

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AYAK İNTRİNSİK KAS KUVVETİNİN
DENGE VE FONKSİYONEL PERFORMANS İLE
İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ**

Dr. Fzt. Fatmagül VAROL

**Protez-Ortez ve Biyomekani Programı
DOKTORA TEZİ**

ANKARA

2020

TEŞEKKÜR

Lisansüstü ve doktora eğitimim boyunca mesleki bilgi, beceri ve tecrübe edinmemde bilgi birikimi ve manevi desteği ile her daim yanımda olan, örnek aldığım çok kıymetli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Sayın Nilgün BEK'e;

Tezimin planlanması ve sürdürülmesinde her türlü bilimsel katkıyı ve bilgi birikimini sunan, bana olan inancını ve manevi desteğini hep yanımda hissettiğim çok değerli hocam ve ikinci danışmanım Prof. Dr. Sayın Seyit ÇITAKER'e;

Tez izleme komitesinde yer alarak süreç boyunca bana destek olan ve teze katkılarını sunan çok kıymetli hocalarım Prof. Dr. Sayın Öznur TUNCA'ya ve Prof. Dr. Sayın Serap İNAL'a;

Tez değerlendirmelerim süresince bana ev sahipliği yapan Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi'nin çok değerli ve güleryüzlü çalışanları ile öğrencilerine;

Tez ölçümlerim boyunca her an sabırla yanımda olan, desteğiyle bana güç katan canım dostum Dr. Fzt. Gökhan YAZICI'ya ve meslek hayatımın başından bu yana yanımda olan sevgili dostum Dr. Fzt. Melek VOLKAN YAZICI'ya;

Tez ölçümlerimdeki bireylere ulaşmama katkılarını sunan güzel dostlarım Yusuf KUNT, Selda KUNT, Uzm. Fzt. Kıvanç DELİOĞLU'na;

Tez dönemim süresince manevi desteklerini benden esirgemeyen değerli mesai arkadaşlarıma, sevgili öğrencilerime ve Bölüm Başkanımız aynı zamanda lisans eğitimimde yetişmemde emeği olan değerli hocam Prof. Dr. Sayın Zuhal KUNDURACILAR'a;

Doktora eğitimimde mesleki bilgilerini, değerlerini ve vizyonlarını örnek aldığım değerli hocalarım Prof. Dr. Sayın Sibel AKSU'ya, Prof. Dr. Sayın Özlem ÜLGER'e;

Sevgilerini, inanç ve desteklerini esirgmeden beni özveriyle büyüten, yetiştiren, canımdan öte sevdiğim, biricik ANNEM ve biricik BABAM'a; varlığından güç aldığım ikinci annem, canım halam Esmâ BAŞOL'a, mutluluk sebeplerim ve iyikilerim olan kardeşlerime ve güzeller güzeli yeğenlerime, desteğini ve sevgisini kalbimde hissettiğim tüm güzel AİLEM'e

Sonsuz TEŞEKKÜRLER...

ÖZET

Varol. F. Ayak İntrinsik Kas Kuvvetinin Denge ve Fonksiyonel Performans ile İlişkisinin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Protez-Ortez ve Biyomekani Programı Doktora Tezi, Ankara, 2020. Bu çalışmanın amacı ayak intrinsik kas kuvvetinin denge ve fonksiyonel performans ile ilişkisini incelemektir. Çalışmaya 18-36 yaş aralığında, yaş ortalaması $25,99 \pm 4,4$ yıl olan, 39 Kadın 41 Erkek olmak üzere toplam 80 sağlıklı genç birey alındı. Abduktor hallusis, fleksor hallusis brevis, fleksor digitorum brevis, fleksor digiti minimi kas kuvvetleri dijital hand-held dinamometre ile ölçüldü. Denge değerlendirmeleri Biodex-BioSway™ ile gerçekleştirildi. Bireylere; Postüral Stabilite Testi, Stabilite Limiti Testi ve Modifiye Sensori Organizasyon Testi (MSOT) uygulandı. Fonksiyonel performans değerlendirmeleri dikey sıçrama testi ve tek ayak öne sıçrama testi ile gerçekleştirildi. Elde edilen kas kuvveti verileri ile denge ve fonksiyonel performans verilerinin ilişkisine Pearson korelasyon analizi ile bakıldı. Dominant ayak fleksor hallusis brevis kas kuvveti ve dominant olmayan ayak fleksor digitorum brevis, fleksor digiti minimi kas kuvvetleri ile gözler kapalı-yumuşak zemin MSOT sonuçları arasında anlamlı korelasyon bulundu (sırasıyla, $r: 0,240$, $r: 0,270$ $r: 0,262$; $p<0,05$). Ancak Abduktor hallusis, fleksor hallusis brevis, fleksor digitorum brevis, fleksor digiti minimi kas kuvvetlerinin dengenin alt parametrelerinden olan gözler açık-sert zemindeki Postüral Stabilite Testi, Stabilite Limiti Testi ve MSOT sonuçları ile anlamlı ilişkisine rastlanmadı. Her iki ayak Abduktor hallusis kas kuvvetinin fonksiyonel performans testleri ile arasında anlamlı ilişki bulunmadı. Fleksor hallusis brevis, fleksor digitorum brevis, fleksor digiti minimi kaslarının kuvvetinin dikey sıçrama testi (sırasıyla, $r:0,330$, $r:0,298$, $r: 0,295$; $p<0,05$) ve tek ayak öne sıçrama testi (sırasıyla, $r:0,374$, $r:0,309$, $r:0,306$; $p<0,05$) arasında anlamlı ilişki bulundu. Sonuç olarak; intrinsik kas kuvvetinin önemi sağlıklı genç bireylerde denge şartları zorlaştırıldıkça artmaktadır. Fleksor intrinsik kasların kuvveti, fonksiyonel performans ile ilişkilidir. Fonksiyonel performansın ve dengenin geliştirilmesi gereken durumlarda egzersiz programlarında ayağın intrinsik kaslarını kuvvetlendirmeye yönelik spesifik egzersizlerin de yer alması rehabilitasyon uygulamalarına olumlu katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ayak, kuvvet, denge, fonksiyonel performans, dinamometre.

ABSTRACT

Varol. F. Investigation of the Relationship between Foot Intrinsic Muscle Strength and Functional Performance, Hacettepe University, Graduate School, PhD Thesis, Ankara, Prosthesis-Orthotics and Biomechanics Program, PhD Thesis, Ankara, 2020. The aim of this study was to investigate the relationship between foot intrinsic muscle strength and balance and functional performance. The study was conducted with 80 healthy young subjects, 39 women and 41 men, between the ages 18-36, with an average age of 25.99 ± 4.4 years. Muscle strength of abductor hallucis, flexor hallucis brevis, flexor digitorum brevis, flexor digiti minimi was measured with a digital hand-held dynamometer. Balance was assessed with Biodex-BioSway™. Postural Stability Test, Stability Limit Test and Modified Sensori Organization Test (MSOT) were applied subjects. Functional performance assessments were performed with vertical jump test and single leg hop test. The relationship between muscle strength and balance was analyzed using Pearson's correlation test. There were low correlations between dominant FHB muscle strength, non-dominant FDB and FDM muscle strength and eyes closed-foam surface MSOT results (respectively, $r:0.24$, $r:0.27$ $r:0.26$; $p < 0.05$). However, there was no significant correlation between abduktor hallucis, flexor hallucis brevis, flexor digitorum brevis, flexor digiti minimi muscle strength and Postural Stability Test, Stability Limit Test and open eyes- firm surface MSOT results. There was no significant relationship between Abduktor hallucis muscle strength and the functional performance tests of both feet. There were significant relationships between flexor hallucis brevis, flexor digitorum brevis, flexor digiti minimi muscles and vertical jump test (respectively; $r: 0.330$, $r: 0.2298$, $r: 0.295$; $p < 0.05$) and single leg hop test (respectively; $r: 0.374$, $r: 0.309$, $r: 0.306$; $p < 0.05$). As a result; in healthy young subjects, while maintaining postural stability, the importance of intrinsic muscle strength increases as balance conditions become more difficult. Intrinsic flexor muscle strength is associated with functional performance. Including specific exercises to strengthen the intrinsic muscles of the foot in exercise programs where functional performance and balance should be improved, will contribute positively to rehabilitation practices.

Keywords: Foot, strength, balance, functional performance, dynamometer.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLOLAR	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Ayağın Fonksiyonel Anatomisi	3
2.2. Ayak Biyomekaniğinde Kasların Rolü	7
2.2.1. Bacakta Başlayıp Ayakta Sonlanan Kaslar	7
2.2.2. Ayakta Başlayıp Ayakta Sonlanan Kaslar	11
2.2.3. Ayak Core Sistemi	17
2.3. Kuvvet Değerlendirme Yöntemleri	18
2.3.1. Ayak İntrinsik Kaslarını Değerlendirme Yöntemleri	18
2.4. Denge	20
2.4.1. Postural Stabilite	21
2.4.2. Dengenin Duyusal Mekanizmaları	23
2.5. Ayağın Dengedeki Rolü	24
3. BİREYLER VE YÖNTEM	26
3.1. Bireyler	26
3.2. Değerlendirme Yöntemleri	27
3.2.1 Demografik Bilgiler	27
3.2.2. Dominant Ayağın Belirlenmesi	28

3.2.3. Fiziksel Aktivite Düzeyi	28
3.2.4. Ayağa İlişkin Ölçümler	29
3.2.5. Dengenin Değerlendirilmesi	35
3.2.6. Fonksiyonel Performans Değerlendirmeleri	43
3.3. İstatistiksel Analiz	45
4. BULGULAR	46
4.1. Bireylerin Demografik Verileri ve Dağılımları	46
4.2. Bireylerin Ayağa İlişkin Verileri ve Dağılımları	48
4.3. Bireylerin Dominant ve Non-dominant Ayak İntersik Kas Kuvvetlerinin Denge Parametreleri ile İlişkisi	50
4.4. Bireylerin Dominant ve Non-dominant Ayak İntersik Kas Kuvvetlerinin Fonksiyonel Performans Testleri ile İlişkisi	54
4.5. Dominant ve Non-dominant Ayak İntersik Kas Kuvvetlerinin Cinsiyetler Arası Farkları	55
5. TARTIŞMA	56
5.1. Demografik Özellikler	57
5.2. Ayağa İlişkin Değerlendirmeler	57
5.3. Dengeye İlişkin Parametrelerin Değerlendirmeleri	59
5.4. Fonksiyonel Performans Değerlendirmeleri	63
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
7. KAYNAKLAR	69
8. EKLER	
EK 1: Etik Kurul Onayı	
EK 2: Gönüllü Onam Formu	
EK 3: Orjinallik Raporu	
EK 4: Değerlendirme Formları ve Anketler	
9. ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

AH	Abduktor Hallucis
ABDM	Abduktor Digiti Minimi
AHO	Adduktor Hallucis Oblik
AHT	Adduktor Hallucis Transvers
AP	Anterior-Posterior
API-6	Ayak Postür İndeksi-6
Cm	Santimetre
Diğ	Diğerleri
EMG	Elektromiyografi
FDB	Fleksor Digitorum Brevis
FDM	Fleksor Digiti Minimi
FHB	Fleksor Hallusis Brevis
Int	İnterossealler
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
Lum	Lumbrikaller
ML	Medial-Lateral
MSOT	Modifiye Sensori Organizasyon Testi
N	Newton
ND	Naviküler Düşme
N.M	Newton. Metre
NY	Naviküler Yükseklik
PST	Postüral Stabilite Testi,
QP	Quadratus Plantae
SLT	Stabilite Limiti Testi
SS	Standart Sapma
UFAA	Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi
VKI	Vücut Kütle İndeksi
W	Watt

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Ayağı oluşturan kemikler	3
2.2.	Ayakta bulunan eklemler	6
2.3.	Nötral ve pronasyondaki ayak postürü	7
2.4.	Ayak bileğinden geçen tendonlar	10
2.5.	Ayağın intrinsik kasları	16
2.6.	Ayak core sistemi	18
2.7.	Postüral stabilite konisi	22
3.1	Çalışmaya dahil edilen bireylerin katılım akış şeması	27
3.2.	Lafayette® model-01165 dinamometre	32
3.3.	Flektor hallusis brevis kas ölçümü	33
3.4.	Abduktor hallusis kas ölçümü	33
3.5.	Flektor digitorum brevis kas ölçümü	34
3.6.	Flektor digiti minimi kas ölçümü	34
3.7.	Flektor digiti minimi kas ölçümü	35
3.8.	Her iki ayak ve tek ayak üzerinde ayağın zemin üzerindeki pozisyonu	36
3.9.	Ayağın zemin üzerindeki koordinatlarının ekran görüntüsü	36
3.10.	Postural stabilite test pozisyonu	37
3.11.	Postural stabilite test ekranı	38
3.12.	Stabilite limiti testi başlangıç ekran görüntüsü.	39
3.13.	MSOT ekran görüntüsü	41
3.14.	MSOT sonuç ekran görüntüsü	42
3.15.	MSOT yumuşak zemin denge testi	43

3.16.	Tek ayak öne sıçrama testi başlangıç ve bitiş pozisyonu	44
3.17.	Dikey sıçrama testi başlangıç ve bitiş pozisyonu	44

TABLolar

Tablo		Sayfa
4.1.	Bireylerin demografik verilerinin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri	46
4.2.	Bireylerden toplanan tüm verilerin aritmetik ortalama ve standart sapmaları ve aralarındaki farklar	47
4.3.	Bireylerin dominant ayak dağılımı	48
4.4.	Bireylerin ayak postür indeksi ve naviküler yükseklik sonuçları	48
4.5.	Bireylerin Alt Ekstemite Fonksiyonellik Skalası ve Ayak- Ayak Bileği Kullanabilirlik Ölçeği aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri	49
4.6.	Bireylerin dominant ve non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin karşılaştırılması	49
4.7.	Bireylerin dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin her iki ayak postural stabilite testi ile ilişkisi	50
4.8.	Bireylerin non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin her iki ayak postural stabilite testi ile ilişkisi	50
4.9.	Bireylerin dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin tek ayak postural stabilite testi ile ilişkisi	51
4.10.	Bireylerin non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin tek ayak postural stabilite testi ile ilişkisi	51
4.11.	Bireylerin dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin stabilite limitleri testi ile ilişkisi	52
4.12.	Bireylerin non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin stabilite limitleri testi ile ilişkisi	52
4.13.	Bireylerin dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin modifiye sensori organizasyon testi ile ilişkisi	53

4.14.	Bireylerin non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin modifiye sensori organizasyon testi ile ilişkisi	53
4.15.	Dominant ayak AH, FHL, FDB, FDM kas kuvvetlerinin dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testi ile ilişkisi	54
4.16.	Non-dominant ayak AH, FHL, FDB, FDM kas kuvvetlerinin dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testi ile ilişkisi	54
4.17.	Dominant ve non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin cinsiyetler arası farkları	55

1.GİRİŞ

Ayak; alt ekstremitte ile yer arasında kuvvet transmisionunu sağlayan ve farklı zeminlere adaptasyonu olan esnek bir yapıdır (1). Alt ekstremitenin en distal parçası olan ayak, destek yüzeyi oluşturarak dengenin sağlanması için önemli rol oynar. Ayrıca statik ayakta duruş pozisyonunda somatosensoryel inputlar ile salınımların tespit edilmesi ve uygun denge stratejilerinin ortaya çıkarılmasında etkili olan bir duyu organı olarak çalışmaktadır. Dengenin sağlanması için gravite merkezini destek yüzeyi sınırları içerisinde düşürülmesi ve konumunun korunması gerekmektedir. Yer çekimi hattını destek yüzeyinde tutabilmek için gerekli olan postüral kontrol mekanizması öncelikle ayak ve ayak bileğinden sağlanır (2-4). Ayağın intrinsik kasları; ayaktan orijin alan ve ayakta sonlanan küçük kas gruplarıdır. Yapısal olarak kısa kuvvet kolları ve küçük çapları vardır. Ayak ve ayak arklarının stabilizasyonunda, ayak postüründe, ayak biyomekaniğinde, ayağın stabilizasyonu ve kontrolünde intrinsik kasların önemli rolü vardır. Plantar yüzeyde bulunan intrinsik kaslar; ayağın dinamik kontrolü için duysal ve motor girdi sağlayarak dengenin ayak stratejilerine de katkıda bulunmaktadır. Plantar intrinsik kaslar 4 katmanda incelenir. Birinci katman; abduktor hallusis (AH), fleksor digitorum brevis (FDB), abduktor digiti minimi (ABDM), ikinci katman; quadratus plantae (QP) ve lumbrikaller (LUM), üçüncü katman; adduktor hallucis oblik (AHO), adduktor hallusis transvers (AHT), fleksor hallucis brevis (FHB), fleksor digiti minimi (FDM) dördüncü katman; interosseal (INT) kaslarından oluşmaktadır. Bu kaslar dinamik ayak kontrolü için duysal ve motor girdi sağlar ve farklı fonksiyonlar sırasında dinamik ayak kontrolünü artırır. Ayak intrinsik kas kuvvetsizliğinin yapısal veya fonksiyonel parmak deformiteleri, pes planus, halluks valgus, plantar fasiit gibi patolojilerle doğrudan ilişkili olduğu bildirilmektedir (5-8). En büyük intrinsik kaslar olan; abduktor hallusis, fleksor digitorum brevis ve quadratus plantae kaslarının intramusküler elektromiyografi (EMG) ile stimülasyonunun incelendiği bir çalışmada, intrinsik kas aktivasyonunun kalkaneusta ve metatarsal segmentlerde açısal değişiklikler meydana getirdiği, ark uzunluğunu azalttığı ve postural kontrol üzerinde etkili olabileceği bildirilmiştir (9). İntrinsik kas aktivasyonları ayağın ekstrinsik kaslarıyla benzer aktivasyon gösterdiklerinden izole olarak kuvvet ölçümleri ve değerlendirmeleri zordur. Literatürde intrinsik kas

kuvvetini değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanılmış olup (kâğıt yakalama testi, EMG, ultrasonografi) dijital dinamometre de bu yöntemlerden biridir (10-12). Sağlıklı bireylerde denge ve fonksiyonel performansı etkileyen pek çok faktör olmakla birlikte direkt olarak intrinsik kas kuvveti ile ilişkisi henüz ortaya konmamıştır. Bu çalışmanın amacı ayak intrinsik kas kuvvetinin denge ve fonksiyonel performans ile ilişkisini incelemektir. Elde ettiğimiz sonuçlar ile ayak intrinsik kas kuvvetinin önemine ve denge ve fonksiyonel performans ile ilişkisine dikkat çekmek, fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarında bu kasları kuvvetlendiren özel egzersiz uygulamalarının önemini vurgulamak hedeflenmektedir.

Hipotezler;

H0: Ayak intrinsik kas kuvvetinin dengeye özgü parametreler ve fonksiyonel performans üzerine ilişkisi yoktur.

H1: Ayak intrinsik kas kuvveti dengeye özgü parametreler ile ilişkilidir.

H2: Ayak intrinsik kas kuvveti fonksiyonel performans ile ilişkilidir.

Bu çalışmanın ikincil hipotezleri;

H3: Ayak intrinsik kas kuvveti cinsiyetler arası farklıdır.

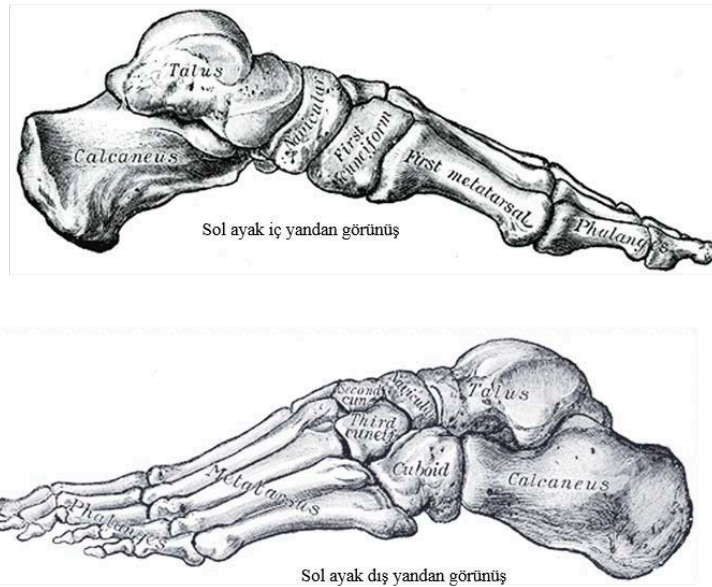
H4: Ayak intrinsik kas kuvveti dominant ve non-dominant ekstremitede farklıdır.

2. GENEL BİLGİLER

Ayak, yer ile vücut arasında bağlantı kuran ve destek görevi gören fonksiyonel bir yapıdır. 26 kemikten oluşan bu yapı; dinamik olarak vücudun absorban organı olarak işlev görürken aynı zamanda zemin değişikliklerine de adaptasyon sağlayarak denge ve postural stabilitenin sağlanması ile sürdürülmesinde önemli rol oynar. Yürüme fonksiyonu sırasında ise rijit bir kaldıraç görevi yaparak ağırlık aktarımı ile öne doğru ilerlemeyi sağlar (2,13,14).

2.1. Ayağın Fonksiyonel Anatomisi

Ayak; düzensiz kemik şekilleri, kemikleri birbirine bağlayan ligamentler, dinamik destek sağlayan kaslar ve 2 tanesi longitudinal, diğeri transvers olmak üzere üç adet ark desteğinden meydana gelmiştir. Ayağı oluşturan kemikler; talus, kalkaneus, navikula, medial kuneiform, kuboideum, metatarsaller ve başparmakta iki diğer parmaklarda üç adet olmak üzere falanklardır (13-14) (Şekil 1).



Şekil 2.1. Ayağı oluşturan kemikler (15).

Ayak anatomisine fonksiyonel olarak bakıldığında ayağı arka ayak, orta ayak ve ön ayak olmak üzere 3 ayrı bölümde incelemek mümkündür. Arka ayağı talus ve kalkaneus, orta ayağı navikula, medial-orta-lateral kuneiform ve kuboid, ön ayağı ise metatarsaller ve falanklar oluşturmaktadır. Arkalar; medial longitudinal ark, lateral

longitudinal ark ve anterior transvers, mid transvers, postreior transvers ark olmak üzere 5 tanedir. Torsiyonel momentleri azaltarak ayağın zemine uyum sağlamasında etkin rol oynarlar (16-17). Medial longitudinal arkta meydana gelen çökmeler, ayakta artmış pronasyona ve azalmış plantar fleksiyon ve adduksiyon kas kuvvetine bağlı olarak ayak medial hattında plantar basıncın artmasına sebep olmakta bu durum postural kontrol ve denge performansı olumsuz etkilemektedir (18). Topuk medialine, 1. ve 2. metatarsallere binen yükler arttıkça ayakta değişen plantar basınç dağılımı tüm vücut segmentlerindeki yüklenme ve dizilimi etkilenmekte ayrıca kişinin yön değiştirme, sıçrama gibi fonksiyonel performans parametreleri de etkilenmektedir (19,20).

Kemik yapı, ligamentler, ekstrinsik ve intrinsik kaslar longitudinal arkı destekleyen önemli yapılardır ve yürüyüş sırasında ayakta pronasyon kontrolünü sağlarlar. Adaptasyon mekanizması olarak düşünüldüğünde; 1. ve 5. Metatarsal kemiklerin sagittal düzlemde eklem hareket açıklıkları diğer metatarsallere göre daha fazladır ve bu harekete subtalar eklem pronasyon ve supinasyonunun da dahil olması ile ayağın farklı yüzeylere uyum sağlama becerisinin gelişmiş olduğu ve böylelikle ayağa binen stresin azaldığı belirtilmiştir (14). Üst segmentlerden talusa gelen yük ön ve arka olmak üzere iki parçaya bölünerek ayağa kademeli olarak dağıtılmaktadır. Yük arkada kalkaneus aracılığı ile yere iletilirken, ön tarafta navikulaya ardından başparmağa devamında kuneiform kemikler aracılığı ile ilk 3 metatarsal kemiğe en son olarak da kuboid kemik aracılığı ile 4.ve 5.metatarsal kemiğe iletilir. Kalkaneus ile metatars başları arasındaki kemikler vücut ağırlığını direk iletmemektedir (14,21).

