

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

**İZOLE GASTROCNEMIUS KAS KISALIĞININ ALT EKSTREMİTE  
BİYOMEKANİSİ, FONKSİYON VE PLANTAR BASINÇ DAĞILIMI  
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Uzm. Fzt. Mustafa KUBİLAY**

**Protez-Ortez ve Biyomekani Programı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA**

**2020**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, tezimin oluşturulması ve ilerletilmesi, tez sonucunda elde ettiğim bulguların istatistiksel analizi ve yorumlanabilmesinde desteğini ve bilgilerini esirgemeyen tez danışmanım, sayın hocam Prof. Dr. Nilgün BEK'e,

Tezimin zorlu sürecinde desteklerinden dolayı Uzm. Fzt. Hikmet KOCAMAN'a, Uzm. Fzt. Mehmet Hanifi KAYA'a, Protez-Ortez Teknikeri Tahsin AÇIKGÖZ'e, Fzt. Can BERBEROĞLU'na ve tüm dostlarıma,

Hayatımın zorlu dönemlerinde desteklerini esirgemeyen sevgili ablalarım Şenay İLHAN'a ve Gülay BOZKURT'a,

Beni dünyaya getiren, bütün zorluklara rağmen yetişkinliğime ulaştıran, her zaman hayatımdaki en büyük değerim ve iyi bir insan olmak adına tek referansım olan rahmetli annem Emine KUBİLAY'a minnettarlığımı sunar, TEŞEKKÜR EDERİM.

## ÖZET

**Kubilay M. İzole Gastrocnemius Kas Kısıklığının Alt Ekstremitte Biyomekanisi, Fonksiyon ve Plantar Basınç Dağılımı Parametreleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Protez-Ortez ve Biyomekani Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2020.** Bu çalışma, izole gastrocnemius kas kısıklığı olan bireylerde, alt ekstremitte biyomekanisi, fonksiyon ve plantar basınç dağılımı parametrelerinde oluşabilecek değişiklikleri araştırmak amacıyla yapıldı. Çalışmaya Silfverskiöld yöntemi kullanılarak, izole gastrocnemius kas kısıklığı olan 21 (yaş ortalaması 22,80±3,74 yıl) ve olmayan sağlıklı 23 (yaş ortalaması 22,04±3,56 yıl) birey dahil edildi. Bireylerin demografik bilgileri alındı. Her iki gruptaki bireylerin, alt ekstremitte biyomekanik değerlendirmeleri için; ayak başparmak, subtalar, ayak bileği ve diz eklemlerinin hareket açıklığı açıl değerleri, diz eklemi valgite açısı ve Q açısı ölçümleri, diz fleksorleri ve kalça fleksorleri kas kısıklık ölçümleri universal gonyometre ile yapıldı. Ağırlıklı öne adım alma testi ile ayak bileği fonksiyonel dorsi fleksiyon ölçümleri yapıldı. Sakral inklınasyon açısı ölçümleri inklınometre kullanılarak, lumbal bölge ekstansor kas kısıklık ölçümleri ise Modifiye Schober Testi ile yapıldı. Statik ve dinamik plantar basınç ölçümleri pedobarografi cihazı kullanılarak yapıldı. Bireylerin ayak posturlarının değerlendirilmesinde Ayak Postur İndeksi (API), ayağa ilişkin fiziksel ve fonksiyonel durumlarının değerlendirilmesinde Amerikan Ortopedik Cerrahları Derneği Ayak bileği ve Arka Ayak Skalası (AOFAS), fiziksel aktivite alışkanlıklarının değerlendirilmesinde Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (IPAQ), alt ekstremitte fonksiyonellik düzeylerinin değerlendirilmesinde Alt Ekstremitte Fonksiyonellik Skalası (AEFS) kullanıldı. Çalışmanın sonunda kısıklık olmayan bireylerle karşılaştırıldığında izole gastrocnemius kas kısıklığı bulunan bireylerde, ayak bileği aktif ve pasif dorsi fleksiyonu hareketinin limitli olduğu ( $p<0,05$ ) subtalar eklem aktif ve pasif inversiyon hareketinin limitli olduğu ( $p<0,05$ ), diz eklemi fleksiyon hareketinin limitli olduğu ( $p<0,05$ ), diz ve kalça fleksor kaslarının kısıklığı ( $p<0,05$ ), ağırlıklı öne adım testine göre ayak bileği dorsi fleksiyonu hareketinin limitli olduğu bulundu ( $p<0,05$ ). İzole gastrocnemius kas kısıklığı bulunan bireylerin kısıklık olmayan bireylere göre API sonuçlarında ayaklarının pronasyon posturu gösterdiği ( $p<0,05$ ), AOFAS sonuçlarında ise, fiziksel ve fonksiyonel durumları skorlarının düşük olduğu bulundu ( $p<0,05$ ). Statik pedobarografik analizler sonucunda, statik ayak tabanı basınç değerleri ön ayakta basıncın arttığı, arka ayakta basıncın azaldığı bulundu ( $p<0,05$ ). Dinamik pedobarografik analizler sonucunda, yürüyüşte arka ayak medialine binen yüklenmenin arttığı ( $p<0,05$ ), basınç alanlarının ön ayakta artış gösterdiği bulundu ( $p<0,05$ ). Sonuçlara göre izole gastrocnemius kas kısıklığı alt ekstremitte biyomekaniksel ve fonksiyonel değişimlere yol açmakta, ayakta duruşta ve yürüyüşte plantar basınç alanlarını ve ayağın yere yüklenme biçimini değiştirmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Gastrocnemius, kas kısıklığı, fonksiyonellik, biyomekani, pedobarografi

## ABSTRACT

**Kubilay M. Investigation of the Effects of Isolated Gastrocnemius Muscle Shortness on Lower Extremity Biomechanics, Function and Plantar Pressure Distribution Parameters, Hacettepe University, Graduate School of Health Sciences Prosthetics-Orthotics and Biomechanics Program, Master Thesis, Ankara, 2020.** This study was carried out to investigate the changes in lower extremity biomechanics, function and plantar pressure distribution parameters in individuals with isolated gastrocnemius muscle shortness. Using the Silfverskiold method, 21 individuals (mean age  $22.80 \pm 3.74$  years) with isolated gastrocnemius muscle shortening and 23 healthy individuals (mean age  $22.04 \pm 3.56$  years) without shortening were included in the study. Demographic data of individuals was received. For the lower extremity biomechanical evaluations of individuals in both groups; angular values of foot thumb, subtalar, ankle and knee joint range of motion, knee joint valgite angle and Q angle measurements, knee flexors and hip flexors muscle shortness were measured with an universal goniometer. The ankle functional dorsi flexion measurements were performed with the weight-bearing lunge test. Sacral inclination angle measurements were performed using the inclinometer, and lumbar extensor muscular shortness measurements were performed with the Modified Schober Test. The static and dynamic plantar pressure distribution measurements were performed using a pedobarography device. Foot Posture Index (API) was used in the evaluation of the foot postures of individuals, American Orthopedic Surgeons Association Ankle and Back Foot Scale (AOFAS) was used in the evaluation of the physical and functional conditions of the foot, International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) was used in the evaluation of physical activity habits; Lower Extremity Functionality Scale (LEFS) was used in the evaluation of the lower extremity functionality levels. At the end of the study, it was found in individuals with isolated gastrocnemius muscle shortening compared to non-shortened individuals, the active and passive dorsiflexion movement of the ankle was limited ( $p < 0.05$ ), subtalar joint active and passive inversion movement was limited ( $p < 0.05$ ), knee joint flexion movement was limited ( $p < 0.05$ ), knee and hip flexor muscles were shortened ( $p < 0.05$ ), according to the weight-bearing lunge test, the ankle dorsiflexion was limited ( $p < 0.05$ ). As a result of static pedobarographic analysis, it was found that the pressure in the forefoot increased and the pressure in the rearfoot decreased in static plantar pressure values ( $p < 0.05$ ). As a result of dynamic pedobarographic analysis, it was found that the load on the rearfoot medial increased ( $p < 0.05$ ), and the pressure areas increased in the forefoot ( $p < 0.05$ ). According to the results of FPI, individuals with isolated gastrocnemius muscle shortness were found to have a pronation posture in their feet ( $p < 0.05$ ), and according to AOFAS results, their physical and functional status scores were low ( $p < 0.05$ ). According to the results, isolated gastrocnemius muscle shortness leads to biomechanical and functional changes in the lower extremity, and changes the plantar pressure areas and the loading form of the foot on the ground. during standing and walking.

**Keywords:** Gastrocnemius, muscle shortness, functionality, biomechanics, pedobarography

## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	3
2.1. Esneklik	3
2.2. Kas Esnekliği	3
2.3. Gastrocnemius-Soleus Kas Kompleksi (GSKK)	4
2.3.1. Gastrocnemius Kası (GK)	5
2.3.2. Soleus Kası	5
2.3.3. Aşil Tendonu (AT)	6
2.4. Gastrocnemius- Soleus Kas Kompleksi Fonksiyonu	6
2.4.1. İzole Gastrocnemius Kas Kısısalığı	7
2.4.2. İzole Gastrocnemius Kas Kısısalığında Biyomekaniksel Değişiklikler	7
2.5. Plantar Basınç Dağılımı Analizi	8
2.5.1. Statik Pedobarografik Değerlendirmeler	9
2.5.2. Dinamik Pedobarografik Değerlendirmeler	9
2.5.3. İGKK'da Pedobarografik Analizin Kullanımı	10
<b>3. BİREYLER VE YÖNTEM</b>	15
3.1. Bireyler	15
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Demografik Veriler	17
3.2.2. İzole Gastrocnemius Kas Kısısalığına İlişkin Kısıalık Değerlendirmesi	18
3.2.3. Eklem Hareket Açıklıklarının Değerlendirilmesi	19

3.2.4. Ağırlıklı Öne Adım Alma Testi (AÖAAT) ile Ayak Bileği Dorsi Fleksiyon Hareketinin Açısal Ölçümü	21
3.2.5. Alt Ekstremitte Biyomekanik Değişkenlerinin Değerlendirilmesi	21
3.2.6. Ayak Posturu Değerlendirmesi	27
3.2.7. Ayağa İlişkin Fiziksel ve Fonksiyonel Durumlarının Değerlendirilmesi	27
3.2.8. Bireylerin Fiziksel Aktivite Alışkanlıklarının Değerlendirmesi	27
3.2.9. Alt Ekstremitte Fonksiyonellik Düzeyi Değerlendirmesi	29
3.2.10. Plantar Basınç Dağılımı Analizi	29
3.3. İstatistiksel Analiz	31
<b>4. BULGULAR</b>	32
<b>5. TARTIŞMA</b>	47
5.1. Ayak Bileği Hareketleri	50
5.2. Başparmak Dorsi Fleksiyonu Hareketi	51
5.3. Subtalar Eklem Hareketleri	52
5.4. Ağırlıklı Öne Adım Alma Testi (AÖAAT)	53
5.5. Diz Eklemine Ait Açısal Ölçümler	53
5.6. Kalça Fleksorleri Kısıklık, Diz Fleksorleri Kısıklık, Lumbal Ekstansor Kısıklık Değerleri ile Sakral İnklinasyon Açısı	54
5.7. APİ, AOFAS, IPAQ ile AEFS	55
5.8. Statik Plantar Basınç Analizi	58
5.9. Dinamik Plantar Basınç Analizi	59
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	62
<b>7. KAYNAKLAR</b>	64
<b>8. EKLER</b>	
EK 1. Etik Kurul Onayı	
EK 2. Araştırma Amaçlı Çalışma İçin Aydınlatılmış Onam Formu	
EK 3. Olgu Rapor Formu	
EK 4. Kullanılan Anketler ve Ölçekler	
EK 5. Turnitin Orijinallik Raporu Ekran Çıktısı	
EK 6. Turnitin Dijital Makbuz	
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>%</b>	Yüzde
<b>°</b>	Derece
<b>AEFS</b>	Alt Ekstremitte Fonksiyon Skalası
<b>AFİ</b>	Ayak Fonksiyon İndeksi
<b>AOFAS</b> Skalası	Amerikan Ortopedik Cerrahları Derneği Ayak bileği ve Arka Ayak Skalası
<b>AÖAAT</b>	Ağırlıklı Öne Adım Alma Testi
<b>API</b>	Ayak Postur İndeksi
<b>AT</b>	Aşıl Tendonu
<b>cm<sup>2</sup></b>	Santimetrekare
<b>dk</b>	Dakika
<b>GK</b>	Gastrocnemius Kası
<b>GSSK</b>	Gastrocnemius-Soleus Kas Kompleksi
<b>IPAQ</b>	Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi
<b>İGKK</b>	İzole Gastrocnemius Kas Kısaliğı
<b>k/m<sup>2</sup></b>	Kilogram/ Metrekare
<b>max</b>	Maksimum
<b>min</b>	Minimum
<b>ms</b>	Milisaniye
<b>N/cm<sup>2</sup></b>	Newton/ Santimetrekare
<b>N</b>	Birey Sayısı
<b>s</b>	Saniye
<b>Ss</b>	Standart sapma
<b>STE</b>	Subtalar Eklem
<b>X</b>	Ortalama

## ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Gastrocnemius-soleus kas bloğu [27].	4
2.2. Gastrocnemius kası ve soleus kası [30].	5
2.3. Aşil tendonu [31].	6
2.4. Pedobarografik analiz cihazı.	9
2.5. Statik plantar basınç yüzdelerini gösteren ölçüm ekran çıktısı.	11
2.6. Dinamik plantar basınç yüzdelerinin ön orta arka ayağa göre dağılımları, yürüyüşte ayağın yere göre yaptığı eksen açısı, STE hareketliği ve STE esnekliği değerlerini gösteren ekran çıktısı.	12
2.7. N/m <sup>2</sup> cinsinden ayak tabanının maksimal basınç ölçümlerini gösteren ekran çıktısı.	12
2.8. Yürüyüşte ayak bölgelerinin yer ile temas zamanlarını gösteren ekran çıktısı.	13
2.9. Dinamik plantar basınç dağılım yüzdelerini gösteren ekran çıktısı.	13
2.10. Ayağın 10 bölgesindeki maksimal basınç değerlerinin oluştuğu zamanları gösteren ekran çıktısı.	14
2.11. Dinamik pedobarografik analizler sonucunda ulaşılan sayısal verileri gösteren ekran görüntüsü.	14
3.1. Silferskiold yöntemi ile gastrocnemius kası kısalık değerlendirmesi.	18
3.2. Ayak bileği plantar ve dorsi fleksiyon hareketlerinin açısal ölçümü.	19
3.3. Başparmak Dorsi Fleksiyon Hareketinin Açısal Ölçümü.	20
3.4. Subtalar Eklem İnversiyon ve Eversiyon Açılı Ölçümü.	20
3.5. Ağırlıklı Öne Adım Alma Testi ile Ayak Bileği Dorsi Fleksiyonu Açısal Ölçümü.	21
3.6. Diz Eklemi Fleksiyonu Hareket Açıklığı Ölçümü.	23
3.7. Diz Eklemi Hiperekstansiyon Hareket Açıklığı Ölçümü	23
3.8. Kalça Fleksor Kasları Kısalık Değerlendirmesi.	24
3.9. Diz Fleksor Kasları Kısalık Değerlendirmesi.	25
3.10. Lumbal Ektansor Kasları Kısalık Değerlendirmesi.	26
3.11. Sakral İnklınasyon Açılı Ölçümü.	26
3.12. Plantar Basınç Dağılımı Analizi.	31



## TABLOLAR

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
4.1. Bireylerin demografik bilgileri.	32
4.2. Bireylerin İGKK'nın belirlenmesi için kullanılan Silfversiöld yönteminden elde edilen ölçüm değerleri karşılaştırılması.	33
4.3. Bireyleri ayak bileği dorsi ve plantar fleksiyonu hareketi açısal değerlerinin karşılaştırılması.	34
4.4. Bireylerin sağ ve sol ayak başparmaklarının dorsi fleksiyonu hareketi açısal değerlerinin karşılaştırılması.	35
4.5. Subtalar eklem inversiyon ve eversiyon hareketi açısal değerlerinin karşılaştırılması.	36
4.6. Ağırlıklı öne adım alma testi değerlerinin karşılaştırılması.	37
4.7. Diz eklemine ilişkin açısal değerlerin karşılaştırılması.	37
4.8. Kalça fleksorleri kısalık, diz fleksorleri kısalık, lumbal ekstansor kısalık değerleri ve sakral inklinasyon açısı değerleri karşılaştırılması.	38
4.9. Ayak posturu, ayak ve alt ekstremitte parametreleri ve günlük yaşam anketlerinin değerlerinin karşılaştırılması.	39
4.10. Statik ayak tabanı basınç dağılımı yüzdelerinin karşılaştırılması.	40
4.11. Dinamik ayak tabanı basınç dağılımı değerlerinin karşılaştırılması.	41
4.12. Dinamik ayak tabanı temas alanları yüzdelerinin karşılaştırılması.	42
4.13. Dinamik ayak tabanı maksimum basınç değerlerinin karşılaştırılması.	43
4.14. Dinamik ayak tabanı maksimum basınç zamanlarının karşılaştırılması.	44
4.15. Dinamik ayak tabanı maksimum basınç yüklenme oranlarının karşılaştırılması.	45
4.16. Dinamik ayak tabanı basınç impuls değerleri karşılaştırılması.	46

## 1. GİRİŞ

Kas kısalığı yaygın bir kas fonksiyon bozukluğudur. Kas kısalığı olan bireyler kas-iskelet sistemi yaralanmalarına yatkındır [1-5]. Kas iskelet yaralanmalarına aşırı kullanım, kötü postur, esnekliğin azalması ve spastisitenin sebep olabileceği düşünülmektedir [1, 3, 4, 6, 7]. Kas kısalığı gastrocnemius kasında mevcut olduğunda, esneklikte azalma, ayak bileği dorsi fleksiyonu ve diz ekstansiyonunda eklem hareket açıklığını azaltabilir [1-5]. Sınırlı ayak bileği dorsi fleksiyonu, kas zedelenmelerini içeren plantar fasiit, Aşil tendinopatisi, stres kırıkları iliotalibial bant sürtünme sendromu ve patellofemoral sendrom gibi alt ekstremite yaralanmaları için predispozan bir faktör olarak kabul edilmiştir [4]. Gastrocnemius kasında (GK) oluşabilecek bir esneklik kaybı gastrocnemius-soleus kas kompleksi (GSKK) kontraktürüne önemli katkıda bulunur, çünkü GK diz, ayak bileği ve subtalar eklemlerini kat etmektedir [8]. Hastalarda GSKK'nın kaslarının kombine kısalığı farklı klinik etkilere sahip olduğu ve tedavinin doğruluğuna etki edeceğinden, kısalığın izole gastrocnemius kas kısalığı (İGKK) mı kombine GSKK kısalığı mı olduğunun ayrımını yapmak önemlidir. GSKK'yı oluşturan GK'nın medial başı medial femur kondilinden orijin alır, lateral başı lateral femur kondilinden orijin alır ve soleus kası ise proksimal tibia, fibula ve interosseöz membrandan orijin alarak distalde Aşil tendonunu (AT) oluşturur. AT uzunluğu 4-8 cm arasındadır ve saat yönünün tersine bükülerek kalkaneal tuberküle yapışır [9]. Bu bükülme hareketi Tip 1 (az), Tip 2 (orta) ve Tip 3 (çok) olarak kategorize edilmiştir. AT liflerindeki bükülme, orijin aldığı kasın kalkaneus ile ilişkisinde etkilidir. Lokalizasyonları küçük alanlarda değişse de her üç bükülme tipinde soleus kasının lifleri medial kalkaneal tuberküle, GK'nın lifleri ise lateral kalkaneal tuberküle yapışırlar [10]. Hem GSKK'nın hem de AT'nin bu anatomik yapısı üç ana eklemden hareket oluşturur. Bunlar; diz ekleminde fleksiyon, ayak bileğinde plantar fleksiyon ve subtalar eklemden (STE) pronasyon/ supinasyondur. Bu yüzden muskulotendinoz yapılardan kaynaklı olarak ayak bileği ekleminde veya STE'de oluşan biyomekaniksel değişiklikler birbiri ile ilişkilidir [8]. Muskulotendinoz yapıdaki değişikliklerden olan İGKK ve AT'nin kısalığı, ayak bileği ekleminde plantar fleksiyona, STE'de ise pronasyona neden olur. Bu kısalık kasın gövde bölümünde tendon bölümüne göre daha fazla meydana gelir [11]. Plantar fleksiyona gidişin

kısalık ile ilişkisi iki şekilde değerlendirilir; GSKK kısalığı ve GK kısalığı. Tek başına soleus kasının kısalığının görülmediği çalışmalarda bildirilmiştir [8-12]. İGKK'nın, arka ayak pronasyonu başta olmak üzere, ayağın posturu, fonksiyonel parametreler ve yürüyüş dinamikleri üzerine etkilerinin raporlandığı görülmektedir [8, 11, 13, 14]. GK kısalığının etkileri özellikle nörolojik hastalar üzerinde literatürde birçok çalışmada yer almıştır. Ayak ve ayak bileği sağlığını tehdit eden GK kısalığının, normal popülasyon üzerinde araştırmaları literatürde limitlidir [11]. Literatürde belirtildiği gibi GK kısalığı alt ekstremitte biyomekanisinde, fonksiyonunda ve plantar basınç dağılımlarında değişimlere neden olmaktadır [11, 15-19]. Bu nedenle çalışmamızda normal popülasyondaki İGKK üzerinden araştırma yapılması kurgulanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, İGKK olan sağlıklı bireylerin, klinik ve fonksiyonel olarak saptanabilen alt ekstremitte biyomekanik değişkenleri, fonksiyon ve plantar basınç dağılımı parametrelerinin ortaya konabilmesi ve kısalık olmayan bireylerle karşılaştırılmasıdır.

Bu çalışma için ön görülen hipotezler şu şekilde tanımlanmıştır;

H0: İGKK olan ve olmayan bireylerin, alt ekstremitte biyomekanik değişkenleri, fonksiyon ve plantar basınç dağılımı parametreleri arasında fark yoktur.

H1: İGKK olan ve olmayan bireylerin, alt ekstremitte biyomekanik değişkenleri arasında fark vardır.

H2: İGKK olan ve olmayan bireylerin, fonksiyonel parametreleri arasında fark vardır.

H3: İGKK olan ve olmayan bireylerin, plantar basınç dağılımı parametreleri arasında fark vardır.

Bu çalışmanın sonucu olarak, İGKK olan bireylerin karşılaşılabilecekleri olası semptom ve limitasyonlara yönelik önleyici ya da tedavi edici stratejilerin belirlenmesi ve geliştirebilmesine ışık tutması beklenmektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Esneklik

Tanım olarak esneklik, cansız ve canlı varlıkların hepsi için bükülebilme ve uzayabilme özelliği olarak belirtilir [20]. Esneklik sağlık bilimlerinin konusu olduğunda, eklemlerin normal hareket açıklığını ve bir veya birden fazla eklemden geçen kasların uzayabilme becerisini belirtir. Esneyebilme özelliği vücut için genel bir kavramdan ziyade her bir eklem için ayrı ayrı değerlendirilir [20, 21]. Bir eklem hareketlerine katılan kontraktıl olan ve kontraktıl olmayan yapılar, eklem esnekliğinin sınırlarını belirler [21].

### 2.2. Kas Esnekliği

Kontraktıl yapı olarak eklem hareket sınırlarının genişliğinin belirleyicilerinden olan iskelet kasları, esneklik konusunda değerlendirme yapılması gereken önemli parametrelerdendir [20]. Çünkü iskelet kasları diğer yumuşak dokulara karşı esnekliğin sınırlarının belirlenmesinde %41 oranında daha etkilidir [22].

