oranla daha küçük oldukları ve birbirine sıkı sıkıya bağlandıkları için hareketleri çok daha kısıtlıdır [31, 32]. Subtalar eklem transvers düzlemlerle 42° oblik eksene sahiptir, bu sayede üç düzlemde de kombine harekete izin verir ve ayağın supinasyonla pronasyonundan sorumlu temel eklem olarak işlev görür. Subtalar eklemde supinasyon ve pronasyon hareketleri ayak ağırlık taşımazken daha çok kalkaneusun sabit talus üzerindeki hareketlerinden, ayağın yük taşıdığı durumlarda ise çoğunlukla talusun sabit kalkaneus üzerindeki rotasyonel hareketlerinden kaynaklanır. Eklem bu özelliği sayesinde ayrıcalıklı bir rotasyonel mobiliteye sahiptir ve ayağın ani yön değiştirme ve yürüme, koşma gibi aktiviteleri sırasında farklı zeminlere uyumunu kolaylaştırmak için devamlı ve daha kolay hareket meydana getirir [26]. Bazı durumlarda subtalar eklem nörtral pozisyonu ayaktaki postüral hataları anlamak için önem arz eder ve bu pozisyondaki sapmalar arka ayaktaki valgus veya varus deformitesini belirlemek için kullanılır. Posterior bacağı ikiye bölen bir hat ile kalkaneusu ikiye bölen bir hat arasında kalan açı miktarı incelendiğinde kalkaneusun bacağına göre laterale

deviasyonu valgusu, mediale deviasyonu varusu gösterir [35]. Ayakta statik duruş pozisyonunda dinlenme durumundaki kalkaneusta valgus açısı $\geq 4^\circ$ ise ayak düz taban olarak; varus açısı $\geq 0^\circ$ ise ayak kavus olarak; geri kalan açı değerlerinde ise normal olarak kabul edilir [36].

Transvers tarsal eklem orta ayağın hareketinden ve stabilitesinden sorumludur. Eklem hattında yer alan talonavikuler eklem stabiliteden ziyade hareketi sağlamak için, kalkaneokuboid eklem ise daha çok stabiliteyi sağlamak için tasarlanmıştır. Talus ve kalkaneus subtalar eklemle transvers tarsal eklem yapısına ortak dâhil olduğu için subtalar eklemdeki herhangi bir hareket, transvers tarsal eklemde de navikula ve kuboid kemikler sabit bile olsa hareketi zorunlu kılar [26, 28, 29]. Yürüyüşün topuk vuruşu esnasında subtalar eklem pronasyonu ile talonavikular ve kalkaneokuboid eklem yüzleri paralel dizilim gösterir ve eklem hareket açıklığı artar, orta ayak daha mobil duruma gelir. Duruş fazı sonlanırken subtalar eklemde supinasyon gelişir, transvers tarsal eklem hattındaki paralel dizilim bozulur ve eklem hareketi azalarak ortak ayak daha stabil hale gelir. Dengenin korunmasında subtalar eklemle transvers tarsal eklem arasındaki bu ilişkinin sürdürülmesi önemlidir [35].

Ayağın mobilitesinin ve stabilitesinin sağlanmasında etkili olan bir diğer eklem tarsometatarsal eklemidir. Eklem yapısında çok sayıda ligament bulunur ve ikinci metatarsal kemik bazisi birinci ve üçüncü kuneiform kemikler arasında sıkışmış vaziyettedir. Bundan dolayı özellikle ikinci tarsometatarsal eklem ayağın stabilitesine önemli katkılar sağlar. Bununla birlikte eklemde oluşan hareketler medial longitudinal arkın şeklini değiştirerek ayağın engebeli zeminlere adaptasyonunu kolaylaştırır. Metatarsal kemikler plantar fleksiyon yaptığında birinci tarsometatarsal eklem eversiyon yaparken üçüncü ve dördüncü tarsometatarsal eklemler inversiyon yapar, böylelikle MLA yükselir ve eğimi artar. Ters durum olduğunda MLA düzleşir ve eğimini kaybeder [26, 28, 29].

Kuneiform kemikler kısmi olarak orta ayak dorsal kısmının transvers konkavitesinin oluşmasında ve transvers ark bütünlüğünün korunmasında görev alır. İkinci ve üçüncü metatarsallerin tarsal kemiklerle olan sıkı bağlantısı sayesinde yürüyüşün itme fazında ön ayağın bu bölgelerinden daha fazla yük geçişine imkân sağlar [26, 27].

Metatarsofalangeal eklemlerin primer fonksiyonu yürüyüşün itme fazında dorsifleksiyon yaparak sesamoid kemiklerle birlikte kaldıraç görevi üstlenmesidir [26, 32, 35]. Sesamoid kemikler birinci metatarsofalangeal eklemin etkin bir şekilde dorsifleksiyon gerçekleştirebilmesi için çalışır ve yürüyüşün itme ve parmak kalkışı fazında birinci metatars başına gelen yüklerin azaltılmasından ve dağıtılmasından sorumludur [27].

2.2.1. Ayak arklarının ayak biyomekaniğinde rolü

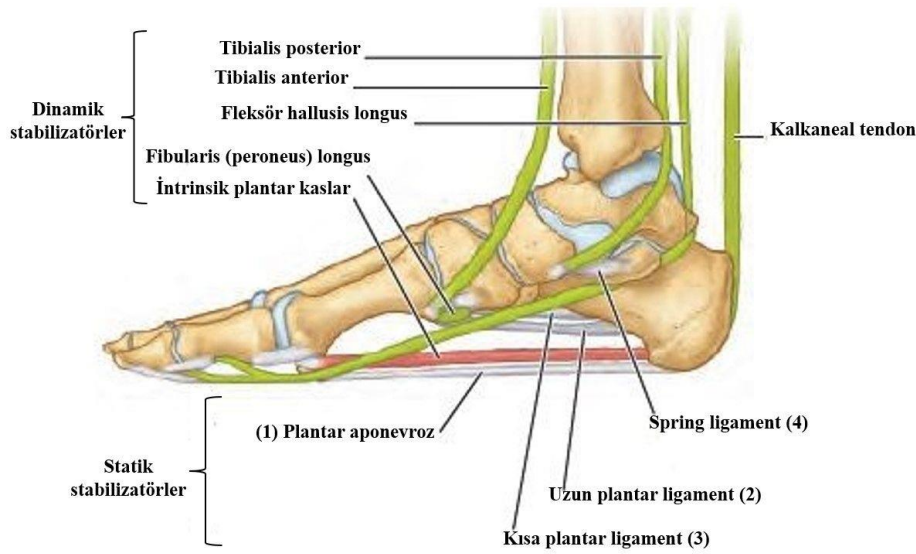
Ayak arkları, ayak üzerine gelen basıncı yeniden dağıtarak ve hem sert hem de hareketli bir ayak yapısının oluşmasına yardımcı olarak ayağı korumaya çalışır [27]. Arklar esnek yapılarından dolayı ayağa yük bindiğinde düzleşir, yüklenme ortadan kalktığında eski kavisli yapısına geri döner. Böylelikle ayağın değişik yüzeylere daha rahat uyum sağlamasına katkıda bulunurlar. Bununla birlikte yük altındaki plantar yapıların sıkışmamasına, ayağın yerle teması sırasında şokların absorbe edilmesine, yürürken ayak yapısını rijit bir kaldırıca dönüştürerek vücudun öne doğru ilerletilmesine, mekanik enerji depolayarak hareketin daha etkin bir şekilde yapılmasına ve istenmeyen rotasyonel hareketlerin önlenmesine katkı sağlarlar [2, 26, 32].

Normal şartlarda her iki ayak eşit miktarda ağırlık taşıırken yük iletimi tibiadan talusa, talustan da kademeli olarak kalkaneusa ve metatars başlarına doğru olur. Sonuç olarak vücut ağırlığının yaklaşık $\frac{1}{4}$ 'ü topuğa, $\frac{1}{4}$ 'ü metatars başlarına, $\frac{1}{2}$ 'si de diğer ayağa aktararak zemine iletilir. Ayak arkları vücut ağırlığını taşıyan bu noktalar arasında yer alır ve normal ark yapısında kalkaneus dışındaki hiçbir tarsal kemik ağırlığı doğrudan yere iletmez [27, 31, 37].

Transvers ark vücut ağırlığının üç-dört katı kadar yüke karşı koyarak ayak için destek görevi görür. Sağlıklı bir ayakta tam yüklenme sırasında iki, üç ve dördüncü metatarsların birbirinden uzaklaşarak transvers arkın çökmesi normaldir [38]. Lateral longitudinal ark da mobiliteden ziyade yer ile teması sağlayarak ayağa destek olur. MLA ayak arkları arasında en hareketli olanıdır ve hareketi diğer arkların işlevini de etkiler [2, 26].

Medial longitudinal arki destekleyen yapılar

Ayak arkları arasındaki fonksiyonel bütünlüğü; arki oluşturan kemik yapıların şekilleri, plantar ve dorsal ligamentler, plantar fasya ve intrinsik-ekstrinsik kaslar ile tendonları sağlar. Bu yapılar dinamik ve statik stabilizatörler olarak iki alt gruba ayrılabilir; dinamik stabiliteden plantar bölgede yer alan intrinsik ve ekstrinsik ayak kasları, statik stabiliteden kemik yapı, plantar aponevroz ve ligamentler sorumludur. Dinamik yapılar aynı zamanda yürürken ayağın pronasyona gidişini de bir miktar sınırlandırır [2, 31, 33] (Resim 2.5).



Şekil 2.5. Medial longitudinal arki destekleyen aktif (dinamik stabilizatörler) ve pasif (statik stabilizatörler) yapılar [31]

Medial longitudinal arki destekleyen statik yapılar

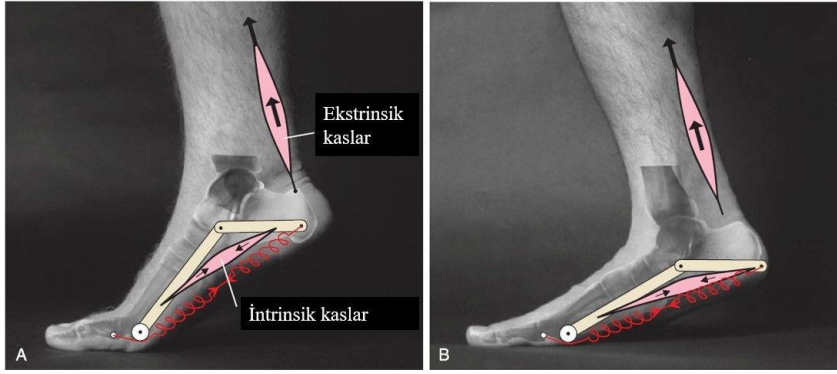
MLA'yı destekleyen pasif yapılar kemik konfigürasyonu, plantar aponevroz ve plantar ligamentlerdir. Tarsal kemikler ile metatarsaller, ayağın yük taşıma kapasitesini ve esnekliğini artırmak için longitudinal ve transvers arkları oluşturacak şekilde sıralanır. Kemiklerin bu dizilimi ve aralarındaki eklem uyumu arkın pasif stabilitesini destekleyen unsurlar arasındadır [31]. İskelet yapı dışında MLA stabilizasyonuna en büyük katkıyı plantar aponevroz sunar. Plantar aponevroz çok düşük esneme katsayısına sahip olduğu için ayak tabanı uzun eksenli boyunca medial longitudinal arki destekleyerek ark bütünlüğünün korunmasına ve ayak şeklinin devam ettirilmesine yardımcı olur. Spring ligament kompleksi

(plantar kalkaneonavikuler ligament) talokalkaneonavikular eklemin anteriorunda talus başını destekleyerek arkın çökmesini önler. Kısa plantar ligamentle birlikte uzun plantar ligament de diğer pasif yapılar gibi gerilim ve kompresyon yüklerini taşıyarak arkı desteklemede kritik rol oynar [2, 26, 32]. Ağırlık taşıma sırasında ön ayak dorsifleksiyona gelince plantar ligamentler plantar aponevrozla birlikte gerilir, bu gerilim kuvvetini arkı oluşturan komşu kemik yapılara uygular ve böylece MLA yükselir [2, 26, 39].

Çıkrık (windlass) mekanizması: MLA bütünlüğünün korunmasında ve yürüyüşün itme fazının kolaylaşmasında plantar aponevroz son derece önemli bir etkiye sahiptir. Metatarsofalangeal eklemin dorsifleksiyon hareketi ile proksimal falanks ekstansiyona gelince plantar aponevroz metatars başları etrafında kayarak gerilir ve kalkaneusla metatarsofalangeal eklem arası mesafeyi kısaltır. Sonuç olarak MLA yükselir ve orta ayak rijitleşir. Bu etki çıkrık (windlass) mekanizması olarak adlandırılır. Bu sayede vücut ağırlığı itme fazında MLA desteğiyle birlikte öne doğru daha etkin bir şekilde aktarılmış olur [26, 32]. Triseps surae kompleksinin gerilimi arttıkça Aşil tendonu aracılığıyla plantar aponevrozun gerilimi de artar ve böylece Aşil tendonu dolaylı olarak plantar aponevrozun MLA desteğini artırmış olur [2].

Medial longitudinal arkı destekleyen dinamik yapılar

Arkı destekleyen dinamik yapılar ekstrinsik ve intrinsik ayak kaslarıdır. Bu kasların fonksiyonu arkın desteklenmesinde, çıkrık mekanizmanın sürdürülmesinde ve ayak postürünün korunmasında önemli bir yere sahiptir. İntrinsik ve ekstrinsik ayak kasları zayıflarsa subtalar eklem nötral pozisyonu bozulur, subtalar pronasyon artar, MLA bir miktar çöker ve ayak tabanı düzleşir. Vücut ağırlığının etkisiyle ayak medialindeki taban teması ve plantar aponevroz üzerindeki stres miktarı da artar [26, 40] (Resim 2.6).



Şekil 2.6. Plantar aponevrozun "çıkırık etkisi", bir denek parmak uçlarında dururken aynı zamanda dinamik yapıların MLA desteği de gösterilmektedir; (A) normal ayak, (B) düz taban ayak [26]

2.2.2. Ekstremsik ayak kaslarının ayak biyomekaniğinde rolü

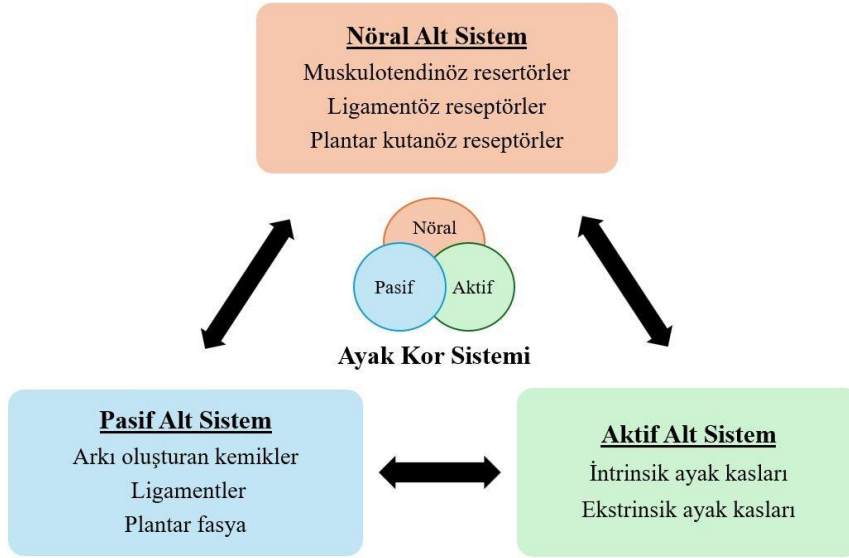
Medial longitudinal arkı destekleyen supinatör kaslar başta tibialis posterior olmak üzere fleksör digitorum longus ve fleksör hallucis longusdur. Bu kaslar yük altında sinerjistik olarak kasılır, ayağı rijitleştirir ve MLA sertliğini artırır. Bu kasların esas görevleri hareket üretmektir ve yürüme sırasında taban temasını takiben supinasyonu başlatmada rol oynarlar [2]. Peroneus longus ve tibialis anterior kasları da orta ayak stabilizasyonuna yardım eder ve yürüyüşün duruş fazında MLA'ya dinamik destek sağlarlar [19]. Tibialis posterior navikular tüberkülü, fleksör hallucis longus sustentakulum taliyi, tibialis anterior medial kuneiformu yukarı yönde çekerek; peroneus longus birinci metatarsofalangeal eklemin fleksiyonuna katkı sağlayarak arkın korunmasına yardımcı olur. Tibialis posterior MLA yapısına en büyük desteği veren ekstremsik kastır. Tibialis anterior yürüyüşün itme fazında arkın yükselmesine katkı sağlar. Asıl görevi arka ayak eversiyonu yaptırmak olan peroneus longus kası yürüyüşün duruş fazında subtalar eklem nötral veya supinasyonda iken tibialis posteriora yardım ederek arkın çökmesini önler. Bu kaslara ilave triceps surae kompleksi yürüme sırasında arka ayak inversiyonda iken evertör kuvvet kolu gibi, eversiyonda iken invertör kuvvet kolu gibi çalışarak subtalar ve transver tarsal eklemlere rotasyon yaptırır, bu sayede supinasyon ve pronasyon hareketlerini kontrol eder [30, 39, 41, 42].

2.2.3. İntrensik ayak kaslarının ayak biyomekaniğinde rolü

İntrensik kasların esas fonksiyonu yürüyüşün itme fazında MLA'ı stabilize etmektir [19]. Bununla birlikte, yüklenmeler sırasında ayak postürünün deforme olmasının önlenmesine, çıkırık mekanizmasında ön ayağın kaldıraç koluna dönüşmesine ve dinamik postüral kontrolün elde edilmesine katkı sağlar. Plantar intrinsik kasların plantar aponevrozla birlikte elongasyona uğradığı gösterilmiştir. Bu ilişki anlaşıldıktan sonra bazı yazarlar ayak kompresyona uğradığında intrinsik kasların plantar aponevroz gibi uzayarak elastik enerji depoladıklarını, daha sonra bu depoladıkları enerjiyi kullanarak kısıp sertleştiklerini ve bu esnada arkı yükselttiklerini savunmuştur [43-47]. Özellikle abduktor hallusis, fleksör hallusis brevis ve fleksör digitorum brevisin ağırlık taşıma aktiviteleri sırasında medial longitudinal arkın kritik lokal stabilizasyonunda rol aldığı düşünülmüş [48] ve Jacob [44] yürüyüşün itme fazında abduktor hallusis, fleksör digitorum brevis ve fleksör hallusis brevisin vücut ağırlığının yaklaşık %36'sına kadar kuvvet üretebildiğini rapor etmiştir. Başka bir elektromiyografik analiz çalışmasında ayakta dinlenim durumunda dururken abduktor hallusis, fleksör hallusis brevis ve kuadratus plantae kaslarının aktive olduğu hatta postüral kontrol ihtiyacı arttıkça bu kasların daha fazla aktivasyon gösterdiği bildirilmiştir [47].

2.2.4. Ayağın kor sistemi

Kor (çekirdek) kavramı daha çok lumbopelvik bölge stabilitesinin açıklanmasında kullanılır, fakat ayak arklarının stabilitesine katkı sağlayan yapıların bu görevdeki rolünü açıklayabilmek için ayakta da kor sistemi tanımlanmıştır. Aktif alt sistem, pasif alt sistem ve nöral alt sistemin etkileşimiyle oluşan sistem ayağın kor sistemi olarak ifade edilir. İntrensik ve ekstrinsik ayak kasları aktif alt sistemi; plantar fasya, ayakta yer alan ligament ve kemik gibi non-kontraktıl yumuşak dokular pasif alt sistemi; aktif ve pasif alt sistem elemanlarına ait muskulotendinöz, ligamentöz ve plantar kutaneöz reseptörler nöral alt sistemi oluşturur. Ayak kompleksinin sağlıklı fonksiyonu pasif, aktif ve nöral alt sistemlerin birbiriyle etkileşimi sayesinde sürdürülür [2] (Resim 2.7) .



Şekil 2.7. Ayak kor sistemi [2]

Bu sistemlerin herhangi birinde işlev bozukluğu veya fonksiyon kaybı ayak postürünün değişmesine, alt ekstremitte diziliminin bozulmasına, muskuloskeletal sistem üzerinde anormal streslerin oluşmasına ve alt ekstremitte ilişkili fonksiyonel performans kayıplarına yol açacaktır [2].

2.2.5. Kalça abduktör ve eksternal rotatör kaslarının ayak biyomekaniğinde rolü

Kalça kaslarının fonksiyonu pelvis ve alt ekstremitte biyomekaniğiyle doğrudan ilişkilidir [2, 26]. Kalçaya abduksiyon ve eksternal rotasyon yaptıran gluteal kaslar yerçekiminin oluşturduğu kalça adduksiyon torkuna karşı koyarak kalçayı stabilize eder [49]. Aynı zamanda uyulğun adduksiyon ve internal rotasyonunu eksantrik olarak kontrol ederek uygun alt ekstremitte dizilimini korumaya çalışır [49]. Gluteal kas zayıflığı, kalça ekleminde adduksiyon ve internal rotasyon artışına, diz ekleminde ise dinamik diz valgusa yol açarak ayak pronasyonunu artırır [19, 49, 50]. Doğru çalışma paternlerinde gluteal kasları yeniden aktive etmek gluteal kasların gücünü ve performansını artırabilir [49]. Gluteal kaslardaki kuvvet artışı da dolaylı olarak alt ekstremitte kinetik zincir bağlantısını güçlendirerek ayak pronasyonunun/düz tabanlığın iyileşmesine yardımcı olabilir [19]. Dolayısıyla kalça abduktör ve eksternal rotatör kasların ekstrinsik ve intrinsik ayak kaslarıyla resiprokal veya sinerjistik kasılmaları alt ekstremitte düzgünlüğünün sağlanmasında kritik öneme sahiptir. Ayrıca, bu kaslardan herhangi birinin işlevini yitirmesi veya tam olarak işlevini yerine getirememesi halinde tüm alt ekstremitte fonksiyonları olumsuz etkilenecektir.

2.3. Düz Tabanlık ve Klinik Önemi

Düz tabanlık medial longitudinal ark yapısının normalden daha fazla düzleştiği ve ayak tabanının tamamının veya tamamına yakınının yerle temasa geçtiği patolojik bir durumdur [19, 51]. Düz tabanlıkta MLA yapısındaki çökmeye sıklıkla arka ayak eversiyonu ve ön ayak adduksiyonu eşlik eder [2] ve esas sorun talus ile kalkaneus arasındaki normal ilişkinin bozulmasıdır. Talusun mediale doğru depresyonu ile kalkaneus valgusa doğru zorlanır, Aşil tendonunun çekme açısı laterale kayar ve triseps suraenin inversiyon momenti azalır [52]. Bunun sonucunda ayağa ağırlık aktarıldığında MLA olması gerekenden daha fazla düzleşir ve ayak medialindeki plantar yapıların tabanla olan teması artarak yükün önemli bir kısmı plantar yapılara iletilir [52]. Bu yapıların sürekli gerilim altında kalması zamanla gevşemelerine, arkın kalıcı düzleşmesine ve ayak medialindeki plantar basıncın artmasına neden olur [40, 52].

Bebekliğin ilk yılında ark yapısı henüz gelişmemiştir ve ayak yağ dokusu nedeniyle düz görünür [53]. Bebek veya çocuk yürümeye başladığında ayağa ağırlık aktarımı oldukça kavisli ark yapısı oluşmaya başlar [53]. Ayak arkları 2 ila 6 yaş arasında hızla gelişir ve 12-13 yaş civarında yapısal olarak olgunlaşır [4]. Bu gelişim süreci sağlıklı bir şekilde tamamlanamadığı zaman düz tabanlık prevalansı artar. Düz tabanlığın gerçek prevalansı bu patolojiyi tanımlamak için kesin bir klinik veya radyografik kriterin bulunmaması nedeniyle belirsizdir [51]. Yetişkinler üzerinde yapılan bazı çalışmalarda düz tabanlık prevalansının %5 ila %14 arasında değiştiği [4, 51, 54], bu oranın 18-25 yaş arası üniversite öğrencilerinde %11,25 olduğu belirtilmiştir [4].

Düz tabanlık deformitesi, esnek veya rijit olarak kategorize edilebilir [19]. Dünya Sağlık Örgütü rijit düz tabanlığı ayağın konjenital veya spastik deformitesi olarak, esnek düz tabanlığı bir rahatsızlığa bağlı sonradan edinilmiş ayağın valgus deformitesi olarak tanımlamaktadır [55, 56]. Esnek düz tabanlıkta açık kinetik zincir durumunda ayak üzerine yüklenilmediği koşullarda MLA oluşur, kapalı kinetik zincir durumuna geçildiğinde ayak ağırlık taşımaya başlarsa MLA düzleşmeye başlar; rijit düz tabanlıkta ise tüm koşullarda MLA yüksekliği normale göre azalmış durumdadır [19]. Ortalama her altı yetişkinin birinde esnek düz tabanlık görüldüğü [33], bu oranın Hindistan'daki 18-21 yaş arası genç popülasyonda %13,6 olduğu bildirilmiştir [28]. Düz tabanlığın esnek özellikte olması, egzersiz ile ayak postürünün gelişebileceğini gösteren önemli bir kanıttır [57].

Esnek düz tabanlık klinik açıdan semptomatik veya asemptomatik olarak da sınıflandırılabilir; asemptomatik bireylerde herhangi bir subjektif şikâyet ve semptom belirtisi yoktur, semptomatik bireylerde ise şikâyet ve/veya semptomlar başlar [58]. Semptomatik bireyler ayak ve/veya bacak ağrısından şikâyet edebilir [58-60], bireylerde yürüyüş bozukluğu, sportif aktivite veya uzun süreli yürüyüşlerde dayanıklılığın azalması gibi endurans kayıpları yaşanabilir [58, 59]. Ayrıca bacak ve ayak kasları kuvvetsizlik nedeniyle uzun süreli aktiviteler sırasında yorulma ve kramp eğilimi gösterebilir [52].

