



**ZİHİNSEL ENGELLİ SPORCULARDA AYAK  
POSTÜRÜNÜN DİNAMİK-STATİK DENGİ ÜZERİNE  
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**İsmail DOĞAN**

**FİZİYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI**

**Tez danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Fatma KIZILAY**

**Yüksek Lisans Tezi - 2023**

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

**ZİHİNSEL ENGELLİ SPORCULARDA AYAK POSTÜRÜNÜN DİNAMİK-  
STATİK DENGİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**İsmail DOĞAN**

**Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Fatma KIZILAY**

**MALATYA  
2023**

**T.C.**

**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**

**Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne**

**ETİK BEYANI**

İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak “Dr. Öğr. Üyesi Fatma KIZILAY” danışmanlığında hazırlayıp sunduğum “Zihinsel Engelli Sporcularda Ayak Postürünün Dinamik-Statik Denge Üzerine Etkisinin İncelenmesi” başlıklı Yüksek Lisans tezim içinde elde ettiğim bulguları, bilgileri, belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tezimde yararlandığım eserlere bilimsel kurallara uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin özgün olduğunu, tezimin çalışma ve yazımında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

...../...../2023

İsmail DOĞAN

# İÇİNDEKİLER

|                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET .....                                                           | vii  |
| ABSTRACT.....                                                        | viii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                 | ix   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                | x    |
| TABLolar DİZİNİ.....                                                 | xi   |
| 1. GİRİŞ .....                                                       | 1    |
| 2. GENEL BİLGİLER .....                                              | 3    |
| 2.1. Engellilik.....                                                 | 3    |
| 2.1.1. Zihinsel Engellilik.....                                      | 3    |
| 2.1.2. Zihinsel Engelliliğin Nedenleri.....                          | 4    |
| 2.1.3. Zihinsel Engelliliğin Sınıflandırılması.....                  | 4    |
| 2.1.4. Zihinsel Engellilik ve Motor Gelişim .....                    | 7    |
| 2.1.5. Zihinsel Engellilerde Denge .....                             | 7    |
| 2.2. Denge Sistemi .....                                             | 8    |
| 2.2.1. Denge Kontrolü.....                                           | 8    |
| 2.2.2. Denge ile İlişkili Üst Merkezler.....                         | 11   |
| 2.2.3. Dengenin Korunumu.....                                        | 12   |
| 2.2.4. Denge ve Biyomekanik Özellikler.....                          | 13   |
| 2.3. Ayağın Yapısı ve Özellikleri .....                              | 14   |
| 2.3.1. Ayak Anatomisi .....                                          | 14   |
| 2.3.2. Ayak Biyomekaniği .....                                       | 19   |
| 2.3.3. Ayak Postürü ve Denge .....                                   | 24   |
| 2.4. Sporcularda Denge.....                                          | 25   |
| 3. MATERYAL VE METOT .....                                           | 27   |
| 3.1. Araştırmanın Yeri ve Zamanı .....                               | 27   |
| 3.2. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi.....                           | 27   |
| 3.3. Araştırmanın Dahil Edilme- Dışlanma- Çıkarılma Kriterleri ..... | 27   |
| 3.4. Etik Kurul Onayı.....                                           | 28   |
| 3.5. Veri Toplama Araçları .....                                     | 28   |
| 3.5.1. Tanımlayıcı Verilerin Toplanması.....                         | 28   |
| 3.5.2. Ayak Postürü Değerlendirmesi .....                            | 29   |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.3. Statik Denge Değerlendirmesi .....                  | 29 |
| 3.5.4. Dinamik Denge Değerlendirmesi .....                 | 30 |
| 3.6. İstatistiksel Analiz.....                             | 31 |
| 4. BULGULAR.....                                           | 33 |
| 4.1. Tanımlayıcı Verilerinin İncelenmesi .....             | 33 |
| 4.2. Sol Ekstremitte Ölçümlerinin İncelenmesi .....        | 35 |
| 4.3. Sağ Ekstremitte Ölçümlerinin İncelenmesi .....        | 38 |
| 5. TARTIŞMA .....                                          | 40 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                  | 45 |
| KAYNAKLAR .....                                            | 46 |
| EKLER.....                                                 | 56 |
| EK-1. Özgeçmiş.....                                        | 56 |
| EK-2. Etik Kurul Onayı.....                                | 57 |
| EK-3. Malatya İl Milli Eğitim Müdürlüğü İzin Belgesi ..... | 58 |
| EK-4. Bilgilendirici Gönüllü Onam Formu .....              | 60 |
| EK-5. Veli Onam Formu .....                                | 63 |
| EK-6. Tanımlayıcı Veri Formu.....                          | 64 |
| EK-7. Ayak Postür İndeksi .....                            | 65 |
| EK-8. Ayak Postür İndeks Kullanım İzni .....               | 66 |

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü akademik bilgi ve deneyimini benden esirgemeyen, bana bir meslektaş gibi yaklaşan birçok konuda örnek alacağım saygı değer hocam Dr. Öğr. Üyesi Fatma KIZILAY'a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteklerini ve bilgilerini esirgemeyen değerli hocalarım Doç Dr. Burcu TALU'ya ve Dr. Öğretim Üyesi Filiz ÖZDEMİR'e,

Ayak Postür İndeksini tezimde kullanmama izin veren Anthony REDMOND'a,

Yoğun geçen tüm yüksek lisans eğitim yıllarımda bana her türlü desteği sağlayan aileme,

Tezime katılmayı kabul eden sporcu ve ailelerine,

Malatya Yeşilyurt Halk Eğitim Müdürlüğü Gedik Özel Yürekler Kurs Merkezi müdürü Mürsel KURT ve kurs merkezinin tüm çalışanlarına çok teşekkür ederim.

## ÖZET

### Zihinsel Engelli Sporcularda Ayak Postürünün Dinamik-Statik Denge Üzerine Etkisinin İncelenmesi

**Amaç:** Araştırmanın amacı zihinsel engelli sporcularda dengenin sağlanması ve sürdürülmesinde önemli bir yapı olan ayak postürünün statik ve dinamik denge üzerine etkisini incelemektir.

**Materyal ve metot:** Araştırma 18-45 yaş arasındaki 27 (16 erkek, 11 kadın) zihinsel engelli sporcu üzerinde yürütülmüştür. Katılımcıların ayak postürleri Ayak Postür İndeksi 6 (API-6) ile, statik dengeleri Flamingo denge testi ile, dinamik dengeleri ise Yıldız denge testi (YDT) ile değerlendirilmiştir. Kategorik verilerin değerlendirilmesi için çapraz tablolar oluşturularak ki-kare analizi yapılmıştır.

**Bulgular:** Sol ayak postür indeks skoru ile sol ekstremiteden elde edilen Flamingo ve Yıldız denge testi ölçüm sonuçları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Sağ ayak postür indeks skoru ile sağ ekstremitte Flamingo denge testi arasında negatif yönde orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Sağ ayak postür indeks skoru ile sağ ekstremitte Yıldız denge testi lateral, posterolateral, posterior ve anteromedial yönlerine ait değerler arasında negatif yönde orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

**Sonuç:** Araştırmamızın sonucunda statik ve dinamik denge ile sol ayak postürü arasında anlamlı bir ilişki bulunmazken sağ ayak postürü ile anlamlı ve negatif bir ilişki bulunmuştur. Sağ ekstremitte için nötral ya da nötrale yakın ayak postürüne sahip zihinsel engelli sporcularda statik ve dinamik denge değerlerinin daha iyi olduğu bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ayak Postürü, Denge, Zihinsel Engelli

## ABSTRACT

### **Investigation of Effect of Foot Posture on Dynamic-Static Balance in Athletes with Intellectual Disability**

**Aim:** The aim of the study is to examine the effect of foot posture, which is an important structure in providing and maintaining balance in mentally disabled athletes, on static and dynamic balance.

**Material and method:** The research was conducted on 27 (16 men, 11 women) mentally retarded athletes between the ages of 18-45. The foot postures of the participants were evaluated with the Foot Posture Index 6 (FPI-6), their static balance was evaluated with the Flamingo balance test, and their dynamic balance was evaluated with the Star Excursion Balance test (SEBT). In order to evaluate the categorical data, chi-square analysis was performed by creating cross tables.