Statik duruş pozisyonunda kalkaneus'taki valgus 4° ve üzerinde ise ya da forefoot-rarefoot varusu 4° ve üzerinde ise ayak planus olarak sınıflandırılmaktadır. Duruş pozisyonunda dinlenme halindeki kalkaneus'taki varus 0° ve üzerinde ise ya da forefoot-rearfoot valgusu 1° ve üzerinde ise ayak cavus olarak sınıflandırılır. Kalkaneal dinlenme pozisyonunda valgus $0^{\circ} \geq$ ya da $2^{\circ} \leq$ ise ve forefoot-rearfoot varusu $0^{\circ} \geq$ ya da $4^{\circ} \leq$ ise ayak normal kabul edilmektedir (22).

Subtalar eklem; talus ve kalkaneus arasında üç eklem yüzüne sahiptir. Eklemde; dorsifleksiyon, abduksiyon, kalkaneal eversiyon hareketlerinin kombinasyonu olan pronasyon ile plantar fleksiyon, adduksiyon, kalkaneal

inversiyon hareketlerinin kombinasyonu olan supinasyon meydana gelir (23). Subtalar eklem, ayağın yere adaptasyonu için ayrıcalıklı bir rotasyon mobilitesine sahiptir. Ayrıca yerçekimi hattının frontal düzlem üzerindeki salınımlarını kontrol ederek lateral dengeyi sağlamaktan da sorumludur (24). Subtalar eklem horizontal düzlem ile 42 derecelik oblik eksene sahip oluşu tibiada rotasyonel hareketlere sebep olmakla birlikte ayağın supinasyon ve pronasyonundan da sorumlu olmasına neden olmaktadır (25).

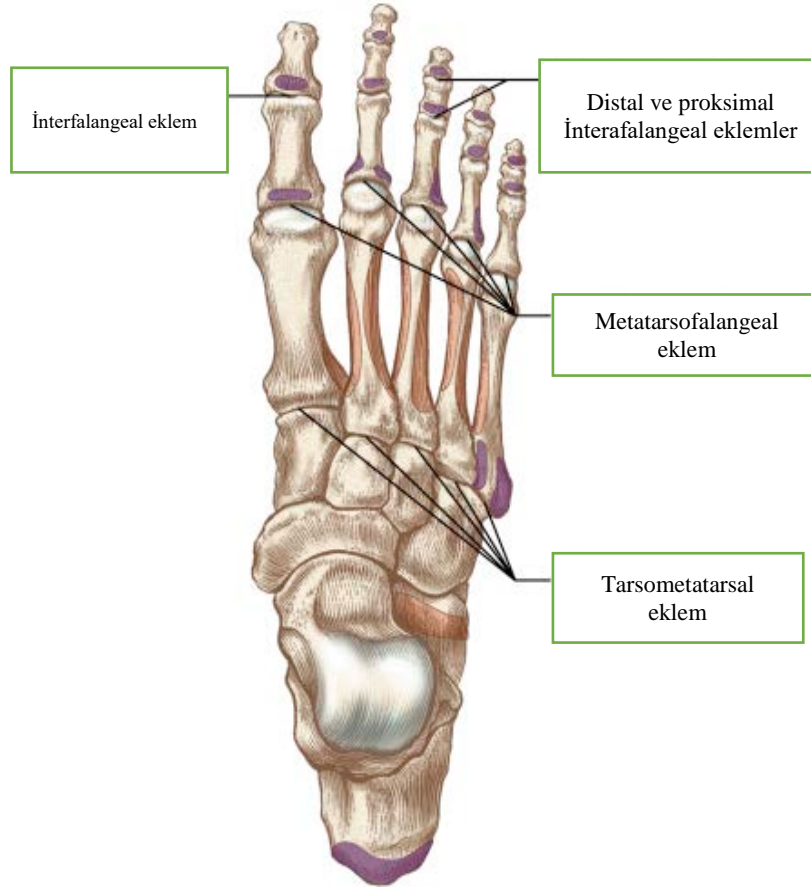
Chopart (Midtarsal) eklem; talus ve navikula arasındaki talokalkaneonavikular eklem bir parçası ile ön ayakta kuboideum ve kalkaneus arasındaki kalkaneokuboid eklem oluşturduğu iki eksenli fonksiyonel bir eklemdir. Orta ayağın stabilite ve mobilitesinden sorumlu önemli bir yapıdır. Eklemde hareketler fleksiyon-ekstansiyon, pronasyon-supinasyon, inversiyon-eversiyon hareketlerinin kombinasyonu olarak meydana gelir. Yürüme sırasında aktif görev alan midtarsal eklemde; topuk vuruşu sırasında subtalar eklem pronasyonu sayesinde talonavikular ve kalkaneokuboid eklemlerin paralelleşmesi ile eklem hareket açıklığı artar. Duruş fazının sonunda subtalar supinasyon hareketi ile eklem yüzlerinin paralelliği korunamaz. Bu nedenle orta ayakta rijidite ve stabilite oluşur (26-27). Statik dengenin sürdürülmesinde orta ayağın bu stabiliteyi oluşturması ve fonksiyonunu sürdürmesi önem taşımaktadır.

İntertarsal eklemleri; navikuloküboid, navikulokuneiform ve küneiform kemikler arasındaki eklemler oluşturur. Orta ayakta yer alan, sınırlı kayma hareketleri olan eklemlerdir.

Tarsometatarsal eklemler Lisfrank eklemi olarak da bilinmektedir. Eklem; 3 küneiform ile ilk üç metatarsallerin, kuboideum ile 4 ve 5. metatarsallerin birleşmesiyle oluşmaktadır. Plana tipi olan daha rijit eklemlerdir. Küneiform kemiklerin metatarsallere sağladığı hareket açıklığı kuboid kemiğe göre daha fazladır. Güçlü transvers intertarsal bağlar, intertarsal eklemler, tarsometatarsal eklemler ve özellikle ikinci küneiform ve metatars eklemleşmesi, yürümenin parmak kalkışı fazında transvers ve longitudinal arka destek sağlamaktadır (26-28).

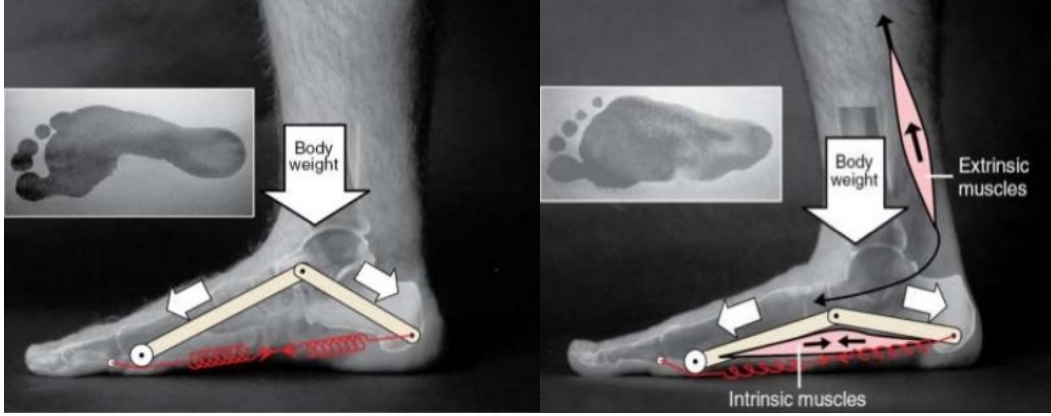
Distal metatarsal ile proksimal falanks arasında meydana gelen metatarsofalangeal eklem ayak biyomekaniğindeki önemi; topuk kalkışından hemen sonra etkili bir itme fazını sağlamak için dorsifleksiyon hareketi ile kaldıraç

görevi üstlenmesi, windlass-çıkırık mekanizmasını aktive ederek medial longitudinal arkı desteklemesi ve ayağın rijit bir hale gelmesine yardımcı olmasıdır (25).



Şekil 2.2. Ayakta bulunan eklemler (29).

Plantar aponevroz; kalkaneal tüberkülden başlayıp ayağın plantar yüzeyi boyunca devam ederek bant şeklinde falankslara tutunur. Yürümenin itme fazında vücut ağırlığının öne doğru aktarılması ve ilerletilmesinde önemli rol oynar. Metatarsofalangeal eklem ekstansiyonu ile gerilen plantar aponevroz kalkaneus ve metatarsofalangeal eklem arasındaki mesafeyi kısaltarak medial longitudinal arkı yükseltir ve windlass (çıkırık) mekanizması ile itme fazını kolaylaştırır. Bu fonksiyonel mekanizmanın sürdürülmesinde ayağın intrinsik ve ekstrinsik kas fonksiyonlarının da rolü büyüktür (29). Subtalar nötral pozisyonu bozulmuş, ayak medialinde artmış stresle sonuçlanan pronasyondaki bir ayak postüründe vücut ağırlığı ile birlikte plantar fasyaya binen stres artarken intrinsik-ekstrinsik ayak kaslarının fonksiyonları da etkilenmektedir (Şekil 2.3.) (30).



Şekil 2.3. Nötral ve pronasyondaki ayak postürü (30).

2.2. Ayak Biyomekaniğinde Kasların Rolü

2.2.1. Bacakta Başlayıp Ayakta Sonlanan Kaslar (Ayağın Ekstrinsik Kasları)

Ayağın ekstrinsik kasları; bacedan orijin alan ve tendonları ayak bileğini çaprazlayarak ayakta sonlanan kaslardır.

- Tibialis anterior kası; tibia'nın lateral kondilinden başlayıp medial kuneiformun alt yüzü ve 1. metatarsal kemiğın altında insersiyoy yapar. N. fibularis profundus tarafından innerve edilen tibialis anterior kası, ayak bileğine ağırlık aktarılmadığı koşullarda ayak bileğinin en kuvvetli dorsi fleksörü olarak görev yapar (31,32). Bir diğery fonksiyonuy ise ayak bileğine inversiyon yaptırmaktır. Ağırlık aktarıldığı koşullarda ise ayak topuk vuruşundan taban temasına inerken eksentrik olarak kasılarak ayağın kontrollü bir şekilde yere tam temasını sağlamak ve ayağı ağırlık aktarım fazına hazırlamaktır. Bu fonksiyonlarına ek olarak ön ayak hareketlerinin kontrolünde, 1. metatarsın elevasyonunda ve lateral rotasyonunda, itme fazında medial longitudinal arkın yükseltilmesinde de rol oynamaktadır (13,33,34).
- Ekstansor hallucis longus kası; fibula'nın orta bölümü ile interosseal membrandan orijin alarak başparmağın distal falanksında sonlanmaktadır. İnervasyonu N. fibularis tarafından olan bu kas başparmağa ekstansiyon

yaptırırken, ayağa ekstansiyon, supinasyon kısmen de adduksiyon yaptırır (13,31).

- Ekstansor digitorum longus kası; tibia'nın lateral kondilinin 3/4 üst bölümü ve interosseal membrandan başlayıp dört tendonu 2., 3., 4., ve 5. parmakların orta ve distal falankslarının dorsal aponevrozunda sonlanmaktadır (31,32). N. fibularis profundus tarafından innerve olan bu kas başparmak hariç diğer dört parmağa ekstansiyon yaptırırken ayağa ekstansiyon, pronasyon ve abduksiyon yaptırır (13).
- Peroneus longus kası; caput fibula ve fibula shaftı 2/3 dış yüzünden orijin alarak lateral malleolün arkasından geçtikten sonra ayak tabanında ilerler medial cuneiform ve 1.metatarsın basisinde insersiyon yapar (31). İnervasyonu N. fibularis superficialis tarafından olan peroneus longus kası; en kuvvetli arka ayak evertörü olarak bilinmektedir (13). Ayrıca 1. parmak yayı ve arka ayak için plantar fleksör olarak da fonksiyon görür. Yürüyüşün erken duruş fazında, tibialis anterior ile ko-kontraksiyon yaparak ayak bileğinin mediolateral stabilizasyonunu da sağlamaktadır (33,34). Ayakta duruş fazında subtalar eklem inversiyon veya orta duruş fazında nötral pozisyonunda iken, tibialis posterior kası ile birlikte medial longitudinal arkın düşmesini önlemek ve ark dizilimini kontrol etmek peroneus longus kasının en önemli görevlerindedir (33-35).
- Peroneus brevis kası; fibula'nın 2/3'lük bölümünden başlayıp 5. metatarsal kemiğin tuberositasında sonlanır. N. fibularis superficialis tarafından innerve edilen kas, ayağa fleksiyon, pronasyon ve abduksiyon yaptırır (31,32).
- Triceps surae kası; Gastrocnemius ve soleus kas kompleksinin oluşturduğu birlikteliğin adıdır. Gastrocnemius kası femur kondillerinin üzerinden ve diz eklem kapsülünden orijin alarak caput mediale ile laterale'den iki parçadan oluşan bir kاستır. Soleus kası, fibula başının arka kısmı, tibia'nın arkasındaki linea m. solei ve tibia'nın iç yan kenarının 1/3'ünden origin alarak gastrocnemius kasının derininde seyredir. Gastrocnemius ve soleus kaslarının tendinöz kısımları birleşerek ortak bir tendon olan aşıl tendonu ile kalkaneusa insersiyon yapar (31). N. tibialis tarafından innerve edilen gastrocnemius ve soleus kas kompleksinin sagittal ve frontal düzlemde farklı etkileri gözlenmektedir. Özellikle medial gastrocnemius kası yürüme sırasında kuvvet oluşturma açısından daha

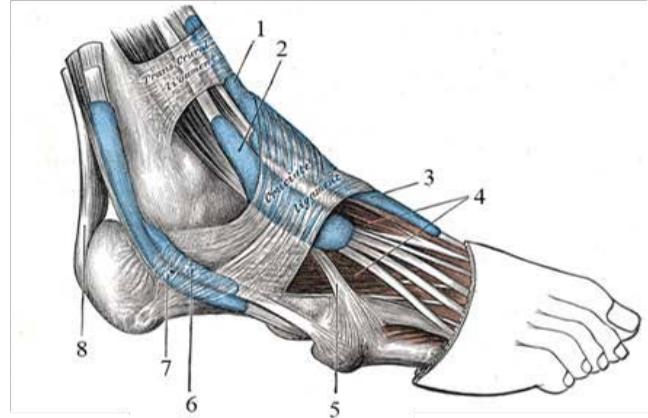
büyük etkiye sahiptir (13,36). Yürüme aktivitesi sırasında triseps surae kası subtalar eklem ve dolaylı olarak da transtarsal eklemlere rotasyon yaptırmaktan sorumludur. En önemli görevi yürümenin itme fazı sırasında konsentrik olarak kasılmasıdır. Arka ayak eversiyonda iken invertör kuvvet kolu, arka ayak inversiyonda iken evertör kuvvet kolu oluşturarak subtalar eklem inversiyon ve eversiyon hareketlerini kontrol etmektedir (13,33,34).

- Fleksör digitorum longus kası; linea musculi solei'nin distalinde kalan tibia arka yüzünün medialinden orijin alarak medial malleolün arkasından geçer ayak plantar yüzeyinde öne doğru uzanarak dört sekonder tendon ile 2-5 parmakların distal falanklarının tabanında insersiyon yapar (31). N. tibialis tarafından innerve edilen kas, 2-5. parmaklara ve ayağa fleksiyon yaptırırken aynı zamanda ayağa da supinasyon ve adduksiyon yaptırmaktadır (13).
- Tibialis posterior kası; membrana interossea cruris'den, fibula ve tibia'nın arka yüzünden orijin alarak medial malleolün arkasından geçer ve navicula tuberositasına, kuneiform ve kuboid kemiğe insersiyon yapar (31). N. tibialis tarafından innerve edilen tibialis posterior kası; klinik olarak medial arkı destekleyen en önemli yapıdır. Medial longitudinal ark yapısına olan destek fonksiyonu ile orta ve arka ayak biyomekaniğine önemli ölçüde etki eder. (13,33,35,37).
- Fleksör hallucis longus kası; fibula'nın 2/3 alt bölümünün posterior yüzünden orijin alarak ayak tabanında ilerler ve başparmağın distal falanksının tabanında sonlanır (31). N. tibialis tarafından innerve edilen fleksör hallucis longus kası; gastoknemius, tibialis posterior, triseps surae ve fleksör digitorum longus kası ile birlikte ayak bileği plantar fleksiyonuna yardım etmektedir. Ayrıca tibialis posterior kası ile birlikte subtalar eklem inversiyonunda rol almaktadır. Başparmak fleksiyonu yaptıran primer kas oluşu ve ayağın rijit hale gelmesindeki fonksiyonu ile ayak biyomekaniğinde önemli rol oynar (13,33,34,38).

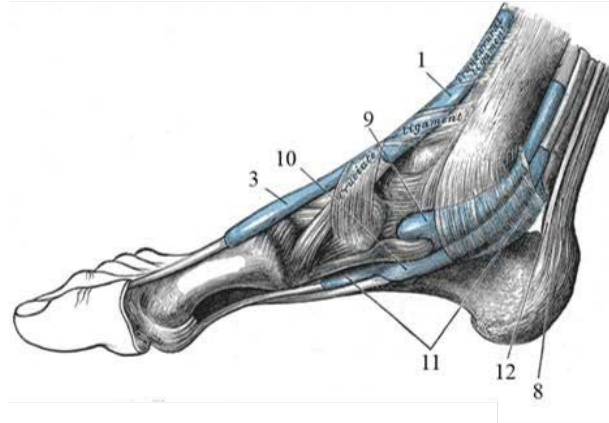
Ekstrinsik ayak kaslarının özellikle tibialis posterior kasının medial longitudinal arkı desteklemede önemli rolleri vardır. Fleksör hallucis longus sustentakulum taliyi, tibialis anterior kası medial kuneiform kemiği, tibialis posterior kası ise navikula tüberkülünü yukarıya doğru çekerek longitudinal ark yapısına destek olan ekstrinsik

kaslardandır (35,37). Peroneus longus kası 1. Metatarsın fleksiyonuna yardımcı olarak ayak arkının korunmasında dinamik rol oynamaktadır (34,38).

Ekstrinsik ayak kaslarının intrinsik kaslarla resiprokal veya sinerjistik kasılma paternleri oldukça önemlidir ve lokomotor görevlere göre farklılık göstermektedir. Yürüyüş sırasında senkronize olarak aktive edilen ayak kasları etkili bir fonksiyonellik sağlar (39).



Sağ ayak ve ayak bileği dış yandan görünüş



Sağ ayak ve ayak bileği iç yandan görünüş

Şekil 2.4. Ayak bileğinden geçen tendonlar (40).

1- tibialis anterior, 2- ekstansor digitorum longus, 3- ekstansor hallucis longus, 4- ekstansor digitorum brevis, 5- fibularis longus, 6- fibularis brevis, 7- fibularis longus, 8- kalkaneal tendon, 9- tibialis posterior, 10- fleksor digitorum longus, 11- fleksor hallucis longus, 12- bursa

2.2.2. Ayakta Başlayıp Ayakta Sonlanan Kaslar (Ayağın İntrinsik Kasları)

Ayağın intrinsik kasları; ayaktan orijin alan ve ayakta sonlanan küçük kas gruplarıdır. Yapısal olarak kısa kuvvet kolları ve küçük çapları olması dolayısıyla ayağın ve ayak arklarının stabilizasyonunda önemli fonksiyonları olduğu düşünülmektedir (6-8,41,42,43). Mann ve Inman, intrinsik ayak kaslarının rolünün, itme sırasında ayağın stabilizasyonu olduğunu ileri sürmüşlerdir. Yürüyüşün itme fazı sırasındaki intrinsik kas aktivitesi, vücut ağırlık merkezi metatarsofalangeal eklemin önüne hareket ettikçe pasif olarak metatarsofalangeal eklem dorsifleksiyonuna eş zamanlı stabilizasyon sağlamaktadır. Abduktor hallusis, abduktor digiti minimi, fleksor hallusis brevis, dorsal interossealler ve lumbrikal kasların duruş fazı boyunca parmak kalkışına kadar aktif olduğu belirtilmektedir (7). Başka bir çalışmada; abduktor hallusis, fleksor hallusis brevis, fleksor digitorum brevis kaslarının itme fazında vücut ağırlığının yaklaşık %13-%36'sı kadar güç ürettiği bildirilmiştir (44) .

Yürüme ve ayakta durma sırasında intrinsik kaslar medial longitudinal ark yapısına da destek fonksiyonu görmektedir (7,45,46). Önceki çalışmalarda; statik ve gevşek ayakta durma sırasında intrinsik kas aktivitesinin olmadığını ve ayakta duruşta arka destek sağlayan primer yapının plantar aponevroz olduğunu savunulmuş (7) ancak yakın zamanda yapılmış bir EMG çalışmasında gevşek ayakta durma sırasında bu kaslarda az miktarda aktivasyon olduğunu ve artan postural gereksinimlere karşın abduktor hallusis, fleksor hallusis ve quadratus plantae kas aktivasyonlarının da önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir (9).

Reeser ve diğ. (47), intrinsik ayak kaslarının, yürüme sırasında fleksiyondaki plantar gerilime aktif olarak direnmek ve longitudinal arklara destek olmak için hareket ettiğini öne sürmüşlerdir. Bu hipotez, plantar aponevroz gerginliğinin geç duruş sırasında önemli ölçüde düştüğü ancak ark yüksekliğinin arttığı bulguları ile desteklenmektedir. Geç duruş fazı sırasındaki gerginlik, intrinsik ayak kasları gibi diğer yapıların ilerleme sırasında ark desteğine katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir. Başka çalışmalarda medial ve lateral ark üzerindeki mekanik gerilmelerin plantar intrinsik kaslar ile ayarlanabileceğini göstermiştir (48,49). Bu nedenle, intrinsik kasların yürüyüş sırasında medial longitudinal arkın

desteklenmesinde önemli bir rol oynadığına ve gevşek ayakta duruşta küçük bir rol olduğuna dair kanıtlar vardır.

İntrinsik kas zayıflığı ve disfonksiyonu; charcot-marie-tooth, parmak deformiteleri, plantar fasiit, topuk ağrısı ve halluks valgus gibi bulgulara zemin hazırlayan biyomekanik değişikliklere neden olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (50-53). İntrinsik kaslar plantar ve dorsal olmak üzere ikiye ayrılır. Plantar intrinsik kaslar 4 katmanda incelenir. Birinci katman; abduktor hallusis (AH), fleksor digitorum brevis (FDB), abduktor digiti minimi (ABDM), ikinci katman; quadratus plantae (QP) ve lumbrikaller (LUM), üçüncü katman; adduktor hallusis oblik (AHO), adduktor hallusis transvers (AHT), fleksor hallusis brevis (FHB), fleksor digiti minimi (FDM) dördüncü katman; interosseal (INT) kaslarından oluşmaktadır. Dorsal intrinsik kasları ise ekstansor digitorum brevis ve ekstansor hallusis brevis olmak üzere iki kas oluşturur (6).

Plantar İntrinsik Kaslar

Dört katmandan oluşan plantar intrinsik kasları dinamik ayak kontrolü için duyusal ve motor girdi sağlar ve farklı fonksiyonlar sırasında dinamik ayak kontrolünü artırır. Abduktor hallusis, fleksor digitorum brevis, quadratus plantae kasları intrinsik kaslar arasında uzunluğu, fizyolojik enine kesit alanı ve kas volümü en fazla olan kaslardır (54).

Birinci Tabaka Kasları

Ayağın birinci tabakasinda abduktor hallusis, fleksor digitorum brevis ve abduktor dijiti minimi olmak üzere üç adet kas bulunur.