Kasların özelliklerinden olan elastisite, kasın gerilme kuvvetine karşı uzayabilmesini ve kuvvet ortadan kalktığında ise istirahat boyuna geri dönmesini sağlar. Kas esnekliği kasın boyu ve kasa uygulanan yükü doğru orantılı, kasın kesit alanı ile ters orantılıdır. Kaslar belirli sınırlar içinde esneme özelliği göstererek, normal sınırlar içinde kendi uzunluğunun 1,6 katı kadar esneyebilir. Germe kuvveti kasın esneyebilme sınırını geçerse kasta kopmalar olacaktır [23].

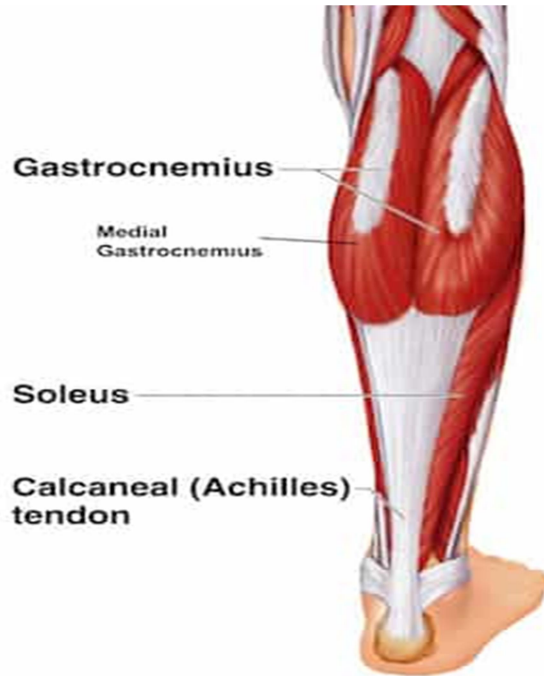
Kas esnekliğini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan başlıca olanları; kalıtsal farklılıklar, kasların resiprokal koordinasyonu, kasın viskozitesi, konnektif dokuların elastikiyeti, kasların ve eklemlerin ısısı, cinsiyet ve yaş gibi parametrelerdir. Bu faktörlerin bir ya da bir kaçında ki olumsuz yönde değişiklikler, kasın boyunun kısılmasına ve dolayısıyla kasın esnekliğinde azalmaya neden olacaktır [20, 21].

Kas kısalığın en çok görüldüğü kaslar, posterior zincir olarak adlandırılan, ayakta dik duruş pozisyonunun devamlılığını sağlayan ve yerçekimine karşı aktif direnç

gösteren kaslardır. Ayaktan başlayıp omurga boyunca devam eden bu zincir, vücudu arka yüzeyden destekleyerek fleksiyon yönünde gidişi engeller [24]. Bu kasların birinde oluşan bir kısalık, zincirin diğer kasları da etkileyecek ve vücut mekaniğinde değişikliklere neden olacaktır [24, 25]. Zinciri oluşturan ana kaslar ise erektor spina, gluteus maximus, hamstring kas kompleksi ve GSKK'dır.

### 2.3. Gastrocnemius-Soleus Kas Kompleksi (GSKK)

GSKK bacağın arka bölümünü oluşturan en önemli ve en büyük kas grubudur. Distal femurdan başlayan GK ile proksimal tibia ve fibuladan başlayan soleus kasının birleşmesiyle oluşan GSKK AT aracılığı ile topuğa bağlanır (Resim 2.1). GSKK, GK'nın diz ekleminde başlayıp, AT ile topuğa bağlanmasıyla dizde fleksiyon, ayak bileğinde plantar fleksiyon ve STE'de eversiyon, inversiyon hareketlerini ortaya çıkarır. Çoğu kasın tek ekleme hareket sağlaması göz önünde bulundurulduğunda, karmaşık anatomisi ve birçok ekleme yaptırdığı hareket sayesinde GSKK kendine özgü bir yapı oluşturur [26]. GSKK fonksiyonel özelliklerin bilinmesi, ayak ve ayak bileği başta olmak üzere alt ekstremitte biyomekaniksinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.



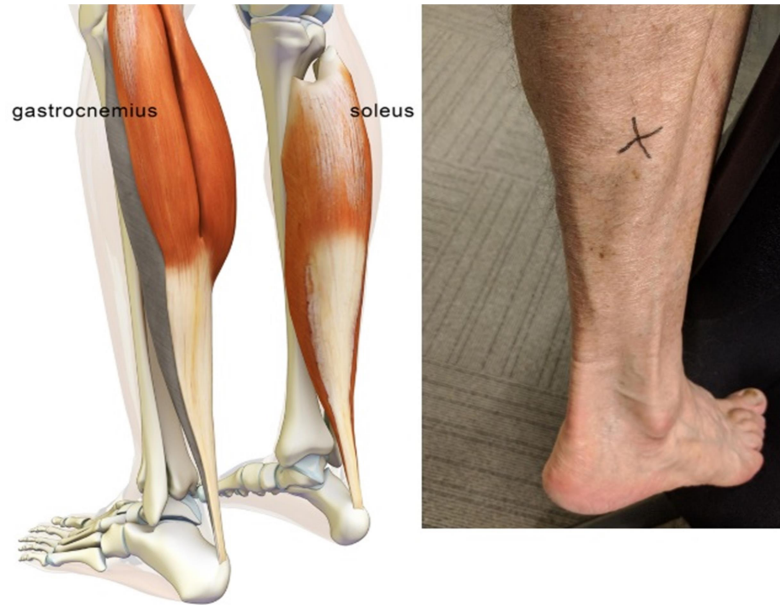
**Resim 2.1.** Gastrocnemius-soleus kas bloğu [27].

### 2.3.1. Gastrocnemius Kası (GK)

Bacağın arka bölümünde bulunan kasların en yüzeysel ve en geniş olanıdır [28]. Lateral baş ve medial baş olarak iki başı vardır. Medial baş medial femoral epikondilin, lateral baş lateral femoral epikondilin posteriorundan başlar. Medial baş lateral başa göre büyüktür. Bu iki baş popliteal fossadan distale doğru uzanırlar ve birleşerek innervasyonunu tibial sinirin yaptığı kas gövdesini oluştururlar. GK'nın gövdesi bacağın ortalarında geniş bir aponevroz oluşturur ve distale doğru soleus kasının tendonu ile birleşerek AT'yi oluştururlar [28, 29] (Resim 2.2).

### 2.3.2. Soleus Kası

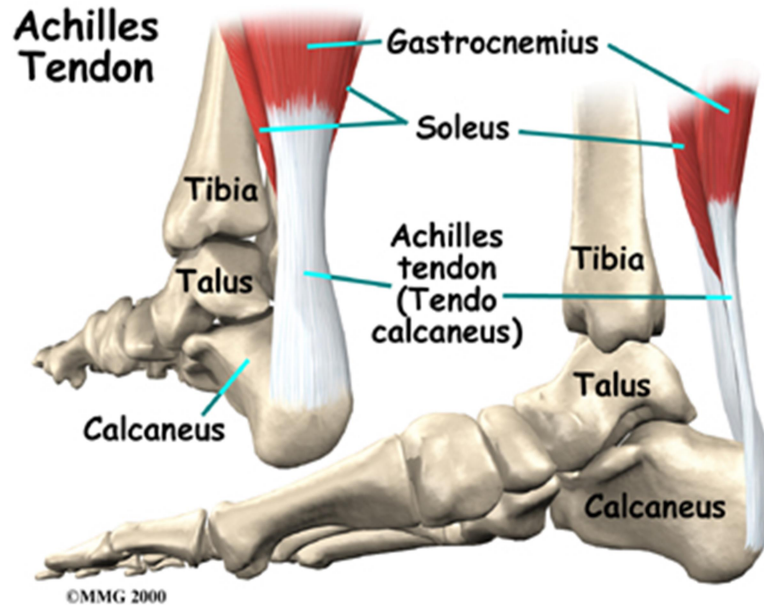
GK'nın iç kısmında kalan soleus kası, kas gövdesinin daha geniş olmasından dolayı GK'nın her iki yanından dışarı taşabilir ve özellikle parmak ucu ile ayakta duruş esnasında yanlardan palpe edilebilir. Fibula ve tibia proksimal başlarından başlayarak fibulanın üst gövdesinin 1/3ü ve tibianın posteriorunda bulunan linea musculi soleiden innervasyonunu tibial sinirin yaptığı kasın lifleri başlar. Soleusun kas lifleri arka yüzeyinde bulunan aponevrozda sonlanır. Bu aponevroz distale doğru daralarak uzanır ve GK tendonu ile birleşerek AT'yi meydana getirirler [28, 29] (Resim 2.2).



**Resim 2.2.** Gastrocnemius kası ve soleus kası [30].

### 2.3.3. Aşil Tendonu (AT)

Vücutta en kalın ve en güçlü tendon olan AT, GSKK tendonlarının distalde birleşerek oluşturduğu yapıdır. AT uzunluğu 4-8 cm arasında değişir ve saat yönünün tersine bükülerek kalkaneal tuberküle yapışır [9]. Bu bükülme hareketi Tip 1 (az), Tip 2 (orta) ve Tip 3 (çok) olarak kategorize edilmiştir. Tendonun liflerindeki bükülme, orijin aldığı kasın kalkaneus ile ilişkisinde etkilidir. Lokalizasyonları küçük alanlarda değişse de her üç bükülme tipinde soleus kası lifleri medial kalkaneal tuberküle, GK lifleri lateral kalkaneal tuberküle yapışırlar [10]. Hem GSKK'nın hem de AT'nin bu anatomik yapısı dizde fleksiyon, ayak bileğinde plantar fleksiyon ve STE'de supinasyon/ pronasyon olmak üzere üç ana eklemden hareket oluşturur (Resim 2.3).



Resim 2.3. Aşil tendonu [31].

### 2.4. Gastrocnemius- Soleus Kas Kompleksi Fonksiyonu

GSKK ayak bileğinin en güçlü plantar fleksiyon yaptırıcı kas grubudur. GK'nın femur kondillerinden başlaması nedeni ile çift eklemleri kat eder ve diz eklemine fleksiyon ve ayak bileğine plantar fleksiyon yaptırır. Soleus kası ise diz eklemine proksimaline çıkmadığı için sadece ayak bileğine plantar fleksiyon yaptırır. Bu iki kasın ortak tendonu olan AT kalkaneusta sonlanmasına rağmen plantar aponevroz aracılığıyla ayak ucuna kadar kasın ortaya çıkardığı kuvvet ayak

ucuna kadar iletilebilir. Bundan dolayı STE'in eğik ekseninden kaynaklı ayağa supinasyon ve pronasyon yaptırabilmesi söz konusudur [28, 29]. Ayak bileği eklemi ve STE, sagittal ve frontal düzlemde yapılan hareketlerde birlikte çalışır. Bu yüzden kısılıklar gibi muskulotendinoz yapılardan kaynaklı olarak ayak bileği ekleminde veya STE'de oluşan biyomekaniksel değişiklikler her iki eklemi de birlikte etkiler [8].

#### **2.4.1. İzole Gastrocnemius Kas Kısılığı**

Muskulotendinoz yapıdaki değişikliklerden olan GSKK ve AT'nin kısılığı, ayak bileği ekleminde plantar fleksiyona, STE'de ise pronasyona neden olur. Bu kısılık kasın gövde bölümünde tendon bölümüne göre daha fazla meydana gelir [11]. Subotnick, GSKK kısılığını "ayağın en büyük semptom üreticisi" olarak tanımlamıştır [32]. Plantar fleksiyona gidişin kısılık ile ilişkisi iki şekilde değerlendirilir; GSKK kısılığı ve İGKK. Tek başına soleus kasının kısılığının görülmediği çalışmalarda bildirilmiştir[8]. İGKK'nın sebep olduğu alt ekstremitte ve ayak mimarisi patolojileri ve biyomekaniksel değişiklikler, kısalmış GK'nın uzatılmasıyla genel iyileşme gösterir [33].

#### **2.4.2. İzole Gastrocnemius Kas Kasılığında Biyomekaniksel Değişiklikler**

Ayak deformiteleri ile kliniklere başvuran bireylerde, İGKK'nın görülme oranı oldukça yüksektir ve yürüyüş esnasında alt ekstremitte ve ayakta kompensatuvar etkiler yaparak, pes planus, talar ekin, arka ayak pronasyonu gibi birçok biyomekaniksel değişikliklere yol açar [34]. Arka ayağın normal pronasyonu, topuk vuruşundan itibaren duruş fazında ayak-ayak bileği hareketinin doğal bir parçasıdır. Arka ayak pronasyonu artışının İGKK ile ilişkisi birçok çalışmada gösterilmiştir [35, 36]. Yaygın olarak pes planus gibi deformitelerle ilişkilidir ve medial longitudinal arkın yüksekliğini kaybetmesi eşlik edebilir. Ancak medial longitudinal arkın normal sınırlarda olduğu birçok durumda da gözlemlenebilmektedir. Arka ayak pronasyonu genel popülasyonda yaygın görülebilmekle birlikte, özellikle aktif yaşantı içinde olan bireylerde alt ekstremitte, pelvis ve lumbal bölgede sekonder patolojik durumlar ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir [13, 16]. Arka ayağın pronasyonunun etyolojisi ne olursa olsun talar plantar fleksiyon ile birlikte adaptif İGKK söz konusu olacaktır [8]. Arka ayak pronasyonunun ve İGKK'nın vücut ağırlığı ile bağlantısı



vardır. Vücut ağırlığı aşırı olarak tanımlanan ve vücut kütle indeksi  $25 \text{ kg/m}^2$ 'den büyük olan kişilerde arka ayak pronasyonun arttığı ve GK'nın uzayabilme kapasitesinin azaldığı görülmüştür [18]. Ayak bileği ekleminde plantar fleksiyon ve STE'de pronasyona neden olan İGKK, ağırlık taşıma esnasında yükün ayak tabanına yayılımının normal sınırlar içinde gerçekleşmesini de engeller [16]. Kadavralar üzerinde yapılan bir çalışmada İGKK'da ayak taban basıncının arka ayakta azaldığı, orta ve ön ayakta arttığı gösterilmiştir [17]. GK'nın medial başının kısılağı dorsi fleksiyon hareketinin kısıtlanmasında lateral başına ve soleus kasına göre daha fazla etkilidir [37]. GK medial başının gevşetme ameliyatından sonra 12 ay boyunca germe egzersizleri ile takip edilen kişilerin pedobarografi ile alınan statik taban basınçları tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında, taban basınçlarının anlamlı düzeyde normal basınç değerlerine yaklaştığı gösterilmiştir [19].

Literatür incelendiğinde, İGKK'nın, arka ayak pronasyonu başta olmak üzere, ayağın posturu, fonksiyonel parametreler ve yürüyüş dinamikleri üzerine etkilerinin raporlandığı görülmektedir [8, 11, 13, 14].

### **2.5. Plantar Basınç Dağılımı Analizi**

Pedobarografi, ayak tabanında dinamik olarak oluşan birçok alandaki basınç değişimlerini, farklı kategorilerde sayısal veri olarak sunan bir değerlendirme yöntemidir [38]. Yürüme sırasında ve ayakta duruşta, ayak tabanı, subtalar eklem ve ayak bileğinde oluşan dinamik değişimler pedobarografi ile ölçülerek, ayak ve ayak bileğinin yük taşıma, yük aktarma, yer ile gerekli temas alanı sağlama ve esneklik gibi birçok başlıkta elde edilen verilerle bilgi sahibi olunur [39]. Pedobarografik analiz cihazının hassas sensorleri, ayağa gelen yer reaksiyon kuvveti, ayağın yer ile temasındaki dinamik olarak oluşan basınç, alan değişimi ve zamanlama ölçümleri objektif veriler sunarak karşılaştırmalar ve değerlendirmeler yapılmasını sağlar [36]. Pedobarografik değerlendirmelerin statik ve dinamik olarak yapılması ayak ve ayak bileğinin yer ile ilişkisini anlamamıza imkan verir (Resim 2.4).



**Resim 2.4.** Pedobarografik analiz cihazı.

### 2.5.1. Statik Pedobarografik Değerlendirmeler

İnsanın ayakta duruş esnasındaki ayak ile yer ilişkisinde temas alanlarının verimliliği, ayağın anatomik yapısı ve yerin zemin yapısı ile artar veya azalır. Günümüzde çoğunlukla düz zeminlerde yürüyen insanın, ayak anatomisindeki değişiklikler önem arz etmektedir. Ayakta duruşta, ayağın yer ile temas alanlarının ön ve arka ayakta orantılı bir düzeyde olmalıdır. Statik pedobarografik değerlendirmede, ayağın düz olan sensörlü zeminde basınç alanlarının yüzdelik verileri elde edilir. Bu veriler, ayağın yer ile ilişkisindeki değişimleri göstererek, ayak sorunlarını anlamamızı sağlar.

### 2.5.2. Dinamik Pedobarografik Değerlendirmeler

Yürüme analizinin bir parçası olarak da görülen dinamik pedobarografik analiz yöntemi, yürümede ayağın yer ile temasındaki değişimlerinin objektif olarak değerlendirilmesini sağlar [40]. Plantar basınç değişimlerinin analizleri biyomekanik, ortopedik ve nörolojik sorunlar, ortez ve ayakkabı tasarımları gibi birçok alanda kullanılır [39, 41, 42]. Ayak ile yer arasında oluşan basınçlar ve zamansal geçişler, ayağın bölgelerinde farklı değerler oluştururlar. Pedobarografik analiz ile yürüyüşte ayağın yükü taşıma, plantar temas alanı, ayak bölgelerindeki maksimum basıncı, STE hareketliliği ve ayak fonksiyonelliği üzerine değerlendirmeler yapılabilir [39]. Ayak anatomisi ve biyomekanisinde değişimlerin sonucunda oluşabilecek plantar basınç dağılımı farklılıkları, ayak ile ilişkili olan veya oluşabilecek patolojik durumları anlamamızı sağlar.

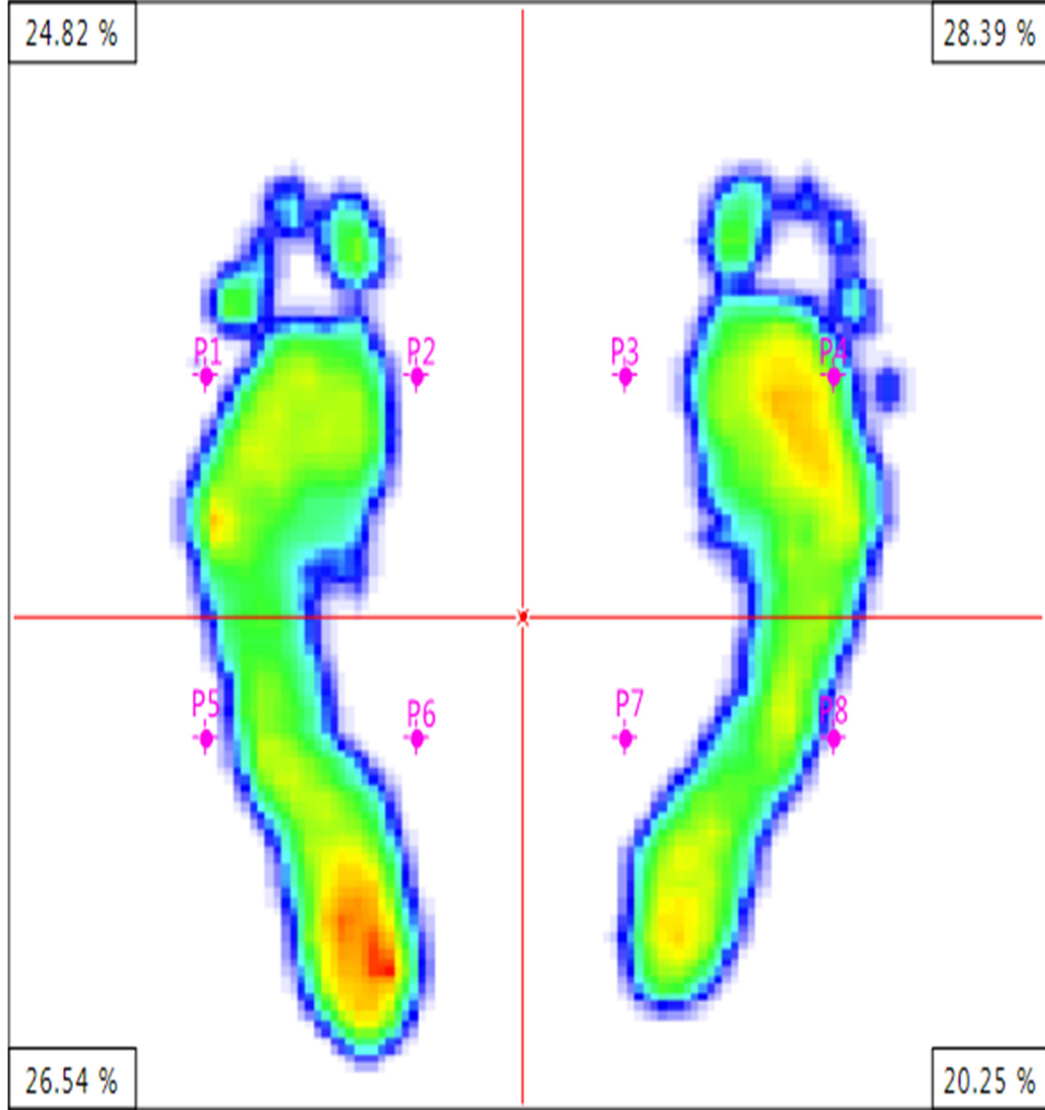
### 2.5.3. İGKK'da Pedobarografik Analizin Kullanımı

Ayak sorunları ile ilişkili durumların nedenlerinden olan kas kısalıkları, ayakta biyomekaniksel değişiklikler yaparak ayak sağlığını olumsuz etkiler [11]. Ayak bileği, STE ve diz eklemlerinin hareketlerine katılan GK'nın kısalması, bu eklemler ve ayak tabanı basınç dağılımı üzerinde olumsuz etkiler oluşturur [19]. İGKK kaynaklı eklemlerde oluşan biyomekaniksel değişimler, patolojik sorunların alt yapısını oluşturabilir [15]. İGKK etkilenimi sonucunda ayaktaki plantar basınç değişimleri literatürde raporlanmıştır [16-19]. İGKK'da arka ayak pronasyonun artışı ve plantar basınç değerlerinin değişip, ön ayağa ve ayak medialine daha fazla yüklenme olur [29-31]. GK'nın uzatıldığı durumlarda ise plantar basıncın normal değerlere döndüğü belirtilmiştir [19]. Literatür incelendiğinde İGKK'da pedobarografik analizin, tanı ve değerlendirme yöntemi olarak kullanıldığı görülür. Klinisyenler için objektif veriler sunmasıyla pedobarografik değerlendirmeler, ayak tabanı basıncı ve ayak sağlığı incelemelerinde geçerliliği yüksek olan bir yöntemdir.

