

**BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İZOLE GASTROKNEMİUS KAS KISALIĞI OLAN ÇOCUKLARDA AYAK  
POSTÜRÜNÜN, KAS KUVVETİNİN, FONKSİYONEL PERFORMANSIN VE  
POSTÜRAL KONTROLÜN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fatma EREN ZENGİN**

**Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı**

**Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Deniz TUNCER**

**ŞUBAT 2025**

**BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İZOLE GASTROKNEMİUS KAS KISALIĞI OLAN ÇOCUKLARDA AYAK  
POSTÜRÜNÜN, KAS KUVVETİNİN, FONKSİYONEL PERFORMANSIN VE  
POSTÜRAL KONTROLÜN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fatma EREN ZENGİN  
225323003**

**Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı**

**Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Deniz TUNCER**

**ŞUBAT 2025**

Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nün 225323003 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Fatma EREN ZENGİN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "İZOLE GASTROKNEMIUS KAS KISALIĞI OLAN ÇOCUKLARDA AYAK POSTÜRÜNÜN, KAS KUVVETİNİN, FONKSİYONEL PERFORMANSIN VE POSTÜRAL KONTROLÜN DEĞERLENDİRİLMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Dr. Öğr. Üyesi Deniz TUNCER** .....  
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Semiramis ÖZYILMAZ** .....  
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

**Doç. Dr. Seda SAKA** .....  
Haliç Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : 19 Şubat 2025  
**Savunma Tarihi** : 06 Şubat 2025



*Aileme,*

## ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince akademik bilgi ve deneyimlerini hiç bıkmadan usanmadan benimle paylaşarak yol gösteren, sabrıyla anlayışıyla hem daim destek olan çok değerli hocam, tez danışmanım Sn. Dr. Öğr. Üyesi Deniz TUNCER'e,

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli akademik bilgi ve deneyimlerini paylaşan başta Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölüm Başkanı ve Anabilim Dalı Başkanı Sn. Doç. Dr. Semiramis ÖZYILMAZ'a, Sn. Doç. Dr. Alis KOSTANOĞLU'na ve kıymetli hocalarıma,

Tez hastası alma sürecinde desteklerini esirgemeyen Bezmialem Vakıf Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı doktorlarından Sn. Prof. Dr. Hakan ŞENARAN'a ve Sn. Prof. Dr. Gökçer UZER'e,

Şu an aramızda çok uzak mesafeler olsada her daim yanımda olan çok değerli dostum ve aynı zamanda meslektaşım çok kıymetli Fzt. Melike TOPRAK'a,

Meslek hayatımın bir dönemini birlikte geçirdiğim ve mutluluk duyduğum yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen arkadaşım aynı zamanda meslektaşım çok değerli Fzt. Ayça ALAN BOYOĞLU'na

Her daim yanımda olmalarından mutluluk duyduğum çok değerli ve kıymetli tüm arkadaşlarıma,

Tez sürecimde, çalıştığım süre boyunca desteklerini üzerimden çekmeyen çok değerli Sn. Cemile BOYBAY'a ve Pediamer Lacivert Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi ekibine,

Çalışmama dahil olan tüm minik arkadaşlarıma ve ailelerine gösterdikleri uyum ve anlayış için, çalışmama katkılarından dolayı canım yeğenlerim Muhammet Emre'ye, Esmâ Nur'a Büşra'ya ve Merve'ciğime,

Yine çalışmama katkılarından dolayı çok değerli Sefa Musa'ya,

Hayatımın her anında yanımda olan bitmeyen öğrencilik hayatımda bana güç veren sevgilerini esirgemeyen hayatım boyunca emeklerini ödeyemeyeceğim çok kıymetli ve çok değerli canım anneciğime, canım babacığım ve çok değerli kardeşlerime,

Tez dönemimde hayatıma dahil olan ve yanımdan hiç ayrılmayan desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen çok değerli biricik eşim Oğuz ZENGİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2025

Fatma EREN ZENGİN

Fizyoterapist

## **BEYAN**

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Fatma EREN ZENGİN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iv
BEYAN.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
KISALTMALAR .....	viii
SEMBOLLER .....	ix
TABLO LİSTESİ .....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY .....	xiv
1. GİRİŞ.....	16
2.GENEL BİLGİLER.....	18
2.1 Ayak-Ayak Bileği Anatomisi.....	18
2.1.1 Ayak kemikleri.....	18
2.1.2 Ayak-ayak bileği eklemleri .....	19
2.1.3 Ayak-ayak bileği ligamanları .....	20
2.1.4 Ayak-ayak bileği kasları .....	21
2.1.4.1 Ayağın ekstrinsik kasları.....	21
2.1.4.2 Ayağın intrinsik kasları .....	22
2.1.5 Ayağın arkları.....	23
2.2 Normal Yürüme Biyomekaniği.....	24
2.2.1 Yürümenin fazları .....	24
2.2.1.1 Duruş fazı .....	24
2.2.1.2 Salınım fazı .....	24
2.2.2 Yürümenin dönme (rocker) hareketleri.....	25
2.3 Triceps Surae Kası .....	25
2.3.1 Soleus kası.....	25
2.3.2 Plantaris kası .....	26
2.3.3 Gastroknemius kası .....	26
2.3.3.1 Gastroknemius kasının yürüme sırasındaki rolü.....	28
2.4 Kas Esnekliği .....	29
2.5 Kas Kısılığı ve Gerginliği.....	30
2.5.1 Gastroknemius kas kısılığı .....	31
2.5.2 İzole gastroknemius kas kısılığı .....	33
2.5.2.1 İzole gastroknemius kas kısılığında klinik tanı .....	34
2.5.2.2 İzole gastroknemius kas kısılığının etkileri.....	36
2.5.2.3 İzole gastroknemius kas kısılığının yürüme üzerine etkileri.....	37
2.5.2.4 İzole gastroknemius kas kısılığında tedavi.....	39
2.6 Ayak-Ayak Bileği Biyomekaniğinin Ayak Postürü ile İlişkisi.....	40
2.7 Ayak-Ayak Bileği Biyomekaniğinin Alt Ekstremitte Kas Kuvveti ile İlişkisi ..	44
2.8 Ayak-Ayak Bileği Biyomekaniğinin Fonksiyonel Performans ile İlişkisi .....	45

2.9 Ayak-Ayak Bileği Biyomekaniğinin Postüral Kontrol ile İlişkisi .....	46
<b>3. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>48</b>
3.1 Bireyler.....	48
3.2 Yöntem.....	49
3.2.1 Sosyodemografik veriler .....	50
3.2.2 Klinik değerlendirmeler .....	50
3.2.2.1 Bilateral aktif/pasif ayak bileği dorsifleksiyon açısı ölçümü .....	50
3.2.2.2 Subtalar eklem inversiyon ve eversiyon açısı ölçümü.....	52
3.2.2.3 Silfverskiold testi .....	52
3.2.2.4 Thomas testi .....	53
3.2.2.5 Duncan-Ely testi.....	54
3.2.2.6 Popliteal açısı testi .....	55
3.2.2.7 Otur-uzan testi.....	56
3.2.2.8 Bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi .....	57
3.2.2.9 Feiss çizgisi (Longitudinal ark açısı) .....	58
3.2.2.10 Naviküler düşme testi.....	59
3.2.3 Birincil ve ikincil sonuç ölçütleri.....	59
3.2.3.1 Ayak postürünün değerlendirilmesi .....	59
3.2.3.2 Alt ekstremitte kas kuvvetinin değerlendirilmesi .....	60
3.2.3.3 Fonksiyonel performansın değerlendirilmesi.....	67
3.2.3.4 Postüral kontrolün değerlendirilmesi .....	69
3.3 İstatistiksel Analiz.....	71
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>72</b>
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>81</b>
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>90</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>92</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>109</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>117</b>

## KISALTMALAR

<b>ABDF</b>	: Ayak Bileği Dorsifleksiyonu
<b>API-6</b>	: Ayak Postür İndeksi-6
<b>BDS</b>	: Biodex Denge Sistemi
<b>BKİ</b>	: Beden Ktle İndeksi
<b>DDET</b>	: Dengenin Duyusal Etkileşim Testi
<b>İGKK</b>	: İzole Gastroknemius Kas Kısalığı
<b>PST</b>	: Postural Stabilite Testi
<b>SLT</b>	: Stabilite Limitleri Testi



## SEMBOLLER

<b>(°)</b>	: Derece
<b>m</b>	: Metre
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>%</b>	: Yüzdilik
<b>n</b>	: Katılımcı Sayısı
<b>X</b>	: Ortalama
<b>SS</b>	: Standart Sapma
<b>(kg)</b>	: Kilogram
<b>(kg/f)</b>	: Kilogram/Kuvvet
<b>(kg/m<sup>2</sup>)</b>	: Kilogram/Metrekare

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2.1 :</b> Ayak Postür İndeksi (APİ-6) Gözlem Kriterleri.....	42
<b>Tablo 4.1 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının cinsiyet dağılımının karşılaştırılması.....	72
<b>Tablo 4.2 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının yaş, boy, kilo, BKİ ve alt ekstremitte dominant taraf değerlerinin karşılaştırılması.....	73
<b>Tablo 4.3 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının bilateral ayak bileği aktif pasif dorsifleksiyon açısal değerlerinin karşılaştırılması.....	73
<b>Tablo 4.4 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının bilateral subtalar eklem aktif inversiyon ve eversiyon açısal değerlerinin karşılaştırılması.....	74
<b>Tablo 4.5 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının Silfverskiold, Thomas ve Duncan-Ely testleri değerlerinin karşılaştırılması.....	74
<b>Tablo 4.6 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının popliteal aç testi değerlerinin karşılaştırılması.....	75
<b>Tablo 4.7 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının otur-uzan testi değerlerinin karşılaştırılması.....	75
<b>Tablo 4.8 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi değerlerinin karşılaştırılması.....	75
<b>Tablo 4.9 :</b> İGKK ve kontrol grupları arasında feiss çizgisi değerlerinin karşılaştırılması.....	76
<b>Tablo 4.10 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının naviküler düşme testi değerlerinin karşılaştırılması.....	76
<b>Tablo 4.11 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının Ayak Postür İndeksi-6 (APİ-6) testi değerlerinin karşılaştırılması.....	77
<b>Tablo 4.14 :</b> İGKK ve kontrol gruplarının Biodex Denge Sistemi testlerinin değerlerinin karşılaştırılması.....	80

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Ayak kemikleri [13]. .....	19
Şekil 2.2 : Tibiotalar ve subtalar eklem [13]. .....	20
Şekil 2.3 : Ayak ve ayak bileği ligamanları [19]. .....	21
Şekil 2.4 : Ayağın arkları [13]. .....	23
Şekil 2.5 : Yürümenin fazları [25]. .....	24
Şekil 2.6 : Triseps Surae kası ve Aşil tendonu [40]. .....	28
Şekil 2.7 : Sırtüstü pozisyonda Silfverskiold testi. ....	34
Şekil 2.8 : Gastroknemiusun plantar fasya üzerindeki etkisi [6]. .....	37
Şekil 3.1 : Diz ekstansiyonda aktif ve pasif dorsifleksiyon açısı ölçümü. ....	51
Şekil 3.2 : Diz fleksiyonda aktif ve pasif dorsifleksiyon açısı ölçümü. ....	51
Şekil 3.3 : Subtalar eklem inversiyon ve eversiyon açısı ölçümü. ....	52
Şekil 3.4 : Silfverskiold testi. ....	53
Şekil 3.5 : Thomas testi. ....	54
Şekil 3.6 : Duncan-Ely testi. ....	55
Şekil 3.7 : Popliteal açısı testi. ....	55
Şekil 3.8 : Otur-uzan testi. ....	56
Şekil 3.9 : Bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi .....	57
Şekil 3.10 : Feiss çizgisi (Longitudinal ark açısı). .....	58
Şekil 3.11 : Naviküler düşme testi. ....	59
Şekil 3.12 : Kalça fleksör kas kuvveti ölçümü. ....	61
Şekil 3.13 : Diz ekstansör kas kuvveti ölçümü. ....	62
Şekil 3.14 : Diz fleksör kas kuvveti ölçümü. ....	63
Şekil 3.15 : Kalça ekstansör kas kuvveti ölçümü. ....	64
Şekil 3.16 : Kalça abduksiyon kas kuvveti ölçümü. ....	65
Şekil 3.17 : Ayak bileği dorsifleksör kas kuvveti ölçümü. ....	66
Şekil 3.18 : Ayak bileği plantar fleksör kas kuvveti ölçümü. ....	67
Şekil 3.19 : Çift ayak yatay sıçrama testi. ....	68
Şekil 3.20 : Tek ayak yatay sıçrama testi. ....	69
Şekil 3.21 : Biodex Denge Sistemi ile postüral kontrol değerlendirilmesi. ....	70

# İZOLE GASTROKNEMİUS KAS KISALIĞI OLAN ÇOCUKLARDA AYAK POSTÜRÜNÜN, KAS KUVVETİNİN, FONKSİYONEL PERFORMANSIN VE POSTÜRAL KONTROLÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

## ÖZET

Bu tez çalışması, izole gastroknemius kas kısalığı (İGKK) olan çocuklarda, ayak postürünün, kas kuvvetinin, fonksiyonel performansın ve postüral kontrolün değerlendirilmesi amacıyla yapıldı.

Çalışmada Bezmialem Vakıf Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı tarafından İGKK ile takip edilen 14 çocuk İGKK grubuna ve gastroknemius kas kısalığı olmayan sağlıklı 14 çocuk kontrol grubuna dahil edildi. Çalışma kapsamında, oluşturulan sosyodemografik değerlendirme formu ile çocukların demografik bilgileri alındı. Her iki gruptaki çocukların klinik değerlendirmeleri gerçekleştirildi. Ayak bileği ağırlık aktarmasız bilateral dorsifleksiyon ve subtalar eklem inversiyon/eversiyon ölçümleri universal gonyometre ile yapıldı. Ayak bileği ağırlık aktarmalı dorsifleksiyon eklem hareket açıklığı ölçümü bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi ile yapıldı. Pes planovalgus değerlendirmesi Feiss çizgisi (Longitudinal ark açısı) ve naviküler düşme testi ile yapıldı. Alt ekstremite kasları kısalık/esneklik değerlendirmesi Silfverskiöld testi, Thomas testi, Duncan-Ely testi, popliteal açı testi ve otur-uzan testi ile yapıldı. Çocukların ayak postürlerinin değerlendirilmesinde Ayak Postür İndeksi (API-6) kullanıldı. Alt ekstremite kas kuvvetinin ölçümü iliopsoas, gluteus maksimus, gluteus medius, quadriseps, hamstring, gastrosoleus ve tibialis anterior kaslarının MicroFET2 el dinamometresi kullanılarak ölçülmesi ile değerlendirildi. Alt ekstremite fonksiyonel performansını değerlendirmek için çift ayak ve tek ayak yatay sıçrama testleri kullanıldı. Postüral kontrol değerlendirmesi Biodex Denge Sistemi'nin (BDS) postüral stabilite, stabilite limitleri ve dengenin kliniğe uyarlanmış duyuusal etkileşim testi (DDET) ile değerlendirildi.

Çalışmamızda gruplar arasında sosyodemografik özellikler açısından istatistiksel anlamlı fark gözlenmedi ( $p>0,05$ ). Çalışmamızın sonucunda İGKK ve kontrol grupları arasında ayak postürünü değerlendirmek üzere kullandığımız API-6 değerlendirmesine göre kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı ( $p<0,001$ ). Alt ekstremite kas kuvvetini değerlendirmek için kullandığımız el dinamometresi skorlarına göre sağ iliopsoas ( $p=0,003$ ), sol iliopsoas ( $p=0,014$ ) ve sağ gluteus maksimus ( $p=0,017$ ), sol gluteus maksimus ( $p=0,002$ ) kaslarının kuvvetinde iki grup arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı. Fonksiyonel performansı değerlendirmek üzere uyguladığımız çift ayak yatay sıçrama testi ( $p=0,08$ ) ve tek ayak yatay sıçrama testine ( $p=0,012$ ) göre iki grup arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı. BDS'nin statik dengeyi değerlendiren postüral stabilite testinin genel ( $p=0,023$ ) ve anterior/posterior ( $p=0,029$ ) parametrelerine ait stabilite indeksi skorlarına göre gruplar arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı. BDS'nin dinamik stabiliteyi değerlendiren stabilite limitleri testine göre genel ( $p=0,014$ ), geriye ( $p=0,002$ ), öne/sola ( $p=0,043$ ), öne/sağa ( $p=0,010$ ) ve geriye/sola

( $p=0,009$ ) parametrelerinde gruplar arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı. BDS'nin DDET testine göre gözler açık düz zemin ( $p=0,007$ ), gözler açık köpük zemin ( $p=0,027$ ) ve kompozit skor ( $p=0,025$ ) parametrelerine ait salınım indeksi skorlarında iki grup arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı.

Çalışmamızın sonuçları İGKK olan çocuklarda, ayak postürünün, kas kuvvetinin, fonksiyonel performansın ve postüral kontrolün sağlıklı akranlarına kıyasla daha zayıf olduğunu ve özellikle pes planus gözlenen çocuklarda İGKK ihtimalinin göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymuştur. İGKK olan çocuklarda fizyoterapi ve rehabilitasyon programları, kasın esnekliğini artırarak, postüral dengeyi ve genel motor fonksiyonları iyileştirmede önemli bir rol oynayabilir. Hedefe yönelik programlar ile İGKK olan çocuklarda hareket kabiliyeti ve yaşam kalitesi artırılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Gastroknemius, kas kısalığı, ayak postürü, kas kuvveti, fonksiyonel performans, postüral kontrol



# **EVALUATION OF FOOT POSTURE, MUSCLE STRENGTH, FUNCTIONAL PERFORMANCE, AND POSTURAL CONTROL IN CHILDREN WITH ISOLATED GASTROCNEMIUS MUSCLE SHORTNESS**

## **SUMMARY**

This thesis aimed to evaluate foot posture, muscle strength, functional performance, and postural control in children with isolated gastrocnemius muscle shortness (IGMS).

Fourteen children followed for IGMS by the Orthopedics and Traumatology Department of Bezmialem Vakif University Hospital were included in the IGMS group, and 14 healthy children without gastrocnemius muscle shortness were included in the control group. Demographic information of the children was collected using a sociodemographic evaluation form. Clinical evaluations of both groups were conducted. Ankle non-weight-bearing bilateral dorsiflexion and subtalar joint inversion/eversion were measured with a universal goniometer. Weight-bearing ankle dorsiflexion range of motion was assessed bilaterally using the weight-bearing lunge test. Pes planovalgus was evaluated using the Feiss line (longitudinal arch angle) and navicular drop test. Lower extremity muscle tightness/flexibility was assessed using the Silfverskiöld test, Thomas test, Duncan-Ely test, popliteal angle test, and the sit-and-reach test. Foot posture was assessed using the Foot Posture Index (FPI-6). Lower extremity muscle strength was evaluated by measuring the strength of the iliopsoas, gluteus maximus, gluteus medius, quadriceps, hamstrings, gastrosoleus, and tibialis anterior muscles using a MicroFET2 handheld dynamometer. Functional performance of the lower extremities was assessed using double-leg and single-leg horizontal jump tests. Postural control was evaluated using the Biodex Balance System (BBS) through postural stability, limits of stability, and modified test of clinical sensory interaction of balance (mCTSIB) tests.

No statistically significant differences were observed between the groups regarding sociodemographic characteristics ( $p>0.05$ ). The FPI-6 scores revealed a statistically significant difference favoring the control group in foot posture evaluation ( $p<0.001$ ). According to handheld dynamometer scores, statistically significant differences favoring the control group were found in the strength of the right iliopsoas ( $p=0.003$ ), left iliopsoas ( $p=0.014$ ), right gluteus maximus ( $p=0.017$ ), and left gluteus maximus ( $p=0.002$ ) muscles. For functional performance, statistically significant differences favoring the control group were observed in the single-leg horizontal jump test ( $p=0.012$ ) and double-leg horizontal jump test ( $p=0.08$ ). In the postural stability test evaluating static balance with the BBS, statistically significant differences favoring the control group were found in overall ( $p=0.023$ ) and anterior/posterior ( $p=0.029$ ) stability index scores. The limits of stability test evaluating dynamic stability with the BBS revealed statistically significant differences favoring the control group in overall ( $p=0.014$ ), backward ( $p=0.002$ ), forward/left ( $p=0.043$ ), forward/right ( $p=0.010$ ), and backward/left ( $p=0.009$ ) parameters. Finally, in the mCSIBT of the BBS, significant

differences favoring the control group were observed in sway index scores for the open-eyes firm surface ( $p=0.007$ ), open-eyes foam surface ( $p=0.027$ ), and composite scores ( $p=0.025$ ) ( $p<0.05$ ).

Our study demonstrated that in children with IGMS, foot posture, muscle strength, functional performance, and postural control were poorer compared to their healthy peers. It also highlighted the need to consider the possibility of IGMS, particularly in children with observed pes planus. Physical therapy and rehabilitation programs for children with IGMS can play a significant role in improving postural balance and overall motor functions by increasing muscle flexibility. Targeted programs can enhance mobility and quality of life in children with IGMS.

**Key Words:** Gastrocnemius, muscle shortness, foot posture, muscle strength, functional performance, postural control



## 1. GİRİŞ

Kas kısalığı, sıklıkla görülen bir kas disfonksiyonu olup, bireyleri kas-iskelet sistemi yaralanmalarına açık hale getirmektedir [1, 2]. Azalmış esneklik, aşırı kullanım ve kötü postür kaslarda gerginlik oluşturarak, kas yaralanmalarına sebep olabilmektedir [1, 3]. Sağlıklı kas dokusunun önemli bir özelliği uzayabilirlik yani ekstensibilite veya uzama yeteneğidir. Eklemler ve kaslar merkezi sinir sisteminin yönlendirmesi altında hem dinamik hareket hem de statik postür oluşturmak için uyum içinde çalışır. Bir kasın normal uzayabilirliği, o kasın geçtiği tüm eklemlerin, origo ve insersiyolarını birbirinden en fazla ayıran yönde tam eşzamanlı fizyolojik hareketine rahatça izin vermesidir. Uzayabilirlik azalırsa, hareket engellenir ve normal ya da verimli bir şekilde gerçekleşemez [4]. Kısalmış kasın geçtiği eklemlerde hipomobilitate, artan basınç kuvveti ve fizyolojik olmayan yüklenme ortaya çıkabilir ve bu koşullar eklemlerde daha sonra dejeneratif değişikliklere zemin hazırlayabilir. Vücut tam hareket aralığını korumaya ve aktivite gerekliliklerini karşılamaya çalışırken, fonksiyonel olarak ilişkili eklemlerde kompensatuvar hipermobilitate gelişebilir. Kısalmış bir kasın antagonistleri karşılıklı olarak inhibe edilebilir veya amaçlanan hareketleri gerçekleştirmek için normalden daha fazla kuvvet üretmeye zorlanabilir [5].

Gastroknemius kası, hem ayak bileği hem de diz eklemine geçen ve alt ekstremitede en sık gerginlik görülen kaslardan biridir. Gastroknemius kasındaki gerginlik sonucu oluşan bu kısalık ayak bileği dorsifleksiyonundaki ve diz ekstansiyonundaki hareket aralığını azaltabilir [2]. Gastroknemius kasının kısalığı, ayak bileği dorsifleksiyonunun kısıtlanmasının en yaygın nedenlerinden biri olarak öne sürülse de, genel popülasyonda prevalansını değerlendirmek için henüz büyük bir çalışma yapılmamıştır [6]. Ayak bileği eklemdeki kısıtlı dorsifleksiyonun, kas zorlanmaları da dahil olmak üzere birçok alt ekstremitte yaralanmasına sebep olduğu kabul edilmiştir [7]. Aşil tendinopatisi, plantar fasiit, iliotibial bant sendromu, patellofemoral sendrom ve stres kırıkları en çok gözlemlenen alt ekstremitte yaralanmalarıdır [8].

Literatürde izole gastroknemius kas kısalığı olan çocuklarda ayak postürünün, kas kuvvetinin, fonksiyonel performansın ve postüral kontrolün değerlendirildiği herhangi bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Bu tez çalışması ile izole gastroknemius kas kısalığı tespit edilen sağlıklı çocuklarda ayak postür indeksi (API-6) kullanarak ayak postürünün, el dinamometresi kullanarak alt ekstremitte kas kuvvetinin, çift ayak ve tek ayak yatay sıçrama testleri ile fonksiyonel performansın ve bilgisayarlı dinamik postürografi (Biodex Denge Sistemi) kullanarak postüral kontrolün değerlendirilmesi amaçlandı.

### **Hipotezler**

H1: İzole gastroknemius kas kısalığı olan ve olmayan çocuklar arasında ayak postüründe fark vardır

H2: İzole gastroknemius kas kısalığı olan ve olmayan çocuklar arasında alt ekstremitte kas kuvvetinde fark vardır.

H3: İzole gastroknemius kas kısalığı olan ve olmayan çocuklar arasında fonksiyonel performansta fark vardır.

H4: İzole gastroknemius kas kısalığı olan ve olmayan çocuklar arasında postüral kontrolde fark vardır.

## 2. GENEL BİLGİLER

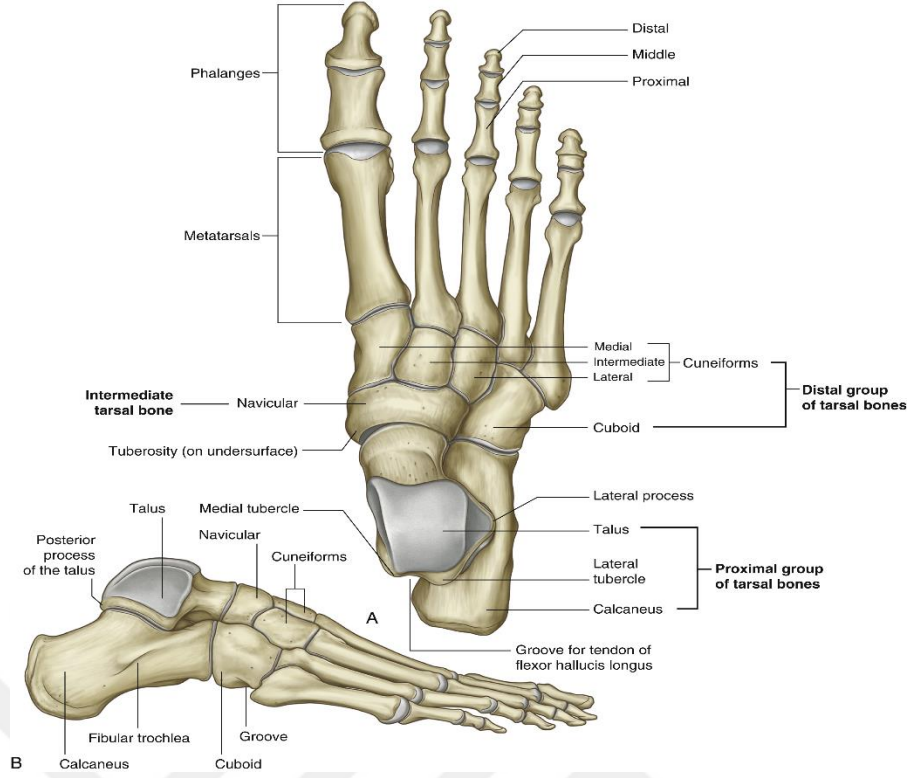
### 2.1 Ayak-Ayak Bileği Anatomisi

Ayak, 26'dan fazla kemik, 30 eklem, çok sayıda tendon, ligaman ve kaslardan oluşan, dik durma yeteneğimizden sorumlu, tüm vücudun ağırlığını destekleyen ve yürüyüş mekanizmasının temelini oluşturan karmaşık bir yapıdır [9]. Her bir kemiğin eklem yüzeyleri hiyalin kıkırdak ile kaplıdır, her bir eklem bir kapsül tarafından sarılır ve ayak çok sayıda ligamentöz yapı tarafından desteklenir [10]. Ayaktaki çok sayıda kas, tendonlarla kemiklere bağlanır ve bu da kasların kasılmasının kemiksi yapılar üzerinde kuvvet uygulamasını sağlar. Ayağın karmaşık anatomisi, topuk vuruşu sırasında engebeli zemine uyum sağlamasına ve basma fazının sonunda daha iyi bir itme için sert bir kaldıraç haline gelmesine olanak tanır [11].

#### 2.1.1 Ayak kemikleri

Ayak, ayak bileğinin distalinde bulunan ve arka ayak, orta ayak ve ön ayak olarak alt bölümlere ayrılabilen 26 kemikten oluşur. Anatomik olarak, arka ayak kalkaneus ve talus adı verilen iki ayak kemiğinden oluşur. Orta ayak üç kuneiform kemik, naviküler kemik ve küboit kemik olmak üzere beş tarsal kemikten oluşur. Ön ayak falankslar ve metatarsal kemiklerden oluşur [9].

Ayakta ayrıca stabilite ve fonksiyonu iyileştirmeye yardımcı olan sesamoid kemikler bulunur. Çoğu sesamoid kemik sadece birkaç milimetre çapındadır ve şekilleri değişkendir. Tam olarak hangi rolü üstlendikleri anlaşılamamıştır; kas çekiminin yönünü değiştirebilecekleri, sürtünmeyi azaltabilecekleri ve basıncı düzenleyebilecekleri düşünülmektedir [12] (Şekil 2.1).

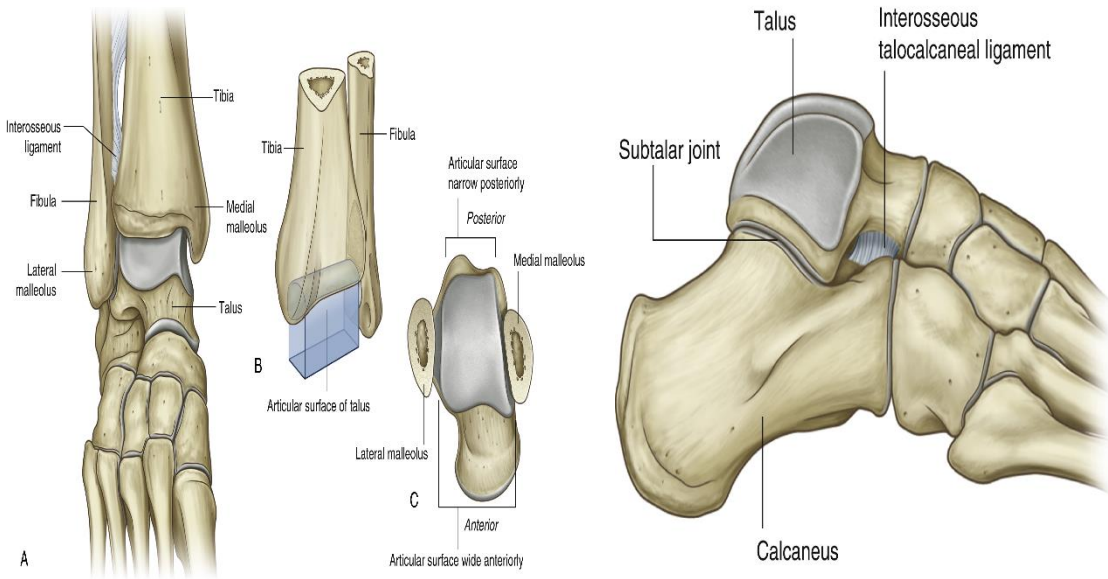


Şekil 2.1 : Ayak kemikleri [13].