- Abduktor hallusis: Plantar intrinsik kaslar arasında en medialde ve yüzeyde olan kastır. Kalkaneal tüberkülün iç tarafında bulunan çıkıntısından, retinaculum musculorum flexorum ve plantar aponevrozdan başlayıp ayağın medial hattı boyunca uzanarak birinci parmağın proksimal falanksının tabanının medial sesamoid tarafında sonlanır (55). N. plantaris medialis tarafından innerve edilen kas birinci parmağa abduksiyon ve fleksiyon yaptırır. Fizyolojik enine kesit alanı en büyük intrinsik kas olmasının yanı sıra az sayıda motor ünitten oluştuğu

bilinmektedir (6,54,56,57). Ayrıca ağırlık aktarma sırasında longitudinal ark için aktif destek sağlar (43,46).

- **Fleksor digitorum brevis:** Kalkaneal tüberkülün iç tarafında bulunan çıkıntısından, aponeurosis plantaris ve intermusküler bölmeden başlayıp 2-5 parmakların parmağın orta falankslarının her iki tarafında sonlanır. Kas lifleri fusiform yapıda seyreder. N. plantaris medialis tarafından innerve edilen kas bu kasın fonksiyonu ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci MTF eklem fleksiyonu ve yürüyüşün itme fazı sırasında ayak parmaklarının stabilizasyonudur (55,58) .
- **Abduktor digiti minimi:** Kalkaneal tüberkülün medial ve lateral tarafında bulunan çıkıntılardan, aponeurosis plantaris ve intermusküler bölmeden başlar ve ayağın lateral kenarı boyunca uzanarak 5.parmağın proksimal falanksının basisinde sonlanır. Diğer birinci tabaka kaslarından farklı olarak n. plantaris lateralis tarafından innerve edilir. Beşinci parmağa abduksiyon ve fleksiyon yaptırır (55).

İkinci Tabaka Kasları

İkinci tabakada kuadratus plantae ve lumbrikaller olmak üzere iki grup kas bulunur.

- **Quadratus plantae:** Fleksor accessorius olarak da isimlendirilen bu kas kalkaneus'un plantar yüzeyinin medial ve lateral kısımlarının dış yüzeyinden başlayıp fleksor digitorum longus'un tendonunun dış yan tarafında sonlanır. Lateraldeki parçasının bazı insanlarda olmadığı belirtilmiştir. N. plantaris lateralis tarafından innerve edilen kuadratus plantae dış tarafta bulunan dört parmağın fleksiyonunda fleksor digitorum longus'a yardım eder ancak kasın yürüyüş ve duruştaki kesin fonksiyonu bilinmemektedir (6,55,59).
- **Lumbrikaller:** M. fleksor digitorum longus'un tendonundan başlayıp 2-5. parmaklar üzerinde iç taraftan yayılır. İç tarafta kalan kısmı n. plantaris medialis, dış tarafta kalan üç tanesi n. plantaris lateralis tarafından innerve edilir. Bu kaslar başparmak hariç diğer 2-5. parmakların metatarsofalangeal eklemının plantar tarafından geçtikleri için birinci falanksa fleksiyon, interfalangeal eklem

dorsalinde yer aldıkları için ikinci ve üçüncü falankslara ekstansiyon yaptırır (11,20).

Üçüncü Tabaka Kasları

Üçüncü tabaka fleksor hallusis brevis, adduktor hallusis ve fleksor digiti minimi olmak üzere toplam üç kastan oluşur.

- **Fleksor hallusis brevis:** Kuboid ve kuneiform lateralinden orijin alan ve tibialis posterior'un tendonundan başlayan kas, distale doğru uzanırken iç ve dış olmak üzere iki başa ayrılır ve sonunda başparmağın proksimal falanksının iki yanında sonlanır. Sonlanma yerinde her iki tendonun içinde sesamoid kemik bulunur. Sesamoid kemikler 1. MTF eklemin yeterli dorsifleksiyon yapması için kaldıraç görevi görürler. N. plantaris medialis tarafından innerve edilen bu kas başparmağın proksimal falanksına fleksiyon yaptırır (55,60).
- **Adduktor hallusis:** Kasın oblik ve transvers olmak üzere iki başı bulunmaktadır. Daha büyük ve geniş olan oblik başı 2.ve 4. metatarsal kemiğin tabanı ile fibularis longus tendonundan başlar ve 1-4 metatarsal kemiklerin altında ilerler; transvers başı ise 3-5 metatarsofalangeal eklemler ile bu eklemleri birbirine bağlayan derin yatay bağlardan başlar. Her iki baş birleşerek başparmağın proksimal falanksının basisinde sonlanır. N. plantaris lateralis'in derin dallarından innerve olan bu kas başparmağa adduksiyon yaptırır (55).
- **Fleksor digiti minimi:** Origosu 5. metatarsal kemiğin tabanı ile fibularis longus kasının tendonundan başlayan bu kas beşinci metatarsal kemiğin altında ilerleyerek 5. parmağın proksimal falanksının tabanının lateral tarafında insersiyon yapar. M. interosseus'a da benzeyen bu kasın bazen derin liflerinin bir bölümü 5. metatarsal kemiğin distal yarısının dış tarafına insersiyon yapar. Bu kısım bazı kaynaklarda opponens digiti minimi kası olarak da adlandırılabilir. N. plantaris lateralis'in yüzeysel dallarından innerve olan bu kasın görevi beşinci parmağa fleksiyon yaptırmaktır (55,61).

Dördüncü Tabaka Kasları

Ayağın dördüncü tabaka kaslarını mm. interossei plantares ve mm. interossei dorsales oluşturur.

- Plantar interosseal kaslar: 3 kastan oluşan plantar interossealler 3-5. metatarsal kemiklerin iç kısmından başlayıp proksimal falanksların tabanlarının iç tarafında ve dorsal apönevrozlarında insersiyoy yaparlar. N. plantaris lateralis tarafından innerve edilen kaslar tutunmuş oldukları parmaklara adduksiyon, birinci falanksa fleksiyon, ikinci ve üçüncü falanksa ekstansiyon yaptırırlar (55).
- Dorsal interossealler: Her biri arasında bulunduğu iki metatarsal kemikten başlayan dört tane kastan oluşan dorsal interossealler 1. ve 5. metatarsallerin birbirine bakan iç kısımlarından başlayıp, birincisi ikinci parmağın proksimal falanksının iç tarafında, diğer üçü de 2. ve 4. parmakların dış yüzünde insersiyoy yapar. N. plantaris lateralis tarafından innerve olan bu kaslar ikinci parmaktan geçen orta hatta göre parmaklara abduksiyon yaptırırken metatarsofalangeal ekleme fleksiyon yaptırır (55).



Plantar intrinsik kaslar: Katman 1: 1 = abduktor hallusis, 2 = fleksor digitorum brevis, 3 = abduktor digiti minimi; Katman 2: 4 = quadratus plantae, 5 = lumbrikaller 1-4; Katman 3: 6 = fleksor digiti minimi, 7a = adduktor hallusis oblik başı, 7b = adduktor hallusis transvers başı, 8 = fleksor hallusis brevis; Katman 4: 9=plantar-dorsal interossealler.

Dorsal intrinsik kaslar: 10 = dorsal interossealler, 11 = ekstansör digitorum brevis.

Şekil 2.5. Ayağın intrinsik kasları (8).

Dorsal İntrensik Kaslar

Ayağın dorsal yüzünde ekstansör digitorum brevis ve ekstansör hallusis brevis olmak üzere iki kas bulunur (6). Ancak spesifik fonksiyonlarına dair literatürde kapsamlı bir bilgi olmamasına karşın, EMG ile ekstansör hallusis brevis ve ekstansör digitorum brevis kasının aktivasyon paternini inceleyen bir çalışmada yürüme sırasında bazı katılımcılarda bu kasların aktivasyonu olmadığını ifade etmiştir (62,63).

- Ekstansör dijitorum brevis: Kalkaneusta sinus tarsi ve civarından orijin alarak retinaculum musculorum ekstansorum inferius'un dış kısmından başlar ve 2-4 falanklarda ekstansör digitorum longus'un tendonlarının yan taraflarında insersiyö yapar. İnervasyonu n. fibularis profundus tarafından olan bu kas

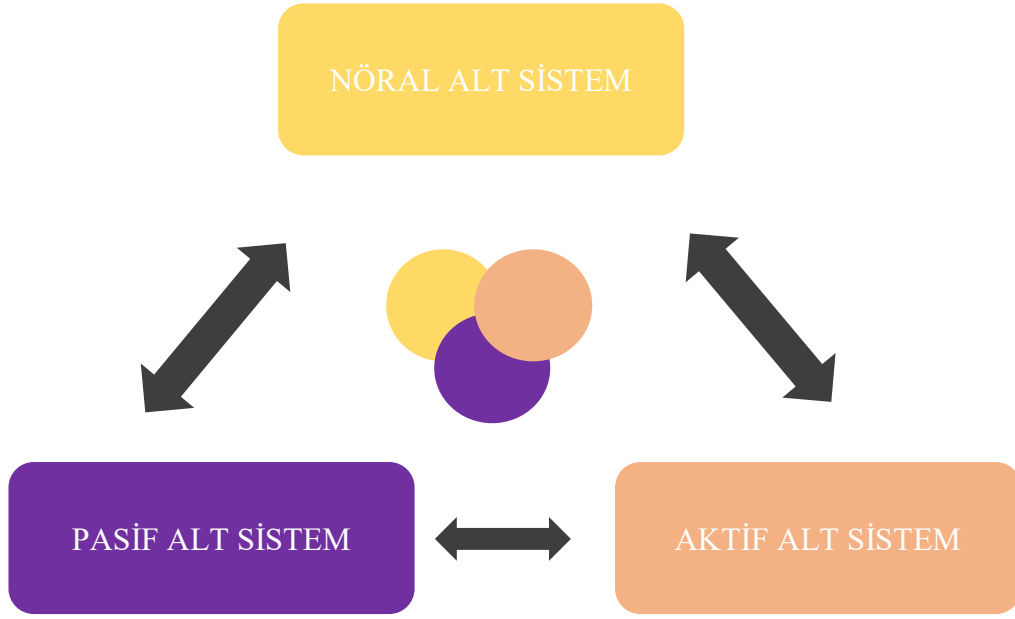
metatarsofalangeal ve interfalangeal eklemlere ekstansiyon yaptırır ve ekstansor digitorum longus'a yardım eder (15).

- Ekstansor hallusis brevis: Orijini ekstansor digitorum brevis ile aynı olan kasın distaldeki tutunma yeri birinci parmağın proksimal falanksıdır. İnervasyonu n. fibularis profundus tarafından olan bu kas başparmağın ekstansiyonunda ekstansor hallusis longus'a yardım eder (15).

2.2.3. Ayak Core Sistemi

Ayak core sistemi; pasif alt sistem, aktif alt sistem ve nöral alt sistemden oluşmaktadır. Pasif sistemi oluşturan yapılar; plantar fasya, ligamentler, arkı oluşturan kemiklerdir. Aktif sistem; intrinsik ve ekstrinsik ayak kaslarından oluşmaktadır. İntrinsik kasların ayakta lokal stabilizatör olarak görev yaptığı, ekstrinsik kasların ise global hareketten sorumlu olduğu düşünülmektedir. Nöral sistem; muskulotendinöz reseptörler, plantar kutaneöz reseptörler, ligamentöz reseptörlerden (plantar fasya içerir) oluşmaktadır (8). Bu sistemlerden birindeki işlev kaybı ve bozukluk ayakta postural değişikliklere, diğer yapılarda artmış streslere, biyomekanik dizilim bozukluklarına veya deformite gelişimine neden olabilmektedir.

Ekstrinsik kaslardan olan peronealler, tibialis posterior, tibialis anterior ve triceps surae kaslarının kuvvet analizleri yapılmış ve denge ile ilişkileri literatürde belirtilmiştir (65,66). Bu core sistem içerisinde lokal ve dinamik stabilizatör olarak fonksiyon gören intrinsik kasların kuvvet analizleri ile ayak postürü üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalarda patolojilerin altında yatan sebep olarak intrinsik kas zayıflığı ya da imbalansı gösterilmiştir (53,67). İntrinsik kas yorgunluğu ya da disfonksiyonunun ayak postüründe değişiklikler yattığı, naviküler düşmeyi artırdığı bildirilmiştir (46). Ayrıca plantar intrinsik kasların disfonksiyonu plantar apönevroz ve ekstrinsik kas tendonlarına binen yükün artması ile sonuçlanabilmektedir (52). Bu sistemdeki kinetik bağlantıyı oluşturabilmek için intrinsik kasların kuvvet analizleri önem kazanmaktadır.



Şekil 2.6. Ayak core sistemi (8).

2.3. Kuvvet Değerlendirme Yöntemleri

Kaslar, hareketlerin meydana gelmesinde kaldıraç sistemi oluşturarak güç ve kuvvet üretmekten sorumlu olan dinamik yapılardır. Fiziksel performans ölçüm ve hesaplamalarında uluslararası ölçüm sistemi uygulanmakta olup; kuvvet için Newton (N), tork için Newton. Metre (N.m), güç için Watt (W) birimleri kullanılmaktadır. Kuvvet; dinlenme veya hareket durumunu değiştirebilen veya değiştirmeye çalışan etki olarak tanımlanmaktadır. Kas kuvveti, kasların dışarıdan gelen kuvvetlere karşı koyarken kullandığı maksimum efor olarak nitelendirilmektedir (68).

2.3.1. Ayak İntrinsik Kaslarını Değerlendirme Yöntemleri

Ayak intrinsik kas kuvvetlerinin analizi için literatürde belirli yöntemler gösterilmiştir. Bu yöntemler arasında dinamometre, plantar basınç, kâğıt yakalama testi (paper grip test), intrinsik pozitif test, elektromiyografi (EMG), manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT) ve ultrasonografi (USG) sayılabilmektedir. MRG, BT, USG uygulamaları dolaylı yöntemler olarak genellikle kas yapısını, histokimyasal özelliklerini, fizyolojik kesit alanı ve hacmi, EMG ise kas aktivasyonları tahmin etmek için kullanılır (7,9,10,69-74). Bu tür dolaylı yöntemler

iç ve dış kaslar arasında ayırım yapabilir, ancak doğrudan kuvveti veya gücü belirleyemez.

İntrinsik kaslar derinde yer alan küçük kas grupları olduğundan her ölçüm yönteminin sınırlılıkları vardır. Ekstrinsik kasları elimine ederek ölçüm yapabilmek oldukça zordur.

Kâğıt Yakalama Testi (*Paper Grip Test*)

Kâğıt yakalama testi, ayağın altına konmuş kartvizit gibi standart bir kâğıt parçasını terapist çekip çıkarmaya çalışırken bireyin halluks veya diğer parmakların altında tutmaya çalışmasını içeren bir ölçüm yöntemidir (75). De Win ve diğ. kâğıt yakalama testi sırasında yaptıkları eşzamanlı bir EMG testi ile bu testte ayağın ve ayak bileğinin intrinsik ve ekstrinsik kaslarının aktif olduğunu ortaya koymuşlardır (12).

Plantar basınç ölçümü

Plantar basınç sensörleri ayak parmaklarının altındaki kuvveti değerlendirebilen objektif bir ölçüm metodudur. Literatürde ayak parmağı fleksör gücünü ölçmek için plantar basınç ölçüm metodu kullanılmıştır (73). Ayak fleksor kuvveti, ayak parmaklarının altındaki basınç verilerini tepe kuvvetine dönüştüren bir yazılım kullanılarak hesaplanmaktadır. Plantar basınç platformu güvenilir bir metod olmakla birlikte, intrinsik kas gücünün geçerli bir ölçüm aracı olarak kullanılması kapsamlı bir şekilde araştırılmamıştır. Ayak fleksor kuvveti doğrudan parmağın platforma itilmesi ile ölçülmektedir ancak intrinsik kas kuvvetini belirlemek için plantar basınçların kullanılmasının geçerliliği tartışmalıdır çünkü basınç ölçümü sırasında ekstrinsik kasların katkı düzeyi bilinmemektedir.

Dinamometre

Dinamometre parmak fleksör kuvvetini ölçmek için kullanılan objektif bir araçtır (10). Dinamometrenin farklı türevleri bulunmaktadır. El tipi dinamometresi (10), sabit dinamometre (76), tabanlı sabit dinamometre (77) gibi farklı yöntemler literatürde belirtilmiştir. Sabit dinamometre dışındaki tüm yöntemlerin güvenilirliği

bildirilmiştir. Dinamometrenin terapist veya harici bir düzenek tarafından sabit tutulduğu ve katılımcıların ayak parmaklarıyla maksimum düzeyde dinamometreye ittiği tüm çalışmalarda “*make*” tekniği kullanılmıştır (10,76,77,78).

Farklı dinamometre türleri ve modelleri ölçümler sırasında intrinsik kas aktivitesinin seviyesini etkilemektedir. Ekstrinsik kasların eliminasyonu ölçümler sırasında son derece önem taşımaktadır. Elde tutulan dinamometre ile ölçümde ayak parmağı fleksörlerinin kuvvetini ölçmek için kullanılan prosedür, dinamometrenin halluksun interfalangeal eklemine altına yerleştirilmesini içerir (10). İntrinsik ayak kaslarının, özellikle interosseal ve lumbrikal kasların anatomik olarak yerleşimine dayanarak, Garth ve Miller (79); intrinsik ayak kaslarının MTP ekleminde fleksiyon ve interfalangeal ekleminde ekstansiyon oluşturmak için bir grup olarak hareket ettiklerini ileri sürmüşlerdir. Metatarsofalangeal eklem fleksiyonu ile birlikte interfalangeal eklem fleksiyonu daha çok uzun fleksör (ekstrinsik) aktivasyonu ile sağlandığından ölçüm yöntemlerinde metatarsofalangeal eklem fleksiyonu sağlanırken interfalangeal eklem ekstansiyonda kalması intrinsik fleksörlere odaklanarak ölçüm sağlamaktadır. Bu tür elde tutulan dinamometri, MTP eklemlerinde fleksiyona izin verir ve interfalangeal ekleminde fleksiyonu sınırlar çünkü dinamometre interfalangeal eklemlerin altına yerleştirilir. Aksine, modifiye el kavrama gücü test cihazı, ayak parmaklarının bükülebileceği bir çubuğa sahiptir (80). Manşet bazlı sabit dinamometri, ölçülecek olan parmağın proksimal falanksının etrafına deri bir manşet yerleştirilmesini içerir (77,81). İntrinsik kasların izole olarak test edilmesinde en uygun yöntem *hand-held* dinamometredir.

Çalışmamızda ayak plantar intrinsik kas kuvvetlerini ölçtüğümüz dijital dinamometre (*Lafayette® Model-01165*) bilimsel bir zeminde ve objektif olarak ölçüm imkânı sağlamakta ve sunmaktadır. Ayak kaslarının bu yöntemle ölçümü geçerli ve güvenilir kabul edilen bir değerlendirme metodudur.

2.4. Denge

Denge, istediğimiz postürü sağlayabilmek için duyuşsal uyarıların algılanması, işlenmesi ve hareketin planlanıp yapılması ile ilişkili kompleks bir mekanizmadır. Bireyin dinlenme halinde veya fonksiyon sırasında yerçekim merkezini destek yüzeyi üzerinde tutabilmek için gösterdiği postural uyum becerisi olarak da tanımlanabilir

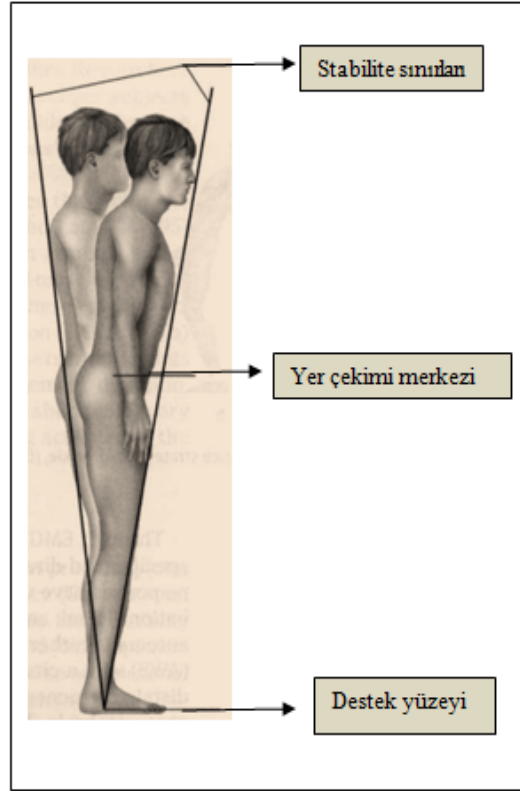
(82). Denge mekanizması; vertikal oryantasyonun sağlanması için vestibüler sistem, somatosensör sistem ve vizüel sistemi bir arada kullanarak çoklu duyuusal referansları ve geri bildirim sistemlerini kullanarak çalışır (2,83-85).

Gravite hattını destek yüzeyi içerisinde tutabilmek karmaşık bir beceridir. Bu beceri sürekli değişen dinamik bir çevrede gerçekleştirilmek zorundadır. Periferik duyu reseptörleri çevre, vücudun çevre ile ve vücut segmentlerinin birbirleri ile ilişkisi hakkında bilgi toplarken, santral duyu reseptörleri bu bilgileri işleyerek vücut düzgünlüğünü ve oryantasyonu sağlar, uzaysal pozisyonun farkına varır. Bireyden kaynaklanan internal faktörlerden bağımsız olarak zemin; dengenin sağlanması ve sürdürülmesinde önemli rolü olan sabit ya da dinamik olabilen en önemli çevresel etmenlerden biridir (86,87).

Statik ayakta duruş; düşük genlikli, spontan gelişen postüral salınımlarla karakterizedir. Bunu sağlayan faktörlerin başında, vücut segmentlerinin doğru hizalanması ile kas tonusu gelmektedir. İdeal duruş, tüm vücut bölümlerinin doğru olarak hizalandığı ve tüm eklem eksenlerinin yer çekim çizgisinden geçtiği zaman oluşmaktadır. İdeal duruşun sağlanması; gravite hattının etkilerinin minimize edildiği ve optimum enerji tüketimi ile dengenin korunduğu koşullarda mümkündür (88,89).

2.4.1. Postural stabilite

Postural stabilite, periferik ve merkezi sinir sisteminden elde edilen verilerin girişi, işlenmesi ve çıkışı sonucu meydana gelen bir durumdur ve duyuusal mekanizmalar ile direkt olarak ilişkilidir. Ayakta durma dengesinin çok önemli bir göstergesidir (90,91). Ayaklar hareketsiz ve sabit ayakta dururken, üst gövde anterior-posterior-lateral yönlerde denge kaybı veya adım alma stratejisi olmaksızın hareket edebilir. Günlük hayatta da hareketlerimiz “stabilite sınırı” içerisinde yapılabilir. “Stabilite sınırı” dengede bir kayıp olmaksızın, dikey düzlemde gövdenin meydana getirdiği maksimal açı olarak ifade edilmektedir. Stabilite sınırları aşıldığında denge kaybedilmeye başlanır ve buna uygun denge reaksiyonları ve stratejileri geliştirilir (86,87).



Şekil 2.7. Postüral stabilite konisi (90).