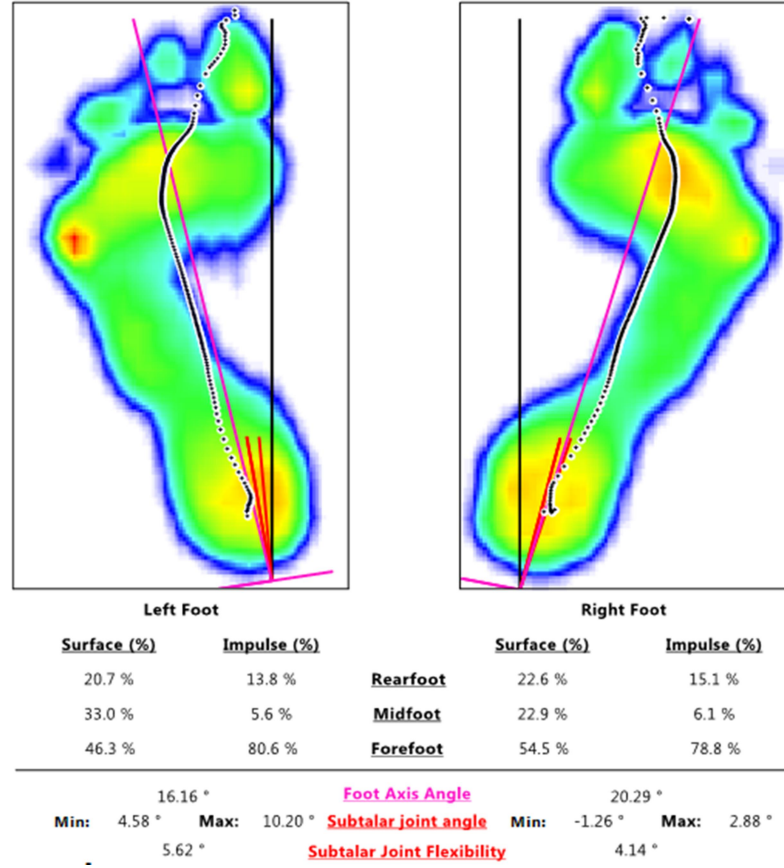
#### **Pedobarografik Analiz ile Elde Edilen Parametreler;**

- Statik plantar basıncın, ön ve arka ayak bölgelerine göre yüzdelerle dağılımlarını (Resim 2.5),
- Dinamik plantar basınç yüzdelerinin ön orta arka ayağa göre dağılımları, ayağın yere göre yaptığı eksen açısı, STE hareketliliği ve STE esnekliği değerleri (Resim2.6),
- N/cm<sup>2</sup> cinsinden ayak tabanının basınç ölçümleri (Resim 2.7),
- Yürüyüşte ayak bölgelerinin yer ile temas zamanları (Resim 2.8),
- Dinamik plantar basınç dağılım yüzdeleri (Resim 2.9),
- Ayağın 10 bölgesindeki (1. parmak, 2-5. parmaklar, 1-5. metatars başları, orta ayak, medial topuk ve lateral topuk) maksimum basınç değerlerinin oluştuğu zamanları (Resim 2.10),
- Ayrıca ayağın 10 bölgesinde oluşan yüklenme, basınç, temas alanı ve zaman verilerini içeren birçok alt başlıkta objektif sayısal değerler elde edilir (Resim 2.11).

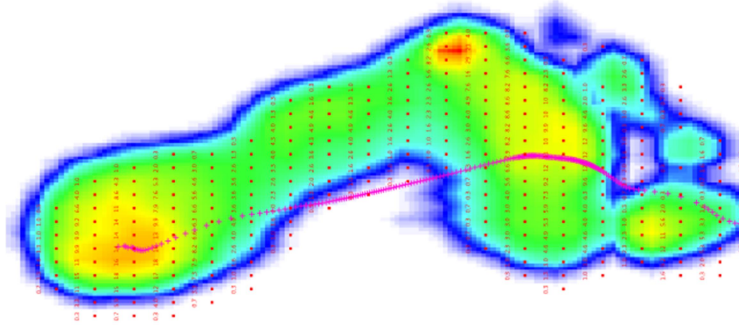
## Static printout



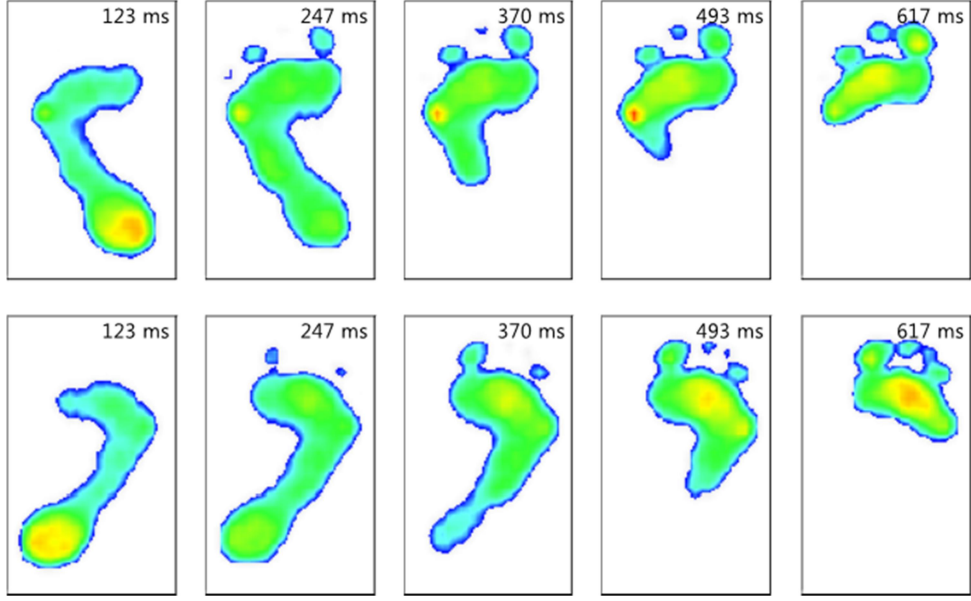
**Resim 2.5.** Statik plantar basınç yüzdelerini gösteren ölçüm ekran çıktısı.



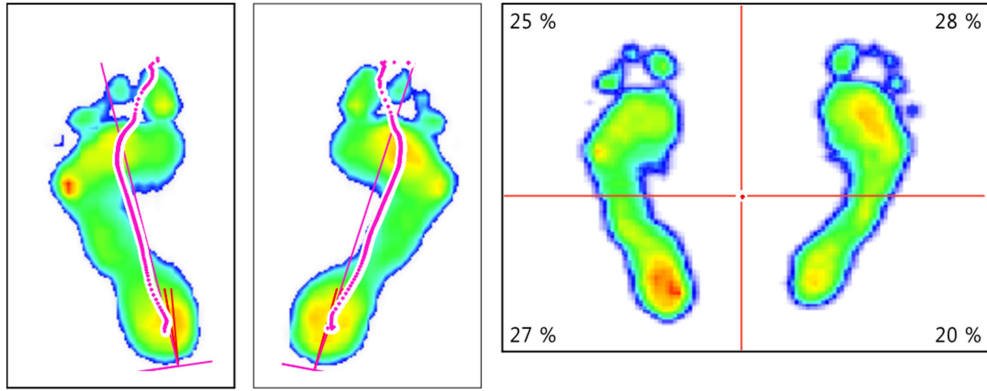
**Resim 2.6.** Dinamik plantar basınç yüzdelерinin ön orta arka ayağa göre dağılımları, yürüyüşte ayağın yere göre yaptığı eksen açısı, STE hareketliği ve STE esnekliği değerlerini gösteren ekran çıktısı.



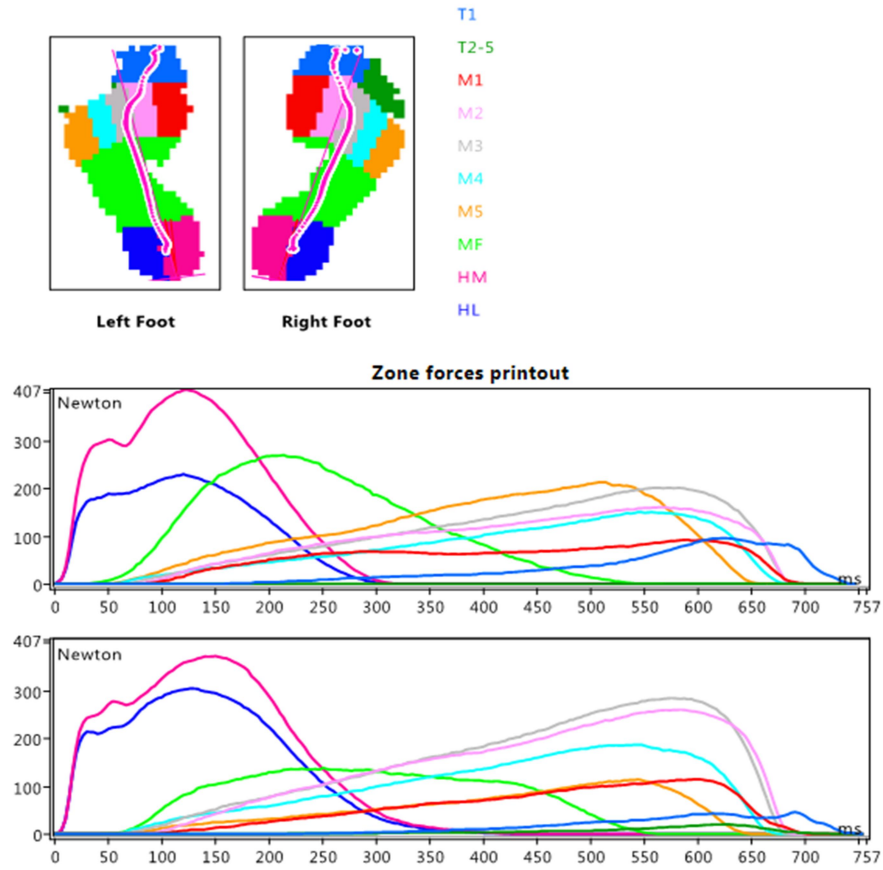
**Resim 2.7.** N/m<sup>2</sup> cinsinden ayak tabanının maksimal basınç ölçümlerini gösteren ekran çıktısı.



**Resim 2.8.** Yürüyüşte ayak bölgelerinin yer ile temas zamanlarını gösteren ekran çıktısı.



**Resim 2.9.** Dinamik plantar basınç dağılım yüzdelerini gösteren ekran çıktısı.



**Resim 2.10.** Ayağın 10 bölgesindeki maksimal basınç değerlerinin oluştuğu zamanları gösteren ekran çıktısı.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Start Time	End Time	% Contact	Max P	Time Max P	Load rate	Impulse	Contact area	Active Contact	Max peak sensor value in area		
2	Left	ms	ms	%	N/cm <sup>2</sup>	ms	N/cm <sup>2</sup> s	Ns/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>		
3	Toe 1	164.8	748.5	78	12.3	696.7	0.02	2.4	1.5	1.5	7		
4	Toe 2-5	128.2	712.6	78	5.5	673.3	0.02	2.2	1.5	1.5	7.9		
5	Meta 1	88.2	682.8	79	13.2	283.3	0.19	5.7	1.5	1.5	12.3		
6	Meta 2	78.2	695.2	82	26.4	556.7	0.12	11.2	1.5	1.5	18.5		
7	Meta 3	81.5	692.8	82	46.6	586.7	0.13	15.7	1.5	1.5	24.6		
8	Meta 4	68.2	691.8	83	40	563.3	0.12	14.3	1.5	1.5	21.1		
9	Meta 5	64.8	661.8	80	36.5	540	0.12	12.1	1.5	1.5	22		
10	Midfoot 1	84.8	408.5	43	7.9	226.7	0.11	1.3	1.5	1.5	7.9		
11	Heel 1	0	315.2	42	63.8	120	1.37	9.9	1.5	1.5	40.5		
12	Heel 2	0	305.2	41	33.4	103.3	2.01	6.1	1.5	1.5	15.8		
13	Right												
14	Toe 1	658.2	738.5	11	0.9	700	0.02	0	1.5	1.5	4.4		
15	Toe 2-5	141.5	705.2	74	5.7	626.7	0.01	1.2	1.5	1.5	7		
16	Meta 1	140.8	671.8	70	8.6	546.7	0.03	2.7	1.5	1.5	6.2		
17	Meta 2	114.1	691.8	76	35.6	606.7	0.1	10.8	1.5	1.5	15.8		
18	Meta 3	78.2	683	80	42.5	593.3	0.11	13.1	1.5	1.5	23.8		
19	Meta 4	68.2	671.8	80	27.7	583.3	0.07	8.4	1.5	1.5	14.1		
20	Meta 5	84.8	641.8	74	19.4	546.7	0.05	4.2	1.5	1.5	6.2		
21	Midfoot 1	94.8	501.8	54	2.9	293.3	0.02	0.7	1.5	1.5	1.8		
22	Heel 1	1.5	408.5	54	40.9	140	0.98	8	1.5	1.5	19.4		
23	Heel 2	4.1	355.2	46	30.4	126.7	0.77	5.6	1.5	1.5	23.8		

**Resim 2.11.** Dinamik pedobarografik analizler sonucunda ulaşılan sayısal verileri gösteren ekran görüntüsü.

### 3. BİREYLER VE YÖNTEM

#### 3.1. Bireyler

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Ortez ve Biyomekanik Ünitesine başvuran, alt ekstremitte patolojisi olmayan kişiler arasından dahil edilme kriterlerine uygun olan 44 birey ile gerçekleştirildi. Çalışmaya başlamadan önce Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan GO 19/207 kayıt numaralı ve 2019/08-16 karar sayılı izin alınmıştır. Çalışmaya katılan bütün bireylerden imzalı onam formu alınmıştır. Değerlendirmeye alınan 44 sağlıklı birey, İGKK olanlar (21 birey) ve olmayanlar (23 birey) olarak iki gruba ayrıldı.

#### **Dahil edilme kriterleri;**

##### **Çalışma Grubu;**

- Çalışma hakkında detaylı bilgi verildikten sonra çalışmaya katılmak için gönüllü olmak,
- 18-45 yaşları arasında olmak,
- Silfverskiold yöntemi ile her iki ayak bileği eklem açıklığı için universal gonyometre kullanılarak sırt üstü yatış pozisyonunda yapılan ölçümlerde, ayak bileği pasif dorsi fleksiyon hareket açıklığının 5-20° aralığında ölçülerek İGKK'nın mevcut olması [15].

##### **Kontrol Grubu;**

- Çalışma hakkında detaylı bilgi verildikten sonra çalışmaya katılmak için gönüllü olmak,
- 18-45 yaş aralığında olmak,
- Silfverskiold yöntemi ile her iki ayak bileği eklem açıklığı için universal gonyometre kullanılarak sırt üstü yatış pozisyonunda yapılan ölçümlerde, ayak bileği pasif dorsi fleksiyon hareket açıklığının 20-30° aralığında ölçülerek İGKK'nın mevcut olmaması [40].



### **Çalışmadan dışlanma kriterleri;**

- Herhangi bir konjenital ya da edinsel alt ekstremitte deformitesine sahip olmak,
- Ayak Fonksiyon İndeksi (AFİ) skoru 9'dan yüksek olmak.

AFİ ağrı (9 madde), yetersizlik (9 madde) ve aktivite kısıtlılığı (5 madde) başlıklarında 3 alt gruba (toplam 23 madde) ayrılmış, her grupta 0-10 arasında puanlama skalası bulunan bir ölçektir. AFİ skorlaması, işaretlenen maddelerdeki puanlar toplanıp, madde sayısına bölünüp, 100 ile çarpılarak yapılır. Elde edilen skor 0'dan 100'e doğru arttıkça ayak fonksiyonlarının kötüleştiğini ifade eder [43].

- Alt ekstremitte ameliyat öyküsüne sahip olmak
- Son bir yıl içinde ayak bileği- ayak travması yaşamış olmak,
- Sistemik bir hastalığı olmak,
- Yapılacak testlerin uygulanmasına engel bir durumu olmak,
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmamak.

### **3.2. Yöntem**

Çalışmamızda yapılan tüm değerlendirmelerde bireyler arasında herhangi bir sıra gözetilmeyip, karışık olarak yapıldı. Dahil edilme kriterlere uyan katılımcıların değerlendirmeleri, aynı gün içerisinde, toplamada 45-60 dk. zaman aralığında gerçekleştirildi. Değerlendirmeler çalışmamızdaki yöntem sıralaması ile yapılmış olup, değerlendirmeler arasında bekleme süresi olmadı. Tüm değerlendirme yöntemleri her katılımcıya aynı araştırmacı tarafından aşağıdaki sıralama ile yapıldı;

- İzole Gastrocnemius Kas Kısalığına İlişkin Kısalık Değerlendirmesi
- Ayak Bileği Plantar ve Dorsi Fleksiyon Hareketlerinin Açısal Ölçümü
- Başparmak Dorsi Fleksiyon Hareketinin Açısal Ölçümü
- Subtalar Eklem İnversiyon ve Eversiyon Açısı Ölçümü

• Ağırlıklı Öne Adım Alma Testi ile Ayak Bileği Dorsi Fleksiyon Hareketinin Açısal Ölçümü

- Valgite Açısı Ölçümü
- Q Açısının Ölçümü
- Diz Eklemi Fleksiyonu Hareket Açıklığı Ölçümü
- Diz Eklemi Hiperekstansiyon Hareket Açıklığı Ölçümü
- Kalça Fleksor Kasları Kısalık Değerlendirmesi
- Diz Fleksor Kasları Kas Kısalık Değerlendirmesi
- Lumbal Ektansor Kas Kısalık Değerlendirmesi
- Sakral İnklinasyon Açısı Ölçümü
- Ayak Posturu Değerlendirmesi
- Ayağa İlişkin Fiziksel ve Fonksiyonel Durumlarının Değerlendirilmesi
- Bireylerin Fiziksel Aktivite Alışkanlıklarının Değerlendirmesi
- Alt Ekstremitte Fonksiyonellik Düzeyi Değerlendirmesi
- Plantar Basınç Dağılımı Analizi

### **3.2.1. Demografik Veriler**

Tüm bireylerin yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, dominant alt ekstremitte gibi demografik verileri yüz yüze soru metoduyla sorgulanarak kaydedildi. Bireylerden kaydedilen antropometrik değerler, vücut kütle indekslerinin saptanmasında kullanılmak üzere  $\text{kg/m}^2$  cinsinden hesaplandı.

### 3.2.2. İzole Gastrocnemius Kas Kısalığına İlişkin Kısalık Değerlendirmesi

Kendall&McCreary normal eklem hareket açıları değerlendirmesine göre diz eklemi ekstansiyonda iken ayak bileği pasif dorsi fleksiyon açısı ortalama  $20^{\circ}$ , diz eklemi fleksiyona getirildiğinde GK'nın gevşemesi ile açı  $30^{\circ}$  yaklaşabilir. Yürüyüşün orta duruş fazında ayak bileği eklemının  $8-10^{\circ}$  dorsi fleksiyon hareketine izin verdiği görülür. İGKK'nın ayak bileğinde ekin olarak tanımlanması ve cerrahi endikasyonu için, diz ekstansiyonda;  $<5^{\circ}$ , diz  $90^{\circ}$  fleksiyonda;  $<10^{\circ}$  pasif dorsi fleksiyon açıların ölçülmesi gerekir [15]. Çalışmamızda, diz ekstansiyonda iken  $5-20^{\circ}$ , diz  $90^{\circ}$  fleksiyonda iken  $10-30^{\circ}$  ayak bileği pasif dorsi fleksiyon açısına sahip olan bireyler İGKK'ya sahip olarak nitelendirildi. Bireylerin GK'ya ilişkin kas kısalık değerlendirilmesi, Silfverskiold yöntemi ve universal gonyometre ile sırt üstü yatış pozisyonunda iken her iki ayak bileğine yapıldı. Diz eklemi tam ekstansiyon ve  $90^{\circ}$  fleksiyonda konumlandırılarak, STE nötral pozisyonda iken ayak bileği dorsi fleksiyonu pasif yaptırılarak, universal gonyometrenin sabit kolu fibula shaftı üzerinde, hareketli kolu beşinci metatars shaftı üzerinde konumlu olacak şekilde ölçüldü [15]. Oluşan açılar derece cinsinden kaydedilerek değerlendirildi (Resim 3.1).

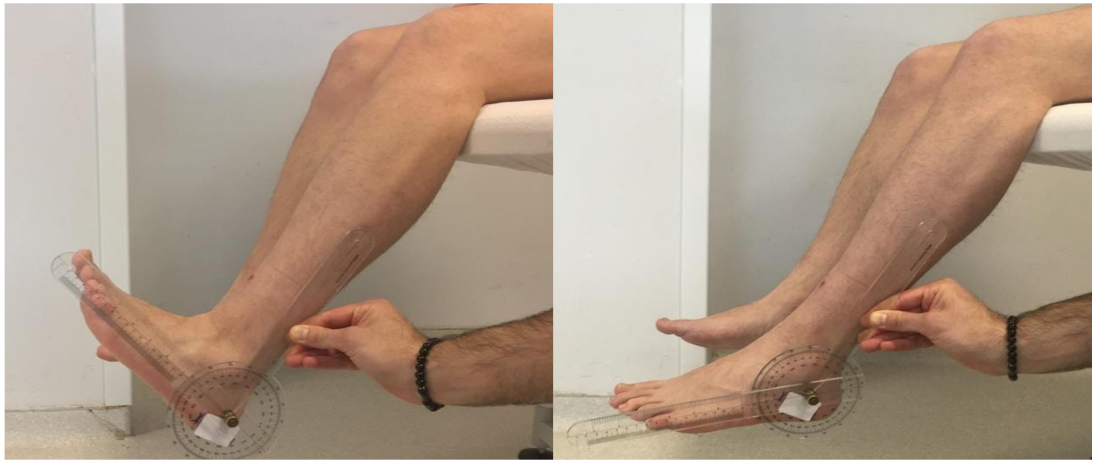


**Resim 3.1.** Silfverskiold yöntemi ile gastrocnemius kası kısalık değerlendirilmesi.

### 3.2.3. Eklem Hareket Açıklıklarının Değerlendirilmesi

#### 3.2.3.1. Ayak Bileği Plantar ve Dorsi Fleksiyon Hareketlerinin Açısal Ölçümü

Katılımcıların kısalık değerlendirmesine ek olarak kliniklerde ayak bileği eklem hareketleri değerlendirmesinde kullanılan yöntemle ayak bileği aktif ve pasif normal eklem hareketliği ölçüldü. Kısalık ölçümünden farklı olarak, İGKK'nın ayak bileği üzerinde etkisinin aktif ve pasif hareketlilik yönünden değerlendirilmesi, biyomekaniksel değişimleri anlamamıza olanak vermektedir. Bireylerin her iki ayak bileği plantar ve dorsi fleksiyon hareketlerinin açısal değerleri oturma pozisyonunda iken dizlerin gevşek olduğu pozisyonda elde edildi. Ayak bileğinin nötral olduğu 0° başlangıç olarak kabul edildi. Universal gonyometre merkezi lateral malleol üzerine yerleştirildi. Gonyometrenin proksimal kolu fibula başını takip edecek, distal kolu ise beşinci metatarsa paralel seyredecek şekilde kişilere aktif ve pasif olarak yapabilecekleri son noktaya kadar plantar ve dorsi fleksiyona götürmeleri istenerek/ götürülerek ölçüm yapıldı. Elde edilen veriler derece cinsinden kaydedildi (Resim 3.2).



**Resim 3.2.** Ayak bileği plantar ve dorsi fleksiyon hareketlerinin açısal ölçümü.

#### 3.2.3.2. Başparmak Dorsi Fleksiyon Hareketinin Açısal Ölçümü

Bireylerin başparmak dorsi fleksiyon açısal değerleri sırt üstü yatma pozisyonunda elde edildi. Ayak bileği nötralde iken gonyometre merkezi 1. metatars başının medialdeki izdüşümü üzerine yerleştirildi. Universal gonyometrenin sabit

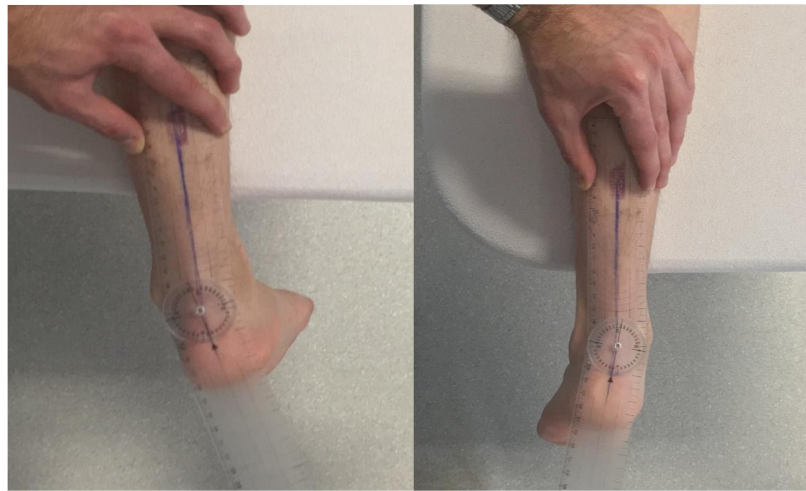
kolu 1. metatarsa paralel, hareketli kolu ise başparmağa paralel seyredecek şekilde bireylerin başparmak dorsi fleksiyon açıları aktif ve pasif olarak ölçüldü. Elde edilen veriler derece cinsinden kaydedildi (Resim 3.3).