### 2.1.2 Ayak-ayak bileği eklemleri

Ayak ve ayak bileği hareketlerinde, önemli üç eklem (talokrural, subtalar ve midtarsal) vardır ve farklı görevler yapar. Subtalar eklem, arka ayağın bir parçasıyken midtarsal eklem ve intertarsal eklemler orta ayağın bir parçasıdır. Tarsometatarsal eklemler ve distaldeki tüm eklemler ise ön ayağın bir parçasını oluşturur [14].

Tibiotalar (talokrural) eklem ile dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon hareketleri, subtalar (talokalkaneal) eklem ile eversiyon ve inversiyon hareketleri, midtarsal eklemler ile de supinasyon ve pronasyon hareketleri yapılır. Normalde, ayak bileği ekleminde dorsifleksiyon 20–30°, plantar fleksiyon 40–50°, supinasyon 35°, pronasyon 15° ve subtalar eklemden inversiyon 20°, eversiyon 10°'dir [15] (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2 :** Tibiotalar ve subtalar eklem [13].

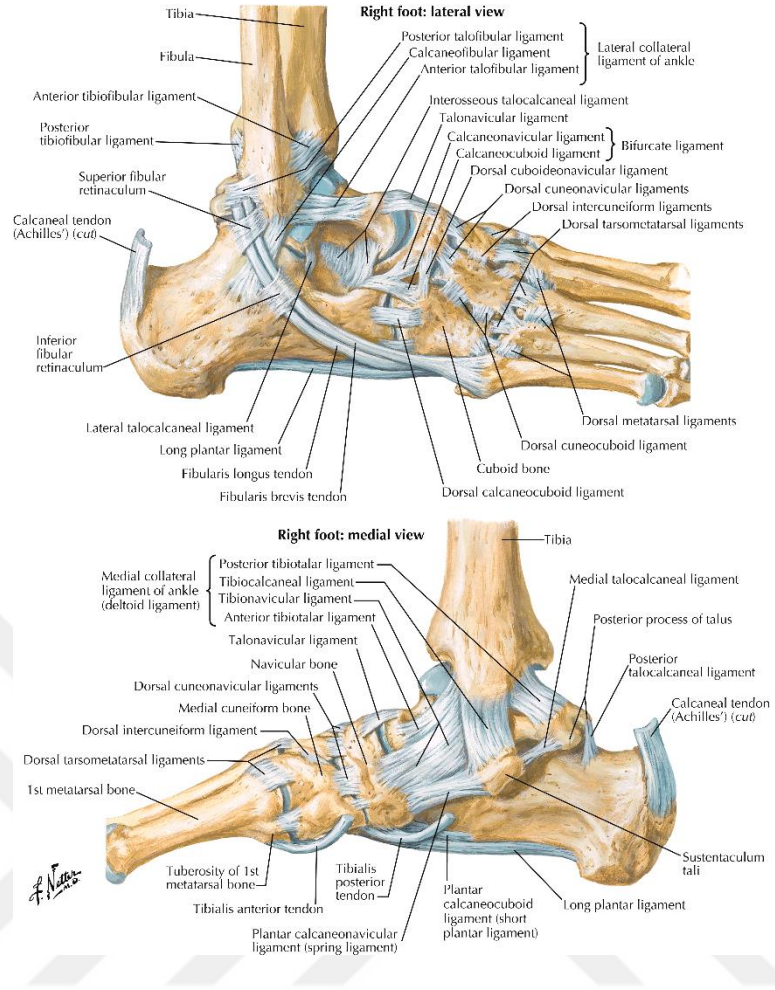
### 2.1.3 Ayak-ayak bileği ligamanları

Ayak bileğini oluşturan üç kemik yapı, arasında üç eklem ve bu eklemleri birbirlerine bağlayan ligamanlar vardır. Bu ligamanlar üç gruptan oluşur [16].

*Lateral kollateral ligaman;* ayak bileğinde talusun lateral ve anterior-posterior planda stabilitesini sağlamaya yardımcı olur. Anterior talofibular, posterior talofibular ve kalkaneofibular ligaman olmak üzere üç gruptan oluşur. Anterior talofibular ligaman ayak bileğinin en zayıf ligamanıdır. Posterior talofibular ligaman ise en güçlü lateral ligamandır. Kalkaneofibular ligaman, subtalar eklemde en önemli sabitleyici ligamanlarından [17].

*Medial kollateral ligaman (Deltoid ligaman);* stabiliteye en çok katkıda bulunan güçlü bir derin tabaka ve yüzeysel bir tabakadan oluşur [17]. Ayak bileğinin medial kollateral ligamanı nadiren tek başına yaralanır, yırtıklar genellikle distal fibula kırığı ile ilişkilidir. Kronik instabilite nadirdir.

*Sindezmoz (Sindezmoz);* tibia ve fibulayı birbirine sıkıca bağlayarak talotibial eklemde mortisi oluşturur [16]. Ayak bileği kırıklarının yaklaşık %23'üne, ayak bileği stabilitesinde önemli katkısı olan sindezmozun yaranmaları da eşlik etmektedir. Sindezmoz yaranmasının ayak bileği burkulmalarından sonra %5–10 oranında görüldüğü bildirilmiştir [18] (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3 : Ayak ve ayak bileği ligamanları [19].**

#### 2.1.4 Ayak-ayak bileği kasları

Ayak-ayak bileği kompleksine etki eden kaslar, ekstrinsik kaslar ve intrinsik kaslar olarak sınıflandırılabilir [20].

##### 2.1.4.1 Ayağın ekstrinsik kasları

Bu kaslar, tendonları ayak bileği eklemine geçen ve eklemin hareketinden ve stabilizasyonundan sorumlu kaslardır. Ayağın ekstrinsik kasları bacadaki düzenlerine göre gruplandırılabilir. Anterior grup bacağın anterior kompartmanında ortaya çıkar ve tendonları ayak bileği ekleminin önünden geçer ve burada ekstansör retinakulum tarafından bağlanır. Lateral grup bacağın nispeten dar lateral kompartmanında ortaya çıkar ve tendonları lateral malleolün posteriorundan geçerek fibular retinakulum tarafından aşağıya bağlanır. Posterior grup bacağın posterior kompartmanında ortaya çıkar ve tendonları ayak bileğinin posteriorundan geçer, burada yüzeysel fleksör

grubun tendonları kalkaneusa bağlanır ve derin fleksör grubun tendonları fleksör retinakulum tarafından aşağıya bağlanır [21].

Ayağın anterior bölümü medialde tibialis anterior, ekstansör hallusis longus, ekstansör digitorum longus ve insanların %90'ında bulunan fibularis tertius tarafından çaprazlanır [22]. Bu kaslar yukarıdan etki ettiğinde ayak bileğini dorsifleksiyona getiren kasları içerir. Aşağıdan etki ettiklerinde, yürüme sırasında vücudu sabit ayak üzerinde öne doğru çekerler. Ekstansör digitorum longus ve ekstansör hallusis longus, aynı zamanda ayak parmaklarını ekstansiyona getirir ve tibialis anterior ve fibularis tertius kasları, sırasıyla ayağın inversiyon ve eversiyon hareketlerine yardım ederler [21]. Lateral grup fibularis (peroneus) longus ve fibularis (peroneus) brevis kaslarını içerir. Her iki kas da ayağa eversiyon hareketini yaptırır ve aynı zamanda ayak bileğinin plantar fleksörleridir. Her iki kas hem ayakta dururken ve hem de yürürken bacağın ayak üzerinde dengelenmesinde rol oynar [21]. Ayağın posterior grup ekstrinsik kasları transvers intermusküler septum ile ayrılan yüzeysel ve derin gruplar oluşturur. Triceps surae kası yüzeysel grup kasları oluşturur. Bu kaslar gastroknemius, soleus ve plantaristir. Gastrosoleus, ana fonksiyonu ayağın plantar fleksiyonu olan güçlü bir kas kütleli oluşturur, ancak özellikle soleusun postüral açıdan da önemli rolü vardır. Gastroknemius ve plantaris hem diz hem de ayak bileği eklemleri üzerinde etkiliyken, soleus ise sadece ayak bileği eklemi üzerinde etkilidir [23]. Derin grup kaslar transvers intermusküler septumun altında (anteriorunda) yer alır. Diz eklemi üzerinde etkili olan popliteus ile ayak ve parmak eklemleri üzerindeki etkilerine ek olarak ayak bileğinde plantar fleksiyon üreten fleksör digitorum longus, fleksör hallusis longus ve tibialis posteriordan oluşur [23].

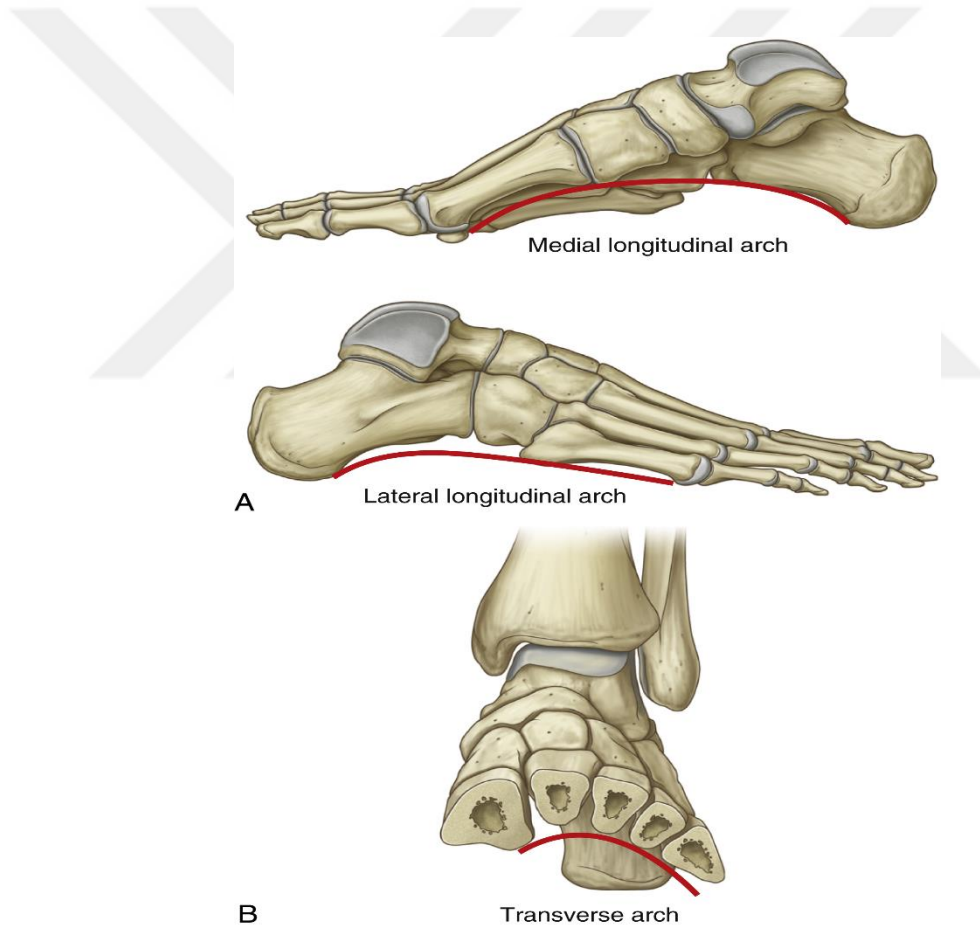
#### **2.1.4.2 Ayağın intrinsik kasları**

Ayak 22 intrinsik kasa sahiptir. Plantar kaslar medial, merkezi, lateral ve interosseöz kompartmanlara ayrılır. İnterosseöz kompartman yedi interossei içerir. Kaslar dört katman halinde gruplandırılır. Birinci katman; yüzeysel tabakadır. Abduktor hallusis, abduktor digiti minimi ve fleksör digitorum brevisi içerir. Her üçü de kalkaneal tüberositeden ayak parmaklarına kadar uzanır ve üçü de ayağın konkavitesinin korunmasına yardımcı olur [21]. İkinci katman; quadratus plantae ve dört lumbrikal kastan oluşur. Fleksör hallusis longus ve fleksör digitorum longus tendonları ikinci tabakadaki kaslarla aynı düzlemde uzanır. Üçüncü katman; ayak parmaklarının daha

kısa intrinsik kaslarını, yani fleksör hallusis brevis, adduktor hallusis ve fleksör digiti minimi brevisi içerir. Dördüncü katman; plantar ve dorsal interossea ile tibialis posterior ve fibularis longus tendonlarından oluşur [21].

### 2.1.5 Ayağın arkları

Ayak, ark sistemlerinden oluşmuştur ve bu sistem “taş köprü” sistemine benzetilir. Ark mekanizmasında, kilit taşı görevi yapan kemik yapılar, kemikleri birbirine bağlayan ara bağlantılar (ligamanlar), köprüleri ayakta tutan kiriş yapıları (kas ve tendonlar) ve askı yapıları (kaslar) vardır. Medial longitudinal arkın destek noktası talustur. Lateral longitudinal arkı destekleyen kemik küboittir. Transvers arkın destek noktası olan kemikler küneiformlardır [21] (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 : Ayağın arkları [13].

## 2.2 Normal Yürüme Biyomekaniği

Yürüme pelvik eğim ve rotasyon, kalça-diz fleksiyonu ve ekstansiyonu ile pelvis, kalça, diz, ayak bileği ve ayak arasında koordinasyon gerektirir [24]. Normal yürüme ve koşma sırasında alt ekstremitenin hareketi, duruş fazı ve salınım fazı olmak üzere iki faza ayrılır (Şekil 2.5).

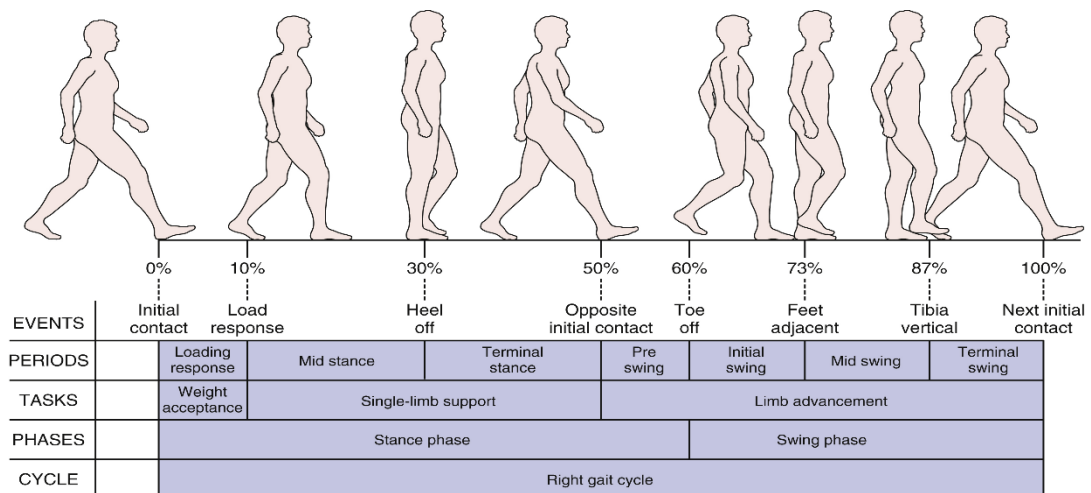
### 2.2.1 Yürümenin fazları

#### 2.2.1.1 Duruş fazı

Topuk vuruşunda ilk temasla başlar ve ayak parmaklarının yerden kalkmasıyla sona erer. Tüm yürüme döngüsünün %60'ını oluşturur ve beş birimden oluşur. Bunlar; ilk temas, yüklenmeye cevap, orta duruş fazı, terminal duruş, salınım öncesi alt fazlarıdır. İlk temas ve salınım öncesi fazlarında her iki ekstremitenin yerle temas halindedir ki buna çift destek periyodu adı verilir [24].

#### 2.2.1.2 Salınım fazı

Ayak parmaklarının yerden kalkmasından hemen sonra başlar ve topuk vuruşundan hemen önce sona erer. Yürüme döngüsünün %40'ını oluşturur. Bu faz, salınım öncesi ile birlikte yürümenin ilerleme safhasını oluşturur. Salınım fazı üç birimden oluşur. Bunlar, akselerasyon (ilk salınım), orta salınım, deselerasyon (son salınım) olarak sıralanabilir [24].



Şekil 2.5 : Yürümenin fazları [25].

## 2.2.2 Yürümenin dönme (rocker) hareketleri

*Yürümenin ilk dönme hareketi;* topuk vuruşundan sonra ayak bileğinin plantar fleksiyon yaparak ön ayağı yere temas ettirmesi hareketidir. Ayak bileği plantar fleksiyonu, ön kompartman kaslarının eksantrik kasılmasıyla kontrol altına alınır. Bu, yürüyüş sırasında ayak çarpmasının önlenmesini sağlar. Bunların en güçlüsü, bacağın ön kompartmanından inerek medial kuneiform ve birinci metatarsal kemiğin tabanına yerleşen tibialis anteriordur [26].

*Yürümenin ikinci dönme hareketi;* ayak bileğinin dorsifleksiyon yaptığı ve vücudun ağırlık merkezinin eklemin üzerinde yuvarlandığı harekettir. Ayak burada engebeli zemine uyum sağlamak için esnek olmalıdır. Tibialis posterior ayağın en güçlü invertördür. Bu kas ikinci dönme sırasında orta duruşta aktiftir ve ayak parmaklarının yerden kalkması sırasında kuvvet iletimi için hazırlık yaparak sertlik yaratır ve subtalar eklemi ters çevirir. En güçlü ayak evertörleri, tibialis posteriorun ters çevirme kuvvetini antagonize eden peroneus longus ve brevistir. İkinci yuvarlanma sırasında oluşan dorsifleksiyon, ayağın hem ekstrinsik hem de intrinsik plantar fleksörleri tarafından eksantrik olarak kontrol edilir [26].

*Yürümenin üçüncü dönme hareketi;* ayak ucunun kalkışına hazırlık olarak metatarsofalangeal eklemlerin dorsifleksiyon yaptığı harekettir. Burada vinç mekanizması aktive olur, metatarsofalangeal eklemlerin altındaki plantar fasyayı gerer ve yere itici bir kuvvet iletebilen sert bir kaldıraca dönüşür. Üçüncü dönme hareketi, son aşamalarında eksternal plantar fleksörler eksantrik aktivitelerini durdururken internal plantar fleksörler hareketin sonunda meydana gelen ayak ucu kalkışına daha fazla kuvvet ve kontrol eklemek için eş merkezli olarak kasılır. Salınım fazı sırasında ön kompartman kasları eş merkezli olarak kasılarak ayağın bir sonraki topuk vuruşundan önce pozisyonlanmasını sağlar [26].

## 2.3 Triceps Surae Kası

### 2.3.1 Soleus kası

Soleus kası, gastroknemius kasının hemen derininde yer alır; ancak daha geniş olduğu ve kas lifleri kalkaneal tendona girecek şekilde aşağıya uzandığı için gastroknemius kasının yanlarında ve altında görülebilir. Soleus kası, fibröz bir yapıya sahiptir. İki

baştan (fibular ve tibial) orijin alır, ancak bu başlar ek liflerin ortaya çıktığı tendinöz bir ark ile birleşir. Soleus kasının fibular başı fibula başından ve gövdenin yaklaşık üst üçte birinden orijin alırken, tibial başı tibia üzerindeki soleal çizgiden ve medial sınırın bir kısmından orijin alır. Soleus kas lifleri geniş bir aponevroz içine yerleşir bu aponevroz kasın arka yüzeyindedir ve dolayısıyla, ön yüzeydeki gastroknemius kasının aponevrozuna hemen bitişiktir. Bu lifler birleşerek Aşil tendonunu oluşturur [27]. Soleus kası, gastroknemius kası ile birlikte ayağın plantar fleksiyonunu sağlar. Soleus kası ve gastroknemius kası güçlü kaslardır ve yürüme, koşma ve dengeyi korumak için gereklidir [28]. Soleus kası S1-S2 tibial sinir tarafından innerve edilir.

### **2.3.2 Plantaris kası**

Triceps surae kasının derininde plantaris kası yer alır. Bu kas, femurun lateral suprakondiler hattından orijin alır ve kalkaneus tüberkülüne, Aşil tendonunun bittiği yere yakın bir noktaya yapışır. Bu kas genellikle greft materyali kaynağı olarak kullanılır. Aşil tendonu koptuğunda plantaris tendonu genellikle sağlam kalır [29]. Plantaris kası gastroknemius ile birlikte hareket eder ancak güçlü bir diz fleksörü veya ayak bileği plantar fleksörü değildir. Ancak güçlü plantar fleksiyon için proprioseptif bir fonksiyonu olduğu düşünülmektedir çünkü yüksek yoğunlukta kas içcikleri içerir [30]. Plantaris kası S1-S2 tibial sinir tarafından innerve edilir.

### **2.3.3 Gastroknemius kası**

Triceps surae kas grubunun en büyük ve en önemli kaslarından biridir. Üç büyük eklemi geçer (diz, ayak bileği ve subtalar eklem) [31]. Bacağın arka kısmında proksimalden başlayarak lateral ve medial iki baştan oluşan yüzeysel bir kastır. Lateral baş, lateral femoral kondilin lateral yüzeyinden ve medial baş, medial kondilin üzerindeki popliteal yüzeyden başlar. Her iki baş da bacağın ortasına yakın bir yerde ortak ince bir tendonun arka yüzeyinde son bulur. Bu tendon daha sonra kalkaneus ile birleşerek insan vücudundaki en uzun ve en güçlü tendonu, kalkaneal tendonu veya daha yaygın olarak adlandırıldığı şekliyle Aşil tendonunu oluşturur [32].

Gastroknemius kası ayak bileği eklemının plantar fleksiyon ve diz eklemının fleksiyon hareketinden sorumludur [32]. Yürüme, koşma ve sıçramada itme kuvveti sağlayan bu kasın temel fonksiyonu, yürüyüş sırasında vücudun öne doğru itilmesidir [33]. Her iki başı da kontraktür ve fonksiyonel kısalmaya maruz kalabilir, bunlar

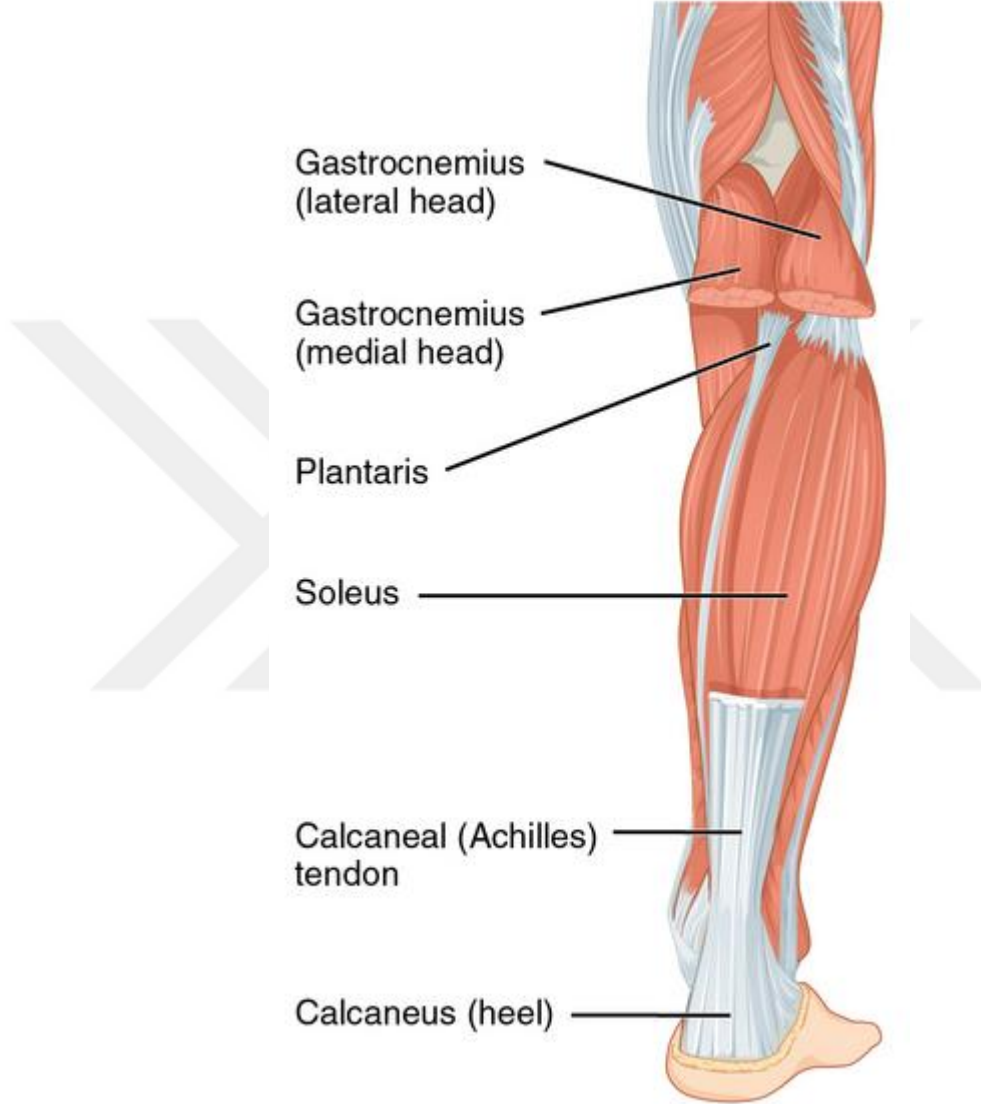
birçok orta ayak ve ön ayak probleminde ortak olan patojenik faktörlerdir [34]. Gastroknemius kası S1-S2 tibial sinir tarafından innerve edilir.

*Medial baş:* Gastroknemiusun medial başı, femurun distal epifizinin popliteal yönündeki üçgen bir alandan orijin alır. Medial orijin, medial kondil üzerinde, addüktör magnus kasının tendonunun insersiyonunun hemen altında ve medial suprakondiler çıkıntı boyunca düzleşmiş, kalın ve dirençli bir tendondan oluşur [23]. Lateral orijin, diz eklemi kapsülüyle ve medial femoral kondilin popliteal alanıyla temas eden kas lifleriyle karışık kısa bir tendona sahiptir [32]. Daha az önemli olan lateral orijin, kısa tendinöz ve kas lifleri aracılığıyla medial femoral kondilin popliteal yönüne, medial suprakondiloid tüberkül (medial suprakondiler tüberkül olarak da adlandırılır) olarak bilinen küçük bir çıkıntının bulunduğu bölgeye ve diz eklemine kapsülüne yerleşir [23]. Medial başın kökeninde bulunan önemli yapılardan biri de sinovyal bursadır. Bu bursa, femur kondilinin medial kısmında yer alır ve medial başın kas liflerinin üst bölümünün lateral başın kas gövdesi üzerinde kaymasını sağlar. Söz konusu bursa, semimembranosus kasının bursası ile temas ederek fonksiyonel bir süreklilik oluşturur. Medial baş ile ilişkili bursa, Baker kisti oluşumunun potansiyel yeridir. Medial baş, genellikle lateral başa göre daha kalın ve geniştir [32].

*Lateral baş:* Gastroknemiusun lateral başı, lateral epikondilin posteriorunda ve lateral suprakondiler sırtta popliteal kas tendonunun insersiyonunun proksimalinde yer alan bir fossadaki tendondan orijin alır. Bu tendonun medialinde yer alan kısa tendinöz lifler ve kas lifleri, diz eklemine kapsülünden ve popliteal açıdan orijin alır; burada küçük bir kemik çıkıntısı olarak bilinen lateral suprakondiloid tüberkül (lateral suprakondiler tüberkül olarak da adlandırılır) medial tarafa göre daha az sıklıkta da olsa görülebilir [23]. Lateral baş, medial başın kas kuvvetlerinin diz eklemine stabilize etmesine yardımcı olur [32].

*Aşil tendonu:* Triceps surae kasının ortak tendonudur ve neredeyse tüm uzunluğu boyunca yüzeyseldir. Aşil tendonunun distal kısmı, fibrokartilajlı bir bölge aracılığıyla kalkaneusa bağlanır [35]. Başlangıçta geniş olan bu tendon ilerken hafifçe daralır, tekrar genişlemeden önce ayak bileği eklemi seviyesinde minimum genişliğe ulaşır. En dar olan bu nokta liflerin rotasyonundan kaynaklanır [36]. Bu rotasyon sonucu, medial lifler posteriora ve posterior lifler laterale döner. Tendonun anterior kısmı lateral gastroknemius liflerinden, anteromedial kısmı ise soleus liflerinden oluşur [37].

Tendonun yüzde sekseni tip I kolajendir ve küçük bir oranda tip III kolajen bulunur [38]. İnsan vücudundaki en uzun ve en güçlü tendon olan Aşil tendonu maksimum kuvvetinin sadece %13'ünü üretmek için gastro-soleus kompleksini zorlarken vücut ağırlığının 17 katına kadar dayanabilir [38]. Aynı zamanda bacakta en sık yaralanan tendondur (tüm tendon lezyonlarının %20'si) [39] (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : Triseps Surae kası ve Aşil tendonu [40].

### 2.3.3.1 Gastroknemius kasının yürüme sırasındaki rolü

Normal bir yürüme döngüsü sırasında ayak bileği ekleminin hareket aralığı, bu döngünün %0 ila %12'si arasında meydana gelen yaklaşık 7° kadar plantar fleksiyon; %12 ila %48'i arasında meydana gelen 10° kadar dorsifleksiyon ve %48 ila %62'sinde

meydana gelen 20° kadar plantar fleksiyondur [41]. Salınım fazında ayak bileği nötral pozisyona gelene kadar ayak bileği dorsifleksiyon yönünde hareket eder. Topuk vuruşundan orta duruş fazına kadar gastroknemius-soleus kompleksi inaktif kalır ve subtalar eklemin kademeli olarak dışa dönmesine izin verir. Geç orta duruş ve terminal duruş sırasında, yürümenin topuk-kalkma fazından hemen önce, ayak vücudu öne doğru itmek için sert bir kaldıraç kolu haline gelmelidir. Bu, tibialis posterior kasının kasılmasıyla oluşan subtalar inversiyonu, talonaviküler ve kalkaneal eklemlerin eksenlerini ayırmasına neden olduğu orta ayakta meydana gelen kilitleme mekanizması tarafından gerçekleştirilir [42]. Gastroknemius kasının her iki başının plantar fleksiyon momenti, soleus kasından önemli ölçüde daha yüksektir. Soleus, yürüyüş döngüsünün yaklaşık %10'unda aktivitesi başlayan bir duruş fazı kasıdır; maksimum aktivite yoğunluğu %40'ta meydana gelir ve aktivite yürüyüş döngüsünün %50'sinde sona erer. Soleus kasının ana fonksiyonu tibianın ayakta duruşta ileri hareketini kısıtlamaktır [43].