Düz tabanlılığa doğumsal olan konjenital anomaliler, aşırı kullanıma bağlı mikrotravma öyküsü, romatoid artrit gibi sistemik rahatsızlıklar, ligamentöz laksite ve obezite gibi problemler yol açabilir [52, 61, 62]. Bununla birlikte, düz tabanlı yetişkin bireylerde MLA yüksekliğindeki azalmanın en önemli nedeninin tibialis posterior tendon disfonksiyonu olduğu [61, 62]; bununla birlikte, abduktor hallusis ve fleksör hallusis brevis kasının enine kesit alanının normal bireylere göre daha az olduğu ifade edilmiştir [63]. Kalça abduktorlerinin zayıflığı, genu valgum, triseps surae gerginliği, ayak bileği çevresini tutan tendinopatiler, seronegatif artropatiler ve zayıf ayak fleksörleri, halluks valgus gibi ön ayaktaki değişimler de düz tabanlığın etiolojisinde rol oynayabilir [5, 14, 61, 64, 65].

Düz tabanlığın pelvis ve kalça düzgünlüğünün bozulmasında etkili olduğu ve kalçada internal rotasyon artışına sebep olabileceği gösterilmiştir [66, 67]. Özellikle talusun aşırı adduksiyonu ve subtalar eklem pronasyonu, tibia ve femurda internal rotasyon artışına sebep olur [14]. Bunun sonucunda dizde valgus ve Q açısında artış, pelviste ise aşırı anterior tilt meydana gelir [14, 15, 68, 69]. Aşırı anterior pelvik tilti kompanse etmek için lumbal lordoz ve torakal kifozda artış görülür [68]. Tüm bu etkilerinden dolayı düz tabanlığın, plantar fasciitis, kronik topuk ağrısı, Aşil tendinopatisi, medial tibial stres sendromu, patellofemoral ağrı sendromu, diz osteoartriti ve bel ağrısı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir [14, 15, 68, 69].

2.4. Düz tabanlığın alt ekstremite performansı ile ilişkisi

Ayak yük taşıma aktiviteleri sırasında esas işlevini kapalı kinetik zincir içinde gerçekleştirir. Bu nedenle ayaktaki lokal deformateler sadece lokal dizilim bozukluklarına neden olmaz aynı zamanda diğer komşu segmentlerde de kompensasyonlara yol açarak daha global dizilim bozukluklarına neden olabilir [35]. Bu dizilim bozuklukları, kasların ve eklemlerin mekanik davranışını değiştirerek kas-iskelet sisteminde dejeneratif değişikliklere ve fonksiyonel performans kayıplarına neden olabilir [35]. Nitekim düz tabanlığın ilerleyen dönemlerde alt ekstremite kaslarında spazm ve ağrı gibi çeşitli muskuloskeletal semptomlara, ayak-ayak bileği kompleksinde sekonder osteoartrite, yürüyüş paterninde değişikliğe, kassal kuvvet, endurans, denge ve sıçrama performansında kayıplara yol açtığı [61, 70-72], alt ekstremite yaralanmalarının %60-90'ından sorumlu olduğu ve akut travma/spor yaralanmaları riskini artırdığı rapor edilmiştir [3, 55, 65]. Bununla birlikte, hiperpronasyonla ilişkili dört yaygın problemden bahsedilmiştir: plantar fasciitis, posterior tibial tendon disfonksiyonu, metatarsalji ve halluks valgus [65].

Düz tabanlı bireylerde plantar temas alanı ve plantar basınç dağılımı değiştiği için ayak medialine binen yüklenme artar [40]. Ayaktaki bu değişimden özellikle ağırlık taşıma aktiviteleri sırasında kapalı kinetik zincir bağlantı sebebiyle başta alt ekstremite duruşu olmak üzere, postüral kontrol kabiliyeti ve sıçrama fonksiyonu olumsuz etkilenebilir [19, 73, 74]. Bununla birlikte, düz tabanlı bireylerde normal bireylere kıyasla Aşil tendonun daha sert ve gergin yapıda olduğu ve Aşil tendon gerginliğinin diğer ayak-ayak bileği hareketlerini mekanik olarak kısıtlayarak günlük aktivitelerde ayakta durma dengesini bozduğu ve düşme riskini artırdığı bildirilmiştir [73, 75].

İntrinsik ayak kaslarının propulsiyon sırasında medial longitudinal arkı destekleme görevi düşünüldüğünde; sıçrama hareketi sırasında uygun itme gücünün elde edilebilmesi için metatarsofalangeal eklemlerde ani ekstansiyonu takiben fleksiyon hareketinin etkin bir şekilde fleksör kas kuvveti aracılığıyla gerçekleşmesi gerekir ki bu durum intrinsik kas fonksiyonuyla desteklenebilir [76]. Bundan dolayı, sıçrama yeteneğinin intrinsik kas aktivitesi değişimine duyarlı olabileceği ve düz tabanlık gibi alt ekstremite dizilim bozukluklarından etkilenebileceği belirtilmiştir [55, 77].

Düz tabanlı jimnastikçilerde dikey sıçrama sırasında gastrokinemius medialis ve soleus kaslarının aktivasyonunun normal ayak yapısına sahip jimnastikçilere kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir [55]. Bu durum düz tabanlı bireylerin normal bireylere kıyasla plantar fleksörlerindeki endurans kaybının daha fazla olabileceğinin bir göstergesi olabilir.

2.5. Düz Tabanlıkta Tedavi Yöntemleri

Düz tabanlık yönetiminde kullanılan tedavi seçenekleri konservatif ve cerrahi tedaviler olarak iki alt gruba kategorize edilebilir [20]. Tercih edilen tedavi yöntemi, altta yatan etiyojiye ve yaşa göre bireysel farklılıklar gösterir [78]. Ancak, düz tabanlığın tedavi algoritmasıyla ilgili henüz kesin bir konsensus bulunmamaktadır. Esnek düz tabanlı bireylerde genellikle ilk tedavi seçeneği olarak konservatif yaklaşımlar tercih edilir. Cerrahi tedavi yöntemleri ise daha çok rijit durumlarda kullanılır [79]. Her iki tedavi yönteminde de temel amaç ayağı daha normal bir anatomik yapıya döndürerek eskiye yakın bir ayak biyomekaniği elde edip yumuşak doku dengesini yeniden sağlamaktır [80].

Ayak ark gelişimini tamamlanmamış asemptomatik çocuklarda nadiren tedaviye ihtiyaç duyulur. Düz tabanlığa eşlik eden alt ekstremite ve/veya bel ağrısı şikayetleri varsa ve düz tabanlık esnek ise konservatif tedavi düşünülür [81] ve daha çok ayak-ayak bileği ortezi önerilir [79].

Yetişkinlerde sonradan kazanılmış esnek karakterdeki düz tabanlık deformitesi için konservatif tedavi seçenekleri geniş bir spektruma sahiptir ve bu tedavilerin başarı oranının %67 ila %90 arasında değiştiği bildirilmiştir [5]. Yine de, konservatif tedaviden istenilen başarının elde edilemediği ve özellikle inatçı ağrının devam ettiği durumlarda cerrahi tedavi yöntemleri önerilmektedir ve altta yatan etiyojiye göre aksesuar navikula eksizyonu, lateral kolon uzatma, sinovektomi, artrodezis, spring ligament rekonstrüksiyonu, tendon uzatma ve/veya transferi ve kas gevşetme müdahalelerinden bir veya birkaçı aynı anda uygulanabilir [60, 64, 80].

Düz tabanlığın konservatif yönetiminde kullanılan müdahalelerin öncelikli amacı arka ayağın posteromedialden iletilen kuvvetleri azaltarak alt ekstremite biyomekaniğini iyileştirmeye çalışmaktır [78]. Konservatif tedavi sürecinde arka ayağı hafif varusa doğru

eğen ayakkabı modifikasyonları, tekrarlı aşırı yüklenmelerden kaçınmayı hedefleyen aktivite modifikasyonları, anti-pronasyon bantlama teknikleri, ayak duruşunu düzeltici UCBL tabanlık, ¼ inç medial topuk ve taban kaması gibi ortez çeşitleri, nonsteroid antiinflatuvar ilaçlar, soğuk uygulamalar, fizik tedavi ajanları (ultrason ve iyontoforezis), aktif eklem hareket açıklığı egzersizleri, gluteus medius kuvvetlendirme egzersizleri, triseps surae germe egzersizleri ve MLA yapısını destekleyen dinamik stabilizatörlerin güçlendirilmesini amaçlayan terapötik egzersiz yaklaşımları kullanılmaktadır [1, 6, 7, 17, 19, 20, 64, 78, 82, 83]. Bu müdahaleler arasında en sık başvuru yöntem egzersiz uygulamalarıdır. Dolayısıyla egzersiz esnek düz tabanlılığın konservatif tedavisinde önemli bir unsur olarak kabul edilir [64]

2.6. Düz Tabanlıkta Egzersiz Uygulamaları

Son dekatta düz taban yönetiminde farklı egzersiz müdahalelerinin etkisinin incelendiği çalışmalar gözden geçirildiğinde şu egzersizlerin kullanıldığı görülmüştür: kısa ayak egzersizi, tibialis posterior kuvvetlendirme egzersizleri (dirençli ayak adduksiyon ve supinasyon egzersizleri), üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi, metatarsofalangeal eklemlere dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon egzersizi, kalça abduktor ve eksternal rotator kuvvetlendirme egzersizi (midye egzersizi), sanal gerçeklik uygulamaları, video-temelli denge egzersizleri, triseps surae ve iliopsoas germe egzersizleri ve havlu kıvrırma egzersizi [6, 7, 9, 12, 17, 19, 21, 23, 24, 84]. Bu çalışmalarda kullanılan egzersizler, haftada 3 ila 7 gün arasında, bir-iki gün arayla veya günlük olarak, 4 ila 8 hafta arasında değişen sürelerde uygulanmış ve bazen tek başına, bazen birkaç egzersizin bir arada kullanıldığı kapsamlı tedavi programları şeklinde, fizyoterapist eşliğinde veya ev temelli egzersiz programı olarak tasarlanmıştır. Sonuç olarak, düz tabanlı bireylerde egzersiz uygulamalarının, MLA yüksekliğini/naviküler düşmeyi, subtalar pronasyonu, plantar basınç dağılımını, plantar fasya kalınlığını, intrinsik ve ekstrinsik ayak kas kuvvetini, alt ekstremite ağrısını, denge ve yürüme performansı gibi fonksiyonel sonuçları iyileşmesinde etkili bir tedavi yöntemi olduğu kanıtlanmıştır [6, 7, 12, 17, 19, 21-24].

2.6.1. Kısa ayak egzersizi

Kısa ayak (short-foot) egzersizi, ayak kor kasları olarak bilinen intrinsik ayak kaslarını aktive edebildiği için ayak kor (foot core) egzersizi olarak da isimlendirilir. Düz taban rehabilitasyonunda intrinsik ayak kaslarının kuvvetlenmesi amacıyla kullanılan en temel ve popüler egzersiz yaklaşımıdır [2]. Birey kısa ayak egzersizi sırasında ayağın yer ile temasını devam ettirirken parmaklarını bükmeden birinci metatarsofalangeal eklemine topuğa doğru çekerek ayağı ön ve arka yönlerden merkeze doğru kısaltır ve son noktada 5 saniye boyunca izometrik kontraksiyon yapar [7]. Bunu yaparken MLA yukarı yönde eleve olur ve naviküler düşme mesafesi azalır, aynı zamanda intrinsik ayak kasları aktive olur [2]. En az 4-6 haftalık sadece KA egzersizinden oluşan tedavi programlarının düz tabanlı bireylerde statik ve dinamik aktiviteler sırasında naviküler düşme mesafesini azalttığı, ark postürünü, arka ayak pronasyonunu ve dinamik dengeyi geliştirdiği bulunmuştur [7, 9, 12, 21].

2.6.2. Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi

3-B ayak-ayak bileği egzersizi, diagonal 1 ve 2 yönünde ayak ve ayak bileği hareketlerini içeren bir proprioseptif nöromusküler fasilitasyon (PNF) egzersizidir [8]. Bu egzersiz ile ekstrinsik ve intrinsik ayak kaslarının eş zamanlı olarak aktive olması amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda 3-B ayak-ayak bileği egzersizinin düz tabanlı bireylerin tedavisinde kullanılması önerilmiştir [8, 13, 22]. 3-B ayak-ayak bileği egzersizleri uygulanırken diagonal 1 yönünde plantar fleksiyon-pronasyon-eversiyon-ayak parmağı fleksiyonu; diagonal 2 yönünde plantar fleksiyon-supinasyon-inversiyon-ayak parmağı fleksiyonu gerçekleşir [13, 22]. 3-B ayak-ayak bileği egzersizinin obez düz tabanlı bireylerde MLA yüksekliğini, plantar fasya kalınlığını, ayak bileği çevresi kas kuvvetini, denge kabiliyetini ve ayak fonksiyonlarını iyileştirmede etkili olduğu gösterilmiş ve buna ilaveten dorsifleksiyon ve inversiyon kas kuvvetini KA egzersizine kıyasla daha fazla geliştirdiği bulunmuştur [22].

2.6.3. Midye egzersizi

Kalça abduktör ve eksternal rotatör kas zayıflığının ayakta pronasyona neden olabilecek şekilde, kalçada adduksiyon ile iç rotasyona, dizde ise dinamik valgusa yol açabileceği bilinmektedir [18]. Bununla birlikte düz tabanlı bireylerin kalça abduktör ve eksternal rotatör

kas kuvvetinin, sağlıklı bireylere kıyasla daha düşük olduğu bulunmuştur [85]. Yakın zamanda düz tabanlı bireyler üzerinde yapılan çalışmalarda, ayak egzersizleriyle kombine gluteus medius odaklı dirençli egzersiz eğitiminin, ayak yapısı ve fonksiyonunun iyileşmesine katkı sağlayabileceği bildirilmiştir [17, 19]. Midye egzersizi kalça abduktör ve eksternal rotatör kasları kuvvetlendirmek için klinikte sık kullanılan bir egzersiz çeşitidir. Birey bu egzersize başlamadan önce, çalıştırılacak bacak üstte kalacak şekilde, kalça 60° fleksiyonda, diz yaklaşık 90° fleksiyonda yan yatar, daha sonra pelvis geriye doğru düşmeyecek ve üstteki ayak diğer ayaktan ayrılmayacak şekilde, üstteki dizi yukarıya doğru kaldırır [86]. Yapılan elektromiyografik analiz çalışmalarında dirençli bant ile yapılan midye egzersizinin, tensör fascia lata aktivasyonunu en aza indirip, gluteus maksimus ve gluteus mediusu optimal düzeyde aktive edebilen en etkili egzersiz yöntemlerinden biri olduğu gösterilmiştir [86, 87].

Yakın zamanda yapılan çalışmalar, 3-B ayak-ayak bileği ve midye egzersizinin ayak pronasyonunu ve MLA yüksekliğini iyileştirebileceğini ortaya koymuştur [22,17]. Ancak, üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizinin [22] ve midye egzersizinin [17] düz tabanlılık üzerine etkisini araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Buna ilave, düz tabanlılığın tedavisinde kısa ayak egzersizlerinin klinikte sık kullanılan bir müdahale yöntemi olduğu bilinse de bu egzersizin farklı egzersiz müdahaleleri ile kombinasyonunun hedeflenen klinik kazanımlar üzerine etkisini araştıran çalışmalarla ilgili literatürde bir eksiklik vardır. Bu bilgiler doğrultusunda planlanan bu tez çalışmanın amacı, asemptomatik esnek düz tabanlı bireylerde, üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizleri ve kalça abduktör ve eksternal rotatör kas kuvvetlendirme egzersizinin (midye egzersizinin) MLA yüksekliği, statik ayak postürü, alt ekstremitte izometrik kas kuvveti ve alt ekstremitenin fonksiyonel performansı (plantar fleksör odaklı kas endüransı, tek bacak öne doğru sıçrama performansı, dinamik denge) üzerine etkilerini incelemek ve karşılaştırmaktır. Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, düz taban rehabilitasyonunda proksimal ve distal bölgeyi çalıştıran iki farklı egzersiz müdahalesinin etkisini inceleyen ve karşılaştıran ilk randomize kontrollü çalışmadır ve elde edilen sonuçlar bu popülasyonda daha iyi egzersiz ve tedavi programlarının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Düz tabanlı bireylerde kısa ayak egzersizine ilave üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi veya kalça abduktör ve eksternal rotatör kuvvetlendirme egzersizlerinin kullanılmasının, tek başına kısa ayak egzersizine kıyasla, MLA yapısının, alt ekstremitte kas kuvvetinin ve alt ekstremitte fonksiyonel performansının iyileşmesinde daha fazla etkili olabileceğini varsaydık.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

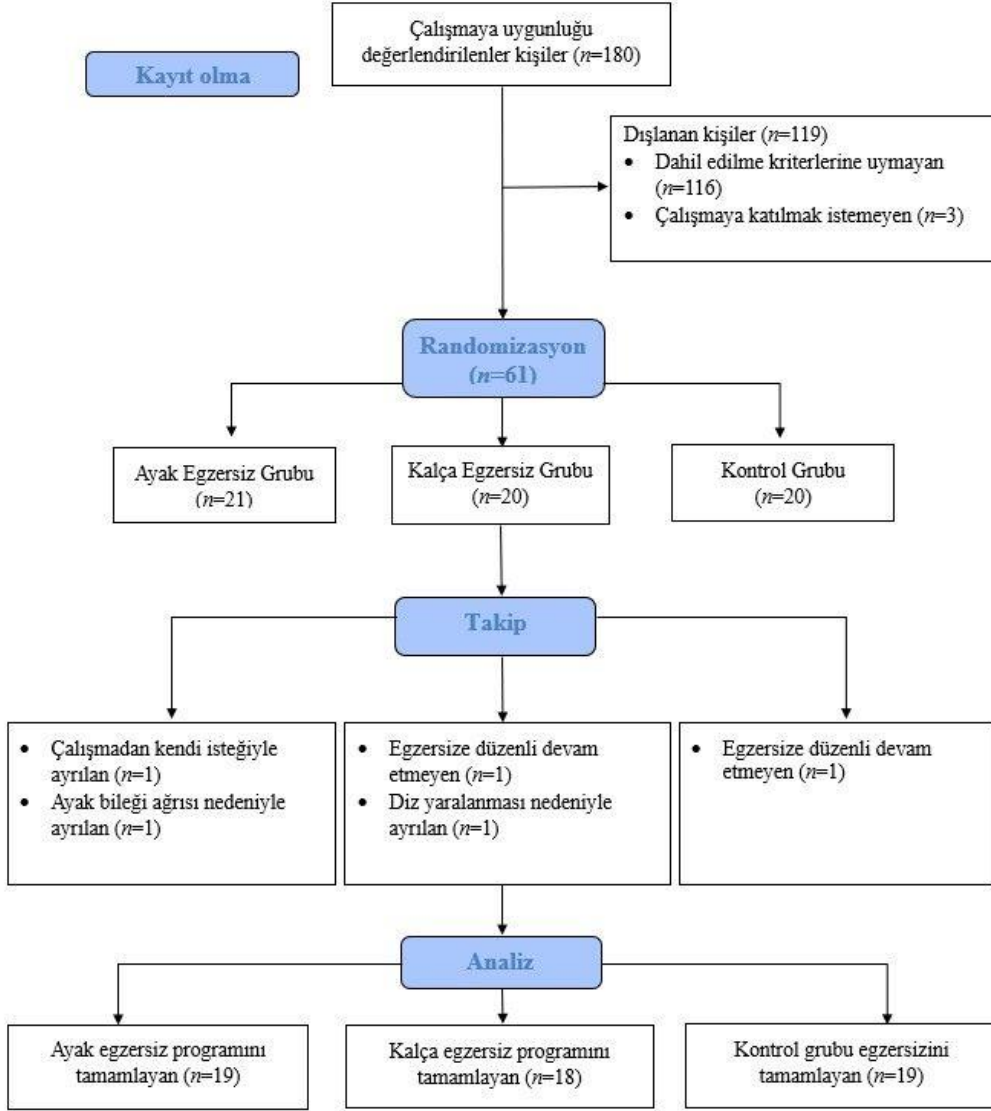
Aseptomatik esnek düz tabanlı bireylerde, kısa ayak egzersizine ilave 3-B ayak-ayak bileği egzersizleri ile kalça abduktor ve eksternal rotator kas kuvvetlendirme egzersizinin MLA yüksekliği, statik ayak postürü, alt ekstremitte izometrik kas kuvveti ve alt ekstremitenin fonksiyonel performansı (plantar fleksörler odaklı endurans, tek bacak öne doğru sıçrama performansı ve dinamik denge) üzerine etkilerinin incelendiği ve karşılaştırıldığı bu tez çalışması Toros Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Egzersiz Laboratuvarında gerçekleştirilmek üzere planlanmış, 6 haftalık müdahale sürecini içeren deneysel, 3 koldan paralel gruplu, çift kör randomize kontrollü bir çalışmadır. Araştırmaya başlamadan önce Gazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Komisyon'undan gerekli izin ve onay alınmıştır (Tarih: 20.02.2024, Karar No: 2024 - 244) (EK-1). Etik kurul onayı alındıktan sonra çalışma protokolü, ClinicalTrials.gov sitesine NCT06482580 numarası alınarak kaydedilmiştir.

3.1. Katılımcılar

Araştırmaya alınması gereken katılımcı sayısını belirlemek için G-Power (Windows versiyonu 3.1.9.7) programı kullanılarak örneklem analizi yapıldı. Araştırmanın primer sonuç ölçümü MLA yüksekliği olarak seçildi. Ünver ve arkadaşları [7] tarafından yapılan çalışma baz alınarak araştırmanın %90 güçte ve %1 hata payıyla yapılabilmesi için egzersiz öncesi ve sonrası beklenen MLA yükseklik farkı 5,81 mm olarak tespit edildi ve 1,1005 etki büyüklüğünde her bir gruba dâhil edilmesi gereken minimum katılımcı sayısı 16 olarak belirlendi. Bu sayıya %20'lik kayıp oranı da eklenerek her bir grup için gerekli katılımcı sayısının 20 birey olmasına karar verildi ve bu sayıya ulaşıncaya ön değerlendirme sonlandırıldı.

Dâhil edilme kriterlerine uygunluğu açısından değerlendirilmek üzere araştırmaya yaş aralığı 18-40 yıl olan 180 birey davet edildi. Dâhil edilmeme kriterlerine uyan 116 birey ile dâhil edilme kriterlerini sağlayan ancak çalışmaya katılmak istemeyen üç birey çalışmadan dışlandı. Ön değerlendirme sonucunda çalışmaya kesin olarak 61 birey dâhil edildi. Katılımcılar rastgele üç ayrı gruba (ayak egzersiz grubu, kalça egzersiz grubu ve kontrol grubu) ayrıldı. Egzersiz programı devam ederken, katılımcılardan biri kendi isteğiyle; üçü

rahatsızlık nedeniyle ve; ikisi egzersiz programına düzenli katılım sağlayamadığı için çalışmadan ayrıldı. Çalışma toplam 56 bireyin katılımı ile tamamlandı. Katılımcıların çalışmaya dâhil edilme süreci, CONSORT 2010 akış şeması üzerinde gösterilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma CONSORT akış şeması

3.1.1. Çalışmaya dâhil edilme kriterleri şu şekildedir:

- Yaş aralığının 18-40 yıl olması
- Naviküler düşme miktarının 10 mm ve üstünde olması [4]
- Ayak Postür İndeksi-6'dan +6 puan ve üstünde değer alınması [21]

3.1.2. Çalışmaya dâhil edilmeme kriterleri şu şekildedir:

- Spinal bölge ve alt ekstremiteye ait ortopedik ve romatolojik hastalıklar
- Omurga ve alt ekstremiteye ait cerrahi öyküsü
- Nörolojik ve sistemik rahatsızlıklar
- Ligamentöz laksite varlığı
- Son 6 ay içinde alt ekstremitte ve/veya bel ağrısı tariflemek
- Bilişsel ve dengeyi etkileyebilecek bozukluklar (orta kulak iltihabı, görme kusuru vb.,)
- Son 1 yıl içinde düz tabana veya kalçaya yönelik herhangi bir fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulaması almış olmak
- Vücut kütle indeksinin normal değerlerin (18-24.9 kg/m²) [4] dışında olması
- Rijid düz tabanlık ve/veya halluks rijitus-limitus deformitesine sahip olmak
- Düzenli spor veya egzersiz yapıyor olmak

3.1.3. Çalışmadan çıkarılma kriterleri şu şekildedir:

- Çalışmadan kendi isteği ile ayrılmak
- Egzersizlere düzenli katılım sağlamamak
- Alt ekstremitede veya belde ağrı/yaralanma durumunun gelişmesi

Katılımcılara çalışmanın faydaları ve olası riskleri hakkında sözel bilgilendirme yapıldı ve istedikleri aşamada çalışmadan çıkabilecekleri belirtildi. Yine aynı bilgiler yazılı olarak sunuldu ve katılımcıların çalışmaya gönüllü olarak katıldıklarına dair bilgilendirilmiş gönüllü olur formu (EK-2) için yazılı onamları alındı. Çalışma süreci araştırma ve yayın etiği gözetilerek Helsinki Bildirgesi Prensipleri'ne uygun olarak yürütüldü.

3.2. Çalışma Prosedürü

Çalışmaya dâhil edilen katılımcılar, değerlendirmelerde yer almayan baş araştırmacı tarafından, tek blok formatında Random Allocation Software versiyon 2.0 (Microsoft Visual Basic 6.0, İsfahan, İran) yazılımı kullanılarak randomize üç farklı gruba ayrıldı. Gruplar ayak egzersiz grubu (AEG), kalça egzersiz grubu (KEG) ve kontrol grubu (KG) olarak isimlendirildi. Değerlendirmeleri yapan araştırmacı ve katılımcılar çalışma gruplarına kördü.

Baş araştırmacı, katılımcılara, hangi grupta olduklarını, değerlendirmeyi yapan araştırmacıya ve diğer katılımcılara açıklamalarını gerektiği talimatını verdi.