**Resim 3.3.** Başparmak Dorsi Fleksiyon Hareketinin Açısal Ölçümü.

### 3.2.3.3. Subtalar Eklem İnversiyon ve Eversiyon Açı Ölçümü

Bireylerde STE’de oluşan inversiyon ve eversiyon hareketlerinin açıları pasif ve aktif olarak, ayaklar yatak dışında kalacak şekilde yüz üstü yatış pozisyonunda gerçekleştirildi. Kişilere AT hizasından kalkaneal tuberkül ve bacağın orta hattına denk gelecek bir referans çizgisi çizildi. Gonyometrenin sabit kolu bu çizgi üzerinde, merkezi kalkaneusun hemen üstünde, hareketli kolu kalkaneal tuberkülün ortasında iken kişilere aktif ve pasif eklem hareketi ile inversiyon ve eversiyon yaptırıldı [44]. Elde edilen açılar derece cinsinden kaydedildi (Resim 3.4).



**Resim 3.4.** Subtalar Eklem İnversiyon ve Eversiyon Açı Ölçümü.

### 3.2.4. Ağırlıklı Öne Adım Alma Testi (AÖAAT) ile Ayak Bileği Dorsi Fleksiyon Hareketinin Açısal Ölçümü

Bireylerin ağırlıklı AÖAAT sırasında ayak bileği dorsi fleksiyon ölçümleri, bir duvar karşısında eller duvarla temas halinde, ölçüm yapılacak ayak önde, diğer ayak daha geride konumlandırılarak öne doğru ağırlıkları verilmesi istenerek yapılmıştır. Önde olan bacak üzerine yük verilerek diz ikinci ayak parmağı hizasında duvara doğru bükülerek ve topuk yerden kalkmayacak şekilde ayak bileğinde oluşan en fazla dorsi fleksiyon açısı universal gonyometre ile ölçüldü [45]. Elde edilen değerler derece cinsinden kaydedildi (Resim 3.5).



**Resim 3.5.** Ağırlıklı Öne Adım Alma Testi ile Ayak Bileği Dorsi Fleksiyonu Açısal Ölçümü.

### 3.2.5. Alt Ekstremitte Biyomekanik Değişkenlerinin Değerlendirilmesi

Bireylerin arka ayak postural değişikliklerinin ve kas kısalıklarının proksimal segmentler üzerine biyomekanik etkilerinin saptanabilmesi amacıyla, ayakta statik pozisyonda, her iki alt ekstremiteye eşit ağırlık verilmiş pozisyonda iken, diz ekleminin frontal düzlemden valgite açısı, Q açısı; sagittal düzlemde diz fleksiyon ve hiperekstansiyon açıları ölçülerek derece cinsinden kaydedildi.

Ayrıca izole İGKK'nın lumbopelvik etkilerinin saptanabilmesi amacıyla bireylerin lumbal ekstansor, kalça fleksor ve diz fleksor kasları kas kısalıkları ve sakral inklinasyon açı değerleri ölçülerek kaydedildi.

### **3.2.5.1. Diz Eklemine Ait Açısal Ölçümler**

#### **3.2.5.1.1. Valgite Açısı Ölçümü**

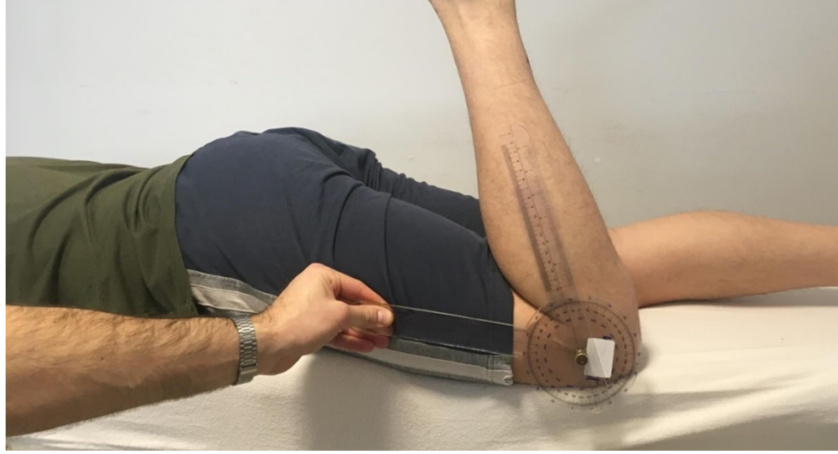
Bireylerin valgite açısı ayakta duruş pozisyonunda kalça ve diz ekstansiyon pozisyonunda iken spina iliaca anterior superior ile patella orta noktasına çizilen çizgi ile ayak bileği orta noktası (medial malleol ve lateral malleol orta noktası) ile patella orta noktasına çizilen çizgiler arasındaki açı universal gonyometre ile ölçülerek elde edildi [46]. Elde edilen değerler derece cinsinden kaydedildi.

#### **3.2.5.1.2. Q Açısının Ölçümü**

Bireyler, her iki ayağına eşit miktarda ağırlık aktararak ayakta dururken; Q açısı, SIAS ve patella orta noktasını birleştiren çizgi ile patella orta noktası ile tuberositas tibia'yı birleştiren çizgi arasındaki açı olarak universal gonyometre ile ölçüldü [47]. Elde edilen değerler derece cinsinden kaydedildi.

#### **3.2.5.1.3. Diz Eklemi Fleksiyonu Hareket Açıklığı Ölçümü**

Bireylerin, yüz üstü yatış pozisyonunda iken sert bir yatak üzerinde diz eklemlerini götürebildikleri son noktaya kadar bükmeleri istenerek aktif diz eklemi fleksiyon açısal değerleri ölçüldü. Maksimum bükülme sağlandığı anda universal gonyometrenin sabit kolu uyluk kemiği hattı üzerinde, merkezi diz ekleminde ve hareketli kolu fibula hattı üzerinde iken ölçüm yapıldı ve oluşan açı derece cinsinden kaydedildi [48] (Resim 3.6).



**Resim 3.6.** Diz Eklemi Fleksiyonu Hareket Açıklığı Ölçümü.

#### **3.2.5.1.4. Diz Eklemi Hiperekstansiyon Hareket Açıklığı Ölçümü**

Bireylerin ayakta duruş pozisyonunda iken diz eklemlerini uyluk kaslarını sıkarak olabildiğince geriye itmeleri istendi. Diz eklemi bu pozisyonda universal gonyometrenin sabit kolu uyluk kemiği hattı üzerinde, merkezi diz eklemi üzerinde ve hareketli kolu fibula hattı üzerinde iken ölçüldü ve oluşan açı derece cinsinden kaydedildi (Resim 3.7).



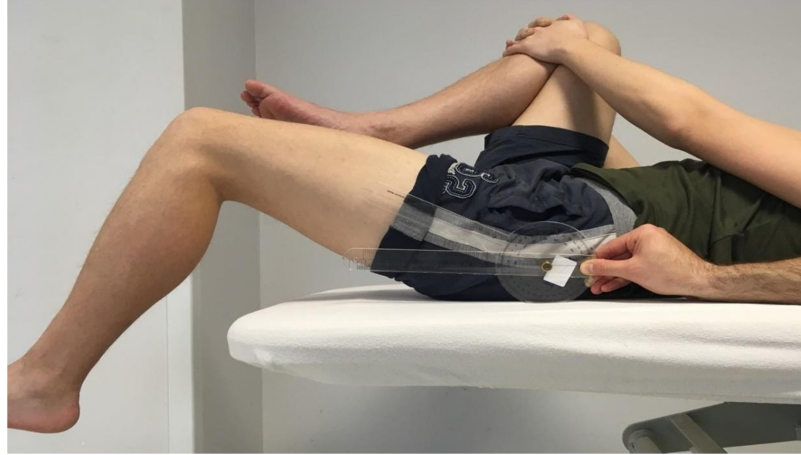
**Resim 3.7.** Diz Eklemi Hiperekstansiyon Hareket Açıklığı Ölçümü.



### 3.2.5.2. Kas Kısıklığı Ölçümleri

#### 3.2.5.2.1. Kalça Fleksor Kasları Kısıklık Değerlendirmesi

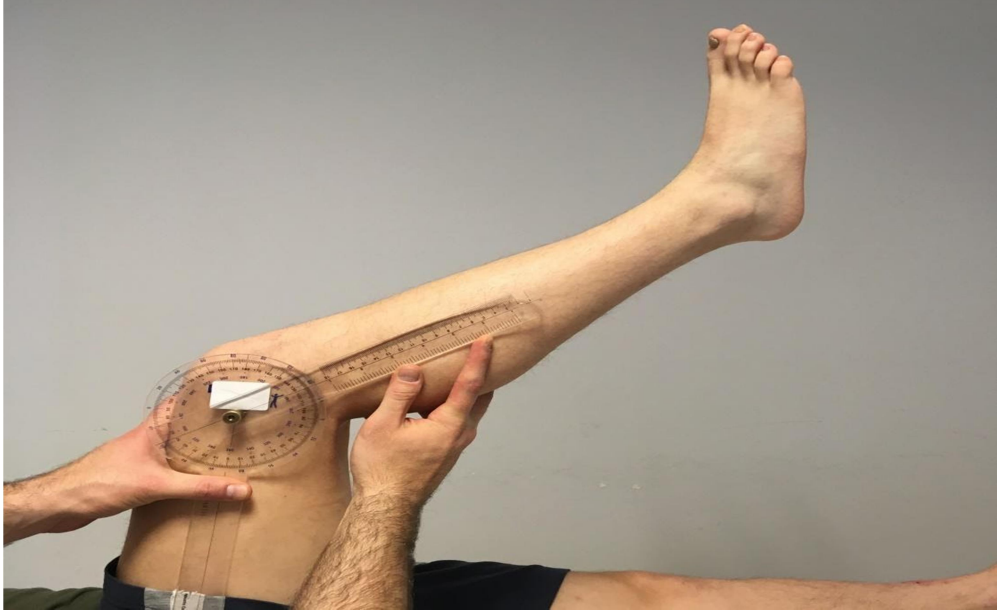
Bireylerin kalça fleksor kaslarına ilişkin kas kısıklığı değerlendirmeleri sert bir yatak üzerinde, sırt üstü yatış pozisyonunda her iki bacağı yatak kenarından sarkıtılarak yapıldı. Bir taraf dizi kişinin göğsüne doğru itilip, karşı uyluk kalça ekleminde stabil kaldıysa kısıklık yok olarak, karşı kalça ekleminde fleksiyon ortaya çıkması durumunda ise kısıklık var olarak değerlendirildi [49]. Uyluğun yere göre yaptığı açı universal gonyometrenin sabit kolu yer/sert bir sedye üzerinde, kalça ekleminde ve hareketli kolu uyluk kemiği hattı üzerinde iken ölçüldü ve kısıklık değeri derece cinsinden kaydedildi (Resim 3.8).



**Resim 3.8.** Kalça Fleksor Kasları Kısıklık Değerlendirmesi.

#### 3.2.5.2.2. Diz Fleksor Kasları Kısıklık Değerlendirmesi

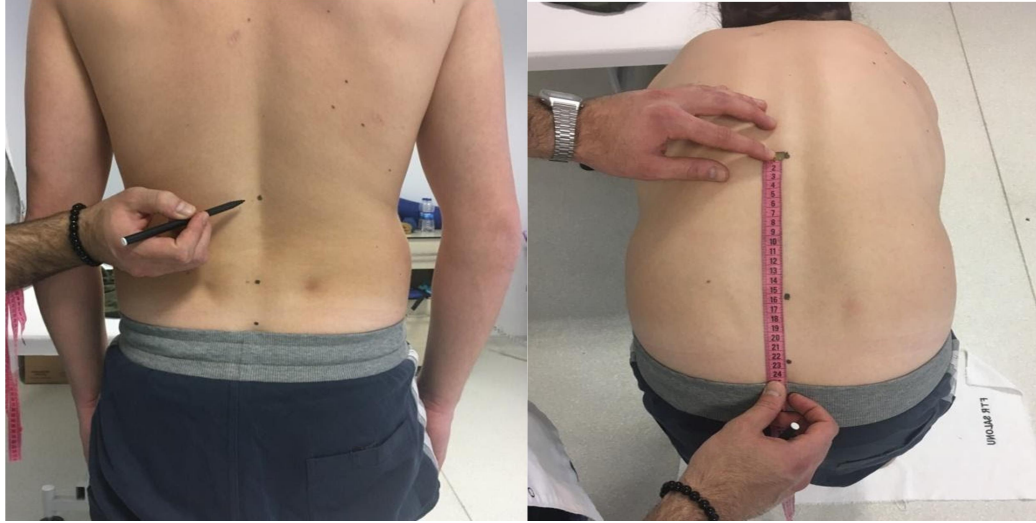
Bireylerin diz fleksorleri kas kısıklığına ilişkin ölçümler sırt üstü yatış pozisyonunda kalça eklemi yere göre 90° fleksiyonda iken yapıldı. Bu pozisyonunda pelvis ve karşı uyluk nötral pozisyonunda stabil hale getirilip, kişiden düz bir hatta diz eklemine getirebildiği kadar ekstansiyona getirmesi istendi. Hamstring kas grubunda myoklonus ortaya çıkmaya başlayıp geçince diz eklem açısı universal gonyometre ile ölçüldü. Diz eklemi tam ekstansiyona gelen bireyler “kısıklık yok” olarak kabul edildi. Diz eklemi tam ekstansiyona gelmeyen bireylerin diz eklemindeki fleksiyon açısı gonyometre ile ölçülerek, kısıklık derecesi olarak derece cinsinden kaydedildi [50] (Resim 3.9).



**Resim 3.9.** Diz Fleksor Kasları Kısalık Değerlendirmesi.

#### **3.2.5.2.3. Lumbal Ektansor Kasları Kısalık Değerlendirmesi**

Lumbal fleksiyon esnekliği Modifiye Schober Testi ile ölçülmüştür. Modifiye Schober Testinde 0-5 cm'lik fark, fleksiyon esnekliğinin azaldığını, 10 cm üzeri fark ise esnekliğin arttığını göstermektedir. 5-10 cm arası değerler ise normal olarak kabul edilir. Bireyler ayakta iken her iki spina iliaca posterior superiorlar arası işaretlenerek, işaretli noktanın 10 cm üstü ve 5 cm altı belirlenip, bu noktalar da işaretlendi. Bireylerin kollar yanlarda serbest bırakılmışken öne doğru eğilmesi istenerek toplamda 15 cm olan başlangıç değeri ile öne eğilmeleri ile oluşan fark cm cinsinden kaydedilmiştir [51] (Resim 3.10).



**Resim 3.10.** Lumbal Ektansor Kasları Kısalık Değerlendirmesi.

#### 3.2.5.2.4. Sakral İnklinasyon Açı Ölçümü

Sakral inklinasyon, sakrumun sagittal düzleminin vertikal düzlemlle ilişkisini ifade eder. Sakral eğimi belirlemek için “altın standart” radyografidir, ancak bir eğim ölçer ile dışarıdan sakral inklinasyonu ölçmek için yöntemler de geliştirilmiştir [52]. Çalışmamızda bireylerin sakral inklinasyon açıları inklinometre (Baseline® Bubble) ile ölçüldü. İnklinometre düz bir duvar referans alınarak, yatay eksene karşı 0’a ayarlandı. Bireyler ayakta dik duruş pozisyonunda iken inklinometre spina iliaca posterior superior ile sakrumun birleştiği hatta yerleştirilerek ölçüm gerçekleştirildi [53]. Elde edilen ölçüm sonucu derece olarak kaydedildi (Resim 3.11).



**Resim 3.11.** Sakral İnklinasyon Açı Ölçümü.

### 3.2.6. Ayak Posturu Değerlendirmesi

Bireyler ayak posturlarının saptanması amacıyla Ayak Postur İndeksi (API) ile değerlendirildi. Bu ölçek, Redmond ve ark. tarafından ayak posturunu değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir [54]. Temelde ayağın supinasyon, nötral ya da pronasyon pozisyonunun derecesini tanımlamayı sağlamakta kullanılmaktadır. Bireyler ayakta, gevşek pozisyonda iken ön ve arka ayakla ilgili altı kriter üzerinden değerlendirme yapıldı. Arka ayakta talus başı palpasyonu, lateral malleolün altında ve üzerindeki eğim, kalkaneusun pronasyon/supinasyonu, ön ayakta ise talonaviküler eklem bölgesindeki balonlaşma, medial longitudinal ark yapısı ve ön ayağın arka ayağa göre abduksiyon/adduksiyonu değerlendirildi, Bu kriterlerin her biri -2 ile +2 arasında değerler almıştır. Elde edilen toplam skor kaydedildi, “0” ayağın nötral pozisyonda, pozitif değerler pronasyonda, negatif değerler ise supinasyonda olduğu şeklinde yorumlandı.

### 3.2.7. Ayağa İlişkin Fiziksel ve Fonksiyonel Durumlarının Değerlendirilmesi

Arka ayak ve ayak bileğinin klinik durumunun standart bir yöntemle değerlendirilmesinde, AOFAS (Amerikan Ortopedik Cerrahları Derneği Ayak bileği ve Arka Ayak Skalası) Türkçe versiyonu kullanıldı. Toplamda 9 madde oluşan AOFAS, 3 alt kategoriye sahiptir; 1 maddelik ağrı (40 puan), 7 maddelik fonksiyon (50 puan), 1 maddelik ayak düzgünlüğü (10 puan). AOFAS, elde edilen 0-100 arasındaki skorların yüksek olanlarında ayak sağlığı “iyi”, düşük olanlarında ayak sağlığı “kötü” şeklinde klinisyenlerin değerlendirme yapmasını sağlar [55].

### 3.2.8. Bireylerin Fiziksel Aktivite Alışkanlıklarının Değerlendirmesi

Bireylerin günlük hayatlarının bir parçası olan fiziksel aktiviteler, son 7 günde işte, evde, bir yerden bir yere giderken, boş zamanlarda yapılan spor, egzersiz ve eğlence gibi başlıklarda sorular soran ve bireyin aktivite düzeyini saptayan International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) ölçeğinin Türkçe versiyonu ile değerlendirdi [56]. IPAQ ev işi, bahçe işi, iş aktivitesi, ulaşım ve boş zaman aktiviteleri başlıklarında toplamda 27 soru içerir. IPAQ skorun hesaplanması, 60 kg’lık bir kişinin kilokalori değerlerine göre belirlenen MET değeri, süre (dakika) ve günler sayısı ile yapılır [57]. IPAQ skorların hesaplaması aşağıda belirtildiği gibidir.

### **İş ile İlgili Fiziksel Aktivite**

- İşte yürüme; MET-dakika/hafta = 3.3 x Yürümedeki dakika x İşte yürünen gün sayısı
- İşte orta düzey aktivite; MET-dakika/hafta = 4.0 x Orta şiddette aktivitedeki dakika x İşte orta şiddetli aktiviteli gün sayısı
- İşte şiddetli aktivite; MET-dakika /hafta = 8.0 x Şiddetli aktivitedeki dakika x İşte şiddetli aktiviteli aktif günler sayısı
- Toplam iş aktivitesi; MET-dakika/hafta = İşte toplam yürüme + Orta şiddetli aktivite + Şiddetli aktivite MET-dakika/hafta skorları

### **Ulaşım**

- Yürüme; MET-dakika/hafta = 3.3 x Yürüyüş geçen dakika x Ulaşım için yürünen gün sayısı
- Bisiklet MET-dakika = 6.0 x Bisiklet kullanılan dakika x Ulaşımında bisiklet kullanılan gün sayısı
- Toplam ulaşım MET-dakika/hafta= Ulaşım amacıyla toplam yürüme + Bisiklet kullanımı MET-dakika/hafta skorları

### **Ev İşleri, Ev Bakımı, Bahçe İşleri ve Aile Bakımı**

- Bahçe işleri için şiddetli aktivite; MET-dakika/hafta = 5.5 x Şiddetli aktivitede geçen dakika x Bahçe işlerinde şiddetli aktiviteli gün sayısı
- Bahçe işleri için orta şiddette aktivite; MET-dakika/hafta = 4.0 x Orta şiddetli aktivitede geçen dakika x Bahçe işlerinde orta şiddette aktiviteli gün sayısı
- Ev işleri için orta şiddette aktivite; MET-dakika/hafta = 3.0 x Orta şiddette aktivitede geçen dakika x Ev işlerinde orta şiddette aktiviteli gün sayısı
- Toplam ev ve bahçe işleri; MET-dakika/hafta = toplam şiddetli bahçe + orta şiddette bahçe işleri + orta şiddette ev işleri MET-dakika/hafta skorları

### **Dinlenme, Spor ve Boş Zaman Fiziksel Aktiviteleri**

- Boş zamanda yürüme; MET-dakika/hafta = 3.3 x Yürüyüşte geçen dakika x Boş zamanda yürünen gün
- Boş zamanda orta şiddetli aktivite; MET-dakika/hafta = 4.0 x Orta şiddetli aktivitedeki dakika x Boş zamanda orta şiddette aktivite yapılan gün sayısı
- Boş zamanda şiddetli aktivite; MET-dakika/hafta = 8.0 x şiddetli aktivitedeki dakika x Boş zamanda şiddetli aktivite yapılan gün sayısı
- Toplam boş zaman MET-dakika/hafta = Boş zamanda yürüyüş + orta şiddet aktivite + şiddetli aktivite MET-dakika skorları

İPAQ toplam skor, tüm sonuçların toplanmasıyla elde edilir. Bireylerin skorları karşılaştırıldığında düşük skorlar azalmış fiziksel aktivite düzeyini, yüksek skorlar artmış fiziksel aktivite düzeyini ifade eder [58].

#### **3.2.9. Alt Ekstremitte Fonksiyonellik Düzeyi Değerlendirmesi**

Bireylerin alt ekstremitte fonksiyonellik durumlarının saptanması amacıyla Alt Ekstremitte Fonksiyon Skalası (AEFS) (Lower Extremity Functional Scale-LEFS) Türkçe versiyonu kullanıldı. 80 puan üzerinden değerlendirilen ve gündelik yaşamdaki alt ekstremitte aktivitelerini içeren 20 soruluk AEFS değerlendirme anketi ile bireylerin alt ekstremitte fonksiyonellik durumları değerlendirildi. Her soru 0-4 arasında beş farklı puan değerine sahiptir. Bütün sorularından elde edilen puanların toplamı, maksimum puan olan 80'e yaklaştıkça fonksiyonellik düzeyinin arttığını gösterir [59].

#### **3.2.10. Plantar Basınç Dağılımı Analizi**

Pedobarografik analiz, RSscan International Footscan® 7 software (RSscan International, Olen, Belgium) platformu ve yazılımıyla, statik ve dinamik olarak yapıldı. Katılımcıların statik plantar basınç dağılımı parametrelerini elde etmek amacıyla basınç ölçer sensor bulunan yüzeyde, bir ayağa düşen basıncın toplam

ağırlığın yarattığı basıncın %50'si olduğu anda, ayakta statik duruş sırasında analiz edildi. Bu analiz sonrasında, basınç değerleri ( $N/cm^2$ ) elde edildi [60].