#### **2.4 Kas Esnekliği**

Kas esnekliği, bir kasın uzama ve bir eklemin hareket aralığı boyunca herhangi bir kısıtlılık veya zorluk olmaksızın harekete izin verme kabiliyetini ifade eder. Fonksiyonel aktivitelerde, atletik performansta ve kas-iskelet sistemi yaralanmalarının önlenmesinde kritik bir rol oynar [44]. Esneklik, kas-tendon yapısı, bağ dokusu özellikleri, nöral faktörler ve yaş gibi faktörlerden etkilenir [45]. Kas esnekliğinin mekaniği, kas lifleri, bağ dokuları ve nöral kontrol arasındaki karmaşık bir etkileşimi içerir. Kas lifleri, perimisyum ve epimisyum ile birlikte kasın yapısal bütünlüğüne ve esnekliğine katkıda bulunan endomisyum ile çevrilidir [46]. Esas olarak kolajen ve elastinden oluşan tendonlar, bir dereceye kadar esnekliğe izin verirken kuvvet iletimi için bir mekanizma sağlar. Bu dokuların viskoelastik özellikleri, uzama ve orijinal durumlarına dönme kabiliyetlerinin merkezinde yer alır ve böylece esnekliği etkiler [47]. Biyomekanik olarak esneklik, kas-iskelet sisteminin pasif ve aktif bileşenleri arasındaki etkileşimle belirlenir. Pasif bileşenler kasların, tendonların ve eklem kapsüllerinin yapısal özelliklerini içerirken, aktif bileşenler kas gerginliği ve uzunluğunun nöral düzenlenmesini içerir [48]. Kas içcikleri ve golgi tendon organları, kas sertliğini ve esnekliğini düzenleyen propriyosepsiyon ve refleksif tepkilerde kilit rol oynar [49]. Yaş, aktivite düzeyi ve kas-iskelet sistemi dengesinde bozuklukların

varlığı gibi çeşitli faktörler kas esnekliğini etkiler. Yaşlanma, kas-tendon birimlerinde kolajen esnekliğinin azalması ve sertliğin artmasıyla ilişkilidir ve bu da esnekliğin azalmasına yol açar [50]. Özellikle esneme veya dinamik hareketleri içeren düzenli fiziksel aktivite, doku esnekliğini ve sinirsel adaptasyonları koruyarak bu etkileri hafifletebilir [51].

## **2.5 Kas Kısalığı ve Gerginliği**

Kas kısalığı; uzun süreli immobilizasyon, kasın gerilmesinin yetersiz olması veya kompensatuar postüral değişiklikler gibi faktörler nedeniyle kasın istirahat uzunluğunun azaldığı yapısal bir adaptasyonu ifade eder. Genellikle bir dizi sarkomerin sayısındaki azalma ile ilişkilidir ve bu da kasın maksimal uzama kapasitesinde bir azalmaya yol açar. Esnekliğin aksine, kas kısalığı hareket açıklığı üzerinde biyomekanik bir kısıtlama yaratır [52].

Kas gerginliği, hipertonsite (spastisite) veya bağ dokusu değişikliklerine bağlı pasif sertlik gibi nöral veya mekanik faktörlerden kaynaklanabilen kas içindeki artan gerginliği ifade eder. Gerginlik genellikle esnemeye karşı bir direnç olarak ortaya çıkar ve bu durum her zaman kas uzunluğundaki yapısal değişikliklerden kaynaklanmayabilir [53].

Kısalık ve gerginlik birbirinden farklı olmakla birlikte, genellikle bir arada bulunur ve birbirini etkiler. Gerginlik, kaslar yapısal olarak kısalduğunda eklemleri stabilize etmek için kompensatuar bir mekanizma olarak gelişebilir, çünkü kısalmış kaslar hareket aralığı boyunca daha az etkili kuvvet üretimi sağlar. Tersine, kronik gerginlik, dokular zaman içinde kısalmış bir pozisyonda kalırsa adaptif kısalmaya yol açabilir [54].

Kas kısalığı ve gerginliği arasında doğru bir ayrım yapmak gerekli müdahalenin planlanması açısından önemlidir: Kısalık, kas uzunluğunu artırmak için uzun süreli statik germe veya manuel terapi gibi müdahalelerle tedavi edilir. Gerginlik ise gevşeme teknikleri, nöromüsküler reedükasyon veya nöral ve mekanik gerilimi düzenlemek için dinamik germe yöntemlerini gerektirebilir [55].

Kas kısalığı ve gerginliği, pediatrik popülasyonlarda, özellikle de serebral palsi gibi nöromüsküler bozuklukları olan çocuklar arasında yaygın bir sorundur. Bu durumlar arasındaki ilişkinin anlaşılması, etkili yönetim ve tedavi için çok önemlidir. Kas kısalığı ve gerginliği arasındaki etkileşim, bir çocuğun fonksiyonel yeteneklerini önemli ölçüde etkileyebilir. Kısıtlı eklem hareketliliği yürüme, giyinme ve diğer

günlük görevler gibi aktiviteleri engelleyerek genel yaşam kalitesini etkileyebilir. Germe ve fizyoterapiye odaklanan erken müdahale, bu sorunları ele almak ve fonksiyonel sonuçları iyileştirmek için çok önemlidir [55]. Normal gelişim gösteren çocuklarda kas kısalığı, habitüel postürler, fiziksel aktivite eksikliği veya konjenital durumlar gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir. Bu kısalık çeşitli biyomekanik değişikliklere yol açabilir:

**Yürüme şeklinin değişmesi:** Kısalmış kaslar eklem hareketliliğini kısıtlayarak yürüme sırasında kompensatuar hareketlere yol açabilir. Örneğin, gastrosoleus kısalığına bağlı kısıtlı dorsifleksiyon, parmak ucunda yürümeye neden olarak genel dengeyi etkileyebilir ve düşme riskini artırabilir [56].

**Eklem stresi:** Azalmış kas uzunluğu komşu eklemler üzerindeki stresi artırabilir. Örneğin, hamstring kısalığı posterior pelvik tilt ve lomber omurga stresinde artışa yol açarak potansiyel olarak rahatsızlık veya ağrıya neden olabilir.

**Postüral deviasyonlar:** Kas kısalığı postüral anormalliklere katkıda bulunabilir. Kalıcı astımı olan çocukların değerlendirildiği bir çalışmada, kas kısalmasının baş ve omuz protraksiyonu gibi postüral değişikliklerle ilişkili olduğu bildirilmiştir [57].

### **2.5.1 Gastroknemius kas kısalığı**

Merkezi veya periferik sinir sistemi lezyonları, miyopati ve distrofi gibi kalıtsal hastalıklar, diyabet gibi edinilmiş hastalıklar gastroknemius kasının kısalmasına neden olabilir. Çocuklardan yaşlılara kadar her yaş grubu gastroknemius kas kısalığından etkilenebilir. Kısalığın en belirgin fonksiyonel bozukluğu, yürüyüşün parmak uçları üzerinde gerçekleştiği ekinus deformitesidir [58]. Ekinus, ayak bileği dorsifleksiyonunda kısıtlılık nedeniyle topuğun yerle temas edememesi ve alt ekstremitede kompensatuar mekanizmaların devreye girmesi olarak tanımlanır [59]. Gastroknemius kasının fazik aktivitesi ve fonksiyonu, yürüyüşün orta duruşunun %50-%60'ına denk gelen zamanda tepe noktasına ulaşır. Bu noktada gastroknemius kası aynı anda hem diz ekleminin fleksiyonunu sağlar hem de ayak bileğinin plantar fleksiyonunu sağlar [60]. Bu durum aynı zamanda ekinus deformitesinin en belirgin şekilde hissedildiği zamandır. Bazı faktörlerin gastroknemiusa bağlı ekinus kontraktürü gelişme olasılığına daha fazla katkıda bulunduğu bilinmektedir. Bunlar arasında ileri yaş, yüksek topuklu ayakkabı giymek, hareketsizlik ve tıbbi komorbiditeler yer almaktadır [61]. İki ayrı kasın ekinus kontraktürüne neden olabileceği göz önüne alındığında, spesifik kasılan kası ayırt etmek önemlidir [62]. Bu

durumda ilk olarak ekinus deformitesinin sebebini belirlemek, yürüyüş sırasında özelliklerini değerlendirmek ve uygun bir tedavi planı oluşturmak gereklidir.

Kemik deformitesinin olmadığı durumlarda, ayak bileği ekinusu genellikle gastroknemius-soleus kompleksindeki kısalmanın bir sonucudur. Diğer ekstremitte kontraktürleri için tipik olan bu fonksiyonel gerginlik, yaygın inanışın aksine, tendinöz kısımdan ziyade muskulotendinöz ünitenin kas kısmında kendini gösterir [63]. Ekinus kontraktürü için bir gösterge olabilecek ayak bileği dorsifleksiyonunun kısıtlanması, uzun zamandan beri yüksek mekanik zorlanmalar ve bunun sonucunda ortaya çıkan ayak ve ayak bileği patolojisi ile ilişkilendirilmektedir. Bu durumun bilinen birçok nedeni vardır ve elde edilen bilgilere göre bu durum izole gastroknemius ya da kombine (Aşil) kontraktürü olarak ortaya çıkabilir. Bu durum konjenital veya kalıtsal bir yapısal anomaliden, uzun süre ağırlık taşımamaktan kaynaklanan edinsel bir eksiklikten veya ayak uçlarında koşan koşucularda veya yüksek topuklu ayakkabı giyen kadınlarda gözlemlendiği gibi kronik kötü postüre verilen gelişimsel bir kas reaksiyonu olabilir [64]. Literatürde triseps surae gerginliğinin iyi tanımlanmış diğer nedenleri arasında alt ekstremitenin paralitlik durumları (poliomyelit gibi) veya kas sertliği veya spastisite ile sonuçlanan nörolojik bozukluklar (diyabet ve serebral palsi gibi) yer almaktadır [42]. Ayak ve ayak bileğinin çok sayıda sorunu “ekinus belirtisi” ile ilişkilendirilmiştir ve bu ilişkilerden bazıları tartışmalı olsa da, ekinus kontraktürü ile pes planus gelişimi arasında kuvvetli bir ilişki mevcuttur. Günümüzde hala belki de en yanlış anlaşılacak nokta, bu iki patoloji arasındaki zamansal ilişkidir ve bu nedenle gelecekte pes planus deformitesi ile gastroknemius-soleus gerginliği arasındaki etkileşimi daha kesin bir şekilde tanımlamak için daha yüksek düzeyde kanıtlara ihtiyaç duyulmaktadır [42]. Ekinus kontraktürü ile pes planus deformitesinin gelişimi arasında da oldukça güçlü bir ilişki mevcuttur, ancak bu ilişkinin neden mi yoksa sonuç olarak mı nitelendirilmesi gerektiği konusu henüz net değildir ve tartışmalıdır [42]. Bu konudaki kafa karışıklığının bir kısmı, pes planusun gerçekte ne olduğunun tam olarak anlaşılmasından kaynaklanmaktadır. Şu anda tanımlandığı şekliyle yetişkin pes planusu, ya ilerleyen yaşlarda edinilmiş bir deformite olarak ya da çocuklukta gelişimsel bir anormalliğin sekeli olarak ortaya çıkmaktadır. Bir pes planusu belirleyen birçok farklı özellik (ve aynı şekilde bu deformiteye yol açabilecek birçok nedensel faktör) olmasına rağmen, çok gergin, çok kısa veya çok güçlü bir yüzeysel posterior

kas kompartmanı en sık gözlenen ilişkili anormalliklerden biri olarak öne çıkmaktadır [65].

Hem gastroknemius-soleus kompleksi hem de Aşil tendonu kalfın yüzeysel posterior kompartmanında yer alır. Gastroknemius posterior femoral kondillerden çıkar. Bu nedenle, vücutta üç büyük eklemi geçen az sayıdaki kastan biridir: diz, ayak bileği ve subtalar. Soleus, tibia, fibula ve interosseöz membranın arka yüzeyinden çıkar ve sadece iki ana eklemi geçer: ayak bileği ve subtalar. Sonuç olarak, gastroknemius, soleusun aksine, diz ve ayak bileğinin fleksörü olarak kabul edilir. Bu anatomik farklılık, Silfverskiold manevrası yaparak bu iki kasın ilgili ekinus katkılarının ayırt edilmesini mümkün kılar [42].

### 2.5.2 İzole gastroknemius kas kısalığı

Biyomekanik çalışmalar, yürüyüşün duruş fazı sırasında tibianın talus üzerinde ilerlemesi için en az  $10^\circ$  ayak bileği dorsifleksiyonuna ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Bazı çalışmalar, sağlıklı bireylerde fleksiyonda ve ekstansiyonda diz eklemine ayak bileği dorsifleksiyonu için normal değerleri değerlendirmek üzere tasarlanmıştır. DiGiovanni ve ark. ayak ve ayak bileği semptomları olmayan 34 kişiyi incelemiştir [63]. Diz ekstansiyonda iken ortalama ayak bileği dorsifleksiyonu  $13^\circ$  ve diz fleksiyonda iken  $22^\circ$  olarak bulunmuştur. Baumbach ve ark. 64 sağlıklı genç bireyi incelemiş ve ortalama ayak bileği dorsifleksiyonunun  $23^\circ$  olduğunu bildirmişlerdir [66]. Hem sağlıklı bir popülasyon için normatif veriler hem de ayak ve ayak bileği hastalarında ayak bileği dorsifleksiyon ölçümleri açısından bazı veriler mevcut olsa da, gastroknemiusun hangi sınırlarda daha gergin olarak kabul edileceği konusunda bir fikir birliği yoktur. Bazı yazarlar ağırlıklı olarak diz ekstansiyonda iken ayak bileği dorsifleksiyonuna odaklanırken, diğerleri diz ekstansiyonda ve fleksiyondayken ayak bileği dorsifleksiyonunda ölçülen farka odaklanmaktadır. Ölçümler çoğunlukla modifiye bir gonyometre ile yapılmıştır, ancak bazıları doğrulanmamış ölçüm yöntemleri kullandığından ve testler standartlaştırılmadığından sonuçları karşılaştırmak zordur. Tekrarlanabilir tek kanıt, yürüyüş değişiklikleri olmadan tibianın talus üzerinde yuvarlanması için duruş fazında ayak bileğinin  $>10^\circ$  dorsifleksiyonun gerekliliğini gösteren biyomekanik çalışmalardan gelmektedir [67].

İzole gastroknemius kas kısalığı (İGKK), orta duruş sırasında eş zamanlı ayak bileği dorsifleksiyonunu ve diz ekstansiyonunu sınırlayan patolojik bir durumdur. Ayak

bileği dorsifleksiyonu ve diz ekstansiyonu, yürüyüşün bu aşamasında birleşik hareketlerdir [68]. Yürüyüşün duruş evresi sırasında 10° dorsifleksiyona ulaşmak için plantar fleksör kasların aktif olarak uzatılmaması, tibianın ayak üzerinde ilerlemesini sınırlayabilir [69]. Bu nedenle, ayak bileği hareket açıklığını kısıtlayan patolojiler, yürüyüşün duruş evresi sırasında ayak bileği ve/veya diz eklemi mekaniklerinin değişmesine neden olabilir [70].

### 2.5.2.1 İzole gastroknemius kas kısalığında klinik tanı

Gastroknemiusun izole bir kısalığını tespit etmek için diz ekstansiyonda ve fleksiyondayken ayak bileği dorsifleksiyonunu ölçmek gerekir. Diz ekstansiyonda ayak bileği dorsifleksiyonu kısıtlanıyorsa ve diz fleksiyonda ayak bileği dorsifleksiyonu normalleşiyorsa, bunun nedeni gastroknemius kasının izole bir kısalığıdır [71].

Gastroknemius kısalığının tanısı Silfverskiold testi [71] ile konulan klinik değerlendirmeye dayanır. Bu testte diz ekstansiyonda iken var olan ayak ekinusunun diz fleksiyonda iken kaybolması söz konusudur. Gastroknemius kısalığı ayrıca ekinusun neden olduğu ön ayağa aşırı yüklenme, dizde rekurvatum, kalça fleksiyonu ve hiperlordoz gibi fiziksel belirtilere sebep olabilir ve klinik değerlendirme sırasında bu belirtiler de mutlaka değerlendirilmelidir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Sırtüstü pozisyonda Silfverskiold testi.

### **Klinik değerlendirme: Silfverskiold testi**

Bir ortopedi cerrahı olan Nils Silfverskiöld (1888-1957) tarafından tanımlanan test, izole gastroknemius kontraktürü ile kombine gastroknemius-soleus kompleksi kontraktürü arasında ayırım yapmak için kullanılan ağırlık taşımadan yapılan bir testtir [62]. Ön ayağın altına uygulanan bir kuvvet sırasında diz ekstansiyonda ve fleksiyonda iken pasif ayak bileği dorsifleksiyon aralığının değerlendirilmesiyle gerçekleştirilir.

Barouk [72] diz ekstansiyonda iken ön ayak altından orta derecede kuvvet uygulayarak değerlendirilen pasif ayak bileği dorsifleksiyonu negatif veya nötral olduğunda ve diz fleksiyona getirildiğinde bu fark en az 10 derecelik bir fark gösteriyorsa gastroknemius kısalığından bahsedilir Pasif ayak bileği dorsifleksiyonu değerlendirilirken dikkat edilmesi gereken hususlar vardır [72].

1. Kuvvet, ikinci metatars başının altına uygulanır, ancak tüm ön ayağın altında daha geniş bir alana uygulanabilir.
2. Esnek bir pes planus varlığında, topuk genellikle valgus pozisyonundadır. Arka ayak valgusta olduğunda, doğru bir ayak bileği dorsifleksiyonu gerçekleşmez ve dorsifleksiyon hareketinin çoğu, transvers tarsal ve subtalar eklemler aracılığıyla oblik bir düzlemde gerçekleşir. Testi doğru bir şekilde gerçekleştirmek için, arka ayak valgustan nötral veya varus pozisyonuna getirilmelidir. Bunu gerçekleştirmek ancak arka ayak esnek olduğunda mümkündür.
3. Silfverskiold testi ayağın pasif değerlendirilmesine dayanır ve değerlendirmeyi yapan kişi ekstansörlerin, özellikle de tibialis anteriorun aktif kontraksiyonuna izin vermemelidir. Bu durum genellikle hastadan dizini fleksiyona getirmesi istendiğinde ortaya çıkar. Bundan kaçınmak için değerlendirme yüzüstü pozisyonda gerçekleştirilebilir veya testi gerçekleştirmenin alternatif bir yöntemi, dizi pasif olarak bükme ve testi yaparken bu pozisyonda tutmaktır
4. Dorsifleksiyon derecesi ön ayak altına uygulanan kuvvete bağlıdır. Test yapılırken ön ayak altına uygulanması gereken kuvvet yaklaşık 2 kg'dan fazla olmamalıdır.

Test sırasında subtalar eklemi hafif bir varus veya nötral pozisyonda kilitlemek çok önemlidir. Subtalar eklem dışa dönük bir pozisyona geçmesine izin verilirse, bu

durum önemli ölçüde ayak bileği dorsifleksiyonuna ve potansiyel olarak yanlış negatif teste neden olabilir [63, 73].

İGKK için önerilen tanımlar çeşitlilik göstermektedir. Barouk, diz ekstansiyonda iken 0° ayak bileği dorsifleksiyonu ve diz fleksiyonda iken 10° ayak bileği dorsifleksiyonu artışını gastroknemiusun izole kısalığı için bir sınır olarak tanımlamıştır [72]. DiGiovanni ve ark. gastroknemius kısalığı için sınır olarak diz ekstansiyonda iken 5° ve 10° ayak bileği dorsifleksiyonu tanımlamıştır [63].

### **2.5.2.2 İzole gastroknemius kas kısalığının etkileri**

İzole gastroknemius gerginliğinin/kısalığının prevalansını net olarak değerlendirmek, halen üzerinde uzlaşmış bir tanım ve onaylanmış bir ölçüm cihazı olmaması nedeniyle zordur, ancak sık görülen bir durum gibi görünmektedir [74] ve bazı yazarlara göre genel popülasyonun %50'sine ulaşabilir [75] ve ayak patolojileri varlığında ise bu oran %96,5'e çıkabilir [76]. İzole gastroknemius gerginliği, özellikle ön ayakta metatarsalji veya halluks valgus gibi net bir açıklaması olmayan çok sayıda bozuklukla ilişkilendirilmektedir [77].

DiGiovanni ve ark., yaptıkları çalışmalarında izole gastroknemius gerginliği ile ayak patolojileri arasında bir ilişkiden bahsetmişlerdir. Ayak patolojisi olan bireylerin %65'inde izole gastroknemius gerginliği olduğunu ve bu oranın bireylerin %24'ünde izole gastroknemius gerginliği tespit edilen sağlıklı kontrol grubundan önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Daha sonraki çalışmalar da ayak patolojisi olan hastalarda yüksek izole gastroknemius gerginliği insidansını doğrulamıştır [78]. Literatürde İGKK çeşitli ayak ve ayak bileği sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir. Gastroknemius kısalığı, plantar fasiit, metatarsalji, plantar ülserler, Aşil tendinopatisi, pes planus ve posterior tibial tendon yetmezliği, halluks valgus gibi durumlarda tek başına veya etkileyen faktör olarak belirtilmiştir. Bazı vaka raporları ve retrospektif derlemeler İGKK ile Aşil tendinopatisi, plantar fasiit, metatarsalji ve plantar ülserler arasında bir bağlantı olduğunu açıklamaktadır [79].

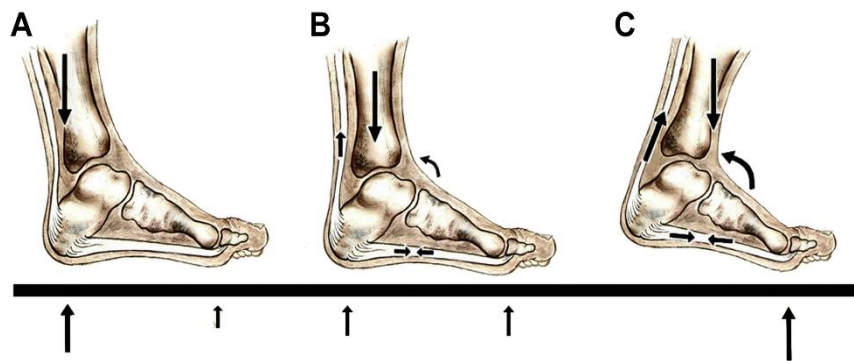
Her ne kadar özellikle nörolojik problemler ekin kontraktüründen sorumlu baskın etiyolojileri oluştursa da, Hill [31] ve DiGiovanni ve ark. [63] yaptıkları araştırmalarda gastroknemiusta izole kontraktürün bilinen herhangi bir nedensel yatkınlığı olmayan sağlıklı bireylerde de görülebileceğini belirtmişlerdir. Bu ikinci grupta var olan

sorunun, bu kasın posterior kalf bölgesindeki 2/3 boyut hakimiyetine dayanan yapısal avantajından ve kaç eklemden geçtiğine bağlı olarak mekanik etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir [80].

Sağlıklı çocuklarda gastroknemius kas kısalığı ile ilgili çalışmalar sınırlıdır, ancak çocuklarda yaş arttıkça ayak bileği dorsifleksiyonunun azaldığına dair kanıtlar vardır [81]. Çocuklarda gastroknemius kas kısalığının normal bir bulgu olup olmadığı bilinmemekle birlikte tekrarlayan bacak ağrısı çocuklarda sıktır [82]. Ayrıca, esnek pes planusun gelişmekte olan çocuklarda normal bir gözlem olduğu ve medial longitudinal arkin yaşamın ilk on yılında geliştiği bilinmektedir [83]. Gelişmekte olan çocuklarda hem ayak morfolojisi hem de ayak bileği dorsifleksiyonu değişir; ancak ikisi arasında bir ilişki olup olmadığı bilinmemektedir [84].

### 2.5.2.3 İzole gastroknemius kas kısalığının yürüme üzerine etkileri

Triceps surae kasının önemli bir bileşeni olan gastroknemius kası, ayak bileği plantar fleksiyonunda önemli bir rol oynar ve kuvvetin %40-60'ına katkıda bulunur. Gastroknemiustaki gerginlik, belirgin dorsifleksiyon kısıtlılığı ortaya çıkarmasa bile ön ayak basınçlarında artışa ve semptomatik topuk ağrısına yol açabilir. Bunun nedeni, bu kastaki gerginliğin yürüyüşü değiştirebilmesi ve plantar fasya üzerindeki yükü artırabilmesidir. Klinik değerlendirmede tipik olarak sabah ilk adımlarda veya dinlenme dönemlerinden sonra ağrı, topuğun anteromedial tarafında lokalize hassasiyet ve ayak bileği dorsifleksiyonunda azalma görülmektedir [85] (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 : Gastroknemiusun plantar fasya üzerindeki etkisi [6].

Cerrahi alanında en yaygın hipotez, kısıtlı ayak bileği dorsifleksiyonunun orta duruş fazı sırasında plantar basıncı artırdığı yönündedir. Cazeau ve ark. [86] duruş fazının 60. ve 88. yüzdelik dilimleri arasındaki zamanın ön ayak üzerindeki basıncın arttığı bir ortam olduğunu saptamışlardır: bu noktada diz ekstansiyonda ve ayak bileği dorsifleksiyondadır. Aynı gözlemler, izole gastroknemius gerginliği ile kısıtlı ayak bileği dorsifleksiyonunun bulunduğu üç boyutlu modellerde [87] ve kadavra çalışmalarında [88] da mevcuttur. Ancak, bu çalışmalar canlı deneklerde gerçekleştirilmemiştir ve sadece varsayım niteliğindedir. Buna karşın, canlı bireylerde yapılan laboratuvar yürüme analizlerinde bu sonuçlara rastlanmamıştır [89]. İzole gastroknemius gerginliğinin orta duruş fazında ayak bileği dorsifleksiyonunu kısıtladığı hipotezini, diabetes mellituslu hastalar [90] ve nöropatik tutulumu olan spesifik popülasyonlar olan nörolojik ve çarpık ayak (clubfoot) deformiteleri [91] dışında destekleyen herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. İki yürüme analizi çalışmasında [89] yürüme sırasında ayak bileği dorsifleksiyonu kısıtlanmaksızın diz fleksiyonunda artış saptanmıştır.

Gastroknemius kası her iki eklemi katettiğinden, ayak bileğinin eklem kinematiği diz fleksiyonundan etkilenir. Diz eklemi ekstansiyonda iken ayak bileği pasif dorsifleksiyon açısı ortalama  $20^{\circ}$ , diz eklemi fleksiyona getirildiğinde gastroknemiusun gevşemesi ile açı  $30^{\circ}$  yaklaşabilir. Yürüyüşün orta duruş fazında ayak bileği eklemine  $8-10^{\circ}$  dorsi fleksiyon hareketine izin verdiği görülür [92]. İGKK yürüyüş esnasında alt ekstremitte ve ayakta kompensatuar etkiler yaparak, pes planus, talar ekinus, arka ayak pronasyonu gibi birçok biyomekaniksel değişiklikler ve plantar fasiit, bacak ağrısı, metatarsalji, Aşil tendinopatisi gibi semptomlar ile ilişkilendirilmiştir [93]. Arka ayak pronasyonu artışının izole gastroknemius kas kısalığı ile ilişkisi çalışmalarda gösterilmiştir [64]. Arka ayağın pronasyonunun etyolojisi ne olursa olsun talar plantar fleksiyon ile birlikte adaptif İGKK söz konusu olacaktır [63]. Ayak bileği eklemine plantar fleksiyon ve subtalar eklemde pronasyona neden olan İGKK, ağırlık taşıma esnasında yükün ayak tabanına yayılımının normal sınırlar içinde gerçekleşmesini de engeller [94]. Literatür incelendiğinde, İGKK'nın, arka ayak pronasyonu başta olmak üzere, ayağın postürü, fonksiyonel parametreler ve yürüyüş dinamikleri üzerine etkilerinin raporlandığı görülmektedir [63].

#### 2.5.2.4 İzole gastroknemius kas kısılalığında tedavi

Gastroknemius kısılalığı ile ayak ve ayak bileğinin farklı aşırı yüklenme durumları arasındaki patomekanik bağlantılar giderek daha fazla kabul görmektedir. Çalışmalar ayrıca plantar fasiit gibi durumlarda gastroknemius kasında kısılalık prevalansının yüksek olduğunu bildirmiştir [95]. Bu sonuç, tedavide gastroknemiusun uzatılması gerektiği sonucuna götürmektedir. Aşıl tendinopatisi gibi durumlar için bazı çalışmalar germe egzersizlerinin önemli bir klinik etkisi olduğunu göstermiştir ve yaygın olarak bu durum için en etkili konservatif tedavi olarak kabul edilmektedir [96]. Germe egzersizlerinin inatçı plantar fasiit tedavisinde etkili olduğu gösterilmiştir [97]. Plantar fasyaya özgü germe egzersizlerinin etkisi başka çalışmalarda da bildirilmiştir [98].

Statik ve dinamik germe dahil olmak üzere germe uygulamaları, kas esnekliğini iyileştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Statik germe, bir kasın uzun bir süre boyunca uzatılmış bir pozisyonda tutulmasını içerir ve kas uyumunu sağladığı ve eklem hareket açıklığını artırdığı gösterilmiştir [51]. Kasın tüm hareket açıklığı boyunca aktif hareketlerini içeren dinamik germe, kas esnekliğini ve nöromusküler performansı artırmak için genellikle ısınma rutininin bir parçası olarak önerilmektedir [44]. Mevcut kanıtlar, köpük rulo gibi miyofasyal gevşetme tekniklerinin de fasyal adezyonları hedef alarak ve doku esnekliğini destekleyerek gastroknemius esnekliğini artırabileceğini göstermektedir [99]. Ayrıca, propriyoseptif nöromusküler fasilasyon tekniği ile germe, hem pasif hem de aktif kas kontraksiyonlarını birleştirerek esnekliği artırmak için etkili bir yöntem olarak tanımlanmıştır [100].

Gastroknemius kasının esnekliğinin korunması ve geliştirilmesi, optimum hareket modelleri ve yaralanmaların önlenmesi için gereklidir. Araştırmalar, manuel terapinin gastroknemius kas sertliğini etkili bir şekilde azaltabileceğini ve plantar fasiit ile ilişkili semptomları potansiyel olarak hafifletebileceğini göstermektedir [101]. Kapsamlı bir derleme, statik germenin kas-tendon ünitesinin hem mekanik hem de nörolojik özelliklerini etkileyerek esnekliğin artmasını sağladığını vurgulamıştır [102]. Bu modaliteleri karşılaştıran bir çalışma, altta yatan mekanizmalar farklı olsa da her ikisinin de esnekliği ve hareket açıklığını artırmada etkili olduğunu ortaya koymuştur. Germenin kas dokularının elastik özelliklerini modüle ettiği gösterilmiştir [103]. Yapılan bir çalışmada ise, gastroknemius kasının sertliğinin azaltılmasının

plantar fasiitli hastalarda semptomları hafifletebileceğini göstermiş ve hedeflenen germe uygulamalarının terapötik potansiyelini özellikle vurgulamıştır [104].

Triceps surae farklı seviyelerde uzatılabilir. Eğer soleus ve gastroknemiusun birleşik gerginliği tespit edilirse, distal Aşil tendonunda bir uzatma prosedürü gerçekleştirilebilir. Aşil uzatma prosedürleri uzun bir rehabilitasyon dönemi ve aşırı uzatma riski içerir [105]. Kadavra çalışmaları, tüm triceps surae boyunca iletilen veya sadece gastroknemius boyunca iletilen gerilim kuvvetlerinin ön ayak basıncını eşit şekilde artırdığını göstermiştir [88]. Bu durum, yalnızca gastroknemiusta oluşan gerginliğin yalnızca gastroknemiusu uzatmayı amaçlayan bir prosedürle tedavi edilmesi gerektiği sonucuna götürür [106].