Gruplar, 6 hafta boyunca, haftada 2 gün baş araştırmacı fizyoterapist gözetiminde; diğer belirlenen günlerde ise gözetimsiz olarak ev egzersiz programı şeklinde egzersiz eğitimine tabi tutuldu. Değerlendirmeler, başlangıçta ve 6. hafta egzersiz programı tamamlandıktan sonra benzer saatlerde yapıldı. Yorgunluğu ve zaman ihtiyaını azaltmak için sadece dominant taraf alt ekstremite değerlendirmeye dâhil edildi. Katılımcılara topa hangi ayakla vurduğu sorularak, topa vurulan ayak dominant taraf alt ekstremite olarak kabul edildi [88]. Çalışma değişkenleri şu şekildedir:

3.2.1. Bağımsız değişkenler

- Dâhil olunan egzersiz grupları

3.2.2. Bağımlı değişkenler

- MLA yüksekliliği
- Statik ayak postürü
- Kalça abduktor/eksternal rotator, ayak bileği çevresi ve intrinsik ayak kasları izometrik kas kuvveti
- Alt ekstremite fonksiyonel performans değişkenleri (plantar fleksörler odaklı endurans, tek bacak öne doğru sıçrama ve dinamik denge performansı)

3.3. Değerlendirme Yöntemleri

Birincil sonuç lm MLA yksekliliğiydi. İkincil sonuç ölümleri statik ayak postürü, kalça abduktor ve eksternal rotator, ayak bileği dorsifleksör, plantar fleksör, invertör ve evertör kas grupları ile intrinsik ayak kasları izometrik kas kuvveti ve alt ekstremite fonksiyonel performansı (plantar fleksörler odaklı alt ekstremite enduransı, tek bacak ne sıçrama performansı ve dinamik denge) idi.

3.3.1. Demografik bilgiler

Katılımcıların yaşı (yıl), cinsiyeti (kadın/erkek), vücut ağırlığı (kg), boyu (cm), vücut kütle indeksi (kg/m^2), dominant taraf alt ekstremitesi (sağ/sol), varsa düzenli spor alışkanlığı, yaralanma/cerrahi öyküsü ve bel veya alt ekstremiteye ait şikayetleri, araştırma yürütücüleri tarafından hazırlanan katılımcı değerlendirme formuna (EK-3) kaydedildi.

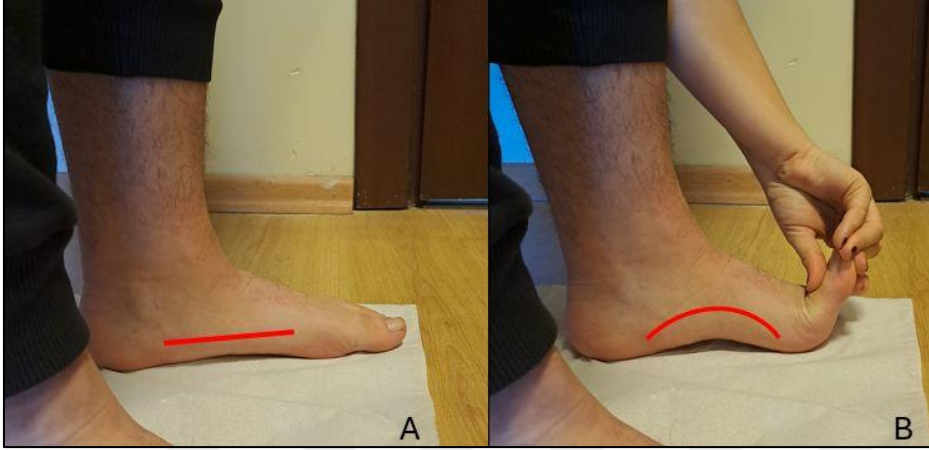
3.3.2. Genelleştirilmiş eklem hipermobilitésinin değerlendirilmesi

Genelleştirilmiş eklem hipermobilitésini ve ligamentöz laksiteyi değerlendirmek için Beighton skorlaması kullanıldı. Beighton skorlaması, beşinci metakarpal eklem ekstansiyonu, başparmağın ön kol iç yüzüne değebilmesi, dirseğin 10 dereceden fazla hiperekstansiyonu, dizin 10 dereceden fazla hiperekstansiyonu, dizler hiperekstansiyonda iken her iki el ayasının yere değmesi şeklinde beş manevranın uygulanması ile puanlanan ve her pozitif madde için 1 puanın alındığı bir ölçektir [89]. İlk dört madde her iki taraf ekstremité için ayrı puanlanır; son madde ise tek bir manevra gibi değerlendirilir ve ortak puanlanır [89]. Skorlamadan alınabilecek en yüksek değer 9 puandır [89]. Puan yükseldikçe laksite/mobilité seviyesinin arttığı anlaşılır [89]. Genç yetişkin bireyler için laksite/hipermobilité eşiği 4 puandan başlar ve 4 üstündeki puanlar genelleştirilmiş eklem hipermobilitésini ve ligamentöz laksiteyi gösterir [90]. Beighton skorunun yüksek güvenirlikte [sınıf-içi korelasyon katsayısı (intraclass correlation coefficient, ICC)=0,88] bir değerlendirme aracı olduğu rapor edilmiştir [91]. Bu değerlendirme aracı bireylerin dâhil edilmeme kriterlerine uygunluğunun belirlenmesi amacıyla sadece bir kez kullanıldı. Ön değerlendirmeye katılan bireylerin 27'sinde ligamentöz laksite varlığı saptanmış olup, bu bireyler çalışmaya dâhil edilmeyen bireyler arasında sayılmıştır.

3.3.3. Düz taban deformitesinin esnekliğinin değerlendirilmesi

Düz taban deformitesinin esnekliğini belirlemek için Jack testi kullanıldı [52]. Test sırasında katılımcı rahat bir pozisyonda ayakta dururken, değerlendirici paş parmağa pasif olarak proksimal falankstan dorsifleksiyon yaptırdı ve MLA'yı gözlemledi [71]. Test sırasında MLA yeniden oluşuyorsa veya yükseliyorsa test pozitif olarak kabul edildi [57]. Testin pozitif olması düz taban deformitesinin esnek olduğunun ve egzersiz ile ayak şeklinin yeniden sağlanabileceğinin en önemli göstergelerinden biridir [57]. Jack testinin geçerli bir

test bataryası olduğu ve ayağın çıkırık (windlass) mekanizmasının teorik temellerini desteklediği gösterilmiştir [52, 71]. Test bir defaya mahsus bireylerin dâhil edilme kriterlerine uygunluğu değerlendirilirken kullanıldı.



Resim 3.1. Jack testi. Birinci parmağın pasif dorsifleksiyona zorlanması ile ayağın çıkırık mekanizması aktive olur [71]; (A) başlangıç pozisyonu, (B) test pozitif

3.3.4. Medial longitudinal ark yüksekliğinin değerlendirilmesi

MLA yüksekliği naviküler düşme testi ile değerlendirildi. Test sırasında katılımcılar ilk olarak çıplak ayak, subtalar eklem nötral pozisyonda olacak şekilde bir sandalyede oturdu. Bu pozisyon korunurken alt kenarı yere temas eden boş bir kart üzerine dominant taraf naviküler tüberkül seviyesi işaretlendi. Daha sonra aynı prosedür, ayakta durma pozisyonunda her iki ayağa eşit ağırlık verilirken tekrarlandı. İlk ölçüm sonucundan son ölçüm sonucu çıkarıldı ve elde edilen değer naviküler düşme miktarı olarak mm cinsinden kaydedildi [1, 40]. Bu test sonucuna göre naviküler düşme miktarı 5-9 mm arasında değişiyorsa ayak nötral konumunda; 4 mm ve daha altında bir değer alıyorsa MLA yüksek ve ayak supinasyonda; 10 mm ve daha üstünde bir değer alıyorsa MLA düşük ve ayak pronasyonda şeklinde bir sınıflandırma yapıldı [74]. Zuil-Escobar ve arkadaşları [92] NDT'nin gözlemciler içi ve gözlemciler arası güvenilirliğinin yüksek ($ICC > 0,88$) olduğunu bulmuş; testin geçerli, uygulanışı kolay ve MLA yüksekliğini değerlendirmede en çok kullanılan testlerden biri olduğunu bildirmiştir.

3.3.5. Statik ayak postürünün değerlendirilmesi

Statik ayak postürü Ayak Postür İndeksi-6 (APİ-6) ile değerlendirildi. Altı maddeden oluşan bu değerlendirme ölçeğinde; (1) talus başı palpasyonu, (2) kalkaneus pozisyonu (inversiyonu/eversiyonu), (3) lateral malleolün altındaki ve üstündeki eğrilikler, (4) talonavikular şişkinlik (konkav/düz/balonlaşma miktarı), (5) MLA yapısı ve (6) ayak ön kısmının arka kısmına göre pozisyonunun (abduksiyonu/adduksiyonu) değerlendirilmesi sonucunda, sağ ve sol ayak için ayrı ayrı maddelerin her birine -2 ile +2 arasında değerler verildi ve katılımcının aldığı toplam puana (-12 ile +12 arasında) göre ayağın postürü 3 alt gruptan (nötral, pronasyonda veya supinasyonda) birine kategorize edildi [93]. Katılımcı ayakta rahat bir pozisyonda dururken, ilk olarak talus başı palpasyonu yapıldı, daha sonra ayak üç yönlü gözlemlenerek geri kalan maddeler değerlendirildi [94]. Negatif değerler ($-12 \leq \text{APİ-6} < 0$) ayağın supinasyonda ve yüksek arklı olduğu; 0-5 puan arasındaki değerler ayağın nötral pozisyonda olduğu; 6-12 puan arasındaki değerler de ayağın pronasyonda ve arkin düşük olduğu şeklinde yorumlandı [93, 95]. APİ-6 Türkçe versiyonunun dominant ve non-dominant ekstremiteler için geçerli ve güvenilir olduğu (ICC>0,93) belirtilmiş ve çeşitli ayak-ayak bileği problemlerinde klinisyenler tarafından kullanımının kolay, hızlı ve pratik olduğu ifade edilmiştir [93] (EK-4).

3.3.6. Alt ekstremiteler izometrik kas kuvvetinin değerlendirilmesi

Kalça abduktör ve eksternal rotatör; ayak bileği plantar fleksör, dorsi fleksör, invertör, evertör; ayak intrinsik kaslarından abduktör hallusis, fleksör hallusis brevis ve fleksör digitorum brevis kaslarının izometrik kas kuvveti dijital hand-held dinamometre (Lafayette® Model-01165, Lafayette Instrument Company, ABD) ile değerlendirildi. Hand-held dinamometre ile yapılan izometrik kas kuvveti değerlendirmelerinin, tek bir deneyimli uzman tarafından gerçekleştirildiğinde objektif veriler sağladığı, kalça abduktör ve eksternal rotatör [96], ayak bileği çevresi [97] ve intrinsik ayak kasları [98] için iyi-yüksek düzeyde güvenilirliğe (ICC>0,70) sahip olduğu gösterilmiştir. Dinamometrenin değerlendirici tarafından ölçüm yapılan bölgeye göre seçilebilecek 3 farklı boyutta başlığı bulunmaktadır (Resim 3.2).



Resim 3.2. Lafayette® Model-01165 hand-held dinamometre

Kalça abduktor ve eksternal rotator kas kuvveti break test protokolüne göre, diğeri tüm kasların kuvveti make-test protokolüne göre değerlendirildi. Break test protokolüne göre, kişi aktif olarak ilgili vücut bölgesini içeren eklem hareket aralığını tamamlar. Bu pozisyon korunurken değerlendirici, harekete zıt yönde artan kuvvet uygulamaya başlar ve kişiden tamamlanan eklem hareket aralığını koruması için maksimum kuvvet üretmek zıt kuvvetin üstesinden gelmesini ister [98]. Make-test protokolüne göre, ilgili vücut bölgesi eklem hareket aralığının başlangıcında konumlandırılır ve bu pozisyon korunurken kişiden değerlendiriciye karşı zıt yönde maksimum kuvvet üretmesi istenir [98].

Değerlendirmeyi yapan araştırmacı test boyunca katılımcılara “üç kadar sayıyorum, üçü duyduğunuz anda, mümkün olduğu kadar sert itin/çekin (make testi için) veya şimdi bacağı hareket ettirmeme izin vermeyin ve ben rahatla diyene kadar bu kasılmayı devam ettirin (break testi için)” şeklinde talimatlar vererek tutarlı sözel teşviklerde bulundu ve katılımcı tarafından 5 sn içinde sabit bir maksimum kuvvet değeri üretildiğinden emin olduğunda testi sonlandırdı [96-98]. Katılımcının testi anlaması için submaksimal kas kasılmasını içeren 1 deneme yapıldı, daha sonra 2 gerçek ölçüm yapılarak en iyi ölçüm sonucu cihaz ekranından okunup Newton cinsinden kaydedildi [97]. Yorgunluk etkisini azaltmak için testler arası 30 sn dinlenme süresi verildi [96, 98].

Kalça abduktor ve eksternal rotator izometrik kas kuvvet ölçümü için, katılımcıdan test edilecek taraf üstte kalacak şekilde yan yattıktan sonra pelvis nötral, kalça 60°, diz 90° fleksiyonda iken topuk teması kesilmeyecek şekilde üstteki dizini son noktaya kadar yukarı kaldırması istendi. Değerlendirici, Pfluegler ve arkadaşları [96] tarafından tanımlanan metodolojiyi baz alarak, dizin 5 cm proksimalindeki bölgeden aşağı yönde direnç uyguladı (Resim 3.3).



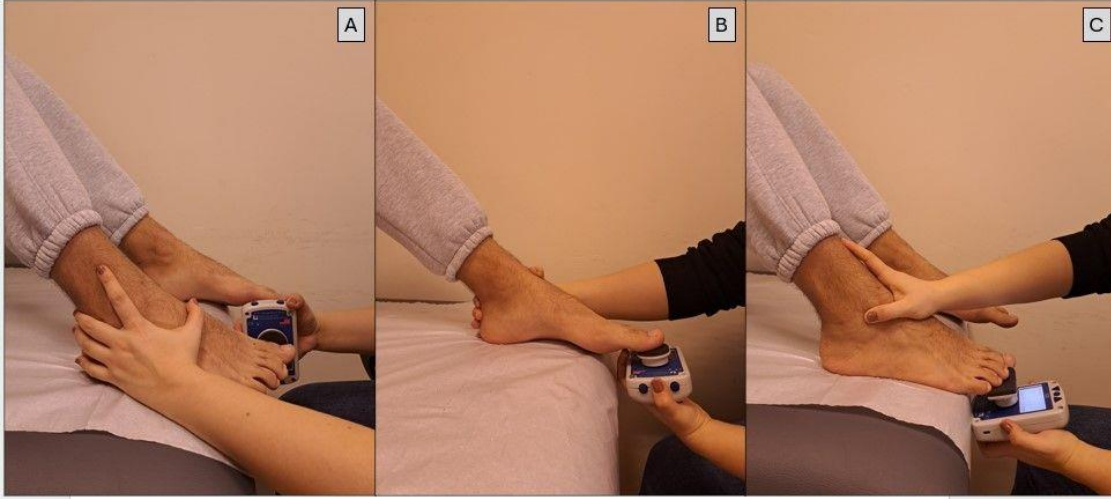
Resim 3.3. İzometrik kalça abduktör ve eksternal rotator kas kuvveti değerlendirilmesi

Ayak bileği plantar fleksör ve dorsi fleksör izometrik kas kuvveti ölçümü Mentiplay ve arkadaşları [97]; invertör ve evertör kas kuvveti ölçümü Fraser ve arkadaşları [99] tarafından tanımlanan prosedüre göre kalça ve diz ekstansiyonda sırtüstü uzanırken yapıldı (Resim 3.4).



Resim 3.4. İzometrik dorsifleksör (A), plantar fleksör (B), invertör (C) ve evertör (D) kas kuvveti değerlendirilmesi

Abduktör hallusis, fleksör hallusis brevis ve fleksör digitorum brevis kaslarının izometrik kas kuvvet ölçümleri, Yazıcı ve arkadaşları tarafından uygulanan prosedürle uyumlu olarak, katılımcı sırtüstü pozisyonda kalça ve diz semifleksiyonda iken gerçekleştirildi [98]. Bütün testlerde stabilizasyonu sağlamak için katılımcının yatak kenarından elleriyle destek almasına izin verildi (Resim 3.5).



Resim 3.5. İzometrik intrinsik kas kuvveti değerlendirilmesi. A) Abduktör hallusis kası. B) Fleksör hallusis brevis kası. C) Fleksör digitorum brevis kası

3.3.7. Alt ekstremite performansının değerlendirilmesi

Alt ekstremite performansı belirlenirken, plantar fleksör odaklı alt ekstremite kas enduransı, tek bacak öne sıçrama performansı ve dinamik denge değerlendirildi ve sırasıyla topuk yükseltme, tek bacak öne sıçrama ve Y denge testi uygulandı.

Topuk yükseltme testi

Plantar fleksörler odaklı alt ekstremite kas enduransı topuk yükseltme testi (standing heel rise test) ile değerlendirildi. Testin plantar fleksör odaklı alt ekstremite enduransını belirlemede yüksek güvenilirliğe sahip olduğu bildirilmiştir (ICC=1,0 sağ bacak, 1,0 sol bacak) [100]. Topuk yükseltme testi, Hébert-Losier ve arkadaşları [100] ile Madeley ve arkadaşları [101] tarafından tanımlanan metodoloji baz alınarak yapıldı. Katılımcılardan değerlendirilen taraf diz ekstansiyonda, diğer taraf diz fleksiyonda olacak şekilde, ayakkabısız ayakta dururken yerde olan topuğu mümkün olduğu kadar yükseğe kaldırmaları

ve bu işlemi olabildiğince çok sayıda enerjileri tükeninceye kadar yapmaları istendi. Test sırasında düşmeyi önlemek ve dengenin korunması için her iki elin parmakları ile omuz seviyesinde duvardan destek alınmasına izin verildi. Katılımcılara her defasında aynı yüksekliğe çıkabilmeleri için sözel uyarılarda bulunuldu. Bir topuk yükseltme hareketi, topuğun en yüksek seviyeye yükseltilmesi ve ardından başlangıç pozisyonuna geri indirilmesi olarak tanımlandı ve topuk yükseltme ritmi, dakikada 30 topuk yükseltme hareketi (her 2 saniyede 1 topuk yükselişi anlamına gelir) yapılacak şekilde tasarlandı. İstenen ritmi elde etmek için, dakikada 60 vuruşa ayarlanan bir metronom kullanıldı. Teste başlamadan önce harekete aşinalık kazanması için, katılımcıdan üç topuk yükseltme tekrarı yapması istendi. Katılımcı yorgunluktan teste devam edemediğinde, test pozisyonunu bozduğunda, metronom vuruşunu art arda 3 defadan fazla kaçırdığında ya da dengesini kaybettiğinde test sonlandırıldı. Yapılan toplam tekrar sayısı puan olarak kaydedildi (Resim 3.6).



Resim 3.6. Topuk yükseltme testi

Tek bacak öne sıçrama testi

Tek bacak öne doğru sıçrama performansı tek bacak öne sıçrama (single leg hop for distance) testi ile değerlendirildi. Bu testin, tek bacak sıçrama performansını belirlemede yüksek güvenilirliğe (ICC=0,96) sahip olduğu bildirilmiştir [102]. Test için düz bir zemine 150 santimetrelik bir mezura yerleştirildi. Daha sonra katılımcıdan elleri belinde, parmak ucu mezuranın sıfır değerinde olacak şekilde tek ayak üzerinde durması, sonrasında olabildiğince

öne sıçrayarak aynı ayak üzerinde yere inmesi istendi. Katılımcıya yere indikten sonra 2 sn boyunca pozisyonunu koruması talimatı verildi. Katılımcının sıçradıktan sonra parmak ucunu koyduğu yer mezurada sonuç değeri olarak okundu. Test 1 deneme uygulaması yapıldıktan sonra aynı prosedürle 3 kez tekrarlandı ve en iyi sonuç değeri cm cinsinden kaydedildi [102]. Testler arası 30 sn dinlenme süresi verildi (Resim 3.7).



Resim 3.7. Tek bacak öne sıçrama testi

Y denge testi

Dinamik denge, yıldız denge testinin modifiye formu olan Y denge testi ile değerlendirildi. Testin tüm yönler için dinamik dengeyi değerlendirmede değerlendirici içi yüksek güvenilirlik (ICC=0,85-0,91) gösterdiği bildirilmiştir [103]. Test için 3 farklı yönde (sırayla anterior, posteromedial ve posterolateral), 150 cm'lik mezuralarla, yönler arasında 135°'lik açılar olacak şekilde, Y harfine benzer bir uzanma alanı oluşturuldu. Katılımcı elleri belinde, orta noktada dururken tek ayağının parmak ucu ile hafifçe uzanabildiği kadar en iyi mesafeye dengesini bozmadan uzanmaya çalıştı. Katılımcı, test öncesinde 3 yöne birkaç kez uzanma denemesi yaptıktan sonra 1 dakika dinlendi. Daha sonra katılımcıya ardışık 3 kez sırayla anterior, posteromedial ve posterolateral yönde uzanması talimatı verildi ve uzanma mesafesinin en yükseği cm cinsinden kaydedildi [103]. Test ayağı yere değerse, duruş ayağı hareket ederse, tekrar başlangıç pozisyonuna dönülemezse test geçersiz sayıldı [6]. Sıradaki yöne geçmeden önce 30 saniyelik dinlenme süresi verildi. Bacak uzunluklarının sonuçları etkilememesi için katılımcıların tüm yönlerdeki uzanma mesafesi normalize edildi. Puanlar normalize edilirken her bir yön için kaydedilen uzanma mesafesi alt ekstremite uzunluğuna (spina iliaca anterior süperior ve medial malleol arası mesafe) bölündü ve 100 ile çarpılarak

kaydedildi [6, 12, 104] (Resim 3.8). Test sonucunda toplam puan ise şu formül kullanılarak hesaplandı = [(anterior uzanma mesafesi+posteromedial uzanma mesafesi+posterolateral uzanma mesafesi) / (3 x alt ekstremité uzunluğu)] x 100 [103].



Resim 3.8. Y denge testi

3.4. Egzersiz Uygulaması

Tüm gruplara, baş araştırmacı fizyoterapist eşliğinde haftada iki gün denetimli, her bir egzersiz için belirlenen diğer günlerde ev egzersiz programı şeklinde, altı hafta boyunca egzersiz eğitimi verildi. Kısa ayak egzersizi her gün, iki gün fizyoterapist eşliğinde, beş gün ev egzersiz programı şeklinde; 3-B ayak-ayak bileği ve midye egzersizi haftada üç gün, iki gün fizyoterapist eşliğinde, bir gün ev programı şeklinde uygulandı. Denetimli seanslarda, her katılımcının egzersiz seansı kendi içinde bireysel, diğer gruplardan farklı bir zaman diliminde gerçekeştirildi. Ayakkabı farklılıklarının etkisini önlemek için tüm egzersizler ayakkabısız olarak ve dominant taraf ile yapıldı. Evde yapılan egzersizlerin takibi için hastalara egzersiz günlüğü (ev egzersizi kayıt defteri) verildi (EK-5).

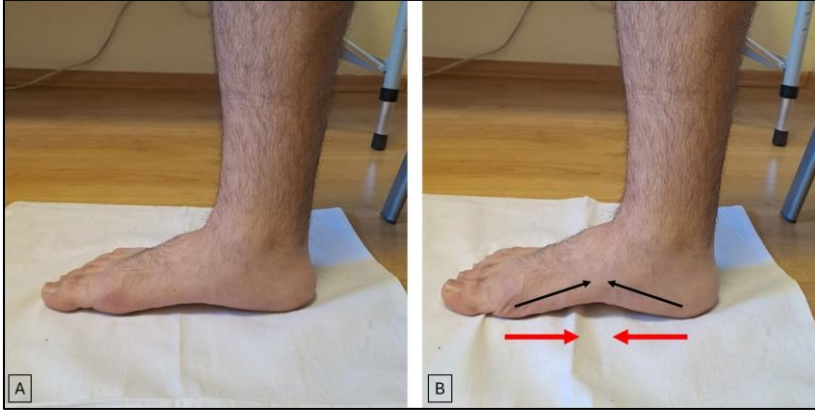
Gruplara göre yapılan egzersizler şu şekildeydi:

- Kontrol grubu: kısa ayak egzersizi
- Ayak egzersiz grubu: kısa ayak egzersizi ve PNF paterni diagonal 1 ve 2 yönünde üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi
- Kalça egzersiz grubu: kısa ayak egzersizi ve midye egzersizi

Karıştırıcı faktörleri dışlamak için katılımcılara, tedavi programı tamamlanana kadar başka bir fizyoterapi programına veya spora başlamamaları, ayakkabı değiştirmemeleri, herhangi bir eksternal destek (bandajlama, tabanlık vb.) kullanmamaları ve kilo kontrolüne dikkat etmeleri konusunda uyarılarda bulunuldu.