Motor sistem tarafından postural stabiliteyi sağlamak amacıyla otomatik postural stratejiler oluşturulur. Bu stratejiler, yerçekimi merkezini destek yüzeyi üzerinde tutmak için oluşturulurlar ve daima bir uyarı ile ortaya çıkarlar. Bunlar istemli kontrol altında değildir ve stabil pozisyonun sağlanması için kassal efor gereklidir. Ayak bileği, kalça, çömelme, adım alma stratejisi olmak üzere dört farklı postural strateji vardır (92). Ayak bileği stratejisi; postural salınımın ayak bileği ve ayaklardan kontrol edilmesini tanımlar. Bu strateji, yeterli bir destek yüzeyine sahip, ayakta sabit duran bir kişinin, ağırlık merkezini yerçekimi hattından uzaklaştıramayacak kadar küçük ve yavaş postural salınımlar yaptığı zaman ortaya çıkar. Ayak bileği stratejisinin kullanımı yeterli ayak bileği kuvveti ve kısıtlanmamış eklem hareket açıklığı gerektirir (86,87,93). Bu stratejinin yetersiz olduğu durumlarda kalça stratejisi kullanılır. Kalça stratejisi postural salınımların pelvis ve gövdeden kontrolünü tanımlar. Kalça stratejisi salınım geniş, hızlı, stabilite sınırına yakın, zemin çok dar, eğimli veya hareketli ise gözlenir. Winter ve diğ., sabit ayakta duruş pozisyonunda ayaklar yanyana iken medio- lateral salınımlarda kalça stratejisinin, antero-posterior salınımlarda ise ayak stratejisinin dominant olduğunu

bildirmişlerdir (82,94). Çömelleme stratejisi stabilite ve mobilitenin bir arada kullanılmasının gerektiği durumlarda ortaya çıkmaktadır. Adım alma ve uzanma stratejisi ağırlık merkezi normal destek yüzeyini geçtiğinde, destek yüzeyini genişletmek için adım alma veya kollar ile uzanma hareketi şeklinde ortaya çıkmaktadır (86,87).

2.4.2. Dengenin Duyusal Mekanizmaları

Merkezi sinir sistemi, vücudun uzaydaki pozisyonunu, tüm vücuttaki duyu reseptörlerinden gelen bilgileri işleyerek tanımlar. Alınan her duysal bilgi, merkezi sinir sistemine, vücudun hareketi ve pozisyonu hakkında geri bildirim oluşturur. Görsel, somatosensöriyel (proprioseptif, deri ve eklem reseptörleri) ve vestibüler sistemlerden gelen bu periferik duysal girdiler uzayda hareketi algılamayı sağlar (95).

Görsel bilgiler başın pozisyonu ve hareketlerine dayanarak etraftaki nesnelere ilgili veri oluştururlar. Görsel sistem, nesnelere göre vücudun pozisyonu hakkında feedback sağlayarak dengenin sürdürülmesine katkı sağlar. Yapılan çalışmalarda vizüel sistemin postural kontrol ve dengenin sağlanmasındaki rolü ortaya konmuştur. Görsel imputlar postural stabilite ve kontrol için önemli bilgilerdir ancak zorunlu bir gerekliliği de yoktur. Bireyler, vizüel sistemden gelen imputlar olmaksızın da dengelerini sürdürebilirler. Literatürde gözler açık ve kapalı iken oluşan salınımları incelemişler ve gözler kapalı iken normal bireylerde salınımların anlamlı biçimde arttığı belirtilmiştir. Vizüel sistem imputları sabit duruş için kesin gereksinim olmasa da ayakta duruş boyunca dengeye önemli ölçüde ve aktif bir biçimde katkı sağlamaktadır. Gözlerin açık ve kapalı olduğu durumlardaki vücut salınımlarının oranı da 'Romberg indeksi' olarak tanımlanmaktadır (94,95,96).

Somatosensöriyel sistem, proprioseptif ve eksteroseptif reseptörler ile kas, kemik, tendon vb. vücut bölümlerinin üç boyutlu oryantasyonu hakkında bilgi sağlar (90-91).

Dengenin bir başka bileşeni olan vestibüler sistem de postural kontrol açısından önemli bilgi kaynaklarıdır. Vestibüler sistem; merkezi sinir sistemine, yerçekimi ve eylemsizlik kuvveleri ile ilişkili başın hareketleri ve uzaydaki

pozisyonu hakkında imput sağlar. Postural kontrolü sağlamak ve sürdürmek için bir gravitasyonel destek sağlayarak denge için referans görevi görür (97).

2.5. Ayağın Dengedeki Rolü

Ayakta stabilitenin sağlanması ve sürdürülebilmesi büyük önem taşır. Kinetik zincirin en distalinde yer alan ayaklar, zincirin destek tabanı görevini görür ve duyuşsal bir organ gibi çalışır. Kuadripedal pozisyondan bipedal pozisyona geçerken ortaya çıkan en önemli sorun destek yüzeyinin küçülmesi nedeniyle dengeyi sağlanmanın güçleşmesidir.

Ayakta duruş sırasında, dik postürün sağlanmasında duyuşsal imputların beraberinde kasların da önemli fonksiyonu vardır. Primer olarak sorumlu antigravite kaslarının yanı sıra ayağın intrinsik ve ekstrinsik kaslarının postural kontrolü sağlamada etkin olduğu ifade edilmektedir. İntrensik ayak kasları özellikle tek ayak duruşta ayağın fonksiyonel stabilizasyonunda önemli rol oynadığı belirtilmiştir (98). Zemin ile ilk bağlantı noktası olması nedeniyle ayakta dik duruşta yer çekimi merkezini destek yüzeyinde tutmak için gerekli postüral kontrolü ilk olarak ayak bileği sağlar. Dengeyi sağlarken oluşan küçük postural salınımları da öncelikle ayak ve ayak bileği karşılar. Ayrıca, gravite hattı diz ve ayak bileği eklemlerinin hemen önünden geçtiği için soleus ve gastroknemius medial başı; vücut arkaya doğru salınım gösterdiğinde ise tibialis anterior kasının postüral kontrolün sağlanmasında etkin rol oynadığı belirtilmektedir (99). Normal statik ayakta duruşta; postural salınımlar ayak bileğinde yalnızca dorsi ve plantar fleksiyon ile ilişkili değil aynı zamanda ayak bileği eklemının rotasyonu ile de ilişkilidir. Bu durum, ayağın mediolateral stabilitesinden de sorumlu olan ayak bileğini çaprazlayan ekstrinsik kasların dik duruş için gerekli duyuşsal bilgiyi sağlamadaki rolüne açıklık getirmektedir (100,101).

Destek tabanı olmasının yanı sıra ayak plantar bölgesinden aldığı duyuşsal bilgileri ayak tabanında bulunan mekanoreseptörler aracılığıyla ileterek duyuş organı görevi görür. Dengenin sağlanmasında plantar yapılarıdaki yük dağılımının optimal olması da bu nedenle ayrıca önem taşır (4,102).

Ayaklarda görülen herhangi yapısal değişim tüm vücudun postüral kontrolünü etkiler. Son yıllarda yapılan çalışmalar ayak intrinsik kaslarının ayak

postürü üzerinde etkin rol oynadığını bildirmektedir. Ayaktaki pronasyon ya da supinasyon postürü hem dinamik hem de statik postüral stabilitenin devamlılığında etkilidir (103-105). Ayağın plantar intrinsik kaslarındaki zayıflık veya imbalans ayak biyomekaniği ve postürü üzerinde doğrudan etkilidir. Bu durum dolaylı olarak dengeyi etkileyebileceği için ayak intrinsik kaslarının değerlendirilmesi ve analizi ayrıca önem taşımaktadır.

Tüm bu bilgilerden yola çıkarak çalışmamızın amacı; ayak intrinsik kas kuvvetinin denge ve fonksiyonel performans ile ilişkisini araştırmaktır.

3. BİREYLER VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

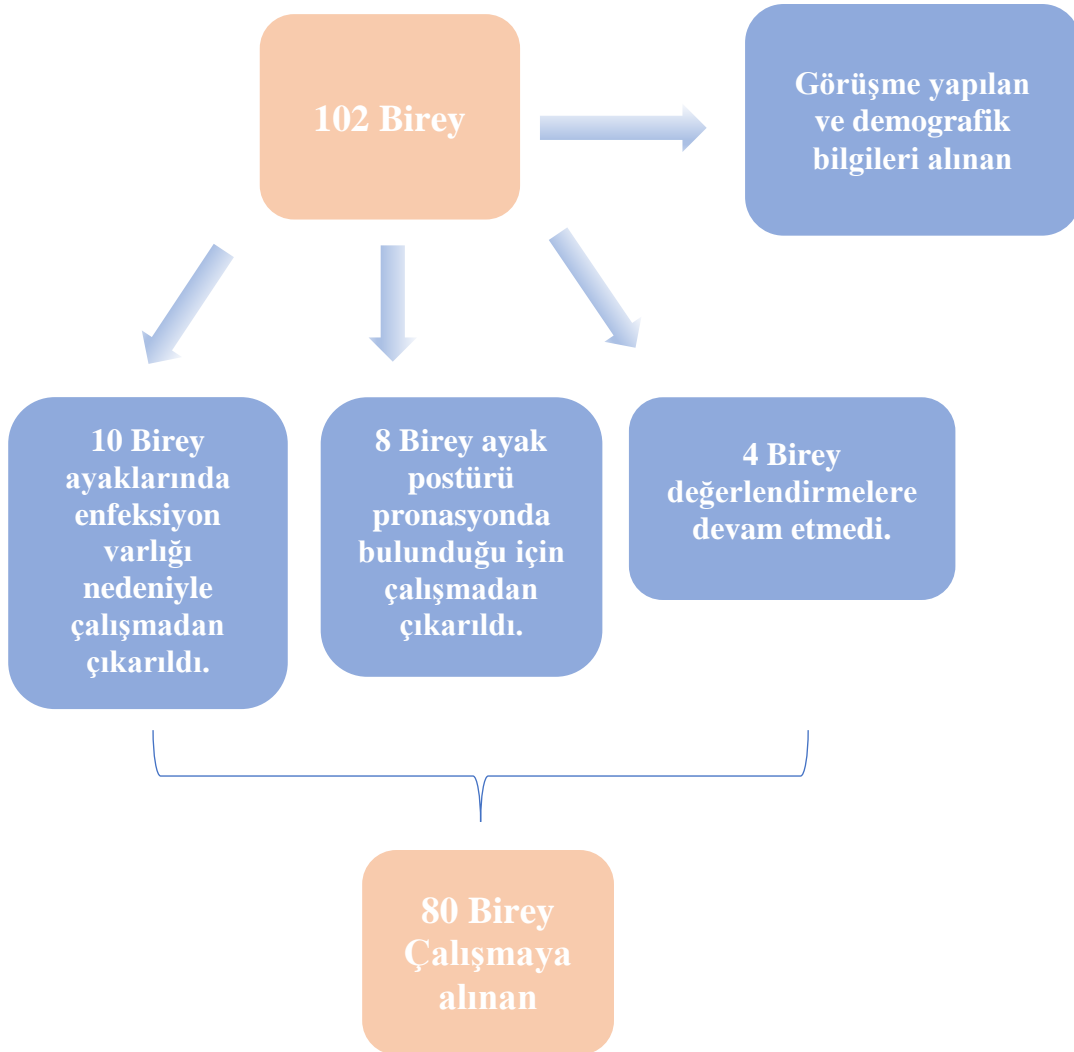
Ayak intrinsik kas kuvvetinin denge ve fonksiyonel performans ile ilişkisini araştırmak için planlanan bu çalışma sağlıklı genç bireyler üzerinde gerçekleştirildi. Çalışma için yapılan güç analizinde %80; ve %90 güç ve %5 birinci tip hata ile vaka sayısı sırasıyla en az 48 ve 67 olarak hesaplandı. Çalışmaya öncelikle 102 sağlıklı genç birey alındı. Ancak ön değerlendirme sonrasında dâhil edilme kriterlerine uymayan 22 kişi çalışmadan çıkarıldı. Yaş ortalaması $25.99 \pm 4,4$ yıl olan, 39 kadın, 41 erkek olmak üzere toplam 80 sağlıklı genç birey dâhil edildi. Çalışma öncesi Gazi Üniversitesi Etik Komisyonundan '2019-307' araştırma kodu ile gerekli izinler ve katılımcılardan çalışmaya katılmaya gönüllü olduklarına dair onamları alındı. (EK 1)

Dâhil edilme kriterleri;

- 18-36 yaş aralığında sağlıklı sedanter birey olmak
- Uluslararası fiziksel aktivite anketine (UFAA) göre kategori 1 ve 2 olmak
- Vücut kütle indeksi (VKİ) normal olmak ($18,5 \text{ kg/m}^2 \leq \text{VKİ} \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$)

Dâhil edilmeme kriterleri;

- Çalışmaya katılmayı kabul etmemek veya çalışmadan ayrılmak istemek
- Nörolojik herhangi bir problemi olmak
- Alt ekstremitte cerrahi öyküsü bulunmak
- Son 2 yıl içerisinde alt ekstremitte travma öyküsü olmak
- Tanılanmış bel problemi olmak
- Vestibüler veya vizüel sistem problemi olmak
- Alt ekstremitte gross kas testinde belirgin zayıflık olmak
- Naviküler düşme mesafesi $\geq 10\text{mm}$ olmak
- Jack testinin pozitif olması
- 1. metatarsofalangeal eklem hareket açıklığında limitasyon olmak (halluks rijitus-limitus)



Şekil 3.1. Çalışmaya dâhil edilen bireylerin katılım akış şeması.

3.2. Değerlendirme Yöntemleri

3.2.1 Demografik Bilgiler

Çalışmaya dâhil edilen tüm bireylerin yaşları, boy uzunlukları, vücut ağırlıkları, ayak numaraları, mesleki ve eğitim durumları kaydedildi.

3.2.2. Dominant Ayağın Belirlenmesi

Birey ayakta dururken iki ayağının ortasına gelecek şekilde bir voleybol topu yerleştirildi. Bireyden topa ayağı ile vurması istendi. Bireyin topa vurduğu ekstremitenin dominant kabul edildi (106).

3.2.3. Fiziksel Aktivite Düzeyi

Uluslararası fiziksel aktivite değerlendirme anketi-UFAA (International Physical Activity Questionnaire-IPAQ)-kısa form 15-65 yaş aralığında yer alan bireylerin fiziksel aktivite düzeylerini belirlemek amacıyla geliştirilmiş bir ankettir. UFAA'nın Türkiye'de geçerlilik ve güvenilirlik çalışması da vardır (107). Anket orta seviyede yoğun fiziksel aktiviteler ve yoğun fiziksel aktivitelerde harcadığımız süre hakkında bilgi toplamaktadır. Çalışmada bireylerin fiziksel aktivite düzeyi UFAA-kısa form kullanılarak belirlendi.

İnaktif (Kategori 1): En alt fiziksel aktivite seviyesine ait bireyi tanımlar. Kategori 2 ve 3 içine dâhil edilemeyen bireyler inaktif olarak nitelendirilir.

Minimal Aktif (Kategori 2): Aşağıdaki kriterlerden herhangi birini sağlayan bireyler minimal aktif olarak nitelendirilir.

- Haftada 3 gün veya daha fazla en az 20 dakika şiddetli aktivite yapıyor olmak.
- Haftada 5 gün veya daha fazla orta şiddetli aktivite yapmak veya günde en az 30 dakika yürüyüş yapıyor olmak.
- Haftada en az 5 gün olmak şartıyla en az 600 MET-dk/hafta'yı sağlayan yürüme ve orta şiddetli aktivitenin kombinasyonunu yapıyor olmak.

Çok Aktif (Kategori 3): Aşağıdaki kriterlerden herhangi birini sağlayanlar çok aktif olarak nitelendirilir.

- Haftada 3 gün veya daha fazla en az 1500 MET-dk/hafta'yı sağlayan şiddetli aktivite yapıyor olmak.
- Haftada en az 7 gün en az 3000 MET-dk/haftayı sağlayan yürüyüş, orta şiddetli aktivite veya şiddetli aktivitenin kombinasyonunu yapıyor olmak.

3.2.4. Ayağa İlişkin Ölçümler

Naviküler yükseklik

Birey rahat pozisyonda ayakta dururken, naviküler tüberkülün yere olan uzaklığına "naviküler yükseklik" (NY) denilmektedir. Çalışmada; naviküler yükseklik değerlendirmesinde bireylerden gevşek pozisyonda ayakta durmaları istendi. Navikülanın tuberositasının medial çıkıntısı palpasyon ile bulunarak işaretlendi ve bu noktanın yer ile arasındaki mesafesi milimetrik cetvel yardımıyla ölçüldü. Sonuç milimetre cinsinden kaydedildi (108).

Naviküler Düşme

Naviküler düşme (ND); bireyin ayakları subtalar nötral pozisyonda ve kalça ile diz eklemi 90 derece fleksiyonda otururken, ayağa ağırlık verilmeyen pozisyonda palpasyonla belirlenmiş olan naviküler tüberkülün, ayağa yük verilen statik ayakta dik duruştaki yer değiştirme miktarı olarak tanımlanmaktadır. Ölçüm için; navikülanın tuberositasının medial çıkıntısı palpasyonla belirlenerek işaretlendi. Bireyler ayaklar yerde, kalça ve diz 90° fleksiyonda olacak şekilde sandalyede otururken ayak medial kısmına milimetrik cetvel yerleştirildi ve naviküler tüberkül yüksekliği belirlendi. Bireylerden ayağa kalkmaları istenerek naviküler tüberkülün düşme miktarı cetvel üzerinden okunarak kaydedildi. Her ölçüm 3 kez tekrarlandı ve ortalama sonuç milimetre cinsinden kaydedildi (108).

Ayak Postürünün Değerlendirilmesi

Ayağın postürü, Ayak Postür İndeksi-6 kullanılarak değerlendirildi. Değerlendirme esnasında bireylerden hareketsiz şekilde ayakta, gevşek pozisyonda durması istendi. Test; birey statik ve rahat ayakta duruş pozisyonunda dururken, terapist tarafından gözleme ve palpasyona dayalı olarak yapıldı. İndeks; ön ayakta ve arka ayakta 3'er madde olmak üzere toplam 6 maddeden oluşmaktadır. Çalışmada; değerlendirmeler posterior, medial, lateral ve anterior yönden palpasyon ve gözleme dayalı olarak bilateral olarak yapıldı, bu kriterlerin her biri -2 ile +2 değer aralığında puanlandı (110).

- **Arka ayakta değerlendirilen parametreler:**

-Talus başının palpasyonu: Talus başı anteriorda medialde ve lateralde işaretlendi. Talus başının palpasyonu yapılarak medial ve lateral tarafta eşit hissedildiği ya da bir tarafta daha çok hissedildiği kaydedildi. Puanlamada talus başının medialde daha çok hissedilmesi +1 veya +2 değerlerini alırken, lateralde daha çok hissedilmesi -1 veya -2 değerlerini aldı.

-Supra-infra malleoler eğim: Posterior yönden gözleme dayalı olarak supra-infra malleoler eğime bakılarak puanlandı.

-Kalkaneusun frontal düzlemdeki pozisyonu: Kalkaneus'un pronasyon veya supinasyonu, posterior yönden ayağın uzun aksis çizgisi gözlemlenerek değerlendirildi. Normalde vertikal olması beklenen bu hattın 5° ve üzeri inversiyonu (supinasyonu) için negatif değerler “-2,-1”, 5° ve üzeri eversiyonu (pronasyonu) için pozitif değerler “+2, +1” değerleri verildi.

- **Ön ayakta değerlendirilen parametreler:**

-Talonaviküler eklem bölgesindeki balonlaşma: Ayağın medialinde talonaviküler eklem yerindeki şişkinlik derecesine göre puanlandı. Talonaviküler bölgedeki artmış şişkinlik (+)değerler ile puanlandı.

-Medial longitudinal ark yapısı: MLA'nın yapısına bakılarak puanlandı. Düşük bulunan ark (+) değerler, yüksek ark (-)değerler ile puanlandı.

-Ön ayağın arka ayağa göre abduksiyon/adduksiyonu: Posterior'dan ön ayağın arka ayağa göre pozisyonu değerlendirilerek ön ayağın artmış abduksiyonu için pozitif, artmış addüksiyonu için negatif değerler verildi.

Her bir madde, -2 ve +2 arasında, sıfır puanının nötral bir ayak duruşunu işaret ettiği varsayılarak skorlandı. Toplam puanlar -12 ve +12 arasında yer aldı. Sağlıklı yetişkinlerde bir miktar pronasyon postürü (ortalama skor +4) normal kabul edildi. İki ayak arasındaki fark karşılaştırıldığında fark -2'den +2'ye kadar normal, -2'den -4'e ya da +2'den +4'e ise asimetric, fark <-4 ve >4 ise şiddetli asimetri olarak kaydedildi.

Ayak Bileği Kullanılabilirlik Ölçüsü (Foot and Ankle Ability Measure)

Ayak Bileği Kullanılabilirlik Ölçüsü, ayak ve ayak bileği ile ilgili bozuklukları olan bireylerin fiziksel fonksiyonlarını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş bir ankettir. Anket, Türkçeye çevrilmiş olup geçerlik ve güvenilirliği yapılmıştır. Ayak Bileği Kullanılabilirlik Ölçüsü iki alt ölçeğe ayrılmış olup 29 sorudan oluşan bir ankettir. 21 soru günlük yaşam aktiviteleri sırasında ayak ve ayak bileği ile ilgili zorluk oluşturan durumları değerlendirirken 8 soru ise sporla ilgili zorluk oluşturan durumları değerlendirmektedir. Her soru farklı zorluk seviyelerini temsil eden 5 puanlık bir likert skalasına göre puanlanmaktadır (4=zorluk yok, 3=hafif düzeyde zorluk, 2=orta düzeyde zorluk, 1=aşırı düzeyde zorluk, 0=yapamaz). Günlük yaşam aktiviteleri alt ölçeği için 0 ile 84 arasında, Spor Alt ölçeği için ise 0 ile 32 arasında değişen soru puanları, %0 ile %100 arasında değişen yüzde puanlarına dönüştürülür. Yüksek puan hem günlük yaşam aktiviteleri hem de spor ölçeği için daha iyi bir fiziksel fonksiyon seviyesini göstermektedir (111).

Alt Ekstremitte Fonksiyonel Ölçeği (Lower Extremity Functional Scale)

Bireylerin alt ekstremitte fonksiyonellik düzeyi 'Alt Ekstremitte Fonksiyonel Ölçeği' kullanılarak değerlendirildi. Alt Ekstremitte Fonksiyonel Ölçeği; bireylerin alt ekstremitte fonksiyonlarını, becerilerini ve aktivite limitasyonlarını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş, Türkçe'ye çevrilmiş, geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış bir ölçektir. Puanlama 0-80 arasında yapılmakta olup yüksek değerler daha iyi fonksiyonel düzeyi ifade etmektedir (112).

Kas Kuvvet Ölçümleri

Kas kuvvet ölçümleri, Dijital dinamometre (*Lafayette® Model-01165*) kullanılarak değerlendirildi. Lafayette test aleti bilimsel bir zeminde ve objektif olarak ölçüm imkânı sağlamakta ve sunmaktadır. Yapılan ölçüm sonucu kilogram ya da libre cinsinden beyan edilmektedir. Bunun yanı sıra cihaz maksimum güç (peak force) ve maksimum güce ulaşma süresini ölçmektedir. Sonuçları ekrandan kolaylıkla okuyabilmek mümkündür. Aletin üç farklı başlığı bulunmaktadır. Bu

başlıklar ölçüm yapılan bölgeye göre değerlendirici tarafından seçilebilmektedir (113).

Değerlendirmeye plantar intrinsik kaslar arasından abduktor hallusis (AH), Fleksor hallusis brevis (FHB), Fleksor digitorum brevis (FDB), Fleksor digiti minimi (FDM) kasları alındı. Ölçüm sonucu kilogram cinsinden kaydedildi. Değerlendirmelerin tamamı aynı terapist tarafından, bireyler sırtüstü pozisyonda kalça ve diz semifleksiyonda iken yapıldı. Alt ekstremité kompansasyonunu engellemek için bireylerin ayak bilekleri değerlendirici tarafından stabilize edildi. Halluks ve parmak fleksörleri değerlendirilirken ayak bileği pasif olarak maksimum plantar fleksiyonda pozisyonlanarak ayak bileği plantar fleksörlerinin ko-kontraksiyonunun sonuca etkisi önleildi. Uzun fleksörlerin etkisini minimize ve inhibe etmek için, dinamometre pozisyonu interfalangeal eklem fleksiyonuna izin vermeyecek şekilde ayarlandı ve ölçümler bu pozisyonda alındı (10,114). Değerlendirmeler 'make test' protokolüne göre yapıldı. Değerlendirme süresince birey dinamometreye 5 saniye boyunca kuvvet uyguladı. Bu süre boyunca bireyden maksimum kontraksiyon yapması istendi. Öğrenme için 1 deneme uygulaması yapıldı. Deneme uygulaması sonrası 2 ölçüm yapılarak iyi sonuç kaydedildi. Ölçümler arasında yorgunluğu önlemek için 30 saniye dinlenme süresi verildi (78).