## **2.6 Ayak-Ayak Bileği Biyomekaniğinin Ayak Postürü ile İlişkisi**

Ayak, hareket sürecinde önemli rol oynayan bir organdır. Kemikler sert elemanlar olarak, eklemler ise uygun hareketliliği sağlayan sistemler olarak ele alınır. Ligamanlar, sinovyal kapsülleri güçlendirerek aşırı harekete karşı koruma sağlar [107]. Ayak-ayak bileği deformiteleri günlük yaşamdaki sorunların kaynağı olabilir. Bu nedenle erken değerlendirme ve çocuklarda doğru bir ayak rehabilitasyonu uygulanması önemlidir. Ayak deformasyonlarının birçok nedeni vardır. Aşırı kilolu veya obez olmaktan kaynaklanan kilo artışının sebep olduğu yük ve hareket aktivitesindeki bir kısıtlılık ayakta deformasyona sebep olabilir. Ayrıca ayağın temas ettiği zeminin yapısı, ayakkabı tipi ve ayağa etki eden yük miktarı da önemlidir [108]. Beden kütle indeksi (BKİ) artışı ile diz patolojileri arasındaki ilişki araştırıldığında diz eklemine binen fazla yükten kaynaklı mekanik zorlanmanın arttığı, bunun sonucunda eklem dejenerasyonu ve patolojilerini ortaya çıkardığı yönündedir [109]. Bunlara ek olarak ayak arkındaki değişikliklerin diz biyomekaniğini etkilediği bilinmektedir [110]. Pes planus veya pes kavus gibi deformitelerin olduğu ayakta, vücudun kapalı bir kinetik zincir yapısına sahip olduğu göz önüne alındığında, bu tür patolojilerin üst seviyelerde yer alan eklemlerdeki biyomekanik dizilimi bozarak çeşitli problemlere neden olduğu söylenebilir. Herhangi bir eklemden meydana gelen değişimlerin biyomekaniksel ve kinezyolojik olarak üst ve alt eklemleri etkilediği bilinmektedir [111]. Bu nedenle ayak postüründe meydana gelen değişimlerin alt ekstremitenin dizilimini etkilediği ve hatta bozduğu, diz ağrısı ve patolojileri bakımından risk faktörü

oluřturabileceđi dűřünűlmektedir. Literatűrde ayak postűrűnű deđerlendirmek veya sınıflandırmak için bir dizi farklı yöntem tanımlanmıřtır. Navikűlar yűkseklik ۆlçűmű, navikűlar dűřme testi, subtalar eklem açısı ۆlçűmű, valgus indeks ve Ayak Postűr İndeksi-6 (API-6) gibi uygulaması kolay olan yöntemler olmakla birlikte, ilerleyen teknoloji ile birlikte pedobarografik ۆlçűm gibi daha objektif deđerlendirme yöntemleri ۆnem kazanmıřtır [112]. API-6, ayak postűrűnű deđerlendirmek ve ayakta dururken supinasyon veya pronasyon miktarını veya nۆtral pozisyonu ۆlçmek için kullanılabilir [113]. Kiřiden kolları yanında ve dűmdűz karřıya bakarak rahat bir řekilde durması ve sonra “yerinde sayması” ve ardından tekrar rahat bir duruřa geçmesi istenir. Tablo 2’deki gözlem kriterlerine göre [114] deđerlendirme yapılırken hastanın yaklařık iki dakika boyunca yerinde durması gerekir. Nۆtral bir ayak postűrűnűn ۆzellikleri 0 olarak derecelendirilirken, pronasyon postűrű pozitif ve supinasyon postűrű negatif olarak derecelendirilir. Genel ayak postűrű toplam skorunu elde etmek için skorlar birleřtirilir.

**Tablo 2.1: Ayak Postür İndeksi (APİ-6) Gözlem Kriterleri.**

Kriter	-2	-1	0	+1	+2
<b>Talus başının palpasyonu</b>	Talus başı lateral tarafta palpe edilebilir ancak medial tarafta palpe edilemez	Talus başı lateralde palpe edilebilir/medialde hafifçe palpe edilebilir	Talus başı lateral ve medial tarafta eşit olarak palpe edilebilir	Talus başı lateral tarafta hafifçe palpe edilebilir/medial tarafta palpe edilebilir	Talus başı lateral tarafta palpe edilemez ancak medial tarafta palpe edilebilir
<b>Supra ve infra lateral malleol eğriliği (arkadan bakıldığında)</b>	Malleolün altındaki eğri ya düz ya da konveks	Malleolün altındaki eğri konkav, ancak malleolün üstündeki eğriden daha düz/daha fazla	Hem infra hem de supramalleolar eğriler yaklaşık olarak eşittir	Malleol altındaki eğri malleol üzerindeki eğriden daha konkavdır	Malleol altındaki eğri, malleol üzerindeki eğriden belirgin şekilde daha konkavdır
<b>Kalkaneal frontal düzlem pozisyonu (arkadan bakıldığında)</b>	Tahmini 5°den fazla inversiyon (varus)	Dikey ile tahmini 5° inversiyon (varus) arasında	Dikey	Dikey ile tahmini 5° eversiyon (valgus) arasında	Tahmini 5°den fazla eversiyon (valgus)
<b>Talonaviküler eklem bölgesindeki belirginlik (içeriden açı olarak bakıldığında)</b>	Talonaviküler eklem bölgesi belirgin konkav	Talonaviküler eklem bölgesi hafif ama net şekilde konkav	Talonaviküler eklem bölgesi düz	Talonaviküler eklem bölgesi hafif konveks	Talonaviküler eklem bölgesi belirgin konveks
<b>Medial longitudinal arkın uyumu (içeriden bakıldığında)</b>	Ark yüksek ve medial arka doğru keskin açılı	Ark orta derecede yüksek ve posteriora hafif keskin açılı	Ark yüksekliği normal ve merkezde kavisli	Ark biraz daha düzleşmiş, merkezde hafif düzleşme var	Ark oldukça düşük, merkezde ciddi düzleşme ve yerle temas var
<b>Ön ayak/arka ayak abduksiyon/adduksiyonu (arkadan görünüm)</b>	Yan parmaklar görülmez. Medial parmaklar net şekilde görülür	Medial parmaklar yan parmaklardan net şekilde daha fazla görünür	Medial ve yan parmaklar eşit şekilde görünür	Yan parmaklar medial parmaklardan net şekilde daha fazla görünür	Medial parmaklar görünmez. Yan parmaklar net şekilde görülür

Naviküler düşme testi orta ayak hareketliliğini ve bunun kinetik zincirin diğer kısımları üzerindeki etkisini ölçmek için kullanılan bir testtir. Bu test nötral talus pozisyonunun ayakta dururken gözlenen durumunu tanımlayan bir yöntemdir [115]. Bu testte değerlendirmeyi yapan kişi, küçük sert bir cetvel kullanarak önce kişi otururken naviküler tüberositenin en belirgin kısmını kullanarak nötral talus pozisyonunda navikülerin yerden yüksekliğini ölçer ve ardından normal rahat ayakta dururken navikülerin yüksekliğini ölçer. Bu fark naviküler düşme olarak adlandırılır ve ayakta durma sırasında ayağın pronasyon miktarını veya medial longitudinal arkın düzleşmesini gösterir. 10 mm'den büyük ölçüm pes planus varlığını gösterir. Test, yürüme veya koşma gibi fonksiyonel aktivitelerle ortaya çıkan deformasyon miktarını ölçmez [116].

Ayak postürünün, ayak postür indeksine dayalı olarak sınıflandırılması, alt ekstremitelerde çeşitli aşırı kullanım yaralanmalarının ve diz osteoartritinin gelişimi ile bir ilişki göstermiştir [117]. Ayak postür indeksi ek olarak, kişinin toplam ayak uzunluğunun %50'sinde ölçülen ayak arkının yüksekliği ve ayak ark yüksekliğinin ayak uzunluğuna oranı da statik ayak duruşunu ölçmek için önerilmiştir [118]. Ayak hareketliliğinin değerlendirilmesi literatürde daha az ilgi görmüştür, ancak tipik olarak naviküler düşme testi ile değerlendirilmiştir. Brody, naviküler düşme testini ilk olarak 1982'de tanımlamıştır. Naviküler tüberozitenin yüksekliğindeki dikey değişimle ölçülen orta ayağın sagittal düzlem hareketliliğinin bir ölçüsüdür [119]. Naviküler düşme testinin klinik uygulamasına yönelik araştırmalar, naviküler tüberozitedeki dikey değişimin büyüklüğü ile çeşitli alt ekstremitelerde yaralanmalarının gelişimi arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir [120]. Ayak duruşu, ayağa ağırlık uygulandığında oluşan şekille tanımlanır ve öncelikle kalkaneus, talus, naviküler, medial, orta ve lateral küneiform kemikler ve medial üç metatarsal kemik olan medial ark tarafından oluşturulan görece çizgiye göre üç kategoride analiz edilir. Medial arkın tepesi olarak kabul edilen naviküler tüberozitenin konumu, ayak duruşunu sınıflandırmak için referans noktası olarak kullanılır. Örneğin, pes kavusta medial ark, ayağa ağırlık uygulandığında şeklini değiştirmezken, pes planusta bu ark, sanki çok esnek bir yapıya sahipmiş gibi yere doğru düzleşir. Pes kavuslu ayak nispeten serttir ve zemin kuvvetlerini doğrudan üst segmentlere iletir, bu kuvvetlerden etkilenmez. Buna karşılık, pes planuslu ayak esnek bir davranış gösterir ve şeklini değiştirerek karşılaşılan kuvvetlerin bir kısmını absorbe eder [121]. Ayak ve medial longitudinal ark özellikleri, alt ekstremitelerin aşırı kullanım yaralanmalarına katkıda bulunabilecek potansiyel faktörler olarak sıklıkla tartışılmıştır [122]. Kanıtlar kesin olmasa da [123], yüksek ark durumunda ayakların daha sert olduğu ve daha az şok absorbe etme kapasitesine sahip olduğu düşünülmektedir [124]. Bu, ayak bileği yaralanmalarının, kemik yaralanmalarının (özellikle tibia veya femur) ve alt ekstremitenin lateral yönündeki yaralanmaların daha yüksek insidansına yol açabilir. Buna karşılık, düşük ark durumunda daha fazla diz yaralanması, yumuşak doku yaralanmaları ve alt ekstremitenin medial yönündeki yaralanmalarla ilişkili görünmektedir [122]. Yapılan bir sistematik çalışmada [125], normal ayaklarla karşılaştırıldığında planus görülen ayakların, duruş fazının son %20'sinde (salınım öncesi) arka ayağın önemli ölçüde daha fazla inversiyon hareketi gösterdiğini

bulmuştur. Ek olarak, pes planus ile arka ayağın eversiyonu arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur; bu tipik olarak duruşun ilk %50'sinde meydana gelir.

## **2.7 Ayak-Ayak Bileği Biyomekaniğinin Alt Ekstremitte Kas Kuvveti ile İlişkisi**

Kas kuvvetinin değerlendirilmesi, kas zayıflığının varlığını ve miktarını belirlemek için yapılır [126]. Kas kuvvetini ölçerken güvenilir ve geçerli yöntemler kullanmak esastır. Kas kuvvetinin değerlendirilmesi, manuel kas testi, izokinetik ve elde taşınan dinamometre kullanımına kadar çeşitli testler kullanılarak gerçekleştirilebilir [127]. İlk olarak Lovett ve Martin tarafından 1912'de kullanılan manuel kas testi, o zamandan beri kuvveti incelemenin en yaygın kullanılan yöntemi olmuştur [128]. Manuel kas testi değerlendirmesi, yerçekimine veya değerlendiricinin direncine karşı hareketi derecelendirmek için bir sıra sistemine dayanır [129]. Literatürdeki raporlar, manuel kas kuvvetinin yeterince kesin bir göstergesi olmadığını bulmuştur [128]. Beasley 1950'lerde manuel kas kuvveti ile normal kuvvet dereceleri alan çocukların dinamometre ile test edildiğinde aslında normal kuvvetin yaklaşık %50'sinde olduğunu, yani manuel kas kuvveti değerlendirmesinin bir tavan etkisi olduğunu göstermiştir [130]. İzokinetik dinamometre, manuel kas kuvveti değerlendirmesine bir alternatiftir. Bu cihazlar, daha fazla hassasiyet sağlayan ve çoğu durumda tavan etkisini ortadan kaldıran veriler üretir [131]. Güvenilir olmalarına rağmen, bu cihazlar büyük, pahalıdır, taşınabilirlikten yoksundur ve daha fazla zaman alır [132]. Manuel kas kuvveti değerlendirme ve izokinetik dinamometreye bir alternatif, el dinamometresidir. Bu cihazlar taşınabilir, hafif, kullanımı kolay ve verimlidir [127]. El dinamometresi kas kuvvetindeki küçük artışları veya azalmaları ölçmesi gerektiğinde daha etkindir [128]. Ayrıca, el dinamometresi, manuel kas kuvveti değerlendirmesine kıyasla yaş ve cinsiyet açısından test eden kişiye daha az duyarlıdır [133]. El dinamometreleri, adlandırılan iki koşul altında gücü test etmekle sınırlıdır. Hasta dinamometreye kuvvet uygularken test eden kişinin dinamometreyi sabit tutması gerekir [129]. Her iki yöntemle ilişkili sorunlar arasında cihazın sabitlenmesi ve test edenin gücü yer alır [134]. Wikholm ve diğerleri, test edenin gücünün el dinamometresinin büyüklüğünün ve güvenilirliğinin bir belirleyicisi olduğunu bildirmiştir [135].

Ayak üzerine hem intrinsik hem de ekstrinsik kaslar etki etmektedir. Ayağın ekstrinsik

kasları, kökenleri ve yerleşimleri hem ayak bileği hem de metatarsofalangeal eklemleri geçtiği için hem plantar fleksiyonda hem de ayak parmakları fleksiyonunda görev alır. Ayak parmakları fleksör kas gücünün klinik önemi ile ilgili olarak, ayak gücü ve yapısı genellikle yaralanmalarla ilişkili oldukları için dikkat çekmektedir [122]. Ayak kaslarının zayıflığı, yürüme veya koşma zorlukları da dahil olmak üzere ağrı ve hareketlilik sorunlarında rol oynayabilir [136]. Güçlü ayak parmak fleksör kasları, pronasyon kontrolü gerektiğinde artan hareketliliği önlemeye yardımcı olur ve böylece alt ekstremitte aşırı kullanım yaralanmaları riskini azaltır [137]. Abduktör hallusis kası, ayak parmakları fleksör kaslarından biridir ve halluks yere sabitlendiğinde ayak arkını yükseltme fonksiyonu görür Bu nedenle, ayağın kas gücü ve yapısının fiziksel performansı artırmada ve alt ekstremitte yaralanmalarını önlemede önemli faktörler olduğu göz önüne alındığında, insan ayağının fonksiyonel rolünü dikkate almak gerekir [138]. Birçok çalışma, ayak yapısı ile alt ekstremitte kinematikteki değişiklikler arasında nedensel bir ilişki olduğunu ve bunun bir kişiyi genel kas-iskelet sistemi bozukluklarına yatkın hale getirebileceğini öne sürmüştür [139]. Kas-iskelet sistemi bozukluklarının oluşumu ve gelişiminin ayak ve ayak bileğindeki kasların kuvvetinin azalması ve zayıf fiziksel performansla ilişkili olduğu bildirilmiştir [140].

## **2.8 Ayak-Ayak Bileği Biyomekaniğinin Fonksiyonel Performans ile İlişkisi**

Fonksiyonel performansın değerlendirilmesinde; güç, kuvvet, esneklik gibi birçok parametre değerlendirilir. “Zamanlı kalk yürü testi”, “fonksiyonel uzanma testi” gibi testler örnek verilebilir [141]. Bu çalışmada çift bacak sıçrama testi ve tek bacak sıçrama testi kullanıldı. Çift bacak sıçrama testi maksimum yatay mesafeye ulaşmak için her iki ayakla kalkış ve iniş yapmayı içeren alt ekstremitte fonksiyonel performansını değerlendiren bir testtir [142]. Fernandez-Santos, Ruiz, Cohen, Gonzalez-Montesinos ve Castro-Pinero [143], çift ayak sıçrama testinin alt ekstremitte fonksiyonel performansını değerlendirme konusunda güvenilir bir ölçüm olduğunu bildirmiştir. Ayak yapısı ve fiziksel performans arasındaki ilişki Tsai ve ark. tarafından [144], çeşitli ayak yapılarına sahip kişilerin statik ayakta duruş kontrolünde farklılıklar gösterip göstermediğini araştırdılar. Pronasyonlu veya supinasyonlu ayaklara sahip

yetişkinlerin, nötral ayaklara sahip yetişkinlere göre daha zayıf postüral kontrole sahip olduklarını bildirmişlerdir.

## **2.9 Ayak-Ayak Bileği Biyomekaniğinin Postüral Kontrol ile İlişkisi**

Postüral kontrol, vücut kütlelerinin merkezini destek tabanının üzerinde tutarak veya geri döndürerek yerçekimi alanında dengeyi koruma yeteneğidir. Desteksiz, ayakta duran insanlar dengesiz bir denge halindedir, çünkü yerçekimi kuvvetine sürekli olarak kas enerjisi ile karşı koyulması gerekir. Postüral kontrolün ölçümü zordur çünkü vücut kütle merkezinin (ağırlık merkezi) yeri kolayca belirlenemez [145]. Postüral kontrolün ölçümü, yalnızca bir denge pozisyonunu korumanın başarısı değil, aynı zamanda bu denge pozisyonuna ulaşmak için kullanılan hareket stratejilerinin uygunluğunu ve verimliliğini de belirlemelidir. Birçok klinik denge testi, hastaların denge tahtası veya top üzerinde gövdenin itilmesi yoluyla uygulanan vücut kütle merkezi bozukluklarına verdikleri tepkinin gözlemlenmesinden oluşur [146]. Genellikle yalnızca büyük pertürbasyonlar kullanılır ve abartılı koruyucu tepkiler beklenir. Bu değerlendirme yöntemi ile beklenen postüral davranışlar açıkça tanımlanamazlar. Etkili postüral ayarlamalar kalıplaşmış refleksler değil, fonksiyonel olarak uyarlanabilir davranışlardır. Bilgisayarlı kuvvet platformları ve hareket analizi cihazları gibi gelişmiş ekipmanlar, klinisyenlerin postüral kontrol değerlendirmesinde daha doğru sonuçlar elde etmelerini sağlayacaktır [147]. Biodex Denge Sistemi (BDS), bir bireyin statik ve dinamik stres altında ilgili eklemi stabilize etme yeteneğini objektif olarak ölçen ve kaydeden çok eksenli bir cihazdır. Kuvvet plakası sistemlerinin aksine, BDS aynı anda anterior-posterior ve medial-lateral eksenlerde serbestçe hareket edebilen dairesel bir platform kullanır. BDS, ayak bileği eklemi mekanoreseptörlerinin maksimum düzeyde uyarılmasını sağlayan 20°'ye kadar ayak platformu eğimine izin verir. BDS, statik ve dinamik koşullar sırasında her bir eksen etrafındaki eğimi derece cinsinden ölçer ve bir medial-lateral, anterior-posterior stabilite indeksi ve bir genel stabilite indeksi hesaplar [148]. Dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testi (DDET) güçlü bir güvenilirlik ve geçerliliğe sahip olan orijinal klinik duyuşal entegrasyon testinden uyarlanmıştır. DDET, vestibüler yetersizliği olan ve potansiyel düşme riski taşıyan bireyleri %90'lık bir özgüllükle ayırt edebilmektedir [149]. BDS, dairesel bir basınç platformu kullanarak hem anterior-posterior yönde hem de medial-lateral yönde dengeyi ölçebilen çok eksenli bir

cihazdır. BDS, 4 koşulda ayakta durma dengesi üzerindeki duyuşal bütünleşme etkilerini değerlendirmek için DDET protokolünü kullanır: gözler açık, sert yüzey; gözler kapalı, sert yüzey; gözler açık, köpük yüzey; ve gözler kapalı, köpük yüzey. BDS, genel bir salınım indeksi hesaplayarak nicel veriler sağlanmasıyla diğer testlerden ayrılır. BDS geçerli bir denge ölçümüdür; ancak maliyeti ve boyutu bu cihazı daha az tercih edilir kılmaktadır [150]. Ayağın intrinsik kasları yürüyüşte kuvvet oluşumuna büyük katkıda bulunmasa da, duyuşal girdi sağlayarak propriosepsiyonda önemli bir rol oynadıkları düşünülmektedir. Kapsüller ligamanlar gibi duyuşal girdiye katkıda bulunan diğer yapılar statikken, ayağın intrinsik kasları, ayak üzerindeki yüklerin duyarlılığını değiştirmek amacıyla eğitim yoluyla modüle edilebilir [151]. Ferrari ve ark. tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, yüzeyel elektromiyografi ve kuvvet plakası sinyallerinden gelen basınç merkezi hareketi kullanılarak iki ayak üzerinde durma, tek ayak üzerinde durma ve iki ayak üzerinde ayak ucunda durma sırasında intrinsik kas aktivitesi ölçüldü. Daha zorlu denge görevlerinin basınç merkezi hareketinde daha fazla dalgalanma, ancak intrinsik kas aktivitesinde daha az dalgalanma ile ilişkili olduğunu bildirdiler. Bu durumun, intrinsik kasların bu aktiviteler sırasında denge kontrolünden çok, ayağın stabilizasyonunda daha büyük bir rol oynayabileceği anlamına geldiğini bildirdiler [152].

Denge motor becerisi iki ana kategoriye ayrılır: statik ve dinamik denge. Statik denge, sabit bir yüzeyde belirli bir duruş pozisyonunu korumayı içerirken, dinamik denge, hareketli bir yüzeyde belirli bir pozisyonu korumayı içerir [153]. Ayak-ayak bileği segmentinin biyomekanik yapısı tartışılırken, ayak-ayak bileği segmentiyle ilgili çeşitli kinetik ve kinematik veriler, örneğin hareket aralığı ve kas kuvvetleri, bu kavram altında incelenir. Ayrıca, ayağın biyomekanik parametrelerinin bir sonucu olan ayak duruşu da bir biyomekanik parametre olarak kabul edilir [154]. Postüral kontrol, özellikle statik postüral kontrol göz önünde bulundurulduğunda, esnek ve dinamik bir ayak-ayak bileği segmenti, destek yüzeyi üzerindeki yerçekimi çizgisini korumak için sürekli olarak dorsal ve plantar fleksiyona uğrayan reaktif hareketler göstermeye daha elverişlidir [155]. Bu kinezyolojik durum göz önüne alındığında, ayak-ayak bileği biyomekanikliğinin denge becerilerini etkileyebileceğini beklemek mümkündür [156].

### **3. MATERYAL VE METOT**

#### **3.1 Bireyler**

Bu çalışmaya Bezmialem Vakıf Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı tarafından bilateral izole gastroknemius kas kısıklığı ile takip edilen 7-16 yaş arasında ve çalışmaya gönüllü katılmayı kabul eden 14 çocuk ve aynı yaş grubunda 14 sağlıklı çocuk dahil edildi. Çalışmanın yapılabilmesi için Bezmialem Vakıf Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 14.06.2023 tarihli 111176 karar numarası ile izin alındı (Ek A). Çalışmaya katılan tüm çocuklara ve ebeveynlerine, çalışmanın amacı, süresi ve uygulamalar hakkında bilgi verilerek Bezmialem Vakıf Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanan "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu" imzalatıldı (Ek B).

#### **Çalışma grubu dahil edilme kriterleri;**

- Bilateral Silfverskiold testinin pozitif olması (Diz ekstansiyonda iken pasif ayak bileği dorsifleksiyonunun  $<10^{\circ}$  ve diz fleksiyonda iken dorsifleksiyonunun minimum  $10^{\circ}$  artması) [63].
- 7-16 yaş arasında olmak
- Normal sınırlarda BKİ olması ( $18,5-24,9 \text{ kg/m}^2$ )

#### **Çalışma grubu dışlanma kriterleri;**

- Yüksek femoral anteversiyon, internal tibial torsiyon ve/veya metatarsus adduktus varlığı
- Hipermobile varlığı (Beighton skorunun  $>4$  üstü olması)
- Bacak boyu eşitsizliğinin olması
- Herhangi bir nörolojik, romatizmal, kas-iskelet, metabolik ve/veya konnektif doku hastalığı varlığı
- Vertebral kolon ve alt ekstremitte ile ilişkili deformite veya cerrahi hikaye varlığı

- Kognitif, entelektüel ve/veya ciddi psikiyatrik hastalık varlığı
- Son altı ayda herhangi bir egzersiz programı veya sportif bir aktiviteye katılmış olması

### **Kontrol grubu dahil edilme kriterleri;**

- Bilateral Silfverskiold testinin negatif olması
- 7-16 yaş arasında olmak
- Normal sınırlarda BKİ olması (18,5-24,9 kg/m<sup>2</sup>)

### **Kontrol grubu dışlanma kriterleri;**

- Pes planus/planovalgus, yüksek femoral anteversiyon, internal tibial torsiyon ve/veya metatarsus adduktus varlığı
- Hipermobilité varlığı (Beighton skorunun >4 üstü olması)
- Bacak boyu eşitsizliğinin olması
- Herhangi bir nörolojik, romatizmal, kas-iskelet, metabolik ve/veya konnektif doku hastalığı varlığı
- Vertebral kolon ve alt ekstremité ile ilişkili deformite veya cerrahi hikaye varlığı
- Kognitif, entelektüel ve/veya ciddi psikiyatrik hastalık varlığı
- Son altı ayda herhangi bir egzersiz programı veya sportif bir aktiviteye katılmış olması

## **3.2 Yöntem**

Kesitsel tipte olan çalışmamız kapsamında Etik Kurul izninin alınmasını takiben verilerin toplanmasına başlandı ve çalışma Helsinki Deklarasyonu'na uygun olarak yürütüldü. Hem ebeveyn hem de çocuk için hazırlanan bilgilendirilmiş gönüllü onam formları imzalatıldıktan sonra, tüm çocukların değerlendirmeleri ve testlemeleri Bezmialem Vakıf Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Pediatrik ve Kardiyak Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Laboratuvarlarında yapıldı. Çalışmaya katılmayı kabul eden çocuk ve ailesine değerlendirme gün ve saatini bildiren randevu verildi. Çalışma kapsamında, oluşturulan sosyodemografik değerlendirme formu ile çocukların demografik bilgileri kaydedildikten sonra dahil edilme kriterlerine uyan çocukların klinik

değerlendirmeleri aynı gün içerisinde yapıldı. Tüm değerlendirmeler her iki gruptaki tüm çocuklara aynı araştırmacı tarafından aşağıdaki sıralama ile uygulandı:

- Bilateral aktif/pasif ayak bileği dorsifleksiyon açısı ölçümü
- Aktif ayak bileği inversiyon/eversiyon ölçümü
- Alt ekstremitte kas kısalık değerlendirmesi (Silfverskiold testi, Thomas testi, Duncan-Ely testi, popliteal açısı testi)
- Otur-uzan testi
- Bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi
- Feiss çizgisi testi (Longitudinal ark açısı)
- Naviküler düşme testi
- Ayak postür indeksi-6 (API-6) testi
- MicroFET2 el dinamometresi ile alt ekstremitte kas kuvveti ölçümü
- Çift ayak ve tek ayak yatay sıçrama testleri
- BDS ile postüral kontrol değerlendirmesi

### **3.2.1 Sosyodemografik veriler**

Tüm çocukların cinsiyet, yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu, dominant taraf bilgileri klinik değerlendirmeler öncesinde kaydedildi. Kaydedilen vücut ağırlığı (kg) ve boy uzunluğu (m) değerleri ile çocuğun BKİ ( $\text{kg/m}^2$ ) hesaplandı ve kaydedildi.

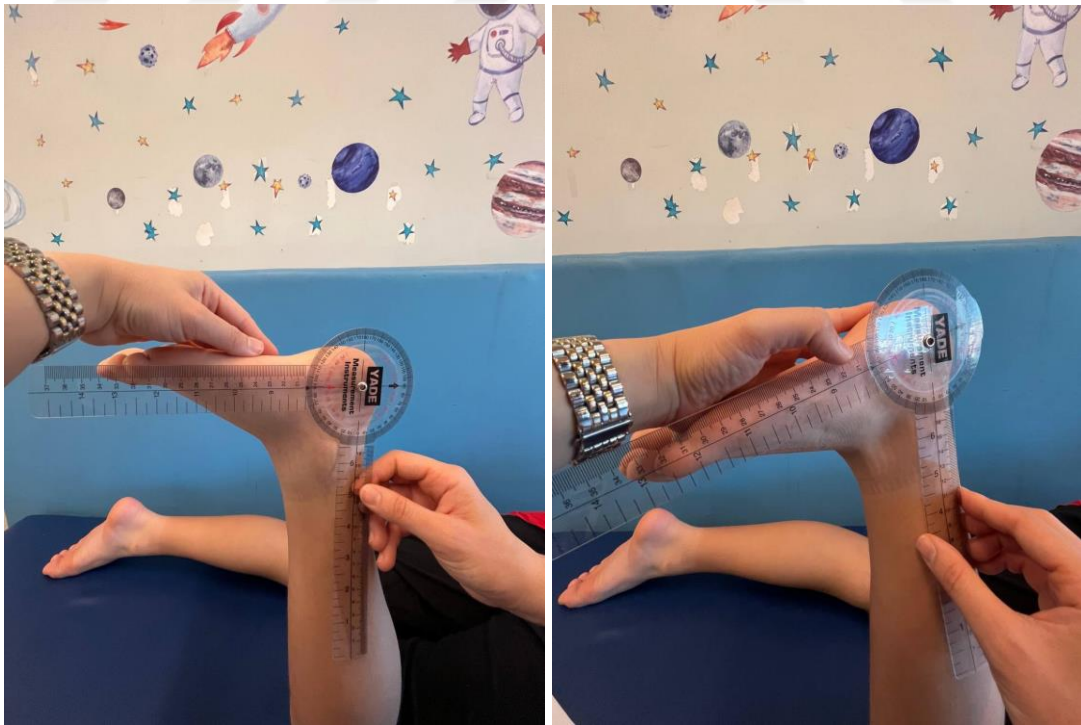
### **3.2.2 Klinik değerlendirmeler**

#### **3.2.2.1 Bilateral aktif/pasif ayak bileği dorsifleksiyon açısı ölçümü**

Değerlendirme çocuğun ayaklarına ağırlık yüklenmediği sırtüstü ve yüzüstü yatış pozisyonlarında bilateral olarak gerçekleştirildi. Sırtüstü diz eklemi tam ektansiyonda ve yüzüstü  $90^\circ$  fleksiyonda, subtalar eklem nötral pozisyonda iken ayak bileği dorsifleksiyonu, universal gonyometrenin sabit kolu fibula şaftı üzerinde iken, hareketli kolu beşinci metatars şaftını takip edecek şekilde ölçüm yapıldı [92]. Ölçülen açılar derece ( $^\circ$ ) cinsinden kaydedildi (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).



Şekil 3.1 : Diz ekstansiyonda aktif ve pasif dorsifleksiyon açısı ölçümü.



Şekil 3.2 : Diz fleksiyonda aktif ve pasif dorsifleksiyon açısı ölçümü.

### 3.2.2.2 Subtalar eklem inversiyon ve eversiyon açısı ölçümü

Ölçüm sırasında çocuk kol desteği olmayan bir yerde oturma pozisyonunda (kalça ve diz 90° fleksiyon pozisyonunda) ayak bileği rahat bir pozisyonda, bir miktar plantar fleksiyonda olacak şekilde oturtulmuştur. Universal gonyometrenin sabit kolu ayak bileğinin ön yüzündeki malleoller arasındaki orta noktada tibia ile paralel olacak şekilde, hareketli kol ise ikinci metatarsın ön yüzünde ve onu takip edecek şekilde yerleştirildi [157]. İnversiyon hareketi ölçümü için çocuktan ayak tabanını aktif bir şekilde içe doğru çevirmesini, eversiyon hareketi ölçümü için ise ayak tabanını aktif bir şekilde dışarı doğru çevirmesini istedik. Aktif olarak gelebildiği son nokta derece (°) cinsinden kaydedildi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Subtalar eklem inversiyon ve eversiyon açısı ölçümü.