3.4.1. Kısa ayak egzersizi

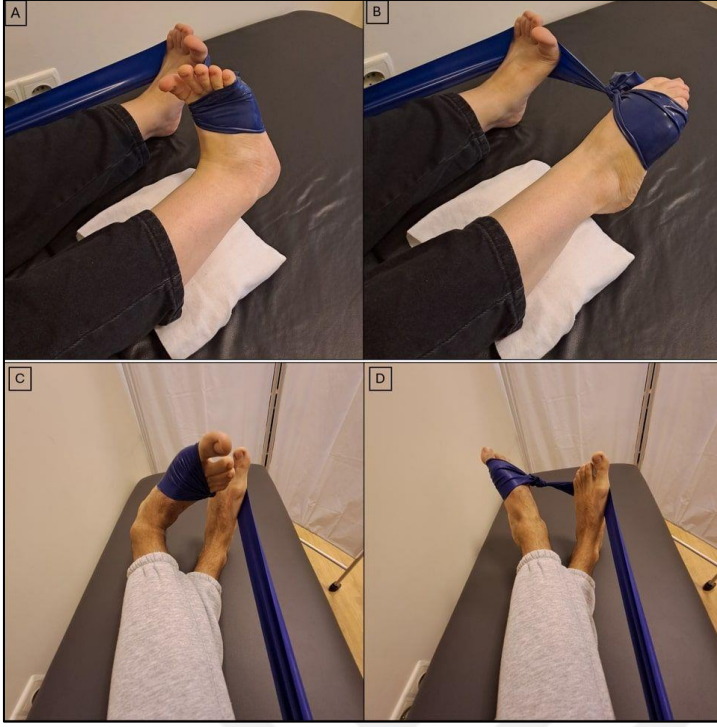
Kısa ayak egzersizi, arki desteklemek ve intrinsik ayak kaslarının kuvvetlendirmek için düz tabanlı bireylerin konservatif tedavisinde sık kullanılan popüler bir egzersiz yaklaşımıdır [105]. Bu çalışmada da tüm katılımcıların egzersiz programına dâhil edildi ve 3 set 15 tekrarlı, setler arasında 45 saniye dinlenme süresi verilerek, haftada her gün (2 gün/hafta fizyoterapist eşliğinde; 5 gün/hafta evde), altı hafta boyunca uygulandı [7]. Egzersiz yapılırken katılımcıdan, ayak yerle temasını devam ettirirken parmaklarını kıvrımadan birinci metatars başını topuğa doğru yaklaştırmaya çalışması, bu sırada MLA'yı yükseltip ayağı ön-arka yönde kısaltması ve bu pozisyonu 5 saniye boyunca koruması istendi [17, 21]. Gerçek egzersiz seanslarına başlanmadan önce sorumlu araştırmacı tüm katılımcılara 20 dakikalık bir eğitim verdi. Bu eğitimde katılımcılara kısa ayak egzersizlerinin doğru tekniğini, sözlü ve görsel (resim ve video ile gösterme) talimatlar eşliğinde ve özellikle egzersiz sırasında ön ayak ve topuğun yerden kalkmaması gerektiğini vurgulayarak gösterdi [17, 21]. Egzersiz ilk iki hafta oturarak, üçüncü ve dördüncü hafta ayakta, son iki hafta tek ayak üzerinde yapıldı [7] (Resim 3.9). Egzersiz son iki hafta tek ayak üzerinde yapılırken katılımcılara egzersiz sırasında gövdelerini yana eğmemeleri ve karşı taraf pelvisi yere düşürmeden vücut düzgünlüğünü koruyarak egzersizi yapmaları gerektiği, sık sık sözel uyarılarda bulunularak hatırlatıldı. Bununla birlikte tüm katılımcılara, altı haftalık süre boyunca evde takip edecekleri egzersizlerin açıklamalarını içeren ve egzersiz yaptıkları pozisyonu kaydedecekleri bir kayıt defteri verildi (EK-5).



Resim 3.9. Kısa ayak egzersizi

3.4.2. Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi

Üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizleri, Park ve Hwang [8] tarafından intrinsik ayak kaslarına yönelik yapılan EMG (elektromiyografi) çalışması ile uyumlu olarak ve Lee ve Park [13] tarafından açıklanan metodoloji temel alınarak, PNF paterninde diagonal 1 ve 2 yönlerinde uygulandı. Harekete direnç oluşturabilmek için elastik bant kullanıldı. Egzersiz şiddeti Borg skalasında algılanan zorluk derecesine göre 13 (biraz zor) – 15 (zor) arası bir seviye olarak belirlendi. Egzersize başlamadan önce katılımcıdan, egzersiz için başlangıç pozisyonunu aldıktan sonra bantı istenen egzersiz yoğunluğuna karşılık gelecek şekilde gergin bir konumda tutması istendi. İlerleme, iki haftada bir, algılanan zorluk derecesi sorgulanarak sağlandı. Son setin son tekrarında Borg skalasında algılanan zorluk seviyesi 13'ün altına düştüğünde daha kalın bir üst seviye bant rengine geçildi. Egzersizler haftada 3 gün (2 gün denetimli, 1 gün evde), iki egzersiz seansı arasında en az bir gün ara olacak şekilde, 10 tekrarlı 3 set şeklinde yapıldı. Yorgunluğu azaltmak için setler arası 1 dakika dinlenme süresi verildi (Resim 3.10). Yapılan egzersizler egzersiz kayıt defterine not edildi (EK-5).

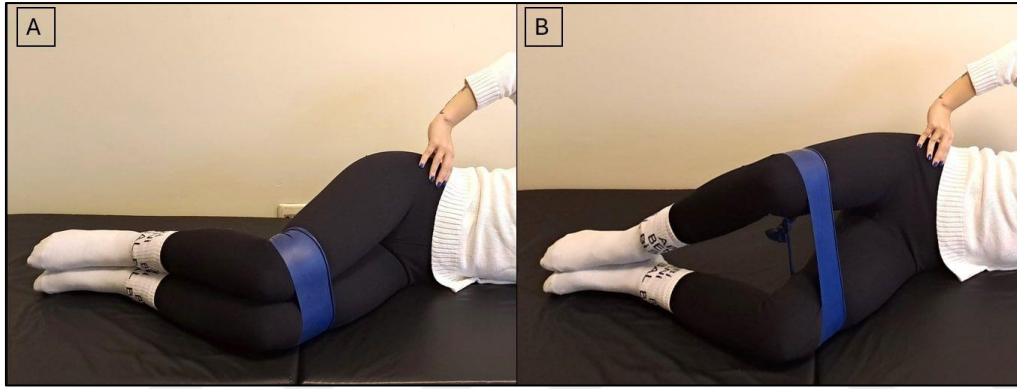


Resim 3.10. 3-B ayak-ayak bileği egzersizleri: Diyagonal 1 yönünde ayak parmağı ekstansiyonu ile dorsifleksiyon-supinasyon-inversiyon (A); ayak parmağı fleksiyonu ile plantar fleksiyon-pronasyon-eversiyon (B); Diyagonal 2 yönünde ayak parmağı ekstansiyonu ile dorsifleksiyon-supinasyon-inversiyon (C); ayak parmağı fleksiyonu ile plantar fleksiyon-supinasyon-inversiyon (D)

3.4.3. Midye egzersizi

Kalça abduktör ve eksternal rotatör kuvvetlendirme egzersizi olarak, EMG çalışmalarına göre gluteus maksimus ve medius kaslarını yüksek oranda aktive edip tensor fascia lata kasını düşük oranda aktive eden [86] ve aynı zamanda Engkananuwat ve Kanlayanaphotporn [17] tarafından esnek düz tabanlı bireyler üzerinde yapılan çalışmadaki egzersiz protokolü baz alınarak midye egzersizi seçildi. Willcox ve Burden [106] tarafından yapılan ve 6 farklı midye egzersiz varyasyonunun karşılaştırıldığı bir EMG çalışmasında gluteus medius ve maksimus en fazla aktive edip tensor fascia latayı en az aktive eden başlangıç pozisyonunun pelvisin nötral, kalçanın 60° fleksiyonda olduğu pozisyon olarak bulunmuştur. Buradan yola çıkarak bu çalışmada da midye egzersizi için başlangıç pozisyonu egzersiz yapacak bacak üstte kalacak şekilde, pelvisin nötral, dizin 90° fleksiyonda, kalçanın 60° fleksiyonda olduğu yan yatış pozisyonu olarak belirlendi. İlerleme, AEG ile uyumlu olarak gluteus medius

üzerine yüklenmeyi artıracak şekilde, algılanan zorluk derecesi sorgulanarak gerçekleştirildi. Set/tekrar sayısı/dinlenme süresi/egzersiz şiddeti AEG grubundaki gibi dizayn edildi. Elastik bant yardımıyla harekete karşı direnç oluşturuldu. Egzersiz yoğunluğu Borg skalasına göre biraz zor ile zor (13-15) arasında bir düzey olarak belirlendi. Her iki haftada bir Borg skalasında algılanan zorluk derecesi sorgulandı ve ilerlemenin gerçekleşebilmesi için daha üst seviye kalınlıktaki bant rengine geçildi. Egzersizler, setler arasında 1 dakika dinlenme süresi verilerek, 3 set 10 tekrarlı gerçekleştirildi (Resim 3.11). İki egzersiz seansı arasında en az bir gün ara verildi. Katılımcılardan yapılan egzersizleri egzersiz kayıt defterine not etmeleri istendi (EK-5).



Resim 3.11. Midye egzersizi; (A) başlangıç pozisyonu, (B) bitiş pozisyonu

3.5. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi kör bir araştırmacı tarafından SPSS programı Windows sürüm 27.0 (IBM Corporation, Armonk, New York, ABD) kullanılarak yapıldı. Katılımcıların demografik özelliklerinin ve sonuç değişkenlerinin normal dağılıp dağılmadığı görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (Kolmogorov-Smirnov testi) kullanılarak araştırıldı. Tanımlayıcı istatistikler ve değerlendirme sonuçları normal dağılım göstermeyen değişkenler için medyan/ortanca ve çeyrekler arası aralık (CAA) kullanılarak, nominal değişkenler için oran (%) kullanılarak, normal dağılım gösteren sayısal değişkenler için ortalama±standart sapma (ortalama±SD) kullanılarak ifade edildi. Egzersiz öncesi ve sonrası üç grubun (KG, KEG ve AEG) değişkenleri arasındaki farklar normal dağılım göstermediği durumlarda Kruskal-Wallis H testi ile, nominal özellik gösterdiğinde Ki-Kare testi ile, normal dağılım koşulunu sağladığı durumlarda tek yönlü ANOVA testi ile analiz edildi. Üç grup arasındaki analizlerde istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunan değişkenler

arasında ikili karşılaştırmalar yapıldı ve değişkenler normal dağılmadığı için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Tek bir gruptaki tedavi öncesi ve sonrası değişkenleri karşılaştırırken normal dağılmayan değişkenler için Wilcoxon İşaretili Sıralar testi ve normal dağılan değişkenler için Bağımlı Örneklem t-testi kullanıldı. Analiz edilen tüm değişkenler için p-değeri $<0,05$ olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



4. BULGULAR

Bu çalışma asemptomatik esnek düz tabanlı 56 bireyin katılımıyla gerçekleştirildi.

4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Katılımcıların demografik özellikleri analiz edildiğinde her üç grubun yaş, boy, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi ve cinsiyet oranları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$). Gruplara ait demografik özellikler çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Grupların demografik özelliklerinin karşılaştırılması

Özellikler	KG (n=19) Medyan (ÇAA)	KEG (n=18) Medyan (ÇAA)	AEG (n=19) Medyan (ÇAA)	p-değeri
Yaş (yıl)	21 (19-22)	20,5 (20-22)	20 (19-21)	0,597
Boy (m)	1,67 (1,62-1,80)	1,64 (1,62-1,76)	1,68 (1,65-1,81)	0,499
Vücut ağırlığı (kg)	64,5 (59-77)	61 (52-74)	60 (58-78)	0,604
VKİ (kg/m ²)	23,96 (22,06-24,24)	23,84 (20,57-24,09)	22,22 (21,05-24,24)	0,603
Cinsiyet				0,517 ^a
Erkek, n (%)	8 (14,3)	5 (8,9)	5 (8,9)	-
Kadın, n (%)	11 (19,6)	13 (23,2)	14 (25)	-
Dominant ekstremite				
Sağ, n (%)	16 (28,6)	16 (28,6)	17 (30,4)	-
Sol, n (%)	3 (5,4)	2 (3,6)	2 (3,6)	-

* $p<0,05$, Kruskal-Wallis H testi. ^a $p<0,05$, Ki-Kare testi. KG, kontrol grubu; KEG, kalça egzersiz grubu; AEG, ayak egzersiz grubu; ÇAA, çeyrekler arası aralık; VKİ, vücut kütle indeksi.

4.2. Naviküler Düşme Testi ve Ayak Postür İndeksi-6 Analizleri

Katılımcıların MLA yüksekliği NDT ile, statik ayak postürü APİ-6 ile değerlendirildi. Çalışma başlangıcında her üç grubun NDT ve APİ-6 skorları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$). Altı haftalık egzersiz müdahalesi sonucunda her üç grubun NDT ve APİ-6 skorlarında azalma bulundu ($p<0,05$). Egzersiz öncesi ve sonrası üç grup arasındaki naviküler düşme sonucu karşılaştırıldığında, egzersiz sonrası naviküler düşme en fazla AEG’de azaldı ($p<0,001$). KEG’de de naviküler düşme KG’ye göre daha fazla azalma gösterdi ($p=0,002$). Egzersiz sonrası APİ-6 puanındaki azalma AEG ve KEG’de benzerdi ($p=0,477$) ve KG’ye göre daha fazla idi ($p<0,001$). Her üç grup kendi içinde ayrı ayrı karşılaştırıldığında egzersiz sonrası tüm gruplarda NDT ve APİ-6 sonuçları istatistiksel

açından anlamlı olarak azaldı ($p>0,05$). Egzersiz öncesi ve sonrası gruplara ait NDT ve APİ-6 sonuçları çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Egzersiz öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arası NDT ve APİ-6 sonuçlarının karşılaştırılması

Değişken	6-haftalık egzersiz programı	KG (n=19) Medyan (ÇAA)	KEG (n=18) Medyan (ÇAA)	AEG (n=19) Medyan (ÇAA)	p^2 -değeri
NDT (mm)	Öncesi	11 (10-11)	11 (11-12)	11 (10-12)	0.112
	Sonrası	8 (7-9)	7 (6-8)	6 (5-7) ^b	<0,001**
	p^1	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
	Fark	3 (3-3)	4 (4-5) ^a	5 (4-6) ^b	<0,001**
APİ-6 (puan)	Öncesi	7 (6-8)	7,5 (7-9)	9 (6-10)	0.166
	Sonrası	5 (5-6)	4 (3-5) ^c	4 (3-5) ^c	0,002*
	p^1	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
	Fark	2 (1-3)	4 (3-5) ^c	5 (4-6) ^c	<0,001**

* $p1<0,05$, Wilcoxon İşaretli Sıralar testi. ** $p2<0,05$, Kruskal-Wallis H testi. KG, kontrol grubu; KEG, kalça egzersiz grubu; AEG, ayak egzersiz grubu; ÇAA, çeyrekler arası aralık; NDT, naviküler düşme testi; APİ-6, Ayak Postür İndeksi-6.

^a $p<0,05$, Mann-Whitney U testi (AEG ve KG'den istatistiksel olarak farklı).

^b $p<0,05$, Mann-Whitney U testi (KEG ve KG'den istatistiksel olarak farklı).

^c $p<0,05$, Mann-Whitney U testi (KG'den istatistiksel olarak farklı).

Çizelge 4.2.’de üç grup arasında farklılık olduğu tespit edilen NDT ve APİ-6 değişkenlerinde, farklılığın hangi gruptan kaynaklandığını bulmak için Mann-Whitney U testi kullanılarak ikili grup karşılaştırmaları yapıldı. Mann-Whitney U analizi ile egzersiz sonrası meydana gelen yeni NDT sonuçları AEG ile KEG arasında karşılaştırıldığında $p=0,016$ olarak; AEG ile KG karşılaştırıldığında $p<0,001$ olarak; KEG ile KG karşılaştırıldığında $p=0,066$ olarak bulundu. Mann-Whitney U analizi ile NDT puanlarında meydana gelen fark AEG ile KEG arasında karşılaştırıldığında p -değeri 0,013 olarak bulundu. AEG ve KG arasında karşılaştırıldığında p -değeri $<0,001$ olarak bulundu. Son olarak KEG ile KG karşılaştırıldığında p -değeri 0,002 olarak bulundu. Mann-Whitney U analizi ile AEG ile KEG arasında egzersiz sonrası APİ-6 puanları karşılaştırıldığında p -değeri 0,477; meydana gelen fark karşılaştırıldığında p -değeri 0,178 olarak bulundu. Mann-Whitney U analizi ile AEG ile KG’ne ait egzersiz sonrası APİ-6 puanları karşılaştırıldığında egzersiz sonrası ve meydana gelen fark için her iki p -değeri de $<0,001$ olarak bulundu. Mann-Whitney U analizi ile KEG ile KG’ye ait egzersiz sonrası elde edilen APİ-6 puanları karşılaştırıldığında $p=0,012$; egzersiz sonucu meydana gelen APİ-6 puanlarındaki fark için $p<0,001$ olarak bulundu.

4.3. Alt Ekstremitte İzometrik Kas Kuvveti Analizleri

Çalışma başlangıcında değerlendirilen tüm kas grupları için her üç grubun izometrik kas kuvveti arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığı bulundu ($p>0,05$). Egzersiz sonrası kalça abduktör ve eksternal rotatör kaslarının izometrik kas kuvvetinde artış görüldü ($p<0,05$) ve izometrik kas kuvvet değişimi KG ile AEG’de birbirine benzer iken ($p>0,05$), KEG’de diğer gruplara kıyasla daha fazla idi ($p<0,05$). Tüm gruplar kendi içinde karşılaştırıldığında egzersiz sonrası hepsinin kalça izometrik kas kuvvetinde istatistiksel açıdan anlamlı artış olduğu saptandı ($p<0,05$). Egzersizler sonlandırıldığında ayak bileği çevresi dört yönlü izometrik kas kuvvetinde oluşan farklılık her üç grup arasında karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulundu ve AEG’de egzersizler sonrası değerlendirilen tüm kaslarda izometrik kas kuvvetinin diğer gruplara kıyasla anlamlı olarak arttığı tespit edildi ($p<0,05$). Müdahale sonrası abduktör hallüsis kas kuvvetinde meydana gelen değişim üç grup arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak farklı bulundu ($p<0,05$) ve abduktör hallüsis izometrik kas kuvvetindeki artış en fazla AEG’de meydana geldi ($p<0,05$). KEG’de de KG’ye kıyasla abduktör hallüsis kasında anlamlı olarak daha fazla kuvvet artışı olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Fleksör hallüsis longus ve fleksör digitorum brevis izometrik kas kuvvetinde egzersiz sonrası istatistiksel açıdan her üç grup arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$). Tüm gruplar kendi içinde karşılaştırıldığında egzersiz sonrası grupların tamamında fleksör hallüsis longus ve fleksör digitorum brevis izometrik kas kuvvetinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulundu ($p<0,05$). Egzersiz öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arası izometrik kas kuvveti analiz sonuçları çizelge 4.3’te özetlenmiştir.

Çizelge 4.3. Egzersiz öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arası izometrik kas kuvveti sonuçlarının karşılaştırılması

İzometrik Kas Kuvvet Testi (Newton)	Egzersiz	KG (n=19)	KEG (n=18)	AEG (n=19)	p ² -değeri
		Medyan (ÇAA)	Medyan (ÇAA)	Medyan (ÇAA)	
Kalça Abduktor-Eksternal Rotatorleri	Öncesi	128,30 (109,50-138,70)	128,70 (115,10-169,10)	134,9 (121,20-204,90)	0,272
	Sonrası	133,00 (120,10-146,10)	149,70 (143,80-189,30) ^a	138,60 (127,00-212,00)	0,036**
	p ¹	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
Ayak Bileği Dorsifleksörleri	Öncesi	104,30 (101,10-126,10)	117,70 (108,50-133,70)	111,00 (102,90-148,40)	0,203
	Sonrası	110,10 (105,00-129,40)	125,85 (115,40-141,20)	118,20 (107,30-160,10)	0,125
	p ¹	0,218	0,210	0,004*	-
Ayak Bileği Plantar Fleksörleri	Öncesi	135,50 (125,10-143,90)	138,00 (129,10-158,90)	133,30 (121,80-178,90)	0,635
	Sonrası	138,00 (129,30-145,30)	140,50 (134,90-159,70)	169,20 (147,00-208,30) ^b	<0,001**
	p ¹	0,326	0,056	0,005*	-
Ayak Bileği İntertörleri	Öncesi	87,80 (82,30-105,10)	93,50 (84,90-105,50)	91,60 (85,70-102,10)	0,671
	Sonrası	91,10 (85,90-106,30)	99,85 (91,10-107,80)	128,80 (99,20-140,30) ^b	<0,001**
	p ¹	0,393	0,076	<0,001*	-
Ayak Bileği Evertörleri	Öncesi	90,00 (80,30-96,40)	85,65 (85,00-101,10)	95,00 (81,20-98,80)	0,862
	Sonrası	95,40 (83,70-104,00)	91,65 (85,90-102,10)	122,40 (94,30-137,20) ^b	0,001**
	p ¹	0,423	0,081	<0,001*	-
Abduktor Hallusis	Öncesi	10,70 (8,20-13,00)	8,70 (7,20-14,10)	7,80 (6,50-13,20)	0,316
	Sonrası	13,80 (10,80-17,60)	15,00 (11,60-19,80)	16,80 (13,90-25,50) ^b	0,089
	p ¹	0,313	0,072	<0,001*	-
		KG (n=19)	KEG (n=18)	AEG (n=19)	P ⁴ -değeri
		Ortalama±SD	Ortalama±SD	Ortalama±SD	
Fleksör Hallusis Brevis	Öncesi	45,79±13,87	41,93±9,70	44,37±11,89	0,616
	Sonrası	64,46±10,25	62,64±12,84	62,81±11,88	0,870
	p ³	0,004*	<0,001*	<0,001*	-
Fleksör Digitorum Brevis	Öncesi	59,90±12,79	58,26±15,54	56,78±12,04	0,777
	Sonrası	81,42±13,28	81,04±13,03	77,55±13,28	0,613
	p ³	<0,001*	<0,001*	0,012*	-
		21,62±15,06	22,78±9,19	20,76±14,25	0,896

*p¹<0,05, Wilcoxon İşaretli Sıralar testi. **p²<0,05, Kruskal-Wallis H testi. *p³<0,05, Bağımlı örneklem t-testi. **p⁴<0,05, Tek yönlü ANOVA testi. KG, kontrol grubu; KEG, kalça egzersiz grubu; AEG, ayak egzersiz grubu; ÇAA 25-75, çeyrekler arası aralık; SS, standart sapma.

^ap<0,05, Mann-Whitney U testi (AEG ve KG'den istatistiksel olarak farklı).

^bp<0,05, Mann-Whitney U testi (KEG ve KG'den istatistiksel olarak farklı).

4.4. Alt Ekstremitte Performans Testleri Analizi

Çalışmanın başında ve egzersizler tamamlandıktan sonra her üç grubun topuk yükseltme, tek bacak öne doğru sıçrama, gözler açık ve kapalı dinamik denge performansı karşılaştırıldığında tüm durumlar için test parametreleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmadı (p>0,05). Her grubun kendi içinde egzersiz öncesi ve sonrası test sonuçları karşılaştırıldığında tüm test sonuçlarında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark

olduğu bulundu ($p<0,05$). Grupların alt ekstremitte performans testi analizlerine ait sonuçlar çizelge 4.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Egzersiz öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arası alt ekstremitte performans testi sonuçlarının karşılaştırılması

Test Adı	6-haftalık egzersiz programı	KG (n=19) Ortalama±SD	KEG (n=18) Ortalama±SD	AEG (n=19) Ortalama±SD	p^2 -değeri
Topuk Yükseltme (Puan)	Öncesi	23,21±9,47	26,00±8,76	22,53±8,57	0,465
	Sonrası	37,53±11,00	41,78±10,66	40,74±12,74	0,505
	p^1	0,001*	<0,001*	0,012*	-
Tek Bacak Öne Sıçrama (cm)	Fark	14,37±7,24	15,78±7,94	17,16±8,86	0,568
	Öncesi	86,03±21,80	86,56±16,25	84,54±20,35	0,944
	Sonrası	102,84±19,92	101,89±21,71	103,16±18,16	0,980
Gözler Açık Y Denge - Yönler (cm)	p^1	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
	Fark	17,29±9,63	15,33±10,84	19,50±10,25	0,470
	Öncesi	85,51±13,82	87,37±10,47	87,38±14,11	0,878
Anterior	Sonrası	98,61±14,16	96,94±11,85	98,29±13,59	0,922
	p^1	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
	Fark	13,10±7,09	9,57±6,17	10,91±6,94	0,284
Postero-medial	Öncesi	87,47±12,47	89,72±8,92	87,32±17,20	0,832
	Sonrası	101,51±12,77	102,71±12,30	99,86±15,86	0,819
	p^1	<0,001*	0,003*	<0,001*	-
Postero-lateral	Fark	14,04±8,79	13,00±9,23	12,55±9,41	0,876
	Öncesi	101,60±17,03	98,68±11,97	100,93±16,86	0,837
	Sonrası	119,26±15,67	114,48±11,00	112,94±13,57	0,335
Toplam puan	p^1	0,001*	0,018*	0,001*	-
	Fark	17,66±12,30	15,80±10,94	12,01±11,88	0,327
	Öncesi	91,52±13,41	91,92±8,08	91,87±13,64	0,994
Gözler Kapalı Y Denge - Yönler (cm)	Sonrası	106,46±12,98	104,71±10,47	103,69±12,40	0,775
	p^1	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
	Fark	14,93±7,22	12,78±6,56	11,82±7,71	0,402
Anterior	Öncesi	81,54±13,69	84,79±7,22	79,22±12,82	0,353
	Sonrası	90,75±12,98	93,99±9,67	86,21±12,58	0,144
	p^1	0,001*	0,001*	<0,001*	-
Postero-medial	Fark	9,21±10,14	9,20±6,56	6,99±6,77	0,622
	Öncesi	82,44±14,62	85,03±8,91	81,44±17,35	0,732
	Sonrası	94,79±12,00	96,86±13,12	91,61±14,85	0,489
Postero-lateral	p^1	<0,001*	0,001*	<0,001*	-
	Fark	12,35±7,19	11,84±9,13	10,18±8,03	0,693
	Öncesi	96,26±18,75	94,32±9,13	92,92±18,90	0,820
Toplam puan	Sonrası	109,10±15,59	106,02±11,25	104,63±14,78	0,608
	p^1	<0,001*	0,001*	<0,001*	-
	Fark	12,84±10,85	11,70±8,09	11,71±10,37	0,921
Gözler Kapalı Y Denge - Yönler (cm)	Öncesi	86,74±14,46	88,04±7,24	84,52±14,43	0,692
	Sonrası	98,21±12,30	98,95±9,69	94,15±12,62	0,403
	p^1	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
Anterior	Fark	11,46±6,63	10,91±5,53	9,62±6,98	0,666
	Öncesi	81,54±13,69	84,79±7,22	79,22±12,82	0,353
	Sonrası	90,75±12,98	93,99±9,67	86,21±12,58	0,144
Postero-medial	p^1	0,001*	0,001*	<0,001*	-
	Fark	9,21±10,14	9,20±6,56	6,99±6,77	0,622
	Öncesi	82,44±14,62	85,03±8,91	81,44±17,35	0,732
Postero-lateral	Sonrası	94,79±12,00	96,86±13,12	91,61±14,85	0,489
	p^1	<0,001*	0,001*	<0,001*	-
	Fark	12,35±7,19	11,84±9,13	10,18±8,03	0,693
Toplam puan	Öncesi	96,26±18,75	94,32±9,13	92,92±18,90	0,820
	Sonrası	109,10±15,59	106,02±11,25	104,63±14,78	0,608
	p^1	<0,001*	0,001*	<0,001*	-
Gözler Kapalı Y Denge - Yönler (cm)	Fark	12,84±10,85	11,70±8,09	11,71±10,37	0,921
	Öncesi	86,74±14,46	88,04±7,24	84,52±14,43	0,692
	Sonrası	98,21±12,30	98,95±9,69	94,15±12,62	0,403
Anterior	p^1	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
	Fark	11,46±6,63	10,91±5,53	9,62±6,98	0,666
	Öncesi	81,54±13,69	84,79±7,22	79,22±12,82	0,353
Postero-medial	Sonrası	90,75±12,98	93,99±9,67	86,21±12,58	0,144
	p^1	0,001*	0,001*	<0,001*	-
	Fark	9,21±10,14	9,20±6,56	6,99±6,77	0,622
Postero-lateral	Öncesi	82,44±14,62	85,03±8,91	81,44±17,35	0,732
	Sonrası	94,79±12,00	96,86±13,12	91,61±14,85	0,489
	p^1	<0,001*	0,001*	<0,001*	-
Toplam puan	Fark	12,35±7,19	11,84±9,13	10,18±8,03	0,693
	Öncesi	96,26±18,75	94,32±9,13	92,92±18,90	0,820
	Sonrası	109,10±15,59	106,02±11,25	104,63±14,78	0,608
Gözler Kapalı Y Denge - Yönler (cm)	p^1	<0,001*	0,001*	<0,001*	-
	Fark	12,84±10,85	11,70±8,09	11,71±10,37	0,921
	Öncesi	86,74±14,46	88,04±7,24	84,52±14,43	0,692
Anterior	Sonrası	98,21±12,30	98,95±9,69	94,15±12,62	0,403
	p^1	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-
	Fark	11,46±6,63	10,91±5,53	9,62±6,98	0,666

* $p^1<0,05$, Bağımlı örneklem t-testi. ** $p^2<0,05$, Tek yönlü ANOVA testi. KG, kontrol grubu; KEG, kalça egzersiz grubu; AEG, ayak egzersiz grubu; SS, standart sapma.