Şekil 3.2. Lafayette® model-01165 dinamometre.



Şekil 3.3. Fleksor hallusis brevis kas ölçümü.



Şekil 3.4. Abduktor hallusis kas ölçümü.



Şekil 3.5. Fleksor digitorum brevis kas ölçümü.



Şekil 3.6. Fleksor digiti minimi kas ölçümü.



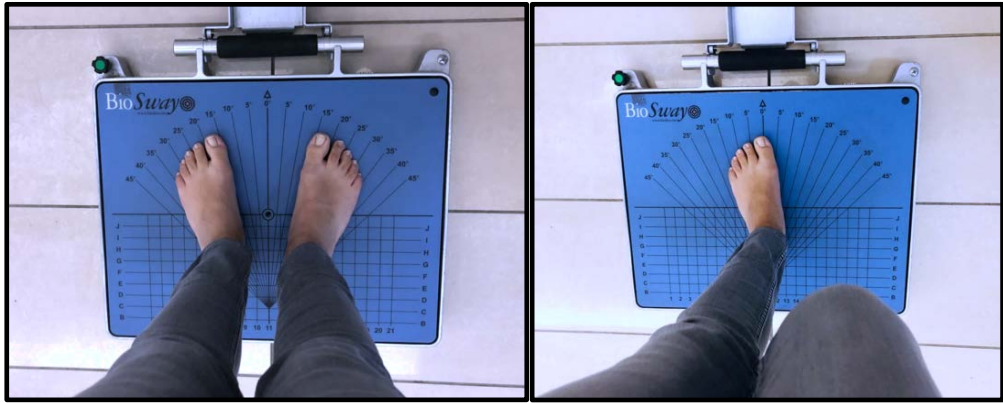
Şekil 3.7. Fleksor digiti minimi kas ölçümü.

3.2.5. Dengenin Değerlendirilmesi

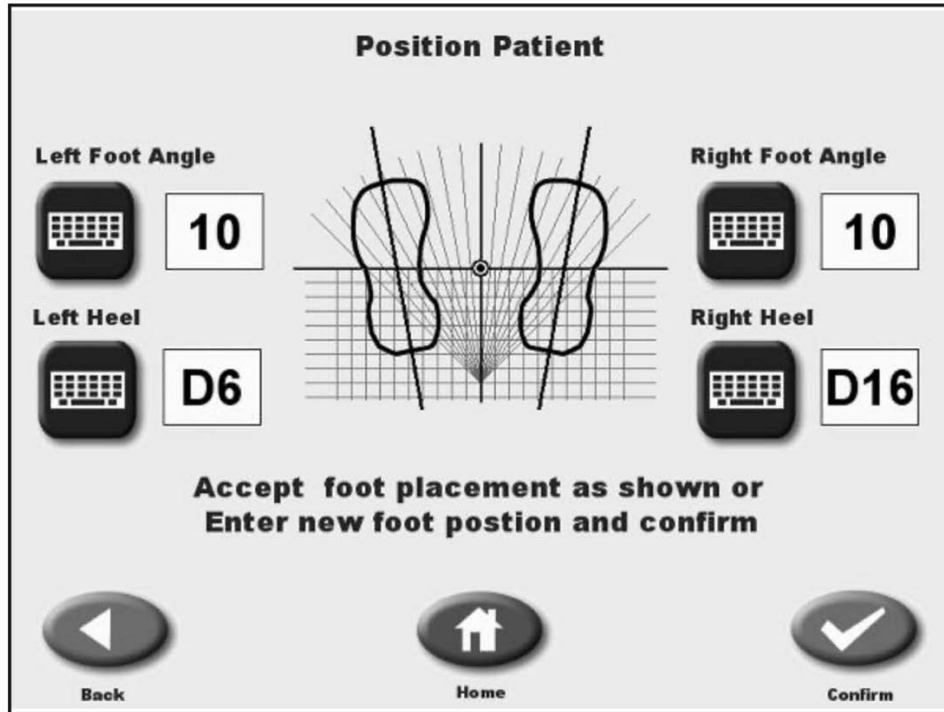
Statik denge, çok yönlü bir denge değerlendirme ve eğitim cihazı olan Biodex-BioSway™ kullanılarak değerlendirildi. Biodex-BioSway™ bireylerin sert ve/veya yumuşak zemin üzerindeki postural kontrol ve dengesini geçerli, güvenilir ve tekrar edilebilir ölçümler ile değerlendirilmesini sağlayan bir ölçüm aracıdır (115). Çalışmada *Biodex-BioSway™* ile denge değerlendirmesi 3 farklı test ile gerçekleştirildi. Bireylere; Postural Stabilite Testi, Stabilite Limiti Testi ve Modifiye Sensori Organizasyon Testi uygulandı. Değerlendirmeler öncesinde aşağıdaki basamaklar takip edildi (116).

- Ölçümler öncesinde cihazın kalibrasyonu kontrol edildi.
- Cihazın ekranı ile bireyin göz seviyesi arasında gerekli ayarlamalar yapıldı.
- Ölçüm öncesinde bireylerin test zemini üzerinde ayaklarının pozisyonu, topuk ortası ve 3. parmak referans alınarak, ilgili koordinatlar ile sisteme kaydedilerek, test bitimine kadar ayağının pozisyonunu koruması gerektiği bireylere söylendi.
- Testler tüm bireyler çıplak ayaklı iken uygulandı.

- Bireylere testlerin nasıl uygulanacağı her bir test öncesinde sözel olarak anlatıldı ve her test öncesi 1 deneme uygulaması yapıldı.
- Postural stabilite testi, stabilite limiti testleri ve modifiye sensori organizasyon testi 3 kez tekrar edildi.
- Tüm testler ayaklar standart destek yüzeyinde olacak şekilde hem iki ayak üzerinde ve hem tek ayak üzerinde iken ayrı ayrı uygulandı.



Şekil 3.8. Her iki ayak ve tek ayak üzerinde ayağın zemin üzerindeki pozisyonu.

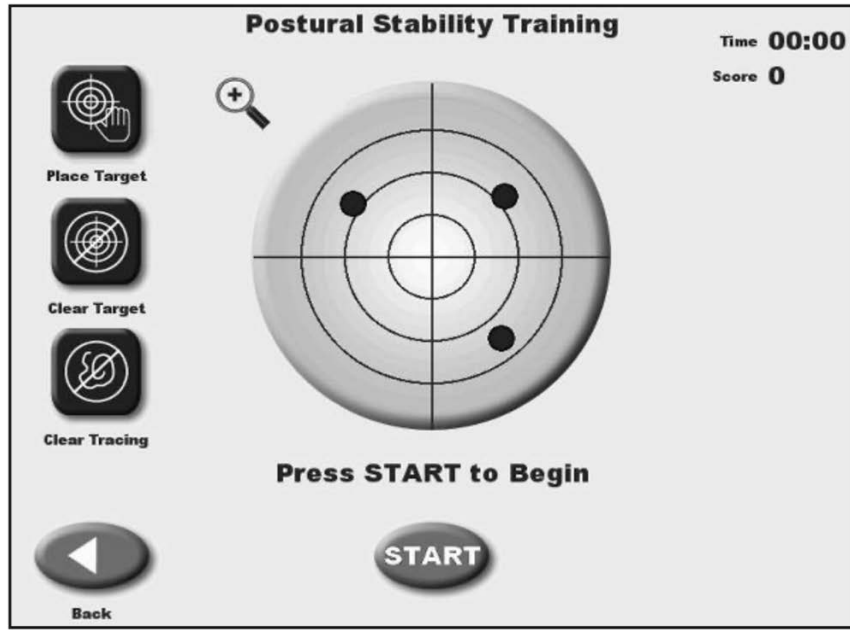


Şekil 3.9. Ayağın zemin üzerindeki koordinatlarının ekran görüntüsü.

1. Postüral Stabilite Testi: Bu test, bireyin ağırlık merkezini destek yüzeyi üzerinde tutabilme becerisini değerlendirmektedir. Bireyin anterior-posterior (AP) ve medial-lateral (ML) eksenlerden sapma derecesine göre cihazdan AP indeks (APİ), ML indeks (MLİ) ve toplam stabilite indeks (TSİ) skorları elde edilmektedir. Bu skorlar bireyin ağırlık merkezi ile destek yüzeyinin merkezi arasındaki sapma miktarını belirtmektedir. Skorların düşük olması sapmanın az olduğuna ve bireyin postüral stabilitesinin iyi olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca alanda kalma yüzdesi (% time in zone) ve dörtlükte kalma yüzdesi (% time in quadrant) de cihaz tarafından hesaplanarak sonuç raporunda gösterilmektedir. Ölçümlerimizde; iki ayak üzerinde yapılan ölçümlerde test süresi 30 sn, tek ayak üzerinde yapılan ölçümlerde süre 20 sn olarak belirlendi. Test sırasında bireylerden, belirtilen süre boyunca ekranda gördükleri siyah noktayı ekrandaki zeminin ortasında tutmaları istendi. İstatistiksel analizlerde PST sonuçlarında AP indeksi, ML indeksi ve toplam stabilite indeksi ölçüm sonuçları kullanıldı.



Şekil 3.10. Postural stabilite test pozisyonu.



Şekil 3.11. Postural Stabilite Test ekranı.

2. Stabilite Limiti Testi: Stabilite limiti bireyin dengesini bozmadan vertikalden gövdesiyle uzanabileceği maksimum açıyı tanımlamaktadır. Bireyler destek yüzeyinden ne kadar çok sapma yapmışsa gravite hattını o kadar iyi kontrol edebiliyor olduğu anlaşılmaktadır. Testin kolay (%50), orta (%75) ve zor (%100) olarak ifade edilen 3 seviyede de yapılması mümkündür. Çalışmamızda deneme testlerinde ilk seviye bireyler için oldukça zorlayıcı bulundu ve bu nedenle testlerde ilk seviye kullanıldı.

Bireylerden test sırasında ayaklarını zeminden ayırmaması, dizlerini bükmemesi, kalça ekleminde eğilmemesi, vücut ağırlığını istenen yöne doğru gövde düz olacak şekilde aktarması istendi.

Test prosedürü ve dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Bireylere ayakları omuz genişliğinde açık dururken, ekranda gördükleri siyah noktanın kendilerini temsil ettiği belirtilmiştir.
- Ekranda her bir yönde (ön, arka, sol, sağ, sol-ön, sağ-ön, sol-arka, sağ arka) 8 adet ve ortada da 1 adet olmak üzere toplam 9 tane nokta vardır.
- Test, birey statik ayakta duruşta iken ortadaki nokta üzerinde başlar, kırmızı rengin belirlediği noktaya doğru birey vücut ağırlığını aktarır ve her bir uzanma

sonrasında yeniden ortadaki noktaya gelinerek rastgele kırmızı rengin belirlediği diğer noktaya doğru geçilir.

- Bireyin kırmızı renkte yanan hedefe doğru mümkün olan en kısa sürede ve en az sapmayla ağırlığını vererek uzanması ve ışığı sönünce orta noktaya dönmesi istenmektedir.

Test sonucunda bireyin her bir yöndeki (ön, arka, sol, sağ, sol-ön, sağ-ön, sol-arka, sağ- arka) stabilite limitinin yüzde puanları, toplam yüzde puanı (overall) ve testi tamamlama süresi (sn) elde edilmektedir.

- Bireyin test sonucunda elde edilen her bir yöndeki bu puanları sistemde “actual” skoru belirtmektedir. Yüksek skor bireyin stabilite limitlerinin geniş olduğunu göstermektedir.
- Çalışmada SLT sonuçları olarak istatistiksel analizlerde kullanılmak üzere bireylerin toplam süre ve toplam yüzde puanı kaydedildi.



Şekil 3.12. Stabilite Limiti Testi başlangıç ekran görüntüsü.

3. Modifiye Sensöri Organizasyon Testi (MSOT): Modifiye Sensöri Organizasyon Testi, bireylerin günlük yaşamında karşılaşılabileceği bazı durumlarda ayakta durma sırasındaki dengesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Dengeden sorumlu olan ve postural kontrolü sağlayan farklı sistemleri (görsel, somatosensöriyel ve

vestibüler) değerlendiren bu testte görsel ve somatosensoryel bilgiler değiştirilerek bireyin postüral yanıtları değerlendirilmektedir.

MSOT; bireylerin gözleri, ayakları ve eklemlerine gönderilen imputların işlenmesi ile bireyin vücut salınımlarını, görsel çevre ve/veya destek yüzeyinin durumuna uygun olarak ayarlama becerisini ölçer. Hareket eden görsel çevre ve/veya destek yüzeyi ve/veya gözlerin açık/kapalı olması durumları; duysal bilginin (görsel ve somatosensoryel) kullanılıp kullanılmadığını kontrol eder ve bu hareketlilik olması gereken görsel ve/veya destek yüzeyi bilgilerini yok ederek, duysal olarak karmaşık bir ortam yaratır. Bu durumlar, merkezi sinir sisteminin adaptif cevaplarının yanında vestibüler denge kontrolünü de ortaya çıkarmaktadır. Kısacası, kişi bu durumlarda uygun ya da uygun olmayan adaptif reaksiyonlar ortaya koyar.

Testin ilk 2 durumunda yerdeki destek yüzeyi sabittir, diğer 2 durumda ise yumuşak zemin kullanılmaktadır. Sabit destek yüzeyinde somatosensoryel veriler tamken, yumuşak destek yüzeyinde somatosensoryel verilerin kesinliği ortadan kalkmaktadır. Testteki 4 durum, kolaydan zora doğru ilerlemektedir.

Çalışmamızdaki değerlendirmeler; gözler açık sert zemin, gözler kapalı sert zemin, gözler açık yumuşak zemin ve gözler kapalı yumuşak zeminde 4 farklı durumda yapıldı.

- Birinci test durumunda; kişi dengesini sağlayabilmesi için görsel, somatosensoryel ve vestibüler uyaranların hepsinden faydalanmaktadır. Gözler açık, destek yüzeyi ve çevre sabit olduğundan 4 durum içindeki en kolay testtir.
- İkinci test durumunda; kişinin gözleri kapalı, destek yüzeyi ve çevre sabittir.
- Üçüncü test durumunda; bireyin gözleri açıktır ve destek yüzeyi yumuşak zeminde iken postural salınımlar 30 sn süreyle kaydedilmektedir. Vestibüler ve görsel uyaranlar salınımı bildirirken, somatosensoryel uyaranlar tam tersini bildirmektedir.
- Dördüncü test durumunda; bireyin gözleri kapalıdır ve destek yüzeyi yumuşak zeminde iken postural salınımlar 30 sn süreyle kaydedilmektedir. Somatosensoryel ve görsel uyaranlar bozulduğu veya engellendiği için bu testte yalnızca vestibüler sistem uyaranlarıyla denge sağlanmaktadır.

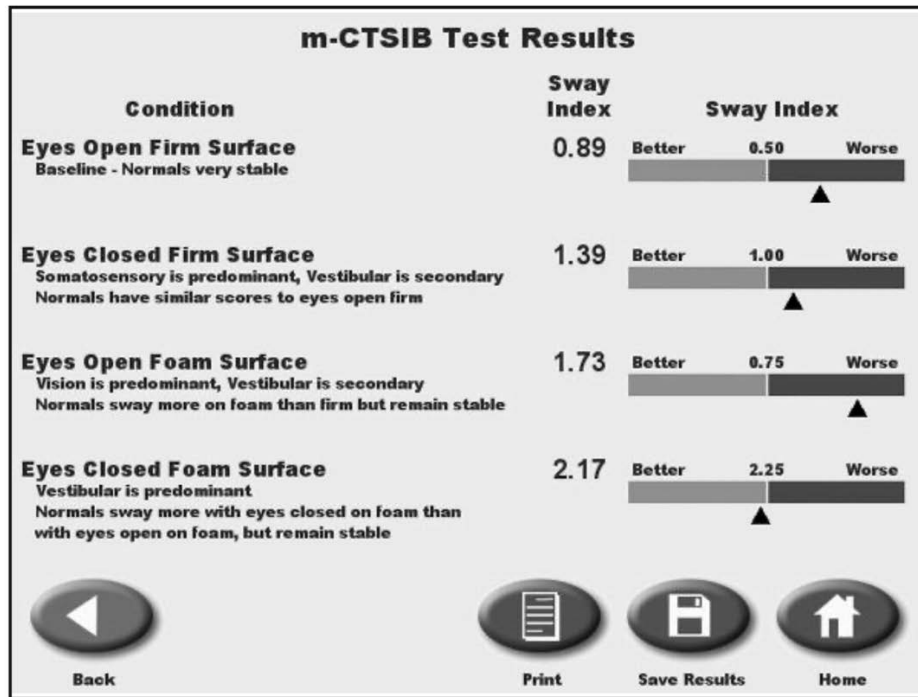


Şekil 3.13. MSOT ekran görüntüsü.

Test prosedürü:

Teste başlamadan hemen önce bireylerden ekranda gördükleri kendilerini temsil eden siyah noktayı orta hatta tutarak, ağırlık merkezlerinin yerini değiştirmeden dengede durmaları istendi.

- Test ekrandaki siyah noktanın görüntüsü kapatılarak başlatıldı. Hastadan siyah noktayı orta noktada tutmaya çalışır gibi dengede durması istendi.
- Test sonucunda kişilerin gövde salımları sistem tarafından hesaplanarak, Salınım İndeks puanları (SI-Sway Index) elde edildi. Salınım indeksine göre puanının fazla olması kişinin postüral salınımının arttığını ifade etmektedir.



Şekil 3.14. MSOT sonuç ekran görüntüsü.

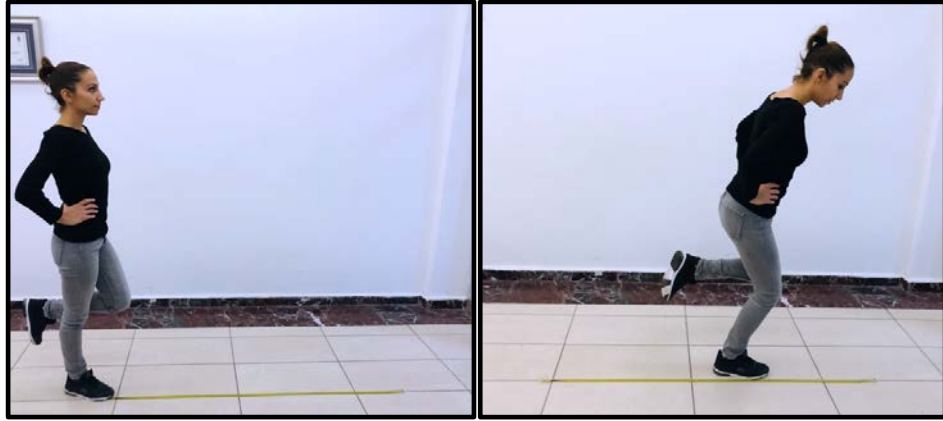


Şekil 3.15. MSOT yumuşak zemin denge testi.

3.2.6. Fonksiyonel Performans Değerlendirmeleri

Tek ayak öne sıçrama testi

Test için düz bir zeminde 1,5 metrelik bir mezura yapıştırılarak yerleştirildi. Bireylerden parmak ucu mezuranın sıfır değerinde kalacak şekilde tek ayak üzerinde durması, eller belinde olabildiğince öne sıçrayarak aynı ayak üzerinde yere inmesi istendi. Sıçradıktan sonra parmak ucunu koyduğu yer mezuradan okunarak kaydedildi. Bireye yere indikten sonra 2 sn boyunca pozisyonunu koruması gerektiği beyan edildi. Test dominant ve non-dominant ayak için ayrı ayrı uygulandı. Bireylere 1 deneme uygulaması yapıldı, ardından 3 test yapılarak ve en iyi sonuç santimetre cinsinden kaydedildi. Testler arası 30sn dinlenme verildi (117).



Şekil 3.16. Tek ayak öne sıçrama testi başlangıç ve bitiş pozisyonu.

Dikey sıçrama testi

Sıçrama mesafesini belirlemek için mezura duvara sabitlendi. Bireylerden dominant tarafları duvara gelecek şekilde yan durmaları ve kolunu mezura üzerinde yukarı doğru uzatmaları istendi, ulaşabildiği yükseklik işaretlenecek orta parmağın mezuraya değdiği nokta işaretlendi. Bireylerden dizlerini ve kalçalarını bükerek hız almaları, maksimum efor ile sıçrayabildikleri kadar yukarı sıçramaları söylendi. Orta parmağın mezura üzerinde değdiği yer belirlenerek sıçrama mesafesi santimetre cinsinden kaydedildi. Bireylere 1 deneme uygulaması yapıldı, ardından 3 test yapılarak ve en iyi sonuç kabul edildi. Ölçüm sonucu santimetre cinsinden kaydedildi. Testler arası 30sn dinlenme verildi (118).



Şekil 3.17. Dikey sıçrama testi başlangıç ve bitiş pozisyonu.

3.3. İstatistiksel Analiz

Çalışmadaki istatistiksel analizler için “*Statistical Package for Social Sciences*” (SPSS) Versiyon for IBM, 22.0 (SPSS® inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanıldı. Denge parametreleri ve kas kuvvetlerinin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (*Kolmogorov-Smirnov / Shapiro-Wilk testleri*) kullanılarak incelendi. Her iki grup değişken de normal dağılım özelliği gösterdiğinden korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılıklar Pearson testi ile hesaplandı. Korelasyon katsayısına göre anlamlılık dereceleri; 0,05-0,30 düşük veya önemsiz korelasyon; 0,30-0,40 düşük orta derecede korelasyon, 0,40-0,60 orta derecede korelasyon, 0,60-0,70 iyi derecede korelasyon, 0,70-0,75 çok iyi derecede korelasyon, 0,75-1.00 mükemmel korelasyon olarak belirlendi. Cinsiyetler arası fark değerleri ile dominant/non-dominant ayaklar arası fark değerlerinin normal dağılım gösterdiği belirlendiğinden gruplar arasında Student t testi kullanıldı. İstatistiksel yanılma payı $p < 0,05$ olarak belirlendi (119).

4. BULGULAR

4.1. Bireylerin Demografik Verileri ve Dağılımları

Çalışmaya katılan tüm bireylerin demografik verileri Tablo 4.1’de verildi.

Tablo 4.1. Bireylerin demografik verilerinin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri.

	Kadın n:39 Ortalama±SS	Erkek n:41 Ortalama±SS	Tüm Bireyler n:80 Ortalama±SS
Yaş (yıl)	26,1±4,66	25,9±4,2	25,99±4,4
Boy Uzunluğu (cm)	164,2±5,38	177,1±6,72	170,8±8,88
Vücut Ağırlığı (kg)	58±7,67	77,8±9,83	68,13±13,27
VKİ (kg/m²)	21,48±2,54	24,77±2,7	23,16±3,0
Ayak numarası	37,74±1,06	42,34±1,24	40,1±2,58

VKİ: Vücut kütle indeksi; SS: Standart Sapma

Bireylerden toplanan tüm verilerin aritmetik ortalama ve standart sapmaları ve aralarındaki farklar Tablo 4.2.’de verildi. Cinsiyetler arası boy uzunluğu, vücut ağırlığı, VKİ, ayak numarası arasında anlamlı farklılık bulunurken ($p<0,05$), cinsiyetler arası diğer verilerde anlamlı fark bulunmadı.

Dominant ve non-dominant ayak arasında dikey sıçrama testinde anlamlı farklılık bulunurken, tek ayak üzeri PST sonuçları ve kas kuvvetleri arasında anlamlı farklılığa rastlanmadı (Tablo 4.2.).

Tablo 4.2. Bireylerden toplanan tüm verilerin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri ve aralarındaki farklar.