**Results:** No significant correlation was found between the left foot posture index score and the Flamingo and Star Excursion balance test measurement results obtained from the left extremity ( $p>0.05$ ). A moderately statistically significant negative correlation was found between the right foot posture index score and the right extremity Flamingo balance test ( $p<0.05$ ). A moderately statistically significant negative correlation was found between the right foot posture index score and the values of the right extremity Star Excursion balance test lateral, posterolateral, posterior and anteromedial aspects ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** As a result of our research, there was no significant relationship between static and dynamic balance and left foot posture, but a significant and negative relationship was found with right foot posture. It was found that static and dynamic balance values were better in mentally handicapped athletes with neutral or near-neutral foot posture for the right extremity.

**Keywords:** Foot Posture, Balance, Mentally Disabled

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| <b>API-6</b> | : Ayak Postür İndeksi        |
| <b>IQ</b>    | : Zeka Seviyesi              |
| <b>MLA</b>   | : Medial Longitudinal Ark    |
| <b>MR</b>    | : Mental Retardasyon         |
| <b>p</b>     | : İstatistiksel Anlamlılık   |
| <b>r</b>     | : Pearson Korelasyon Analizi |
| <b>SS</b>    | : Standart Sapma             |
| <b>YDT</b>   | : Yıldız Denge Testi         |
| <b>VKİ</b>   | : Vücut Kütle İndeksi        |
| <b>VOR</b>   | : Vestibüloküler Refleks     |
| <b>VSR</b>   | : Vestibulospinal Refleks    |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <b>Şekil No</b>                                                    | <b>Sayfa No</b> |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 2.1. Denge kontrolünün bileşenlerinin modeli .....           | 9               |
| Şekil 2.2. Vestibüler organ .....                                  | 10              |
| Şekil 2.3. Otomatik postüral tepkiler .....                        | 13              |
| Şekil 2.4. Ayak kemikleri .....                                    | 14              |
| Şekil 2.5. Ayağın arkları .....                                    | 18              |
| Şekil 2.6. Ayak bileği ekseninin varyasyonları .....               | 19              |
| Şekil 2.7. Transvers düzlemde subtalar eklemin varyasyonları ..... | 20              |
| Şekil 2.8. Sagital düzlemde subtalar eklemin varyasyonları .....   | 21              |
| Şekil 2.9. Windlass mekanizması .....                              | 22              |
| Şekil 3.1. Katılımcı akış diyagramı .....                          | 28              |
| Şekil 3.2. Ayak postürü değerlendirmesi .....                      | 29              |
| Şekil 3.3. Flamingo denge testi .....                              | 30              |
| Şekil 3.4. Yıldız denge testi .....                                | 31              |
| Şekil 4.1. MR seviyelerine göre dağılım .....                      | 34              |
| Şekil 4.2. Branşlara göre dağılım .....                            | 34              |

## TABLÖLAR DİZİNİ

| <b>Tablo No</b>                                                        | <b>Sayfa No</b> |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Tablo 4.1.</b> Katılımcılara ait tanımlayıcı veriler .....          | 33              |
| <b>Tablo 4.2.</b> Ayak postürü ve denge değerlendirme verileri .....   | 35              |
| <b>Tablo 4.3.</b> Sol ekstremitte değerlendirmelerinin sonuçları ..... | 37              |
| <b>Tablo 4.4.</b> Sağ ekstremitte değerlendirmelerinin sonuçları ..... | 39              |



## 1. GİRİŞ

Zihinsel engellilik, bilişsel fonksiyon ve uyumsal davranıştaki sınırlamalarla karakterize edilen nörogelişimsel eksiklikler kümesi olarak tanımlanmaktadır (1). Zihinsel engelli bireyler bilişsel gelişimlerdeki eksikliklerin yanında ek olarak motor gelişimlerinde de önemli gecikmeler gösterebilmektedirler (2-4). Denge, zihinsel engelli bireylerde en eksik olan motor becerilerden biri olarak belirtilmektedir (2). Dahası denge ile zihinsel işlev arasında en yüksek korelasyona sahip motor yeteneklerden biri olduğu bildirilmiştir (5). Denge sportif hareketlerin organize bir şekilde ortaya konmasında gerekli becerilerin başında gelmektedir. Bu beceriyi etkileyebilecek komponentler de özellikle ayak ile ilişkili olabilmektedir. Dengenin sağlanmasında ve sürdürülmesinde ayak yapısı ve postürü son derece etkili olabilmektedir. Bu bağlamda spor yapan zihinsel engelli bireylerde denge becerisinin geliştirilmesi, iyileştirilmesi düşmelerin, yaralanmaların önlenmesi ve sportif performansın optimize edilmesi için son derece önem arz etmektedir. Zihinsel engelli olan bireylerde azalmış olabilecek denge becerisi bazı biyomekanik problemlerden de etkilenebilir. Ayak denge ile sağlanması ve sürdürülmesinde en çok rol üstlenen organımızdır. Sağlıklı kişilerde yapılan ayak postür analizi ve denge ilişkisi incelemesinde ayak postürünün denge ile ilişkili olabileceği rapor edilmiştir (6).

Spor yapan engeli olmayan kişilerde biyomekanik analizler rutin olarak yapılmakta ve tespit edilen patolojilerin düzeltilmesi yoluna gidilerek muhtemel yaralanmalar azaltılmaya çalışılmaktadır (7). Denge ve biyomekanik analizi inceleyen çalışmaların çoğunlukla sağlıklı kişiler ve engeli olmayan sporcular üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (6,8,9). Oysa engelli bireyler de günümüzde artan oranlarda spora katılmaktadırlar. Engellilerde spor hem sosyalleşme hem genel sağlığın iyileştirilmesi ve korunması için büyük öneme sahiptir. Zihinsel engeli olan bireylerde spor yaşam kalitelerinin artırılması noktasında önemli katkılar sunmaktadır. Bu durumda sporla uğraşan zihinsel engelli bireylerde biyomekanik analizlerin yapılması, vücutta kinetik zincirin denge açısından en önemli organlarından olan ayağın postürünün incelenmesi ve denge becerisine etkisi araştırılmaya muhtaç görünmektedir.

Zihinsel engelli sporcularda ayak postürü gibi biyomekanik özelliklerin incelenmesi ve dinamik-statik denge üzerine etkisinin araştırılması bu bireylerde ortaya çıkabilecek spor yaralanmalarının önüne geçilmesinde büyük öneme sahiptir.

Ulaşılabilen literatürde zihinsel engelli sporcularda ayak postürü ve dinamik statik dengeye etkisini konu edinen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma hem literatürdeki bu eksiklikten yola çıkılarak hem de zihinsel engelli sporcularda yapılan ayak postürü ve dinamik-statik denge incelemesiyle yaralanmaların önüne geçilmesi için stratejilerin belirlenebilmesi, gerekli önlemlerin alınması noktasında farkındalık sağlaması amacıyla planlanmıştır.

#### Hipotezler

H0a: Zihinsel engelli sporcularda ayak postürünün statik denge üzerine etkisi yoktur.

H1a: Zihinsel engelli sporcularda ayak postürünün statik denge üzerine etkisi vardır.

H0b: Zihinsel engelli sporcularda ayak postürünün dinamik denge üzerine etkisi yoktur.

H1b: Zihinsel engelli sporcularda ayak postürünün dinamik denge üzerine etkisi vardır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Engellilik

Engellilik karmaşık, dinamik, çok yönlü ve tartışmalı bir kavramdır (10). Engellilik tıbbi ve sosyal perspektiften bakılarak ayrı ayrı tanımlanmıştır ancak engellilik ne tamamen tıbbi ne de tamamen sosyal bir kavramdır (11). Engelliliğin farklı yönlerini tanımlayan daha dengeli bir bakış açısıyla biyo-psiko-sosyal bir model oluşturulmuştur. Bu modele göre engellilik, birey ve bireyin bağlamsal faktörleri arasındaki etkileşimin olumsuz tüm yönlerini kapsayan genel bir terimi ifade eder (12).

Engelliliğin ölçümü ve sınıflandırılması engelliliğin tanımına ve incelenen yönüne, verilerin toplanma yöntemine, uygulanmasına, amacına ve daha birçok etkene göre değişiklik göstermektedir. Engelliliğin sınıflandırılması çoğu zaman engelliliğin spesifik bir yönünü kullanarak yapılmaktadır (10).