Bireylerin dinamik plantar basınç dağılımı parametrelerini elde etmek amacıyla, 8 m'lik içine basınç ölçer sensorleri gömülmüş yürüme yüzeyi üzerinde, kendi rahat ettikleri hızda üç tekrar olacak şekilde yürüme istendi [61] (Resim 3.12). Dinamik değerlendirme ile;

- Yürüyüşte ön, orta ve arka ayağın temas alanları (%),
- Ayak tabanı temas alanlarının basınç altında kalan kısmın yüzdelik verileri (impuls) (%),
- Ayağın sagittal eksene göre yaptığı açı (ayak eksen açısı) ( $^{\circ}$ ),
- Subtalar eklemin yürüyüşte aldığı minimum ve maksimum açıları (minimum açının artı(+)) değerleri arka ayakta artmış pronasyonu, eksi(-) değerleri artmış supinasyonu ifade ederken, maksimum açı arka ayakta oluşan en fazla açısal değeri ifade eder) ( $^{\circ}$ ),
- Subtalar eklemin yürüyüş boyunca açısal hareketliliği (STE esneklik açısı) ( $^{\circ}$ ),
- Ayak tabanının 10 bölgesinin(1. parmak, 2-5. parmaklar, metatars başları, orta ayak, topuk mediali, topuk laterali) temas alanlarının yüzdesi (%),
- Yürüyüşte ayak tabanı bölgelerinde oluşan maksimum basınç değerleri ( $N/cm^2$ ),
- Maksimum basınç değerlerinin oluştuğu süre (ms),
- Maksimum basınç değerinin zirve noktasına çıkış hızı oranı ( $N/cm^2s$ ),
- Basınç altındaki ayak tabanı temas alanları oranı ( $N/cm^2$ ),

değerleri elde edildi. Bireylerin verileri ortalamaları alınarak kaydedildi.



**Resim 3.12.** Plantar Basınç Dağılımı Analizi.

### 3.3. İstatistiksel Analiz

Örneklem büyüklüğü hesabı için [11, 13, 14] çalışmalardan yararlanılmıştır. İki grubun ortalama değerleri arasında 1.058 düzeyinde büyük bir etki büyüklüğü alınarak %90 güç ve %5 hata oranı ile her bir grupta en az 21 birey olmak üzere çalışmaya toplamda en az 42 birey alınması gerektiği belirlenmiştir. Örneklem hesabı G-power 3.0.10 programı ile elde edilmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler “*Statistical Package For The Social Sciences Software* (SPSS 22.0 Inc, Chicago, Illinois)” programı kullanılarak analiz edildi. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu analitik yöntemler (Kolmogorov-Smirnov/ Shapiro-Wilk Testleri) kullanılarak incelendi. Normal dağılım koşullarını sağlamayan veriler parametrik olmayan testlerden Mann Whitney U Testi, normal dağılım koşullarını sağlayan veriler için ise Student\_T Testi kullanılarak karşılaştırıldı. Tanımlayıcı istatistikler aritmetik ortalama ( $\bar{X}$ )  $\pm$  standart sapma (Ss) kullanılarak verildi. İstatistiksel anlamlılık için Tip-1 hata düzeyi 0,05 olarak belirlendi.



#### 4. BULGULAR

Çalışmamız Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Ortez ve Biyomekanik Ünitesine ayaktan gelen, GK kas kısılığı olan 21, GK kas kısılığı olmayan 23 birey ile gerçekleştirilmiştir. GK kas kısılığı olan bireylerin oluşturduğu çalışma grubuna (İGKK Grubu) katılan 11 kişi kadın, 10 kişi erkektir. GK kas kısılığı olmayan bireylerin oluşturduğu kontrol grubuna (Kontrol Grubu) katılan 12 kişi kadın, 11 kişi erkektir. İGKK grubunun yaş aralığı 19-30, kontrol grubunun yaş aralığı 19-36'dır.

Çalışmaya katılan bireylerin yaş, boy uzunlukları, vücut ağırlıkları ve vücut kütle indeksi (VKİ) değerleri ve dominant alt ekstremite tarafları Tablo 4.1'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.1.** Bireylerin demografik bilgileri

Demografik Bilgiler	İGKK Grubu (n=21) X±Ss	Kontrol Grubu (n=23) X±Ss	p
Yaş (yıl)	22,80±3,74	22,04±3,56	0,51
Boy uzunluğu (cm)	173,95±9,27	170,69±9,15	0,25
Vücut ağırlığı (kg)	70,57±11,68	68±13,67	0,51
VKİ (kg/m <sup>2</sup> )	23,34±3,29	23,17±3,58	0,72
Dominant Alt Ekstremit	n=21	n=23	
Sağ/Sol	16/5	20/3	0,45

Bireylerin GK kas kısalığına ilişkin değerler Silfverskiöld yöntemi ile ölçülmüştür. Değerlendirmeler sonucunda İGKK grubunun dorsi fleksiyon değerleri kontrol grubuna göre azalmış olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Dorsi fleksiyondaki limitasyon, diz ekstansiyonda iken en fazla görülür. Dizin fleksiyona gelmesi ile GK'nın anatomik yapısı gereği kasın boyunda uzama oluşarak, dorsi fleksiyonda artış olmuştur. Oluşan değerler İGKK grubunu oluşturmamızı sağlamıştır. Kontrol grubu ölçümleri, normal eklem hareket sınırları içindedir. Dorsi fleksiyon hareketinde limitasyonun oluşmaması kontrol grubunu oluşturmamızı sağlamıştır. İki grup verileri incelenerek dorsi fleksiyon limitasyonunun GK kaynaklı olduğu görülür. Ölçümlerin sonuç dağılımları Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2.** Bireylerin İGKK'nın belirlenmesi için kullanılan Silfverskiöld yönteminden elde edilen ölçüm değerleri karşılaştırılması.

İGKK Değerleri (°)	Yön	İGKK Grubu (n=21) $X\pm Ss$	Kontrol Grubu (n=23) $X\pm Ss$	p
Diz Ektansiyonda Ayak Bileği Dorsi Fleksiyonu	Sağ	12,66±3,02	22,13±2,26	<0,001*
	Sol	13,00±3,04	21,91±2,29	<0,001*
Diz Fleksiyonda Ayak Bileği Dorsi Fleksiyonu	Sağ	24,47±2,89	30,69±3,41	<0,001*
	Sol	24,85±3,45	31,30±3,39	<0,001*

\*:  $p<0,05$

Bireylerin ayak bileğine ilişkin açısal değerleri karşılaştırılmıştır. İGKK ve kontrol gruplarını oluşturmamızı sağlayan ayak bileği dorsi fleksiyonunu hareketi, normal eklem hareketi ölçümlerinde İGKK grubunda limitli olduğu görüldü. GK kısalığı bulunmayan kontrol grubunun dorsi fleksiyon yönünde eklem hareket aralığı daha fazla olduğu bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Sağ ve sol ayak bileği aktif plantar fleksiyon, sağ ve sol ayak bileği pasif plantar fleksiyon değerlerinde gruplar arasında istatistiksel fark yoktur ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.3).

**Tablo 4.3.** Bireyleri ayak bileği dorsi ve plantar fleksiyonu hareketi açısal değerlerinin karşılaştırılması.

Ayak Bileği Açısal Değerleri (°)	Yön	İGKK Grubu (n=21) X±Ss	Kontrol Grubu (n=23) X±Ss	p
Aktif Dorsi Fleksiyon	Sağ	18,21±3,31	23,44±4,12	<0.001*
	Sol	18,21±4,12	24,35±4,75	<0.001*
Pasif Dorsi Fleksiyon	Sağ	22,80±3,31	28,30±4,13	<0.001*
	Sol	18,19±4,11	24,34±4,76	0,001*
Aktif Plantar Fleksiyon	Sağ	48,71±9,27	51,26±5,14	0,164
	Sol	50,71±11,02	53,91±6,99	0,253
Pasif Plantar Fleksiyon	Sağ	54,61±9,27	57,73±5,85	0,134
	Sol	56,52±9,53	60,43±7,56	0,138

\*:  $p<0,05$

Bireylerin ayak başparmak dorsi fleksiyonuna ilişkin açısal değerleri karşılaştırılmış, iki grup arasında istatistiksel bir fark olmadığı bulunmuştur ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.4).

**Tablo 4.4.** Bireylerin sağ ve sol ayak başparmaklarının dorsi fleksiyonu hareketi açısal değerlerinin karşılaştırılması.

Başparmak Dorsi Fleksiyon Açısal Değerleri (°)	Yön	İGKK Grubu (n=21) X±Ss	Kontrol Grubu (n=23) X±Ss	p
Aktif Başparmak Dorsi Fleksiyonu	Sağ	67,52±12,50	69,13±9,35	0,878
	Sol	71,47±10,15	71±9,17	0,871
Pasif Başparmak Dorsi Fleksiyonu	Sağ	76,42±12,71	79,17±8,59	0,402
	Sol	82,23±11,08	81,34±9,30	0,774

Bireylerin STE ilişkin açısal değerleri karşılaştırılmıştır. İGKK grubunun sağ ve sol STE aktif pasif inversiyon hareket aralığının kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Sağ ve sol STE pasif eversiyon, sağ ve sol STE eversiyon değerlerinde İGKK ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak fark yoktur ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.5).

**Tablo 4.5.** Subtalar eklem inversiyon ve eversiyon hareketi açısal değerlerinin karşılaştırılması.

Subtalar Eklem Açısal Değerleri (°)	Yön	İGKK Grubu (n=21) X±SS	Kontrol Grubu (n=23) X±SS	p
Aktif STE İversiyonu	Sağ	17,23±5,22	21,26±3,75	<b>0,005*</b>
	Sol	17,19±5,43	21,39±4,71	<b>0,016*</b>
Pasif STE İversiyonu	Sağ	21,42±6,02	26,52±4,46	<b>0,003*</b>
	Sol	21,85±6,53	27,34±5,71	<b>0,006*</b>
Aktif STE Eversiyonu	Sağ	11,04±3,48	13,04±3,79	0,066
	Sol	11,95±1,88	13,13±3,03	0,134
Pasif STE Eversiyonu	Sağ	15,04±4,40	17,17±4,64	0,063
	Sol	16,14±2,14	17,65±3,05	0,103

\*:  $p<0,05$

Bireylere uygulanan AÖAAT karşılaştırılmıştır. AÖAAT’de sağ ve sol ayak bileklerinde oluşan dorsi fleksiyon hareketi açıları, İGKK grubu kontrol grubuna göre düşük değerler almıştır ( $p<0,05$ ) (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6.** Ağırlıklı öne adım alma testi değerlerinin karşılaştırılması.

	Yön	İGKK Grubu (n=21) X±Ss	Kontrol Grubu (n=23) X±Ss	p
Ağırlıklı Öne Adım Alma Testi (AÖAAT) (°)	Sağ	35,76±4,24	43,26±5,34	<0,001*
	Sol	36,47±4,55	43,73±5,76	<0,001*

\*:  $p<0,05$

Bireylerin diz eklemine ilişkin açısal değerler karşılaştırılmıştır. Sağ ve sol diz eklemi fleksiyon hareketi, İGKK grubunda kontrol grubuna göre azalmış olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Diğer diz eklemine ilişkin verilerde gruplar arasında istatistiksel fark yoktur ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.7).

**Tablo 4.7.** Diz eklemine ilişkin açısal değerlerin karşılaştırılması.

Diz Eklemi Açısal Değerleri (°)	Yön	İGKK Grubu (n=21) X±Ss	Kontrol Grubu (n=23) X±Ss	p
Valgite	Sağ	11,61±2,15	11,56±1,99	0,941
	Sol	11,61±2,15	11,47±2,10	0,912
Q açısı	Sağ	7,85±1,87	6,91±2,10	0,092
	Sol	7,85±1,87	6,91±2,10	0,092
Hiperektansiyon Açısı	Sağ	5,66±2,03	6,78±2,06	0,056
	Sol	6,19±2,20	7,29±2,36	0,073
Fleksiyon Açısı	Sağ	133,33±5,32	140,26±7,31	0,001*
	Sol	133,52±4,21	141,65±7,01	<0,001*

\*:  $p<0,05$

Bireylerin kalça fleksorleri, diz fleksorleri, lumbal ekstansor kas kısalıkları ile sakral inklinasyon açısı değerleri karşılaştırılmıştır. İki grubun sonuçları, İGKK grubunda diz fleksorlerinin ve kalça fleksorlerinin iki ekstremitede de kısaldığını göstermektedir ( $p<0,05$ ). Lumbal ekstansor kısalık ve sakral inklinasyon açısal değerlerinde gruplar arasında benzerlik görüldü ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.8).

**Tablo 4.8.** Kalça fleksorleri kısalık, diz fleksorleri kısalık, lumbal ekstansor kısalık değerleri ve sakral inklinasyon açısı değerleri karşılaştırılması.

	Yön	İGKK Grubu (n=21) X±Ss	Kontrol Grubu (n=23) X±Ss	p
Kalça Fleksorleri Kısalık Değerleri (°)	Sağ	9,57±4,71	1,56±3,79	<0,001*
	Sol	9,19±4,41	1,47±3,43	<0,001*
Diz Fleksorleri Kısalık Değerleri (°)	Sağ	31,90±9,28	7,60±11,06	<0,001*
	Sol	30,09±10,49	7,17±10,74	<0,001*
Lumbal Ekstansor Kısalık Değerleri (cm)		7,23±1,22	7,26±10,74	0,710
Sakral İnklinasyon Açısal Değerleri (°)		20±2,34	20,82±3,72	0,389

\*:  $p<0,05$

Bireylerin ayak posturunun belirlendiği, ayak ve alt ekstremiteye ait çeşitli parametrelerin ölçüldüğü ve günlük yaşam aktivitelerinin skorlandığı anketler karşılaştırılmıştır. Sağ ve sol ayak postur indeksleri, AOFAS fonksiyon ve AOFAS dizilim skor değerlerinde İGKK grubu kontrol grubuna göre düşük skorlar almıştır. Her iki ayağın postur bozukluğu ve bireylerin fonksiyon kayıpları İGKK grubunda görülmüştür ( $p<0,05$ ). AOFAS ağrı, AOFAS toplam, IPAQ toplam ve AEFS skor değerlerinde gruplar arasında herhangi bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.9).

**Tablo 4.9.** Ayak posturu, ayak ve alt ekstremita parametreleri ve günlük yaşam anketlerinin değerlerinin karşılaştırılması.

Anket Değerleri	İGKK Grubu (n=21) X±Ss	Kontrol Grubu (n=23) X±Ss	p
Ayak Postur İndeksi (Sağ)	2,90±1,92	0,69±2,45	<b>0,002*</b>
Ayak Postur İndeksi (Sol)	2,95±1,88	0,56±2,38	<b>0,001*</b>
AOFAS Ağrı	36,19±4,97	37,39±5,40	0,293
AOFAS Fonksiyon	48,09±3,36	49,52±1,70	<b>0,043*</b>
AOFAS Dizilim	5,74±2,18	8,47±2,35	<b>&lt;0,001*</b>
AOFAS Toplam	92,38±8,25	95,39±6,34	0,219
IPAQ Toplam	5673±450	6936±689	0,459
AEFS	73±6,97	74,30±6,48	0,374

\*:  $p<0,05$



Bireylerin statik ayakta duruşta oluşan ayak tabanı basınç yüzde değerleri karşılaştırılmıştır. İGKK grubunda sol ön statik ayak basıncı artmış, sağ arka statik ayak tabanı basıncı düşük bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Kontrol grubu statik ayak tabanı basıncı değerleri orantılı bulunmuş, sağ ön, sol arka ayak statik ayak tabanı basınç değerlerinde gruplar arasında fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.10).

**Tablo 4.10.** Statik ayak tabanı basınç dağılımı yüzdelerinin karşılaştırılması.

Statik Ayak Tabanı Basınç Değerleri (%)	İGKK grubu (n=21) X±Ss		Kontrol grubu (n=23) X±Ss		p	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
Ön Ayak	25,70± 3,11	24,62± 2,30	25,11± 2,51	22,05± 2,53	0,498	<b>0,001*</b>
Arka Ayak	24,46± 3,97	25,20± 2,16	26,87± 2,31	25,95± 2,79	<b>0,035*</b>	0,541

\*:  $p<0,05$

Bireylerin dinamik ayak tabanı basınç ölçümlerinde ortaya çıkan değerler karşılaştırılmıştır. Sol ayakta, arka ayağın pronasyona gidişini ifade eden STE minimum açı değerinde İGKK grubunda artış bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Tablodaki diğer verilerde istatistiksel fark yoktur ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.11).

**Tablo 4.11.** Dinamik ayak tabanı basınç dağılımı değerlerinin karşılaştırılması.

Dinamik Ayak Tabanı Basınç Değerleri	İGKK grubu (n=21) X±Ss		Kontrol grubu (n=23) X±Ss		p	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
Arka Ayak Temas Alanı (%)	22,60±1,62	21,20±2,04	22,92±1,95	20,33±2,35	0,769	0,200
Orta Ayak Temas Alanı (%)	23,93±3,65	27,14±3,34	25,63±3,34	26,56±3,01	0,162	0,547
Ön Ayak Temas Alanı (%)	53,30±2,81	51,65±3,54	51,45±3,30	53,10±2,90	0,084	0,143
Arka Ayak Impuls (%)	17,81±3,83	17,48±3,81	17,64±2,05	17,08±2,49	0,853	0,685
Orta Ayak Impuls (%)	5,51±1,51	5,96±1,65	5,72±1,74	6,13±2,02	0,675	0,763
Ön Ayak Impuls (%)	76,87±4,31	76,43±4,06	76,63±2,94	76,77±3,42	0,831	0,762
Ayak Eksen Açısı (°)	11,01±8,04	11,73±7,81	7,91±8,81	7,81±8,08	0,230	0,064
STE Min. Açı (°)	1,18±4,08	1,74±2,62	0,45±3,96	-1,86±4,91	0,549	<b>0,004*</b>
STE Max. Açı (°)	6,78±3,35	8,03±3,01	6,41±3,27	6,20±3,87	0,711	0,088
STE Esneklik Açısı (°)	6,60±3,85	6,83±3,87	6,77±3,57	8,65±5,7	0,877	0,223

\*:  $p<0,05$

Bireylerin dinamik ayak tabanı temas alan yüzde değerleri karşılaştırılmıştır. Sağ 5. metatars başının temas yüzde değeri İGKK grubunda artmış olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Tablodaki diğer verilerde istatistiksel fark yoktur ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.12).

**Tablo 4.12.** Dinamik ayak tabanı temas alanları yüzdelerinin karşılaştırması.

Dinamik Ayak Tabanı Temas Alanlar (%)	İGKK Grubu (n=21) X±Ss		Kontrol Grubu (n=23) X±Ss		p	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1.Parmak	59,80±20,67	71,47±11,70	58,91±19,52	71,08±12,49	0,787	0,953
2-5.Parmaklar	61,76±12,52	65,38±12,47	65,43±10,62	67,68±14,65	0,299	0,480
1.Metatars Baş1	76,85±3,91	74,76±6,00	77,08±5,65	73,69±6,52	0,875	0,637
2.Metatars Baş1	81,38±3,32	81,57±4,56	80,21±4,30	80,60±3,10	0,319	0,211
3.Metatars Baş1	84,23±2,91	84,28±3,06	82,34±3,90	82,95±2,75	0,127	0,097
4.Metatars Baş1	83,14±2,88	84,62±2,95	81,56±3,31	83,43±2,72	0,099	0,060
5.Metatars baş1	75±7,68	79,76±3,36	67,17±14,83	77,39±4,90	<b>0,049*</b>	0,086
Orta Ayak	48,47±15,17	45,14±13,62	49,91±11,42	48,21±16,16	0,723	0,498
Medial Topuk	59,38±6,46	57,61±8,39	56,86±6,64	55,17±6,37	0,211	0,281
Lateral Topuk	53,38±7,88	55,57±9,22	51,82±5,63	54,69±6,62	0,453	0,397

\*:  $p<0,05$

Bireylerin dinamik ayak tabanı maksimum basınç değerleri karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında istatikselsel olarak fark bulunmamıştır. ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.13).

**Tablo 4.13.** Dinamik ayak tabanı maksimum basınç değerlerinin karşılaştırması.

Dinamik Ayak Tabanı Max. Basınç Değerleri (N/cm <sup>2</sup> )	İGKK Grubu (n=21) X±Ss		Kontrol Grubu (n=23) X±Ss		p	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1.Parmak	15,39±11,31	19,38±12,54	13,37±11,11	25,33±19,09	0,510	0,452
2-5.Parmaklar	10,59±6,09	7,37±3,21	9,99±5,89	9,55±6,69	0,744	0,200
1.Metatars Başı	14,19±7,20	10,03±5,53	14,68±9,05	11,40±6,94	0,787	0,533
2.Metatars Başı	32,08±13,84	20,23±8,56	25,37±10,83	19,50±5,29	0,067	0,805
3.Metatars Başı	36,78±10,87	33,68±17,19	34,83±14,67	32,13±13,78	0,638	1,000
4.Metatars Başı	25,28±12,88	29,36±11,73	26,45±16,22	26,26±13,99	0,925	0,430
5.Metatars başı	11,61±6,51	21,62±11,31	10,97±9,20	19,20±10,44	0,790	0,411
Orta Ayak	4,47±3,11	4,35±3,01	4,84±3,44	4,12±3,96	0,787	0,459
Medial Topuk	36,62±8,95	32,09±14,13	37,96±8,90	27,26±7,03	0,620	0,518
Lateral Topuk	22,88±6,41	28,54±8,24	21,87±5,62	31,86±7,37	0,630	0,166

Bireylerin dinamik ayak tabanı maksimum basınç zamanları karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.14).

**Tablo 4.14.** Dinamik ayak tabanı maksimum basınç zamanlarının karşılaştırması.

Dinamik Ayak Tabanı Basınç Zamanları (ms)	İGKK Grubu (n=21) X±Ss		Kontrol Grubu (n=23) X±Ss		p	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1.Parmak	631±162	664±58	665±94	664±103	0,664	0,996
2-5.Parmaklar	599±160	641±78	642±94	659±70	0,424	0,444
1.Metatars Başı	550±59	504±113	560±100	523±103	0,702	0729
2.Metatars Başı	600±115	590±55	635±106	605±81	0,664	0,482
3.Metatars Başı	623±56	615±58	628±99	622±88	0,836	0,754
4.Metatars Başı	588±69	610±63	596±106	587±112	0,759	0,403
5.Metatars başı	511±114	537±92	501±132	520±151	0,972	0,977
Orta Ayak	324±113	324±110	346±89	307±112	0,459	0,608
Medial Topuk	174±86	159±57	206±90	156±64	0,269	0,925
Lateral Topuk	168±52	162±67	174±70	141±78	0,740	0,481

Bireylerin dinamik ayak tabanı maksimum basınç yüklenme oranları karşılaştırılmıştır. Sağ 2. metatars başı basınç yüklenme oranı değerinde İGKK grubunda artış bulunmuş, ön ayağa binen yükün artığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Tablodaki diğer verilerde gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.15).

**Tablo 4.15.** Dinamik ayak tabanı maksimum basınç yüklenme oranlarının karşılaştırması.

Dinamik Ayak Tabanı Basınç Yüklenme Oranları (N/cm <sup>2</sup> s)	İGKK Grubu (n=21) X±Ss		Kontrol Grubu (n=23) X±Ss		p	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1.Parmak	0,052±0,031	0,061±0,058	0,057±0,055	0,081±0,074	0,662	0,360
2-5.Parmaklar	0,031±0,030	0,026±0,11	0,035±0,021	0,027±0,016	0,858	0,961
1.Metatars Başı	0,073±0,101	0,050±0,049	0,050±0,025	0,045±0,031	0,696	0,803
2.Metatars Başı	0,083±0,026	0,061±0,027	0,065±0,021	0,059±0,025	<b>0,016*</b>	0,810
3.Metatars Başı	0,085±0,027	0,082±0,039	0,084±0,029	0,130±0,190	0,914	0,464
4.Metatars Başı	0,096±0,140	0,073±0,038	0,073±0,074	0,073±0,044	0,454	0,785
5.Metatars başı	0,064±0,088	0,075±0,038	0,044±0,073	0,083±0,101	0,585	0,539
Orta Ayak	0,022±0,044	0,025±0,154	0,031±0,018	0,025±0,046	0,415	0,500
Medial Topuk	0,910±0,900	0,550±0,300	0,597±0,528	0,590±0,520	0,510	0,301
Lateral Topuk	0,578±0,355	0,855±0,555	0,736±0,531	1,340±1,365	0,585	0,869

\*:  $p<0,05$

Bireylerin dinamik ayak tabanı basınç impuls değerleri karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.16).