### 3.2.2.3 Silfverskiöld testi

Çalışmaya katılan tüm çocuklar için İGKK değerlendirmesi Silfverskiöld testi ile değerlendirildi. Değerlendirme çocuğun ayaklarına ağırlık yüklenmediği sırt üstü ve yüzüstü yatış pozisyonlarında bilateral olarak gerçekleştirildi. Diz eklemi tam

ektansiyon ve 90° fleksiyonda, subtalar eklem nötral pozisyonda iken ayak bileği dorsifleksiyonu, universal gonyometrenin sabit kolu fibula shaftı üzerinde iken, hareketli kolu beşinci metatars shaftını takip edecek şekilde ölçüm yapıldı [92]. Ölçülen açılar derece (°) cinsinden kaydedildi. Diz ekstansiyonda iken pasif ayak bileği dorsifleksiyonunun  $\leq 10^\circ$  ve diz fleksiyonda iken dorsifleksiyonun minimum  $10^\circ$  artması) izole gastroknemius kas kısalığı olarak değerlendirildi [63]. (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 : Silfverskiöld testi.

#### 3.2.2.4 Thomas testi

Kalça fleksör kas grubundaki, özellikle iliopsoas kasındaki kısalığı/gerginliği değerlendirmek amacı ile yapılan bir testtir. Çocuk sırtüstü pozisyonda yatarken, lomber omurga sabitlenerek değerlendirmeye başlandı [158]. Test sırasında, değerlendirilen kalça diz ekstansiyonda iken, değerlendirici tarafından karşı kalça ve diz pasif olarak fleksiyona getirildi, bu sırada değerlendirilen kalçanın hareketi gözlemlendi. Değerlendirilen kalçada herhangi bir fleksiyon hareketi gözlemlenmediğinde Thomas testi negatif olarak kaydedildi. Kısalık/gerginlik

varlığında değerlendirilen kalçanın fleksiyona geldiği görüldü ve bu durumda da Thomas testi pozitif olarak kaydedildi (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : Thomas testi.

### 3.2.2.5 Duncan-Ely testi

Rektus femoris kısalığını/gerginliğini değerlendiren bir testtir [159]. Çocuk yüzüstü pozisyonda tek el ile kalça sabitlenerek kalça ve diz ekstansiyonda olacak şekilde yatırıldı. Test edilen taraftaki rektus femorisi germek için diz eklemi pasif fleksiyona getirildi aynı taraftaki rektus femoriste kısalık/gerginlik gözlenmediyse yani kalça ekstansiyonu korunduysa Duncan-Ely testi negatif olarak kaydedildi [160] (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : Duncan-Ely testi.

### 3.2.2.6 Popliteal açı testi

Hamstringlerdeki kısalık/gerginlik popliteal açısı testi ile değerlendirildi. Çocuk sırtüstü yatar pozisyonda iken kalça ve diz 90° fleksiyonda pozisyonlandı. Diz eklemi bir direnç ile karşılaşıncaya kadar ekstansiyona getirildi ve tibia ile vertikal düzlem arasında kalan açı popliteal açısı olarak kaydedildi [161] (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 : Popliteal açısı testi.

### 3.2.2.7 Otur-uzan testi

Bu test hamstring ve alt arka kas grubunun esnekliğinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan bir testtir. Test ilk olarak Weels ve Dilson tarafından 1952 yılında kullanılmıştır.

Bu test için S&R Sit and Reach® sehпасı kullanıldı. Çocuk 55 cm uzunluk, 35 cm genişlik, 30 cm yükseklik ölçülerine sahip sehpanın önüne oturdu ve ayakları sehpanın ayak yüzeyinde pozisyonlandı. Çocuktan ellerini üst üste koyarak yavaş ve kontrollü bir şekilde öne doğru esneyerek sehpanın üzerinde yer alan cetveli ileri doğru götürmesi istendi. En uzak noktada öne ya da geriye esnmeden 1-2 sn beklemesi istendi. Skorlama sehpanın üzerindeki cetvele göre yapıldı. (Bu sehpa da çocuğun cetveli ayak parmak uçlarına kadar getirebilmesi 23 cm'e denk gelmektedir). Test her bir çocuk için testin güvenilirliği açısından üç kez tekrar edildi ve en yüksek değer cm cinsinden kaydedildi [162] (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : Otur-uzan testi.

### 3.2.2.8 Bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi

Test Vicenzino ve ark. tarafından tarif edilen diz-duvar prensibi kullanılarak gerçekleştirildi [163]. Çocuk ayakta duvara bakar pozisyonda, test ayağı yere uzatılmış bir mezura ile paralel, ikinci ayak parmağı, topuk merkezi ve diz duvara dik olacak şekilde durdu Test sırasında dik durmayı desteklemek için, karşı taraftaki bacak rahat bir tandem duruşunda test ayağının yaklaşık 1 adım gerisinde konumlandırıldı ve çocuk ellerini duvara yerleştirdi. Bu pozisyonu korurken, çocuğa topuğu yere sağlam bir şekilde basarken ön diz ile duvar arasında temas sağlamak amacıyla dizini bükerek hamle pozisyonuna gelmesi söylendi. Hareketi başardığında, test edilen ayağı duvardan bir cm daha geriye alındı ve bu durumda test tekrarlandı. Maksimum hamle mesafesi, diz duvara dokunabilirken topuk yerden kalkmadan ayağın yerleştirilebildiği en uzak mesafeye dayalı olarak ayak başparmağının duvardan uzaklığı olarak tanımlanmaktadır. Dizini duvara değdirebildiği en son değere göre başparmağın mezura üzerinde yer aldığı sayı cm cinsinden kaydedildi. Duvardan her 1 cm uzaklaşmanın yaklaşık  $3,6^{\circ}$  ayak bileği/subtalar dorsifleksiyona eşdeğer olduğu belirtilmektedir [164] (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 : Bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi.

### 3.2.2.9 Feiss çizgisi (Longitudinal ark açısı)

Feiss çizgisi testi, pes planusun varlığını ve derecesini belirlemek amacıyla klinikte kullanılan bir testtir. Feiss çizgisi; subtalar eklem nötral ve istirahat pozisyonlarında iken medial malleolden 1. metatars başına çizilen çizgidir [165]. Çocukların pes planus derecelerinin değerlendirilmesinde "Feiss çizgisi" yöntemini de kullandık. Ölçümler, çocuk sert bir zeminde ayakta ve ayak–ayak bileği yük altında iken yapıldı. Medial malleolün merkezi ile birinci metatarsofalangeal eklem merkezini birleştirerek Feiss çizgisini oluşturduk. Naviküla tüberkülünün yer ile olan mesafesi değerlendirildi. Normal dizilime sahip bir ayakta naviküla kemiğinin tüberkülü bu çizgi üzerinde olmalıdır. Naviküler tüberkülün Feiss çizgisi altına düşme seviyesine göre pes planus derecelerini belirledik. Naviküler tüberkül, Feiss çizgisi ile yer arasındaki mesafenin 1/3'ü kadar düşmüşse  $1^\circ$ , 2/3'ü kadar düşmüşse  $2^\circ$ , tamamen yer ile temas halinde ise  $3^\circ$  ark düşüklüğü (pes planus) olarak kaydedildi. Çocukların pes planus derecelerinin değerlendirilmesi, sağ ve sol ayak ayrı olacak şekilde yapıldı ve kaydedildi (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 : Feiss çizgisi (Longitudinal ark açısı).

### 3.2.2.10 Naviküler düşme testi

Naviküler düşme testi, pes planusun varlığını ve derecesini belirlemek amacıyla klinikte kullanılan bir testtir. Bu testte öncelikle naviküler tüberkül palpe edilip işaretlendi. Çocuk oturma pozisyonunda, subtalar eklem nötral pozisyonunda iken ve ayakları yerle temas halindeyken (ayaklarına ağırlık vermeden) naviküler tüberkül ile zemin arasındaki mesafe ölçüldü. Daha sonra çocuktan ayağa kalkması istendi ve ayaklarına eşit ağırlık verdiği pozisyonunda iken naviküler tüberkül ile zemin arasındaki mesafe tekrar ölçüldü. Ölçümler bilateral yapıldı ve milimetre (mm) cinsinden kaydedildi. Naviküler düşme testinde ağırlıklı-ağırlıksız ölçüm arası fark 5-9 mm arası normal (nötral), 10 mm ve üzeri pronasyon, 4 mm ve altı supinasyon olarak kabul edilmektedir [166] (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 : Naviküler düşme testi.

### 3.2.3 Birincil ve ikincil sonuç ölçütleri

#### 3.2.3.1 Ayak postürünün değerlendirilmesi

Çocukların ayak postürleri APİ-6 ile değerlendirildi. Bu indeks ayağın dizilim bozuklukları hakkında bilgi veren ve çoklu planda değerlendirmeye olanak sağlayan pratik bir methodur [113]. APİ-6; 6 ayrı analiz için verilerin (-2) ve (+2) aralığında

puanlanmasıyla elde edilen toplam (-12) ve (+12) aralığındaki puanlama sistemidir. Değerlendirme çocuğun kendisini rahat hissettiği pozisyonda, kolları yanda olacak şekilde, karşıya bakarken ayakta duruş esnasında yapıldı. Çocuktan kolları yanında ve dümdüz karşıya bakarak rahat bir şekilde durması ve sonra yerinde sayması ve ardından tekrar rahat bir duruşa geçmesi istendi. Tablo 2'deki gözlem kriterlerine göre [114] değerlendirme yapılırken çocuğun yaklaşık 2 dakika boyunca yerinde durması istendi. Her analiz 5 puanlı skala üzerinden pozitif değerler pronasyonu, negatif değerler supinasyonu belirtecek şekilde puanlandı [92].

### **3.2.3.2 Alt ekstremitte kas kuvvetinin değerlendirilmesi**

El dinamometreleri (hand-held) kullanımı ve taşınması kolay, ucuz ve uygulanması için ileri bir eğitim alınmasını gerektirmeyen cihazlardır. Yapılan bir sistematik derlemede izokinetik cihazlarla karşılaştırıldığında klinik değerlendirmede kas kuvvet ölçümü için hand-held dinamometre kullanımının geçerli ve güvenilir bir yöntem olduğu gösterilmiştir [167]. Bilateral kalça fleksör-ekstansör, abdüktör kaslarının, diz fleksör-ekstansör ve ayak bileği dorsifleksör-plantar fleksör, kaslarının kuvveti el dinamometresi MicroFET 2 (MicroFET 2 force gauge, Hoggan Health Industries, Salt Lake City, Utah) ile Thorborg ve ark.'nın çalışmasında belirttiği şekilde uzun kuvvet kolu kullanılarak ve izometrik olarak değerlendirildi [168]. Değerlendirmeler sırtüstü yatış, yüzüstü yatış, yan yatış ve oturma pozisyonunda kompansatuar hareketler engellenerek yapıldı. Test sırasında kollar gövde üzerinde/yanında bir yerden güç almayacak şekilde pozisyonlandı. Ölçümler, bilateral gerçekleştirildi. Testin uygulandığı çocuktan istenilen hareketi tüm kuvveti ile yapması beklenirken; değerlendiren fizyoterapist kuvvetle orantılı olarak ters yönde direnç uyguladı. İlk olarak deneme yapıldıktan sonra test edilen her kas için üç tekrar yapıldı ve üç ölçümün ortalaması alındı ve değerler kilogram kuvvet (kgf) olarak kaydedildi. Aynı kasın değerlendirilmesi sırasında tekrarlar arası 30 saniye ara verildi, farklı kas için teste geçilmeden önce ise beş dakika dinlenme arası verildi.

#### **3.2.3.2.1 Kalça fleksör kas kuvveti ölçümü**

İliopsoas kas kuvveti; çocuğun kol desteği olmayan bir yerde kalça ve diz 90° fleksiyonda oturduğu pozisyonda eller göğüs üzerinde çaprazlanmış olacak şekilde ölçüldü. El dinamometresi, test sırasında dizin üzerine femurun distal ucuna yerleştirilerek, çocuktan bacağını yukarıya kaldırması istendi. Bu noktada direnç

uygulanarak çocuktan dinamometreye karşı pozisyonunu koruyarak son noktada tutması istendi [169] (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 : Kalça fleksör kas kuvveti ölçümü.

#### 3.2.3.2.2 Diz ekstansör kas kuvveti ölçümü

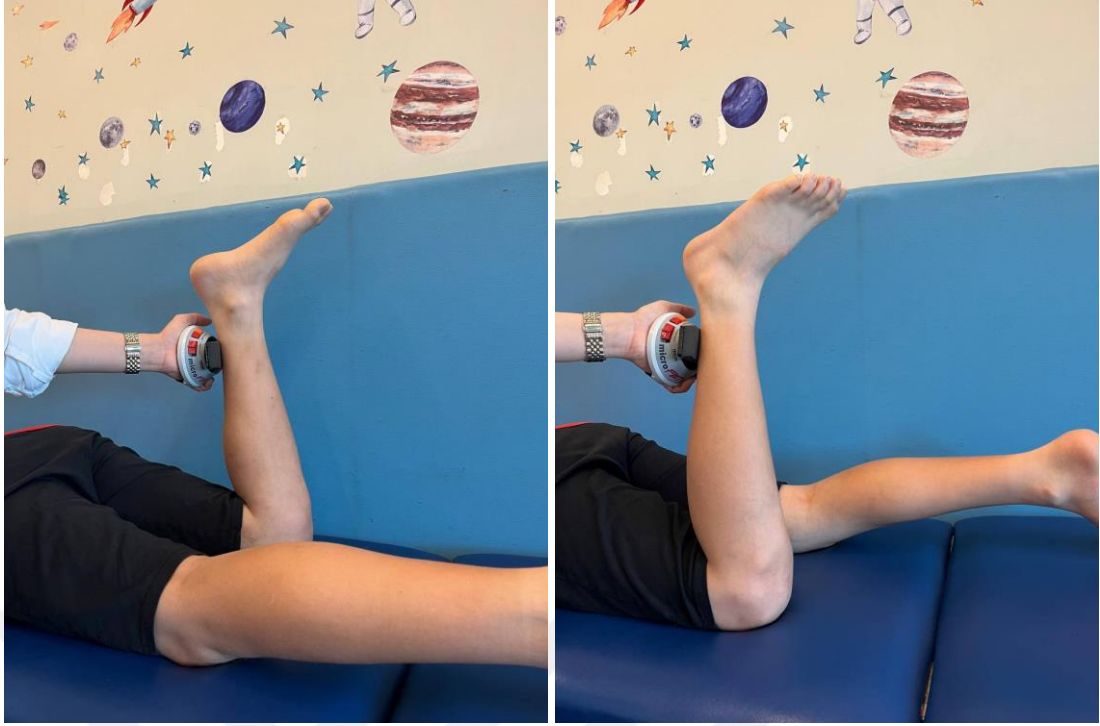
Quadriseps kas kuvveti; çocuğun kol desteği olmayan bir yerde kalça ve diz 90° fleksiyonda oturduğu pozisyonda eller göğüs üzerinde çaprazlanmış olacak şekilde ölçüldü. El dinamometresi, test sırasında ayak bileğinin üzerine tibia'nın distal ucuna yerleştirilerek, çocuktan bacağın pozisyonunu koruyarak yukarıya kaldırması istendi. Bu noktada direnç uygulanarak çocuktan dinamometreye karşı pozisyonunu koruyarak son noktada tutması istendi [169] (Şekil 3.13).



**Şekil 3.13:** Diz ekstansör kas kuvveti ölçümü.

#### **3.2.3.2.3 Diz fleksör kas kuvveti ölçümü**

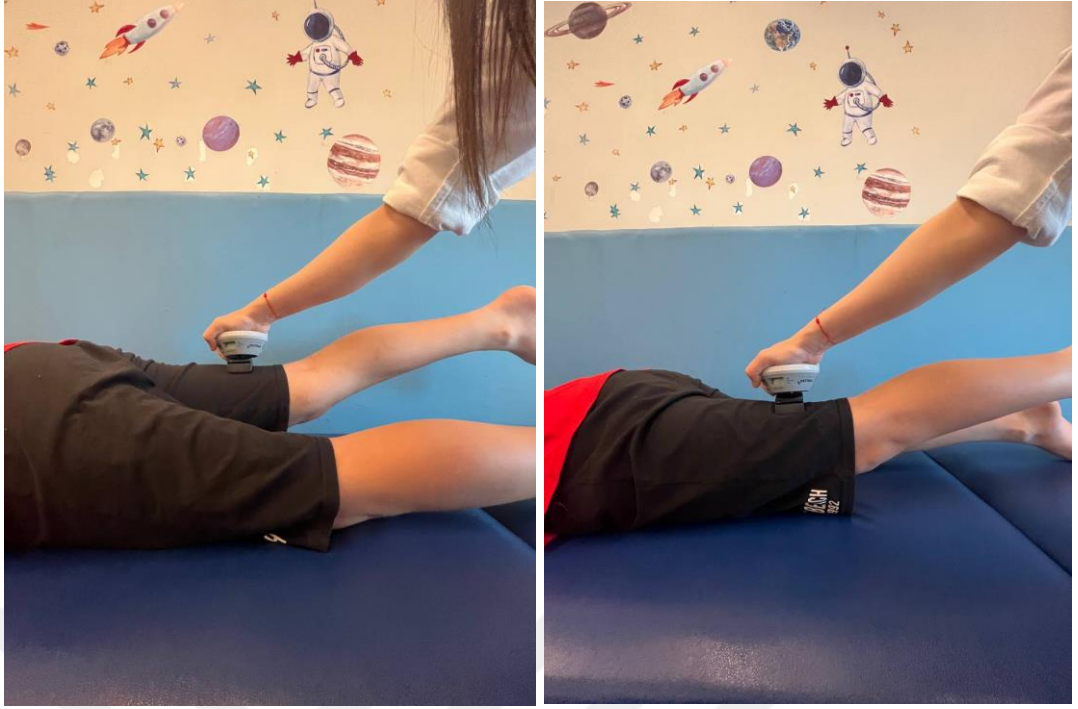
Hamstring kas kuvveti; kalça nötral, diz 90° fleksiyonda yüzüstü yatış pozisyonunda ölçüldü. El dinamometresi, test sırasında ayak bileğinin proksimal arka yüzeyine yerleştirilerek ölçüm yapıldı. Çocuktan bacak ve kalça pozisyonunu koruyarak bacağına kalçasına doğru çekmesi istendi. Bu noktada direnç uygulanarak çocuktan dinamometreye karşı pozisyonunu koruyarak son noktada tutması istendi [169] (Şekil 3.14).



**Şekil 3.14** : Diz fleksör kas kuvveti ölçümü.

#### **3.2.3.2.4 Kalça ekstansör kas kuvveti ölçümü**

Gluteus maksimus kas kuvveti; kalça nötral ve diz ekstansiyonda yüzüstü yatış pozisyonunda iken ölçüldü. El dinamometresi, test sırasında femurun distal ucuna yerleştirilerek ölçüm yapıldı. Çocuktan dizin ekstansiyonunu koruyarak bacağına yukarıya kaldırması istendi. Bu noktada direnç uygulanarak çocuktan dinamometreye karşı pozisyonunu koruyarak son noktada tutması istendi [169] (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 : Kalça ekstansör kas kuvveti ölçümü.

#### 3.2.3.2.5 Kalça abdüksiyon kas kuvveti ölçümü

Gluteus medius kas kuvveti; değerlendirilen ekstremitede kalça ve diz ekstansiyonda, alta kalan ekstremitede diz hafif fleksiyonda olacak şekilde yan yatış pozisyonunda ölçüldü. Üstte kalan kol gövde yanında bir yerden güç almayacak şekilde diğer kol ise başın altında pozisyonlandı. El dinamometresi, test sırasında ayak bileği lateraline yerleştirilerek çocuktan dizin ekstansiyonunu koruyarak bacağına yukarıya kaldırması istendi. Bu noktada direnç uygulanarak çocuktan dinamometreye karşı pozisyonunu koruyarak son noktada tutması istendi [169] (Şekil 3.16).



**Şekil 3.16** : Kalça abdüksiyon kas kuvveti ölçümü.

#### **3.2.3.2.6 Ayak bileği dorsifleksör kas kuvveti ölçümü**

Tibialis anterior kas kuvveti; diz tam ekstansiyonda, ayak bileği nötral pozisyonda ve yatağın kenarında olacak şekilde sırtüstü pozisyonda ölçüldü. El dinamometresi, test sırasında ayağın dorsal kısmında metatarslara yerleştirilerek çocuktan ayak bileğini kendisine doğru çekmesi istendi. Bu noktada direnç uygulanarak çocuktan dinamometreye karşı pozisyonunu koruyarak son noktada tutması istendi [169] (Şekil 3.17).



**Şekil 3.17** : Ayak bileği dorsifleksör kas kuvveti ölçümü.

#### **3.2.3.2.7 Ayak bileği plantar fleksör kas kuvveti ölçümü**

Gastrosoleus kas kuvveti; diz tam ekstansiyonda, ayak bileği nötral pozisyonda iken pozisyonda ölçüldü. El dinamometresi, test sırasında ayağın plantar kısmından metatarslara yerleştirilerek çocuktan ayak bileğini itmesi istendi. Bu noktada direnç uygulanarak çocuktan dinamometreye karşı pozisyonunu koruyarak son noktada tutması istendi [169] (Şekil 3.18).



**Şekil 3.18** : Ayak bileği plantar fleksör kas kuvveti ölçümü.

### **3.2.3.3 Fonksiyonel performansın değerlendirilmesi**

Alt ekstremitte fonksiyonel performansını değerlendirmek için çift ayak ve tek ayak yatay sıçrama testleri kullanıldı [170]. Öncelikle testin içeriği ve nasıl uygulanacağı çocuklara açıklandı. Testte çocuğun ayak parmak uçları belirlenen başlangıç noktasında, kolları geride, dizleri hafif fleksiyonda iken başlandı. Çocuktan gövde hafif öne eğilmiş şekilde sadece yaylanma hareketi yapmasına izin verilerek sıçrayabileceği en uzak mesafeye sıçraması istendi. Başlangıç çizgisi ile topuk arası mesafe mezura ile ölçüldü [171]. Önce çift ayak sonra tek ayak yatay sıçrama testi aynı şekilde ölçüldü. Testler iki kez tekrarlandı ve en iyi derece cm olarak kaydedildi. Bu değer aynı zamanda testten alınan puan olarak kabul edildi. Testler arası 30 sn dinlenme verildi.

#### **3.2.3.3.1 Çift ayak yatay sıçrama testi**

Çocuktan bacakları normal bir mesafede açık, ayak parmakları başlangıç çizgisinin gerisinde, yere paralel, kollar geride, dizleri hafif fleksiyonda ve gövde hafif öne eğilmiş bir pozisyonda durmaları istendi. Bu pozisyonda kollarını serbest bırakarak mümkün olduğu kadar ileri sıçraması ve aynı anda iki bacağı ile yere inmesi istendi. Yere indikten sonra 2 sn boyunca pozisyonunu koruması söylendi. Test iki kez

tekrarlandı ve en iyi derece cm olarak kaydedildi. Testler arası 30 sn dinlenme verildi (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 : Çift ayak yatay sıçrama testi.

#### 3.2.3.3.2 Tek ayak yatay sıçrama testi

Test dominant ekstremitte üzerinde yapıldı. Alt ekstremitte dominantlığını belirlemek için topa vurma, 20 cm platforma adım alma ve 20 cm platformdan inme testleri uygulandı [172]. Bu üç testten en az ikisinde ilk kullanılan ekstremitte dominant taraf olarak belirlendi. Çocuk dominant bacağı üzerinde dururken, diğer dizi fleksiyon pozisyonunda iken öne doğru sıçraması istendi. Yere indikten sonra 2 sn boyunca pozisyonunu koruması söylendi. Test iki kez tekrarlandı ve en iyi derece cm olarak kaydedildi Testler arası 30 sn dinlenme verildi (Şekil 3.20).



**Şekil 3.20 :** Tek ayak yatay sıçrama testi.

#### **3.2.3.4 Postüral kontrolün değerlendirilmesi**

BDS; postüral stabilite, stabilite limitleri ve düşme riskini değerlendirmek için kullanılan geçerlilik ve güvenilirlik çalışması yapılmış bir ekipmandır [173]. Denge platformu, kol destekleri, ekran ve yazıcıdan oluşur. Platform, uygulanacak teste göre statik ya da hareketli (12 seviyelik hareket miktarı; seviye 12 en stabil, seviye 1 ise her yönde 20 dereceye kadar hareket edebilen en az stabil düzeydir) olarak ayarlanabilir. Değerlendirmeden önce çalışmaya dahil edilen tüm çocuklara test adımları hakkında açıklayıcı bilgi verildi. Medial ve lateralde (B, C, D, E, F, G, H, I, J) eksenlerine göre, anteriorda açılara göre, posteriorda (1, 2, 3...,21) eksenlerine göre her çocuğun topuk ve parmak uçlarının geldiği eksenler kaydedildi. Kol desteği ve test ekranı yüksekliği her çocuğa özel ayarlandı. Çocuğun bilgileri ve duruş pozisyon bilgileri denge aleti ekranına girildi.

Cihaz ile postüral stabilite testi, stabilite limitleri testi ve DDET olmak üzere üç ayrı test ile değerlendirme yapıldı (Şekil 3.21).

##### **3.2.3.4.1 Postüral stabilite testi**

Bu test çocuğun stabil platformda denge merkezini koruyabilme yeteneğini değerlendirir ve merkezden olan saplamaları kaydeder. Genel, anterior/posterior ve medial/lateral stabilite indeksleri hesaplanarak derece olarak kaydedilir. Genel stabilite indeksi; testte gerçekleştirilen tüm hareketler sırasında platformun horizontal

düzleme göre değişkenliğini yansıtır. Anterior/posterior stabilite indeksi sagital düzlemdeki hareketler için, medial/lateral stabilite indeksi; frontal düzlemdeki hareketler için değişkenliği yansıtır. Yüksek skor değeri postural stabilite etkileniminin fazla olduğunu göstermektedir. Bu testte her ölçüm arası 10 saniye olan 20 saniyelik üç ölçüm yapıldı.

#### **3.2.3.4.2 Stabilite limitleri testi**

Statik platform üzerinde gerçekleştirilen bu test çocuğun ağırlık merkezini vücudun destek yüzeyleri arasında hareket ettirme ve kontrol etme yeteneğini değerlendirmektedir. Yön kontrolü (genel, öne, geriye, sola, sağa, öne/sola, öne/sağa, geriye/sola, geriye/sağa) değerlendirilerek yüzde değeri şeklinde ifade edilmektedir. Yüksek skorlar iyi postüral kontrolü göstermektedir (%100 = mükemmel kontrol).

#### **3.2.3.4.3 Dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testi**

Bu test çocuğun çeşitli duyuşlarının dengeye nasıl katkı sağladığı ve bu duyuşlardan bir ya da birkaçı ortadan kaldırıldığında dengeyi ne kadar iyi kompanse edebildiğini değerlendirir. Test statik platform ayarı ile sert zemin üzerinde gözler açık, gözler kapalı, köpük zemin üzerinde gözler açık, gözler kapalı pozisyonlarda gerçekleştirildi ve dört pozisyonun her biri için salınım indeksi değerleri kaydedildi. Bu testte her ölçüm arası 10 saniye olan 30 saniyelik dört ölçüm yapıldı.



**Şekil 3.21 :** Biodex Denge Sistemi ile postüral kontrol değerlendirmesi.

### 3.3 İstatistiksel Analiz

Örneklem büyüklüğünün belirlenebilmesi için G-Power 3.1 (Universitat Kiel, Almanya) kullanıldı [174]. Literatür incelendiğinde İGKK olan çocuklarda ayak postürünün, kas kuvvetinin, fonksiyonel performansın ve postüral kontrolün sağlıklı kontrollerle kıyaslandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. İGKK varlığında pes planus/pes planovalgus sıklıkla görüldüğü için, ayrıca çalışmamızda primer sonuç ölçütümüz olan BDS parametrelerinden biri de anterior/posterior salınım değerlendirmesi olduğu için örneklem büyüklüğünü hesaplamak için incelenen literatür doğrultusunda Kim ve ark.nın [175] çalışmasında fleksible pes planusu olan bireylerde anterior/posterior salınım indeksi verileri esas alınarak gerçekleştirilen analize göre  $\alpha=0,05$  ve testin gücü % 95 iken örneklem büyüklüğü her bir grup için 14 olarak belirlendi ( $d=1.31$ ,  $\alpha= 0.05$ ).

İGKK olan çocuklarda ayak postürü, kas kuvveti, fonksiyonel performans ve postüral kontrolü değerlendirmek amacıyla planladığımız çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizinde “Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 26.0 for Windows” paket programı kullanıldı. Tüm verilerin dağılım özelliklerinin belirlenebilmesi için Shapiro-Wilk Testi kullanıldı. Çalışmada kesikli ve sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler (ortalama±standart sapma, sayı ve yüzdelik dilim) verildi. Gruplar arasındaki farklılıklar parametrik test ön şartlarının sağlandığı durumda “Bağımsız Gruplarda t Testi”; sağlanmadığında ise “Mann Whitney –U Testi” kullanılarak değerlendirildi. İki kesikli değişken arasındaki ilişkileri belirlemek için “Ki-Kare Testi” kullanıldı. İstatistik anlamlılık düzeyi  $p<0,05$  olarak kabul edildi.

## 4. BULGULAR

Bu çalışmaya Bezmialem Vakıf Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı tarafından bilateral İGKK ile takip edilen 14 çocuk ve sağlıklı 14 yaşıtı dahil edildi. İGKK olan çocukların oluşturduğu çalışma grubunda (İGKK Grubu) 2 kız (%14,3), 12 erkek (%85,7); İGKK olmayan çocukların oluşturduğu grupta (Kontrol Grubu) ise 5 kız (%35,7), 9 (%64,3) erkek vardı (Tablo 4.1).

**Tablo 4.1 :** İGKK ve kontrol gruplarının cinsiyet dağılımının karşılaştırılması.

	İGKK Grubu (n=14) X±SS		Kontrol Grubu (n=14) X±SS		p
	n	%	n	%	
Kız (n)	2	14,3	5	35,7	0,190
Erkek (n)	12	85,7	9	64,3	

İGKK: İzole gastroknemius kas kısılığı, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar n (%) şeklinde verildi.  $p<0,05$  istatistiksel anlamlı kabul edildi.

Grupların yaş (yıl), boy uzunluğu (cm), vücut ağırlığı (kg), BKİ ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) ve alt ekstremitte dominant taraf ortalama değerleri Tablo 4.2’de verildi. Bu değerler açısından gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.2 :** İGKK ve kontrol gruplarının yaş, boy, kilo, BKİ ve alt ekstremitte dominant taraf değerlerinin karşılaştırılması.

	İGKK Grubu (n=14) X±SS	İGKK Grubu (n=14) X±SS	p
Yaş (yıl)	11,36±2,79	13,07±1,77	0,063
Boy Uzunluğu (cm)	150,93±15,46	157,71±10,54	0,187
Vücut Ağırlığı (kg)	48,43±11,43	51±7,70	0,491
BKİ (kg/m <sup>2</sup> )	20,96±1,40	20,42±1,67	0,355
Dominant taraf	n (%)	n (%)	
Sağ	9 (64,3)	10 (71,4)	0,686
Sol	5 (35,7)	4 (28,6)	

İGKK: İzole gastroknemius kas kısısalığı, BKİ: Beden kütle indeksi, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS ya da n (%) şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol gruplarının bilateral ayak bileği dorsifleksiyon hareketi diz ekstansiyonda ve fleksiyonda iken aktif ve pasif gonyometrik ölçümlerde karşılaştırıldı. Ölçülen tüm değerler açısından gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark vardı (p<0,001) (Tablo 4.3).