#### 2.1.1. Zihinsel Engellilik

Zekâ; bilgi, öğrenme yeteneği, akıl yürütme ve yeni durumlarla başa çıkma ile eş tutulsa da zihinsel engellilik tanımları genellikle zihinsel sınırlamaların yarattığı uyum sorunlarına atıfta bulunur. Zihinsel engellilik, genel olarak kişisel sorumlulukları dikkate alarak kişinin yaşı için beklenen bağımsızlık düzeyi ile ilişkilendirilerek tanımlanmıştır (13,14)

Amerikan Zihinsel ve Gelişimsel Yetersizlikler Birliği (American Association on Intellectual and Developmental Disabilities), Mental Bozuklukların Teşhis ve İstatistik El Kitabı (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) ve Hastalıkların Uluslararası Sınıflamasının (International Classification of Diseases) yaptıkları zihinsel engellilik tanımları arasında küçük farklılıklar olmakla birlikte genel bakış açıları benzerdir. Buna göre zihinsel engellilik; kavramsal, sosyal ve pratik uyum becerilerine ek olarak hem zihinsel işlevde hem de uyumsal davranışta önemli sınırlamalar olarak tanımlanır (15,16).

Başka bir tanımlamaya göre ise zihinsel engellilik; zekâ, öğrenme, uyum sağlayan davranış ve beceriler gibi bilişsel ve kişisel işlevlerde çeşitli derecelerde bozulmalar ile karakterize edilen bir sendromlar kümesini temsil eder. Zihinsel engellilik yaşamın erken dönemlerinde ortaya çıkar ve kalıcıdır (17).

Dünya nüfusunun yaklaşık olarak %1-3'ünün zihinsel engelli olduğu tahmin edilmektedir (18). Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığının 2021 Temmuz ayı bültenine göre Türkiye'de veri sistemine kayıtlı 2.511.950 engelli bireylerin yaklaşık olarak %17'si zihinsel engellidir (19).

### **2.1.2. Zihinsel Engelliliğin Nedenleri**

Biyolojik kökenli mental retardasyonun (MR) nedenleri arasında genetik ve kromozomal bozukluklar, enfeksiyöz süreçler, toksinler ve kimyasal ajanlar, beslenme ve metabolizma sorunlar, gebelik bozuklukları, gebelik ve doğum komplikasyonları ve çoğu belirlenmemiş olan beyinle ilişkili hastalıklar ve fiziksel travma gösterilmektedir. MR'nin biyolojik nedenleri toplumun tüm katmanlarında görülebilmektedir. Biyolojik temelli 10 zekâ geriliği vakasından yaklaşık 9'u doğum öncesi kökenlidir ve doğumda veya bebeklik döneminde ortaya çıkmaktadır (20).

Psiko-sosyal dezavantaj olarak sınıflandırılan MR'nin spesifik bir etiyolojisi yerine bir faktörler kümesi olduğu gözlemlenmektedir. MR'nin etiyolojik nedenleri arasında çevresel faktörler, sosyal çevre ve yaşam deneyimleri de yer almaktadır. Düşük sosyo-ekonomik statü, sosyal izolasyon, ebeveynlerin dikkat, ilgi ve sevgi eksikliği, iletişim eksikliği gibi çevresel faktörler de MR'nin etiyolojik faktörleri arasında yer almaktadır (20).

Doğuştan gelen potansiyel ve teşvik edici bir çevre, entelektüel büyümenin belirgin belirleyicileridir. Kalıtım veya çevreden hangisi daha düşükse entelektüel gelişimin tavanını belirler (20).

### **2.1.3. Zihinsel Engelliliğin Sınıflandırılması**

Zeka üniter bir özellik değildir, çok sayıda farklı spesifik becerinin temelini oluşturmaktadır. Genel eğilim, tüm bu becerilerin her bireyde benzer düzeyde gelişmesi yönünde olsa da özellikle zihinsel engelli kişilerde büyük farklılıklar olabilmektedir. Örneğin dil becerisi zayıf olan bir zihinsel engelli bireyin 3 boyutlu düşünme becerisi normal bireyden daha iyi olabilir. Bu farklar zihinsel engelliliğin sınıflandırılmasında zorlukları da beraberinde getirmektedir. Entelektüel seviyenin değerlendirilmesi klinik bulgular, adaptif davranış ve psikometrik test performansı da dâhil olmak üzere mevcut olan her türlü bilgiye dayanmalıdır (21).

Aşağıda verilen IQ (intelligence quotient (zekâ seviyesi)) seviyeleri bir rehber olarak verilmiştir ve kültürler arası geçerlilik sorunları göz önüne alındığında katı bir

şekilde uygulanmamalıdır. Aşağıda verilen kategoriler mutlak kesinlikle tanımlanamazlar. IQ, yerel kültürel normların belirlendiği standartlaştırılmış, bireysel olarak uygulanan zekâ testleriyle belirlenmeli ve seçilen test, bireyin işlevsellik düzeyine ve ek özel engel koşullarına uygun olmalıdır. Yine yerel olarak standartlaştırılmış sosyal olgunluk ve uyum ölçekleri mümkünse bireyin günlük yaşamdaki becerilerine aşina olan bir ebeveyn veya bakıcı ile görüşülerek tamamlanmalıdır. Standart prosedürler kullanılmadan, teşhis yalnızca bir tahmin olarak kabul edilmelidir (21).

### **Hafif Mental Retardasyon**

Uygun standartlaştırılmış IQ testleri kullanılıyorsa, 50 ila 69 puan aralığı hafif MR göstergesidir. Dili anlama ve kullanma becerisi değişen derecelerde gecikme eğilimi gösterir. Otizm, diğer gelişimsel bozukluklar, epilepsi, davranış bozuklukları veya fiziksel engellilik gibi ilişkili durumlar değişen oranlarda bulunabilmektedir. Organik bir etiyoloji, bireylerin yalnızca az bir kısmında tanımlanabilmektedir (21).

Hafif düzeyde mental retardasyonu olan insanlar dili biraz gecikmeyle öğrenirler ancak çoğu bireyin konuşma becerisi normal seviyeye ulaşmaktadır. Çoğu bireyin gelişim hızı normalden daha yavaş olsa bile öz bakımda (yemek yeme, yıkanma, giyinme, bağırsak ve mesane kontrolü), pratik beceriler ve ev becerilerinde tam bağımsızlık kazanırlar. Bu bireylerin ana problemleri genellikle akademiktir ve birçoğunun okuma ve yazma konusunda belirli sorunları vardır. Hafif düzeyde mental retardasyonu olan kişilere, becerilerini geliştirmek ve engellerini telafi etmek için tasarlanmış eğitim büyük ölçüde yardımcı olabilir. Bu bireyler pratik yapmayı gerektiren işlerde potansiyel olarak yeteneklidir (14,21).

### **Orta Mental Retardasyon**

Uygun standartlaştırılmış IQ testleri kullanılıyorsa, 35 ila 49 puan aralığı orta MR göstergesidir. Bu gruptaki bireylerin dil gelişim düzeyleri değişkendir. Bazıları basit konuşmalar yapabilir, bazıları sadece temel ihtiyaçlarını karşılayacak kadar konuşur ve bazıları ise hiç konuşamaz. Bu bireylerin bazıları görsel-uzaysal ve sosyal becerilerin yüksek düzeyde gelişmişliği ile farklı yetenek profilleri sergileyebilir. Orta derecede zihinsel engelli kişilerin çoğunda organik bir etiyoloji tespit edilebilir. Epilepsi, nörolojik ve fiziksel engeller de yaygındır (21).

Bu kategorideki bireyler dili anlama ve kullanma konusunda yavaştır ve bu alandaki nihai başarıları sınırlıdır. Öz bakım ve motor becerilerin kazanılması da gecikir ve bazılarının yaşam boyunca gözetime ihtiyacı vardır. Akademik başarıda ilerleme

sınırlıdır ancak bu bireylerin bir kısmı okuma, yazma ve sayma için gereken temel becerileri öğrenebilir. Eğitim programları onlara sınırlı potansiyellerini geliştirmeleri ve bazı temel becerileri kazanmaları için fırsatlar sağlayabilir. Genel olarak, orta düzey mental retardasyonlu insanlar tamamen hareketli ve fiziksel olarak aktiftir ve çoğunluğu temas kurma, başkalarıyla iletişim kurma ve basit sosyal faaliyetlere katılma yetenekleriyle sosyal gelişme gösterir. Bu bireyler bazı basit pratik işleri yapabilir de yetişkinlikte tamamen bağımsız olmaları nadirdir (14,21).