	Kadın n:39 ($\bar{X}\pm SS$)	Erkek n:41 ($\bar{X}\pm SS$)	p	
Yaş (yıl)	26,1±4,66	25,9±4,2	0,822	
Boy Uzunluğu (cm)	164,2±5,38	177,1±6,72	<0,001*	
Vücut Ağırlığı (kg)	58±7,67	77,8±9,83	<0,001*	
VKİ (kg/m ²)	21,48±2,54	24,77±2,7	<0,001*	
Ayak Numarası	37,74±1,06	42,34±1,24	<0,001*	
Alt Ekstremitte Fonksiyonel Skalası (0-80 puan)	75,05±12,92	79,78±6,10	0,045	
Ayak- Ayak Bileği Kullanabilirlik Ölçüsü (0-100 puan)	95,74±4,47	96,12±5,66	0,737	
PST	Antero-Posterior Puan	0,19±0,8	0,16±0,1	0,123
	Medio-Lateral Puan	0,12±0,12	0,10±0,8	0,425
	Toplam Puan	0,25±0,12	0,22±0,11	0,248
SLT	Toplam Süre	32,62±5,6	30,8±4,67	0,126
	Toplam Puan	57,10±11,61	60,56±11,33	0,182
MSOT	Gözler Açık-Sert Zemin	0,41±0,19	0,43±0,19	0,578
	Gözler Kapalı- Sert Zemin	0,60±0,19	0,67±0,31	0,227
	Gözler Açık- Yumuşak Zemin	0,75±0,21	0,75±0,24	0,935
	Gözler Kapalı-Yumuşak Zemin	1,73±0,41	1,83±0,50	0,332
	Dominant n:80 ($\bar{X}\pm SS$)	Non-Dominant n:80 ($\bar{X}\pm SS$)	p	
Ayak Postür İndeksi- 6	1,05±1,16	1,06±1,13	0,673	
Naviküler Yükseklik (cm)	4,70±0,58	4,69±0,59	0,749	
Kas Kuvveti Testi	Abduktor hallusis	17,98±6,86	16,71±6,90	0,245
	Fleksor hallusis brevis	97,08±31,87	94,29±28,39	0,560
	Fleksor digitorum brevis	74,07±22,4	69,61±19,12	0,178
	Fleksor digiti minimi	26,37±9,28	26,36±9,68	0,995
PST Tek Ayak	Antero-Posterior Puan	0,39±0,14	0,44±0,33	0,253
	Medio-Lateral Puan	0,31±0,18	0,31±0,22	0,929
	Toplam Puan	0,54±0,22	0,58±0,26	0,183
Dikey Sıçrama Testi (cm)	22,44±5,4	21,46±5,9	0,002*	
Tek Ayak Öne Sıçrama Testi (cm)	133,35±31,4	131,3±31,1	0,083	

***p<0,05, Student t Test**, X: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VKİ: Vücut kütle indeksi, kg: kilogram, cm: santimetre, PST: Postural Stabilite Testi, SLT: Stabilite Limitleri Testi, MSOT: Modifiye Sensöri Organizasyon Testi.

4.2. Bireylerin Ayağa İlişkin Verileri ve Dağılımları

Çalışmaya katılan bireylerden kadınların %92,3'ü sağ, %7,7'si sol, erkeklerin %87,8'i sağ, %12,2'si sol, tüm bireylerin %90'ı sağ, %10'u dominanttı (Tablo 4.3) APİ-6,ve naviküler yükseklik ortalamaları Tablo 4.4 'de verildi.

Tablo 4.3. Bireylerin dominant ayak dağılımı.

		Kadın n (%)	Erkek n (%)	Tüm Bireyler n (%)
Dominant Ayak (n=80)	Sağ	36 (92,3)	36 (87,8)	72 (90)
	Sol	3 (7,7)	5 (12,2)	8 (10)

Tablo 4.4. Bireylerin ayak postür indeksi ve naviküler yükseklik aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri.

	Dominant Ayak Ortalama±SS	Non-Dominant Ayak Ortalama±SS
Ayak Postür İndeksi-6	1,05±1,16	1.06± 1,13
Naviküler Yükseklik (cm)	4,70±0,58	4,69±0,59

SS: Standart Sapma, cm: santimetre

Çalışmaya katılan bireylerin Alt Ekstemite Fonksiyonellik Skalası ve Ayak-Ayak Bileği Kullanabilirlik Ölçeği'nin toplam skorlarının aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.5'te verildi. Bireylerin dominant ve nondominant ayak intrinsik kas kuvvetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı (Tablo 4.6).

Tablo 4.5. Bireylerin Alt Ekstremitte Fonksiyonellik Skalası ve Ayak- Ayak Bileği Kullanabilirlik Ölçüsü aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri.

	Kadın n:39 Ortalama ±SS	Erkek n:41 Ortalama ±SS	Tüm Bireyler n:80 Ortalama±SS
Alt Ekstremitte Fonksiyonel Skalası (0-80 puan)	75,05±12,92	79,78±6,10	77,51±10,19
Ayak - Ayak Bileği Kullanabilirlik Ölçüsü (0-100 puan)	95,74±4,47	96,12±5,66	95,94±5,09

SS: Standart Sapma

Tablo 4.6. Bireylerin dominant ve non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin karşılaştırılması.

	Dominant n:80 Ortalama ±SS	Non-Dominant n:80 Ortalama ±SS	p
Abduktor hallusis	17,98±6,86	16,71±6,90	0,245
Flektor hallusis brevis	97,08±31,87	94,29±28,39	0,560
Flektor digitorum brevis	74,07±22,4	69,61±19,12	0,178
Flektor digiti minimi	26,37±9,28	26,36±9,68	0,995

Student t Test, SS: Standart Sapma.

4.3. Bireylerin dominant ve non-dominant ayaklarının intrinsik kas kuvvetlerinin denge parametreleri ile ilişkisi

Çalışmaya katılan bireylerin dominant ve non-dominant ayak AH, FHB, FDB, FDM kas kuvvetleri ile postural stabilite testinin her iki ayak üzerindeki denge parametreleri arasındaki ilişki sırasıyla Tablo 4.7 ve 4.8’de verildi. Dominant ve non-dominant ayak AH, FHB, FDB, FDM kas kuvvetleri ile postural stabilite testinin toplam puan, antero-posterior, medio-lateral puanları arasında anlamlı ilişki bulunmadı.

Tablo 4.7. Bireylerin dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin her iki ayak üzerindeki postural stabilite testi ile ilişkisi.

Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
PST Toplam puan	0,103	0,365	0,030	0,793	-0,017	0,878	-0,088	0,438
PST Antero-posterior puan	0,144	0,201	0,052	0,650	0,131	0,247	-0,057	0,618
PST Medio-lateral puan	0,030	0,791	-0,005	0,965	-0,101	0,375	-0,124	0,275

Pearson korelasyon analizi, PST: Postural Stabilite Testi, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digiti Minimi.

Tablo 4.8. Bireylerin non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin her iki ayak üzerindeki postural stabilite testi ile ilişkisi.

Non-Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
PST Toplam Puan	-0,121	0,284	0,041	0,717	-0,059	0,603	-0,192	0,088
PST Antero-Posterior Puan	-0,041	0,717	0,065	0,566	0,079	0,487	-0,079	0,488
PST Medio-Lateral Puan	-0,102	0,370	-0,058	0,611	-0,101	0,372	-0,201	0,074

Pearson korelasyon analizi, PST: Postural Stabilite Testi, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digiti Minimi.

Çalışmaya katılan bireylerin dominant ayak AH, FHB, FDB, FDM kas kuvvetleri ile postural stabilite testinin, tek ayak üzerindeki denge parametreleri arasındaki ilişki Tablo 4.9’ da verildi. Dominant ayak AH, FHB, FDB, FDM kas kuvvetleri ile postural stabilite testinin tek ayak üzeri sonuçlarından toplam puan, antero-posterior, medio-lateral puanları arasında anlamlı ilişki bulunmadı.

Tablo 4.9. Bireylerin dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin tek ayak üzerindeki postural stabilite testi ile ilişkisi.

Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
PST Toplam Puan	0,104	0,358	0,001	0,996	0,042	0,714	-0,004	0,971
PST Antero-Posterior Puan	0,015	0,894	-0,089	0,432	-0,091	0,420	-0,112	0,322
PST Medio-Lateral Puan	0,020	0,860	-0,027	0,812	0,049	0,669	-0,064	0,571

Pearson korelasyon analizi, PST: Postural Stabilite Testi, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digiti Minimi.

Çalışmaya katılan bireylerin non-dominant ayak AH, FHB, FDB, FDM kas kuvvetleri ile postural stabilite testinin tek ayak üzerindeki denge parametreleri arasındaki ilişki Tablo 4.10’ da verildi. Non-dominant ayak AH, FHB, FDB, FDM kas kuvvetleri ile postural stabilite testinin tek ayak üzeri sonuçlarından toplam puan, antero-posterior, medio-lateral puanları arasında anlamlı ilişki bulunmadı.

Tablo 4.10. Bireylerin non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin tek ayak üzerindeki postural stabilite testi ile ilişkisi.

Non-Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
PST Toplam Puan	-0,186	0,098	0,040	0,723	0,086	0,450	-0,088	0,436
PST Antero-Posterior Puan	-0,029	0,798	0,053	0,640	0,100	0,377	-0,041	0,718
PST Medio-Lateral Puan	-0,160	0,156	0,033	0,769	0,078	0,493	-0,059	0,602

Pearson korelasyon analizi, PST: Postural Stabilite Testi, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digiti Minimi.

Çalışmaya katılan bireylerin dominant ve non-dominant ayak AH, FHB, FDB, FDM kas kuvvetleri ile stabilite limitleri testi toplam süre ve puan parametreleri arasındaki ilişki Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’ de verildi. Dominant ayak AH, FHB, FDB, FDM kas kuvvetleri ile stabilite limitleri testi toplam süre ve toplam puan parametreleri arasında anlamlı ilişki bulunmadı.

Tablo 4.11 Bireylerin dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin stabilite limitleri testi ile ilişkisi.

Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
SLT Toplam Süre	0,067	0,557	0,158	0,161	0,244	0,029	-0,002	0,984
SLT Toplam Puan	-0,085	0,455	0,024	0,835	-0,114	0,312	0,205	0,069

Pearson korelasyon analizi, SLT: Stabilite Limitleri Testi, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digi Minimi.

Tablo 4.12. Bireylerin non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin stabilite limitleri testi ile ilişkisi.

Non-Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
SLT Toplam Süre	0,060	0,598	0,127	0,261	0,136	0,231	0,080	0,478
SLT Toplam Puan	0,061	0,593	0,049	0,666	-0,082	0,467	0,144	0,203

Pearson korelasyon analizi, SLT: Stabilite Limitleri Testi, AH: Abduktor Hallusis FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digi Minimi.

Çalışmaya katılan bireylerin dominant ayak FHB (r : 0,240, $p < 0,05$) kas kuvveti ile gözler kapalı yumuşak zemin Modifiye Sensori Organizasyon Testi (MSOT) sonuçları ile arasında pozitif yönlü zayıf anlamlı ilişki olduğu bulundu. Dominant ayağın diğer kas kuvvetleri ile MSOT tüm sonuçları arasında anlamlı ilişkiye rastlanmadı ($p > 0,05$) (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Bireylerin dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin modifiye sensori organizasyon testi ile ilişkisi.

Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Gözler Açık-Sert Zemin	0,010	0,929	0,112	0,323	0,076	0,501	0,032	0,781
Gözler Kapalı-Sert Zemin	0,130	0,251	0,203	0,071	0,166	0,141	0,177	0,117
Gözler Açık-Yumuşak Zemin	0,105	0,355	0,062	0,585	0,040	0,723	0,047	0,679
Gözler Kapalı-Yumuşak Zemin	0,065	0,566	0,240	0,032*	0,188	0,094	0,054	0,633

*: $p < 0,05$, *pearson korelasyon analizi*, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digiti Minimi.

Çalışmaya katılan bireylerin non-dominant ayak FDB (r : 0,270, $p < 0,05$) ve FDM (r : 0,262, $p < 0,05$) kas kuvvetleri ile gözler kapalı yumuşak zemin MSOT sonuçları ile arasında pozitif yönlü zayıf anlamlı ilişki olduğu bulundu. Non-dominant ayağın diğer kas kuvvetleri ile MSOT sonuçları arasında anlamlı ilişkiye rastlanmadı ($p > 0,05$) (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Bireylerin non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin modifiye sensori organizasyon testi ile ilişkisi.

Non-Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Gözler Açık-Sert Zemin	0,005	0,966	0,049	0,663	0,024	0,832	0,106	0,351
Gözler Kapalı-Sert Zemin	0,112	0,325	0,123	0,277	0,196	0,081	0,157	0,164
Gözler Açık-Yumuşak Zemin	0,009	0,933	0,079	0,485	0,085	0,452	0,129	0,252
Gözler Kapalı-Yumuşak Zemin	0,143	0,206	0,172	0,128	0,270	0,015*	0,262	0,019*

*: $p < 0,05$, *pearson korelasyon analizi*, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digiti Minimi.

4.4. Bireylerin dominant ve non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin fonksiyonel performans testleri ile ilişkisi

Tablo 4.15. Dominant ayak AH, FHL, FDB, FDM kas kuvvetlerinin dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testi ile ilişkisi.

Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Dikey Sıçrama Testi	0,183	0,105	0,275	0,013	0,165	0,144	0,151	0,182
Tek Ayak Öne Sıçrama Testi	0,139	0,218	0,254	0,023	0,234	0,037	0,151	0,182

Pearson korelasyon analizi, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digiti Minimi.

Dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testi ile arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiye rastlanmadı (Tablo 4.15).

Nondominant ayak abduktor hallusis kas kuvvetinin dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testi ile arasında anlamlı ilişki bulunmadı. Ancak FHB (r:0,330, p<0,05), FDB (r:0,298, p<0,05), FDM (r:0,295, p<0,05) kaslarının dikey sıçrama testi ile arasında pozitif yönlü zayıf anlamlı ilişki bulundu. Ayrıca FHB (r:0,374, p<0,05), FDB (r:0,309, p<0,05), FDM (r:0,306, p<0,05) kaslarının tek ayak öne sıçrama testi ile arasında pozitif yönlü düşük orta derecede ilişki bulundu (Tablo 4.16).

Tablo 4.16. Non-dominant ayak AH, FHL, FDB, FDM kas kuvvetlerinin dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testi ile ilişkisi.

Non-Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Dikey Sıçrama Testi	0,109	0,335	0,330	0,003*	0,298	0,007*	0,295	0,008*
Tek Ayak Öne Sıçrama Testi	0,234	0,037	0,374	0,001*	0,309	0,005*	0,306	0,006*

*: p<0,05, *pearson korelasyon analizi*, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digiti Minimi.

4.5. Dominant ve non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin cinsiyetler arası farkları

Tablo 4.17. Dominant ve non-dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin cinsiyetler arası farkları.

		Kadın n:39 Ortalama±SS	Erkek n:41 Ortalama ±SS	p
AH	Dominant	17,10±6,62	18,81±7,06	0,269
	Non-Dominant	15,15±5,78	18,19±7,59	0,049
FHB	Dominant	84,62±23,16	108,93±34,66	<0,001*
	Non-Dominant	79,49±20,77	108,38±27,66	<0,001*
FDB	Dominant	66,72±19,08	81,16±23,23	0,003*
	Non-Dominant	62,85±18,27	76,05±17,83	0,002*
FDM	Dominant	24,35±6,46	28,28±11,08	0,058
	Non-Dominant	23,56±6,49	29,01±11,40	0,011

*: $p < 0,05$, *student t test*, SS: Standart Sapma, AH: Abduktor Hallusis, FHB: Fleksor Hallusis Brevis, FDB: Fleksor Digitorum Brevis, FDM: Fleksor Digiti Minimi.

Tablo 4.17’de verilen bulgulara göre; dominant ayak AH ve FDM kas kuvvetlerinin kadın ve erkek bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığına rastlanmadı. FHB, FDB kas kuvvetlerinde kadın ve erkek bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p < 0,05$).

Nondominant ayak AH, FDM kas kuvvetlerinin kadın ve erkek bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığına rastlanmadı. FHB, FDB kas kuvvetlerinde kadın ve erkek bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p < 0,05$).

5. TARTIŞMA

Plantar intrinsik ayak kaslarının denge ve fonksiyonel performans ile arasında potansiyel bir bağlantının ortaya çıkması ve bunların işlevlerine ilişkin literatürde doğrudan bilginin olmaması göz önüne alındığında, bu yapıların nöromekanik fonksiyonu hakkında daha derin bir bilgi kazanmak oldukça önem kazanmaktadır. Bu düşünce doğrultusunda çalışmamız; sağlıklı bireylerde *hand-held* dinamometre ile ölçtüğümüz ayak intrinsik kas kuvvetinin denge ve fonksiyonel performans ile ilişkisini incelemek amacıyla planlanmıştır. Hipotezimizin gelişmesine ise, ayaklarda görülen herhangi yapısal değişimin tüm vücudun postüral kontrolünü etkilemesi ve son yıllarda yapılan çalışmalarda ayak intrinsik kaslarının ayak postürü üzerinde etkin rol oynamasının belirtilmesi katkı sağlamıştır. Ayaktaki pronasyon ya da supinasyon postürü hem dinamik hem de statik postüral stabilitenin devamlılığında etkilidir (18,103-105). Ayağın plantar intrinsik kaslarındaki zayıflık veya imbalans ayak biyomekaniği ve postürü üzerinde doğrudan etkilidir (46,52,53,67). Bu bilgi doğrultusunda intrinsik kas kuvvetinin denge üzerinde önemli fonksiyonu olduğu çıkarımı yapılabilir. Yapılan çalışmalarda intrinsik kasların intramusküler veya yüzeysel EMG, ultrason, MRI görüntüleme gibi yöntemlerle değerlendirildiği ancak bu yöntemlerin doğrudan kuvvet ile ilişkili bilgi vermediğini ancak kasların aktivasyon paternleri ya da mimari özellikleri hakkında fikir yürütülebildiğini bildirmişlerdir (71-74). Mevcut literatürün metodolojik kısıtlamaları göz önüne alındığında, postural stabilitede plantar intrinsik ayak kaslarının rolüne ilişkin veri eksikliği vardır. Çalışmalarda daha çok ayak ve ayak bileğinin ekstrinsik kas aktivasyonları ve analizleri üzerinde durulmuştur. Normal statik ayakta duruşta; postural sınımlar ayak bileğinde yalnızca dorsi ve plantar fleksiyon ile ilişkili değil aynı zamanda subtalar eklem mediolateral stabilizasyonu ile de ilişkilidir (65,66). Subtalar nötral pozisyon sağlıklı bir ayakta optimum denge şartını sağlayan en uygun ayak postürüdür (13). Subtalar eklem biyomekaniğinde kalkaneus hareketlerine katkı sağlayan plantar intrinsik kaslar dolaylı olarak da olsa dengeyi etkileyebileceği için bu kasların kuvvetlerinin değerlendirilmesi ve analizi, denge ile ilişkisinin ortaya konulması ayrıca önem taşımaktadır.

Elde ettiğimiz sonuçlar; ayak plantar intrinsik kas kuvvetinin statik ayakta duruşta dengenin her bir alt parametresi ile ilişkili olmadığı yönünde bulunmuştur. Ancak denge şartlarını sürdürmenin zorlaştığı gözler kapalı, yumuşak zemin üzerindeki denge koşullarında intrinsik fleksor kas kuvvetinin denge ile ilişkili olduğu görülmüştür. Dominant ayak intrinsik kas kuvvetleri fonksiyonel performans parametrelerinden dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testleri ile ilişkili bulunmazken non-dominant ayak intrinsik fleksor kas kuvvetleri dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testleri ile ilişkili bulunmuştur.

5.1. Demografik Özellikler

Vücut ağırlığının ve VKI'nin ayak postürü ve yapısı üzerinde etkili olduğunu ve olmadığını savunan farklı çalışmalar bulunmaktadır (120,121). Ayak fleksor intrinsik kas kuvvetinde cinsiyetler arası sonuçlarda farklılığı ortaya koyan bir çalışmaya rastlanmıştır (75). Bu sonuçlara bakıldığında bizim çalışmamızda; ayağın morfolojik özelliklerinin vücut ağırlığından ve cinsiyetler arası farklılıklardan etkilenme ihtimali göz önünde tutulmuş ve çalışmaya katılan bireyler kadın-erkek sayısı bakımından orantılı dağılmıştır. Aynı şekilde boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi açısından da bireyler benzer dağılım göstermektedir.

5.2. Ayağa İlişkin Değerlendirmeler

Çalışmada dahil edilen sağlıklı bireylerin ayak postürünü belirlemek amaçlı literatürde yaygın olarak kullanılan, geçerlilik ve güvenilirliği gösterilmiş, navikula yükseklik ölçümü, Brody's naviküler düşme testi, APİ-6 kullanılmıştır (108-110). Literatürde Brody, Beckett, Mueller tarafından naviküler düşmenin üst sınırı sırasıyla 15mm,13mm,10mm olarak belirtilmiştir (109,122,123). Brody, yetişkinler için, 15 mm üzerindeki naviküler düşme değerlerin anormal olarak sınıflarken, 10 mm ve altında kalan değerleri normal olarak yorumlamıştır. Literatürde, plantar intrinsik ayak kaslarının yüzeysel EMG ile değerlendirildiği bir çalışmada, bu kasların ark yüksekliğinin korunmasındaki ve ayak pronasyonunun azaltılmasındaki rolleri için kanıtlar sunulmuştur (43,46). Bu nedenle naviküler düşme miktarı 10 mm ve üzerinde olan bireylerde ayak intrinsik kas fonksiyonlarında yetersizlik veya imbalans olabileceğinden çalışmaya dâhil edilmemiştir. Tsia ve diğ.'nin yaptıkları

çalışmada ayak supinasyonu veya pronasyonu olan bireylerin, nötral ayağa sahip bireylere göre tek ayak üzerindeki statik postüral kontrollerinin daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır (124). Dengenin sağlanması ve sürdürülmesi için ayağın dengedeki rolü düşünüldüğünde aşırı pronasyonda veya supinasyondaki bir ayakta medio-lateral stabilitede zayıflık olabileceği savunulmuştur (105). Ayrıca Zhao ve diğ., ark yüksekliğinin fiziksel performans ile ilişkisinin inceledikleri çalışmada ilişkiye rastlamamışlar ancak bireylerin fiziksel aktivite düzeylerinin değerlendirilmemesini çalışmalarında limitasyon olarak göstermişlerdir (125). Ayak postürünün denge ve fonksiyonel performans üzerindeki bu etkisini ekarte etmek için ayak postür indeksi ile değerlendirdiğimiz bireylerden yalnızca nötral ayak postürüne sahip bireyler çalışmamızda yer almış ve bireyler fiziksel aktivite düzeyleri bakımından da homojen olarak belirlenmiştir. Ark yüksekliğinin ve plantar fasya yapısının vücut kütle indeksinden etkilendiği de literatürde gösterilmiş olduğundan çalışmamızda vücut ağırlığının ark yüksekliği değişimlerine etkisi ekarte etmek için de dahil edilen benzer demografik özelliklerde seçilmiş vücut ağırlığının etki meydana getirme olasılığı ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır (126).

Bireylerin kas kuvvet değerlendirmelerinde dijital *hand-held* dinamometre tercih edilmiştir. De Win ve diğ. kâğıt yakalama testi sırasında yaptıkları eşzamanlı bir EMG testi ile bu testte ayağın ve ayak bileğinin intrinsik ve ekstrinsik kaslarının aktif olduğunu ortaya koymuşlardır (12). Plantar intrinsik kaslardan alınan EMG ölçümlerinde de cross-talk çalışmaların limitasyonu olarak belirtilmiştir. Bu nedenle en geçerli ölçüm aracı olarak *hand-held* dinamometre tercih edilmiştir. Farklı dinamometre türleri ve modelleri ölçümler sırasında intrinsik kas aktivitesinin seviyesini etkilemektedir. Ekstrinsik kasların eliminasyonu ölçümler sırasında son derece önem taşımaktadır. İntrensik ayak kaslarının, özellikle interosseal ve lumbrikal kasların anatomik olarak yerleşimine dayanarak, Garth ve Miller (79), intrinsik ayak kaslarının MTP ekleminde fleksiyon ve interfalangeal eklemden ekstansiyon oluşturmak için bir grup olarak hareket ettiklerini ileri sürmüşlerdir. Metatarsofalangeal eklem fleksiyonu ile birlikte interfalangeal eklem fleksiyonu daha çok uzun fleksör (ekstrinsik) aktivasyonu ile sağlandığından ölçüm yöntemlerinde metatarsofalangeal eklem fleksiyonu sağlanırken interfalangeal eklem ekstansiyonda kalması intrinsik fleksörlere odaklaşarak ölçüm sağlamaktadır.