5. TARTIŞMA

Farklı egzersiz müdahalelerinin düz tabanlık üzerine etkilerinin araştırılması düz tabanlığın başarılı bir şekilde yönetimi için faydalı sonuçlar doğuracaktır. Bu doğrultuda planlanan bu tez çalışmasının amacı, esnek düz tabanlı asemptomatik bireylerde KA egzersizine ilave 3-B ayak-ayak bileği egzersizi ile kalça abduktor ve eksternal rotator kuvvetlendirme egzersizi olarak bilinen midye egzersizinin MLA yüksekliği, statik ayak postürü, alt ekstremite izometrik kas kuvveti ve alt ekstremite performansı (plantar fleksör odaklı alt ekstremite enduransı, tek bacak öne doğru sıçrama ve dinamik denge performansı) üzerine etkilerini incelemek ve karşılaştırmaktır. Çalışma sonucunda, 3-B ayak-ayak bileği veya midye egzersizinin kısa ayak egzersiziyle birlikte uygulanmasının MLA konkavitesini ve hiperpronasyonu iyileştirmede tek başına kısa ayak egzersizinden daha etkili olabileceği bulundu. Bununla birlikte, 3-B ayak-ayak bileği egzersizinin, naviküler düşmeyi azaltmada, ayak bileği çevresi kaslarının ve abduktor hallusis kasının izometrik kas kuvvetini geliştirmede en etkili egzersiz olduğu sonucuna varıldı. Üç grupta da kalça abduktor ve eksternal rotator izometrik kas kuvvetinde artış meydana geldi ancak en fazla artış midye egzersizi ile sağlandı. Üç egzersiz uygulaması da fleksör hallusis brevis ve fleksör digitorum brevis izometrik kas kuvveti ile plantar fleksör odaklı alt ekstremite enduransı, öne doğru sıçrama ve dinamik denge performansında olumlu gelişmelere yol açtı; ancak meydana gelen bu gelişmeler açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık görülmedi.

5.1. Demografik Bilgiler

Katılımcıların demografik özellikleri incelendiğinde, tüm grupların yaş, boy, vücut ağırlığı ve vücut kütle indeksi ortalamalarının birbirine yakın olduğu ve literatürdeki benzer çalışmalarla paralellik gösterdiği belirlendi [9, 23, 107, 108]. Gruplar arasında cinsiyet dağılımında da farklılık tespit edilmedi. Önceki yıllarda, vücut kütle indeksi yüksek olan bireylerde [77] ve kadın cinsiyette erkeklere göre MLA yapısının daha esnek olması sebebiyle kadınlarda erkeklere kıyasla daha sık düz tabanlık görülebileceği [109] rapor edilmiştir. Bu çalışmada da tüm gruplarda düz tabanlık görülen kadın sayısı erkeklere kıyasla daha fazla idi. Grupların demografik özelliklerinin birbirine benzer olması cinsiyet ve vücut ağırlığının çalışmadan elde edilen sonuçlar üzerine karıştırıcı bir etki oluşturma olasılığını sınırlandırmış olabilir.

5.2. Uygulamaların MLA Yüksekliği, Ayak Postürü ve Kas Kuvveti Üzerine Etkisi

Düz tabanlık derecesinin belirlenmesinde MLA yüksekliği kullanılmaktadır [51]. Bundan ötürü, bu çalışmada primer olarak egzersiz protokollerinin MLA yüksekliği üzerine etkileri incelenmiş ve altı haftalık egzersiz müdahalesi sonucunda MLA yüksekliğindeki en fazla iyileşmenin AEG'de, ardından KEG'de ve son olarak KG'de gerçekleştiği saptanmıştır. Ayrıca ayak pronasyon artışının düz tabanlılığa eşlik ettiği ve düz tabanlık şiddeti ile korelasyon gösterdiği birçok çalışmada ifade edilmiştir [2, 7, 9, 11, 12, 21]. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında egzersizlerin düz tabanlık üzerine etkileri incelenirken MLA yüksekliğinin yanısıra statik ayak postürü de değerlendirilmiştir. Çalışma bulguları statik ayak postürünün AEG ve KEG'de benzer oranda ve KG'na kıyasla daha fazla normale yaklaştığını ortaya koymuştur. Bu sonuç bize, kısa ayak egzersiziyle birlikte eş zamanlı ekstrinsik ayak kaslarındaki veya kalça stabilizatörlerindeki kuvvet artışını destekleyen 3-B ayak-ayak bileği veya midye egzersizi uygulamalarının, tek başına kısa ayak egzersizine kıyasla ayak postürünün düzelmesinde daha fazla etkili olabileceğini düşündürmüştür.

Düz tabanlık, ayaaktaki intrinsik kas zayıflığı ve disfonksiyonuyla yakından ilişkilidir [63]. Nitekim düz tabanlı bireylerde abduktor hallusis ve fleksör hallusis brevis kasının enine kesit alanının, düz tabanlı olmayan bireylere kıyasla daha küçük olduğu bulunmuştur [63]. Düz tabanlı bireylerde intrinsik ayak kaslarını kuvvetlendirmek için sıklıkla ayağın temel kor egzersizi olarak bilinen KA egzersizi önerilir [9]. KA egzersizi, intrinsik kasları konsantrik olarak aktive edebilen duyu-motor bir eğitimidir [2]. Bu egzersiz sırasında kişi, intrinsik plantar kaslarını kullanarak ayak parmaklarını kıvrımadan metatars başlarını topuğa doğru çekerek eş zamanlı MLA'nın yükselmesini sağlar [2]. Bu sırada diğer transvers ve longitudinal ayak arklarının yeniden oluşumunun da fasilite edilebileceği belirtilmiştir [14, 21].

Düz tabanlı bireylerde KA egzersizinin tek başına ayak postürünü ve MLA yüksekliğini iyileştirmede etkili olabileceği rapor edilmiştir [7, 9, 11, 12, 21]. Kim ve Kim, esnek düz tabanlı üniversite öğrencileri üzerinde yaptıkları çalışmada, öğrencileri rastgele KA egzersiz grubuna ve tabanlık grubuna ayırmış ve öğrencilerden haftada üç gün, 30 dakikalık seanslar şeklinde beş hafta boyunca verilen uygulamalara devam etmelerini istemiştir [12]. Sonuç olarak KA egzersizinin naviküler düşme miktarını tabanlık uygulamasına göre daha fazla azalttığını bulmuşlardır [12]. Ünver ve arkadaşları, 41 düz tabanlı birey üzerinde yaptıkları

çalışmada bireyleri, egzersiz ve kontrol grubuna ayırmış ve egzersiz grubuna altı hafta boyunca, haftanın her günü, günde 3 set 15 tekrarlı KA egzersizi yaptırırken kontrol grubundan sadece günlük ayak bakım önerilerinde bulunmuştur [7]. Çalışma sonucunda KA egzersizinin MLA yüksekliğini, ayak postürünü, ayak ağrısını ve plantar basınç dağılımını iyileştirdiğini bildirmişlerdir [7]. Benzer bir çalışmada, Okamura ve arkadaşları düz tabanlı 20 bireyi rastgele iki eşit gruba ayırmış, deney grubuna haftada üç gün, sekiz hafta boyunca KA egzersizi uygulamış, diğer gruba ise hiçbir müdahalede bulunmamıştır [21]. Çalışma sonucunda KA egzersizinin ayak postür indeksi değerlerini önemli ölçüde iyileştirerek statik ayak postürünü bir miktar düzelttiğini ve düz tabanla ilişkili yaralanmaların önlenmesinde etkili olabileceğini belirtmişlerdir [21]. Pabón-Carrasco ve arkadaşları 85 asemptomatik düz tabanlı bireyi yine rastgele iki farklı gruba ayırmış, dört hafta boyunca bir gruba KA egzersizi, diğer gruba aktif metatarsfalangeal eklem dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon egzersizleri yaptırmıştır [9]. Çalışma sonucunda her iki grupta da benzer oranda ayak pronasyonunun azaldığı ve MLA yüksekliğinin arttığı rapor edilmiştir [9]. Esnek düz tabanlı bireyler üzerinde sanal gerçeklik uygulamaları ile KA egzersizinin etkilerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, dört haftalık müdahalenin sonunda her iki grupta da benzer etkilerin görüldüğü ve tüm bireylerde naviküler düşmenin azaldığı gösterilmiştir [23].

Bu çalışma bulguları geçmiş çalışmalarla uyumlu olarak, KA egzersizinin tek başına naviküler düşmeyi ve ayak postürünü iyileştirmede etkili olabileceğini gösterdi. Bu durum altı haftalık müdahale sonrası sadece KA egzersizinin uygulandığı kontrol grubunda da diğer gruplarla aralarında fark olmaksızın fleksör hallusis longus ve fleksör digitorum brevis kaslarında meydana gelen kuvvet artışından kaynaklanmış olabilir. Daha önce yapılan çalışmalarda KA egzersizinin intrinsik ayak kaslarını güçlendirdiği ve bu sayede MLA'nın daha kavisli bir görünüm kazanabileceği ve eversiyondaki arka ayağın tekrar nötral konumuna gelebileceği belirtilmiştir [2, 16]. Mann ve Inman ayak ağırlık taşıırken abduktor hallusis, fleksör hallusis brevis ve fleksör digitorum brevis kaslarının medial longitudinal arkın kritik stabilizasyonunu sağladığını belirtmiştir [48]. Jacob bu görüşü destekler nitelikte bu kasların yürüyüşün itme fazında vücut ağırlığının %36'sına kadar kuvvet açığa çıkararak MLA yapısının dinamik stabilizasyonuna katkı sağladığını göstermiştir [44]. Öte yandan, Pabón-Carrasco ve arkadaşları yakın zamanda yapmış oldukları çift kör randomize kontrollü bir çalışmada asemptomatik düz tabanlı bireylerde, KA egzersizlerinin yanısıra sadece dirençsiz oturur pozisyonda yapılan aktif metatarsfalangeal eklem fleksiyon egzersizlerinin de dört haftanın sonunda APİ-6 sonuçlarında ve naviküler düşmede iyileşmeye yol açtığını

bildirmiştir [9]. Bu bilgiler ışığında ve aynı zamanda bu çalışma bulgularından da yola çıkarak literatürü destekler şekilde KA egzersizinin intrinsik kas kuvvetini artırmada yarar sağlayabileceği ve görevi metatarsofalangeal eklemlere fleksiyon yaptırmak olan fleksör digitorum brevis ve fleksör hallucis brevis kaslarındaki kuvvet artışının MLA yüksekliğinin ve ayak postürünün normal pozisyonuna geri dönüşünde etkili olabileceği kanaatindeyiz. Diğer taraftan naviküler düşmedeki en fazla azalış AEG'de, daha sonra KEG'de ve en az KG'de gözlenmiştir. Ayrıca ayak pronasyonu AEG ve KEG'de benzer oranda ve KG'na kıyasla daha fazla azalmıştır. Bu bulgular bize intrinsik ve ekstrinsik ayak kaslarının koordineli bir şekilde çalışarak MLA yapısının düzleşmesini ve ayağın pronasyona gidişini sadece intrinsik ayak kas fonksiyonuna göre daha fazla sınırlandırabileceğini ve kalça abduktör ve eksternal rotatorlerindeki kuvvet artışının da ayağın nötral konumuna dönmesine yardımcı olabileceğini göstermiştir.

Ayak kompleksinin sağlıklı fonksiyonu ayak kor sisteminde yer alan aktif, pasif ve nöral alt grupların birbiriyle etkileşimi sayesinde sürdürülür. İntrinsik ve ekstrinsik ayak kasları aktif alt grubu oluşturur [2]. Düz tabanlı bireylerde normal ark yapısına sahip bireylere kıyasla intrinsik ayak kaslarının daha kuvvetsiz olduğu [63] ve yetişkinlerde sonradan edinilmiş esnek düz tabanlıkta çökmüş MLA yapısının en sık tibialis posterior tendon disfonksiyonuyla ilişkili olduğu bildirilmiştir [5, 61, 62]. Ayrıca başka bir çalışmada, düz tabanlı bireylerde KA egzersizi sırasında peroneus longus fonksiyonunun normal ark yapısına göre daha düşük olduğu ve bireylerin ekstrinsik kaslarını güçlendirmek için KA egzersizlerine ilave başka bir müdahaleye ihtiyaçları olduğu belirtilmiştir [15].

Önceki yıllarda Soysa ve arkadaşları ayak-ayak bileğinin üç boyutlu ekstansiyon hareketi sırasında ekstrinsik ayak kasları çalışırken ayak parmaklarında fleksiyon hareketinin indüklenmesi nedeniyle MLA'yı destekleyen intrinsik ayak kas aktivitesinin artabileceğini bildirmiştir [110]. Bu görüşü destekler nitelikte son yapılan çalışmalarda alt ekstremite PNF paterninde ekstansiyon yönündeki üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizleri, intrinsik ve ekstrinsik ayak kaslarını güçlendirmeye yönelik bir uygulama olarak önerilmiştir [8, 13, 22]. Lee ve Park, bir plantar fasiit hastası üzerinde izotonik PNF tekniğiyle kombine 3-B ayak-ayak bileği egzersizlerini içeren dört haftalık bir tedavi programının dorsi fleksiyon ve eversiyon kas kuvvetinde %13, dengede %8 artış sağladığını ve bu sonuçlara dayanarak 3-B ayak-ayak bileği egzersizlerinin intrinsik ayak kaslarını kuvvetlendirmeye yönelik bir uygulama olabileceğini rapor etmiştir [13]. Ancak MLA yüksekliğini ve intrinsik kasların

kuvvetini değerlendirmemelerini çalışmanın limitasyonları arasında saymıştır [13]. Park ve Hwang, 16 sağlıklı birey üzerinde KA egzersizi, parmakları yayma egzersizi ve fleksiyon ve ekstansiyon yönünde yapılan 3-B ayak-ayak bileği egzersizlerinin abduktor hallusis, fleksör hallusis longus ve ekstansör hallusis longus aktivasyonu üzerine etkisini karşılaştırmış, sonuç olarak ekstansiyon yönündeki 3-B ayak-ayak bileği egzersizlerinin abduktor hallusis ve fleksör hallusis longus kasını aktive etmede oldukça etkili olduğunu bulmuştur [8]. Ayrıca ekstansiyon yönündeki 3-B ayak-ayak bileği egzersizinin KA egzersizine kıyasla abduktor hallusis kasını aktive etmede %11 daha yüksek orana sahip olduğunu ve parmak yayma egzersizi ile KA egzersizine alternatif olarak abduktor hallusis kasını aktive etmede yeterli olabileceğini bildirmiştir [8]. Bununla birlikte, ekstansiyon yönündeki 3-B ayak-ayak bileği egzersizlerinin, egzersizin yönünden dolayı, tibialis posterior ve peroneus longus kasını aktive etmede KA egzersizine kıyasla daha avantajlı olabileceğini belirtmiştir [8]. Park ve arkadaşları, obez düz tabanlı 24 birey üzerinde ekstansiyon yönündeki 3-B ayak-ayak bileği egzersizlerinin etkisini inceledikleri çalışmalarında, katılımcıları kontrol ve PNF grubuna ayırmış; kontrol grubuna KA egzersizi, PNF grubuna dirençli elastik bant ile kombine diagonal 1 ve 2 ekstansiyon paterninde 3-B ayak-ayak bileği egzersizi reetelemiştir [22]. Bireyler dört hafta boyunca haftada üç gün egzersiz eğitimine tabi tutulmuştur [22]. Çalışma kapsamında naviküler düşme testi ile MLA yüksekliği, dijital hand-held dinamometre ile dört yönlü ayak bileği kas kuvveti değerlendirilmiş ve sonuç olarak her iki egzersizin de MLA yapısını, ayak bileği çevresi kas kuvvetini ve dengeyi geliştirmede etkili olduğunu rapor edilmiştir [22]. Bununla birlikte, 3-B ayak-ayak bileği egzersizlerinin dorsi fleksiyon ve inversiyon kas kuvvetini KA egzersizlerine kıyasla daha fazla artırdığı tespit edilmiştir [22]. Bu kanıtlardan yola çıkararak bu çalışmada da 3-B ayak-ayak bileği fleksiyon ve ekstansiyon egzersizleri arasından sadece ekstansiyon egzersizlerine yer verilmiştir.

3-B ayak-ayak bileği egzersizleri diagonal 1 ve diagonal 2 yönünde yapılan iki farklı ekstansiyon egzersizini içerir [8]. Diagonal 1 yönündeki ekstansiyon egzersizinin plantar fleksiyon, eversiyon ve parmaklarda fleksiyon hareketlerini içerdiği için peroneus longusu ve intriksik kasları aktive edebileceği; Diagonal 2 yönündeki ekstansiyon egzersizinin ise plantar fleksiyon, inversiyon ve parmaklarda fleksiyon hareketlerini içerdiği için tibialis posterior aktivitesine katkıda bulunabileceği ifade edilmiştir [8]. Bu çalışmada, altı haftalık egzersiz müdahalesi sonucunda AEG'de naviküler düşüşünün ortalama 5 mm azaldığı, APİ-6 skorunun ortalama 5 puan azaldığı ve abduktor hallusis kas kuvvetinin ortalama 9,5 Newton arttığı kaydedilmiştir. APİ-6 sonucu hariç, bu farklar diğer gruplardan anlamlı derecede daha

yüksek çıkmıştır. Ayrıca ayak bileği çevresi dört yönlü ekstrinsik ayak kaslarının kuvveti sadece AEG'da anlamlı artış göstermiştir. Bu durum 3-B ayak-ayak bileği egzersizi sırasında KA ve midye egzersizine kıyasla daha fazla ayak parmakları fleksiyon hareketinin açığa çıkmasından dolayı daha fazla intrinsik kas aktivasyonunun oluşmasından ve aynı zamanda abduktor hallusis ve ekstrinsik kas kuvveti artışı nedeniyle MLA yüksekliğinin daha fazla artmış olmasından kaynaklanmış olabilir. Bununla birlikte, plantar fleksörlerdeki kuvvet artışı dolaylı olarak plantar fasyanın MLA desteğini artırmada rol oynamış olabilir. Daha önce, plantar fleksörlerdeki gerilim kuvvetinin Aşil tendonu aracılığıyla plantar fasyaya aktarılarak plantar fasyanın daha fazla gerginleşmesine yol açtığı ve MLA'nın statik stabilitesine katkı sağladığı rapor edilmiştir [2].

Alahmri ve arkadaşları, düz tabanlı bireylerin kalça abduktor izokinetik kas kuvvetinin normal MLA yapısına sahip bireylere kıyasla daha düşük olduğunu bildirmiştir [18]. Bununla birlikte düz tabanlı bireyler üzerinde yapılan bir elektromiyografik analiz çalışmasında, KA egzersizi sırasında kalça abduktor ve eksternal rotator kaslarının 5 saniye boyunca izometrik kontraksiyonunun gerçekleşmesi, tek başına KA egzersizine kıyasla ayakta daha fazla intrinsik kas aktivasyonuna yol açtığı bulunmuştur [18]. Yakın zamanda yapılan müdahale çalışmalarında da, düz tabanlı bireylere uygulanan ayak egzersizleriyle kombine gluteus medius odaklı dirençli egzersiz eğitiminin ayak yapı ve fonksiyonunun iyileşmesine katkı sağlayabileceği gösterilmiştir [17, 19]. Snyder ve arkadaşları, asemptomatik düz tabanlı koşucular üzerinde yaptıkları çalışmada, altı hafta boyunca kalça abduktor ve eksternal rotatorlerinin güçlendirilmesiyle arka ayak eversiyonunun azaldığını göstermiştir [16]. Engkananuwat ve Kanlayanaphotporn düz tabanlık üzerine midye egzersizinin etkisini araştırdıkları randomize kontrollü çalışmada, bilateral esnek düz tabanlı olan 52 asemptomatik bireye sekiz haftalık rehabilitasyon programı uygulamış ve sonuç olarak ayak egzersizleriyle (KA egzersizi ile tibialis posterioru kuvvetlendirmeye yönelik dirençli ayak adduksiyon ve ayak supinasyon egzersizi) birlikte uygulanan midye egzersizinin, MLA yüksekliğini ve naviküler düşmeyi iyileştirmede tek başına ayak egzersizlerine kıyasla daha etkili olduğunu bulmuştur [17]. Benzer bir çalışmada Brijwasi ve Borkar, esnek düz tabanlı 52 birey üzerinde, KA egzersiziyle kombine kalça abduktor ve eksternal rotator kasları kuvvetlendirme egzersizlerinin düz tabanlık üzerine etkisini araştırmış ve tüm grupları altı hafta boyunca, haftada üç gün egzersiz eğitimine tabi tutmuştur [19]. Deney grubuna aktif dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon, KA egzersizi, kalça abduktor ve ekstansör kasları kuvvetlendirme egzersizi ve kalf germe egzersizi; kontrol

grubuna ise aktif dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon egzersizleri ile kalf germe egzersizi uygulamıştır [19]. Çalışma sonucunda altı haftalık kapsamlı bir egzersiz programının, kontrol grubu egzersizlerine kıyasla, naviküler düşme miktarını 0,4 cm daha fazla geliştirebileceğini belirlemiştir [19]. Esnek düz tabanlı kadın bireyler üzerinde gerçekleştirilen başka bir çalışmada, izometrik kalça abduksiyon egzersizi ile kombine KA egzersizinin tek başına izometrik kalça abduksiyon egzersizine veya KA egzersizine kıyasla naviküler düşmeyi daha fazla geliştirdiği rapor edilmiştir [112].

Bu tez çalışması sonucunda, KA egzersizine ilave uygulanan midye egzersizinin tek başına KA egzersizine göre MLA yüksekliğini anlamlı derecede daha fazla iyileştirdiği ve ayak postürünü geliştirmede AEG ile benzer etkiler oluşturduğu görülmüştür. Bu sonuç kalça kaslarındaki kuvvet artışının femur ve tibiada eksternal rotasyon artışına neden olmasıyla ilişkilendirilebilir. Daha önce, subtalar eklem pronasyonunun tibia ve femurdaki internal rotasyonu artırabileceği bildirilmiştir [14]. Ancak çalışma kapsamında alt ekstremitte dizilimi objektif olarak değerlendirilmediği için bu yorumu destekler bir kanıtımız bulunmamaktadır. Düz tabanlı bireylerde midye egzersizinin alt ekstremitte dizilimi üzerine etkilerinin araştırıldığı ileriki çalışmalara ihtiyaç vardır. Yine de, çalışma bulguları kalça abduktor ve eksternal rotatorlerindeki kuvvet artışının ayak postürünün normalleşmesi üzerine faydalı olabileceğini kanıtlar niteliktedir ve literatür bilgilerini desteklemektedir.

Çalışma sonucunda kalça kaslarındaki kuvvet artışı en fazla KEG’de meydana gelse de diğer gruplarda da egzersiz sonrası anlamlı kuvvet artışı saptanmıştır. Bu sonuç KA egzersizi ile ilişkili olabilir. Katılımcılar özellikle tek bacak üzerinde KA egzersizi yaparken dengeyi korumak ve pelvisin karşı tarafta yere doğru düşmesini önlemek için ekstra gluteus medius aktivasyonunu artırmış olabilir [86]. Önceki çalışmalar gluteus medius aktivasyonunun KA egzersizi sırasında intrinsik kas aktivitesini tek başına KA egzersizine kıyasla daha fazla artırabildiğini göstermiştir [18]. Bu çalışma bulgusu da KA egzersizi etkisiyle artan intrinsik kas aktivasyonunun, kalça abduktor ve eksternal rotator kas aktivasyonunu indükleyebileceğine işaret etmektedir. İlerde düz tabanlı bireylerde farklı spesifik ayak egzersizlerinin gluteal kas aktivasyonu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalara ihtiyaç vardır.