**Tablo 4.3 :** İGKK ve kontrol gruplarının bilateral ayak bileği aktif pasif dorsifleksiyon açısı değerlerinin karşılaştırılması.

	İGKK Grubu (n=14) X±SS	İGKK Grubu (n=14) X±SS	p
ABDF Diz Ekstansiyonda			
Sağ	0,21±5,44	19,14±2,68	<0,001
Sol	1,07±5,66	18,07±4,08	<0,001
ABDF Diz Fleksiyonda			
Sağ	11,71±3,45	22,29±2,64	<0,001
Sol	12,21±2,61	21,21±3,70	<0,001
ABDF Diz Ektansiyonda			
Sağ	4,71±5,65	25,14±2,57	<0,001
Sol	5,50±5,77	25,71±2,92	<0,001
ABDF Diz Fleksiyonda			
Sağ	14,93±4,62	28,64±1,65	<0,001
Sol	15,57±5,24	27,71±3,05	<0,001

İGKK: İzole gastroknemius kas kısısalığı, ABDF: Ayak bileği dorsifleksiyonu, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol gruplarının bilateral subtalar eklem inversiyon ve eversiyon hareketi aktif gonyometrik ölçümlerle karşılaştırıldı. Ölçülen değerler açısından gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark yoktu (p>0,05) (Tablo 4.4).

**Tablo 4.4 :** İGKK ve kontrol gruplarının bilateral subtalar eklem aktif inversiyon ve eversiyon açısal değerlerinin karşılaştırılması.

		İGKK Grubu (n=14) X±SS	İGKK Grubu (n=14) X±SS	p
İnversiyon (°)	Sağ	28,07±2,92	28,57±3,06	0,774
	Sol	27,07±3,91	27,64±4,70	0,269
Eversiyon (°)	Sağ	14,57±2,71	16,64±2,71	0,053
	Sol	15,57±2,98	16,36±2,68	0,470

İGKK: İzole gastroknemius kas kısalığı, n: sayı. p : anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol grupları arasında sırasıyla gastroknemius, iliopsoas ve rektus femoris kaslarının kısalık/esnekliğinin değerlendirildiği bilateral Silfverskiold test (p<0,001), Thomas test (p=0,008) için gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark var iken, Duncan-Ely test için istatistiksel anlamlı fark görülmedi (p>0,05) (Tablo 4.5).

**Tablo 4.5 :** İGKK ve kontrol gruplarının Silfverskiold, Thomas ve Duncan-Ely testleri değerlerinin karşılaştırılması.

		İGKK Grubu (n=14) X±SS		Kontrol Grubu (n=14) X±SS		p
		n	%	n	%	
Silfverskiold test (+)	Sağ	14	100	0	0	<b>&lt;0,001</b>
	Sol	14	100	0	0	<b>&lt;0,001</b>
Thomas test (+)	Sağ	11	79	4	29	<b>0,008</b>
	Sol	11	79	4	29	<b>0,008</b>
Duncan-Ely test (+)	Sağ	0	0	0	0	1,000
	Sol	0	0	0	0	1,000

İGKK: İzole gastroknemius kas kısalığı, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. (+): pozitiflik. Sonuçlar n (%) şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol grupları arasında hamstring kasının kısalık/esnekliğinin bilateral olarak değerlendirildiği popliteal açığı testi için gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark görülmedi (p>0,05) (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6 :** İGKK ve kontrol gruplarının popliteal açısı testi değerlerinin karşılaştırılması.

		İGKK Grubu (n=14) X±SS	İGKK Grubu (n=14) X±SS	p
Popliteal açısı (°)	Sağ	35,43±12,48	31,43±9,01	0,340
	Sol	37,93±13,18	31,07±7,70	0,105

İGKK: İzole gastroknemius kas kısısalığı, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol grupları arasında otur-uzan esneklik değerlendirmesi açısından istatistiksel anlamlı fark görülmedi (p=0,917) (Tablo 4.7).

**Tablo 4.7 :** İGKK ve kontrol gruplarının otur-uzan testi değerlerinin karşılaştırılması.

	İGKK Grubu (n=14) X±SS	İGKK Grubu (n=14) X±SS	p
Otur-uzan testi	18,46±10,1	18,86±9,11	0,917

İGKK: İzole gastroknemius kas kısısalığı, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol grupları arasında bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi değerleri açısından hem sağ hem de sol taraf için istatistiksel anlamlı fark vardı (p<0,001) (Tablo 4.8).

**Tablo 4.8 :** İGKK ve kontrol gruplarının bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi değerlerinin karşılaştırılması.

		İGKK Grubu (n=14) X±SS	Kontrol Grubu (n=14) X±SS	p
Bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi (cm)	Sağ	6,03±2,06	11,07±1,49	<0,001
	Sol	5,14±2,07	11,00±1,62	<0,001

İGKK: İzole gastroknemius kas kısısalığı, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol grupları arasında feiss çizgisi değerleri açısından hem sağ (p=0,001) hem de sol (p<0,001) taraf için istatistiksel anlamlı fark vardı (Tablo 4.9).

**Tablo 4.9 :** İGKK ve kontrol grupları arasında feiss çizgisi değerlerinin karşılaştırılması.

	Seviye	İGKK Grubu (n=14) X±SS		Kontrol Grubu (n=14) X±SS		p
		n	%	n	%	
Feiss çizgisi (sağ)	0	3	21	14	100	<b>&lt;0.001</b>
	1	8	58	0	0	
	2	3	21	0	0	
	3	0	0	0	0	
Feiss çizgisi (sol)	0	3	21	14	100	<b>&lt;0.001</b>
	1	7	50	0	0	
	2	4	29	0	0	
	3	0	0	0	0	

İGKK: İzole gastroknemius kas kısalığı, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar n (%) şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol grupları arasında bilateral naviküler düşme testi değerleri açısından hem sağ (p=0,001) hem de sol (p<0,001) taraf için istatistiksel anlamlı fark vardı (Tablo 4.10).

**Tablo 4.10 :** İGKK ve kontrol gruplarının naviküler düşme testi değerlerinin karşılaştırılması.

		İGKK Grubu (n=14) X±SS		Kontrol Grubu (n=14) X±SS		p
		X±SS	X±SS	X±SS	X±SS	
Naviküler düşme testi (mm)	Sağ	12,71±5,65	6,64±1,69	<b>0,001</b>		
	Sol	13,21±5,18	6,39±1,24	<b>&lt;0,001</b>		

İGKK: İzole gastroknemius kas kısalığı, n: sayı, p : anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol grupları arasında API-6 testi değerleri açısından hem sağ hem de sol taraf için istatistiksel anlamlı fark vardı (p<0,001) (Tablo 4.11).

**Tablo 4.11 :** İGKK ve kontrol gruplarının Ayak Postür İndeksi-6 (API-6) testi değerlerinin karşılaştırılması.

		İGKK Grubu (n=14) X±SS	Kontrol Grubu (n=14) X±SS	p
Ayak Postür İndeksi-6 (API-6)	Sağ	7,79±2,36	1,71±1,49	<b>&lt;0,001</b>
	Sol	8,00±2,51	1,71±1,77	<b>&lt;0,001</b>

İGKK: İzole gastroknemius kas kısılgı, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi.  
p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol grupları arasında hem sağ iliopsoas (p=0,003) hem de sol ilipsoas (p=0,014) ve hem sağ gluteus maximus (p=0,017) hem de sol gluteus maximus (p=0,002) kas kuvveti ölçüm değerleri açısından istatistiksel anlamlı fark vardı. Diğer kas kuvveti ölçüm değerleri arasında ise iki grup arasında istatistiksel anlamlı fark gözlenmedi (p>0,05) (Tablo 4.12).

**Tablo 4.12:** İGKK ve kontrol gruplarının bilateral alt ekstremitte kas kuvveti değerlerinin karşılaştırılması.

		İGKK Grubu (n=14) X±SS	Kontrol Grubu (n=14) X±SS	p
İliopsoas (kgf)	Sağ	8,16±1,01	10,76±2,78	<b>0,003</b>
	Sol	8,93±1,08	11,32±3,23	<b>0,014</b>
Quadriseps (kgf)	Sağ	9,77±0,93	10,66±2,00	0,144
	Sol	9,63±1,49	10,56±2,19	0,198
Hamstring (kgf)	Sağ	9,90±1,80	10,34±2,75	0,615
	Sol	9,36±1,47	10,15±3,10	0,396
Gluteus maksimus (kgf)	Sağ	9,73±2,31	11,67±2,12	<b>0,017</b>
	Sol	8,71±1,91	11,42±2,25	<b>0,002</b>
Gluteus medius (kgf)	Sağ	8,05±1,58	8,7±1,97	0,347
	Sol	7,30±1,78	8,40±2,13	0,149
Tibialis anterior (kgf)	Sağ	9,82±2,13	10,88±2,08	0,194
	Sol	8,49±1,61	9,96±2,48	0,074
Gastrosoleus (kgf)	Sağ	9,50±1,73	11,41±3,06	0,052
	Sol	8,85±1,5	10,42±2,66	0,065

İGKK: İzole gastroknemius kas kısalığı, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi

İGKK ve kontrol grupları arasında çift ayak yatay sıçrama testi (p=0,008) ve tek ayak yatay sıçrama testi (p=0,012) değerleri açısından istatistiksel anlamlı fark vardı (Tablo 4.13).

**Tablo 4.13:** İGKK ve kontrol gruplarının çift ayak ve tek ayak yatay sıçrama testi değerlerinin karşılaştırılması.

	İGKK Grubu (n=14) X±SS	Kontrol Grubu (n=14) X±SS	p
Çift ayak yatay sıçrama Testi (cm)	126,10±35,84	162,75±30,08	<b>0,008</b>
Tek ayak yatay sıçrama testi (cm)	103,82±35,66	136,00±26,98	<b>0,012</b>

İGKK: İzole gastroknemius kas kısalığı, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

İGKK ve kontrol grupları arasında BDS'nin postüral stabilite testinin genel ( $p=0,023$ ) ve anterior/posterior ( $p=0,029$ ) stabilite indeksi parametrelerinde istatistiksel anlamlı fark vardı. Ancak medial/lateral stabilite indeksi parametresinde istatistiksel anlamlı fark yoktu ( $p=0,058$ ).

İGKK ve kontrol grupları arasında BDS'nin stabilite limitleri testinin genel ( $p=0,014$ ), geriye ( $p=0,002$ ), öne/sola ( $p=0,043$ ), öne/sağa ( $p=0,010$ ) ve geriye/sola ( $p=0,009$ ) parametrelerinde istatistiksel anlamlı fark vardı. Ancak testi tamamlama süresi ve öne, sola, sağa ve geriye sağa parametrelerinde istatistiksel anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ).

İGKK ve kontrol grupları arasında BDS'nin DDET için gözler açık düz zemin ( $p=0,007$ ), gözler açık köpük zemin ( $p=0,027$ ) ve kompozit skor ( $p=0,025$ ) salınım indeksi parametrelerinde istatistiksel anlamlı fark vardı. Ancak gözler kapalı düz zemin ve gözler kapalı köpük zemin salınım indeksi parametrelerinde istatistiksel anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.14).

**Tablo 4.14 :** İGKK ve kontrol gruplarının Biodex Denge Sistemi testlerinin değerlerinin karşılaştırılması.

	İGKK Grubu (n=14) X±SS	Kontrol Grubu (n=14) X±SS	p
<b>PST (Stabilite indeksi)</b>			
Genel	0.76 ± 0.45	0.43 ± 0.26	<b>0,023</b>
Anterior/posterior	0.56 ± 0.32	0.33 ± 0.18	<b>0,029</b>
Medial/lateral	0.38 ± 0.25	0.22 ± 0.16	0,058
<b>SLT (0-100)</b>			
Testi tamamlama süresi(sn)	53,93±18,04	45,71± 10,44	0,152
Genel	39,50±18,21	56,21± 15,12	<b>0,014</b>
Öne	54,86±17,49	67,36± 16,87	0,065
Geriye	37,79±20,17	66,00± 24,04	<b>0,002</b>
Sola	48,57±21,75	61,79 ±14,81	0,072
Sağa	49,57±21,39	58,43± 20,14	0,270
Öne/sola	45,07±20,58	60,36±17,36	<b>0,043</b>
Öne/sağa	44,29±18,20	62,14±15,89	<b>0,010</b>
Geriye/sola	43,07±19,47	63,50±18,49	<b>0,009</b>
Geriye/sağa	43,00±19,07	57,43±20,22	0,063
<b>DDET (Salınım indeksi)</b>			
Gözler açık, düz zemin	0,89± 0,38	0,52± 0,27	<b>0,007</b>
Gözler kapalı, düz zemin	1,40± 0,61	1,01± 0,59	0,095
Gözler açık, köpük zemin	1,53± 0,89	0,91± 0,42	<b>0,027</b>
Gözler kapalı, köpük zemin	2,73± 1,28	2.36± 0,80	0,372
Kompozit skor	1,69± 0,63	1,20± 0,44	<b>0,025</b>

İGKK: İzole gastoknemius kas kısalığı, BDS: Biodex denge sistemi, PST: Postural stabilite testi; SLT: Stabilite limitleri testi; DDET: Dengenin duyuşsal etkileşim testi, n: sayı, p: anlamlılık düzeyi. Sonuçlar X±SS şeklinde verildi. p<0,05 istatistiksel anlamlı kabul edildi.

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışma, İGKK olan çocukların ayak postürünü, alt ekstremitte kas kuvvetini, fonksiyonel performansını ve postüral kontrolünü incelemek ve sağlıklı yaşlıları ile karşılaştırmak amacıyla yapıldı. Literatürde çocuklarda gastroknemius kısısalığının değerlendirildiği sadece bir çalışma ile karşılaştık [84] ancak bu çocuklarda ayak postürünün, kas kuvvetinin, fonksiyonel performansın ve postüral kontrolün değerlendirildiği bir çalışma ile karşılaşmadık. Dolayısıyla çalışmamızın literatüre bu anlamda önemli katkılar sağlayacağını düşünmekteyiz.

Çalışmamızda gruplar arasında sosyodemografik özellikler açısından istatistiksel anlamlı fark gözlenmedi ( $p>0,05$ ). Çalışmamızın sonucunda İGKK ve sağlıklı kontrol grupları arasında ayak postürünü değerlendirmek üzere kullandığımız APİ-6 değerlendirmesine göre kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı ( $p<0,001$ ). Alt ekstremitte kas kuvvetini değerlendirmek için kullandığımız el dinamometresi skorlarına göre sağ iliopsoas ( $p=0,003$ ), sol iliopsoas ( $p=0,014$ ) ve sağ gluteus maksimus ( $p=0,017$ ), sol gluteus maksimus ( $p=0,002$ ) kaslarının kuvvetinde iki grup arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı. Fonksiyonel performansı değerlendirmek üzere uyguladığımız çift ayak yatay sıçrama testi ( $p=0,08$ ) ve tek ayak yatay sıçrama testine ( $p=0,012$ ) göre iki grup arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı. BDS'nin statik dengeyi değerlendiren postüral stabilite testinin genel ( $p=0,023$ ) ve anterior/posterior ( $p=0,029$ ) parametrelerine ait stabilite indeksi skorlarına göre gruplar arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı. BDS'nin dinamik stabiliteyi değerlendiren stabilite limitleri testine göre genel ( $p=0,014$ ), geriye ( $p=0,002$ ), öne/sola ( $p=0,043$ ), öne/sağa ( $p=0,010$ ) ve geriye/sola ( $p=0,009$ ) parametrelerinde gruplar arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı. BDS'nin DDET testine göre gözler açık düz zemin ( $p=0,007$ ), gözler açık köpük zemin ( $p=0,027$ ) ve kompozit skor ( $p=0,025$ ) parametrelerine ait salınım

indeksi skorlarında iki grup arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı ( $p<0,05$ ).

Hem sağlıklı bir popülasyon için normatif veriler hem de ayak ve ayak bileği hastalarında ayak bileği dorsifleksiyon ölçümleri açısından bazı veriler mevcut olsa da, gastroknemiusun ne zaman kısa olarak kabul edileceği konusunda bir fikir birliği yoktur. Bazı yazarlar diz ekstansiyonda iken ayak bileği dorsifleksiyonuna odaklanırken, bazıları diz ekstansiyonda ve fleksiyondayken ayak bileği dorsifleksiyonunda ölçülen farka odaklanmaktadır. Ancak bu çalışmalarda ölçümlerin bazıları geçerli olmayan ölçüm yöntemleri kullandığından ve testler standardize edilmediğinden sonuçları karşılaştırmak zordur [67, 89]. Çalışmamızda ayak bileği dorsifleksiyonunu önce alt ekstremiteye ağırlık aktarma olmadan hem diz ekstansiyonda hem fleksiyonda aktif ve pasif olarak, daha sonra bilateral ağırlık aktarmalı hamle testi ile alt ekstremiteye ağırlık aktarılırken ölçtük. Bu iki koşulda yapılan tüm ölçümlerde İGKK grubu ile kontrol grubu arasında istatistiksel anlamlı fark vardı. Yani çalışma grubunun ayak bileği dorsifleksiyon açısının kontrol grubundan daha az olduğunu gözlemledik.

İGKK için literatürde farklı tanımlar vardır. Barouk, diz ekstansiyonda iken  $0^\circ$  olan ayak bileği dorsifleksiyonunun diz fleksiyonda iken en az  $13^\circ$  artmasını izole gerginlik için sınır değer olarak bildirmiştir [72]. DiGiovanni ve ark. gastroknemius gerginliği için ayak bileği dorsifleksiyonunu  $5^\circ$  ve  $10^\circ$  olarak kabul etmişlerdir [63]. Her iki araştırmacı da vardıkları sonuçları kesin kanıtlardan daha çok uzman görüşlerine dayandırmaktadır. Ancak biyomekanik çalışmalar, yürüyüşün duruş fazı sırasında tibianın talus üzerinde ilerlemesi için en az  $10^\circ$  ayak bileği dorsifleksiyonuna ihtiyaç olduğunu göstermiştir [67]. Çalışmamızda diz ekstansiyonda iken ölçülen pasif ayak bileği dorsifleksiyonu  $<10^\circ$  iken diz fleksiyonu ile  $\geq 10^\circ$  arttığında Silfverskiöld testi pozitif olarak kabul edildi ve İGKK olarak değerlendirildi [63].

İGKK'da ayak bileği dorsifleksiyonu değerlendirilirken, talonaviküler eklemin kilitlemesi ve arka ayak üzerinde orta ayağın etkisinin azaltılması gerekir. Ayrıca anterior kaslar da gevşek olmalı, aksi takdirde, kasılma kuvvetleriyle dorsifleksiyonda yanlış bir artış olabilir. Çocuk tarafından aktif plantar fleksiyon veya dorsifleksiyon

uygulanmadığından emin olmak klinisyenin sorumluluğundadır [63]. Çalışmamıza katılan tüm çocuklar en az bir pediatrik ortopedist tarafından değerlendirilmiş ve tarafımıza yönlendirilmiştir. Ayrıca ünitemizde de öncelikle Silfverskiold testinin dahil olduğu alt ekstremité kısalık/esneklik testleri yapıldıktan sonra diğer değerlendirmelere geçilmiştir.

Sağlıklı çocuklarda gastroknemius kas kısalığı ile ilgili çalışmalar sınırlıdır, ancak çocuklarda yaş arttıkça ayak bileği dorsifleksiyonunun azaldığına dair kanıtlar vardır [81]. Norveçte 5-15 yaş grubu okul çocuklarında yapılan bir çalışmada, ayak bileği dorsifleksiyonunun bu popülasyonda artan yaşla birlikte azaldığı ve yaşa uygun normların önemi vurgulanmıştır. Ayak bileği dorsifleksiyon eşiği  $\leq 5^\circ$  olarak düşünüldüğünde çalışmalarında yer alan çoğunluğun (yaklaşık %55) gastroknemius kasında gerginlik olduğu, dolayısıyla izole gastroknemius gerginliğinin patolojik bir bulgu olarak yorumlanmaması gerektiğini bildirmişlerdir [84]. Ancak çocuklarda gastroknemius kas kısalığının normal bir bulgu olup olmadığı bilinmemekle birlikte tekrarlayan bacak ağrısının sıklığı da bildirilmektedir [82]. Çalışmamıza katılan İGKK tanılı çocuklarda bacak ağrılarını sorgulamadık.

İGKK'nın, pes planus ve pes planovalgus gelişiminde ve ilerlemesinde önemli bir rol oynadığı literatürde belirtilmiştir. Gastroknemius kasındaki gerginlik, diz ekstansiyondayken ayak bileği dorsifleksiyonunu kısıtlayarak subtalar eklemden pronasyon ve medial arkın çökmesine neden olan mekanik bir uyumsuzluk yaratır. Bu değişiklikler, plantar fasyada ve tibialis posterior tendonunda artan stres ile pes planus deformitesini daha da kötüleştirebilir [63]. Ayrıca, gastroknemius gerginliğinin neden olduğu Aşil tendonundaki artmış gerilme, kalkaneusu eversiyona çekerek medial arkın stabilitesini daha da azaltabilir [72]. Malhotra ve ark., gastroknemius gerginliğinden kaynaklanan azalmış ayak bileği dorsifleksiyonu olan hastalarda pronasyonun arttığını ve ayak mekaniğinin değiştiğini bildirmiştir [74]; bu da bu kas gerginliğinin fonksiyonel ve yapısal ark değişikliklerindeki rolünü vurgulamaktadır. Çalışmamızda, naviküler düşme testi, feiss çizgisi testi ve APİ-6 yöntemleriyle yapılan değerlendirmelerde, gastroknemius gerginliği olan çocuklarda sağlıklı yaşlılarına göre pes planus düzeyi anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgularımız

literatürdeki sonuçlarla uyumlu olup, gastroknemius kas kısalığının pes planus üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak Liyanarachi ve ark. [84] İGKK tanılı çocuklarda pes planusu ayak izi analizi yöntemine (Chippaux-Smirak İndeksi) göre inceledikleri çalışmalarında gastroknemius gerginliği veya genel olarak ayak bileği dorsifleksiyonu ile bir ilişki bulamadıklarını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızla olan farklılığın sebebinin, kullanılan yöntemlerin ve ölçüm yaklaşımlarının hassasiyetinden kaynaklanmış olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca, çalışmamızda gastroknemius kas kısalığı olmayan kontrol grubu ile yapılan karşılaştırmalar, gastroknemius kası gerginliğinin pes planus üzerindeki olası etkilerini daha net bir şekilde ortaya koymamızı sağlamıştır.

Çalışmamızda, İGKK tanılı çocuklarda kalça fleksörlerinde (iliopsoas) gerginlik olduğunu gösteren Thomas testi pozitifliği sağlıklı yaşlılarına göre anlamlı olarak daha yüksekti. Ayrıca, manuel kas dinamometresi kullanılarak yapılan ölçümler, bilateral iliopsoas ve bilateral gluteus maksimus kas gücünün sağlıklı yaşlılarına kıyasla önemli ölçüde daha zayıf olduğunu ortaya koymuştur. Barwick ve ark. [176], pronasyon olan ayaklarla ilgili yaralanmaların gövde ve kalça kas zayıflığı ile ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir. Aşırı ayak pronasyonu ile ilgili patolojinin, lumbopelvik-kalça kompleks kaslarının zayıflığı ve fonksiyon bozukluğundan kaynaklandığını açıklamışlardır. Yetişkinlerde yapılan bir çalışma [177], kalça fleksör, ekstansör, internal ve eksternal rotatör izokinetik konsantrik kuvvetinin pes planusu olan hastalarda azaldığını bildirmiştir. Çalışmamız literatür ile benzer sonuçlara sahiptir. Bizim çalışmamızda da literatürle uyumlu olarak pes planus gözlenen İGKK grupla sağlıklı yaşlıları arasında kalça fleksör ve ekstansör kas kuvvetleri arasında sağlıklı grup lehine istatistiksel anlamlı fark gözlemlendi. Bu bulgular, alt ekstremité kas sistemindeki kas fonksiyon bozukluğu ve dengesizliklerinin bu çocuklarda biyomekanik ve postüral değişikliklere katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir. Pozitif Thomas test kalça fleksörlerinde, özellikle de iliopsoas kasında gerginliği göstermektedir; bu da kalça ekstansiyon kapasitesinin azalmasına ve anterior pelvik eğime yol açabilir. Bu kas gerginliği, lomber lordozun artmasına neden olabilir. Bu ilişki, ekinus deformitesi ve yaygın olarak kalça fleksör gerginliği ile ilişkili olduğu

gözlenen serebral palsili çocuklarda elde edilen bulgularla benzerdir [178]. Bizim çalışmamıza katılan İGKK tanılı çocukların da hem aktif hem de pasif dorsifleksiyon dereceleri sağlıklı yaşlılarına göre düşüktü.

Literatürde ayak bileği kas gücü ile ayak ark yüksekliği arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Zhao ve ark [179], farklı ayak ark yüksekliklerinin ayak bileği kas gücü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 67 hastada ayak bileği dorsifleksör, plantar fleksör ve ayak bileği invertör ve evertör kas gruplarının kas kuvveti değerlerini incelemişlerdir. Yüksek ark seviyesi ile ayak bileği kas kuvveti arasında negatif korelasyon saptamışlar; düşük ark seviyesine sahip hastaların kas kuvveti değerlerinin daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Başka bir çalışmada Aydoğ ve ark. [180], 20 jimnastik sporcusu ve 17 sağlıklı ve hareketsiz olguda yaptıkları karşılaştırmalı çalışmada ark yüksekliği ile ayak bileği eversiyon kas kuvveti arasında negatif korelasyon bulmuşlardır. Ark yüksekliğinin diz ve ayak bileği kas kuvvetine olan farkını inceleyen başka bir çalışmada ise 18-24 yaş aralığındaki genç kadın erişkinlerde ayak bileği kas kuvveti ile pes planus dereceleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır [181]. Çocukların ayak arkları yaşla birlikte gelişmekle birlikte [182], bizim çalışmamızda da literatürle uyumlu olarak pes planus gözlenen İGKK grupla sağlıklı yaşlıları arasında ayak bileği dorsifleksör ve plantar fleksör kas kuvvetleri arasında iki grup için anlamlı fark gözlenmedi.

Fonksiyonel performansın değerlendirilmesinde; güç, kuvvet, esneklik gibi birçok parametre değerlendirilir [141]. Bu çalışmada fonksiyonel performansı değerlendirmek için çift ayak ve tek ayak yatay sıçrama testleri kullanıldı. Çocuklarla yapılan bu çalışmada, İGKK olan grup ile kontrol grubu arasında sıçrama testleri sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edildi. David ve ark. [183], naviküler düşme testi ile fiziksel performans arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında yüksek naviküler düşme testi ile patlayıcı performansta azalma arasında bir korelasyon olmadığını bildirdiler. Yapılan başka bir çalışmada yaşları 18-40 yaş arasında olan 48 katılımcıda ayağın pronasyonunun, postüral stabilite, naviküler düşme testi, ayak bileği dorsifleksiyonu ve sıçrama performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, naviküler düşme testi haricinde gruplar arasında

istatistiksel bir fark olmadığını ortaya koymuştur [184]. Zhao ve ark. [179], ayak ark yüksekliği ile ayak bileği kas kuvveti arasında bir ilişki olmasına rağmen, çeviklik ve patlayıcı performans gibi görevlerde ayak ark yüksekliği ile fiziksel performans arasında bir ilişki olmadığını bildirmiştir. Tudor ve ark. [185], 11 ila 15 yaş arasındaki çocuklarda ayak ark yüksekliği ile hız, güç, reaksiyon süresi ve denge dahil olmak üzere motor beceriler arasında bir ilişki bulamamıştır. Yapılan başka bir çalışma adölesan 85 amatör basketbol oyuncusunda ayak pronasyonu ve dikey sıçrama ölçümünün korelasyonunu araştırmıştır ve ayak postürü ve dikey sıçrama performansı arasında anlamlı bir korelasyon olmadığını bildirmiştir [186]. Ayak yapısı ve fiziksel performans arasındaki ilişkiyi inceleyen Tsai ve ark. [144], çeşitli ayak yapılarına sahip kişilerin statik ayakta duruş kontrolünde farklılıklar gösterip göstermediğini araştırmışlardır. Pronasyon veya supinasyon postürüne sahip ayaklara sahip yetişkinlerin, nötral ayaklara sahip yetişkinlere göre daha zayıf postüral kontrole sahip olduklarını bildirdiler. Çalışmamızda İGKK tanılı çocukların tek ayak ve çift ayak yatay sıçrama testlerinde sağlıklı yaşlılarına göre daha kötü sonuçlar elde edilmesinin temel nedenleri, ayak bileği dorsifleksiyonundaki kısıtlılık ve yüksek pes planus görülme eğilimi olabilir. Gastroknemius kasının kısılması, ayak bileği hareketliliğini sınırlandırarak, sıçrama performansını olumsuz etkilemiş ve bu durum, sağlıklı yaşlılarından farklı bir sonuç doğurmuş olabilir diye düşünmekteyiz. Ayrıca, İGKK olan çocukların daha fazla pes planus eğiliminde olması, postüral kontrolü zayıflatarak sıçrama performansını olumsuz etkilemiş olabilir. Çocukların motor becerilerinin gelişim aşamasında olması da bu sonuçlarda rol oynayan bir diğer etkidir. Bu faktörlerin birleşimi, çalışmamızdaki fonksiyonel performans testlerindeki istatistiksel farklılığın ortaya çıkmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca literatürde yapılan birçok çalışmanın sporcular üzerinde yapılması da bir diğer faktör olabilir. Literatüre göre, çocukluk döneminde fiziksel aktiviteye bağlı olarak fiziksel uygunluk bileşenlerinin gelişiminde artış olduğu vurgulanmaktadır [187].