Kullandığımız tür hand-held dinamometre, MTP eklemlerinde fleksiyona izin vermektedir ve interfalangeal eklemlerde fleksiyonu sınırlar çünkü dinamometre interfalangeal eklemlerin altına yerleştirilmektedir. Aksine, modifiye el kavrama gücü test cihazı, ayak parmaklarının bükülebileceği bir çubuğa sahiptir (80). Ekstrinsik aktivasyonu intrinsik aktivasyondan ayırt etmek oldukça güçleşir. Manşet bazlı sabit dinamometri, ölçülecek olan parmağın proksimal falanksının etrafına deri bir manşet yerleştirilmesini içermektedir (77,81). Tüm bu faktörler göz önünde tutulduğunda; intrinsik kasların izole olarak test edilmesinde en uygun yöntem çalışmada kullandığımız tip digital *hand-held* dinamometredir.

Bireylerin dominant ve non-dominant ayaklarının intrinsik kas kuvvetlerinde de anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Dominansın etkisi dikkate alındığında eklem pozisyon hissi, proprioze, ekstrinsik kas kuvveti gibi faktörler bakımından farklılıkların belirtildiği çalışmalar olmasına karşın plantar intrinsik kas kuvvetlerinde dominant non-dominant ayak arasında anlamlı fark bulunmamıştır (127).

5.3. Dengeye İlişkin Parametrelerin Değerlendirmeleri

Bireyin ağırlık merkezini destek yüzeyi üzerinde tutabilme becerisini değerlendiren *Biodex-BioSway™* Postüral Stabilite Testi alt parametrelerinden her iki ayak ve tek ayak üzerinde A-P salınım indeksi, M-L salınım indeksi, toplam puan sonuçları ile ayak intrinsik kas kuvvetleri arasında anlamlı ilişkiye rastlanmamıştır. Denge stratejilerinden olan ayak bileği stratejisinde A-P salınımların ekstrinsik ayak bileği kasları tarafından oluşturduğu bilinse de subtalar eklemin ayağın M-L yöndeki stabilizasyonu üzerinde etkin rol oynadığı da bilinmektedir (83,88). Çalışmamıza yalnızca ayak postürü nötral olan bireyler dâhil edildiğinden intrinsik kas kuvvetleri ile tek ayak ve her iki ayak üzerindeki A-P ve M-L salınım indeksi değerleri arasında anlamlı ilişki bulunmamış olabileceği düşüncesindeyiz. AH kası, fizyolojik enine kesit alanı en büyük intrinsik kas olarak yaklaşık olarak 43 motor ünitelerden oluştuğu bilinmektedir (57). Bu özelliği ile en önemli plantar intrinsik kaslar arasında yer alır, yürüyüşün geç duruş ve basma fazlarında aktiftir ve longitudinal arkin dinamik stabilizörü olarak çalışır (41). Literatürde; halluks valgus gibi AH kasının çekiş açısı ve güç üretme yeteneğinin değiştiği ayak patolojilerinde dengenin etkilendiği

bildirilmiştir ancak dengedeki bu etkilenim kasın zayıflığı ve imbalansının yanı sıra sesamoidlerin ve 1.MTF eklem patomekaniği ile de ilişkilendirilebilir (128). AH kasının MLA'yı destekleyen önemli bir kas olduğunu da varsaydığımızda hipotezimizin nötral ayak postürü üzerinde ve halluks patomekaniğinin elimine edildiği sağlıklı bireylerde geliştirilmiş olması abduktor hallusis kas zayıflığının eşlik ettiği patomekaniğin dengeye etkisini ekarte etmek amaçlı düşünülmüştür.

Kelly ve diğ., postural stabilitenin sürdürülmesinde planlar intrinsik kaslardan AH, QP, FHB kas aktivasyonunu intramusküler EMG ile inceledikleri çalışmalarında A-P salınımlarda intrinsik kas aktivasyonlarına rastlamamış ancak tek ayak üzerindeki duruşta AH kas aktivasyonun M-L salınımlarla önemli ölçüde ilişkili olduğunu vurgulamışlardır (9). A-P salınımda momentlerin daha çok ekstrinsik kaslar olan soleus ve gastroknemius tarafından oluşturulduğunu bildirmişlerdir. Bizim elde ettiğimiz sonuçlara göre sağlıklı genç bireylerde AH kas kuvvetinin denge ile ilişkisi görülmemiştir. Sonuçlarımızdaki bu farklılık değerlendirme yöntemlerimiz arasındaki farklılıktan kaynaklanmış olabilir. Ayrıca çalışmamızda dinamometre ile kas kuvveti ölçülmüş ancak Kelly ve ark., çalışmalarında intramusküler EMG ile kasların aktivasyon paternini elde etmişlerdir (9). AH kasının ML salınımlar sırasındaki yüksek dereceli aktivasyonu bu kasın kuvveti hakkında doğrudan fikir vermeyebilir. Sonuçlarımızdaki farklılık bu nedenle de açıklanabilir.

Yamauchi ve diğ., intramusküler EMG ile değerlendirdikleri sağlıklı genç bireylerde ayak fleksor kuvvetinin çift bacak veya tek bacak ayakta durma sırasında postural stabilite ile ilişkili olmadığını belirtmiştir (129). Sonuçlarımıza benzer olarak bu çıkarım sağlıklı genç bireylerde statik postural stabiliteyi sürdürmek ve korumak için güçlü bir intrinsik fleksorun gerekli olmadığını göstermiştir. Reeser ve diğ., intrinsik ayak kaslarının, yürümenin duruş fazındaki plantar gerilime aktif olarak direnmek ve longitudinal arklara destek olmak için hareket ettiğini öne sürmüşlerdir (47). Bizim sonuçlarımıza bakıldığında; intrinsik fleksor kasların kuvvetlerinin statik duruştan ziyade yürüme sırasında aktif rol oynadıklarından dinamik denge şartlarındaki etkilerinin incelenmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bireylerin dengesini bozmadan vertikalden gövdesiyle uzanabileceği maksimum açıyı tanımlayan Stabilite limiti test sonuçları ile intrinsik kas kuvvetleri arasında da anlamlı ilişkiye rastlanmamıştır. Literatürde ayak intrinsik kas kuvvetleri

ya da aktivasyon paternleri ile stabilite limitleri arasındaki ilişkiyi inceleyen başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayak bileği stratejisi; postural salınımın ayak bileği ve ayaklardan kontrol edilmesidir. Bu strateji; yeterli bir destek yüzeyine sahip, ayakta sabit duran bir kişi ağırlık merkezini yerçekimi hattından uzaklaştıramayacak kadar küçük ve yavaş postural salınımlar yaptığı zaman ortaya çıkar. Kalça stratejisi ise salınımların daha geniş ve stabilite sınırına yakın olduğu durumlarda ayak bileği stratejisinin yetersiz kaldığı durumlarda devreye girer (83,94). Bu analizde bulduğumuz sonuca göre gövdenin anterior, posterior, medial-lateral olmak üzere çok yönlü ve büyük amplitüdü uzanım göstermesi ile değerlendirilen denge performansında ayak intrinsik kaslarının aktivasyonundan ziyade ekstrinsik gruptan gastrocnemius, soleus, tibialis anterior ve peroneal kas aktivasyonlarının ve bunların yetersiz olduğu durumda kalça stratejisinin kullanıldığı şeklinde yorumlanmıştır.

MSOT ile bireyin görsel ve somatosensoryel bilgilerinin değiştirilerek postüral yanıtlarını değerlendirdiğimiz denge parametrelerinde diğer testlerden farklı olarak bireylerin vizüel sistem dominantlığı ortadan kaldırılmıştır. FHB, FDB, FDM kas kuvvetlerinin yalnızca gözler kapalı-yumuşak zemindeki denge parametresi ile düşük korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Ayak intrinsik kas kuvvetleri ile gözler açık-sert zemin, gözler kapalı-sert zemin, gözler açık-yumuşak zemin koşullarındaki denge parametreleri ile ilişki bulunmamıştır. Bu sonuç dengeyi etkileyen vizüel sistem dominantlığı ortadan kalktığı ve dengeyi sürdürmeyi zorlaştıran yumuşak zeminde postural stabilizasyonu sağlamak için FHB, FDB, FDM kaslarının devreye girdiği ve aktivasyonlarının arttığı şeklinde yorumlanmıştır. Özellikle fleksor intrinsik kas gruplarında bulduğumuz bu anlamlı ilişki zorlaşan denge koşullarında ayağın zemin tutuşunu sağlama için intrinsik fleksor kasların ön plana çıktığını da söyleyebiliriz. Literatürde FDM kas kuvvetini değerlendiren başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu kasın dengeyi sürdürmedeki rolü ve M-L salınımlardakki aktivasyonunu vurgulamak için tek ayak üzerinde zorlaştırılmış denge koşullarında yapılmış daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. Ferreira ve diğ., ekstrinsik kaslarda yaptıkları çalışmada; peroneus longus, tibialis anterior ve posterior, gastrocnemius medialis ve lateralis kaslarının gözler açık ve kapalı pozisyonda stabil ve stabil olmayan platformlardaki EMG aktivasyonlarını araştırmışlardır (130). Peroneus longus ve tibialis anterior kas aktivasyonunu, sabit zemine kıyasla, denge

platformunda arttığı gösterilmiştir. Özellikle bu kasların aktivasyonunun hareketli zeminde artması, bu kasların inversiyon/eversiyon hareketleri sırasında ayak bileği stabilizasyonunda önemli rol oynadıklarına bağlanmıştır. Gözler açık-kapalı pozisyonlar değerlendirildiğinde ise gastrocnemius kasının medial parçası hariç diğer bütün kasların aktivasyonu gözler kapalı pozisyonda her iki zeminde de artmış bulmuşlardır. Bu sonuç çalışmamıza benzer olarak vizüel sistem dominantlığın elimine edildiği durumlarda postural stabiliteden sorumlu kaslarda aktivasyon artışı olduğunu desteklemektedir.

Menz ve diğ.; plantar intrinsik kas aktivasyonunun ayağı stabilize etmede önemli rol oynadığını, yaşlılarda zayıf başparmak fleksörlerinin postural kontrolü etkilediğini ve düşme riskini artırdığını yaptıkları çalışmada bildirmiştir (75). Bu sonuca benzer olarak Mickle ve diğ., plantar intrinsik ayak kaslarının zayıflığını yaşlılarda denge kaybına ve artan düşme riskine katkıda bulunan bir faktör olarak ortaya koymuştur (70). Bu sonuçlara göre; bu kasların güçlendirilmesinin dahil olduğu egzersiz programları yaşlı popülasyonda önem kazanmıştır. Mann ve Inman'a göre, plantar intrinsik ayak kasları frontal düzlemde kalkaneal eversiyon olarak gözlenen subtalar eklem pronasyonuna direnen bir birim olarak işlev görür (7). Ayak postürü ve fonksiyonunun dengeyi etkilediği bilindiği için ayağın stabilize edilmesine yardımcı olarak plantar intrinsik ayak kaslarının aktivasyonu kullanılabilir, böylece denge iyileştirilebilir. Ancak bunların aksine başka bir çalışma; sağlıklı genç bireylerde başparmak fleksör kuvvetinin gözler açık tek ayak ve her iki ayak üzerinde denge parametreleri ile ilişkisini incelemiş ve anlamlı ilişki bulmamışlardır (129). Bunun sebebi olarak, statik ayakta duruştaki postural sınımların muskuloskeletal komponentler ve periferal faktörlerden ziyade nöral yapılar ve plantar duyu kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Her iki çalışmadaki bu tezatlığın yaşın denge üzerinde etkili bir faktör olmasından kaynaklandığını söyleyebiliriz. Çalışma grubumuzun sağlıklı genç bireylerden oluşması ile nöral yapılar ve plantar duyu kaynaklı denge problemlerinin ekarte edilmesinin sağladığını düşünmekteyiz.

Dominantlık dikkate alındığında; dominant ayakta yalnızca FHB kası, dominant olmayan ayakta ise FDB ve FDM kasları gözler kapalı-yumuşak zemin denge parametresiyle düşük korelasyon göstermiştir. Literatürde, gözler kapalı her

iki ayak üzerinde statik duruşta dominant ayaktaki plantar basıncın dominant olmayan ayağa göre daha fazla olduğunu bildiren bir çalışma vardır (131). Bu sonuca göre, denge şartlarının zorlaştığı durumlarda dominant ve dominant olmayan ayakta değişen plantar basınç gibi plantar intrinsik kas aktivasyonları da farklılık gösterebilmektedir. Bu konu ile ilgili daha kesin kanıtlar ortaya koymak için daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç vardır.

Cinsiyetler arası farklar ele alındığında; sonuçlarımıza benzer olarak Menz ve diğ., halluks plantar fleksor kuvvetinde kadın ve erkek bireyler arasında anlamlı fark bulmuş, ancak diğer parmak fleksor kuvvetinin cinsiyetler arası fark göstermediğini belirtmiştir (75). Kadın ve erkek bireylerin dominant ve non-dominant ayakta FHB ve FDB kas kuvvetleri arasındaki anlamlı farklılık ayakkabı tercih ve kullanım alışkanlığı ile ilişkilendirilebilir. Çalışmamızda ayakkabı kullanım alışkanlığına dair bir sonuç ortaya koymadığımızdan bu konu ile ilgili kesin bir yargıya varmak üzere başka çalışmalara ihtiyaç vardır.

5.4. Fonksiyonel Performans Değerlendirmeleri

Fonksiyonel ve fiziksel performans genel olarak kuvvet, çeviklik ve propriosepsiyonu içermektedir. Reeser ve diğ., intrinsik ayak kaslarının, yürüme sırasında fleksiyondaki plantar gerilime aktif olarak direnmek ve longitudinal arklara destek olmak için hareket ettiğini öne sürmüşlerdir (47). Bu hipotez, plantar aponevroz gerginliğinin geç duruş sırasında önemli ölçüde düştüğü ancak ark yüksekliğinin arttığı bulguları ile desteklenmektedir. Geç duruş fazı sırasındaki gerginlik, intrinsik ayak kasları gibi diğer yapıların ilerleme sırasında ark desteğine katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir. Bunun yanı sıra ayakta duruşta ayağın ark yapısına binen dikey yük arttığında ayaktaki kas-tendon kompleksinin gerginliğini artırarak ayak arkının yüksekliği düşürülür ve ayak parmak fleksor kaslarının potansiyel kuvvet oluşturma kapasitesinin arttığı savunulmuştur (132). Bu bilgiler doğrultusunda; çalışmaya aldığımız genç bireyler ayak postürü, ark yüksekliği, alt ekstremitte fonksiyonellik düzeyi bakımından benzer ve normal özellik gösterdiklerinden fonksiyonel performans değerlendirme testlerinde yürüme ve oturma gibi fonksiyonları içeren süreli performans testleri yerine dikey ve öne sıçrama performans testleri kullanıldı. Literatürde medial ve lateral ark üzerindeki

mekanik gerilmelerin plantar intrinsik kaslar ile ayarlanabileceğini gösterilmiştir (48,49). Plantar intrinsik ayak kasları ve longitudinal arkın dinamik fonksiyonu arasındaki bu potansiyel bir bağlantının varlığı düşünüldüğünde; sıçrama fonksiyonunda itme gücünü sağlayabilmek için metatarsofalangeal eklemlerde meydana gelen ani ekstansiyonu takip eden fleksiyon hareketi etkin bir fleksör güç gerektirmektedir ki bu durum da intrinsik kas aktivitesi ile yakından ilişkilidir. Son çalışmalar plantar intrinsik ayak kaslarının longitudinal ark esnekliğinin ve sertliğinin düzenlenmesine katkıda bulunma potansiyelini vurgulamıştır (6,133). Bu nedenle çalışmada fonksiyonel performans analizinde ayağın biyomekanik değişikliklerine duyarlı olabileceği ve intrinsik kas aktivasyonunun daha belirgin olabileceği dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testi tercih edildi.

Literatürde ayak karakteristiğinin performans ile arasındaki ilişki daha çok çocuk ya da yaşlı popülasyonda değerlendirilmiştir (75,134). Düşük arka sahip bireylerin tipik olarak esnek bir ayak yapıları olduğu düşünülürken, yüksek ark yapısı olan bireylerin daha rijit ve sert ayak yapısına sahip olduğu belirtilmiştir (135). Esnek ayağı olan düşük ark yapılı bir birey, aktiviteler veya spor sırasında üretilen yer reaksiyon kuvvetlerini daha sert ayağı olan yüksek arkı olan bireye kıyasla daha fazla absorbe etme kabiliyetine sahiptir. Ancak artan yer reaksiyon kuvvetleriyle başa çıkmak için, düşük ark yapısına sahip olan bireyler fonksiyonel performans sırasında ayak stabilitesini kontrol etmek ve dengeyi sağlamak için dezavantajlı olabilmektedir. Bununla birlikte, ark yüksekliğinin fonksiyonel performans üzerinde bir etkisi olup olmadığı konusunda hala tartışmalar vardır. Normal ayak postürü olan bireyleri değerlendirdiğimiz için ark yüksekliğinin performansa olabilecek muhtemel etkisi ekarte edilmiştir.

Sonuçlarımızda; dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin dikey sıçrama ve tek ayak öne sıçrama testi ile arasında anlamlı ilişkiye rastlanmazken, non-dominant ayakta ise yalnızca intrinsik fleksör kas kuvveti ile fonksiyonel performans testleri ilişkili bulunmuştur. Bu sonucu destekler nitelikte; yapılan bir çalışmada ayak parmağı fleksör kas kuvvetinin çocuklarda ve ergenlerde sprint ve yatay atlama gibi dinamik alt ekstremite fiziksel performansının artırılmasında önemli bir rolü olduğu savunulmuştur (136). Başka bir çalışmada intrinsik fleksör kaslara 6 haftalık kuvvetlendirme eğitimi uygulamışlar sonrasında dikey sıçrama fonksiyonunda

anlamli ölçüde artış olduğunu belirtmişlerdir (80). Ayrıca sağlıklı bireylerde AH kas kuvvetinin fonksiyonel performans ile ilişkisini araştıran başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Sonuçlarımızda; fonksiyonel testlerin her ikisinin de yalnızca non-dominant ayak intrinsik kas kuvveti ile ilişkili bulunması, sıçrama fonksiyonunda dominant ayakta ekstrinsik kas gruplarının daha etkin rolü olabileceğini düşündürmüştür. Ancak bu düşünceye ters olarak Zhao ve diğ.; yaptıkları çalışmalarında ayak ekstrinsik kas kuvvetini dinamometre ile fiziksel performansı ise dikey sıçrama ve öne sıçrama testleri ile değerlendirmişler fakat ekstrinsik kas kuvvetinin fiziksel performansla ilişkisini zayıf düzeyde anlamlı bulmuşlardır (125). Bu sonuç sıçrama performansında patlayıcı güç üretiminde daha proksimal kas gruplarının kuvvetinin ön plana çıkabileceğini göstermektedir.

Fonksiyonel performansın birden çok vücut sisteminin entegre bir sonucu ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu nedenle intrinsik kas kuvvetinin tek başına fiziksel ve fonksiyonel performansta belirleyici bir etken oynayabileceği sonucuna varmak zordur ve bu konu hakkında kesin bilgiler sunmak için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Limitasyonlar

Bu çalışmanın bazı sınırlamaları vardır. Katılımcılar yalnızca normal ayak postürü olan sağlıklı genç bireyler arasından seçilmiştir. Bu durum korelasyon analizinde ölçüm değişkenlerinin küçük aralıklarına (örneğin, ayak ark yüksekliği) neden olmuş olabilir.

Dengeyi ve fonksiyonel performansı etkileyebileceği düşünülen esneklik, ekstrinsik kas kuvveti gibi diğer faktörlerin değerlendirilmemiş olması çalışmamızın limitasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda, sağlıklı bireylerde, ayak intrinsik kas kuvvetinin denge ve fonksiyonel performans parametreleri ile ilişkisi araştırıldı.

Çalışma sonunda ulaşılan sonuçlar şunlardır:

- Ayağın arkeolojik yapısı insanın dik duruşunda postural stabilitenin korunmasında önemli bir rol oynar. Ayaklarda görülen herhangi bir yapısal değişim tüm vücudun postüral kontrolünü etkiler. Ayaktaki pronasyon ya da supinasyon postürü hem dinamik hem de statik postüral stabilitenin devamlılığında etkilidir. Ayak *core* sisteminin önemli elemanları olan plantar intrinsik kaslar da ayak postüründe kritik rol oynamaktadır. İntrinsik ayak kaslarının dinamik stabilizatör olarak rol aldığı ayak core sisteminde bu kasların işlevi omurganın segmental stabilizatörlerinin fonksiyonu ile benzerdir. İntrinsik kas kuvvetinin ve fonksiyonlarının değerlendirilmesi oldukça önem arz etmektedir.
- Sonuçlarımız dengeyi etkileyen vizüel sistem dominantlığı ortadan kalktığında ve dengeyi sürdürmeyi zorlaştırdığımız yumuşak zeminde kısacası denge şartları zorlaştırıldığında postural stabilizasyonu sağlamak için ayak intrinsik kas aktivasyonunun arttığı şeklinde yorumlanmıştır. Çalışmadan elde ettiğimiz bilgiler denge performansı için yeni görüşler sunarken, aynı zamanda kas-iskelet rehabilitasyonu alanlarında uygulanabilecek değerli bilgiler de sağlayabilir.
- Ayak core sistemindeki plantar intrinsik kaslara yönelik kuvvetlendirme sağlayan spesifik egzersiz uygulamalarının dengeyi etkileyen nörolojik problemlerde fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarına dahil edilmesi dengenin gelişmesine ve iyileşmesine önemli katkılar sunabilir.
- Literatürde ayağın intrinsik ve ekstrinsik kasların kuvvetlendirilmesiyle ark yüksekliği ve ayak postürünün olumlu yönde etkileneceğini, denge ve hareket performansının artacağını gösteren çalışmalar mevcuttur ancak yeterli değildir. Bu kasların aktivasyon paternleri ve nörofizyolojik özellikleri de büyük ölçüde bilinmemektedir. Bu nedenle ayak intrinsik

kaslarının kuvvet ve aktivasyon analizlerinin yapılması önem kazanmaktadır. Ayak sağlığını sürdürmek, koruyucu ve önleyici fizyoterapi uygulamalarına ışık tutmak adına ayak intrinsik kas fonksiyonlarının bilinmesi, denge ve performans ile ilişkisinin inceleneceği daha ileri çalışmalar konuya ışık tutacaktır.