5.3. Uygulamaların Alt Ekstremitte Performansına Etkisi

Uygun kas-iskelet yapısı bireyin koşu ve yürüyüş gibi genel hareketlerini etkileyerek yaşam kalitesinde belirleyici rol oynayan en önemli faktörlerden biridir [111]. Bununla birlikte, ayak ark yapısı vücut ağırlığının desteklenmesinde ve yer reaksiyon kuvvetinin oluşumunda kritik rol oynar [112]. MLA yapısının düzleşmesi ve ayak kemik dizilimindeki bozulmalar, ayak postüründe ve alt ekstremitte segmentlerinde anormal değişikliklere yol açarak uygun kas-iskelet sistemi hareketlerinin ve biyomekaniğinin oluşmasını sınırlandırabilir, alt ekstremitte yaralanmaları ile kas-iskelet sistemi ağırları açısından potansiyel bir risk faktörü olarak karşımıza çıkabilir ve alt ekstremitte fonksiyonlarında zayıflamaya yol açabilir [36, 111-115]. Ayak postür farklılıklarının statik vücut duruşunda ve dinamik hareketlerde farklılığa yol açtığına anlaşılmaya başlanmıştır [36, 116], düz tabanlı bireyler ve normal ark yapısına sahip bireyler arasında fiziksel performans farklılıklarının olup olmadığı araştırılmaya başlanmış ve düz tabanlılığın alt ekstremitte fonksiyonlarında gerilemeye yol açabildiği kanıtlanmıştır [111, 113, 115, 117-121]. Bu çalışma kapsamında da farklı egzersiz yaklaşımlarının düz tabanlılık şiddetinin azalmasıyla ilişkili olarak alt ekstremitte performansının iyileşmesinde etkili olabileceği varsayılmış, KA egzersizinin ve KA egzersiziyle birlikte uygulanan 3-B ayak-ayak-bileği ve midye egzersizinin alt ekstremitte performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Alt ekstremitte performansının belirleyicisi olarak, alt ekstremitedeki biyomekaniksel değişime daha duyarlı olabileceğini düşündüğümüz için tek bacak topuk yükseltme, öne doğru sıçrama ve dinamik denge performansı analiz edilmiştir. Altı haftalık egzersiz müdahalesinin sonucunda her üç grupta da aralarında anlamlı bir fark olmaksızın değerlendirilen tüm performans test sonuçlarının iyileştiği görülmüştür. Bu sonuç tüm gruplarda MLA yüksekliği artışının alt ekstremitte kinematiklerinin iyileşmesine katkı sağlamış olmasından kaynaklanabilir. Önceki çalışmalarda, düşük MLA yüksekliğine sahip pronasyonlu ayağın yürüyüş sırasında daha düşük alt ekstremitte segment koordinasyonuna sahip olduğu bildirilmiştir [5, 122]. Bu nedenle, kalça abduktor ve eksternal rotatorlerdeki kuvvet artışı, kalça eklem stabilizasyonunu artırarak alt ekstremitte koordinasyonuna katkı sağlamış olabilir.

5.3.1. Uygulamaların topuk yükseltme performansına etkisi

Tibialis posterior kası MLA'nın dinamik stabilizasyonundan sorumlu primer kastır. Triseps surae kas grubu ise Aşil tendonunun plantar aponevrozla yakın ilişkisi sebebiyle indirekt

MLA stabilizasyonuna destek verir. Bu kasların aynı zamanda ortak işlevi ayak bileği eklemine plantar fleksiyon yaptırmak olduğu [26] için bu çalışmada alt ekstremite enduransının analizinde plantar fleksör odaklı tek bacak topuk yükseltme testi kullanılmıştır. Topuk yükseltme testi sıklıkla esnek düz tabanlı yetişkin bireylerde statik koşullarda ayak ağırlık taşırken plantar fleksörler odaklı alt ekstremite enduransını değerlendirmek için kullanılır [123]. Test enduransın yanısıra ilgili kaslarda yorgunluğun ve kuvvetin değerlendirilmesine de olanak sağlar [124]. Özellikle tibialis posterior zayıflığında bu test performansının olumsuz etkilenebileceği belirtilmiştir [123]. Test sırasında birey duvar karşısında test edilen bacak üzerinde, belirli bir ritimde, yorulmadan ve dengesini kaybetmeden parmak ucunda olabildiğince çok sayıda yükselmeye çalışır; kaslar yorulmaya başladığında ayak eversiyona doğru gitmeye başlar ve birey teste devam edemez [123]. Bu durum tibialis posterior kasının arka ayağı inversiyon yönünde destekleyemeyecek şekilde yorulduğuna işaret eder [123]. Bazı araştırmacılar normal ark yapısına sahip bireylerde topuk yükseltme performansı ortalama değerlerinin 23 ila 27.9 arasında değiştiğini ve ortalama 25 olduğunu ifade etmiştir [100, 125]. Bu çalışmada tüm gruplar için egzersiz müdahalesi öncesi elde edilen topuk yükseltme sayıları arasında anlamlı bir fark yoktu ve gruplardaki ortalama topuk yükseltme sayıları literatürdeki normal ark yapısına sahip bireylerin ortalama değerlerine yakındı. Bu durum bu çalışma örneklemindeki bireylerde henüz tibialis posterior tendon yetmezliğinin gelişmemesinden kaynaklanmış olabilir.

Topuk yükseltme hareketi sırasında alt ekstremite eklemlerinde normal yürüyüş mekanizmasına benzer hareketler görülür [121]. Klinik veriler, düz tabanlı yetişkinlerde tek bacak topuk yükseltme yeteneğinin ve yürüme kabiliyetinin bozulduğunu ortaya koymuştur [122]. Chimenti ve arkadaşları, sağlıklı bireyler ile tibialis posterior tendon disfonksiyonu tanısı alan düz tabanlı bireyler arasında topuk yükseltme performansını karşılaştırmış; çalışma sonucunda düz tabanlı bireylerin daha düşük topuk yükseltme performansı sergilediğini bulmuştur [113]. Bu çalışma sonucunda topuk yükseltme performansının, aralarında anlamlı bir fark olmaksızın tüm gruplarda geliştiği görülmüştür. Fakat, istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da topuk yükseltme performansındaki iyileşme en fazla AEG'de meydana gelmiştir. Bu durum plantar fleksörlerdeki kuvvet artışıyla ilişkili olabilir. Yine de görünen o ki altı haftalık egzersiz müdahalesi, topuk yükseltme performansında fark yaratmaya yetecek kadar tibialis posterior ve diğer plantar fleksör kas gruplarındaki kuvvet artışının sağlanmasında yeterli bir süre olmamış olabilir. Literatür incelendiğinde düz tabanlı bireylerde topuk yükseltme performansının tibialis posterior tendon zayıflığıyla ilişkili

olabileceği bildirilmiş [113, 126] ancak seçici tibialis posterior kuvvetlendirme egzersizlerinin bu popülasyonda tek bacak topuk yükseltme performansı üzerine etkilerini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Gelecekte düz tabanlı bireylerde seçici tibialis posterior kuvvetlendirme egzersizlerinin topuk yükseltme performansı üzerine etkilerini araştıran çalışmalara ihtiyaç vardır.

Diğer yandan, intrinsik ayak kaslarının propulsiyon sırasında MLA'ı destekleme görevi göz önünde bulundurulduğunda, tüm gruplardaki topuk yükseltme performans artışı intrinsik kas kuvvetinin gelişmesiyle ilişkili olabilir. Özellikle fleksör digitorum brevis ve fleksör hallucis brevis kasları (tüm gruplarda benzer oranda kuvvetlenen kaslardır), topuk yükseltme hareketi sırasında tibialis posterior gibi çalışarak orta ayağı stabilize edip sert bir ayak segmenti oluşturma görevi görmüş olabilir ve bu sayede topuk yükselirken itme fazının başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi için plantar fleksörler tarafından enerji üretilmesine yardımcı olmuş olabilir [124]. Ancak bu görüşün ileriki benzer çalışmalardan elde edilecek kanıtlarla desteklenmeye ihtiyacı vardır.

5.4.2. Uygulamaların öne doğru sıçrama performansına etkisi

Daha önce, sıçrama kabiliyetinin plantar bölgedeki intrinsik kas aktivitesinden etkilenebileceği bildirilmiştir [76]. Sıçrama sırasında başarılı bir itme gücünün elde edilebilmesi için metatarsofalangeal eklemlerde ani ekstansiyonu takiben intrinsik fleksör kas kuvveti aracılığıyla uygun aralıkta fleksiyon hareketinin gerçekleşmesi gerekir [76]. Bu nedenle, sıçrama performansının intrinsik kas aktivitesi değişimine duyarlı olabileceği ve ayak intrinsik kas zayıflığının eşlik ettiği rahatsızlıklardan etkilenebileceği belirtilmiştir [55, 77]. Nitekim, düz tabanlılığın sıçrama performansını olumsuz yönde etkilediğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır [115, 127]. Şerare ve arkadaşları, bu yıl yayımladıkları çalışmada çift ayak yatay sıçrama ve tek ayak ardışık beşli sıçrama performansının MLA yapısı normalden yüksek olan bireylerde düşük MLA yapısına sahip bireylere kıyasla daha yüksek olduğunu bulmuştur [127]. Bunun aksine, dikey yönde yapılan anaerobik sıçramalarda yüksek ark yapılı ayak ile düz tabanlı ayak arasında bir farklılık olmadığını tespit etmiştir [127]. Dikici ve Demirdel, bizim çalışma popülasyonumuzla benzer yaş grubuna sahip asemptomatik esnek düz tabanlı bireylerde düz tabanlılık şiddetinin vertikal sıçrama performansını değiştirmediğini bildirmiştir [108]. Bununla beraber, literatürde vertikal sıçrama yeteneğinin normal ark yapısına sahip bireylerle düz tabanlı bireyler arasında

farklılık göstermediğini bildiren başka çalışmalar da mevcuttur [1, 128, 129]. Diğer yandan, vertikal sıçrama performansının düz tabanlıkla negatif yönde ilişkili olabileceğini bildiren çalışma da bulunmaktadır [115]. Ancak düz tabanlı bireylerde vertikal sıçrama testi, öne doğru tek bacak sıçrama testi ile aynı fonksiyonları değerlendirmeyebilir [130]. Sağlıklı bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada, vertikal sıçrama testi ile öne doğru tek bacak sıçrama testinin orta düzeyde korelasyon göstermesine rağmen aynı fonksiyonel bileşenleri ölçmedikleri belirtilmiş ve alt ekstremitte performansını belirlemede birbiri yerine kullanılamayacağı ifade edilmiştir [130]. Bu nedenle vertikal sıçrama performansı ve düz tabanlık arasındaki ilişkiyi ortaya koyan çalışma bulgularından yola çıkarak öne doğru sıçrama performansı ve düz tabanlık arasında ilişki olup olmadığı konusunda bir sonuca varılması doğru olmayabilir. Öne doğru sıçrama performansının MLA yüksekliğiyle ilişkisini araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [131]. Adolesan sporcular üzerinde yapılan bir çalışmada düz tabanlığın öne doğru sıçrama mesafesini etkilemediği bulunmuştur [131]. Öne doğru yatay sıçrama performansının düz tabanlıkla ilişkili olup olmadığının kesin olarak anlaşılması için bu konunun daha fazla araştırılmaya ihtiyacı vardır.

Bu çalışma ile farklı egzersiz uygulamalarının düz tabanlı bireylerin öne doğru sıçrama performansını geliştirebileceği gösterilmiştir. Bu sonucu destekler nitelikte, düz tabanlı kadın sporcular üzerinde yapılan bir çalışmada, altı hafta boyunca uygulanan ayak postürünü düzeltici kapsamlı egzersiz programının öne doğru sıçrama fonksiyonunun gelişmesinde etkili olduğu belirtilmiştir [111]. Bu sonuç ayak bileği eklemünde eklem pozisyon hissini artırmasıyla ve ayak postürünün iyileşmesiyle ilişkilendirilmiştir [111]. Bu çalışmada, her üç egzersiz protokolünün öne doğru sıçrama performansını geliştirmede etkili olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bunun nedeni, plantar bölgede yer alan intrinsik fleksör kas gruplarındaki kuvvet gelişiminin MLA yüksekliğini ve ayak postürünü iyileştirmesinden kaynaklanmış olabilir. MLA yapısının yürüme biyomekaniğinde etkin rol oynadığı ve vücudun öne doğru ilerletilmesinde fonksiyonel bir birim gibi çalıştığı ve kuvvet üretimine katkı sağladığı bilinmektedir [2, 26]. Bununla birlikte, Varol doktora tez çalışmasında, normal ark yapısına sahip sağlıklı genç bireyler üzerinde fleksör hallucis brevis, fleksör digitorum brevis ve fleksör digiti minimi kas kuvvetinin tek bacak öne doğru sıçrama performansıyla ilişkili olduğunu göstermiş ve fonksiyonel performansın geliştirilmesi gereken rahatsızlıklarda egzersiz programlarına ayağın intrinsik kaslarını kuvvetlendirmeye yönelik spesifik egzersizlerin de eklenmesi gerektiğini vurgulamıştır [132].

5.4.3. Uygulamaların dinamik denge performansına etkisi

Düz tabanlı bireylerde statik ve dinamik dengenin normal ayak yapısına sahip bireylere kıyasla daha düşük olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir [114, 117, 118, 120, 121, 133-135]. Bu doğrultuda düz tabanlı bireylerin dengesini geliştirmede etkili olabilecek farklı egzersiz müdahalelerinin anlaşılması literatüre değerli katkılar sunacaktır. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada katılımcıların alt ekstremité performansı belirlenirken tercih edilen sonuç ölçümlerinden biri dinamik denge performansı olmuştur. Literatür çalışmaları incelendiğinde, KA, 3-B ayak-ayak bileği ve midye egzersizinin düz tabanlı bireylerin denge performansını geliştirmede etkili olabileceği gösterilmiştir [11-13, 17, 19, 23, 136]. Ancak, hangisinin diğerine göre daha olumlu bir etkiye sahip olduğu kesin olarak bilinmemektedir ve midye egzersizi ile 3-B ayak-ayak bileği ekstansiyon egzersizinin düz tabanlı bireylerde statik ve dinamik denge performansı üzerine etkisini araştıran çok sınırlı çalışma bulunmaktadır [8, 17, 137]. Esnek düz tabanlı bireylerde KA ve havlu kıvrıma egzersizinin etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, her iki grupta da dört haftalık egzersiz eğitimi sonrası dinamik dengenin anlamlı derecede geliştiği bulunmuştur [136]. Esnek düz tabanlı bireylerde yapılan başka bir çalışmada, dört haftalık egzersiz eğitiminin sonunda sanal gerçeklik uygulamaları ile KA egzersizinin benzer oranda denge performansının gelişimine katkı sağladığı bildirilmiştir [23]. Park ve arkadaşları, 3-B ayak-ayak bileği ekstansiyon egzersizi ile KA egzersizinin dört haftalık eğitimin sonunda düz tabanlı bireylerin dengesini benzer oranda iyileştirebildiğini ortaya koymuştur. Zaralı ve Raesi esnek düz tabanlı kadın bireylerde KA ve izometrik kalça abduksiyon egzersizlerinin altı hafta boyunca uygulandığında aralarında fark olmaksızın dinamik dengeyi geliştirmede etkili olduğunu; ancak, izometrik kalça abduksiyon egzersizinin KA egzersizleriyle birlikte uygulandığında tek başına izometrik kalça abduksiyon egzersizine veya KA egzersizine kıyasla dinamik dengeyi daha fazla geliştirdiğini bildirmiştir [137]. Engkananuwat ve Kanlayanaphotporn düz tabanlı bireylerde, sekiz haftalık egzersiz eğitiminin sonunda hem KA egzersiziyle birlikte uygulanan tibialis posterior kuvvetlendirme egzersiz protokolünün hem de midye egzersizinin aralarında anlamlı bir fark olmaksızın denge performansında gelişime yol açtığını göstermiştir [17]. Öte yandan, Lee ve Choi esnek düz tabanlı yetişkin bireylerin sadece intrinsik ayak kaslarını kuvvetlendirmek yerine tibialis posterior kasına yönelik kuvvetlendirme egzersizlerini de içerecek şekilde egzersiz müdahalelerini birleştirmenin dinamik denge yeteneğinin geliştirilmesinde daha etkili olabileceğini belirtmiştir [20].

Bu çalışma sonuçları düz taban popülasyonunda KA egzersizinin denge üzerine etkisini araştıran birçok literatür çalışmasıyla [11, 13, 17, 20, 23, 136, 137] paralellik gösterse de Zarali ve Raeisi ile Lee ve Choi'inin çalışma sonuçlarıyla kısmen örtüşmektedir. Zarali ve Raeisi düz tabanlılarda denge performansının geliştirilmesinde intrinsik plantar bölge kaslarının kalça abduktörleriyle birlikte kuvvetlendirilmesini; Lee ve Choi ise tibialis posteriorla birlikte kuvvetlendirilmesini önermiştir. Ancak, bu çalışma sonucunda en fazla kalça abduktör kuvvet artışının KEG'de görülmesine ve plantar fleksör ve invertör kas kuvvet artışının sadece AEG'de saptanmasına rağmen gözler açık ve kapalı tüm yönlerde değerlendirilen dinamik denge performansı her üç grupta benzer oranda artış göstermiş ve gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmasa bile göreceli olarak en fazla artış KG'de meydana gelmiştir. Bu sonuç bize uygulanan egzersizler arasında dinamik denge performansını geliştirmede en etkili egzersiz yönteminin KA egzersizi olabileceğini ve fleksör hallusis brevis ile fleksör digitorum brevis kaslarındaki kuvvet artışının da abduktör hallusis kasına göre dengenin gelişiminde daha fazla rol oynadığını düşündürmüştür. Bu sonuç McKeon ve arkadaşlarının da belirttiği gibi KA egzersizinin, plantar intrinsik kasları aktive ettiği için ayak kor sistemi alt grup üyelerinin birbiriyle olan sensorimotor etkileşimini artırmasından kaynaklanmış olabilir. McKeon ve arkadaşları intrinsik ve ekstrinsik ayak kaslarının dengeli aktivitelerinin ayak stabilitesi için önemli olduğunu iddia etmiş ve ayak kor sistemini tanımlamıştır. Ayak kor sisteminde nöral alt sistem aktif ve pasif sistem elemanların duyu reseptörlerinden oluşur ve özellikle plantar duyu, yürüme ve dengede etkin rol oynar [2]. Başka bir çalışmada ayak dinlenme durumunda yük taşırken intrinsik ayak kaslarının aktive olduğu hatta postüral kontrol ihtiyacı arttıkça bu kasların daha fazla aktivasyon gösterdiği bildirilmiştir [47]. Tüm bu kanıtlar KA egzersizinin fleksör hallusis brevis ve fleksör digitorum brevis kaslarında kuvvet artışına yol açıp, bu sayede ayak düzgünlüğünde iyileşme sağlayarak dinamik dengenin gelişmesine yardımcı olabileceği görüşünü desteklemektedir. Bu görüşü destekler nitelikte önceki yıllarda, düz tabanlı bireylerde KA egzersizinin tek başına dengenin geri kazanımında etkili olduğu bildirilmiştir [11, 12]. Ayrıca, KA egzersizi ayak bileği instabilitesinde eklem pozisyon hissini, dinamik dengeyi ve vibrasyon duyusu eşliğini geliştirmede etkili bir egzersiz yöntemi olarak ifade edilmiştir [121]. KA egzersizi etkisiyle ayak normal dizilimine yaklaştıkça postüral kontrol için uygun kasların kasılmasını fasilite eden ayak duyu girdisi de normalleşerek dengenin gelişimine katkı sağlamış olabilir [115, 138]. Dolayısıyla bu çalışmada bireylerin dinamik denge performansındaki artış KA egzersizine bağlı ayak-ayak bileği çevresindeki propriosepsiyonun gelişmesiyle de ilişkili olabilir. Ancak Zarali ve Raeisi, esnek düz tabanlı

kadın bireylerde altı haftalık KA ve izometrik kalça abduksiyon egzersiz eğitiminin ayak bileği çevresi eklem pozisyon hissini geliştirmede yeterli olmadığını bildirmiştir. Yine de, bu konunun açıklığa kavuşturulması için düz tabanlı bireylerde KA egzersizinin ayak-ayak bileği propsiyoepsiyonu üzerine etkilerini araştıran daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Düz taban deformitesi, alt ekstremitede diziliminde ve kinematiklerinde bozukluğuna, denge performansında ciddi kayıplara ve ileri zamanda kalça/diz ağrısı gibi çeşitli muskuloskeletal semptomlara neden olabilir [71]. Düz tabanlılığın tedavisinde alt ekstremitte düzgünlüğünü bozan durumların iyi tespit edilmesi ve hedef odaklı birkaç farklı bölge egzersizlerinin aynı tedavi seansına dâhil edilmesi, sadece sağlıklı ayak fonksiyonunun kazanımında değil özellikle alt ekstremitte dizilim bozukluğunun eşlik ettiği kas-iskelet sistemi problemlerinin önlenmesi ve konservatif tedavisine de büyük oranda faydalı olacaktır. Bu açıdan bu çalışma bulgularının literatüre değerli katkılar sunacağı kanaatindeyiz.

5.5. Çalışmanın Güçlü Yanları ve Limitasyonları

Bu çalışmanın güçlü yanlarından biri rastgele ayrılmış ve körlenmiş katılımcılara 2 farklı egzersiz protokolünün uygulanmış olması ve bu egzersizlerin aktif bir kontrol grubu ile karşılaştırılmış olmasıdır. Ayrıca değerlendirmeleri yapan araştırmacının da grup bilgisine kör olması çalışmanın bir diğer güçlü yanını oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın bazı limitasyonları bulunmaktadır. İlk olarak, çalışma popülasyonu asemptomatik düz tabanlı bireylerden oluşmaktadır. Bu durum elde edilen bulguların semptomatik bireyler için de geçerli olabileceği kanısını sınırlandırmaktadır. Gelecekte bu egzersizlerin semptomatik düz tabanlı bireyler üzerindeki etkisi araştırılmalıdır. İkinci olarak, 3-B ayak-ayak bileği egzersizi ve midye egzersizi birlikte kullanılmamıştır. Gelecekteki çalışmalarda bu egzersizlerin kombine etkilerinin incelenmesi önerilmektedir. Son olarak, bu çalışmaya aktif spor hayatı olmayan genç yetişkinler dâhil edilmiştir. Bu egzersizlerin etkileri sporcularda, adolesan veya geriatric popülasyonda farklı olabilir. Dolayısıyla bu durum çalışma sonuçlarının tüm yaş gruplarındaki asemptomatik düz tabanlılar için genelleştirilmesini sınırlandırmaktadır. Üç boyutlu ayak-ayak bileği ve midye egzersizinin farklı yaş gruplarındaki ve/veya aktif spor yaşantısına devam eden düz tabanlı bireyler üzerindeki etkisinin incelendiği daha ileriki çalışmalara ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında esnek düz tabanlı asemptomatik bireylerde altı haftalık KA egzersiz programına ek olarak uygulanan 3-B ayak-ayak bileği veya midye egzersiz eğitiminin MLA yüksekliği, statik ayak postürü, alt ekstremite izometrik kas kuvveti ve alt ekstremite performansı (plantar fleksör odaklı endurans, öne doğru tek bacak sıçrama ve dinamik denge performansı) üzerine etkisi karşılaştırılmıştır. Çalışma öncesi kurulan hipotezlerden H1_a tamamen; H1_c kısmen sağlanmış; H1_b ve H1_d hipotezleri ise sağlanmamıştır. Bu doğrultuda çalışma sonuçları ve öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- Esnek düz tabanlı bireylerin rehabilitasyonunda KA egzersizine ilave 3-B ayak-ayak bileği egzersizinin veya midye egzersizinin uygulanması navikular düşmeyi ve statik ayak postürünü iyileştirmede tek başına KA egzersizinden daha etkilidir. Buna rağmen KA egzersizi de tek başına uygulandığında MLA yüksekliğinin ve ayak postürünün iyileşmesinde etkili olmuştur. Dolayısıyla esnek düz tabanlı bireylerin tedavisi için sadece KA egzersizi reçetelemek bir seçenek olabilir ancak bunun yerine KA ile 3-B ayak-ayak bileği egzersizinin veya midye egzersizinin kombine uygulanabileceği bir egzersiz müdahalesinin planlanması düz tabanlılığın iyileşme sürecine daha olumlu yansıtılabilir.
- 3-B ayak-ayak bileği egzersizinin midye egzersizine kıyasla MLA yüksekliğini artırmada, abduktor hallusis ve ayak bileği çevresi izometrik kas kuvvetini geliştirmede daha üstün etkilere sahip olduğu görülmüştür.
- 3-B ayak-ayak bileği egzersizi ve midye egzersizinin ayak postürünün nötral konumuna yaklaşması üzerine etkileri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır; ancak, kısa ayak egzersiziyle kombine uygulandıklarında tek başına kısa ayak egzersizine kıyasla ayak postürünün iyileşmesine daha fazla katkı sağlamışlardır. Bu bağlamda düz taban rehabilitasyonunda ayak-ayak bileği çevresindeki kaslarla birlikte kalça abduktor ve eksternal rotator kaslarını da kuvvetlendirmeyi amaçlayan terapötik egzersizlere odaklanılması arka ayak pronasyon şiddetinin azalmasında daha faydalı olabilir.

- KA egzersizine ek olarak uygulanan 3-B ayak-ayak bileği egzersizleri, tek başına KA egzersizine kıyasla ayak bileği çevresi ve abduktor hallusis izometrik kas kuvvetini artırmada daha etkilidir. Bundan ötürü, abduktor hallusis kas disfonksiyonunun ön planda olduğu başka rahatsızlıklar için planlanan egzersiz programına 3-B ayak-ayak bileği egzersizlerinin eklenmesinin olumlu klinik sonuçlar sağlayabileceğini öngörmekteyiz.
- Fleksör hallusis brevis ve fleksör digitorum brevis kaslarının izometrik kas kuvvetini artırmada her üç egzersiz protokolü de etkili olmuştur.
- KA egzersizi, KA egzersizine ilave 3-B ayak-ayak bileği egzersizi uygulaması ve KA egzersizine ilave midye egzersizi uygulaması, kalça abduktor ve eksternal rotator kaslarının kuvvetlenmesinde etkili olmuştur. Ancak en fazla etki midye egzersizi ile sağlanmıştır.
- Düz tabanlı olan bireylerde KA egzersizi, KA egzersizine ilave 3-B ayak-ayak bileği egzersizi ve KA egzersizine ilave midye egzersizi, tek bacak topuk yükseltme, öne doğru tek bacak sıçrama ve gözler açık ve kapalı iken dinamik denge performansını geliştirmede anlamlı olarak olumlu etkiler açığa çıkarmıştır.