### **Şiddetli Mental Retardasyon**

Uygun standartlaştırılmış IQ testleri kullanılıyorsa, 20 ila 34 puan aralığı şiddetli MR göstergesidir. Bu kategorideki klinik tablo organik bir etiyolojinin varlığı ve ilişkili koşullar açısından orta düzeyde zekâ geriliğine büyük ölçüde benzemektedir. Bu kategorideki çoğu birey, merkezi sinir sisteminde klinik olarak önemli bir hasarın veya kötü gelişimin varlığını gösteren belirgin derecede motor bozukluk veya diğer ilişkili eksikliklerden muzdariptir (14,21).

### **Derin Mental Retardasyon**

Uygun standartlaştırılmış IQ testleri kullanılıyorsa, 20 puanın altı derin MR göstergesidir. Dili anlama ve kullanma becerisi en iyi ihtimalle temel komutları anlamak ve basit isteklerde bulunmakla sınırlıdır. Çoğu durumda organik bir etiyoloji tanımlanabilir. Epilepsi, görme ve işitme bozuklukları, hareketliliği etkileyen ciddi nörolojik veya diğer fiziksel engeller yaygındır. Yaygın gelişimsel bozukluklar özellikle hareketli olanlarda sık görülmektedir (21).

Bu kategorideki bireylerin talimatları veya istekleri anlama ve bunlara uyma yetenekleri ciddi şekilde sınırlıdır. Bu tür bireylerin çoğu hareketsizdir veya hareket kabiliyeti ciddi şekilde kısıtlanmıştır ve sözel olmayan iletişimin yalnızca çok ilkel biçimlerinin çoğunda yeteneklidirler. Kendi temel ihtiyaçlarını karşılama yetenekleri çok azdır veya hiç yoktur ve sürekli yardıma ve denetime ihtiyaç duyarlar (14,21).

### **Diğer Mental Retardasyon**

Bu kategori yalnızca, olağan prosedürler yoluyla zihinsel engelliğin derecesinin değerlendirilmesi zor veya imkânsız hale geldiğinde kullanılmalıdır. Bu kategoride görme-işitme engelli, ciddi davranışsal bozukluğu olan, ilişkili duyuşal veya fiziksel bozuklukları olan bireyler zihinsel yönden değerlendirilemediği için bu kategori oluşturulmuştur (21).

### **Tanımlanmamış Mental Retardasyon**

Mental retardasyona dair kanıtlar var ancak bireyi yukarıdaki kategorilerden birine yerleştirmek için yeterli bilgi mevcut olmadığı durumlarda kullanılmalıdır (21).

#### **2.1.4. Zihinsel Engellilik ve Motor Gelişim**

Mental retardasyondan mustarip çocuklar birçok gelişimsel alanda olduğu gibi motor gelişim alanında da birtakım sorunlar yaşamaktadırlar. Bu bireylerin motor gelişimleri fiziksel olarak gelişme ve büyüme ile bağlantılı olarak değişmektedir. MR'li bireylerde fiziksel büyüme ve gelişmenin yaşitlarına göre gecikmesi genellikle metabolik ve endokrin bozulmalara ve ya genetik mutasyonlara bağlanabilmektedir. Böylesi bir durumda kaba ve ince motor beceriler ile el-göz koordinasyonu dâhil birçok motorik fonksiyonu etkilemektedir. MR'li çocukların sahip olduğu zayıf kasları ve stabil olmayan eklemleri, hayatlarının başlangıcından itibaren motor gelişim basamaklarında gecikmelere sebep olmaktadır (22).

Zihinsel engelli çocuklarda oturma, emekleme ve yürüme gibi en temel motor fonksiyonların bile yaşitlarına kıyasla daha yavaş geliştiği belirtilmektedir (23). Geciken motor gelişim bozukluklarına ek olarak bazı bireylerde fiziksel aktivite düzeyleri de normal gelişim gösteren çocuklara kıyasla daha düşük seyretmektedir (24).

Ayrıca MR'li bireylerin, sosyal yöndeki gelişimlerinde görülen yetersizliklerden ötürü fiziksel aktivitelere katılma konusunda zorlandıkları ya da katılımlarının daha az olduğu için motor performanslarını olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir (25).

#### **2.1.5. Zihinsel Engellilerde Denge**

Zihinsel engelli bireylerin motor gelişimindeki sorunlardan biri de bu bireylerin akranlarına oranla daha zayıf denge ve postüral kontrol mekanizmalarına sahip olmalarıdır (26,27). Zihinsel engelli bireylerin dengesindeki bu eksikliği açıklamak için iki mekanizma önerilmiştir: motor işlevi de etkileyen bilişsel gelişimdeki gecikme ve daha düşük fiziksel kapasiteye ve işlevselliğe yol açan hareketsiz bir yaşam tarzı (28). Dengeyi sağlamada yetersizlik kadar fazlaysa zihinsel engelli bireylerin düşme ve düşmeye bağlı yaralanma riski o kadar fazladır. Denge zayıflıkları, zihinsel engelli gençlerin fiziksel aktiviteye katılma isteğini ve kendilerini yeterli hissetmesini azaltarak diğer sorunlara da katkıda bulunabilir. Bu nedenle, zihinsel engelli bireylerin dengesinin iyileştirilmesi düşmeleri önlenmek ve muhtemel fiziksel aktiviteye katılımını artırmak için kritiktir (29).

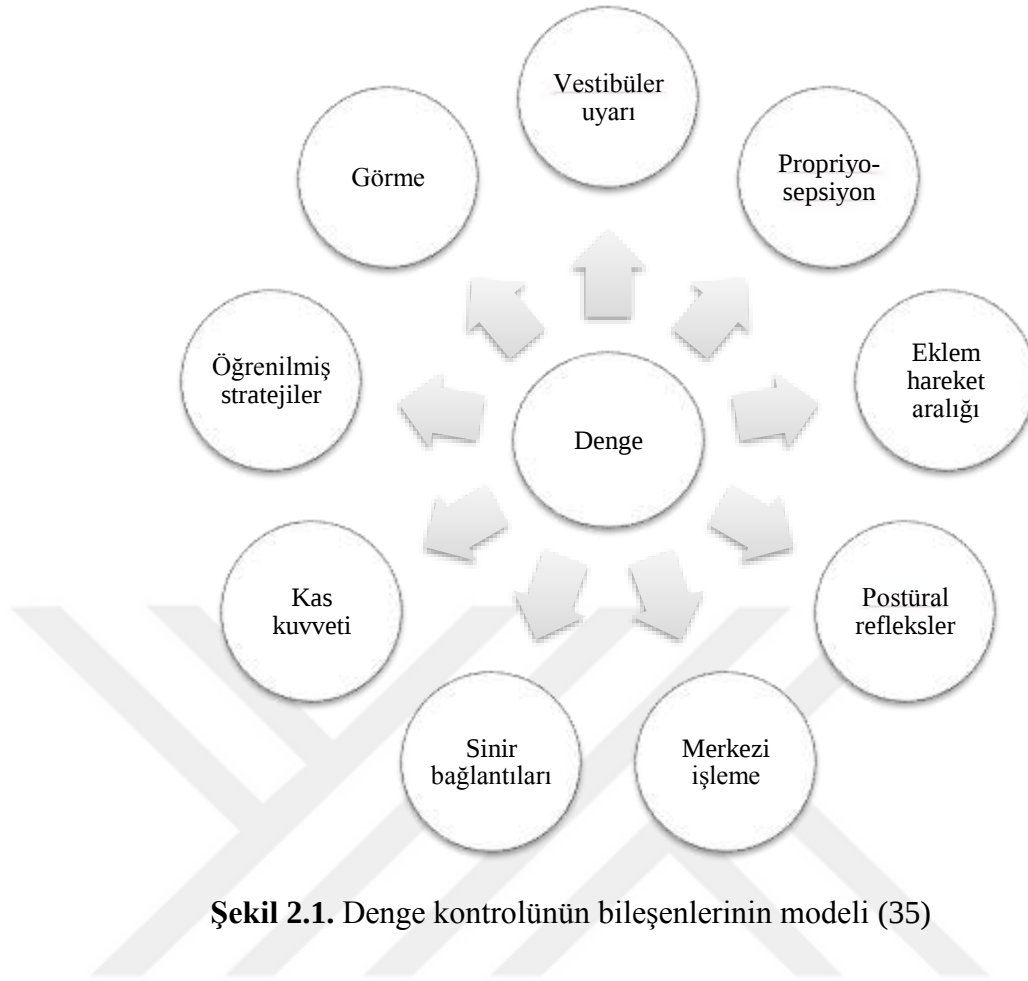
## **2.2. Denge Sistemi**

Denge statik olarak minimum bir hareket ile kütle merkezini destek yüzeyinde tutma becerisi ve dinamik olarak ise sabit bir pozisyonu korurken herhangi diğer bir görevi yerine getirme becerisi olarak tanımlanabilir (30). İnsanlar temelde küçük bir destek yüzeyi üzerinde dengede kalmaya çalışmaktadırlar. Bazı hareketleri bipedal pozisyonda, bazı hareketleri ünipedal pozisyonda (yürümenin bazı fazları) ve bazı hareketleri ise ayağımız yere temas etmeden (koşmanın bazı fazları) yaptığımız için denge sistemimize büyük bir sorumluluk yükleriz. İnsan vücudunun ağırlık merkezi yerden görece yüksekte bulunduğundan doğası gereği kararsız bir sisteme sahiptir (31).