- Ayak intrinsik fleksor kas kuvvetinin sıçrama gibi patlayıcı güç gerektiren fonksiyonel aktivitelerde performans üzerinde olumlu etki sağlayabileceğini düşünmekteyiz. Fonksiyonel performansın geliştirilmesi gereken her yaş grubundan sağlıklı veya hasta bireylerde egzersiz programlarında ‘ayak kısaltma egzersizi’ gibi izole olarak intrinsik fleksor kasları kuvvetlendirmeye yarayan spesifik egzersizlerin yer alması performansın iyileşmesinde fayda sağlayabilir.
- Ayak intrinsik kas kuvveti sağlıklı genç bireylerde yalnızca statik dengeyi sürdürmenin zorlaştırıldığı yumuşak zeminde ve vizüel sistemin devre dışı bırakıldığı şartlarda denge ile ilişkilidir. Sağlıklı genç bireylerde denge şartları zorlaştırıldıkça postural stabiliteyi sürdürmek için intrinsik kas kuvvetinin önemi artmaktadır. Ancak ayak intrinsik kas kuvvetlerinin denge ile ilişkisini inceleyecek daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. Gelecek çalışmalarda intrinsik kas kuvveti ile denge şartlarının daha da zorlaştırıldığı dinamik denge parametreleri ile arasındaki ilişkilerin incelenmesinin konuya ışık tutacağı düşüncesindeyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Leardini A, Benedetti MG, Berti L, Bettinelli D, Nativo R, Giannini S. Rear-foot, mid-foot and fore-foot motion during the stance phase of gait. *Gait & posture*. 2007 Mar 1;25(3):453-62.
2. Winter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2003 Feb 1;13(1):49-56.
3. Gatev P, Thomas S, Kepple T, Hallett M. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *The Journal of physiology*. 1999 Feb;514(3):915-28.
4. Kennedy PM, Inglis JT. Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *The Journal of physiology*. 2002 Feb;538(3):995-1002.
5. Basmajian JV, Stecko G. The role of muscles in arch support of the foot: an electromyographic study. *JBJS*. 1963 Sep 1;45(6):1184-90.
6. Kura H, Luo ZP, Kitaoka HB, An KN. Quantitative analysis of the intrinsic muscles of the foot. *The Anatomical Record: An Official Publication of the American Association of Anatomists*. 1997 Sep;249(1):143-51.
7. MANN R, INMAN VT. Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *JBJS*. 1964 Apr 1;46(3):469-81.
8. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med*. 2015 Mar 1;49(5):290.
9. Kelly LA, Kuitunen S, Racinais S, Cresswell AG. Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. *Clinical biomechanics*. 2012 Jan 1;27(1):46-51.
10. Spink MJ, Fotoohabadi MR, Menz HB. Foot and ankle strength assessment using hand-held dynamometry: reliability and age-related differences. *Gerontology*. 2010;56(6):525-32.
11. Soysa A, Hiller C, Refshauge K, Burns J. Importance and challenges of measuring intrinsic foot muscle strength. *Journal of foot and ankle research*. 2012 Dec;5(1):29.
12. de Win MM, Theuvenet WJ, Roche PW, de Bie RA, van Mameren H. The paper grip test for screening on intrinsic muscle paralysis in the foot of leprosy patients. *International journal of leprosy and other mycobacterial diseases*. 2002 Mar 1;70(1):16-24.
13. Kelikian AS, Sarrafian SK. *Sarrafian's anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographic, functional*: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
14. Chan CW, Rudins A, editors. *Foot biomechanics during walking and running*. Mayo Clinic Proceedings; 1994: Elsevier.

15. GRAY H. Anatomy of the Human Body, 20th edition thoroughly rev. and re-edited by Warren H. Lewis Philadelphia: Lea & Febiger, fig.290-291, 1918; Bartleby.com, 2000. www.bartleby.com/107/.'den uyarlanmıştır.
16. Keith LM, Dalley AF, Anne AMR. Clinically oriented anatomy. Seventh edition. Williams&Wilkins, Baltimore; 2014.
17. Mueller MJ. The ankle and foot complex. P. K. Levangie, C. C. Norkin (Ed.). Joint structure and function. USA: F. A. Davis Company; 2005.
18. Cote KP, Brunet ME, II BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. Journal of athletic training. 2005 Jan;40(1):41.
19. Bek N. Ayak Bileği ve Ayak Problemleri: Hipokrat Yayınevi; 2018: p. 47-55.
20. Sung PS. Kinematic analysis of ankle stiffness in subjects with and without flat foot. The Foot. 2016 Mar 1;26:58-63.
21. Root ML, Orien WP, Weed JH. Normal and abnormal function of the foot: Clinical Biomechanics; 1977.
22. Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, Hafer JF, Mootanah R, Dufour AB, Chow BS, Deland III JT. Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. Gait & posture. 2013 Mar 1;37(3):445-51.
23. Rockar Jr PA. The subtalar joint: anatomy and joint motion. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1995 Jun;21(6):361-72.
24. Oatis CA. Kinesiology: the mechanics and pathomechanics of human movement. Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
25. Czerniecki JM. Foot and ankle biomechanics in walking and running. A review. American journal of physical medicine & rehabilitation. 1988 Dec;67(6):246-52.
26. Oatis CA. Kinesiology: the mechanics and pathomechanics of human movement. Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
27. Saltzman CL, Nawoczinski DA. Complexities of foot architecture as a base of support. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1995 Jun;21(6):354-60.
28. Green DR, Brekke M. Anatomy, biomechanics, and pathomechanics of lesser digital deformities. Clinics in podiatric medicine and surgery. 1996 Apr;13(2):179-200.
29. Hicks JH. The mechanics of the foot: II. The plantar aponeurosis and the arch. Journal of anatomy. 1954 Jan;88(Pt 1):25.
30. Neumann DA: Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation, ed 2, St Louis, 2010, Mosby, Fig. 14.4.
31. Card RK, Bordoni B. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot Muscles. InStatPearls [Internet] 2019 Mar 22. StatPearls Publishing.

32. Teitz CC, Graney D. *Musculoskeletal Atlas: A Musculoskeletal Atlas of the Human Body*. University of Washington; 1996.
33. Ankle biomechanics. *Foot and ankle clinics*. 2002 Dec 1;7(4):679-93.
34. Hunt AE, Smith RM, Torode M. Extrinsic muscle activity, foot motion and ankle joint moments during the stance phase of walking. *Foot & ankle international*. 2001 Jan;22(1):31-41.
35. Huang CK, Kitaoka HB, An KN, Chao EY. Biomechanical evaluation of longitudinal arch stability. *Foot & ankle*. 1993 Jul;14(6):353-7.
36. Wickiewicz TL, Roy RR, Powell PL, Edgerton VR. Muscle architecture of the human lower limb. *Clinical orthopaedics and related research*. 1983 Oct(179):275-83.
37. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. Foot posture influences the electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. *Journal of foot and ankle research*. 2009 Dec;2(1):35.
38. Glasoe WM, Yack HJ, Saltzman CL. Anatomy and biomechanics of the first ray. *Physical therapy*. 1999 Sep 1;79(9):854-9.
39. Zelik KE, La Scaleia V, Ivanenko YP, Lacquaniti F. Coordination of intrinsic and extrinsic foot muscles during walking. *European journal of applied physiology*. 2015 Apr 1;115(4):691-701.
40. Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH. *Gray's Anatomy* (ed 37). Edinburgh, Churchill Livingstone. 1989:651-652.
41. Kelly LA, Cresswell AG, Racinais S, Whiteley R, Lichtwark G. Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. *Journal of The Royal Society Interface*. 2014 Apr 6;11(93):20131188.
42. Kelly LA, Lichtwark G, Cresswell AG. Active regulation of longitudinal arch compression and recoil during walking and running. *Journal of The Royal Society Interface*. 2015 Jan 6;12(102):20141076.
43. Fiolkowski P, Brunt D, Bishop M, Woo R, Horodyski M. Intrinsic pedal musculature support of the medial longitudinal arch: an electromyography study. *The Journal of foot and ankle surgery*. 2003 Nov 1;42(6):327-33.
44. Jacob HA. Forces acting in the forefoot during normal gait—an estimate. *Clinical Biomechanics*. 2001 Nov 1;16(9):783-92.
45. Basmajian JV, Bentzon JW. An electromyographic study of certain muscles of the leg and foot in the standing position. *Surgery, gynecology & obstetrics*. 1954 Jun;98(6):662.
46. Headlee DL, Leonard JL, Hart JM, Ingersoll CD, Hertel J. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2008 Jun 1;18(3):420-5.
47. Reeser LA, Susman RL, Stern Jr JT. Electromyographic studies of the human foot: experimental approaches to hominid evolution. *Foot & ankle*. 1983 May;3(6):391-407.

48. Caravaggi P, Pataky T, Günther M, Savage R, Crompton R. Dynamics of longitudinal arch support in relation to walking speed: contribution of the plantar aponeurosis. *Journal of Anatomy*. 2010 Sep;217(3):254-61.
49. Wu L. Nonlinear finite element analysis for musculoskeletal biomechanics of medial and lateral plantar longitudinal arch of Virtual Chinese Human after plantar ligamentous structure failures. *Clinical Biomechanics*. 2007 Feb 1;22(2):221-9.
50. Gallardo E, García A, Combarros O, Berciano J. Charcot–Marie–Tooth disease type 1A duplication: spectrum of clinical and magnetic resonance imaging features in leg and foot muscles. *Brain*. 2005 Nov 29;129(2):426-37.
51. Kwon OY, Tuttle LJ, Johnson JE, Mueller MJ. Muscle imbalance and reduced ankle joint motion in people with hammer toe deformity. *Clinical Biomechanics*. 2009 Oct 1;24(8):670-5.
52. Chang R, Kent-Braun J, Van Emmerik E, Hamill J. Distribution of Intrinsic Foot Muscles in Healthy and Plantar Fasciitis Feet. In 2nd Congress of the International Foot and Ankle Biomechanics Community 2010. *Journal of Foot and Ankle Research*.
53. Incel NA, Genc H, Erdem HR, Yorgancioglu ZR. Muscle imbalance in hallux valgus: an electromyographic study. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2003 May 1;82(5):345-9.
54. Tosovic D, Ghebremedhin E, Glen C, Gorelick M, Brown JM. The architecture and contraction time of intrinsic foot muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2012 Dec 1;22(6):930-8.
55. Patton KT, Thibodeau GA. *Anthony's Textbook of Anatomy & Physiology-E-Book*. Mosby; 2018 Mar 5.
56. Smith MM, Hides JA, Hodges PW, Collins NJ. Intrinsic foot muscle size can be measured reliably in weight bearing using ultrasound imaging. *Gait & posture*. 2019 Feb 1;68:369-74.
57. Johns RK, Fuglevand AJ. Number of motor units in human abductor hallucis. *Muscle & nerve*. 2011 Jun;43(6):895-6.
58. Locke J, Baird SA, Frankis J. Preliminary observations of muscle fibre cross sectional area of flexor digitorum brevis in cadaver feet with and without claw toes. *Journal of foot and ankle research*. 2010 Dec;3(1):32.
59. Sooriakumaran P, Sivananthan S. Why does man have a quadratus plantae? A review of its comparative anatomy. *Croatian medical journal*. 2005 Feb 1;46(1).
60. Dedmond BT, Cory JW, McBryde Jr A. The hallual sesamoid complex. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2006 Dec 1;14(13):745-53.
61. Tarpey MD, Amorese AJ, Balestrieri NP, Ryan TE, Schmidt CA, McClung JM, Spangenburg EE. Characterization and utilization of the flexor digitorum brevis for assessing skeletal muscle function. *Skeletal muscle*. 2018 Dec;8(1):14.

62. Basmajian JV, De Luca CJ. *Muscles alive: their functions revealed by electromyography*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1985 Jun.
63. de Carvalho CA, König Jr B, Vitti M. Electromyographic study of the muscles " extensor digitorum brevis" and" extensor hallucis brevis". *Revista do Hospital das Clinicas*. 1967;22(2):65.
64. Silver RL, De La Garza J, Rang M. The myth of muscle balance. A study of relative strengths and excursions of normal muscles about the foot and ankle. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. 1985 May;67(3):432-7.
65. Winter DA, Patla AE, Rietdyk S, Ishac MG. Ankle muscle stiffness in the control of balance during quiet standing. *Journal of neurophysiology*. 2001 Jun 1;85(6):2630-3.
66. Lin WH, Liu YF, Hsieh CC, Lee AJ. Ankle eversion to inversion strength ratio and static balance control in the dominant and non-dominant limbs of young adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009 Jan 1;12(1):42-9.
67. McKeon PO, Fourchet F. Freeing the foot: integrating the foot core system into rehabilitation for lower extremity injuries. *Clinics in sports medicine*. 2015 Apr 1;34(2):347-61.
68. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. *Science and practice of strength training*. Human Kinetics; 2006.
69. Kelln BM, McKeon PO, Gontkof LM, Hertel J. Hand-held dynamometry: reliability of lower extremity muscle testing in healthy, physically active, young adults. *Journal of sport rehabilitation*. 2008 May 1;17(2):160-70.
70. Mickle KJ, Chambers S, Steele JR, Munro BJ. A novel and reliable method to measure toe flexor strength. *Clinical Biomechanics*. 2008 Jun 1;23(5):683.
71. Kim MH, Yi CH, Weon JH, Cynn HS, Jung DY, Kwon OY. Effect of toe-spread-out exercise on hallux valgus angle and cross-sectional area of abductor hallucis muscle in subjects with hallux valgus. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(4):1019-22.
72. Bus SA, Maas M, Lindeboom R. Reproducibility of foot structure measurements in neuropathic diabetic patients using magnetic resonance imaging. *Journal of Magnetic Resonance Imaging: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine*. 2006 Jul;24(1):25-32.
73. Orlin MN, McPoil TG. Plantar pressure assessment. *Physical therapy*. 2000 Apr 1;80(4):399-409.
74. Mickle KJ, Nester CJ, Crofts G, Steele JR. Reliability of ultrasound to measure morphology of the toe flexor muscles. *Journal of foot and ankle research*. 2013 Dec;6(1):12.
75. Menz HB, Zammit GV, Munteanu SE, Scott G. Plantarflexion strength of the toes: age and gender differences and evaluation of a clinical screening test. *Foot & ankle international*. 2006 Dec;27(12):1103-8.

76. Senda M, Takahara Y, Yagata Y, Yamamoto K, Nagashima H, Tukiyaama H, Inoue H. Measurement of the muscle power of the toes in female marathon runners using a toe dynamometer. *Acta Med Okayama*. 1999 Aug 1;53(4):189-91.
77. Kwon OY, Tuttle LJ, Johnson JE, Mueller MJ. Muscle imbalance and reduced ankle joint motion in people with hammer toe deformity. *Clinical Biomechanics*. 2009 Oct 1;24(8):670-5.
78. Kim SG, Lim DH, Cho YH. Analysis of the reliability of the make test in young adults by using a hand-held dynamometer. *Journal of physical therapy science*. 2016;28(8):2238-40.
79. Garth JR WP, Miller ST. Evaluation of claw toe deformity, weakness of the foot intrinsics, and posteromedial shin pain. *The American journal of sports medicine*. 1989 Nov;17(6):821-7.
80. Unger CL, Wooden MJ. Effect of foot intrinsic muscle strength training on jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2000 Nov 1;14(4):373-8.
81. Jung DY, Koh EK, Kwon OY. Effect of foot orthoses and short-foot exercise on the cross-sectional area of the abductor hallucis muscle in subjects with pes planus: A randomized controlled trial 1. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2011 Jan 1;24(4):225-31.
82. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & posture*. 1995 Dec 1;3(4):193-214.
83. Winter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor Mechanisms Of Balance During Quiet Standing. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2003;13(1):49-56.
84. Robbins S, Waked E, McClaran J. Proprioception and stability: foot position awareness as a function of age and footwear. *Age and Ageing*. 1995 Jan 1;24(1):67-72.
85. Walker ER, Hyngstrom AS, Schmit BD. Influence of visual feedback on dynamic balance control in chronic stroke survivors. *Journal of biomechanics*. 2016 Mar 21;49(5):698-703.
86. Allison L, Fuller K. Balance and vestibular disorders , Aharcourt Health Sciences Company, New York, *Neurological Rehabilitation* 2000: 616-60.
87. Karatas M. Denge ve Koordinasyon, Temel ve Uygulanan Kinezyoloji. Ankara: Haberal Eğitim Vakfı; 2003.s.281-8.
88. Sangeorzan A, Sangeorzan B. Subtalar Joint Biomechanics: From Normal to Pathologic. *Foot and Ankle Clinics*. 2018;23(3):341-52.
89. Horak FB. Postural Orientation and Equilibrium: What Do We Need to Know About Neural Control of Balance to Prevent Falls? *Age and Ageing*. 2006; 35(Suppl_2): 117-121.
90. Page P, Frank CC, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach. Champaign, IL: Human kinetics; 2010.

91. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*. 2002 Jan;37(1):71.
92. Massion J. Postural control systems in developmental perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 1998 Mar 4;22(4):465-72.
93. Hemami H, Barin K, Pai YC. Quantitative Analysis of the Ankle Strategy Under Translational Platform Disturbance. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2006; 14, 470-480
94. Winter DA, Prince FR, Frank JS, Powell CO, Zabjek KF. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *Journal of neurophysiology*. 1996 Jun 1;75(6):2334-43.
95. Diener HC, Dichgans J. On the role of vestibular, visual and somatosensory information for dynamic postural control in humans. In *Progress in brain research* 1988 Jan 1 (Vol. 76, pp. 253-262). Elsevier.
96. Tanaka H, Nakashizuka M, Uetake T, Itoh T. The effects of visual input on postural control mechanisms: an analysis of center-of-pressure trajectories using the auto-regressive model. *Journal of human ergology*. 2000 Dec 15;29(1-2):15-25.
97. Lopez C. The vestibular system: balancing more than just the body. *Current opinion in neurology*. 2016 Feb 1;29(1):74-83.
98. Travell JG, Simons DG. *Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual for the Lower Extremities*. Williams & Wilkins, Baltimore, MD 1992
99. Hughes MA, Schenkman ML, Chandler JM, Studenski SA. Postural responses to platform perturbation: kinematics and electromyography. *Clinical Biomechanics*. 1995 Sep 1;10(6):318-22.
100. Yaggie JA, McGregor SJ. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *Archives of physical Medicine and Rehabilitation*. 2002 Feb 1;83(2):224-8.
101. Mackinnon CD, Winter DA. Control of whole body balance in the frontal plane during human walking. *Journal of biomechanics*. 1993 Jun 1;26(6):633-44.
102. Kavounoudias A, Roll R, Roll JP. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *The Journal of physiology*. 2001 May;532(3):869-78.
103. Cote KP, Brunet ME, II BMG, Shultz SJ. Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability. *Journal of Athletic Training*. 2005;40(1):41.
104. Al Abdulwahab SS, Kachanathu SJ. The Effect of Various Degrees of Foot Posture on Standing Balance in a Healthy Adult Population. *Somatosensory & Motor Research*. 2015;32(3):172-6.
105. Justine M, Ruzali D, Hazidin E, Said A, Bukry SA, Manaf H. Range of Motion, Muscle Length, and Balance Performance in Older Adults With

Normal, Pronated, and Supinated Feet. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(3):916-22.

- 106.van Melick N, Meddeler BM, Hoogbeem TJ, Nijhuis-van der Sanden MWG, van Cingel REH. How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PLoS One*. 2017;12(12):e0189876.
- 107.Saglam M, Arikan H, Savci S, Inal-Ince D, Bosnak-Guclu M, Karabulut E, Tokgozoglu L. International physical activity questionnaire: reliability and validity of the Turkish version. *Perceptual and motor skills*. 2010 Aug;111(1):278-84.
- 108.Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD. Measurement of the medial longitudinal arch. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1995 Jan 1;76(1):45-9.
- 109.Mueller MJ, Host JV, Norton, BJ. Navicular drop as a composite measure of excessive pronation. *Journal of the American Podiatric Medical Association*.1993;83(4):198-202.
- 110.Cornwall MW, McPoil TG, Lebec M, Vicenzino B, Wilson J: Reliability of the modified Foot Posture Index. *J Am Podiatr Med Assoc* 2008;98:7–13.
- 111.Kulunkoglu BA, Celik D. Reliability and Validity of the Turkish Version of Foot and Ankle Ability Measure for Patients With Chronic Ankle Disability. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2019 Jan 1;58(1):38-41.
- 112.Citaker S, Kafa N, Kanik ZH, Ugurlu M, Kafa B, Tuna Z. Translation, cross-cultural adaptation and validation of the Turkish version of the Lower Extremity Functional Scale on patients with knee injuries. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2016 Mar 1;136(3):389-95
- 113.Instrument L. Lafayette Manual Muscle Test System User, Instructions. Lafayette, IN: Lafayette Instrument Company. 2012.
- 114.Goldmann JP, Brüggemann GP. The potential of human toe flexor muscles to produce force. *Journal of Anatomy*. 2012 Aug;221(2):187-94.
- 115.Arnold BL, Schmitz RJ. Examination of balance measures produced by the Biodex Stability System. *Journal of athletic training*. 1998 Oct;33(4):323.
- 116.Systems, B. M. Balance system operations and service manual. Shirley, 1999, New York: Shirley, 1-67.
- 117.Ageberg E, Zätterström R, Moritz U. Stabilometry and one-leg hop test have high test-retest reliability. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 1998 Aug;8(4):198-202.
- 118.Ergun N. Baltacı G. Spor Yaralanmalarında Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Prensipleri. Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Yayınları: 20 Ankara.
- 119.Hayran, M, Hayran, M. Sağlık Araştırmaları için Temel İstatistik. Hayran Yayıncılık. 2011. Ankara.

120. Riddiford-Harland DL, Steele JR, Storlien LH. Does obesity influence foot structure in prepubescent children?. *International journal of obesity*. 2000 May;24(5):541-4.
121. Butterworth PA, Landorf KB, Smith SE, Menz HB. The association between body mass index and musculoskeletal foot disorders: a systematic review. *Obesity reviews*. 2012 Jul;13(7):630-42.
122. Brody DM. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *The orthopedic clinics of north America*. 1982 Jul;13(3):541-58.
123. Beckett ME, Massie DL, Bowers KD, Stoll DA. Incidence of hyperpronation in the ACL injured knee: a clinical perspective. *Journal of athletic training*. 1992;27(1):58.
124. Tsai LC, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2006 Dec;36(12):942-53.
125. Zhao X, Tsujimoto T, Kim B, Katayama Y, Tanaka K. Association of foot structure with the strength of muscles that move the ankle and physical performance. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2018 Nov 1;57(6):1143-7.
126. Huerta JP, Garcia JM, Matamoros EC, Matamoros JC, Martínez TD. Relationship of body mass index, ankle dorsiflexion, and foot pronation on plantar fascia thickness in healthy, asymptomatic subjects. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2008 Sep;98(5):379-85.
127. Cug M, Wikstrom EA, Golshaei B, Kirazci S. The effects of sex, limb dominance, and soccer participation on knee proprioception and dynamic postural control. *Journal of sport rehabilitation*. 2016 Feb 1;25(1):31-9.
128. Çınar-Medeni Ö, Atalay Guzel N, Basar S. Mild hallux valgus angle affects single-limb postural stability in asymptomatic subjects. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2016 Jan 1;29(1):117-21.
129. Yamauchi J, Koyama K. Toe flexor strength is not related to postural stability during static upright standing in healthy young individuals. *Gait & posture*. 2019 Sep 1;73:323-7.
130. Ferreira LA, Pereira WM, Rossi LP, Kerpers II, de Paula Jr AR, Oliveira CS. Analysis of electromyographic activity of ankle muscles on stable and unstable surfaces with eyes open and closed. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2011 Oct 1;15(4):496-501.
131. Maredia SI, Sawant S, Kumar S. Influence of leg dominance over foot pressure and postural sway in middle age population: an observational study. *International Journal of Research in Medical Sciences*. 2015 Jun;3(6):1358.
132. Yamauchi J, Koyama K. Force-generating capacity of the toe flexor muscles and dynamic function of the foot arch in upright standing. *Journal of anatomy*. 2019 Apr;234(4):515-22.
133. Erdemir A, Hamel AJ, Fauth AR, Piazza SJ, Sharkey NA. Dynamic loading of the plantar aponeurosis in walking. *JBJS*. 2004 Mar 1;86(3):546-52.

134. Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *Journal of pediatric orthopaedics*. 2001 May 1;21(3):378-82.
135. Zifchock RA, Davis I, Hillstrom H, Song J. The effect of gender, age, and lateral dominance on arch height and arch stiffness. *Foot & Ankle International*. 2006 May;27(5):367-72.
136. Otsuka M, Yamauchi J, Kurihara T, Morita N, Isaka T. Toe flexor strength and lower-limb physical performance in adolescent. *Gazzetta medica italiana*. 2015;174(7-8):307-13.