Çalışma sonuçları, düz taban rehabilitasyonunda kısa ayak egzersizi, üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi ve midye egzersizinin güvenilir bir şekilde uygulanabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, düz tabanlı olan bireylerde alt ekstremite biyomekaniğinin ve performansının olumsuz etkilenmesini önlemek adına ve ileride buna neden olabilecek diğer sorunları en aza indirmek için deformiteyi düzeltici yönde gerekli egzersiz uygulamalarına, mümkünse düz tabanlık tespit edildiği andan itibaren başlanılmasının önemli olduğunu düşünüyoruz.

Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, esnek düz tabanlı bireylerde KA egzersizine ilave üçboyutlu ayak-ayak bileği egzersizi ve midye egzersizinin MLA yüksekliği, statik ayak postürü, alt ekstremite izometrik kas kuvveti, plantar fleksörler odaklı alt ekstremite enduransı, tek bacak öne doğru sıçrama performansı ve dinamik denge üzerine etkisi incelenerek karşılaştıran ilk çift kör randomize kontrollü çalışmadır. Bu anlamda çalışma

bulgularının literatürdeki bir boşluğun doldurulmasına değerli katkılar sunacağı kanaatindeyiz.

Sonuç olarak, esnek düz tabanlı asemptomatik genç yetişkinlerde, birkaç farklı amaca hizmet eden ve içinde hem proksimal hem de distal bölgeyi barındıran daha kapsamlı egzersiz programlarının planlanması, düz tabanlığın tedavisinde daha hızlı, etkili ve kalıcı sonuçlar doğurabilir. Egzersiz uygulamaları, esnek düz tabanlı bireylerin konservatif tedavisinde tatmin edici fonksiyonel sonuçlar doğuran etkili bir müdahale yöntemidir.





KAYNAKLAR

1. Esen DH, Kafa N, Atalay Guzel N, Akarcesme C. (2022). The effects of Dynamic® taping on vertical jumps in adolescent volleyball players with low medial longitudinal arch. *Baltic journal of health physical activity*, 14(4), Article4.
2. McKeon, P. O., Hertel, J., Bramble, D., and Davis, I. (2015). The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *British journal of sports medicine*, 49(5), 290.
3. Mosca, V. S. (2010). Flexible flatfoot in children and adolescents. *Journal of children's orthopaedics*, 4(2), 107–121.
4. Bhoir, T., Anap, D. B., and Diwate, A. (2014). Prevalence of flat foot among 18-25 years old physiotherapy students: cross sectional study. *Indian journal of basic and applied medical research*, 3(4), 272-278.
5. Abousayed, M. M., Alley, M. C., Shakked, R., and Rosenbaum, A. J. (2017). Adult-acquired flatfoot deformity: Etiology, diagnosis, and management. *Journal of bone and joint surgery reviews*, 5(8), e7.
6. Alam, F., Raza, S., Moiz, J. A., Bhati, P., Anwer, S., and Alghadir, A. (2019). Effects of selective strengthening of tibialis posterior and stretching of iliopsoas on navicular drop, dynamic balance, and lower limb muscle activity in pronated feet: A randomized clinical trial. *Physician and sportsmedicine*, 47(3), 301–311.
7. Ünver, B., Erdem, E. U., and Akbas, E. (2019). Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability, and plantar pressure in pes planus. *Journal of sport rehabilitation*, 29(4).
8. Park, D. J., and Hwang, Y. I. (2020). Comparison of the intrinsic foot muscle activities between therapeutic and three-dimensional foot-ankle exercises in healthy adults: an explanatory study. *International journal of environmental research and public health*, 17(19), 7189.
9. Pabón-Carrasco, M., Castro-Méndez, A., Vilar-Palomo, S., Jiménez-Cebrián, A. M., García-Paya, I., and Palomo-Toucedo, I. C. (2020). Randomized clinical trial: The effect of exercise of the intrinsic muscle on foot pronation. *International journal of environmental research and public health*, 17(13), 4882.
10. Jung, D. Y., Kim, M. H., Koh, E. K., Kwon, O. Y., Cynn, H. S., and Lee, W. H. (2011). A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch angle during toe curl and short foot exercises. *Physical therapy in sport: official journal of the association of chartered physiotherapists in sports medicine*, 12(1), 30–35.
11. Mulligan, E. P., and Cook, P. G. (2013). Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. *Manual therapy*, 18(5), 425–430.

12. Kim, E. K., and Kim, J. S. (2016). The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. *Journal of physical therapy science*, 28(11), 3136–3139.
13. Lee, K. S., and Park, D. J. (2020). Three-dimensional ankle exercise with combined isotonic technique for an obese subject with plantar fasciitis: A case study. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 56(4), 190.
14. Jung, D., Yi, C., Choi, W. J., and You, J. S. H. (2020). Effect of dynamic guidance-tubing short foot gait exercise on muscle activity and navicular movement in people with flexible flatfeet. *NeuroRehabilitation*, 47(2), 217–226.
15. Park, K., and Seo, K. (2015). Effects of a functional foot orthosis on the knee angle in the sagittal plane of college students in their 20s with flatfoot. *Journal of physical therapy science*, 27(4), 1211–1213.
16. Snyder, K. R., Earl, J. E., O'Connor, K. M., and Ebersole, K. T. (2009). Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 24(1), 26–34.
17. Engkananuwat, P., and Kanlayanaphotporn, R. (2023). Gluteus medius muscle strengthening exercise effects on medial longitudinal arch height in individuals with flexible flatfoot: A randomized controlled trial. *Journal of exercise rehabilitation*, 19(1), 57–66.
18. Choi, J. H., Cynn, H. S., Yi, C. H., Yoon, T. L., and Baik, S. M. (2020). Effect of isometric hip abduction on foot and ankle muscle activity and medial longitudinal arch during short-foot exercise in individuals with pes planus. *Journal of sport rehabilitation*, 30(3), 368–374.
19. Brijwasi, T., and Borkar, P. (2023). A comprehensive exercise program improves foot alignment in people with flexible flat foot: a randomised trial. *Journal of physiotherapy*, 69(1), 42–46.
20. Lee, D. B., and Choi, J. D. (2016). The effects of foot intrinsic muscle and tibialis posterior strengthening exercise on plantar pressure and dynamic balance in adults flexible pes planus. *Physical therapy korea*, 23(4), 27-37.
21. Okamura, K., Fukuda, K., Oki, S., Ono, T., Tanaka, S., and Kanai, S. (2020). Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: A pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus. *Gait & posture*, 75, 40–45.
22. Park, D. J., Lee, K. S., and Park, S. Y. (2021). Effects of two foot-ankle interventions on foot structure, function, and balance ability in obese people with pes planus. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 9(6), 667.
23. Yıldırım Şahan, T., Aydoğan Arslan, S., Demirci, C., Oktaş, B., and Sertel, M. (2021). Comparison of short-term effects of virtual reality and short foot exercises in pes planus. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 47, 101778.

24. Utsahachant, N., Sakulsriprasert, P., Sinsurin, K., Jensen, M. P., and Sungkue, S. (2023). Effects of short foot exercise combined with lower extremity training on dynamic foot function in individuals with flexible flatfoot: A randomized controlled trial. *Gait & posture*, 104, 109–115.
25. Levangie, P. K., and Norkin, C. C. (2011). *Joint structure and function: a comprehensive analysis*. (Fifty edition). ABD: FA Davis Company, 440-445.
26. Neumann, D. A. (2016). *Kinesiology of the musculoskeletal system*. (Third edition). ABD: Mosby, 597-604.
27. Chan, C. W., and Rudins, A. (1994). Foot biomechanics during walking and running. *Mayo clinic proceedings*, 69(5), 448–454.
28. Hamill, J., and Knutzen, K. M. (2015). *Biomechanical basis of human movement*. (Fourth edition). USA: Wolters Kluwer, 172-177.
29. Muscolino, J. E. (2022). *Kinesiology: the skeletal system and muscle function*. (Fourth edition). USA: Mosby, 576-581.
30. Kelikian, A. S. and Sarrafian, S. K., (2024). *Sarrafian's anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographic, functional*. (Fourth edition). USA: Lippincott Williams & Wilkins, 142-148.
31. Moore, K. L., and Dalley, A. F. (2022). *Clinically oriented anatomy*. (Ninth edition). USA: Wolters Kluwer, 524-532.
32. Palastanga, N., and Soames, R. (2012). *Anatomy and human movement, anatomy and human movement*. (Sixth edition). UK: Elsevier, 218-221.
33. Ombregt, L. (2013). *A system of orthopaedic medicine*. (Third edition). UK: Elsevier, 755-759.
34. Levangie, P. K., and Norkin, C. C. (2011). *Joint structure and function: a comprehensive analysis*. (Fifty edition). ABD: FA Davis Company, 446-449.
35. Oatis, C. A. (2009). *Kinesiology: the mechanics and pathomechanics of human movement*. (Second Edition). USA: Lippincott Williams & Wilkins, 894-898.
36. Hillstrom, H. J., Song, J., Kraszewski, A. P., Hafer, J. F., Mootanah, R., Dufour, A. B., Chow, B. S., and Deland, J. T., 3rd (2013). Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. *Gait & posture*, 37(3), 445–451.
37. Razeghi, M., and Batt, M. E. (2002). Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait & posture*, 15(3), 282–291.
38. Ridola, C., and Palma, A. (2001). Functional anatomy and imaging of the foot. *Italian journal of anatomy and embryology = Archivio italiano di anatomia ed embriologia*, 106(2), 85–98.

39. Huang, C. K., Kitaoka, H. B., An, K. N., and Chao, E. Y. (1993). Biomechanical evaluation of longitudinal arch stability. *Foot & ankle*, 14(6), 353–357.
40. Esen, D. H., Kafa, N., Özyilmaz, U. U., and Güzel, N. A. (2022). The effect of medial longitudinal arch supporting Dynamic® tape application on plantar pressure distribution in adolescent volleyball players. *Kinesiologia slovenica*, 28(3), 30-42.
41. Hunt, A. E., Smith, R. M., and Torode, M. (2001). Extrinsic muscle activity, foot motion and ankle joint moments during the stance phase of walking. *Foot & ankle international*, 22(1), 31–41.
42. Murley, G. S., Menz, H. B., and Landorf, K. B. (2009). Foot posture influences the electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. *Journal of foot and ankle research*, 2, 35.
43. Fiolkowski, P., Brunt, D., Bishop, M., Woo, R., and Horodyski, M. (2003). Intrinsic pedal musculature support of the medial longitudinal arch: An electromyography study. *The Journal of foot and ankle surgery: official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 42(6), 327–333.
44. Jacob H. A. (2001). Forces acting in the forefoot during normal gait--an estimate. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 16(9), 783–792.
45. Kelly, L. A., Cresswell, A. G., Racinais, S., Whiteley, R., and Lichtwark, G. (2014). Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. *Journal of the Royal Society, Interface*, 11(93), 20131188.
46. Kelly, L. A., Farris, D. J., Cresswell, A. G., and Lichtwark, G. A. (2019). Intrinsic foot muscles contribute to elastic energy storage and return in the human foot. *Journal of applied physiology*, 126(1), 231–238.
47. Kelly, L. A., Kuitunen, S., Racinais, S., and Cresswell, A. G. (2012). Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 27(1), 46–51.
48. Mann, R., and Inman, V. T. (1964). Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *The journal of bone and joint surgery. American volume*, 46, 469–481.
49. McCormack, A. P., Ching, R. P., and Sangeorzan, B. J. (2001). Biomechanics of procedures used in adult flatfoot deformity. *Foot and ankle clinics*, 6(1), 15–v.
50. Koh, E. K., Weon, J. H., and Jung, D. Y. (2013). Effects of activation of gluteus maximus and abdominal muscle using EMG Biofeedback on lumbosacral and tibioacalcanal angles in standing position. *The journal of korean physical therapy*, 25(6), 411-416.
51. Aenumulapalli, A., Kulkarni, M. M., and Gandotra, A. R. (2017). Prevalence of flexible flat foot in adults: A cross-sectional study. *Journal of clinical and diagnostic research*, 11(6), AC17–AC20.

52. Lee, M. S., Vanore, J. V., Thomas, J. L., Catanzariti, A. R., Kogler, G., Kravitz, S. R., Miller, S. J., Gassen, S. C., and Clinical Practice Guideline Adult Flatfoot Panel (2005). Diagnosis and treatment of adult flatfoot. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 44(2), 78–113.
53. Gore, A. I., and Spencer, J. P. (2004). The newborn foot. *American family physician*, 69(4), 865–872.
54. Ganapathy, A., Sadeesh, T., and Rao, S. U. D. H. A. (2015). Morphometric analysis of foot in young adult individuals. *World journal of pharmacy and. Pharmaceutical sciences*, 4, 980-993.
55. Contarlı, N., and Çankaya, T. (2022). Effect of the pes planus on vertical jump height and lower extremity muscle activation in gymnasts. *Turkish journal of sport and exercise*, 24(1), 81-89.
56. Ács, N., Bánhidı, F., and Czeizel, A. E. (2010). Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue. *Congenital abnormalities and preterm birth related to maternal illnesses during pregnancy*, 335-340.
57. Collado, P., and González-Fernández, M. L. (2021). The paediatric foot: prevalence and differentiation of sonographic and podiatric findings in juvenile arthritis and healthy children. *Clinical and experimental rheumatology*, 40(3), 655-661.
58. Harris, E. J., Vanore, J. V., Thomas, J. L., Kravitz, S. R., Mendelson, S. A., Mendicino, R. W., ... and Gassen, S. C. (2004). Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *The Journal of foot and ankle surgery*, 43(6), 341-373.
59. Megremis, P., and Megremis, O. (2019). Arthroereisis for Symptomatic Flexible Flatfoot Deformity in Young Children: Radiological Assessment and Short-Term Follow-Up. *The Journal of foot and ankle surgery: official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 58(5), 904–915.
60. Zaw, H., and Calder, J. D. (2010). Operative management options for symptomatic flexible adult acquired flatfoot deformity: a review. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 18(2), 135–142.
61. Gutteck, N., Schilde, S., Delank, K. S., and Arbab, D. (2020). Etiology, pathogenesis, clinical features, diagnostics and conservative treatment of adult flatfoot. *Der Orthopäde*, 49, 942-953.
62. Pecheva, M., Devany, A., Nourallah, B., Cutts, S., and Pasapula, C. (2018). Long-term follow-up of patients undergoing tibialis posterior transfer: Is acquired pes planus a complication?. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 34, 83–89.
63. Angin, S., Crofts, G., Mickle, K. J., and Nester, C. J. (2014). Ultrasound evaluation of foot muscles and plantar fascia in pes planus. *Gait & posture*, 40(1), 48–52.

64. Bare, A. A., and Haddad, S. L. (2001). Tenosynovitis of the posterior tibial tendon. *Foot and ankle clinics*, 6(1), 37–66.
65. Stovitz, S. D., and Coetzee, J. C. (2004). Hyperpronation and foot pain: steps toward pain-free feet. *The Physician and sportsmedicine*, 32(8), 19–26.
66. Dierks, T. A., Manal, K. T., Hamill, J., and Davis, I. S. (2008). Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 38(8), 448–456.
67. Zafiroopoulos, G., Prasad, K. S., Kouboura, T., and Danis, G. (2009). Flat foot and femoral anteversion in children--a prospective study. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 19(1), 50–54.
68. Menz, H. B., Dufour, A. B., Riskowski, J. L., Hillstrom, H. J., and Hannan, M. T. (2013). Foot posture, foot function and low back pain: The framingham foot study. *Rheumatology (Oxford, England)*, 52(12), 2275–2282.
69. Powers, C. M., Bolgla, L. A., Callaghan, M. J., Collins, N., and Sheehan, F. T. (2012). Patellofemoral pain: proximal, distal, and local factors, 2nd International Research Retreat. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 42(6), A1–A54.
70. Brophy, R., Silvers, H. J., Gonzales, T., and Mandelbaum, B. R. (2010). Gender influences: The role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *British journal of sports medicine*, 44(10), 694–697.
71. Richie D. H., Jr (2007). Biomechanics and clinical analysis of the adult acquired flatfoot. *Clinics in podiatric medicine and surgery*, 24(4), 617–644.
72. Gross, K. D., Felson, D. T., Niu, J., Hunter, D. J., Guermazi, A., Roemer, F. W., Dufour, A. B., Gensure, R. H., and Hannan, M. T. (2011). Association of flat feet with knee pain and cartilage damage in older adults. *Arthritis care & research*, 63(7), 937–944.
73. Sung P. S. (2016). Kinematic analysis of ankle stiffness in subjects with and without flat foot. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 26, 58–63.
74. Cote, K. P., Brunet, M. E., Gansneder, B. M., and Shultz, S. J. (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of athletic training*, 40(1), 41–46.
75. McMahon, T. A., and Cheng, G. C. (1990). The mechanics of running: how does stiffness couple with speed?. *Journal of biomechanics*, 23 Suppl 1, 65–78.
76. Kura, H., Luo, Z. P., Kitaoka, H. B., and An, K. N. (1997). Quantitative analysis of the intrinsic muscles of the foot. *The Anatomical record*, 249(1), 143–151.
77. Chang, Y. W., Hung, W., Wu, H. W., Chiu, Y. C., and Hsu, H. C. (2010). Measurements of foot arch in standing, level walking, vertical jump and sprint start. *International journal of sport and exercise science*, 2(2), 31–38.

78. Pinney, S. J., and Lin, S. S. (2006). Current concept review: Acquired adult flatfoot deformity. *Foot & ankle international*, 27(1), 66-75.
79. Rodriguez, N., Choung, D. J., and Dobbs, M. B. (2010). Rigid pediatric pes planovalgus: conservative and surgical treatment options. *Clinics in podiatric medicine and surgery*, 27(1), 79-92.
80. Ögüt, T., and Yontar, N. S. (2013). Erişkinlerde pes planus. *TOTBİD Dergisi*, 12, 425-432.
81. Halabchi, F., Mazaheri, R., Mirshahi, M., and Abbasian, L. (2013). Pediatric flexible flatfoot; clinical aspects and algorithmic approach. *Iranian journal of pediatrics*, 23(3), 247-260.
82. Richie D. (2020). Biomechanics and Orthotic Treatment of the Adult Acquired Flatfoot. *Clinics in podiatric medicine and surgery*, 37(1), 71-89.
83. Giza, E., Cush, G., and Schon, L. C. (2007). The flexible flatfoot in the adult. *Foot and ankle clinics*, 12(2), 251-vi.
84. Erten, A. B., Tarakçı, D., and Çağan, M. A. (2023). The effectiveness of video-based game exercise therapy applications in pes planus rehabilitation: protocol for a randomized controlled trial. *JMIR research protocols*, 12, e51772.
85. Alahmri, F., Alsaadi, S., Ahsan, M., and Almousa, S. (2022). The effect of isokinetic hip muscle strength on normal medial longitudinal arch feet and pes planus. *Journal of medicine and life*, 15(9), 1164-1169.
86. Selkowitz, D. M., Beneck, G. J., and Powers, C. M. (2013). Which exercises target the gluteal muscles while minimizing activation of the tensor fascia lata? Electromyographic assessment using fine-wire electrodes. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 43(2), 54-64.
87. Bishop, B. N., Greenstein, J., Etnoyer-Slaski, J. L., Sterling, H., and Topp, R. (2018). Electromyographic analysis of gluteus maximus, gluteus medius, and tensor fascia latae during therapeutic exercises with and without elastic resistance. *International journal of sports physical therapy*, 13(4), 668-675.
88. Brophy, R., Silvers, H. J., Gonzales, T., and Mandelbaum, B. R. (2010). Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *British journal of sports medicine*, 44(10), 694-697.
89. Beighton, P., and Horan, F. (1969). Orthopaedic aspects of the Ehlers-Danlos syndrome. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 51(3), 444-453.
90. Folci, M., and Capsoni, F. (2016). Arthralgias, fatigue, paresthesias and visceral pain: can joint hypermobility solve the puzzle? A case report. *BMC musculoskeletal disorders*, 17, 1-6.

91. Riley, S. P., Grimes, J. K., Calandra, K., Foster, K., Peet, M., and Walsh, M. T. (2020). Reliability of the beighton score and impact of generalized joint mobility and resting scapular position on Median Neurodynamic Test 1. *Journal of bodywork and movement therapies*, 24(4), 131–137.
92. Zuñil-Escobar, J. C., Martínez-Cepa, C. B., Martín-Urrialde, J. A., and Gómez-Conesa, A. (2018). Medial longitudinal arch: accuracy, reliability, and correlation between navicular drop test and footprint parameters. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 41(8), 672–679.
93. Aydin Yağcıoğlu, G., and Karapınar, M. (2023). Translation, validity, and reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) - Turkish version. *Physiotherapy theory and practice*, 1–7.
94. Taddei, U. T., Matias, A. B., Duarte, M., and Sacco, I. C. N. (2020). Foot core training to prevent running-related injuries: a survival analysis of a single-blind, randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*, 48(14), 3610–3619.
95. Redmond, A. C., Crosbie, J., and Ouvrier, R. A. (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: the Foot Posture Index. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 21(1), 89–98.
96. Pfluegler, G., Borkovec, M., Kasper, J., and McLean, S. (2021). The immediate effects of passive hip joint mobilization on hip abductor/external rotator muscle strength in patients with anterior knee pain and impaired hip function. A randomized, placebo-controlled crossover trial. *The Journal of manual & manipulative therapy*, 29(1), 14–22.
97. Mentiplay, B. F., Perraton, L. G., Bower, K. J., Adair, B., Pua, Y. H., Williams, G. P., McGaw, R., and Clark, R. A. (2015). Assessment of lower limb muscle strength and power using hand-held and fixed dynamometry: A reliability and validity study. *PloS one*, 10(10), e0140822.
98. Yazıcı, G., Varol, F., Volkan, M., and Çıtaker, S. (2020). Reliability of make and break tests in assessing intrinsic foot muscle strength using a handheld dynamometer in healthy young adults. *Türk fizyoterapi ve rehabilitasyon dergisi*, 31(3), 263–269.
99. Fraser, B. J., Schmidt, M. D., Huynh, Q. L., Dwyer, T., Venn, A. J., and Magnussen, C. G. (2017). Tracking of muscular strength and power from youth to young adulthood: Longitudinal findings from the Childhood Determinants of Adult Health Study. *Journal of science and medicine in sport*, 20(10), 927–931.
100. Hébert-Losier, K., Wessman, C., Alicsson, M., and Svantesson, U. (2017). Updated reliability and normative values for the standing heel-rise test in healthy adults. *Physiotherapy*, 103(4), 446–452.
101. Madeley, L. T., Munteanu, S. E., and Bonanno, D. R. (2007). Endurance of the ankle joint plantar flexor muscles in athletes with medial tibial stress syndrome: a case-control study. *Journal of science and medicine in sport*, 10(6), 356–362.

102. Ageberg, E., Zätterström, R., and Moritz, U. (1998). Stabilometry and one-leg hop test have high test-retest reliability. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 8(4), 198–202.
103. Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., and Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy*, 4(2), 92–99.
104. Alam, F., Raza, S., Moiz, J. A., Bhati, P., Anwer, S., and Alghadir, A. (2019). Effects of selective strengthening of tibialis posterior and stretching of iliopsoas on navicular drop, dynamic balance, and lower limb muscle activity in pronated feet: A randomized clinical trial. *The Physician and sportsmedicine*, 47(3), 301–311.
105. Haun, C., Brown, C. N., Hannigan, K., and Johnson, S. T. (2020). The effects of the short foot exercise on navicular drop: A critically appraised topic. *Journal of sport rehabilitation*, 30(1), 152–157.
106. Willcox, E. L., and Burden, A. M. (2013). The influence of varying hip angle and pelvis position on muscle recruitment patterns of the hip abductor muscles during the clam exercise. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 43(5), 325–331.
107. Ünver, B., and Bek, N. (2014). Tabanlık kullanımının plantar temas alanları ve basınç dağılımına etkisi. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 25(2), 86-92.
108. Dikici, T. F., and Demirdel, E. (2023). The relationship between pes planus severity and lower extremity functional performance in young adults. *Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 34(3), 304-312.
109. Fukano, M., and Fukubayashi, T. (2012). Gender-based differences in the functional deformation of the foot longitudinal arch. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 22(1), 6–9.
110. Soysa, A., Hiller, C., Refshauge, K., and Burns, J. (2012). Importance and challenges of measuring intrinsic foot muscle strength. *Journal of foot and ankle research*, 5(1), 29.
111. Kazemi Pakdel, F., and Sedaghati, P. (2022). The effect of comprehensive corrective exercise on the function of lower limb and joint position sense in female karatekas with flatfoot. *Physical treatments-specific physical therapy journal*, 12(3), 163-174.
112. Zhao, X., Tsujimoto, T., Kim, B., and Tanaka, K. (2017). Association of arch height with ankle muscle strength and physical performance in adult men. *Biology of sport*, 34(2), 119–126.
113. Chimenti, R. L., Tome, J., Hillin, C. D., Flemister, A. S., and Houck, J. (2014). Adult-acquired flatfoot deformity and age-related differences in foot and ankle kinematics during the single-limb heel-rise test. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 44(4), 283–290.