Denge statik ve dinamik denge olmak üzere iki alt başlık şeklinde incelenmektedir. Statik denge; hareket etmeksizin ayakta duruş sırasında ortaya çıkan postüral salınımların kontrol edilebilmesi olarak tanımlanmaktadır. Statik dengenin korunabilmesi için vücudun ağırlık merkezi ikinci sakral vertebra hizasından geçmeli ve destek yüzeyi içinde kalmalıdır. Dinamik denge ise hareket esnasında oluşan denge bozulmalarına uygun yanıtların verilebilmesi olarak tanımlanmaktadır (32).

### **2.2.1. Denge Kontrolü**

Dik duruşun sağlanması ve aktiviteler esnasında bu duruşun sürdürülmesi için oldukça karmaşık nöromüsküler mekanizmalara ihtiyaç duyulmaktadır (33). Dengenin korunumu için proprioseptif, görsel ve vestibüler gibi çeşitli duyuşsal kaynaklardan vücudun yönelimi ve hareketleri ile ilgili bilgiler alınmaktadır. Elde edilen bu bilgilerle vücudun kütle merkezini destek yüzeyinde tutmak için uygun bir motor tepki üretilmektedir. Duyuşsal veriler, merkezi sinir sisteminde işlenir ve retiküler formasyon, ekstrapiramidal sistem, serebellum ve korteksden çıkan uyarılar ile düzenlenir (34).



**Şekil 2.1.** Denge kontrolünün bileşenlerinin modeli (35)

### **Propriyoseptif Sistem**

Propriyoseptif sistem vücut segmentlerinin pozisyonlarına ve hızlarına, diğer nesneler ile temaslarına ve yer çekimi kuvvetinin yönüne duyarlı reseptörlerden meydana gelmektedir. Propriyoseptif sistem eklem ve çevre yapılarıdaki reseptörler aracılığı ile ekstremiteler ve vücut bölümlerinin lokalizasyonu hakkında bilgiler vermektedir. Kas, ligament, tendon, eklem kapsülü ve deri gibi yapılarda bulunan propriyoseptif reseptörlerden alınan bilgi dengenin korunmasında ve sağlanmasında katkıda bulunmaktadır (36,37).

### **Vizüel Sistem**

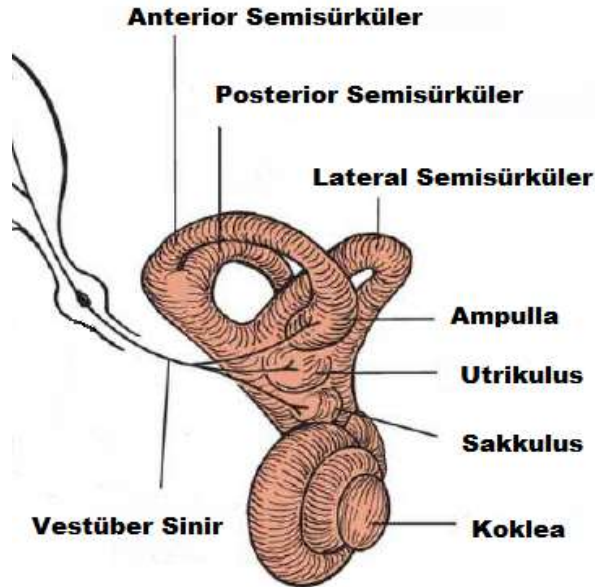
Görme sistemi çevremizdeki nesneler hakkında bilgi verdiği gibi vücudun çevreye göre konumu hakkında da bilgiler vererek dengenin korunmasına yardımcı olmaktadır (37). Görsel sistemin 3 bileşeni bulunmaktadır: merkezi sistem, çevresel sistem ve retinal kayma. Merkezi sistem, çevredeki nesnelerin ve onların hareketine duyarlıyken çevresel sistem ise vücudun hareketinde ve postüral kontrolde etkili olduğu düşünülmektedir. Retinal kayma kişinin hareketinin ve yer değiştirmesinin algılanması ile ilgilidir ve dengenin korunması için geribildirim olarak kullanılmaktadır (38).

Retinada yer alan ışığa karşı duyarlı olan çubuk ve koni hücrelerin beyne ilettiği veriler sayesinde çevrenin, vücudun ve vücudun çevreye göre konumu saptanıp dengenin sağlanmasına olanak tanır. Ayrıca bu sistem çevredeki nesneleri referans olarak vertikalliğe katkıda bulunmaktadır (36,39).

### **Vestibüler Sistem**

Vestibüler sistem diğer sistemlerden daha farklı ve özelleşmiş bir yapıdadır. Bu sistem diğer sistemlerle etkileşime girerek dengenin sağlanmasında katkıda bulunur (40). Vestibüler sistem, vestibüler çekirdek ve vestibüler organ ile medulla oblongata arasındaki yollardan meydana gelmektedir. Vestibüler organ ise kulak içerisinde yer almakla beraber utrikulus, sakkulus ve semisirküler adında 3 kanaldan oluşmaktadır (36).

Utrikulus ve sakkulus otolitik organ olarak tanımlanmaktadır. Otolitik organlar başın lineer hareketlerine duyarlıdır ve statik dengenin sağlanmasında görev alırlar. Postüral salınımlarda meydana gelen değişimler esnasında başın vücuda göre pozisyonlanmasında görev alırlar. Yarım daire kanalları açısal ivmeölçerler olarak işlev görmektedirler. Başın her iki tarafında birbirine dik açılarda konumlanmışlardır. İki tarafta bulunan semisirküler kanallar birbirleri ile koordineli olarak çalışarak dinamik dengenin sağlanmasında görev alırlar (41).



**Şekil 2.2.** Vestibüler organ (37)

### **2.2.2. Denge ile İlişkili Üst Merkezler**

#### **Medulla Spinalis ve Beyin Sapı**

Tek başına medulla spinalis organize denge yanıtları üretmede yetersiz kalmaktadır ancak basit düzeyde bir denge, lokal reflekslerle ve kas-eklem gibi yapıların doğal sertliği ile sağlanabilmektedir (42). Postüral dengeyi stabilize etmek için temel reaksiyonlar muhtemelen sinir sisteminin daha yüksek seviyelerinde bulunur (43).

Medulla oblongata ve pontaki vestibüler nükleer kompleks, postüral oryantasyon ve dengenin kontrolü için önemli olan vestibüler, somatosensoriyel ve görsel bilgilerin entegrasyonunu sağlayan bir merkezdir (44). Bu bölgeden gelen vestibülospinal yollar ve komşu retiküler formasyondan gelen retikülospinal yollar boyun ve ekstremiteler kaslarını etkileyen hem motor nöronlar hem de internöronlar üzerinde sonlanmaktadır. Bu yolların ve beyin sapından inen diğer yolların postüral oryantasyon ve denge üzerinde etkileri bulunmaktadır. Fakat ne ölçüde etkileyip dengeyi ne kadar şekillendirdiği tam olarak bilinmemektedir (43).

#### **Bazal Gangliyon**

Bazal gangliyonlar tonik kas aktivitesinin düzenlenmesi, motor paternlerin durumlara adaptasyonu, postüral hizalanma ve denge tepkileri için yeterli kuvvetin üretilmesi gibi postüral oryantasyon ve denge için kritik olan sensorimotor entegrasyonun birçok yönüne katılır (43).