**Tablo 4.16.** Dinamik ayak tabanı basınç impuls değerleri karşılaştırması.

Dinamik Tabanı Impuls (N/cm <sup>2</sup> )	Ayak Basınç Değerleri	İGKK Grubu (n=21) X±Ss		Kontrol Grubu (n=23) X±Ss		p	
		Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1.Parmak		3,76±3,26	4,68±2,92	3,06±2,69	6,38±5,01	0,440	0,557
2-5.Parmaklar		2,31±1,33	1,69±0,93	2,47±1,65	2,52±2,22	0,733	0,08
1.Metatars Başı		4,53±2,05	3,12±1,69	5,25±3,52	3,57±2,27	0,412	0,323
2.Metatars Başı		10,14±3,52	6,98±2,93	8,14±3,42	6,77±2,05	0,063	0,791
3.Metatars Başı		10,61±4,16	10,75±4,30	10,83±4,67	10,46±4,36	0,870	0,827
4.Metatars Başı		7,97±3,64	9,96±3,58	8,23±5,12	8,91±5,07	0,664	0,113
5.Metatars başı		3,17±1,49	7,19±3,10	2,97±2,47	6,50±3,87	0,752	0,516
Orta Ayak		1,10±1,01	0,94±1	1,33±1,27	1,11±1,38	0,525	0,888
Medial Topuk		9,56±3,13	8,06±2,66	10,01±2,82	6,93±2,43	0,196	0,149
Lateral Topuk		5,73±2,54	7,71±3,43	5,57±1,98	8,14±2,33	0,811	0,632

## 5. TARTIŞMA

Bir kasın veya kas grubun kısalarak gerginliğinin artması yaygın olarak görülebilmekle birlikte kas kısalığına sahip bireyler biyomekaniksel değişimler sonucu sakatlanma ve yaralanmalara daha yatkın olarak nitelendirilirler [1-5]. GSKK ve İGKK STE'de, ayak bileğinde ve diz ekleminde eklem hareket açıklığını azaltarak, biyomekanik değişimlere sebep olabilir [1-5]. GK diz eklemi, ayak bileği ve STE'den geçerek, oluşabilecek GSKK kontraktürüne ve dorsi fleksiyon limitasyonuna önemli katkıda bulunur [8]. Limitli ayak bileği dorsi fleksiyonu arka ayağın artmış pronasyonu, plantar fasiit, Aşil tendinopatisi, stres kırıkları, iliotal bant sendromu ve patellofemoral ağrı sendromu gibi alt ekstremite patolojileri için zemin hazırlayan bir faktör olarak kabul edilmiştir [4]. Bireylerde GK ve soleus kaslarının kısalığı farklı klinik etkilere sahiptir. Bu kasların anatomik yapıları gereği kısalıklarının ayırımının yapılması gerekir. Böylece uygulanacak değerlendirme yöntemleri ve tedavi protokollerinin de doğruluğuna etki edecektir.

Dorsi fleksiyon limitasyonunun GK kısalığından mı, GSKK kısalığından mı olduğunu saptamak için klinik test olarak Silfverskiold testi kullanılır. Test sonucunda GK diz fleksiyonu sırasında gevşiyorsa 'İGKK vardır' sonucuna varılır. Diz eklemi fleksiyonuna rağmen dorsi fleksiyon açısında değişme yoksa veya birkaç derecelik değişim varsa soleus kası ve Aşil tendonu kısalığa eşlik ediyor demektir [62]. Dorsi fleksiyon limitasyonunun ayak bileğinde ekin olarak değerlendirilmesi için diz ekstansiyonda ayak bileği dorsi fleksiyonu 5°, diz fleksiyonda ayak bileği dorsi fleksiyonu 10° açılarından daha az olmamalıdır [11, 15]. Ayak bileği ekin olarak değerlendirildiğinde cerrahi endikasyon oluşmuş olur. Kısalık GK kaynaklı olduğunda GK resesyonu, GSKK kaynaklı olduğunda Aşil uzatma ameliyatı düşünülür [15]. GK kısalığında alt ekstremite, pelvis ve lumbal bölgeye ait biyomekaniksel parametrelerin incelenmesi gerektiği bildirilmiştir [62]. Bununla birlikte GK kısalığının plantar basınç üzerine etkileri incelendiğinde, ön ayakta basınç artışı, arka ayakta basınç azalması görülmektedir. Plantar basıncın değişimi, başta artış arka ayak pronasyonu olmak üzere diğer ayak sorunlarının varlığını veya oluşabilme ihtimalini göstermektedir [16-19]. GK kısalığının etkileri özellikle nörolojik hastalar üzerinde literatürde birçok çalışmada yer almıştır. Ayak ve ayak



bileği sağlığını tehdit eden GK kısalığının, normal popülasyon üzerinde araştırmaları literatürde limitlidir [11]. Literatürde belirtildiği gibi GK kısalığı alt ekstremite biyomekanisinde, fonksiyonunda ve plantar basınç dağılımlarında değişimlere neden olmaktadır [11, 15-19]. Çalışmamızda sağlıklı bireylerden, Silfverskiold testi sonucunda GK kısalığına sahip olanlara ile olmayanlara uygulanan klinik test ve anketlerden elde veriler karşılaştırılmıştır. Çalışmaya dahil edilen bireylerin demografik bilgilerinin homojenlik göstermesi için özen gösterilmiştir. Bu homojenlik, gündelik yaşamına devam eden normal sağlıklı popülasyonda GK kısalığının etkilerinin objektif değerlendirilmesi için önemlidir.

Bu çalışma, sağlıklı bireylerde İGKK'nın alt ekremite biyomekanisi, fonksiyonu ve plantar basınç dağılımları üzerine etkilerinin olduğunu göstermektedir. Çalışmaya katılan her gruptaki bireylerin demografik bilgilerindeki homojenlik, gündelik yaşamına devam eden genel popülasyonda, İGKK sonucundaki oluşmuş veya oluşabilecek patomekanik durumları anlamamıza olanak sağlamaktadır. Çalışmamızda kullandığımız Silfverskiold yöntemi ile dorsi fleksiyon limitasyonun kaynağının GK olarak saptanması, patomekanik durumların anlaşılması ve tedavi programlarının belirlenmesi açısından önemlidir. Kas kısalığının GK veya GSKK kaynaklı olduğu ayrımını yapmak, uygulanacak fizyoterapi tedavi programlarının ve cerrahi uygulamaların yöntemini belirlemektedir. Çalışmamızdaki sonuçlar ile sağlıklı popülasyondaki İGKK'ya sahip bireylerin biyomekaniksel değişimleri, daha net yorumlanabilmektedir. İGKK literatürde de belirtildiği gibi başta artmış arkaya pronasyonu olmak üzere ayak ve ayak bileği üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Bulgularımızda da görüldüğu üzere, ayakta duruşta ve yürüyüşte GK kısalığı ayak posturunu pronasyon yönünde değiştirmektedir. Değişen bu postur ile STE eklem açıklığı inversiyon yönünde limitlenmektedir. Ayak bileği dorsi fleksiyonunun aktif ve pasif olarak limitli olması, fonksiyonel açıdan diz eklemi fleksiyon kısıtlanmasına sebep olabilmektedir. Çömelme gibi ayak bileği dorsi fleksiyonu, diz ve kalça fleksiyonu hareketlerinin ortaya çıktığı aktivilerde, GK kısalığı aktivite sırasında diğer eklemleri de etkileyerek sınırlı eklem açıklığına neden olmaktadır. Bu durum karşımıza bulgularımızda görüldüğu gibi diz fleksiyonunda hareket aralığı azalma olarak çıkmaktadır. Kas kısalığı bir zincir gibi distalden proksimale doğru yayılabilmekte, özellikle GK ile aynı fasyayı paylaşan diz fleksorlerinin kısalması ile

sonuçlanmaktadır. Kalça fleksorlerinin de bu kısalığa eşlik ederek, GK kısalığının proksimal kaslara etkisini görmekteyiz. Bunlarla birlikte AÖAAT olduğu gibi GK kısalığının dorsi fleksiyon limitasyonu oluşturması, hareket kabiliyetinde azalamaya neden olacaktır. İGKK kaynaklı ayak posturunun pronasyonda olması, ayak bileğinde dorsi fleksiyon, STE’de inversiyon ve dizde fleksiyon limitasyonu ile birlikte diz ve kalça fleksorlerinde ki kas kısalıkları anket sonuçlarında görüldüğü gibi fonksiyon kayıplarına ve ayağın dizilimde olumsuz değişimlere neden olmaktadır. Yaptığımız statik pedobarografik analizlerde İGKK’da ön ve arka ayaktaki basınç dağılımı değişmektedir. Ayakta duruştaki ayak ile yer arasındaki basıncın değişiminde de rol oynayan GK kısalığı, ön ayaktaki basıncı arttırıp, arka ayaktaki basıncın azalmasına sebep olmaktadır. Bu durumda ön ayağa binen fazla yük uzun vadede bireylerin ön ayak patolojilerine sebep olabileceği yorumlanabilir. Arka ayaktaki basınç azalması, ayak mekanisi düşünüldüğünde stabilizasyonu zayıflamış bir arka ayağa neden olmaktadır. Dinamik pedobarografik analiz ile yürüyüşte ise sagittal eksene göre ayağın dış rotasyonu ve STE’de oluşan pronasyon pozisyonlaması, ayağın stabilizasyonunu sağlayan orta ayak kilitlenmesini zayıflatmaktadır. Orta ayak kilitlenmesinde yaşanacak olumsuz durum yürüyüş boyunca ön ayak ile ayak medialine yüklenmeyi ve basınç alanlarını arttırmaktadır. Bu durumda ayak tabanında oluşan maksimum basınçlar, artan ön ayak ile ayak medialli basınç alanları nedeniyle daha uzun sürede zirve değerine ulaşmaktadır. GK kısalığından kaynaklı daha uzun sürede maksimum basınç değerine ulaşan ayak tabanı bölümleri, vücut yükünün ayaktaki yüklenme oranını arttırmaktadır. Bulgularımıza ve literatüre bakıldığında, bu basınç değişimlerin patolojik durumlara zemin hazırlayabileceğini düşünmekteyiz Yapılan klinik testler ve anketlerle, İGKK tespiti, yol açabileceği biyomekaniksel sorunlar ve fonksiyon kayıpları ile plantar basınç değişimleri bir arada yorumlanabilmektedir. Literatüre sunduğumuz bakış açısının, belirttiğimiz gibi tanı ve tedavi yöntemlerinde etkili olacağını düşünmekteyiz. Çalışmamızda ki sonuçların klinik uygulama ve alan çalışmalarına yol gösterici olmasını ummaktayız.

Çalışmamızda alt ekstremite açısız ve kısalık değerleri ölçümleri, klinisyenlerin sık kullandığı yöntem olan gonyometrik ölçüm ile yapılmıştır [15, 44-51]. Lumbal ekstansor kas kısalığı değerlendirilmesi, sık kullanılan ve güvenilir bir

yöntem olan Modifiye Schober Testi ile yapılmıştır [51]. Sakral inklinasyon açısı değerlendirmesinde en güvenilir yöntem radyografik değerlendirmedir [52]. Ancak klinik uygulamalarda hızlı ve pratik olmasıyla inklinometre ile elde edilen verilerin kullanılması da söz konusudur [53]. Bundan dolayı çalışmamızda sakral inklinasyon açısı inklinometre ile değerlendirilmiştir. Ayak posturunu sayısal veri olarak değerlendirmemizi sağlayan API, postur hakkında daha net bilgi sahibi olmamızı ve diğer ayak posturları ile karşılaştırma yapma imkanı sağlar. API'de -2, +2 arasında değer alan ayak posturları, pronasyon, nötral veya supinasyonda olduğu durumları değerlendirmemizi sağlamaktadır [54]. Ayak posturu, ayak dinamiklerinin anlaşılabilmesi için önemlidir. Çalışmamızda kullanılan API ile bireylerin ayak posturları elde edilen sayısal veriler karşılaştırılmıştır. Ayağın fiziksel ve fonksiyonel durumları, bireylerin fiziksel aktivite düzeyleri ve alt ekstremitte fonksiyonellik düzeylerinin belirlenmesinde uluslararası geçerliği ve güvenilirliği bulunan sırasıyla; AOFAS, IPAQ ve AEFS anketleri çalışmamızda kullanılmıştır [55-59]. Bu anketlerin çalışmamızda ki diğer yöntemler ile kullanılması, elde edilen verilerin birbirlerinin sağlamasını yapmasına olanak sağlamaktadır. Plantar basınç analizinde mürekkep ile kullanılan aparatlar, ayağın plantar yüzeyi boyunca meydana gelen maksimum basıncı kaydetmek için kullanılmıştır. Bu yöntem bilgisayarların gelişimine kadar rutin klinik çalışmalar için elverişli olmamasına rağmen kullanılmıştır. Teknolojik gelişmenin sağlık alanına sunduğu pedobarografik değerlendirme yöntemi, kullanım kolaylığı ve objektif veriler elde edilmesini sağlamıştır. Çalışmamızda da pedobarografik analiz, RsScan-Footscan® platformu ve yazılımıyla, statik ve dinamik olarak yapıldı [60, 61].

Çalışmamızda ki değerlendirme yöntemlerin objektif veriler sunması, çeşitliliği ve uygulanabilirliği, İGKK'da gerçekleştirilecek alt ekstremitte biyomekanisi, fonksiyonellik ve plantar basınç dağılımı değişimlerinin bir arada değerlendirilmesi olanağını sunmaktadır.

### **5.1. Ayak Bileği Hareketleri**

Ayak bileğinin dorsi fleksiyonu yürüme periyodunda vücudun öne aktarılmasını sağlayan en önemli eklem hareketlerinden biridir. İGKK'da ayak bileğinin dorsi fleksiyon yönündeki eklem hareket açıklığı limitlenir. Değişen bu

mekanik ön, orta ve arka ayak patolojilerine neden olabilir. Yürüyüş dinamiklerinin bozulmasıyla fonksiyon kayıpları da yaşanabilir [63]. Literatürde yürüyüşün gerçekleşmesinde 5-10 derece dorsi fleksiyonun gerekli olduğunu bildirilmektedir [64]. Ancak dorsi fleksiyondaki limitlenme ön ve orta ayağa fazladan yük bindirmektedir. Yük dağılımındaki bu değişim, STE ve talonavikular eklemler başta olma üzere ayağın yürüyüş sırasında stabil hale gelebilmesini sağlayan eklemlerde hipermobiliteye sebep olabilir [63]. Ayak bileğinin plantar fleksiyonu İGKK'da normal eklem hareket açıklıklarını korusa da kısıklık söz konusu olduğunda, GSKK'nın fonksiyonunu etkilemektedir. Çift eklem kat eden GSKK ayak bileğinin plantar fleksiyon kuvvetinin %80'ini oluşturur. Diz eklemi ekstansiyonda iken ayak bileği dorsi fleksiyonu en yüksek torkunu açığa çıkarır. GK kısa olduğunda, diz eklemi fleksiyon ve ayak bileği plantar fleksiyon yönünde konumlanabilmekte, oluşan plantar fleksiyon torku azalabilmektedir [65]. İGKK ve kontrol gruplarının ayrımını yaptığımız GK kaynaklı dorsi fleksiyon limitasyonu, İGKK grubunda kontrol grubuna göre diz ekstansiyonda ve fleksiyonda konumlu iken daha fazla olduğu görülmektedir. Soleus kası kısıklığının tek başına görülmemesi göz önünde bulundurulduğunda, İGKK grubunun diz fleksiyonda iken oluşan dorsi fleksiyon açısı değerlerinin daha az olmasını açıklamaktadır. Çalışmamızda elde edilen ayak bileğine ilişkin aktif ve pasif açı ölçüm değerlerinde, İGKK'ya sahip olan bireylerde kısıklıkla uyumlu bir şekilde dorsi fleksiyon açısı değerlerinin kısıtlandığı görülmüştür. Plantar fleksiyon açısı değerlerinde her iki grupta anlamlı bir farklılık olmamasına rağmen, AOFAS fonksiyon skorlamasında bulunan anlamlı sonuca bakılarak, literatürde belirtilen İGKK'nın neden olduğu plantar fleksiyon maksimum tork kaybının ayağın fonksiyonunu etkileyebileceği sonucuna varılabilir [65].

## 5.2. Başparmak Dorsi Fleksiyonu Hareketi

GSKK anatomik olarak AT, kalkaneus, plantar facia ve sesamoid kemikler ile 1. metatars başına bağlanarak ayak başparmak ile ilişkili kurar. İGKK söz konusu olduğunda diz ve kalça eklemi ekstansiyonunun sağlanmaya başlandığı yürüyüşün orta duruş fazında GK gerilir ve metatars başlarına deforme edici kuvvet uygular. Yürümede oluşan bu gerilimden kaynaklı ön ayak deformiteleri ve ön ayak ağrıları eklem hareketlerinde kısıtlılıklara ve yürüşün enerjii aktarma dinamiklerinde bozulmaya sebep olur [66]. Gerilme kuvvetinin 1. metatarsı valgus

yönüne çekme eğilimi vardır. Valgusa yönelme halluks valgus deformitesine ve bununla beraber başparmak dorsi fleksiyonunda limitlenmeye neden olur [67]. İGKK mevcut 182 bireyde yapılan bir çalışmada 128 bireyin ayak başparmağının valgus yönüne gittiği ve dorsi fleksiyonlarının limitlendiğini bulunmuştur [68]. Bizim çalışmamızda İGKK ve kontrol grubu arasında başparmak dorsi fleksiyonunda anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalışmamızda dışlanma kriteri olarak aldığımız herhangi bir ayak deformitesine sahip olmamak maddesi başparmak dorsi fleksiyonunda anlamlı fark bulamamamızı açıklayabilir. İGKK'ya sahip bireylerin yaş ortalamaları bize genç bireyler olduğunu göstermektedir. İlerleyen yaşlarda bu bireylerin ön ayak deformiteleri ile eşlik edebilecek hareket kısıtlıklarına eğilimli olacağı yorumlanabilir.

### 5.3. Subtalar Eklem Hareketleri

Ayak bileği ekleminde ortaya çıkan hareket sagittal düzlemde görülürken, STE de ortaya çıkan hareket daha çok frontal düzlemde supinasyon ve pronasyon olarak ortaya çıkar, ancak bu iki eklem hareketleri birbirini biyomekanik olarak etkilemektedir. [69]. Çalışmamızda sağ ve sol ayak STE aktif ve pasif hareketlerinin ölçümleri karşılaştırıldığında, eversiyon açısal değerleri yönünden İGKK ve kontrol grupları arasında fark bulunmamıştır. Ancak her iki ayakta, STE'in aktif ve pasif olarak ölçülen inversiyon hareketinin açısal değerlerinin kontrol grubunda daha fazla olduğu bulunmuştur. STE'in oblik ekseninde ortaya çıkan eversiyon ve inversiyon hareketi kalkaneal tuberküle yapışan AT ile yönlendirilir. Kalkaneusun pozisyonu büyük ölçüde AT tarafından belirlenir. AT kalkaneusa, lateralden hafifçe orta hatta doğru yapışır. İGKK'da ise Aşil subtalar eklem lateraline doğru yer değiştirerek kısılır ve kalkaneusun plantar fleksiyonuyla birlikte eversiyona gidişine neden olur. Bu eylemlerin her ikisi de vücut ağırlığını ayağın iç kısmına yönlendirerek talusa ve navikulaya yükler. Ayakta oluşan bu pronasyon pozisyonlanması zamanla medial longitudinal ark yüksekliğinin azalmasına neden olur [70]. Bu patomekanik gelişme, İGKK olgularında supinasyon hareket genişliğinin, kontrol grubu olgularımızdan daha az değerde ölçülmesini açıklamaktadır. Literatürde, AT'yi oluşturan kaslardan GK'nın kısalığının STE'in eversiyona gidişine ve arka ayağın pronasyonuna neden olduğu çalışmalarda bildirilmiştir [8, 32, 35, 70].

#### 5.4. Ağırlıklı Öne Adım Alma Testi (AÖAAT)

AÖAAT ayak bileğinde oluşan dorsi fleksiyon açısının ölçüm yöntemlerinden biridir [45]. İGKK kaynaklı deformitelerden olan arka ayak pronasyonu artışına ve medial longitudinal arkın düşüklüğüne neden pes planus, dorsi fleksiyonu limitasyonu ile karakterizedir. Pes planus deformitesine sahip ayakların, normal posture ve pes cavusa sahip ayaklara göre AÖAAT ile yapılan ölçümlerde dorsi fleksiyon limitasyonuna sahip olduğu saptanmıştır [71]. AÖAAT’de ortaya çıkan dorsi fleksiyon limitasyonu, dinamik olarak postural dengeyi de olumsuz etkiler. Yapılan bir çalışmada, AÖAAT ile dorsi fleksiyonu limitli olduğu tespit edilen bireylerin yıldız balans testinin öne uzanma bölümünde kısıtlılıklar yaşadığı raporlanmıştır. Bu kısıtlılığın nedeni olarak ayak bileği eklem kinematiklerinden veya GSKK kısılalığı düşünülmüştür [72]. Başka bir çalışmada AÖAAT ile saptanan dorsi fleksiyon limitasyonunun ayak bileği eklem kinematiklerinden daha çok GSKK kısılalığı ile ilişkili olduğu ortaya konmuştur [73]. Fonksiyonel olarak ayak bileği dorsi fleksiyon açısı değerlerinde ki azalma, bireylerin gündelik yaşamlarında kısıtlılıklar oluşturabileceği öngörülebilir. Çalışmamızda da fonksiyonel bir değerlendirme yöntemi olan AÖAAT ölçümleri sonucunda, İGKK grubunun kontrol grubuna göre ayak bileği dorsi fleksiyon hareketleri limitli bulunmuştur. Literatürde gösterildiği gibi GK kısılalığı ayak bileği normal eklem hareketi limitlenmesine, dorsi fleksiyon hareketi kaybına neden olabilir. Çalışmamızdaki AÖAAT ölçümlerinin sonucunda bulunan dorsi fleksiyon limitasyonunun, İGKK kaynaklı olduğu görülmektedir.

#### 5.5. Diz Eklemine Ait Açısal Ölçümler

GK ayak bileği ve diz eklemlerini kat eden anatomik yapısıyla, GK kısılalığının her iki eklem üzerine etkileri bulunur. Literatür incelendiğinde GK kısılalığında, diz eklemi valgite açısı ölçümü değerlendirmelerinin yapıldığı çalışmaların kısıtlı olduğu görülmektedir. GK kısılalığının diz eklemine dinamik yapısına etkilerinin incelendiği bir çalışmada GSKK kaynaklı dorsi fleksiyon limitasyonu olan bireylerin, çömelme sırasında diz eklemlerinde valgus yönüne gitme eğiliminin fazla olduğu gösterilmiştir. Aynı çalışmada dorsi fleksiyonu limitli olmayan bireylerin, çömelme sırasında dizlerini varus pozisyonunda tutarak, hareket esnasında daha stabil eklem yapılarına sahip oldukları gösterilmiştir [74]. GK

kısalığının mevcut olmadığı pes planus deformitesine sahip bireylerde, diz eklemının diğer açılardan olan Q açısının değışmediği görölmüşür [75]. GK kısalığında diz eklemi fleksiyon hareketinin de limitlendiği görölebilir. GK kısalığı olan bireylerin, diz eklemi fleksiyonunun ve çömelme hareketinin, GK kısalığı olmayan bireylere göre limitli olduğu gösterilmiştir [71]. Çalışmamızda İGKK grubu ve kontrol grubu arasında diz eklemi hiperekstansiyonu açısından fark yoktu. Özellikle dinamik durumlarda ortaya çıkabilen Valgite ve Q açılardaki farklar, çalışmamızda statik ölçümlerle elde edilmesinden kaynaklı olabileceğini düşündüğümüz gruplar arasındaki değerler benzerlik göstermiştir. Çalışmamızdaki diz eklemi fleksiyon açısı ölçümlerinde, İGKK grubu daha az hareket açıklığı göstererek, literatür ile uyumlu veriler elde etmemizi sağlamıştır. Literatürde göröldüğü gibi GK kısalığında diz eklemi dinamiklerinde değışimler olabilmektedir [74, 75]. Çalışmamızdaki bulgular İGKK'ya bağlı olarak diz eklem hareket açıklığının etkilendiğini göstermektedir.