Çocukların yetişkinlere göre yaşa bağlı olarak postüral kontrolü daha az sağlayabildikleri bildirilmektedir [188]. Bu durumun nedeni olarak da çocuklarda sensörimotor sistemlerin ve biyomotor becerilerin yeterince gelişmemiş olması

gösterilmektedir [189]. Postüral kontrol için en önemli duyuşal sistemin görsel sistem olduğu ifade ediliyor [190] olsa da çocukların postüral kontrolü sağlamaları için temel rol oynayan duyuşal sistemin proprioseptif sistem olduğu vurgulanmaktadır [191]. Postüral kontrolün sağlanmasında önemli rol oynayan görsel ve vestibüler sistemlerin 15-16 yaşından önce yetişkin düzeyine ulaşmadığı bildirilmektedir [192]. Literatürde, pronasyonun statik ve dinamik postüral stabilite üzerindeki etkisini araştıran çalışmaların sonuçları arasında tutarsızlıklar olduğu görölmektedir [193, 194]. Bu çalışmada, BDS kullanılarak yapılan postüral stabilite ve denge değerlendirmelerinde, İGKK olan grup ile kontrol grubu arasında çeşitli parametreler karşılaştırılmıştır. Statik dengeyi değerlendiren postüral stabilite testinin genel ve anterior/posterior stabilite indeksi skorlarına göre gruplar arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark var iken, medial/lateral stabilite indeksi skorunda gruplar arasında anlamlı fark yoktu. Medial/lateral stabilite skorlarının gruplar arasında anlamlı fark göstermemesi, muhtemelen İGKK'nın ayak bileğinin anterior/posterior stabilitesini daha fazla etkiliyor olmasından kaynaklanabilir. Gastroknemius kasının kısılması, ayak bileği dorsifleksiyonunu sınırlayarak gövdenin ayak bileği üzerinde anterior/posterior hareketini etkilemiş olabilir. Bu durum, postüral stabilitenin ön ve arka yönlü (anteroposterior) bileşenlerinde daha belirgin sorunlara yol açmış olabilir. Literatürde, ayak bileği dorsifleksiyonundaki kısıtlılık ve pes planus durumlarının dinamik denge üzerindeki etkileri üzerine çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bir çalışmada, azalmış ayak bileği dorsifleksiyonunun dinamik valgus ile ilişkili olduğu ve bu durumun kinetik zincir akışını olumsuz etkileyebileceği belirtilmiştir [195]. Başka bir araştırmada, pes planus şiddetinin dinamik denge performansını etkileyebileceği, ancak dikey sıçrama mesafesini etkilemediği ifade edilmiştir [196]. 18-25 yaş aralığında 96 kız öğrencinin gönüllü olarak katıldığı bir çalışma ayak arkını değerlendirmek için naviküler düşme testini kullanmıştır [197]. Katılımcılar esnek tip pes planuslu ayak (n=25) ve normal ayak (n=71) gruplarına ayrıldı. Statik dengenin Sharpened-Romberg testi ile; dinamik dengenin Y testi ile değerlendirildiği bu çalışmada esnek tip pes planus grubunda statik dengenin normal ayak grubuna göre önemli ölçüde daha düşük olduğu görölmüştür. Mevcut çalışmanın sonuçları

Khramtsov ve ark. [198], Al Abdulwahab ve Kachanathu [156], Song ve ark. [199] tarafından yapılan çalışmalarla tutarlıdır. Bizim çalışmamızda değerlendirilen tüm pes planuslu ayaklar da esnek tipti ve çalışma ile tutarlı olarak hem statik hem de dinamik denge skorlarımız kontrol grubuna göre daha kötü tespit edilmiştir. Hyong ve Kang [194], çalışmalarında naviküler düşme testi kullanarak yaş ortalaması 20,9 yıl olan 162 sağlıklı üniversite öğrencisi arasından 14 pronasyon olan ayak, 14 supinasyon olan ayak ve 14 normal olan ayak grubu belirlemiştir. Dinamik denge yeteneğini ölçmek Yıldız Ekskürsiyon Denge Testi yapılmıştır. Bu çalışmada, sadece anterior, posterolateral ve posteromedial olmak üzere üç yön kullanılmıştır. Pronasyon veya supinasyon olan ayaklara sahip kişilerde nötral ayak yapısına kıyasla dinamik denge becerisinde bir fark görülmemiştir. Bizim çalışmamızda ortaya çıkan istatistiksel anlamlı farkın sebebinin İGKK grubundaki esnek tip pes planusun gastroknemius kasındaki izole kısalıktan kaynaklanması olabilir. Ayrıca katılımcılarımız bahsi geçen çalışmalardaki katılımcılardan farklı olarak çocuk grubuydu. Dolayısıyla denge sistemlerinin yetişkin bireylerden daha zayıf olduğunun dikkate alınması gerekir. Çalışmamızda BDS'nin dinamik stabiliteyi değerlendiren stabilite limitleri testine göre genel, geriye, öne/sola, öne/sağa ve geriye/sola parametrelerinde gruplar arasında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı. Bu bulgular, İGKK tanıılı çocuklarda gözlenen dorsifleksiyondaki kısıtlılık ve pes planus durumlarının dinamik dengeyi olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. Çalışmamızda izole gastroknemius kısalığı olan çocuklarda dinamik denge testlerinin sonuçlarının sağlıklı yaşlılarına göre daha düşük çıkmasının, bu faktörlerin bir sonucu olabileceği düşünülmektedir. Gastroknemius kasının kısılması, ayak bileği hareketliliğini sınırlayarak dengeyi olumsuz etkilemiş ve bu durum, dinamik stabilite testlerinin sonuçlarını kötüleştirilmiş olabilir. Çocukların gelişimsel dönemlerinde olması da, postüral kontrol ve dinamik stabilite performansını etkileyen bir faktördür. Ayrıca, ayak bileği dorsifleksiyonundaki sınırlamalar, denge kontrolünü öncelikle ayak tabanı ve alt ekstremitte hareketleriyle etkilediğinden, özellikle stabilite sınırlarının ölçüldüğü bu testlerde daha belirgin sonuçlar ortaya çıkmış olabilir. Bu faktörlerin

kombinasyonu, sağlıklı yaşlılarından farklı olarak dinamik stabilite skorlarının kötü olmasına neden olmuş olabilir.

BDS'nin DDET testinde ise gözler açık düz zemin ( $p=0,007$ ), gözler açık köpük zemin ( $p=0,027$ ) ve kompozit skor ( $p=0,025$ ) salınım indeksi skorlarında kontrol grubu lehine istatistiksel anlamlı fark vardı ( $P<0,05$ ), ancak gözler kapalı düz zemin ( $p=0,095$ ), gözler kapalı köpük zemin ( $p=0,372$ ) salınım indeksi skorlarına göre istatistiksel anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ). Bu sonuçlar, İGKK olan çocukların dengeyi korumak için büyük ölçüde görsel girdiye güvendiklerini göstermektedir. Bu durum, özellikle zorlu koşullar altında, postüral kontrolde duyu entegrasyonunun kritik rolünü vurgulayan mevcut literatürle uyumludur [200]. Daha önce yapılan çalışmalar, kas-iskelet sistemi kısıtlılıkları olan bireylerin, özellikle propriosepsiyon veya somatosensoriyel geri bildirimdeki eksiklikleri telafi etmek için görsel girdilere daha fazla bağımlı olduklarını ve bu durumun postüral salınımı artırdığını göstermektedir [201]. Örneğin, denge görevlerinin zorluk seviyesinin artmasıyla birlikte alt ekstremitelerde fonksiyonunda kısıtlılık olan bireylerde postüral salınımın arttığı bildirilmiştir [202].

Limitasyonlar;

- Bu çalışmanın bazı limitasyonları bulunmaktadır. Öncelikle, çalışmada kullanılan değerlendirme yöntemlerinin standardizasyonu sağlansa da, farklı araştırmacılar arasında ölçüm farklılıkları olabilir.
- Gastroknemius kas kısalığının çocuklarda ağrıya neden olabileceği literatür ile desteklenmiştir, ancak çalışmamızda ağrı sorgulanmadı.
- Literatürde ayak intrinsik kas aktivasyonunun ayak postüründe ve ayağı stabilize etmede önemli rol oynadığı vurgulanmıştır, ancak çalışmamızda ayağın intrinsik kas kuvveti değerlendirilmedi.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Literatürde İGKK olan çocuklarda ayak postürünün, kas kuvvetinin, fonksiyonel performansın ve postüral kontrolün değerlendirildiği herhangi bir çalışma ile karşılaşmadık. Bu çalışma, İGKK olan çocukların ayak postürünü, alt ekstremite kas kuvvetini, fonksiyonel performansını ve postüral kontrolünü sağlıklı yaşlıları ile karşılaştırarak önemli veriler sunmuştur. Çalışmamızda İGKK'nın ayak bileği eklem hareket açıklığı ve ayak postürü üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu gözlemlenmiş ve bu durum, gastroknemius kas kısalığı olmayan çocuklardan farklı postüral ve fonksiyonel performans sonuçlarına yol açmıştır. Çalışmamızın sonucunda ulaşılan sonuçlar ve öneriler şöyledir:

- 1) Sağlıklı çocuklarda gastroknemius kas kısalığı ile ilgili çalışmalar sınırlıdır, ancak çocuklarda yaş arttıkça ayak bileği dorsifleksiyonunun azaldığını ayakta oluşan postüral değişimlerin İGKK kaynaklı olabileceği sonuçlarımıza bakılarak söylenebilir. Ayakta oluşan pronasyon postürü biyomekaniksel değişimdir ve çocukların fonksiyonel durumlarını etkilemektedir. Ayağın fonksiyonelliğini ve ayak postürünün yanında klinik değerlendirmelere İGKK'nın varlığının da değerlendirmelere eklenmesi gerekliliği ortaya koyulmuştur.
- 2) İGKK olan grup ile kontrol grubunun kas kuvveti değerlendirmeleri karşılaştırıldığında, İGKK grubunda kalça fleksör ve kalça ekstansör kas kuvvetinde her iki ekstremitede de kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. Alt ekstremite eklemlerinin bir zincir gibi birbirini etkilediği düşünüldüğünde bu bulgu İGKK'nın alt ekstremitede biyomekaniksel değişimlere yol açarak, ayak, ayak bileği ve kalça hareketliliğini olumsuz etkileyebileceğini göstermiştir. Bu durum alt ekstremite boyunca meydana gelen biyomekaniksel değişikliklerin çocukların büyüme ve gelişim

sürecinde kas-iskelet sisteminin dinamik sürecini etkilediğini göstermektedir. Bu sonuç, kas kuvveti değerlendirmelerinde daha hedefe yönelik analizlerin önemini ve spesifik kas gruplarını hedef alan rehabilitasyon stratejilerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

- 3) İGKK olan grup ile kontrol grubu arasında fonksiyonel performans değerlendirmesi kapsamında uygulanan sıçrama testlerinde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, İGKK'nın yalnızca statik duruşu değil, aynı zamanda dinamik hareketleri de olumsuz etkileyebileceğini ve bu tür fonksiyonel performans testlerinin, ayak postürünün klinik etkilerini değerlendirmede önemli bir araç olduğunu ve çocuklarda gastroknemius kas kısalığının erken tanısı ve müdahalesinin önemli olduğunu vurgulamak isteriz.
- 4) Postüral kontrolü değerlendirmek için kullandığımız BDS sonuçları bazı parametrelerde anlamlı farklar ortaya koyarken bazı parametrelerde iki grup arasında anlamlı fark yoktu. Çalışma grubumuzdaki çocuklarda ayak postürlerindeki değişimler ve limitasyonlar bu çocuklarda statik ve dinamik denge becerilerinin de etkilendiğini ortaya koymaktadır. Statik ve dinamik denge becerilerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesinin ve rehabilitasyon programlarına postüral stabiliteyi ve dengeyi geliştirmeye yönelik egzersizlerin eklenmesinin faydalı olabileceğini düşünmekteyiz.

## KAYNAKLAR

- [1] **Hertling, D.** (2006). *Management of common musculoskeletal disorders: physical therapy principles and methods*. Lippincott Williams & Wilkins.
- [2] **Kisner, C., Colby, L. A. ve Borstad, J.** (2017). *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. Fa Davis.
- [3] **Moseley, A. M., Crosbie, J. ve Adams, R.** (2003). High-and low-ankle flexibility and motor task performance. *Gait & posture*, 18(2), 73-80.
- [4] **Bullock-Saxton, J., Janda, V. ve Bullock, M.** (1994). The influence of ankle sprain injury on muscle activation during hip extension. *International journal of sports medicine*, 15(06), 330-334.
- [5] **Travell, J. G. ve Simons, D. G.** (1992). *Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual*. Lippincott Williams & Wilkins.
- [6] **Huerta, J. P.** (2014). The effect of the gastrocnemius on the plantar fascia. *Foot and ankle clinics*, 19(4), 701-718.
- [7] **Ekstrand, J. ve Gillquist, J.** (1982). The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *The American journal of sports medicine*, 10(2), 75-78.
- [8] **Wilder, R. P. ve Sethi, S.** (2004). Overuse injuries: tendinopathies, stress fractures, compartment syndrome, and shin splints. *Clinics in sports medicine*, 23(1), 55-81.
- [9] **Ficke, J. ve Byerly, D. W.** (2019). *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot*.
- [10] **Manganaro, D., Dollinger, B., Nezwek, T. A. ve Sadiq, N. M.** (2023). *Anatomy, bony pelvis and lower limb, foot joints. StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing*.
- [11] **Stirling, P., MacKenzie, S., Maempel, J., McCann, C., Ray, R., Clement, N., ve ark.** (2019). Patient-reported functional outcomes and health-related quality of life following fractures of the talus. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*, 101(6), 399-404.
- [12] **Yammine, K.** (2015). The sesamoids of the feet in humans: a systematic review and meta-analysis. *Anatomical science international*, 90(3), 144-160.

- [13] **Drake, R., Vogl, A. W. ve Mitchell, A. W.** (2009). *Gray's anatomy for students E-book*. Elsevier Health Sciences.
- [14] **TOLUNAY, T., DEMİR, T. ve Coşkun, P.** (2017). Ayak ve Ayak Bileği Biyomekaniği.
- [15] **Kitaoka, H. B., Luo, Z. P. ve An, K.-N.** (1997). Analysis of longitudinal arch supports in stabilizing the arch of the foot. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 341, 250-256.
- [16] **Akdoğan, M. ve Ateş, Y.** (2016). Ayak bileği ve distal tibia anatomisi. *TOTBİD dergisi*, 15, 158-165.
- [17] **McMinn, R. M. H.** (2003). *Last's anatomy: regional and applied*. Edinburgh: Elsevier.
- [18] **Van Staa, T., Dennison, E., Leufkens, H. a. ve Cooper, C.** (2001). Epidemiology of fractures in England and Wales. *Bone*, 29(6), 517-522.
- [19] **Netter, F. H.** (2022). *Netter Atlas of Human Anatomy: Classic Regional Approach-Ebook*. Elsevier Health Sciences.
- [20] **Olewnik, L., Podgórski, M., Polguy, M. ve Topol, M.** (2019). A cadaveric and sonographic study of the morphology of the tibialis anterior tendon—a proposal for a new classification. *Journal of foot and ankle research*, 12, 1-8.
- [21] **Standring, S.** (2021). *Gray's Anatomy E-Book: Gray's Anatomy E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- [22] **Oliva, F., Ferran, N. ve Maffuli, N.** (2006). Peroneal retinaculoplasty with anchors for peroneal tendon subluxation. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases*, 63.
- [23] **Stopford, J. S. B.** (1914). The supracondyloid tubercles of the femur and the attachment of the gastrocnemius muscle to the femoral diaphysis. *Journal of Anatomy and Physiology*, 49(Pt 1), 80.
- [24] **Netter, F. H.** (2014). *Atlas of human anatomy, Professional Edition E-Book: including NetterReference. com Access with full downloadable image Bank*. Elsevier health sciences.
- [25] **Hansen, J. T.** (2021). *Netter's Clinical Anatomy-E-Book: Netter's Clinical Anatomy-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- [26] **Van Deursen, R.** (2004). Mechanical loading and off-loading of the plantar surface of the diabetic foot. *Clinical Infectious Diseases*, 39(Supplement\_2), S87-S91.
- [27] **Anson, B. J.** (1966). Morris' human anatomy. *The Blakiston Division, McGraw-Hill Book Company, New York 1623p*.

- [28] **Abrams, G. D., Ward, S. R., Fridén, J. ve Lieber, R. L.** (2005). Pronator teres is an appropriate donor muscle for restoration of wrist and thumb extension. *The Journal of hand surgery*, 30(5), 1068-1073.
- [29] **Delgado, G. J., Chung, C. B., Lektrakul, N., Azocar, P., Botte, M. J., Coria, D., ve ark.** (2002). Tennis leg: clinical US study of 141 patients and anatomic investigation of four cadavers with MR imaging and US. *Radiology*, 224(1), 112-119.
- [30] **Moore, K. L. ve Dalley, A. F.** (2018). *Clinically oriented anatomy*. Wolters kluwer india Pvt Ltd.
- [31] **Schepesis, A. A., Jones, H. ve Haas, A. L.** (2002). Achilles tendon disorders in athletes. *The American journal of sports medicine*, 30(2), 287-305.
- [32] **Dalmau-Pastor, M., Fargues-Polo, B., Casanova-Martínez, D., Vega, J. ve Golanó, P.** (2014). Anatomy of the triceps surae: a pictorial essay. *Foot and ankle clinics*, 19(4), 603-635.
- [33] **Silver, R., De La Garza, J. ve Rang, M.** (1985). The myth of muscle balance. A study of relative strengths and excursions of normal muscles about the foot and ankle. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*, 67(3), 432-437.
- [34] **Cohen, J. C.** (2009). Anatomy and biomechanical aspects of the gastrosoleus complex. *Foot and ankle clinics*, 14(4), 617-626.
- [35] **LG, J.** (1997). Human tendons: anatomy, physiology and pathology. *Human kinetics*.
- [36] **Cummins, E. ve Anson, B.** (1946). The structure of the calcaneal tendon (of Achilles) in relation to orthopedic surgery, with additional observations on the plantaris muscle. *Surgery, gynecology & obstetrics*, 83, 107-116.
- [37] **Szaro, P., Witkowski, G., Śmigielski, R., Krajewski, P. ve Ciszek, B.** (2009). Fascicles of the adult human Achilles tendon—an anatomical study. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 191(6), 586-593.
- [38] **Chen, T. M., Rozen, W. M., Pan, W. r., Ashton, M. W., Richardson, M. D. ve Taylor, G. I.** (2009). The arterial anatomy of the Achilles tendon: anatomical study and clinical implications. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*, 22(3), 377-385.
- [39] **Gillies, H. ve Chalmers, J.** (1970). The management of fresh ruptures of the tendo achillis. *JBJS*, 52(2), 337-343.
- [40] **Betts, J. G., Young, K. A., Wise, J. A., Johnson, E., Poe, B., Kruse, D. H., ve ark.** (2024). *Anatomy and physiology 2e*.

- [41] **Perry, J.** (1992). *Ankle foot complex: gait analysis: normal and pathology function. Thorofare (NJ)*. 51-88 s.
- [42] **DiGiovanni, C. W. ve Langer, P.** (2007). The role of isolated gastrocnemius and combined Achilles contractures in the flatfoot. *Foot and ankle clinics*, 12(2), 363-379.
- [43] **Arndt, A., Brüggemann, G.-P., Koebke, J. ve Segesser, B.** (1999). Asymmetrical loading of the human triceps surae: II. Differences in calcaneal moments. *Foot & ankle international*, 20(7), 450-455.
- [44] **Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D. ve McHugh, M.** (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 41(1), 1-11.
- [45] **Weppler, C. H. ve Magnusson, S. P.** (2010). Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? *Physical therapy*, 90(3), 438-449.
- [46] **Magnusson, S. P., Narici, M. V., Maganaris, C. N. ve Kjaer, M.** (2008). Human tendon behaviour and adaptation, in vivo. *The Journal of physiology*, 586(1), 71-81.
- [47] **Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L. ve McNair, P.** (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports medicine*, 34, 443-449.
- [48] **Herda, T. J., Costa, P. B., Walter, A. A., Ryan, E. D., Hoge, K. M., Kerksick, C. M., ve ark.** (2011). Effects of two modes of static stretching on muscle strength and stiffness. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1777-1784.
- [49] **Sharman, M. J., Cresswell, A. G. ve Riek, S.** (2006). Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: mechanisms and clinical implications. *Sports medicine*, 36, 929-939.
- [50] **Gajdosik, R. L., Vander Linden, D. W., McNair, P. J., Williams, A. K. ve Riggan, T. J.** (2005). Effects of an eight-week stretching program on the passive-elastic properties and function of the calf muscles of older women. *Clinical biomechanics*, 20(9), 973-983.
- [51] **Kay, A. D. ve Blazevich, A. J.** (2012). Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise®*, 44(1), 154-164.
- [52] **Lieber, R. L. ve Fridén, J.** (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 23(11), 1647-1666.

- [53] **Magnusson, S. P., Julsgaard, C., Aagaard, P., Zacharie, C., Ullman, S., Kobayasi, T. ve Kjaer, M.** (2001). Viscoelastic properties and flexibility of the human muscle-tendon unit in benign joint hypermobility syndrome. *The Journal of Rheumatology*, 28(12), 2720-2725.
- [54] **Gajdosik, R. L.** (2001). Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clinical biomechanics*, 16(2), 87-101.
- [55] **Pitcher, C. A., Elliott, C. M., Valentine, J. P., Stannage, K., Williams, S. A., Shipman, P. J. ve Reid, S. L.** (2018). Muscle morphology of the lower leg in ambulant children with spastic cerebral palsy. *Muscle & Nerve*, 58(6), 818-823.
- [56] **Brunner, R. ve Rutz, E.** (2013). Biomechanics and muscle function during gait. *Journal of children's orthopaedics*, 7(5), 367-371.
- [57] **Lopes, E. A., Fanelli-Galvani, A., Prisco, C. C., Gonçalves, R. C., Jacob, C. M., Cabral, A. L., ve ark.** (2007). Assessment of muscle shortening and static posture in children with persistent asthma. *European journal of pediatrics*, 166, 715-721.
- [58] **Tomruk, M., Tomruk, M. S., Alkan, E. ve Gelecek, N.** (2020). Genç Erişkinlerde Ayak Bileği Hareket açıklığı, Kas Kuvveti ve Denge Arasındaki İlişki. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11(2), 217-223.
- [59] **Tachdjian, M. O.** (1994). Atlas of pediatric orthopedic surgery. (*No Title*).
- [60] **Banks, A. S.** (2001). *McGlamry's comprehensive textbook of foot and ankle surgery*. Lippincott Williams & Wilkins.
- [61] **Ehrenborg, N., Davis, C., Tremoulis, J., Bussert, B., Cheney, N. A. ve O'Connor, P.** (2024). Gastrocnemius recession: Discrepancies in the literature. *Journal of Orthopaedics*.
- [62] **Singh, D.** (2013). Nils Silfverskiöld (1888–1957) and gastrocnemius contracture. *Foot and Ankle Surgery*, 19(2), 135-138.
- [63] **DiGiovanni, C. W., Kuo, R., Tejwani, N., Price, R., Hansen Jr, S. T., Cziernecki, J. ve Sangeorzan, B. J.** (2002). Isolated gastrocnemius tightness. *JBJS*, 84(6), 962-970.
- [64] **Stovitz, S. D. ve Coetzee, J. C.** (2004). Hyperpronation and foot pain: steps toward pain-free feet. *The Physician and Sportsmedicine*, 32(8), 19-26.
- [65] **Meehan, R. E. ve Brage, M.** (2003). Adult acquired flat foot deformity: clinical and radiographic examination. *Foot and ankle clinics*, 8(3), 431-452.
- [66] **Baumbach, S. F., Braunstein, M., Seeliger, F., Borgmann, L., Böcker, W. ve Polzer, H.** (2016). Ankle dorsiflexion: what is normal? Development of a decision pathway for diagnosing impaired ankle dorsiflexion and M.

gastrocnemius tightness. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 136, 1203-1211.

- [67] **Kane, J. M., Coleman, S. ve Brodsky, J. W.** (2017). Kinematics and function of total ankle replacements versus normal ankles. *Foot and ankle clinics*, 22(2), 241-249.
- [68] **Sutherland, D. H., Cooper, L. ve Daniel, D.** (1980). The role of the ankle plantar flexors in normal walking. *JBJS*, 62(3), 354-363.
- [69] **Neptune, R. R., Kautz, S. A. ve Zajac, F. E.** (2001). Contributions of the individual ankle plantar flexors to support, forward progression and swing initiation during walking. *Journal of biomechanics*, 34(11), 1387-1398.
- [70] **Habbu, R., Holthusen, S. M., Anderson, J. G. ve Bohay, D. R.** (2011). Operative correction of arch collapse with forefoot deformity: a retrospective analysis of outcomes. *Foot & Ankle International*, 32(8), 764-773.
- [71] **Silfverskiold, N.** (1924). Reduction of the uncrossed two-joints muscles of the leg to one-joint muscles in spastic conditions. *Acta Chir Scandinav*, 56, 315-330.
- [72] **Barouk, P. ve Barouk, L. S.** (2014). Clinical diagnosis of gastrocnemius tightness. *Foot and ankle clinics*, 19(4), 659-667.
- [73] **Barouk, P.** (2014). Technique, indications, and results of proximal medial gastrocnemius lengthening. *Foot and ankle clinics*, 19(4), 795-806.
- [74] **Chan, O., Malhotra, K., Buraimoh, O., Cullen, N., Welck, M., Goldberg, A. ve Singh, D.** (2019). Gastrocnemius tightness: a population based observational study. *Foot and Ankle Surgery*, 25(4), 517-522.
- [75] **Kowalski, C.** (2004). Rôle pathogénique de la brièveté du gastrocnémien dans les métatarsalgies. *Foot Medicine & Surgery/Medecine et Chirurgie du Pied*, 20(1).
- [76] **Hill, R. S.** (1995). Ankle equinus. Prevalence and linkage to common foot pathology. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 85(6), 295-300.
- [77] **Lalévée, M., Latrobe, C., Laquievre, A., Ould-Slimane, M., Gauthé, R. ve Roussignol, X.** (2017). Brièveté des gastrocnémiens et pathologies du pied. Une physiopathologie controversée. *Foot Medicine & Surgery/Medecine et Chirurgie du Pied*, 33(3).
- [78] **Malhotra, K., Chan, O., Cullen, S., Welck, M., Goldberg, A., Cullen, N. ve Singh, D.** (2018). Prevalence of isolated gastrocnemius tightness in patients with foot and ankle pathology: a population-based study. *The Bone & Joint Journal*, 100(7), 945-952.

- [79] **Cychosz, C. C., Phisitkul, P., Belatti, D. A., Glazebrook, M. A. ve DiGiovanni, C. W.** (2015). Gastrocnemius recession for foot and ankle conditions in adults: evidence-based recommendations. *Foot and Ankle Surgery*, 21(2), 77-85.
- [80] **Jefferson, R., Collins, J., Whittle, M., Radin, E. ve O'Connor, J.** (1990). The role of the quadriceps in controlling impulsive forces around heel strike. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 204(1), 21-28.
- [81] **Lee, S. Y., Lee, S. H., Chung, C. Y., Park, M. S., Lee, K. M., Akhmedov, B., ve ark.** (2013). Age-related changes in physical examination and gait parameters in normally developing children and adolescents. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 22(2), 153-157.
- [82] **Evans, A. M. ve Scutter, S. D.** (2004). Prevalence of “growing pains” in young children. *The Journal of pediatrics*, 145(2), 255-258.
- [83] **Chen, K.-C., Tung, L.-C., Yeh, C.-J., Yang, J.-F., Kuo, J.-F. ve Wang, C.-H.** (2013). Change in flatfoot of preschool-aged children: a 1-year follow-up study. *European journal of pediatrics*, 172, 255-260.
- [84] **Liyanarachi, S., Hulleberg, G. ve Foss, O. A.** (2021). Is Gastrocnemius Tightness a Normal Finding in Children?: A Cross-Sectional Study of 204 Norwegian Schoolchildren. *JBJS*, 103(20), 1872-1879.
- [85] **DeHeer, P. A., Standish, S. N., Kirchner, K. J. ve Fleischer, A. E.** (2021). Prevalence and Distribution of Ankle Joint Equinus in 249 Consecutive Patients Attending a Foot and Ankle Specialty Clinic. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 111(2).
- [86] **Cazeau, C. ve Stiglitz, Y.** (2014). Effects of gastrocnemius tightness on forefoot during gait. *Foot Ankle Clin*, 19(4), 649-657.
- [87] **Chen, W.-M., Park, J., Park, S.-B., Shim, V. P.-W. ve Lee, T.** (2012). Role of gastrocnemius–soleus muscle in forefoot force transmission at heel rise—A 3D finite element analysis. *Journal of biomechanics*, 45(10), 1783-1789.
- [88] **Aronow, M. S., Diaz-Doran, V., Sullivan, R. J. ve Adams, D. J.** (2006). The effect of triceps surae contracture force on plantar foot pressure distribution. *Foot & ankle international*, 27(1), 43-52.
- [89] **Chimera, N. J., Castro, M., Davis, I. ve Manal, K.** (2012). The effect of isolated gastrocnemius contracture and gastrocnemius recession on lower extremity kinematics and kinetics during stance. *Clinical biomechanics*, 27(9), 917-923.
- [90] **Lavery, L. A., Armstrong, D. G. ve Boulton, A. J.** (2002). Ankle equinus deformity and its relationship to high plantar pressure in a large population

with diabetes mellitus. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 92(9), 479-482.

- [91] **Lofterød, B., Fosdahl, M. A. ve Terjesen, T.** (2009). Can persistent drop foot after calf muscle lengthening be predicted preoperatively? *The Journal of foot and ankle surgery*, 48(6), 631-636.
- [92] **DeHeer, P. A.** (2017). Equinus and lengthening techniques. *Clinics in podiatric medicine and surgery*, 34(2), 207-227.
- [93] **Nakale, N. T., Strydom, A., Saragas, N. P. ve Ferrao, P. N.** (2018). Association between plantar fasciitis and isolated gastrocnemius tightness. *Foot & ankle international*, 39(3), 271-277.
- [94] **Frank, D.** (2017). Atypical Pronation of the Sub-Talar Joint: Its Implications on the Lower Limb.
- [95] **Patel, A. ve DiGiovanni, B.** (2011). Association between plantar fasciitis and isolated contracture of the gastrocnemius. *Foot & ankle international*, 32(1), 5-8.
- [96] **Monteagudo, M., de Albornoz, P. M., Gutierrez, B., Tabuenca, J. ve Álvarez, I.** (2018). Plantar fasciopathy: a current concepts review. *EFORT open reviews*, 3(8), 485-493.
- [97] **Porter, D., Barrill, E., Oneacre, K. ve May, B. D.** (2002). The effects of duration and frequency of Achilles tendon stretching on dorsiflexion and outcome in painful heel syndrome: a randomized, blinded, control study. *Foot & ankle international*, 23(7), 619-624.
- [98] **Digiovanni, B. F., Nawoczenski, D. A., Malay, D. P., Graci, P. A., Williams, T. T., Wilding, G. E. ve Baumhauer, J. F.** (2006). Plantar fascia-specific stretching exercise improves outcomes in patients with chronic plantar fasciitis: a prospective clinical trial with two-year follow-up. *JBJS*, 88(8), 1775-1781.
- [99] **Cheatham, S. W., Kolber, M. J., Cain, M. ve Lee, M.** (2015). The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: a systematic review. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 827.
- [100] **Hindle, K. B., Whitcomb, T. J., Briggs, W. O. ve Hong, J.** (2012). Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *Journal of human kinetics*, 31, 105.
- [101] **Albin, S. R., Koppenhaver, S. L., Bailey, B., Blommel, H., Fenter, B., Lowrimore, C., ve ark.** (2019). The effect of manual therapy on gastrocnemius muscle stiffness in healthy individuals. *The Foot*, 38, 70-75.