#### **Serebellum**

Serebellumun postüral kontrol için kritik olduğu ve denge kontrolünde birkaç farklı rol oynadığı düşünülmektedir. Serebellumun farklı bölgelerindeki lezyonlar postüral kontrol üzerinde çok farklı etkiler yaratmaktadır (45). Bu etkiler ağırlıklı olarak denge, duruş ve koordinasyon eksiklikleri ya da kusurları şeklinde olmaktadır. Ayrıca serebellumun motor öğrenmedeki rolüne paralel olarak otomatik olarak tetiklenen postüral reaksiyonlar, dengenin sağlanmasına ve sürdürülmesine katkı sağlar (43).

#### **Serebral Korteks**

Serebral korteksin motor alanları istemli hareketin hazırlığında yer alır. Bir hareketin detaylandırılması ve eşlik eden postüral ayarlamalar motor korteks seviyesinde entegre edilebildiğinden istemli harekete eşlik eden beklenen postüral ayarlamalar denge sistemine katkı sağlayabilir (43).

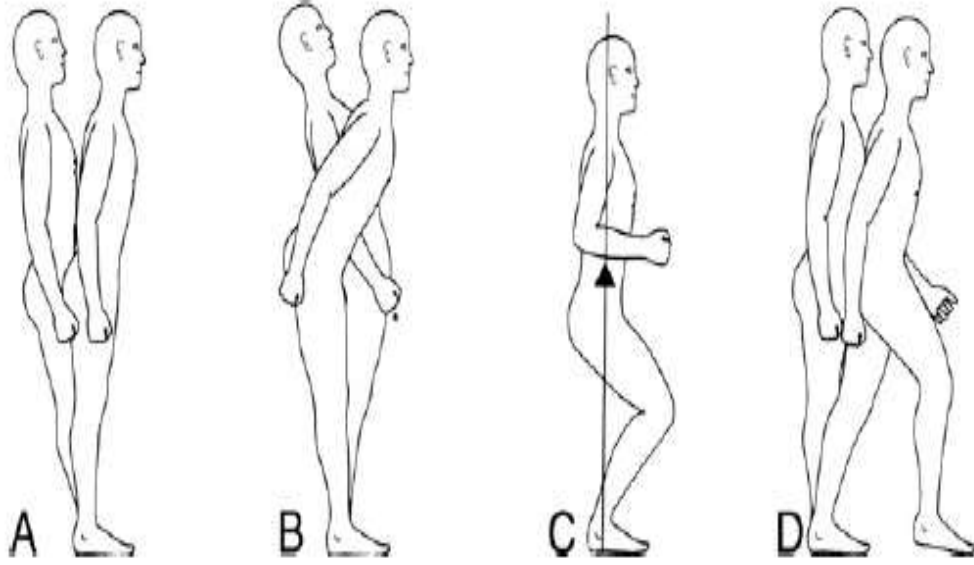
### 2.2.3. Dengenin Korunumu

Oryantasyon ve dengeyi sürdürmek için yapılan postüral ayarlamalar, karmaşık sensorimotor organizasyonun kontrolündeki nöral stratejilerden sağlanır. Bu organizasyonlar, eklem stabilitesini sağlayacak kassal ve nöral mekanizmalar ile gövde ve baş hizalaması gibi kontrolleri içerir. Dengenin kontrolü, beklenmeyen bozulmalara otomatik tepkilerin yanı sıra istemli hareketlere eşlik eden beklenen postüral ayarlamaları da içermektedir. Postüral koordinasyon hızlı ve otomatik yollarla gerçekleşse de önceki deneyim, uygulama, talimat ve uzun süreli eğitimden önemli ölçüde etkilenebilir (43).

Vestibülöküler refleks (VOR) ve vestibulospinal refleks (VSR) gözlerin, başın ve vücudun kendine ve çevreye oryantasyonuna katkıda bulunur. VOR, göz ve baş hareketlerinin koordinasyonunu sağlar. Baş hareket ederken gözler bir nesneye sabitlendiğinde VOR, bakış stabilizasyonunu desteklemektedir. VSR, hareketi kontrol etmeye ve vücudu stabilize etmeye yardımcı olur. VSR baş hareket ettiğinde vücudun stabilitesine izin verir ve dik duruşlarda gövdenin ekstremiteler üzerindeki koordinasyonu için önemlidir. Düzeltme reaksiyonları başın gövdeye göre oryantasyonunu ve yerçekimine göre başın konumunu desteklemektedir (46).

Otomatik postüral tepkiler ağırlık merkezini destek tabanı üzerinde tutmak için çalışır. Bunlar vücudu bir denge durumunda tutmak için harekete geçen işlevsel olarak organize edilmiş uzun döngülü tepkiler dizisidir (47). Otomatik tepkiler her zaman beklenmedik bir uyarana tepki olarak ortaya çıkar ve tipik olarak somatosensoriyel girdiler tarafından tetiklenir. Ayrıca bu tepkiler uyarın ne kadar büyükse o kadar büyüktür. Dört otomatik postüral tepki tanımlanmıştır: ayak bileği, kalça, çömelme ve adımlama stratejisi. Ayak bileği stratejisi, ayak bilekleri ve ayaklardan postüral salınımı kontrol etmektedir. Ayak bileği stratejisinde vücut ayakların üzerinde bir bütün olarak hareket eder. Bu strateji sallanmanın küçük, yavaş ve orta hatta yakın olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Kalça stratejisi, pelvis ve gövdeden postüral salınım kontrolünü içerir. Baş ve kalçalar zıt yönlerde hareket eder ve vücut segmenti hareketleri birbirini dengeler. Bu strateji, sallanmanın büyük, hızlı ve stabilite sınırına yaklaştığı veya adımlamanın olanaksız olduğu durumlarda gözlemlenir. Çömelme stratejisi, iki taraflı alt ekstremitte fleksiyonu ile ağırlık merkezinin destek tabanına doğru indirilmesini içermektedir. Bu strateji sayesinde ağırlık merkezi ile destek tabanı arasındaki mesafe azalarak postüral dengeyi kontrol etme görevi kolaylaştırılmış olur.

Adım atma stratejisi, ağırlık merkezini orijinal destek tabanını aştığında yeni bir destek tabanı oluşturmak amacıyla yapılan adımları içerir. Başarılı bir adım atma stratejisi, bir kayma veya takılmadan sonra düşmeyi önlemenin en iyi yoludur (48,49).



A, Ayak bileği stratejisi B, Kalça stratejisi C, Çömelme stratejisi D, Adım alma stratejisi

### Şekil 2.3. Otomatik postüral tepkiler (49)

İstemli postüral hareketler, basit ağırlık merkezi değişimlerinden patencilerin ve jimnastikçilerin yaptığı gibi karmaşık denge becerilerine kadar değişebilir. Otomatik postüral tepkiler dengenin sürekli bilinçsiz kontrolüne izin verirken, istemli postüral hareketler bilinçli aktiviteye izin verir. Bu postüral motor kontrol seviyesi klinik uygulamada en sık test edilen ve tedavi edilen seviyedir ancak normal dengeyi sağlamak için tek başına yeterli değildir (48).

#### 2.2.4. Denge ve Biyomekanik Özellikler

Genel olarak ortopedik problemler, kuvvet, eklem hareket açıklığı, duruş ve dayanıklılıktaki eksiklikler denge yetenekleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Normal denge hareketlerinin tamamının yürütülmesi için ayakların, ayak bileklerinin, dizlerin, kalçaların, sırtın, boynun normal eklem hareket açıklığı yeterli olmalıdır. Denge, kuvvet kaybından doğrudan etkilenmektedir ve eklem hareket açıklığındaki kısıtlılıklar denge yeteneklerini sınırlamaktadır. Uzanma, eğilme ve kaldırma gibi dinamik denge aktivitelerine izin vermek ve normal postüral salınımı sağlamak için yeterli kuvvet gereklidir (48).

Duruş sırasında vücuda etki eden kuvvetler, yerçekiminden kaynaklanan kuvvet ve destek yüzeyi tarafından uygulanan kuvvetten oluşmaktadır. Sabit duran insanda bu ikinci kuvvet ayakların altındaki zeminin tepki kuvveti olarak bilinmektedir. Serbest duruşta vücudun destek yüzeyinin tabanı, topuklar ve ayak parmaklarıyla sınırlı olan bir dörtgendir. İnsan vücudu nispeten kararsızdır çünkü desteğin tabanı küçüktür ve ağırlık merkezi yüksektedir (43).