#### **5.6. Kalça Fleksorleri Kısalık, Diz Fleksorleri Kısalık, Lumbal Ekstansor Kısalık Değerleri ile Sakral İnklinasyon Açısı**

İGKK'da diz fleksorleri, kalça fleksorleri, lumbal ekstansorler ve sakral inklinasyon açısı ölçümlerindeki değışiklikler, birçok patolojik tablo incelendiğinde birbirleri ile eşzamanlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Hamstring kısalığının plantar fasiiti bulunan bireylerde 8,7 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada 105 plantar fasiitli bireyde yapılan ölçümlerde 66 bireyin hamstring kısalığına, 99 bireyin de GK kısalığına sahip olduğu görölmüşür [76]. 13-14 yaş aralığındaki öğrenciler üzerinde yapılan fonksiyonel testlerde ise İGKK bulunan bireylerin kalça fleksorleri ve diz fleksorlerinin kısa olduğu bulunmuştur. Aynı çalışmada fonksiyonel bir test olan yıldız balans testinin öne doğru yapılan bölümünde dorsi fleksiyon kısıtlılığının anlamlı derecede olduğu görölmüşür [77]. GK ve hamstring, diz eklemi fleksiyonu hareketini paylaştıklarından dolayı bu iki kas grubunun kısalığı genellikle beraber seyretmektedir. Buna kalça fleksorlerinin kısalığı da eşlik edebilir. Kısalık fasialar arasındaki bağlantılar ile zincir halkaları gibi proksimal kısımlara kadar uzanabilmektedir. Bu kısalıklar sonucunda sakral inklinasyon açısındaki değışimler ve gövdenin öne eğilmesindeki limitasyonlar literatürde bildirilmiştir [78, 79]. Kısalık zincirinin neden olabileceği lumbal bölge sorunlarından bel ağrısı bulunan bireylerde yapılan bir çalışmada GK, hamstring ve iliopsoas kaslarına germe içeren

egzersiz programı uygulanmış ve anlamlı olarak olumlu sonuçlar raporlanmıştır [80]. Çalışmamızda İGKK bulunan bireylerin kalça fleksorleri ve diz fleksorleri yapılan değerlendirmeler sonucunda literatür ile uyumlu bir şekilde kısa olarak bulunmuştur. Distalden proksimale doğru uzanan bu kas kısalıkları ayak, ayak bileği, diz, kalça, pelvis ve lumbal bölge patolojilerinin çoğunun birincil veya ikincil olarak nedeni olduğu gösterilebilir. Bundan dolayı bir kas grubunun kısalığı incelenirken, ilişkili olduğu diğer kasların da değerlendirilmesi için çalışmamızdaki bulgular önem taşımaktadır. Literatürde hamstring kısalığı ile sakral inklinasyon ve lumbal ekstansor kısalığı arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Birçok çalışmada sakral inklinasyon açısı değişimi ve lumbal ekstansor kas kısalıkları hamstring kası ile ilişkilendirilir. Ancak hamstring ve GK'nın fasialar aracılığıyla anatomik bağlantısından dolayı bu değişimlerin İGKK ile de ilişkisi vardır. Çalışmamıza katılan İGKK ve kontrol grubunda sakral inklinasyon açısı ve lumbal ekstansor kısalığı değerlendirmeleri sonucu anlamlı fark bulunamamıştır. Çalışmaya katılan bireylerin yaş aralığından genç popülasyon olduğunu görülmektedir. Bundan dolayı kısalık zincirindeki proksimal etkilenimin daha az olduğu düşünülmektedir.

### 5.7. APİ, AOFAS, IPAQ ile AEFS

Ayak ve ayak bileği mekaniğinde etkisi olan faktörler, ayak posturu üzerinde değişimlere neden olur. Ayak posturunda oluşan değişimlerin skorlandığı APİ birçok çalışmada değerlendirme kriteri olarak kullanılır. GSKK'de kısalık görüldüğü durumlarda, bu kasın tendon yapısının arka ayakta ortaya çıkan pronasyon hareketinin süresini ve miktarını arttırarak ayak posturu üzerine patomekanik etkiler açığa çıkarabildiği bilinmektedir. Arka ayakta artmış pronasyon ayağı fleksible hale getirerek ön ayak bulguları oluşturabileceği gibi, medial longitudinal ark yüksekliğini de azaltacaktır [81]. Arka ayak sorunlarından olan kronik plantar topuk ağrısı bulunan bireylerde, APİ ve İGKK değerleri incelendiğinde, APİ skorları ayakların pronasyon posturu gösterdiği ve İGKK'nın buna eşlik ettiği görülmüştür [82]. GK'nın ayak posturu üzerine etkisini anlamak için yapılan başka bir çalışmada, koşma gibi uzun süreli GK aktivitesi gerektiren durumlarda, GK'da oluşan sertlik ile ayak posturunun pronasyon yönünde değiştiği belirtilmiştir [83]. Proksimal eklemlerin sorunlarında ayak posturu incelendiğinde ise patella femoral ağrı sendromlu kişilerde APİ skorlarının pronasyon yönünde olduğu görülmektedir [84].



Çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak İGKK bulunan bireylerin her iki ayaklarına ait APİ skorları ayaklarının pronasyon posturune sahip olduğunu göstermiştir.

AOFAS ağrı, fonksiyon, dizilim ve bunların toplam skorları üzerinden ayağın değerlendirmesini yapan ankettir. Literatür incelendiğinde İGKK görülen bireylerin AOFAS değerlerinin etkilendiği görülmektedir. Çalışmamızda İGKK ve kontrol grubu olguları AOFAS'ın tüm alt skorları açısından karşılaştırılmışlar ancak fonksiyon ve dizilim alt skorları açısından gruplar arasında fark olduğu saptanmıştır. Bu fark kontrol grubu olgularında bireylerin algıladığı fonksiyon ve ayağın dizilim özelliklerinin daha iyi olduğu yönünde bulunmuştur. Çalışmamızdan elde ettiğimiz bu sonuçlar, yukarıda sonuçları verilen ve ilgili literatür ile tartışılan ayak bileği ve STE hareketleri, arka ayaktaki artmış pronasyon ve bunların olumsuz biyomekanik etkileri göz önüne alındığında tahmin edilebilir ve beklenen bir sonuçtur. İGKK sonuçlarından biri olarak görülen plantar fasit patolojisinin bulunduğu hastada GK germe egzersizinin de bulunduğu tedavi programı uygulaması sonunda, AOFAS skorunda yükselme olduğu raporlanmıştır [85]. Genç sedanter bireylere bakıldığında ise İGKK sonuçlarından olan pes planusa sahip bireyler ve sağlıklı bireyler arasında AOFAS skorlarında anlamlı düzeyde bir fark olmadığı bulunmuştur [86]. AOFAS ağrı ve toplam skorlarında her iki grup arasında anlamlı düzeyde fark bulunmamasının, genç bireyler üzerinde çalışma yaptığımızdan kaynaklı olduğu düşünülebilir. Çalışmamızdaki AOFAS skorları, İGKK'nın ayak sağlığına olumsuz etkisi olduğunu göstermekte ve bu durumun literatüre katkıda bulunacağını ortaya koymaktadır.

IPAQ uzun form, bireylerin fiziksel aktiviteleri ile ilgili skorlama yapılmasını sağlayan ankettir. IPAQ İGKK olan bireylerde değerlendirildiğinde, GK ve biceps femoris kas kısalığı olan bireylerin skorları, kas kısalıkları olmayan bireylere göre anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür [87]. Ancak İGKK'nın neden olabildiği Aşil tendinopatisine sahip bireylerin IPAQ skorları sağlıklı bireylere göre düşük bulunmuştur [88]. Çalışmalarda belirtildiği gibi patolojik bir sorun oluşturmayan kas kısalıkları bireylerin gündelik fiziksel aktivitelerinde limitasyon oluşturmamaktadır. Çalışmamızın dahil edilme kriterlerinden olan ayak ve ayak bileğine ilişkin herhangi bir patolojik durum olmaması, çalışmamızda literatür ile uyumlu bir sonuç ortaya

çıkarmıştır. Çalışmamızda, İGKK olan bireyler ve İGKK olmayan bireyler arasındaki IPAQ skorlarının anlamlı fark oluşturmadığı bulunmuştur. İGKK bulunan ve patolojik bir durumun olmadığı sağlıklı ayaklara sahip bireylerin, elde edilen veriler ile fiziksel aktivite düzeylerinin etkilenmediği sonucuna varılabilir.

AEFS değerlendirmesi bireylerin gündelik yaşantılarındaki aktivitelerden yola çıkarak hazırlanmış olup, birçok ayak ve ayak bileği ile ilişkili patolojik durumda literatürde kullanılmaktadır. İGKK sonuçlarından olan Aşil tendiniti patolojisinin bulunduğu birey üzerinde yapılan vaka çalışmasında GK germe egzersizin de bulunduğu tedavi programı uygulanmış, AEFS skorunun tedavi öncesine göre yükseldiği görülmüştür [89]. Ancak İGKK ile ilişkili durumlardan olan plantar fasiit için uygulanan ultrason ve germe egzersizlerinin bulunduğu tedavi programında, bireylerin dorsi fleksiyon açısal değerlerinin artmasına rağmen AEFS skorlarının değişmediği görülmüştür [90]. Ayak bileğinde immobilizasyonun gerekli olduğu kırık vakalarında, immobilizasyon sonrasında gelişen plantar fleksor kontraktürü, ayak bileği dorsi fleksiyonunu limitler. Ayak bileğinde oluşan bu limitasyon için uygulanan aktif egzersiz ve pasif germeler içeren 4 haftalık tedavi programını tamamlayan bireylerin, uygulama öncesine göre uygulama sonrası AEFS skorlarında anlamlı bir değişiklik olmamıştır [91]. İGKK'nın neden olduğu birçok patolojik duruma sahip bireyler incelendiğinde ise bireylerin dorsi fleksiyon açısal değerlerinin ortalaması cerrahi endikasyon sınırlarında olduğunu gösteren bir çalışmada, bu bireylerin AEFS skorlarının düşük bulunduğu bildirilmiştir [92]. Literatüre bakıldığında AEFS skorları genelde patolojik durumlarda değerlendirme kriteri olarak kullanılmıştır. AEFS değerlendirmesi çalışmalarda belirtildiği gibi patolojik durum varsa düşük görülür ve dorsi fleksiyon artışının sağlanmasına rağmen anlamlı bir değişiklik göstermemektedir. Çalışmamızda İGKK olan ve olmayan bireylerin, dışlanma kriterlerimize göre patolojik bir durumları yoktur. İGKK bulunan, cerrahi endikasyonuna ve ayak patolojisine sahip olmayan sağlıklı bireylerin AEFS sonuçları, İGKK bulunmayan bireylerle benzerlik gösterecektir. Her iki grubun AEFS skorlarının karşılaştırılmasında, dahil edilme kriterlerimizden ve bireylerin genç popülasyonda olmasından dolayı anlamlı fark oluşturmadığını düşünmekteyiz.

### 5.8. Statik Plantar Basınç Analizi

Sonuçlarımız, İGKK'da ayak bileğinin dorsi fleksiyon yönündeki eklem hareket açıklığının kısıtlandığını ortaya koymuştur. Ayrıca İGKK'ya bağlı olarak ortaya çıkan ön, orta ve arka ayak patolojileri sonucu, yürüyüş dinamiklerinin bozulmasıyla fonksiyon kayıpları da yaşanabilmektedir [63]. Birçok çalışmada, İGKK ve kas kısalıkları ile ilişkili patolojik durumların etkilerinin değerlendirilmesinde statik plantar basınç dağılım analizleri yöntem olarak kullanılmıştır. Ön ayağa fazla yük binmesine neden olabilen İGKK'ya sahip bireylerin GK ressesyon ameliyatı sonucunda yapılan pedobarografik değerlendirmelerinde ön ayağa binen yükün azaldığı görülmüştür [93]. GK'nın ayak tabanı basıncı üzerine etkisini anlamak için yapılan bir çalışmada, bireylere uzun süreli GK aktivitesi gerektiren koşu programı uygulanmıştır. Bu bireylerin koşu sonrasında yapılan pedobarografik ölçümlerinde ön ayağına ve topuk medialine binen yüklerin koşu öncesine göre arttığı gözlemlenmiştir [83]. Bir diğer plantar fleksor olan tibialis posterior kasının yorgunluğunun sonrasında yapılan statik ayak tabanı basınç değerlendirmesinde ise anlamlı fark görülmemiştir [94]. Bu iki durum, dominant plantar fleksor olan GK'nın yorgunluğunda dahi plantar basınçta değişimler oluşturduğunu göstermektedir. Artmış arka ayak pronasyonuna sahip bireyler ile yapılan bir çalışmada ise tabanlık kullanılarak ayak posturuna müdahale edilmiş, sonrasında yapılan statik ayak tabanı basınç değerlendirmesinde, tabanlık ile ön ayağa binen yükün azaldığı ve arka ayağa binen yükün arttığı gösterilmiştir [61]. Literatüre bakıldığında İGKK olan bireylerin de arka ayaklarına binen yük azalırken, ön ayaklarına binen yük artmıştır. Çalışmamızda İGKK olan ve olmayan bireylerin statik ayak tabanı basınç değerlendirmesinde, İGKK grubunun sol ön ayaklarında basınç alanlarının kontrol grubuna göre yüksek olduğu görülmüştür. İGKK olgu grubunun sağ arka ayaklarının basınç alanlarına ilişkin değerlerin ise, kontrol grubunun sağ arka ayaklarından elde edilen değerlerden düşük olduğu bulunmuştur. Veriler incelendiğinde, statik ayakta duruş sırasında, İGKK bulunan bireylerde sol ön ayak basınç alanı artarken sağ arka ayakta azalmıştır. Elde ettiğimiz bu sonuçlar detaylı incelendiğinde, kontrol grubuna göre İGKK grubunda sol arka ayak basıncı azalmış, sağ ön ayakta basınç artmış olduğu görülmektedir. Bu iki veri istatistiksel olarak fark oluşturmasa da İGKK grubunda sonuç olarak her iki ön ayakta basınç

artışı, her iki arka ayaklarında basınç azalması mevcuttur. Literatürde İGKK'ya bağlı pedobarografik değişimlerin incelendiği çalışmaların sonuçları ile çalışmamızda elde edilen sonuçlar uyumluluk göstermektedir.

### 5.9. Dinamik Plantar Basınç Analizi

İGKK mevcut olan bireylerin alt ekstremitayı etkileyen biyomekaniksel değişimlerle karşılaştığı gösterilmiştir. Birçok patolojik duruma zemin hazırlayan İGKK, statik olarak ölçülen plantar basınç dağılımı analizlerinde değişikliğe neden olabileceği gibi, yürüme ve koşma gibi dinamik aktiviteler sırasında da plantar basınç değişimlerine sebep olabilmektedir [95, 96]. Ayak tipi, dinamik olarak insanın yerle temas halinde kaldığı sürenin verimliliğini azaltır veya artırır. İGKK'nın ayak yapısını ve alt ekstremita dizilimini değiştirebildiği, bununla beraber bireylerin değişen mekanik ile patolojik durumlar ile karşılaştığı bilinmektedir [8, 15]. Ancak İGKK'nın mevcut olması ayak tipinin değişeceği anlamına gelmemektedir [97]. Bununla birlikte dinamik ölçümlerde İGKK'da ayak tipi ne olursa olsun ayak taban temasının yer ile ilişkisinin değiştiği bilinmektedir [83, 93, 94]. Ayağın yürüme esnasında sagittal eksen ile arasındaki açı olan ayak eksen açısı, dinamik olarak, ayak ile yer temasının yük dağılımları hakkında bize bilgi verebilmektedir. 5-16 yaş aralığındaki çocuklar ile yapılan bir çalışmada, çocuklarda yürüme sırasında ayak eksen açısının artmasıyla oluşan dış rotasyonun ayağın medial tarafına daha fazla yüklenmeye sebep olduğu belirtilmiştir [95]. Bilindiği gibi ayak medialine fazla yük binmesi ayağın pronasyona gidişinin sonucudur [96, 98]. Ayak yürüyüş sırasında aşırı pronasyon pozisyonunda olursa ayağın medail tarafı ile birlikte ön ayağa da binen yük artacaktır [98]. Ayağın pronasyona gidişinin sorumlusu olarak gösterilen GK medial başı [12, 15, 19], yürüme ve koşmada kısıklık söz konusuysa ayak teması sağlandığı andan itibaren ayağın pronasyona gidişine neden olabilmektedir. Ayrıca arka ayağın pronasyonu mobilizasyon boyunca devam etmektedir [96]. Yürüme sırasında İGKK'nın dinamik etkilerinin sonucu metatars başlarına fazla yük binmektedir [99]. Bir topuk yükseltisi ile yürürken görece olarak İGKK'ya sahip gibi davranan ayakların incelendiği bir çalışmada bireylerde, ayak tabanı basıncı pik değerleri, ön ayak basınçları, impuls ve medio-lateral hareketliğinin arttığı görülmüştür [100]. Bu Medio-lateral hareketin artışı üst eklemleri de etkileyebilir. Ayağın ayakkabı ile pronasyonda pozisyonlandığı başka bir çalışmada, ayağın

pronasyonda olması dizde oluşan adduksiyon momentini arttırarak, diz sağlığını olumsuz etkileyeceği gösterilmiştir [101]. Literatüre göre dinamik ayak tabanı basınç değerlendirmeleri, İGKK'nın ayak ile yer arasında oluşan dinamik basınç parametrelerinde değişimlere neden olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmamızda ayak eksen açısının verildiği tabloda, çalışmaya katılan İGKK olan bireyler ile İGKK olmayan bireyler arasında istatikselsel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen tablodaki veriler incelendiğinde, İGKK olan ayakların sagittal eksene göre daha fazla dış rotasyon yaptığı görülür. Yürüyüşte arka ayağın pronasyon pozisyonunda seyrettiğini ifade eden STE minimum açısı, her iki grubun sol ayaklarında anlamlı fark oluşturmuş, İGKK olan bireylerin sol arka ayaklarının yürüyüşte pronasyon posturu gösterdiği bulunmuştur. Sağ ayakların her iki grup arasında istatikselsel fark oluşturmamasına rağmen veriler incelendiğinde, İGKK grubunun kontrol grubuna göre daha fazla pronasyon posturu gösterdiği söylenebilir. Yürüyüş sırasında ayak eksen açısının ifade ettiği ayağın dış rotasyon artışı ve arka ayağın pronasyon posturu, İGKK'da ayağın medial yönde yüklenmesinin fazla olduğunu göstermektedir. Ayak taban basıncını temas alanlarındaki değişiklikler incelendiğinde, sağ 5. metatars başı temas alanı verisi istatikselsel olarak anlamlı fark oluşturmuş, diğer metatars başlarında temas alanı verileri istatikselsel fark oluşturmamıştır. Ancak veriler incelendiğinde, İGKK grubunun diğer metatars başlarının temas alanı verileri artmış olarak görülmektedir. Bu da GK kısalığı sonucunda ön ayağın yer ile temasının daha geniş yüzeyde gerçekleştiğini göstermektedir. GK kısalığında ön ayak temas alanlarındaki artış, yürüyüş boyunca artmış arka ayak pronasyonuna ve kısıtlı inversiyon hareketine bağlı olarak, distale doğru midtarsal eklemden itibaren ayağın yere tutunmaya çalışması ile açıklanabilir. STE'nin kısıtlı inversiyonu midtarsal eklemin supinasyona gidişi ile karşılanarak, sağ 5. metatars başı temas alanında istatikselsel fark oluşturmuş olabilir. Sonuç olarak, ayak biyomekanisi ve GK kısalığının etkileri göz önünde bulundurulduğunda, İGKK grubunun ön ayak basınç temas alanının kontrol grubuna göre artış gösterdiği bulunmuştur. Ayak tabanı basınç yüklenme oranlarının verildiği tabloda 2. metatars başı anlamlı fark oluşturarak, İGKK'da fazla olduğunu gösterir. Diğer metatars başları ve medial topuk anlamlı fark oluşturmasa da tablo incelendiğinde İGKK'da değerlerin arttığı görülebilir. Basınç yüklenme oranı, maksimum basınca ulaşma hızını ifade ettiğinden, bulgularımızda

da görülen artan arka ayak pronasyonu ile fleksible hale gelen ayağın, medial topukta ve ön ayakta maksimum basınca ulaşma hızı daha uzun sürmektedir. İGKK grubunun daha fleksible ayağa sahip olması, istatistiksel fark oluşmasa da kontrol grubunun lateral topukta bu hıza daha uzun sürede ulaşması ile görülebilir. Kontrol grubunda olduğu gibi lateral topukta daha uzun süre basınç karşılayan ayakların pronasyon posturunda olduğunu söyleyemeyiz. Bundan dolayı çalışmamızda, ayakları pronasyon posturunda bulunan İGKK grubunda medial ayak ve ön ayak basınç yüklenme oranları yüksek bulunmuştur. Dinamik pedobarografik analizler sonucunda; yürüyüş sırasındaki ayağın İGKK'da, pronasyon posturu gösterdiği, ön ayakta temas alanlarının arttığı, arka ayağın artmış pronasyonu ile ayağın fleksible hale gelerek medial yüklemenin arttığı, ön ayakta ve ayak medialinde maksimum basınca ulaşma hızının daha uzun sürdüğü görülmektedir. Çalışmamızda elde edilen dinamik olarak ayak tabanında oluşan basınç değerlerindeki değişimleri, İGKK'da ortaya çıkabilecek/çıkan ayak ile yer arasındaki ilişkinin bozukluğunu daha iyi değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Çalışmamız genç ve alt ekstremite patolojisine sahip olmayan bireyler ile yapıldığından, elde edilen verilerin İGKK'da oluşan biyomekaniksel değişimlere ve oluşabilecek muhtemel patolojik durumlara ön fikir oluşturacağı ve literatüre bu konuda katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

### **Limitasyonlar**

- Katılımcıların genç bireylerden oluşması, GK kısalığının ileriki yaşlardaki etkilerinin yorumlanmasını kısıtlayabilmektedir. Daha geniş yaş aralığında GK kısalığı değerlendirmelerinin literatüre katkıda bulunacağını düşünmekteyiz.
- Katılımcılara fleksibilite değerlendirmesi yapılmaması kas kısalıkları konusunda homojenlik sağlamamızı kısıtlamış olabilir. Kas kısalığını değerlendirecek yeni çalışmalarda, fleksibilite değerlendirmelerinin olması gerektiğini düşünmekteyiz.
- Katılımcıların geriye dönük daha uzun süreli ayak sağlığı geçmişi sorgulaması yapılamamıştır. Ayak ve ayak bileğini içeren yeni çalışmalarda bireylerin ayak sağlığı geçmişlerinin geriye dönük daha uzun süreler içinde değerlendirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- ✓ Çalışmamızın sonuçları, İGKK'nın alt ekstremitede biyomekaniksel değişimlere yol açarak, ayak, ayak bileği, diz ve kalça hareketliğini olumsuz etkileyeceğini göstermiştir. Ortaya çıkan biyomekaniksel değişimler sonucunda İGKK'ya sahip bireylerin alt ekstremiteye ilişkin patolojik durumlarla karşılaşma olasılıklarının daha yüksek olduğu göz önünde tutulmalıdır.
- ✓ İGKK'nın arka ayak pronasyonunun arttırmada patomekanik olarak etkili olduğu bir kez daha ortaya konmuştur. Arka ayak pronasyonuna sahip bireylerin subtalar eklemleri değerlendirilmesinde literatürde belirtildiği gibi gastrocnemius kasının kısalığının söz konusu olduğu görülmüş, arka ayak pronasyonu ve ilişkili durumlarda izole gastrocnemius kas kısalığının değerlendirmesinin önem taşıdığı ortaya konmuştur.
- ✓ Alt ekstremitenin bütün eklemlerinin kinetik zincir olarak birbirini etkilediği düşünüldüğünde İGKK'nın diz ve kalça eklemlerinde biyomekaniksel değişimlere yol açabildiği, diz eklem fleksiyonunda limitasyona, diz fleksorleri ve kalça fleksorleri kaslarında kısalığa neden olarak eklemlerin normal hareketliğini limitleyebildiği göz önünde bulundurularak özellikle diz ve kalça sorunları yaşayan bireylerde spesifik ve izole gastrocnemius kası değerlendirilmesinin de yapılmasının önemi ortaya konmuştur.
- ✓ Ayakta oluşan postural değişimlerin İGKK kaynaklı olabileceği sonuçlarımıza bakılarak söylenebilir. Ayakta oluşan pronasyon posturu biyomekaniksel değişimdir ve bireylerin fonksiyonel durumlarını etkilemektedir. Ayak posturu ve ayağın fonksiyonelliği klinik değerlendirmelerinde etioloji olarak İGKK'nın varlığının da değerlendirilmesi gerekliliği ortaya konmuştur.
- ✓ Statik ve dinamik olarak elde edilen pedobarografik analiz sonuçları, İGKK olan bireylerde, olmayan kontrol grubu olan bireylerde olumsuz ve diğer biyomekanik bulguları destekleyecek yönde değişimler göstermektedir. Plantar basınç dağılımı analizlerinin İGKK'daki oluşan plantar basınç değişikliklerinin ayırt edilmesinde ve gösterilmesinde kullanılacak sensitivitede olduğunun gözler önüne serilmesi açısından sonuçlarımız değerli bulunmuştur.
- ✓ Çalışmamızda uygulanan değerlendirme yöntemleri sonucunda elde ettiğimiz veriler, sağlıklı bireylerde, sporcularda ve alt ekstremitelerinde patomekanik

dizilim sorunları yaşayan tüm olgularda, klinik değerlendirmeler ve tedavi yaklaşımlarının belirlenmesinde İGKK varlığının değerlendirilmesinin yön verici olacağı vurgulanmıştır.