- [102] **Zvetkova, E., Koytchev, E., Ivanov, I., Ranchev, S. ve Antonov, A.** (2023). Biomechanical, healing and therapeutic effects of stretching: a comprehensive review. *Applied Sciences*, 13(15), 8596.
- [103] **Rosenfeldt, M., Stien, N., Behm, D. G., Saeterbakken, A. H. ve Andersen, V.** (2024). Comparison of resistance training vs static stretching on flexibility and maximal strength in healthy physically active adults, a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 16(1), 142.
- [104] **Zhou, J.-P., Yu, J.-F., Feng, Y.-N., Liu, C.-L., Su, P., Shen, S.-H. ve Zhang, Z.-J.** (2020). Modulation in the elastic properties of gastrocnemius muscle heads in individuals with plantar fasciitis and its relationship with pain. *Scientific Reports*, 10(1), 2770.
- [105] **Solan, M. C., Carne, A. ve Davies, M. S.** (2014). Gastrocnemius shortening and heel pain. *Foot and ankle clinics*, 19(4), 719-738.
- [106] **Rong, K., Li, X.-c., Ge, W.-t., Xu, Y. ve Xu, X.-y.** (2016). Comparison of the efficacy of three isolated gastrocnemius recession procedures in a cadaveric model of gastrocnemius tightness. *International orthopaedics*, 40, 417-423.
- [107] **Oleksy, Ł., Mika, A., Łukomska-Górny, A. ve Marchewka, A.** (2010). Intrarater reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) applied as a tool in foot assessment in children and adolescents. *Medical Rehabilitation*, 14, 18-28.
- [108] **Aurichio, T. R., Rebelatto, J. R. ve De Castro, A. P.** (2011). The relationship between the body mass index (BMI) and foot posture in elderly people. *Archives of gerontology and geriatrics*, 52(2), e89-e92.
- [109] **Chan, G. ve Chen, C. T.** (2009). Musculoskeletal effects of obesity. *Current opinion in pediatrics*, 21(1), 65-70.
- [110] **Palastanga, N. ve Soames, R.** (2011). *Anatomy and human movement, structure and function with PAGEDURST access, 6: anatomy and human movement*. Elsevier Health Sciences.
- [111] **Shih, Y.-F., Chen, C.-Y., Chen, W.-Y. ve Lin, H.-C.** (2012). Lower extremity kinematics in children with and without flexible flatfoot: a comparative study. *BMC musculoskeletal disorders*, 13, 1-9.
- [112] **Redmond, A. C., Crosbie, J. ve Ouvrier, R. A.** (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: the Foot Posture Index. *Clinical biomechanics*, 21(1), 89-98.
- [113] **Redmond, A. C., Crane, Y. Z. ve Menz, H. B.** (2008). Normative values for the foot posture index. *Journal of Foot and Ankle research*, 1, 1-9.
- [114] **Lee, J. S., Kim, K. B., Jeong, J. O., Kwon, N. Y. ve Jeong, S. M.** (2015). Correlation of foot posture index with plantar pressure and radiographic measurements in pediatric flatfoot. *Annals of rehabilitation medicine*, 39(1), 10-17.

- [115] **McPoil, T. G., Cornwall, M. W., Medoff, L., Vicenzino, B., Forsberg, K. ve Hiltz, D.** (2008). Arch height change during sit-to-stand: an alternative for the navicular drop test. *Journal of foot and ankle research*, 1, 1-11.
- [116] **Dicharry, J. M., Franz, J. R., Croce, U. D., Wilder, R. P., Riley, P. O. ve Kerrigan, D. C.** (2009). Differences in static and dynamic measures in evaluation of talonavicular mobility in gait. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 39(8), 628-634.
- [117] **Reilly, K., Barker, K., Shamley, D., Newman, M., Oskrochi, G. ve Sandall, S.** (2009). The role of foot and ankle assessment of patients with lower limb osteoarthritis. *Physiotherapy*, 95(3), 164-169.
- [118] **McPoil, T. G., Cornwall, M. W., Vicenzino, B., Teyhen, D. S., Molloy, J. M., Christie, D. S. ve Collins, N.** (2008). Effect of using truncated versus total foot length to calculate the arch height ratio. *The Foot*, 18(4), 220-227.
- [119] **Brody, D. M.** (1982). Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *The orthopedic clinics of North America*, 13(3), 541-558.
- [120] **Bandholm, T., Boysen, L., Haugaard, S., Zebis, M. K. ve Bencke, J.** (2008). Foot medial longitudinal-arch deformation during quiet standing and gait in subjects with medial tibial stress syndrome. *The Journal of foot and ankle surgery*, 47(2), 89-95.
- [121] **Dawe, E. J. ve Davis, J.** (2011). (vi) Anatomy and biomechanics of the foot and ankle. *Orthopaedics and Trauma*, 25(4), 279-286.
- [122] **Williams Iii, D. S., McClay, I. S. ve Hamill, J.** (2001). Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical biomechanics*, 16(4), 341-347.
- [123] **Hespanhol Junior, L. C., De Carvalho, A. C. A., Costa, L. O. P. ve Lopes, A. D.** (2016). Lower limb alignment characteristics are not associated with running injuries in runners: Prospective cohort study. *European journal of sport science*, 16(8), 1137-1144.
- [124] **Simkin, A., Leichter, I., Giladi, M., Stein, M. ve Milgrom, C.** (1989). Combined effect of foot arch structure and an orthotic device on stress fractures. *Foot & ankle*, 10(1), 25-29.
- [125] **Buldt, A. K., Murley, G. S., Butterworth, P., Levinger, P., Menz, H. B. ve Landorf, K. B.** (2013). The relationship between foot posture and lower limb kinematics during walking: A systematic review. *Gait & posture*, 38(3), 363-372.
- [126] **Phillips, B. A., Lo, S. K. ve Mastaglia, F. L.** (2000). Muscle force measured using "break" testing with a hand-held myometer in normal subjects aged 20 to 69 years. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81(5), 653-661.

- [127] **Trudelle-Jackson, E., Jackson, A. W., Frankowski, C. M., Long, K. M. ve Meske, N. B.** (1994). Interdevice reliability and validity assessment of the Nicholas Hand-Held Dynamometer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 20(6), 302-306.
- [128] **Hayes, K., Walton, J. R., Szomor, Z. L. ve Murrell, G. A.** (2002). Reliability of 3 methods for assessing shoulder strength. *Journal of Shoulder and Elbow surgery*, 11(1), 33-39.
- [129] **Bohannon, R.** (1990). Testing isometric limb muscle strength with dynamometers. *Crit Rev Phys Med Rehabil*, 2, 75-86.
- [130] **Beasley, W. C.** (1956). Influence of method on estimates of normal knee extensor force among normal and postpolio children. *Physical Therapy*, 36(1), 21-41.
- [131] **May, L. A., Burnham, R. S. ve Steadward, R. D.** (1997). Assessment of isokinetic and hand-held dynamometer measures of shoulder rotator strength among individuals with spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 78(3), 251-255.
- [132] **Wessel, J., Kaup, C., Fan, J., Ehalt, R., Ellsworth, J., Speer, C., ve ark.** (1999). Isometric strength measurements in children with arthritis: reliability and relation to function. *Arthritis Care & Research*, 12(4), 238-246.
- [133] **Schwartz, S., Cohen, M. E., Herbison, G. J. ve Shah, A.** (1992). Relationship between two measures of upper extremity strength: manual muscle test compared to hand-held myometry. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 73(11), 1063-1068.
- [134] **Wikholm, J. B. ve Bohannon, R. W.** (1991). Hand-held dynamometer measurements: tester strength makes a difference. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 13(4), 191-198.
- [135] **Bohannon, R. W. ve Wikholm, J. B.** (1992). Measurements of knee extension force obtained by two examiners of substantially different experience with a hand-held dynamometer. *Isokinetics and Exercise Science*, 2(1), 5-8.
- [136] **Miller, S. T.** (1987) *Evaluation of claw toe deformity, weakness of the foot intrinsics, and posterior medial shin pain*: University of Alabama at Birmingham.
- [137] **Aibast, H., Okutoyi, P., Sigei, T., Adero, W., Chemjor, D., Ongaro, N., ve ark.** (2017). Foot structure and function in habitually barefoot and shod adolescents in Kenya. *Current sports medicine reports*, 16(6), 448-458.
- [138] **Wong, Y. S.** (2007). Influence of the abductor hallucis muscle on the medial arch of the foot: a kinematic and anatomical cadaver study. *Foot & ankle international*, 28(5), 617-620.

- [139] **Denyer, J. R., Hewitt, N. L. ve Mitchell, A. C.** (2013). Foot structure and muscle reaction time to a simulated ankle sprain. *Journal of athletic training*, 48(3), 326-330.
- [140] **Stewart, S., Mawston, G., Davidtz, L., Dalbeth, N., Vandal, A. C., Carroll, M., ve ark.** (2016). Foot and ankle muscle strength in people with gout: a two-arm cross-sectional study. *Clinical Biomechanics*, 32, 207-211.
- [141] **Haksever, B.** (2018). Sağlıklı bireylerde fonksiyonel hareketli denge sistemi ile denge tahtası eğitiminin denge ve fonksiyonel düzey üzerine etkilerinin karşılaştırılması.
- [142] **Gabbard, C.** (2021). *Lifelong motor development*. Lippincott Williams & Wilkins.
- [143] **Fernandez-Santos, J. R., Ruiz, J. R., Cohen, D. D., Gonzalez-Montesinos, J. L. ve Castro-Piñero, J.** (2015). Reliability and validity of tests to assess lower-body muscular power in children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2277-2285.
- [144] **Tsai, L.-C., Yu, B., Mercer, V. S. ve Gross, M. T.** (2006). Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 942-953.
- [145] **Inman VT, R. H., Todd F.** (1981). *Human Walking*.
- [146] **Bobath, B.** (1985). Abnormal postural reflex activity caused by brain lesions. (*No Title*).
- [147] **Murray, M., Seireg, A. ve Sepic, S. B.** (1975). Normal postural stability and steadiness: quantitative assessment. *JBJS*, 57(4), 510-516.
- [148] **Arnold, B. L. ve Schmitz, R. J.** (1998). Examination of balance measures produced by the biodex stability system. *Journal of athletic training*, 33(4), 323.
- [149] **Horn, L. B., Rice, T., Stoskus, J. L., Lambert, K. H., Dannenbaum, E. ve Scherer, M. R.** (2015). Measurement characteristics and clinical utility of the clinical test of sensory interaction on balance (CTSIB) and modified CTSIB in individuals with vestibular dysfunction. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 96(9), 1747-1748.
- [150] **Parraca, J. A., Olivares Sánchez-Toledo, P. R., Carbonell Baeza, A., Aparicio García-Molina, V. A., Adsuar Sala, J. C. ve Gusi Fuertes, N.** (2011). Test-Retest reliability of Biodex Balance SD on physically active old people.
- [151] **Janda, V., Bullock-Saxton, J. ve Vavrova, M.** (1990). *Sensory motor stimulation*. Body Control Videos.

- [152] **Ferrari, E., Cooper, G., Reeves, N. D. ve Hodson-Tole, E.** (2020). Intrinsic foot muscles act to stabilise the foot when greater fluctuations in centre of pressure movement result from increased postural balance challenge. *Gait & posture*, 79, 229-233.
- [153] **Ricotti, L.** (2011). Static and dynamic balance in young athletes. *Journal of human sport and exercise*, 6(4), 616-628.
- [154] **Razeghi, M. ve Batt, M. E.** (2002). Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait & posture*, 15(3), 282-291.
- [155] **Abboud, R.** (2002). (i) Relevant foot biomechanics. *Current Orthopaedics*, 16(3), 165-179.
- [156] **Al Abdulwahab, S. S. ve Kachanathu, S. J.** (2015). The effect of various degrees of foot posture on standing balance in a healthy adult population. *Somatosensory & motor research*, 32(3), 172-176.
- [157] **Norkin, C.** (2016). Measurement of joint motion: a guide to goniometry. *FA Davis*.
- [158] Günay, H. Serebral palside ortopedik klinik bakı ve testler.
- [159] **Marks, M., Alexander, J., Sutherland, D. ve Chambers, H.** (2003). Clinical utility of the Duncan-Ely test for rectus femoris dysfunction during the swing phase of gait. *Developmental medicine and child neurology*, 45(11), 763-768.
- [160] **Dormans, J. P. ve Pellegrino, L.** (1998). *Caring for Children with Cerebral Palsy: A Team Approach*. ERIC.
- [161] **Ten Berge, S. R., Halbertsma, J. P., Maathuis, P. G., Verheij, N. P., Dijkstra, P. U. ve Maathuis, K. G.** (2007). Reliability of popliteal angle measurement: a study in cerebral palsy patients and healthy controls. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 27(6), 648-652.
- [162] **Wells, K. F. ve Dillon, E. K.** (1952). The sit and reach—a test of back and leg flexibility. *Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 23(1), 115-118.
- [163] **Vicenzino, B., Branjerdporn, M., Teys, P. ve Jordan, K.** (2006). Initial changes in posterior talar glide and dorsiflexion of the ankle after mobilization with movement in individuals with recurrent ankle sprain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(7), 464-471.
- [164] **Bennell, K., Talbot, R., Wajswelner, H., Techovanich, W., Kelly, D. ve Hall, A. J.** (1998). Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Australian Journal of physiotherapy*, 44(3), 175-180.

- [165] **Aydoğdu, O., Özçelik, Y., Güneş, G., Çetin, M., Bakhshkandi, J. H. ve Sarı, Z.** (2024). Pes Planus Düzeyinin Dorsisi ve Plantar Fleksör Kas Kuvveti ile Gastroknemius ve Hamstring Kas Esnekliğine Etkileri. *Istanbul Gelisim University Journal of Health Sciences*, (22), 97-111.
- [166] **Cote, K. P., Brunet, M. E., Gansneder, B. M. ve Shultz, S. J.** (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of athletic training*, 40(1), 41.
- [167] **Marino, M., Nicholas, J. A., Gleim, G. W., Rosenthal, P. ve Nicholas, S. J.** (1982). The efficacy of manual assessment of muscle strength using a new device. *The American journal of sports medicine*, 10(6), 360-364.
- [168] **Thorborg, K., Petersen, J., Magnusson, S. P. ve Hölmich, P.** (2010). Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(3), 493-501.
- [169] **HogganScientific-MuscleTestingPositions-11x17-**. 1987. HogganScientific-MuscleTestingPositions-11x17-. In: U. Salt Lake City, editör.
- [170] **Maulder, P. ve Cronin, J.** (2005). Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical therapy in Sport*, 6(2), 74-82.
- [171] **Şerare, S., Şenel, Ö., Hazar, S. ve Pazarcı, Ö.** (2024). Düşük Arklı Ayak Pes Planus ve Yüksek Arklı Ayak Pes Kavus Ayak Deformitelerine Sahip Bireylerin Anaerobik Egzersiz Performanslarının İncelenmesi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(103), 15-23.
- [172] **de Ruiter, C. J., De Korte, A., Schreven, S. ve De Haan, A.** (2010). Leg dominancy in relation to fast isometric torque production and squat jump height. *European journal of applied physiology*, 108, 247-255.
- [173] **Cachupe, W. J., Shifflett, B., Kahanov, L. ve Wughalter, E. H.** (2001). Reliability of biodex balance system measures. *Measurement in physical education and exercise science*, 5(2), 97-108.
- [174] **Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G. ve Buchner, A.** (2007). G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.
- [175] **Kim, J.-a., Lim, O.-b. ve Yi, C.-h.** (2015). Difference in static and dynamic stability between flexible flatfeet and neutral feet. *Gait & posture*, 41(2), 546-550.
- [176] **Barwick, A., Smith, J. ve Chuter, V.** (2012). The relationship between foot motion and lumbopelvic-hip function: A review of the literature. *The foot*, 22(3), 224-231.

- [177] **Elataar, F. F., Abdelmajeed, S. F., Abdellatif, N. M. ve Mohammed, M. M.** (2020). Core muscles' endurance in flexible flatfeet: A cross-sectional study. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 20(3), 404.
- [178] **Lewis, C. L., Sahrman, S. A. ve Moran, D. W.** (2009). Effect of position and alteration in synergist muscle force contribution on hip forces when performing hip strengthening exercises. *Clinical Biomechanics*, 24(1), 35-42.
- [179] **Zhao, X., Tsujimoto, T., Kim, B. ve Tanaka, K.** (2017). Association of arch height with ankle muscle strength and physical performance in adult men. *Biology of sport*, 34(2), 119-126.
- [180] **Aydog, S., Özçakar, L., Tetik, O., Demirel, H., Hascelik, Z. ve Doral, M.** (2005). Relation between foot arch index and ankle strength in elite gymnasts: a preliminary study. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), e13-e13.
- [181] **Bakırhan, S., Elibol, N., Özkeskin, M. ve Özden, F.** (2021). The relationship between knee-ankle muscle strength and performance tests in young female adults with flexible pes planus. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, 26, 1-7.
- [182] **Banwell, H. A., Paris, M. E., Mackintosh, S. ve Williams, C. M.** (2018). Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. *Journal of foot and ankle research*, 11, 1-13.
- [183] **David, E., Joseph, B., Mohammad, H., Joseph, M. ve Elina, S.** (2020). Correlation of navicular drop to vertical and broad jump measurements in young adults. *J Rehabil Ther*, 2, 1-5.
- [184] **Pişirici, P., Feyzioğlu, Ö., Kaygas, N. ve Mollaibrahimoğlu, Y. S.** (2024). Subtalar joint pronation: Which is the real concern-presence or severity? A cross-sectional study. *Turkish Journal of Kinesiology*, 10(3), 169-177.
- [185] **Tudor, A., Ruzic, L., Sestan, B., Sirola, L. ve Prpić, T.** (2009). Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11 to 15 years. *Pediatrics*, 123(3), e386-e392.
- [186] **Ramani Hardik, A., Shukla, Y. U. ve Gill, M. A.** Correlation of pronated foot posture and vertical jump measurement in adolescent recreational basketball players-An observational study. *International Journal of Science and Healthcare Research*, 9(3), 6-12.
- [187] **Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J. ve Sjöström, M.** (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International journal of obesity*, 32(1), 1-11.
- [188] **Borah, D., Wadhwa, S., Singh, U., Yadav, S. L., Bhattacharjee, M. ve Sindhu, V.** (2007). Age related changes in postural stability. *Indian J Physiol Pharmacol*, 51(4), 395-404.

- [189] **Muehlbauer, T., Besemer, C., Wehrle, A., Gollhofer, A. ve Granacher, U.** (2013). Relationship between strength, balance and mobility in children aged 7–10 years. *Gait & posture*, 37(1), 108-112.
- [190] **Gaerlan, M. G., Alpert, P. T., Cross, C., Louis, M. ve Kowalski, S.** (2012). Postural balance in young adults: the role of visual, vestibular and somatosensory systems. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 24(6), 375-381.
- [191] **Cuisinier, R., Olivier, I., Vaugoyeau, M., Nougier, V. ve Assaiante, C.** (2011). Reweighting of sensory inputs to control quiet standing in children from 7 to 11 and in adults. *PLoS One*, 6(5), e19697.
- [192] **Schärli, A. M., Keller, M., Lorenzetti, S., Murer, K. ve van de Langenberg, R.** (2013). Balancing on a slackline: 8-year-olds vs. adults. *Frontiers in psychology*, 4, 208.
- [193] **Cobb, S. C., Bazett-Jones, D. M., Joshi, M. N., Earl-Boehm, J. E. ve James, C. R.** (2014). The relationship among foot posture, core and lower extremity muscle function, and postural stability. *Journal of athletic training*, 49(2), 173-180.
- [194] **Hyong, I. H. ve Kang, J. H.** (2016). Comparison of dynamic balance ability in healthy university students according to foot shape. *Journal of physical therapy science*, 28(2), 661-664.
- [195] **Lima, Y. L., Ferreira, V. M. L. M., de Paula Lima, P. O., Bezerra, M. A., de Oliveira, R. R. ve Almeida, G. P. L.** (2018). The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 29, 61-69.
- [196] **Dikici, T. F. ve Demirdel, E.** (2023). The relationship between pes planus severity and lower extremity functional performance in young adults. *Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 34(3), 304-312.
- [197] **Yaali, R., Sadeghi, H. ve Koumantakis, G. A.** (2024). The relationship between strength of central muscles, coordination, stability and fundamental movement scores in females with flatfeet: a cross-sectional study.
- [198] **Khramtsov, P. ve Kurganskiĭ, A.** (2009). Functional stability of the vertical posture in children depending on foot arch condition. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, (5), 41-44.
- [199] **Song, J.-Y., Park, S.-H. ve Lee, M.-M.** (2021). The comparison of the difference in Foot pressure, ground reaction force, and balance ability according to the Foot Arch Height in Young adults. *Annals of Applied Sport Science*, 9(2), 0-0.

- [200] **Ruhe, A., Fejer, R. ve Walker, B.** (2010). The test–retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions—a systematic review of the literature. *Gait & posture*, 32(4), 436-445.
- [201] **Horak, F. B.** (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and ageing*, 35(suppl\_2), ii7-ii11.
- [202] **Paillard, T.** (2012). Effects of general and local fatigue on postural control: a review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(1), 162-176.



## **EKLER**

**EK A:** Etik Kurul Onay Formu

**EK B:** Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

**EK C:** Değerlendirme Formu



## EK A

Evrak Tarih ve Sayısı: 14.06.2023-111176



T.C.  
BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Teknoloji Transfer Ofisi  
Etik Kurullar Birimi

Sayı : E-54022451-050.05.04-111176  
Konu : 2023/189 Etik Kurul Kararı

14.06.2023

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Deniz TUNCER  
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölüm Başkanlığı - Doktor Öğretim Üyesi

2023/189 numaralı "İzole Gastroknemius Kas Kısaldığı Olan Çocuklarda Ayak Postürünün, Kas Kuvvetinin, Fonksiyonel Performansın ve Postüral Kontrolün Değerlendirilmesi" başlıklı başvurunuz Üniversitemiz Etik Kurullar Birimi'nin 07.06.2023 tarihli, 11 sayılı Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurul toplantısında değerlendirilmiş olup, mevcudum oy birliğiyle onaylanmasına karar verilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini arz/rica ederim.

Prof.Dr. Hayrettin ÖZTÜRK  
Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik  
Kurulu Başkanı

**Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.**

Doğrulama Kodu :BSC42MNVY4 Pin Kodu :41382 Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5394&eD=BSC42MNVY4&eS=111176>  
Bezmialem Vakıf Üniversitesi Adnan Menderes Bulvarı (Vatan Caddesi)  
Fatih/İstanbul Bilgi için: Zübeyde ÖZDEMİR  
Telefon No:0 (212) 523 22 88 Faks No:0 (212) 533 23 36 Unvan: Sorumlu  
e-Posta:info@bezmialem.edu.tr İnternet Adresi:www.bezmialem.edu.tr



Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

	<b>BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU</b>			
	Doküman Kodu: ÜNV-GOAEK-FRM-002	Yayın Tarihi: 17.09.2019	Revizyon No: 03	Revizyon Tarihi: 01.06.2022
				Sayfa 1 / 3

NOT: BU FORM GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BROŞÜRÜNE GÖRE HAZIRLANMIDIR.

**EBEVEYN ONAM FORMU**

ÇALIŞMANIN ADI:

**İzole gastroknemius kas kısalığı olan çocuklarda ayak postürünün, kas kuvvetinin, fonksiyonel performansın ve postür kontrolünün değerlendirilmesi**

Çocuğunuzun aşağıda bilgileri yer almakta olan bir araştırma çalışmasına katılması istenmektedir. Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size ve çocuğunuza aittir. Katılmak isteyip istemediğimize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını, bilgilerinizin nasıl kullanılacağını, çalışmanın neleri içerdiğini, olası yararları ve risklerini ya da rahatsızlık verebilecek yönlerini anlamamız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız. Eğer çocuğunuzun çalışmaya katılmasına kararı verirsiniz, **Çalışmaya Katılma Onayı Formu**'nu imzalayınız. Çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz. Çalışmaya katıldığımız için size herhangi bir ödeme yapılmayacak ya da sizden herhangi bir maddi katkı/malzeme katkısı istenmeyecektir. Araştırmada kullanılacak tüm malzemeler ve yapılabilecek tüm harcamalar araştırmacı tarafından karşılanacaktır.

**ÇALIŞMANIN KONUSU VE AMACI**

İzole gastroknemius (baldır) kasının kısalığı ayak bileği eklem hareket açısında azalma ve ayak-ayak bileği eklemlerinde düz tabanlılık gibi sorunlara sebep olabilmektedir. Eklemlerdeki açılal değişiklikler vücudun diğer bölümlerini de etkileyen problemlere, duruş bozukluklarına ve kas-iskelet sisteminde sorunlara sebep olduğu gibi fiziksel performans da etkileyebilir. Bu durumun da bireyin yaşam kalitesini olumsuz etkileyebileceğini düşünmekteyiz.

İzole gastroknemius (baldır) kasının kısalığının ayakta ve bacadaki bazı sorunlara sebep olabileceği literatürde bildirilmektedir. İzole gastroknemius (baldır) kasının kısalığı ayak ve ayak bileği hareketleri üzerinde kısıtlılıklara sebep olabileceği için bu durum çocuklarda ayak anatomisinin bozulmasına ve dengede bozulma gibi sorunlara yol açabilmektedir. Literatürde izole gastroknemius kas kısalığı olan çocuklarda ayak duruşunun, kas kuvvetinin, fonksiyonel performansın ve duruş kontrolünün değerlendirildiği herhangi bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Çalışmamızda izole gastroknemius (baldır) kası kısalığı tespit edilen sağlıklı çocuklarda postür kontrolü, alt ekstremite kas kuvvetini, ayak duruşunu ve fonksiyonel performanslarını sağlıklı yaşlıları ile karşılaştırmayı planlamaktayız.

Ayrıca izole gastroknemius (baldır) gerginliği olan çocuklarda, herhangi bir fizyoterapi yaklaşımı da güncel literatürde incelenmemiştir. Yapılacak değerlendirmeler sonucunda elde edeceğimiz bulgular ileride bu çocuklarda fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarını içeren çalışmalara da ışık tutabilecektir.

**ÇALIŞMA İŞLEMLERİ**

Çalışmamıza katılan tüm çocuklara sosyodemografik bilgileri kaydedildikten sonra sonra Bölümümüz Pediatrik ve Kardiyak Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Laboratuvarlarımızda klinik değerlendirmeler yapılacaktır. Bu değerlendirmeler sırasında; bilgisayarlı dinamik posturografi (Biodex Balance System) kullanılarak postür kontrol, hand-held dinamometre kullanılarak alt ekstremite kas kuvveti, Ayak Postür İndeksi (FPI-6) kullanılarak ayak postürü ve tek ayak-çift ayak sıçrama testleri ile fonksiyonel performanslar değerlendirmelerini içerecektir. Değerlendirmeler yalnızca bir kez ve aynı kişi tarafından uygulanacaktır. Tüm demografik bilgilerin alınması ve tüm değerlendirmelerin yapılması yaklaşık 60 dk sürecektir.

**ÇALIŞMADA YER ALMAMAN YARARLARI NELERDİR?**

Çalışmamız ile elde edeceğimiz sonuçlar izole gastroknemius (baldır) kası kısalığı olan çocukların aynı yaşlardaki sağlıklı çocuklara göre biyomekaniksel problemin ayak duruşu, kas kuvveti, fonksiyonel performansları ve duruş kontrolleri üzerinde nasıl bir etkisi olduğunu görmemize olanak sağlayacaktır. Bu konuda araştırmanın olmaması ve literatürde bu konudaki eksikliğe dayanarak çalışmamızın literatüre önemli bir katkısı olacağını düşünmekteyiz. Ayrıca bu çalışmanın

**EK B (devam)**

**EK B (devam)**



 <b>BEZMİALEM</b> VAKIF ÜNİVERSİTESİ 1845	<b>BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU</b>			
	Doküman Kodu: ÜNV-GOAEK-FRM-002	Yayın Tarihi: 17.09.2019	Revizyon No: 03	Revizyon Tarihi: 01.06.2022

<b>Görüşme Tanığı Adı Soyadı</b>		<b>Tarih ve İmza</b>	
<b>Telefon</b>			

<b>Araştırmacı Adı Soyadı</b>		<b>Tarih ve İmza</b>	
<b>Telefon</b>			

## EK C

### SOSYODEMOGRAFİK VE KLİNİK BİLGİ FORMU

#### Sosyodemografik Bilgiler:

Hasto no : Yaş : Cinsiyeti :

Vücut ağırlığı : Boy uzunluğu : BKİ :

Sağlık problemi: var / yok

Var ise;

1)

2)

3)

Telefon no :

Adres :

#### Klinik Değerlendirme:

##### 1) Ayak bileği dorsifleksiyon ölçümü

	Sağ	Sol
Aktif (Diz ext)		
Pasif (Diz ext)		
Aktif (Diz flex)		
Pasif (Diz flex)		

##### 2) Alt ekstremitte kısalık/esneklik ölçümü

	Sağ	Sol
Silfverskiold test		
Popliteal açı testi		
Thomas test		
Duncan-Ely test		

##### 3) Subtalar inversiyon /eversiyon ölçümü

	Sağ	Sol
Eversiyon		
İnversiyon		

##### 4) Weight bearing Lunge Test

	Sağ (cm)	Sol (cm)
Weight bearing Lunge Test		

##### 5) Pes planovalgus değerlendirilmesi

	Sağ	Sol
Navicular drop test		
Feiss çizgisi		

##### 6) Otur-eriş testi

1.tekrar:
2.tekrar:
3.tekrar:

## EK C (devam)

### 7) Ayak postür indeksi

Ayak postür indeksi		Sağ	Sol
1	Talus başının pozisyonu		
2	Supra/inframalleoler eğim		
3	Kalkaneusun frontal düzlemdaki pozisyonu (inversiyon/eversiyon)		
4	Talonaviküler eklemin medial katlantıları (bulging)		
5	Medial arkın gözlenmesi		
6	Ön ayağın arka ayağa göre adduksiyon/abduksiyonu		
<b>Toplam</b>			

Her bir kriter +2 ile -2 puan arasında değerlendirilecektir.

0 ile +5: normal, +6 ile +9 arası pronasyon, +10 ile +12 yüksek pronasyon, -1 ile -4 supinasyon, -5 ile -12 yüksek supinasyon.

### 8) Fonksiyonel performans değerlendirmesi

		1. Tekrar	2. Tekrar
1	Çift ayak yatay sıçrama testi		
2	Tek ayak yatay sıçrama testi		

### 10) Alt ekstremite kas kuvveti ölçümü

	Sağ 1.ölçüm	Sağ 2.ölçüm	Sağ 3.ölçüm	Sol 1.ölçüm	Sol 2.ölçüm	Sol 3.ölçüm
İliopsoas						
Quadriseps femoris						
Hamstringler						
Gluteus maksimus						
Gluteus medius						
Tibialis anterior						
Gastrosoleus						

**EK C (devam)**

**Biodex Denge Sistemi Değerlendirme Formu**

Postural Stability Test Results				
	Actual Score			STD Dev.
Overall Stability Index				
Anterior/Posterior Index				
Medial/Lateral Index				
% Time in Zone	A	B	C	D
% Time in Quadrant	I	II	III	IV

Limits of Stability Test Results		
<i>Time to complete test</i>		
Direction Control	Actual	Goal
Overall		65
Forward		65
Backward		30
Left		65
Right		65
Forward/Left		65
Forward/Right		65
Backward/Left		65
Backward/Right		65

m-CTSIB Test Results								
Condition	Sway Index	Mean						
Eyes Open Firm Surface		+						-
Eyes Closed Firm Surface		+						-
Eyes Open Foam Surface		+						-
Eyes Closed Foam Surface		+						-
Composite Score		+						-

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Fatma EREN ZENGİN

**Doğum Tarihi ve Yeri** :

**E-posta** :

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015-2019, Biruni Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2020-2022 Fizyoterapist, Bağcılar Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi
- 2022-2023 Fizyoterapist, Sevgidil Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi
- 2023-2024 Fizyoterapist, Pediamer Lacivert Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi

### DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Eren F**, Durgut E. Fukosidoz Tanılı Bir Olguda Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Uygulamaları, 5. Uluslararası Haliç Multidisipliner Bilimsel Araştırmalar Kongresi 15-16 Ocak 2023, İstanbul Türkiye
- **Eren F**, Tuncer D. İzole Gastroknemius Kas Kısılığı Olan Çocuklarda El Göz Koordinasyonunun Değerlendirilmesi, Nuh Naci Yazgan Ulusal Sağlık Bilimleri Kongresi, 1-2 Mayıs 2024, Kayseri Türkiye