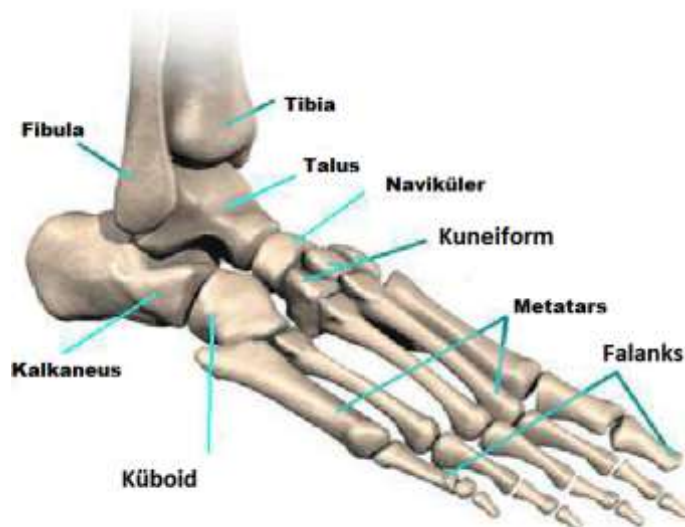
### 2.3. Ayağın Yapısı ve Özellikleri

İnsan iskeletinin en önemli ve en kompleks bölümlerinden biri olan ayak, karmaşık bir biyomekaniğe sahiptir. Ayaktaki kemiklerin, kemikleri birbirine bağlayan ligamentlerin, kemiklerin hareketi kontrol eden kasların ve kemikler ve kaslar arasındaki bağlantıyı sağlayan tendonların işleyişlerini ve arasındaki ilişkileri anlamak ayak biyomekaniğini anlamamız açısından büyük önem taşımaktadır (50).

#### 2.3.1. Ayak Anatomisi

##### Kemik Yapısı

Tibia ve fibulaya ek olarak her bir ayakta 26 kemik bulunur ve bu kemikler ayakta bir dizi ark oluşturacak şekilde yapılanmaktadır. Bu 26 kemiğin 7 tanesi tarsal (kalkaneus, talus, naviküler, küboid ve kuneiformlar), 5 tanesi metatars ve 14 tanesi de falankstan oluşmaktadır (51,52). Ayak genellikle üç bölüme ayrılır. Arka ayak bölümü kalkaneus ve talustan, orta ayak bölümü naviküler, küboid ve üç kuneiformdan oluşur. Ön ayak bölümü ise 5 metatars ve 14 falankstan oluşmaktadır (53).



Şekil 2.4. Ayak kemikleri (50)

## **Eklemler**

Ayak ve ayak bileği, 28 kemikten ve toplam 34 eklemden oluşmaktadır. Hepsi ayağın işlevinde bir rol oynasa da birkaçının rolü daha önemlidir. Tibia ve fibula talusun gövdesi ile eklemleşerek ayak bileği eklemi oluşturur ve bu eklem eğimli bir menteşe eklemi olarak kabul edilmektedir. Subtalar eklem, talus ve kalkaneus arasında oluşan ve iki veya üç eklem yüzeyinden oluşan bir eklemdir. Enine tarsal eklem (Chopart eklemi), arka ayak ile orta ayağın kesişiminde yer alır ve iki tarsal eklemden oluşur. Bu eklemlerden ilki, bilye ve yuva şeklinde eklem olan talonaviküler eklemdir. İkincisi düzlem tipli eklem olan kalkaneoküboid eklemdir. Tarsometatarsal eklemler (Lisfranc) orta ayağın distal sınırını oluşturmaktadır. Bu eklemlerin tümü düzlemsel tipli eklemlerdir ve aynı yönde nispeten hizalıdır. Bu eklem üç kuneiform ve küboid kemiklerinin 5 metatars kemik ile eklemleşmesiyle oluşmaktadır. Beş metatarsofalangeal eklem vardır. Bu eklemlerin tümü sıg bilyeli ve soketli eklemlerdir. Menteşe tipi eklem olan dokuz interfalangeal eklem vardır. İlk parmakta sadece bir interfalangeal eklem bulunurken diğer parmaklar iki interfalangeal eklem bulunmaktadır (52,53).

Özel olarak yapılanmamış diğer eklemler orta ayakta bulunur ve her bir kuneiform arasındaki geniş düz yüzeyler ve bunların küboid ve naviküler kemiklerle temas ettiği yüzeylerdir. Bu eklemler tipik olarak orta ayağa hareket sağlamaz ancak ağırlık taşıma kuvvetleri ön ayaktan arka ayağa iletildiği için amortisör veya enerji dağıtma noktaları olarak hizmet eder (53).

## **Ligamentler**

Ligamentler kemikleri birbirine bağlayan ve eklemlerin izin verdiği hareketi yapmaya yardımcı olan yumuşak doku yapılarıdır. Bu ligamanlar liflerin kalınlığına ve yönüne bağlı olarak, ayağa önemli ölçüde şok emilimi sağlayan oldukça organize kolajen liflerinden oluşmaktadırlar. Ayak ve ayak bileği kompleksi iskelet yapısına stabilite sağlamak için 112 tane bağa sahiptir. Hepsi ayağa bir miktar stabilite sağlamada rol oynasa da bazı ligamentlerin önemi daha kritiktir (53).

Ayak bileğinde talusun, tibia ve fibula tarafından oluşturulan yarıktaki stabilize edilmesini sağlamak amacıyla kollateral, ön ve arka ligament yapıları bulunmaktadır. Bu bağlantı noktası, vücudun ağırlığının ayağa doğru bir şekilde aktarılmasında ve ayağın zemin tepki kuvvetini alt ekstremiteye aktarmasında çok önemlidir. Kollateral ligamentler medial ve lateral malleollere ve sırasıyla talus ve kalkaneusa tutunmak üzere uzanır. Medial tarafta ön talotibial bağ, arka talotibial bağ ve deltoid bağ

bulunmaktadır. Lateral tarafta ise ön talofibular bağ, arka talofibular bağ ve kalkaneofibular bağ bulunur. Ayak bileğinin medial ve lateralinde yer alan bu ligamanlar mediolateral stabilite sağlarlar ve dizilişleri nedeniyle sagittal düzlemde de harekete sınırlar sağlarlar. Ayak bileğinin ön yüzeyinde tibiayı talusa bağlayan ön bağ bulunur. Ayak bileğinin arka yüzeyinde ise Y şeklinde olan ve fibula ile tibiayı talusa bağlayan arka bağ bulunur. İnterosseus talokalkaneal ligaman subtalar eklemlerle ilişkili olan bağlardan biridir. Talus ve kalkaneus arasında yer alır ve intrinsik bağlardan biri olarak kabul edilmektedir (52,53). Subtalar eklemi doğrudan destekleyen bağların sayısı konusunda literatürde bazı tutarsızlıklar vardır. Bu eklemde ligamentöz desteğini daha iyi anlamak için yapılan çalışmalar devam etmektedir (54,55).

Küboid kemiği navikulaya bağlayan bağlar ve kalkaneus ile talusu navikula ve küboide bağlayan bağlar transvers tarsal eklemlerin stabilize edilmesinde esastır. Naviküler ve küboid arasındaki eklem, üç güçlü bağ ile birbirine bağlanan iki düz yüzeyden oluşmaktadır. Bu bağlar lateral dorsal bağ, medial plantar bağ ve interosseöz bağdır. Arka ayak ve orta ayağı birleştiren 5 tane bağ bulunur. Bu bağlar arka ayak ve orta ayak arasındaki stabilitede önemli rol oynamaktadır. Bu bağlardan üçü, ayağın önemli arklarının desteklenmesinde önemli bir rol oynar. Bunlar kalkaneonaviküler bağ, çatallı (bifurcate) bağ ve plantar kalkaneoküboid bağdır. Yay bağı olarak da bilinen kalkaneonaviküler bağ, navikula ile kalkaneus arasındaki plantar boşluğu kaplayarak talus için destekleyici bir askı görevi görür. Bu bağ medial longitudinal arkın (MLA) ana stabilizatörlerindendir. Kalkaneusa ve naviküler kemiğe yapışması statik pronasyon miktarını sınırlar. Çatallı bağ transvers arkın kilit taşı olarak tanımlanmıştır. Bu bağın bir ucu kalkaneusta diğer iki ucu ise küboid ve navikulaya uzanmaktadır (52,53).