114. Ghorbani, M., Yaali, R., Sadeghi, H., and Luczak, T. (2023). The effect of foot posture on static balance, ankle and knee proprioception in 18-to-25-year-old female student: a cross-sectional study. *BMC musculoskeletal disorders*, 24(1), 547.
115. Şahin, F. N., Ceylan, L., Küçük, H., Ceylan, T., Arıkan, G., Yiğit, S., Sarşık, D. Ç., and Güler, Ö. (2022). Examining the relationship between pes planus degree, balance and jump performances in athletes. *International journal of environmental research and public health*, 19(18), 11602.
116. Williams, D. S., McClay, I. S., Hamill, J., and Buchanan, T. S. (2001). Lower extremity kinematic and kinetic differences in runners with high and low arches. *Journal of applied biomechanics*, 17(2), 153-163.
117. Huang, T. H., Chou, L. W., Huang, C. Y., Wei, S. W., Tsai, Y. J., and Chen, Y. J. (2019). H-reflex in abductor hallucis and postural performance between flexible flatfoot and normal foot. *Physical therapy in sport: official journal of the association of chartered physiotherapists in sports medicine*, 37, 27–33.
118. Kim, J. A., Lim, O. B., and Yi, C. H. (2015). Difference in static and dynamic stability between flexible flatfeet and neutral feet. *Gait & posture*, 41(2), 546–550.
119. Kirmizi, M., Sengul, Y. S., and Angin, S. (2022). The effects of calf muscles fatigue on dynamic plantar pressure distribution in normal foot posture and flexible flatfoot: A case-control study. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 35(3), 649–657.
120. Sung P. S. (2016). The ground reaction force thresholds for detecting postural stability in participants with and without flat foot. *Journal of biomechanics*, 49(1), 60–65.
121. Tahmasebi, R., Karimi, M. T., Satvati, B., and Fatoye, F. (2015). Evaluation of standing stability in individuals with flatfeet. *Foot & ankle specialist*, 8(3), 168–174.
122. Wilken, J., Rao, S., Saltzman, C., and Yack, H. J. (2011). The effect of arch height on kinematic coupling during walking. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 26(3), 318–323.
123. Zupping, O. (2023). *Physiotherapy in Management of Pes Planus: Independent Learning Material for Physiotherapy Students*, Bachelor's Thesis, Satakunta University of Applied Sciences, Finland, 16-18.
124. Ferracuti, F., Fioretti, S., Frontoni, E., Iarlori, S., Mengarelli, A., Riccio, M., Romeo, L., and Verdini, F. (2021). Functional evaluation of triceps surae during heel rise test: from EMG frequency analysis to machine learning approach. *Medical & biological engineering & computing*, 59(1), 41–56.
125. Lunsford, B. R., and Perry, J. (1995). The standing heel-rise test for ankle plantar flexion: criterion for normal. *Physical therapy*, 75(8), 694–698.

126. Kulig, K., Popovich, J. M., Jr, Noceti-Dewit, L. M., Reischl, S. F., and Kim, D. (2011). Women with posterior tibial tendon dysfunction have diminished ankle and hip muscle performance. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 41(9), 687–694.
127. Şerare, S., Şenel, Ö., Hazar, S., and Pazarcı, Ö. (2024). Düşük arklı ayak pes planus ve yüksek arklı ayak pes kavus ayak deformitelerine sahip bireylerin anaerobik egzersiz performanslarının incelenmesi. *International journal of social and humanities sciences research*, 11(103), 15-23.
128. Kızılcı, H., and Erbahçeci, F. (2016). Pes planus olan ve olmayan erkeklerde fiziksel uygunluğun değerlendirilmesi. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 27(2), 25-33.
129. Fu, F. Q., Wang, S., Shu, Y., Li, J. S., Popik, S., and Gu, Y. D. (2016). A comparative biomechanical analysis the vertical jump between flatfoot and normal foot. *Journal of biomimetics, biomaterials and biomedical engineering*, 28, 26-35.
130. Swearingen, J., Lawrence, E., Stevens, J., Jackson, C., Waggy, C., and Davis, D. S. (2011). Correlation of single leg vertical jump, single leg hop for distance, and single leg hop for time. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 12(4), 194–198.
131. Kumala, M. S., Tinduh, D., and Poerwandari, D. (2019). Comparison of lower extremities physical performance on male young adult athletes with normal foot and flatfoot. *Surabaya physical medicine and rehabilitation journal*, 1(1), 6-13.
132. Varol, F. (2020, 3 Ocak). *Ayak İntrinsik Kas Kuvvetinin Denge ve Fonksiyonel Performans ile İlişkisinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
133. Angın, S., İlçin, N., Yeşilyaprak, S. S., and Simşek, I. E. (2013). Prediction of postural sway velocity by foot posture index, foot size and plantar pressure values in unilateral stance. *Eklem hastalıkları ve cerrahisi = Joint diseases & related surgery*, 24(3), 144–148.
134. Tsai, L. C., Yu, B., Mercer, V. S., and Gross, M. T. (2006). Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 36(12), 942–953.
135. Koura, G. M., Elimy, D. A., Hamada, H. A., Fawaz, H. E., Elgendy, M. H., and Saab, I. M. (2017). Impact of foot pronation on postural stability: An observational study. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 30(6), 1327–1332.
136. Pisal, S. N., Chotai, K., and Patil, S. (2020). Effectiveness of short foot exercises versus towel curl exercises to improve balance and foot posture in individuals with flexible flat foot. *Indian journal of forensic medicine & toxicology*, 14(3).
137. Zarali, A., and Raeisi, Z. (2023). Effects of combined exercises and short foot exercise with and without isometric hip abduction in women with flatfoot. *فیزیکی درمانی-نشریه تخصصی فیزیوتراپی*, 13(1), 35-44.

138. Pkyavas, N. O., Thomas, E., Bianco, A., and Sahin, N. (2022). Effects of different sports shoes and bare feet on static and dynamic balance in healthy females: a randomized clinical trial. *Sport Mont*, 20(1), 65-6





EK-1. Etik Komisyon İzni

Evrak Tarih ve Sayısı: 20.02.2024-E.796166



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu



Sayı : E-77082166-302.08.01-796166
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

20.02.2024

DAĞITIM YERLERİNE

Araştırmacı grubu Nihan KAFA, Dilek Hande ESEN, Serkan TAŞ ve Tolga DUMAN'dan oluşan, Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı Doktora Öğrencisi Dilek Hande ESEN'in, Prof.Dr.Nihan KAFA'nın danışmanlığında yürüttüğü "Esnek Düz Tabanlı Bireylerde Üç Boyutlu Ayak-Ayak Bileği Egzersizi ve Kalça Abduktor ve Eksternal Rotator Kuvvetlendirme Egzersizinin Etkisinin Karşılaştırılması: Randomize Kontrollü Çalışma " adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun 13.02.2024 tarih ve 03 sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

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

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2024 - 244

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek:1 Liste
DAĞITIM

Gereği:
Sayın Prof. Dr. Nihan KAFA

Bilgi:
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Belge Doğrulama Kodu :BSCH6EJ2C2

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

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

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

Bilgi için :Nursel Güner
Genel Evrak Sorumlusu
Telefon No:202 20 57



Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK-1. (devam) Etik Komisyon İzni

Evrak Tarih ve Sayısı: 20.02.2024-E.796166 GAZİ ÜNİVERSİTESİ
ETİK KOMİSYONU KATILIM LİSTESİ

TOPLANTI TARİHİ : 13.02.2024	TOPLANTI SAYISI : 03
ADI - SOYADI	İMZA
Prof. Dr. İsmail KARAKAYA BAŞKAN	
Prof. Dr. Zehra GÖÇMEN BAYKARA BAŞKAN YRD.	
Prof. Dr. C. Haluk BODUR	
Prof. Dr. Seçil ÖZKAN	
Prof. Dr. Cevriye TEMEL GENCER	
Prof. Dr. İlkay ULUTAŞ	
Prof. Dr. Kemalettin DENİZ	
Prof. Dr. Makbule GEZMEN KARADAĞ	
Prof. Dr. İlyas OKUR	
Prof. Dr. Nihan KAFA	
Doç. Dr. Melek Gülşah ŞAHİN	
Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU	
Doç. Dr. Elvan İNCE AKA	

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONU FORM-2

Rev-2
25.01.2022T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
ETİK KOMİSYONU

KATILIMCILAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sizi, Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu'ndantarih /sayı ile izin alınan* ve Prof. Dr. Nihan KAFA tarafından yürütülen "Esnek düztabanlı bireylerde üç boyutlu ayak-ayak bileği egzersizi ve kalça abduktör ve eksternal rotatör kuvvetlendirme egzersizinin etkisinin karşılaştırılması: Randomize kontrollü çalışma" başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan çıkma hakkına sahipsiniz. Bu çalışmaya katılmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Çalışmaya katıldığınız için size bir ödeme yapılmayacaktır. Çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır.

*Gazi Üniversitesi Etik Komisyon izni alındıktan sonra doldurularak kullanılacaktır.

Araştırmanın Amacı	Bu tez çalışmasının amacı ayak kaslarını kuvvetlendirmeyi amaçlayan farklı egzersiz programlarının, ayak postürü, kas kuvveti ve alt ekstremitte performansı üzerine etkisini incelemek ve karşılaştırmaktır.
Araştırmanın Yöntemi	Çalışma kapsamında uzman bir fizyoterapist tarafından ilk olarak ayak postürünüz değerlendirilecek, özgeçmişiniz ve demografik bilgileriniz bir değerlendirme formuna kaydedilecek, daha sonra sırayla yatarken bacağınızdaki birkaç kasınızın kas kuvveti ve ayakbabisiz ayaktaiken üç farklı test uygulanarak denge, dayanıklılığınız ve bacak gücünüz değerlendirilecektir. İlk değerlendirmeler tamamlandıktan sonra egzersiz laboratuvarında başka bir uzman fizyoterapist sizi haftada 2 gün toplam 6 hafta boyunca tedaviye alacaktır. Belirlenen diğer günler ise size verilen egzersiz günlüğünü takip ederek evde egzersizlerinizi yapmaya devam etmeniz istenecektir. Tüm değerlendirmeler 6 hafta sonra, yine aynı şekilde ve aynı sırayla, aynı fizyoterapist tarafından tekrarlanacaktır.
Araştırmanın Öngörülen Süresi (Başlama ve Bitiş Tarihi Başvurudaki Başlangıç ve Bitiş Tarihi ile Uyumlu Olmalıdır.)	30.01.2024-30.05.2025
Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı	60
Araştırmanın Yapılacağı Yerler	Toros Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Fizyoterapi ve Egzersiz Laboratuvarı
Görüntü ve/veya ses kaydı alınacak mı?	Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input checked="" type="checkbox"/>

Tablo katılımcıların anlayabileceği biçimde, akademik dil kullanılmadan yazılacaktır.

KATILIMCI BEYANI

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

Araştırma yürütücüsü(Tez çalışmalarında Danışman tarafından imzalanacaktır.)

Adı ve Soyadı	Prof. Dr. Nihan KAFA	Tarih ve İmza
Adres ve telefonu	Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	27.10.2023

EK-2. (devam) Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONU FORM-2

Rev-2
25.01.2022

Katılımcı

Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

Velayet veya Vesayet Altındaki Katılımcılar için Veli/Vasi

Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

EK-3. Katılımcı Değerlendirme Formu

KATILIMCI DEĞERLENDİRME FORMU

Form No: Değerlendirme Tarihi:/...../202....
Ad-Soyad: Tel:

Demografik Bilgiler			
Yaş (yıl)/Cinsiyet (k/e):	Boy (cm):	Kilo (kg):	VKİ (kg/m ²):
Omurga ve alt ekstremiteye ait geçirilmiş cerrahi öyküsü <input type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok	Son 6 ay içinde omurga ve alt ekstremiteye ait ağrı vb. şikayet <input type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok	Kronik rahatsızlık <input type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok Tanı:.....	Düzenli spor/egzersiz alışkanlığı <input type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Dominant taraf alt ekstremitte*: <input type="checkbox"/> Sağ <input type="checkbox"/> Sol		* Topa vuran ayak dominant taraf olarak seçilir.	

Beighton skorlaması	Evet		Hayır
1. Başparmağın önkola pasif apozisyonu	<input type="checkbox"/> Sağ	<input type="checkbox"/> Sol	<input type="checkbox"/>
2. 5. metakarpofalangeal eklem pasif hiperekstansiyonu > 10°	<input type="checkbox"/> Sağ	<input type="checkbox"/> Sol	<input type="checkbox"/>
3. Dirseğin aktif hiperekstansiyonu > 10°	<input type="checkbox"/> Sağ	<input type="checkbox"/> Sol	<input type="checkbox"/>
4. Dizinin aktif hiperekstansiyonu > 10°	<input type="checkbox"/> Sağ	<input type="checkbox"/> Sol	<input type="checkbox"/>
5. Dizleri bükmeden eğilirken avuç içlerinin zemine değmesi	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Toplam puan: /9			

Jack testi	<input type="checkbox"/> Pozitif <input type="checkbox"/> Negatif
Alt ekstremitte uzunluğu (cm):	

Naviküler düşme testi			
Naviküler tüberkül-zemin arası mesafe (mm)	İlk ölçüm	Son ölçüm	Fark
Tedavi öncesi			
Tedavi sonrası			

İzometrik kas kuvvet ölçümleri	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası	
	1. ölçüm	2. ölçüm	1. ölçüm	2. ölçüm
Kalça abduktör-eksternal rotator kas grubu				
Dorsi fleksör kas grubu				

EK-3. (devam) Katılımcı Değerlendirme Formu

Plantar fleksör kas grubu				
İnvertör kas grubu				
Evertör kas grubu				
Abduktor hallusis				
Fleksör hallusis brevis				
Fleksör digitorum brevis				

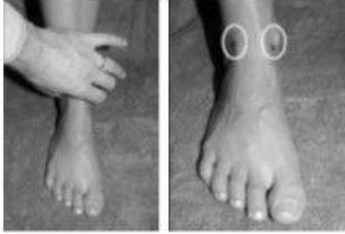
Alt ekstremité performans testleri	Tedavi öncesi	Tedavi sonrası
Topuk yükseltme (puan)		
Tek ayak öne sıçrama (cm)		
*Gözler açık Y denge (cm)		
1. Y denge - anterior		
2. Y denge - posteromedial		
3. Y denge - posterolateral		
*Gözler kapalı Y denge (cm)		
1. Y denge - anterior		
2. Y denge - posteromedial		
3. Y denge - posterolateral		

EK-4. Ayak Postür İndeksi-6

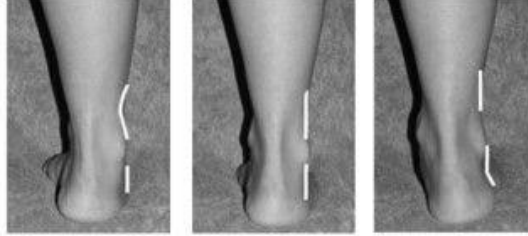
AYAK POSTÜR İNDEKSİ-6

Katılımcının Adı-Soyadı: _____

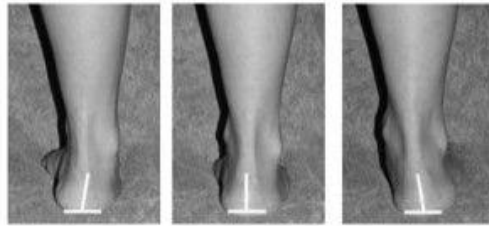
Tarih:/...../.....

1) Talar baş palpasyonu

Talar baş;	
-2	Lateralden palpe edilir / medialden palpe edilemez.
-1	Lateralden palpe edilebilir / medialden hafifçe palpe edilir.
0	Medial ve lateralden eşit şekilde palpe edilebilir.
+1	Lateralden hafifçe palpe edilebilir / medialden palpe edilir.
+2	Lateralden palpe edilemez / medialden palpe edilebilir.

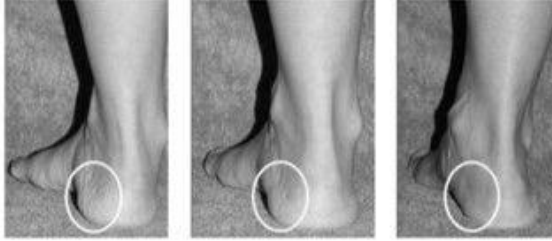
2) Lateral malleol üstündeki ve altındaki eğimler

-2	Malleol altındaki eğim düz veya konvektir.
-1	Malleol altındaki eğim konkav, ancak malleol üzerindeki eğriden daha düz/daha sığdır.
0	Supra ve infra malleolar eğimler yaklaşık olarak eşittir.
+1	Malleol altındaki eğim, malleol üzerindeki eğimden daha konkavdır.
+2	Malleolün altındaki eğim, malleol üzerindeki eğimden belirgin şekilde daha konkavdır.

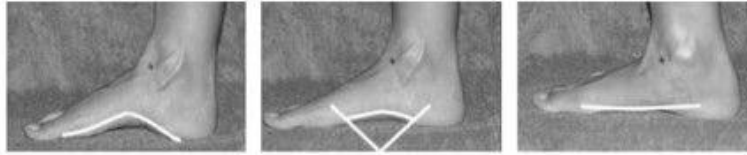
3) Kalkaneusun inversiyonu / eversiyonu

-2	Yaklaşık 5°'den fazla inversiyon (varus).
-1	Vertikal ile yaklaşık 5° inversiyon arasında (varus).
0	Vertikal
+1	Vertikal pozisyon ile yaklaşık 5° eversiyon arasında (valgus).
+2	Yaklaşık 5°'den fazla eversiyon (valgus).

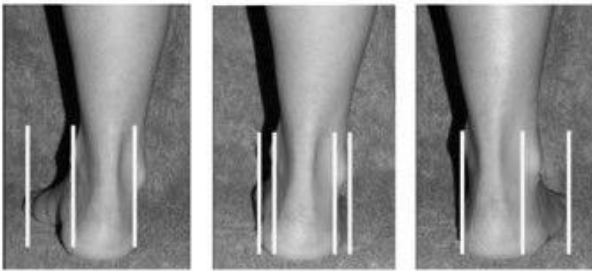
EK-4. (devam) Ayak Postür İndeksi-6

4) Talonaviküler eklem bölgesinde balonlaşma

Talonaviküler eklem bölgesi;	
-2	Belirgin şekilde konkav.
-1	Hafifçe ancak kesinlikle konkav.
0	Düz.
+1	Hafifçe balonlaşma.
+2	Belirgin balonlaşma.

5) Medial longitudinal arkin yapısı

-2	Ark yüksek ve medial arkin posterioruna doğru keskin açılmış.
-1	Ark orta düzeyde yüksek ve posteriorda hafifçe açılmış.
0	Ark yüksekliği normal ve eş merkezli olarak kavisli.
+1	Ark yüksekliği orta kısımda bir miktar düzleşme ile azalmış.
+2	Ark yüksek ve medial arkin posterioruna doğru keskin açılmış.

6) Ön ayağın arka ayağa göre abduksiyon / adduksiyonu

-2	Lateral parmaklar görülmez, medial parmaklar açıkça görülür.
-1	Medial parmaklar lateral parmaklardan daha fazla görülür.
0	Medial ve lateral parmaklar eşit şekilde görülür.
+1	Lateral parmaklar medial parmaklardan daha fazla görülür.
+2	Medial parmaklar görülmez, lateral parmaklar açıkça görülür.

EK-5. Ev Egzersizi Kayıt Defteri

Ad-soyad: _____

Egzersize başlama tarihi:/...../.....

Egzersiz adı, amacı ve tanımı	Resim	Dozaj
<ul style="list-style-type: none"> Ayak kısaltma egzersizi Amaç intrinsik ayak kaslarını kuvvetlendirmek MLA'ı kaldırmak ve ayağı ön-arka yönde kısaltmak için, ayak parmaklarını kıvrımadan "birinci metatars başını" topuğa doğru yaklaştırınız. Bu sırada MLA yükselecektir. (MLA: Medial Longitudinal Ark'in kısaltması) "Son noktada 5 sn bekleyip" başlangıç pozisyonuna geri dönünüz. Egzersiz yapılırken topuk ve ön ayak yerden kalkmamalıdır. Video linki: https://www.youtube.com/watch?v=JCRYeq7a0M 		<ul style="list-style-type: none"> Her gün 3 set * 15 tekrar Setler arası 45 sn dinlenme

Ayak-ayak bileği egzersizleri	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta	5.hafta	6.hafta	Not: Egzersiz haftada 3 gün, 3 set 10 tekrarlı, son noktada 5 sn beklenerek yapılmalıdır. Setler arası 45 sn dinlenme verilmelidir.
Pazartesi							Pazartesi ve cuma günleri fizyoterapistinizle yapmalısınız.
Salı							Her bir kutucuğu egzersizlerinizi tamamladıktan sonra "X" işareti koyabilirsiniz.
Çarşamba							Borg skalasında algılanan zorluk derecesine göre biraz zor-zor arası olacak şekilde bantı geriniz.
Perşembe							
Cuma							
Cumartesi							
Pazar							

Midye egzersizi	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta	5.hafta	6.hafta	Not: Egzersiz haftada 3 gün, 3 set 10 tekrarlı, son noktada 5 sn beklenerek yapılmalıdır. Setler arası 1 dk dinlenme verilmelidir.
Pazartesi							Pazartesi ve cuma günleri fizyoterapistinizle birlikte yapmalısınız.
Salı							Her bir kutucuğu egzersizlerinizi tamamladıktan sonra "X" işareti koyabilirsiniz.
Çarşamba							Borg skalasında algılanan zorluk derecesine göre biraz zor-zor arası olacak şekilde bantı geriniz.
Perşembe							
Cuma							
Cumartesi							
Pazar							

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ESEN, Dilek Hande

Uyruğu : T.C.

Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Doktora	Gazi Üniversitesi/Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı	Devam Ediyor
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı	2019
Lisans	Gazi Üniversitesi/Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	2016
Lise	İstiklal Makzume Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi Yılı	Çalıştığı Yer	Görev
2024-halen	Toros Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2022-2024	Hatay Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2019-2022	Kapadokya Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2018-2019	Kapadokya Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2017-2018	Well Sportif Rehabilitasyon Medikal Güzellik Sağlık Danışmanlık Merkezi	Fizyoterapist
2016-2017	Hermos Sağlık ve Spor Rehabilitasyon Merkezi	Fizyoterapist

Yabancı Dili

İngilizce

Yayınlar

1. Esen D.H., Kuş T., and Kafa N. (2023). Mesleki Uygulama Derslerine Katılan ve Katılmayan Üniversite Öğrencilerinde COVID-19'a Yakalanma Korkusu, Anksiyete ve Yaşam Kalitesi Düzeyinin İncelenmesi. *Kapadokya Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(3), 161-172.
2. Esen, D. H., Kafa, N., Özyılmaz, U. U., and Güzel, N. A. (2022). The effect of medial longitudinal arch supporting Dynamic® tape application on plantar pressure distribution in adolescent volleyball players. *Kinesiologia Slovenica*, 28(3), 30-42.
3. Esen D.H., Kafa N, Atalay Guzel N., and Akarcesme C. (2022). The effects of Dynamic® taping on vertical jumps in adolescent volleyball players with low medial longitudinal arch. *Baltic Journal of Health Physical Activity*, 14(4), Article4.
4. Doğan K., Esen DH., Tuğyan Ayhan D., and Özsoy O. (2021). Fizyoterapi Programı Ön Lisans Öğrencilerinde Mesleki Uygulama Dersinin Verimliliği: Kapadokya Üniversitesi Örneği. *Batman Üniversitesi Yasam Bilimleri Dergisi*, 11(1), 57-66

Ulusal ve Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler

1. Esen Dilek Hande (2023). The Relationship Between Sedentary Behavior And Sleep Quality, Fatigue Level and Academic Success in University Students. Uluslararası Sağlık Hizmetleri Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)
2. Esen Dilek Hande, Doğan Kadirhan, Tuğyan Ayhan Deniz, Özsoy Osman (2023). The Effect of Swiss Ball Use on Academic Staff on the Waist Region and Quality of Life. Uluslararası Sağlık Hizmetleri Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)
3. Esen Dilek Hande, Kuş Tansu, Kafa Nihan (2021). Mesleki Uygulama Derslerine Katılan ve Katılmayan Üniversite Öğrencilerinde Covid-19'a Yakalanma Korkusu, Anksiyete ve Yaşam Kalitesi Düzeyinin İncelenmesi. 7.Uluslararası Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırmaları Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)
4. Esen Dilek Hande (2021). Bireysel ve Takım Sporcularının Yeni Tip Koronavirüse Yakalanma Kaygı Düzeylerinin Karşılaştırılması. XI. Uluslararası Katılımlı Spor Fizyoterapistleri Kongresi, 8(2), 127-127. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

5. Esen Dilek Hande (2021). Sporcularda Yeni Tip Koronavirüse (COVID-19) Yakalanma Kaygı Düzeyi ve Nedenleri. Uluslararası Kapadokya Salgın Dönemleri Kongresi Bildiriler Kitabı, 186-196. Doi:10.35250/kun/9786054448180 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)
6. Ercan Dilek Hande, Kafa Nihan, Güzel Nevin Aysel (2020). Adölesan Voleybol Oyuncularında Medial Longitudinal Arkı Destekleyici Dinamik® Bant Uygulamasının Plantar Basınç Dağılımı Üzerine Etkisi. 18.Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)
7. Ercan Dilek Hande, Kafa Nihan, Güzel Nevin Aysel, Akarçesme Cengiz (2018). Düşük Medial Longitudinal Ark Yüksekliğine Sahip Adölesan Voleybol Oyuncularında Dinamik Bant® Uygulamasının Vertikal Sıçramaya Etkisi. 3.Uluslararası Sağlık Bilimleri Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

Yazılan Ulusal/Uluslararası kitaplar veya kitaplarda bölümler

1. Multipl Skleroz'da Nörorehabilitasyon, Bölüm adı: (Multipl Skleroz'da Emosyonel Fonksiyonlar) (2023)., Doğru Hüzmeli Esra, Esen Dilek Hande, Hipokrat Kitapevi, Editör:Prof. Dr. Nilüfer Çetişli-Korkmaz, Dr. Öğr. Üyesi Furkan Bilek, Doç. Dr. Esra Doğru Hüzmeli, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Duray, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 374, ISBN:9786256429000, Türkçe (Bilimsel Kitap), (Yayın No: 8253196)
2. Fizyoterapi, Bölüm adı: (Isı, Işık ve Hidroterapi) (2022)., Esen Dilek Hande, Nobel Tıp Kitabevleri, Editör:Kömür, Ümran, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 508, ISBN:9786053357353, Türkçe (Bilimsel Kitap), (Yayın No: 7975386)
3. Elektro-Fiziksel Modaliteler, Bölüm adı: (Traksiyon) (2019)., Ercan Dilek Hande, Vize Yayıncılık, Editör: Yaran Mahmut, Basım sayısı: 1, Sayfa Sayısı: 6, ISBN: 978605927812



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..