## 7. KAYNAKLAR

1. Hertling, D. and Kessler, R.M., *Management of common musculoskeletal disorders: physical therapy principles and methods*. 2006: Lippincott Williams & Wilkins.
2. Neely, F.G., *Biomechanical risk factors for exercise-related lower limb injuries*. Sports medicine, 1998. **26**(6): p. 395-413.
3. Wang, S.S., et al., *Lower extremity muscular flexibility in long distance runners*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 1993. **17**(2): p. 102-107.
4. Ekstrand, J. and Gillquist, J., *The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players*. The American Journal of Sports Medicine, 1982. **10**(2): p. 75-78.
5. Kisner, C., Colby, L.A., and Borstad, J., *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. 2017: Fa Davis.
6. Moseley, A.M., Crosbie, J. and Adams, R., *High-and low-ankle flexibility and motor task performance*. Gait & posture, 2003. **18**(2): p. 73-80.
7. Baddar, A., et al., *Ankle and knee coupling in patients with spastic diplegia: effects of gastrocnemius-soleus lengthening*. JBJS, 2002. **84**(5): p. 736-744.
8. DiGiovanni, C.W. and Langer, P., *The role of isolated gastrocnemius and combined Achilles contractures in the flatfoot*. Foot Ankle Clin, 2007. **12**(2): p. 363-79, viii.
9. Palastanga, N., *Muscles plantarflexing the ankle joint*. In: *Anatomy and human movement: structure and function.*, in Oxford (UK): Heinemann Medical Books. 1989. p. 360–3.
10. Edama, M., et al., *The twisted structure of the human Achilles tendon*. Scand J Med Sci Sports, 2015. **25**(5): p. 497-503.
11. DiGiovanni, C.W., et al., *Isolated gastrocnemius tightness*. J Bone Joint Surg Am, 2002. **84**(6): p. 962-70.
12. Pinney, S.J., Hansen, S.T.Jr., and Sangeorzan, B.J., *The effect on ankle dorsiflexion of gastrocnemius recession*. Foot Ankle Int, 2002. **23**(1): p. 26-9.
13. You, J.Y., et al., *Gastrocnemius tightness on joint angle and work of lower extremity during gait*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2009. **24**(9): p. 744-50.
14. Kostuj, T., et al., *Using the Oxford Foot Model to determine the association between objective measures of foot function and results of the AOFAS Ankle-Hindfoot Scale and the Foot Function Index: a prospective gait analysis study in Germany*. BMJ Open, 2018. **8**(4): p. e019872.
15. DeHeer, P.A., *Equinus and Lengthening Techniques*. Clin Podiatr Med Surg, 2017. **34**(2): p. 207-227.
16. Frank, D., *Atypical Pronation of the Sub-Talar Joint: Its Implications on the Lower Limb.*, in *Faculty of Physical Education and Sport*. 2017, Charles University.
17. Aronow, M.S., et al., *The effect of triceps surae contracture force on plantar foot pressure distribution*. Foot Ankle Int, 2006. **27**(1): p. 43-52.
18. Sarkar, A. and Sawhney, A., *Effects of body mass index on biomechanics of adult female foot*. MOJ Anatomy & Physiology, 2017. **4**.

19. Molund, M., et al., *Proximal Medial Gastrocnemius Recession and Stretching Versus Stretching as Treatment of Chronic Plantar Heel Pain*. Foot Ankle Int, 2018. **39**(12): p. 1423-1431.
20. Alter., M.J., *Science of flexibility (3rd ed.)*. The United States of America: Human Kinetics. 2004.
21. Otman, A.S., *Tedavi hareketlerinde temel değerlendirme prensipleri (8th ed.)*. 2016, Ankara: Pelikan Kitabevi.
22. Yaman, E., et al., *Genç Bayanlarda Statik Gerdirme Egzersizlerinin Vücut Yağ Yüzdesi ve Esnekliğe Etkisi*. Atatürk Üniversitesi BESYO, Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 2004: p. 54-61.
23. Şener, G. and Erbahçeci, F., *Kinezyoloji ve Biyomekanik*. 2016, Ankara: Hipokrat Kitabevi.
24. Myers, T.W., *Anatomy trains: Myofascial meridians for manual and movement therapists (2nd ed.)*. 2009, Maine,USA: Churchill Livingstone.
25. Fredericks, R., *The Flexible Golf Swing: A Cutting-Edge Guide to Improving Flexibility and Mastering Golf's True Fundamentals*. 2014, USA: Rodale Books.
26. Cohen, J.C., *Anatomy and Biomechanical Aspects of the Gastrosoleus Complex*. Foot and Ankle Clinics, 2009. **14**(4): p. 617-626.
27. Gastrocnemius-soleus kas bloğu [internet]. 2018 [Erişim Tarihi: 5 Mart 2020]. <https://www.flickr.com/photos/158940696@N06/25932411948/in/photolist-FvvoAQ-qnkMsk-L2ZD5w-5obciF-3byoJS-mHyvL-bEPZ3P-bXwWaQ-3eVoWT-9kNu4P-cQzmKY-9tHatrcA4MyC-5G6joZ-axwfQS-0j8Med-w6dVg1-K8SPe9-9JPdSQ-9soSAY-9JPdQw-dilvE4-5zaLJv-8H9qyU-aAZnZT-ioobWH-8eTqsN-KKZdCE-RhkrBH-w29Bgf-axtxKe-oFbiqB-9dRfCN-9nBU7s-axtxVD-axtxYD-7QXcSm-6paFDS-axwgqy-8sB5nW-8sB5gm-qv9Jca-axty4F-odGhxj-8pKxVV-8grBJn-8guU2Q-oeyFBX-a9UTfl-axwfNb>.
28. Drake, R., Vogl, A.W., and Michell, A.W.M., *Gray's Tıp Fakültesi Öğrencileri için Anatomi*. 2017, Güneş Kitabevi: Ankara. p. 545-553.
29. Arinci, K. and Elhan, A., *Anatomi (1 cilt)*. 2014, Güneş Tıp Kitapevleri: Ankara. p. 214.
30. Gastrocnemius kası ve soleus kası [internet]. 2020 [Erişim Tarihi: 5 Mart 2020]. <https://www.flickr.com/photos/128587400@N07/49318425162/in/photolist-2i96Pzd-w3dYG4-sLNNGC-xv6Tsi-r7EQ9Y-outpqq-xnbf92-sLSYZd-dTTxHe-treG2S-ovMmXp-oeQMPn-wsraxW-ouzcMb-xfMLJW-ou2wWQ-ocE8Fv-i4Y4Fg-x1kgex-owpFVT-owrGZn-ouzLRL-wDYfFc-xd1qC6-tHU6Bv-x2xJMn-sLNFPE-ouR6G4-tHT9tV-gEZaaN-trifys-i6z8Jt-ouDSzz-8BFfRy-wDcUQD-xDpiDn-tHvubS-xnascx-tEkfdi-wE2e1x-wWM7d3-ouzMth-ou8GGZ-5xyNqt-wDPU85-oszYLo-u4mjrP-2gE8Pp4-xyEUkv-trbLhm>
31. Aşil Tendonu [internet]. 2011 [Erişim Tarihi: 5 Mart 2020]. <https://www.flickr.com/photos/70933541@N03/6417557017/in/photolist-EVXemp-9RQRd5-5Gv8f4-yrfXEz-wz3non-xtAgYw-pjYGrw-aM6E7M-aM6Eat-a7Bad2-yrfXeV-9LMBnM-9Ypzd2-bsBSLw-ae8X18-5gdEtz-xdmLdC-xdwx9o-xepGu4-xeioaw-wFu8Md-fcRkP2-3ajiSz-xdCTXV-xtAcS5-2jdJFcQ-w6xkfx-yzU3b-w25KbQ-Pmb8g-xfM5if-xsVdhB-2i3syGL-xdkUhB-yu3Rn-xepTre-bPJMjP-6sPVr7-gB6tV-81kWj>.

32. Subotnick, S.I., *Equinus deformity as it affects the forefoot*. J Am Podiatry Assoc, 1971. **61**(11): p. 423-7.
33. Downey, M.S. and Banks, A.S., *Gastrocnemius recession in the treatment of nonspastic ankle equinus. A retrospective study*. J Am Podiatr Med Assoc, 1989. **79**(4): p. 159-74.
34. Hill, R.S., *Ankle equinus. Prevalence and linkage to common foot pathology*. J Am Podiatr Med Assoc, 1995. **85**(6): p. 295-300.
35. Stovitz, S.D. and Coetzee, J.C., *Hyperpronation and foot pain: steps toward pain-free feet*. Phys Sportsmed, 2004. **32**(8): p. 19-26.
36. Van Boerum, D.H. and Sangeorzan, B.J., *Biomechanics and pathophysiology of flat foot*. Foot Ankle Clin, 2003. **8**(3): p. 419-30.
37. McCormack, A.P., Ching, R.P. and Sangeorzan, B.J., *Biomechanics of procedures used in adult flatfoot deformity*. Foot Ankle Clin, 2001. **6**(1): p. 15-23, v.
38. Pinho, R.R. and Tavares. J.M.R.S., *Dynamic Pedobarography Transitional Objects by Lagrange's Equation with FEM, Modal Matching and Optimization Techniques*. in *Image Analysis and Recognition*. 2004. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
39. Orlin, M.N. and McPoil, T.G., *Plantar pressure assessment*. Physical therapy, 2000. **80**(4): p. 399-409.
40. Kanatlı, U., et al., *Yürüme analizinin ortopedik uygulamaları*. Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi, 2006. **5**(1-2): p. 53-59.
41. Tuna, H., *Ayak Hastalıklarında Pedobarografik Değerlendirme*. Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2005. **51**(2).
42. Cavanagh, P.R., et al., *A method for the investigation of the effects of outsole modifications in therapeutic footwear*. Foot & ankle international, 1996. **17**(11): p. 706-708.
43. Yaliman, A., et al., *Ayak Fonksiyon İndeksi'nin Plantar Fasiitli Hastalarda Türkçe'ye Çeviri ve Adaptasyonu*. Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation/Turkiye Fiziksel Tip ve Rehabilitasyon Dergisi, 2014. **60**(3).
44. Otman, A.S. and Köse, N., in *Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri (5. baskı)*. 2013: Ankara. p. 88.
45. Konor, M.M., et al., *Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion*. International journal of sports physical therapy, 2012. **7**(3): p. 279-287.
46. Arazi, M., Ogun, T.C., and Memik, R., *Normal development of the tibiofemoral angle in children: a clinical study of 590 normal subjects from 3 to 17 years of age*. J Pediatr Orthop, 2001. **21**(2): p. 264-7.
47. Livingston, L.A. and Mandigo, J.L., *Bilateral Q angle asymmetry and anterior knee pain syndrome*. Clinical Biomechanics, 1999. **14**(1): p. 7-13.
48. Otman, A.S. and Köse, N., in *Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri*. 2013, Hacettepe Üniversitesi: Ankara. p. 76-77.
49. Winters, M.V., et al., *Passive Versus Active Stretching of Hip Flexor Muscles in Subjects With Limited Hip Extension: A Randomized Clinical Trial*. Physical Therapy, 2004. **84**(9): p. 800-807.
50. Gajdosik, R.L. and Lusin, G.F., *Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test*. Published in Physical therapy, 1983. **63**(7).

51. Tousignant, M., et al., *The Modified-Modified Schober Test for range of motion assessment of lumbar flexion in patients with low back pain: A study of criterion validity, intra- and inter-rater reliability and minimum metrically detectable change*. Disability and rehabilitation, 2005. **27**: p. 553-9.
52. Bierma-Zeinstra, S.M., et al., *Measuring the sacral inclination angle in clinical practice: is there an alternative to radiographs?* J Manipulative Physiol Ther, 2001. **24**(8): p. 505-8.
53. Youdas, J.W., et al., *Lumbar lordosis and pelvic inclination in adults with chronic low back pain*. Phys Ther, 2000. **80**(3): p. 261-75.
54. Redmond, A., J. Burns, and R. Ouvrier, *The foot posture index*. User guide and manual [Manual available online]. Leeds: University of Leeds, 2005.
55. Akbaba, Y.A., Celik, D., and Ogut, R.T. ,*Translation, cross-cultural adaptation, reliability, and validity of Turkish version of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale*. The Journal of Foot and Ankle Surgery, 2016. **55**(6): p. 1139-1142.
56. Saglam, M., et al., *International physical activity questionnaire: reliability and validity of the Turkish version*. Perceptual and motor skills, 2010. **111**(1): p. 278-284.
57. Committee, I.R., *Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)-short and long forms*. <http://www.ipaq.ki.se/scoring.pdf>, 2005.
58. Vassigh, G., *Üniversite öğrencilerinin fiziksel aktivite durumları ile sağlıklı beslenme indekslerinin değerlendirilmesi*. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), 2012.
59. Citaker, S., et al., *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. **136**(3): p. 389-395.
60. Yilmaz, N.A., et al., *Vücut Kitle İndeksinin Ayak Taban Basınç Dağılımına Etkisi*. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 2017. **1**(2): p. 33-39.
61. Ünver, B. and Bek, N., *Tabanlık kullanımının plantar temas alanları ve basınç dağılımına etkisi*. Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi/Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation, 2014. **2**(25): p. 1-7.
62. Barouk, P. and Barouk, L.S., *Clinical diagnosis of gastrocnemius tightness*. Foot and Ankle Clinics, 2014. **19**(4): p. 659-667.
63. Bowers, A.L. and Castro, M.D., *The mechanics behind the image: foot and ankle pathology associated with gastrocnemius contracture*. in Seminars in musculoskeletal radiology. 2007. Copyright© 2007 by Thieme Medical Publishers, Inc., 333 Seventh Avenue, New York, NY 10001 USA
64. Murray, M.P., Drought, A.B., and Kory, R.C., *Walking patterns of normal men*. JBJS, 1964. **46**(2): p. 335-360.
65. Landin, D., Thompson, M., and Reid, M., *Knee and ankle joint angles influence the plantarflexion torque of the gastrocnemius*. Journal of Clinical Medicine Research, 2015. **7**(8): p. 602.
66. Cazeau, C., et al., *Analyse des conséquences biomécaniques de la brièveté du gastrocnémien sur l'avant-pied*. Medecine et Chirurgie Du Pied. Springer, 2012. **22**(2): p. 143-144.

67. Barouk, L.S., *The effect of gastrocnemius tightness on the pathogenesis of juvenile hallux valgus: a preliminary study*. Foot and Ankle Clinics, 2014. **19**(4): p. 807-822.
68. Barouk, L. and Barouk, P., *Hallux valgus et gastrocnémiens courts: étude de deux séries cliniques*, in *Brièveté des gastrocnémiens*. 2012, Sauramps, Montpellier, France. p. 265-280.
69. Lewis, O., *The joints of the evolving foot. Part II. The intrinsic joints*. Journal of Anatomy, 1980. **130**(Pt 4): p. 833.
70. DiGiovanni, C.W. and P. Langer, *The role of isolated gastrocnemius and combined Achilles contractures in the flatfoot*. Foot and Ankle Clinics, 2007. **12**(2): p. 363-379.
71. Burns, J. and Crosbie, J., *Weight bearing ankle dorsiflexion range of motion in idiopathic pes cavus compared to normal and pes planus feet*. The Foot, 2005. **15**(2): p. 91-94.
72. Hoch, M.C., Staton, G.S., and McKeon, P.O., *Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance*. Journal of Science and Medicine in Sport, 2011. **14**(1): p. 90-92.
73. Hoch, M.C. and McKeon, P.O., *Normative range of weight-bearing lunge test performance asymmetry in healthy adults*. Manual therapy, 2011. **16**(5): p. 516.
74. Dill, K.E., et al., *Altered knee and ankle kinematics during squatting in those with limited weight-bearing-lunge ankle-dorsiflexion range of motion*. Journal of Athletic Training, 2014. **49**(6): p. 723-732.
75. Unver, B., et al., *An Investigation Of The Effects Of Pes Planus On Distal And Proximal Lower Extremity Biomechanical Parameters And Low Back Pain*. Turkish Journal of Physiotherapy Rehabilitation 2019. **30**(2).
76. Labovitz, J.M., J. Yu, and C. Kim, *The role of hamstring tightness in plantar fasciitis*. Foot & ankle specialist, 2011. **4**(3): p. 141-144.
77. Endo, Y. and Sakamoto, M., *Relationship between lower extremity tightness and star excursion balance test performance in junior high school baseball players*. Journal of Physical Therapy Science, 2014. **26**(5): p. 661-663.
78. Fisk, J., Baigent, M., and Hill. P., *Scheuermann's disease. Clinical and radiological survey of 17 and 18 year olds*. American Journal of Physical Medicine, 1984. **63**(1): p. 18-30.
79. Wilson, A., *Are You Sitting Comfortably?: A Self-help Guide for Sufferers of Back Pain, Neck Strain, Headaches, RSI, and Other Associated Health Problems*. London. Publ. Random House, 1994.
80. Seif, H.E., et al., *The Effect of Stretching Hamstring, Gastrocnemius, Iliopsoas and Back Muscles on Pain and Functional Activities in Patients with Chronic Low Back Pain: A Randomized Clinical Trial*. Open Journal of Therapy and Rehabilitation, 2015. **3**(04): p. 139.
81. Naraghi, R., et al., *The relationship between foot posture index, ankle equinus, body mass index and intermetatarsal neuroma*. Journal of Foot and Ankle Research, 2016. **9**(1): p. 46.
82. Irving, D.B., et al., *Obesity and pronated foot type may increase the risk of chronic plantar heel pain: a matched case-control study*. BMC Musculoskeletal Disorders, 2007. **8**(1): p. 41.

83. Escamilla-Martínez, E., et al., *The effect of moderate running on foot posture index and plantar pressure distribution in male recreational runners*. Journal of the American Podiatric Medical Association, 2013. **103**(2): p. 121-125.
84. Barton, C.J., et al., *Relationships between the Foot Posture Index and foot kinematics during gait in individuals with and without patellofemoral pain syndrome*. Journal of Foot and Ankle Research, 2011. **4**(1): p. 10.
85. Lee, J.H., Park, J.H., and Jang, W.Y., *The effects of hip strengthening exercises in a patient with plantar fasciitis: A case report*. Medicine, 2019. **98**(26).
86. Ünver, B., et al., *Pes Planusun Alt Ekstremitte Biyomekaniğine Ve Fonksiyonelliğe Etkisi*. Fizyoterapi Rehabilitasyon. **30**(2): p. 119-125.
87. Bortolotto, C., et al., *Influence of subjects' characteristics and technical variables on muscle stiffness measured by shear wave elastosonography*. Journal of Ultrasound, 2017. **20**(2): p. 139-146.
88. Chimenti, R., et al., *Forefoot and rearfoot contributions to the lunge position in individuals with and without insertional Achilles tendinopathy*. Clinical Biomechanics, 2016. **36**: p. 40-45.
89. Papa, J.A., *Conservative management of Achilles Tendinopathy: a case report*. The Journal of the Canadian Chiropractic Association, 2012. **56**(3): p. 216.
90. Shashua, A., et al., *The effect of additional ankle and midfoot mobilizations on plantar fasciitis: a randomized controlled trial*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 2015. **45**(4): p. 265-272.
91. Moseley, A.M., et al., *Passive stretching does not enhance outcomes in patients with plantarflexion contracture after cast immobilization for ankle fracture: a randomized controlled trial*. Archives of physical medicine and rehabilitation, 2005. **86**(6): p. 1118-1126.
92. Lentz, T.A., et al., *Pain-related fear contributes to self-reported disability in patients with foot and ankle pathology*. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2010. **91**(4): p. 557-561.
93. Vinagre, G., et al., *Efficacy of pedobarographic analysis to evaluate proximal medial gastrocnemius recession in patients with gastrocnemius tightness and metatarsalgia*. International Orthopaedics, 2017. **41**(11): p. 2281-2287.
94. Caferoğlu Tunç, A.R., *Tibialis Posterior Kas Yorgunluk Protokolünün Statik ve Dinamik Ayak Parametreleri Üzerine Etkisi*. 2014, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
95. Lai, Y.-C., et al., *Impact of foot progression angle on the distribution of plantar pressure in normal children*. Clinical Biomechanics, 2014. **29**(2): p. 196-200.
96. Shanthikumar, S., et al., *The effect of gait velocity on calcaneal balance at heel strike; Implications for orthotic prescription in injury prevention*. Gait & Posture, 2010. **31**(1): p. 9-12.
97. Faria, A., et al., *The relationship of body mass index, age and triceps-surae musculotendinous stiffness with the foot arch structure of postmenopausal women*. Clinical Biomechanics, 2010. **25**(6): p. 588-593.
98. Svoboda, Z., et al., *The influence of foot type on pressure distribution during gait*. Gait & Posture, 2014(39): p. S67.

99. Dixon, S., et al., *Does limited ankle dorsi-flexion increase forefoot loading during running in military recruits?* Footwear Science, 2011. **3**(sup1): p. S44-S46.
100. Zhang, X. and Li, B., *Influence of in-shoe heel lifts on plantar pressure and center of pressure in the medial-lateral direction during walking.* Gait & Posture, 2014. **39**(4): p. 1012-1016.
101. Erhart, J.C., et al., *Predicting changes in knee adduction moment due to load-altering interventions from pressure distribution at the foot in healthy subjects.* Journal of Biomechanics, 2008. **41**(14): p. 2989-2994.