Plantar kalkaneoküboid bağ ayağın lateral arkının desteklenmesinde önemli bir rol oynar. Tarsometatarsal eklemlerde dorsal ve plantar yüzeyde orta ayak bölgesine stabilite sağlayan bir dizi bağ bulunur. Tarsometatarsal eklemlere önemli desteği sebebiyle bu gruptan ayrılan bir bağ, Lisfranc bağıdır. Lisfranc ligamenti, medial kuneiformun lateral yüzünü ikinci metatars tabanının plantar medial yüzeyine bağlar (53,56).

### **Kaslar**

Ayağa etki eden alt ekstremité kasları iki amaca hizmet etmektedir. Bir amacı kullanım sırasında ayağın pozisyonunu değiştirecek kuvveti sağlamaktır. Diğer amacı ise ağırlık taşıma enerjisi için bir amortisör görevi görmektir. Bu rolde ayakdaki bağlar

için koruyucu görevi görürler ve hareketleriyle uzun süreli gerilmeyi veya aşırı gerilmeyi önlerler (53).

Ayak ve ayak bileği üzerine etkisi olan 34 kas vardır. Bu kaslardan 13 tanesi ekstremsik, 21 tanesi de intrinsiktir. Alt ekstremitede yer alan ve ayak bileği, ayak ve ayak parmak hareketlerini etkileyen kaslar 3 kompartımanda incelenmektedir: anterior kompartıman, lateral kompartıman ve posterior kompartıman (53).

- Anterior kompartıman: tibialis anterior, ekstansör hallucis longus, ekstansör digitorum longus, peroneus tertius
- Lateral kompartıman: peroneus longus, peroneus brevis
- Posterior kompartıman: fleksör hallucis longus'un derin kısmı, fleksör digitorum longus ve posterior tibialis; gastroknemius, soleus, plantarisin yüzeysel kısmı

Plantar kaslar 4 katman halinde bulunur.

- İlk katmanda abdöktör hallucis, fleksör digitorum brevis, abdöktör digiti minimi ve peroneus brevis yer almaktadır.
- 2. katmanda fleksör accessories, fleksör digitorum, hallucis longus ve lumbrikaller yer almaktadır.
- 3. katmanda fleksör hallucis brevis, addöktör hallucis, fleksör digiti minimi brevis ve tibialis posterior yer almaktadır.
- 4. ve son katmanda ise plantar interossei ve dorsal interossei yer almaktadır.

Peroneus longus kası ise lateralde yüzeysel plantara, medialde derin plantara kadar tüm katmanlar boyunca uzanmaktadır (52,53).

Dorsal kaslar 2 katman halinde bulunur. Yüzeysel katmanda tibialis anterior, ekstansör hallucis longus, ekstansör digitorum longus ve peroneus tertius; derin katmanda ise ekstansör hallucis brevis ve ekstansör digitorum brevis yer almaktadır. Ön ayakta yer alan uzun ve kısa parmak ekstansörler tek kat halinde sıralanmaktadır (52).

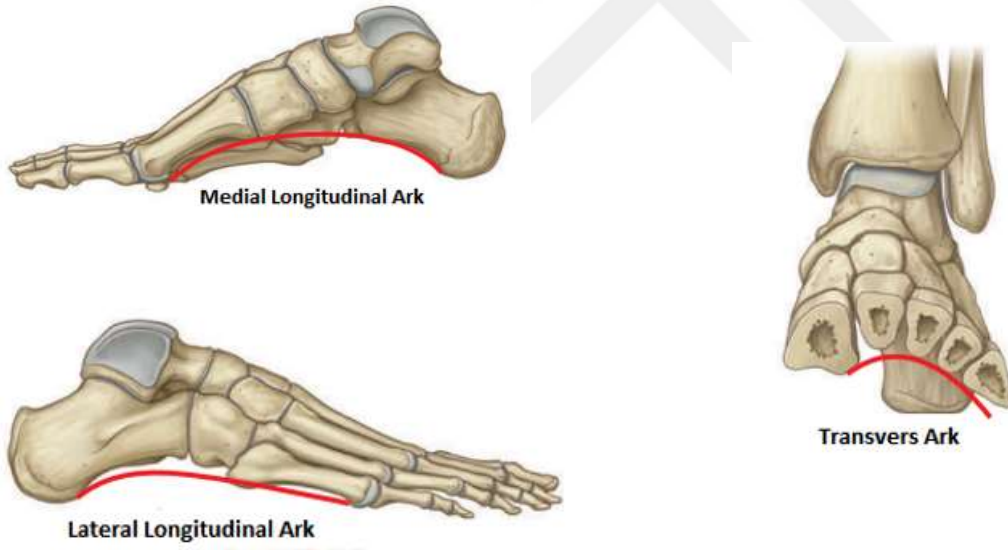
Ayak yapısındaki fasya kompartımanlara bölünmüş şekilde bulunur. Plantar fasya 4 bölümden dorsal fasya ise 2 bölümden oluşmaktadır. Plantar kompartımanlar medial, merkezi, yanal ve interosseöz kompartımanlar şeklinde adlandırılmaktadır. Dorsal kompartımanlar ise yüzeysel ve derin kompartımanlar şeklinde adlandırılmaktadır (52).

### **Arklar**

Tarsal ve metatarsal kemikler birlikte ayaktaki arkları oluşturmaktadır. Bu arklar esnektir ve ayağa ağırlık verildiğinde tepki verirler. Transvers ve longitudinal ark

vardır. Transvers ark küboid, kuneiform ve metatarslardan oluşur. Longitudinal ark medial ve lateral olarak ikiye ayrılabilir. Medial ark en önemlisidir ve tüm yönleriyle ilgili birçok araştırmaya konu olmuştur. Kalkaneus, talus, naviküler, kuneiform ve ilk üç metatars tarafından oluşturulur. Lateral ark sığdır ve kalkaneus, küboid ve dördüncü ve beşinci metatarslardan oluşur (52,53).

Bu kavislerin oluşumu vücut ağırlığının en az anatomik yapı ile desteklenmesini sağlar (51). Ayrıca ayağın plantar kısmındaki sinirler ve damar için koruma sağlar. Bu kemerleri oluşturan kemikler, plantar fasya, uzun ve kısa plantar ligamanların ve plantar kalkaneonaviküler ligamanın etkisi ile pasif olarak desteklenmektedir (57). Kapandji normal medial longitudinal arkın, arkın temel taşı olan navikulanın zeminden yüksekliğinin 15 ila 18 mm arasında olduğunu, lateral longitudinal arkın ise yerden 3 ila 5 mm yüksekte olduğunu bildirmiştir. Normal bir transvers ark içinde, sagittal düzlemde metatars ile zemin arasında oluşan açının 18 ila 25 derece kadar olduğunu bildirmiştir (56).



Şekil 2.5. Ayağın arkları (58)

### Diğer Yapılar

Ayak 4 sinir tarafından innerve edilmektedir: tibial sinir, derin peroneal sinir, yüzeysel peroneal sinir ve sural sinir. Tibial sinir tarsal tünel seviyesinde medial kalkaneal, medial ve lateral plantar dallarına ayrılır. Ayağı besleyen 3 ana arter bulunur: posterior tibial arter, peroneal arter ve anterior tibial arter (52,59).

Ayaktaki dokular arasındaki sürtünmenin azaltılmasına yardımcı olan bazı bursalar bulunmaktadır. Ekstansör digitorum brevis kası ile 2. kuneiform ve metatars tabanları arasında, ekstansör hallucis longus tendonu ile 1. kuneiform ve metatars tabanları arasında, abdükör digiti minimi kası ile 5. Metatarsın tüberositesi arasında, metatars başları arasında ve 1. metatars başının medialinde bursalar mevcuttur (52,59).

### 2.3.2. Ayak Biyomekaniği

#### Ayağın Biyomekanik Komponentleri

Ayak bileği eklemının eksenı eğiktir ve bu eksen dorsi-plantar fleksiyonun tüm hareket açıklığı boyunca sürekli olarak değişmektedir (60). Koronal düzlemde bacağın dikey ekseninden yaklaşık 88 ila 100° arasında sapmalar görülebilirken ortalama 93° bir sapma açısına sahiptir. Ayak bileği eklemi koronal düzlemde bacağına göre bazen varusta bazende valgusta pozisyonlanmaktadır (61). Ayrıca ayak bileği eklemi koronal düzlemde karşıdan bakıldığında 20 ila 30° arasında dış rotasyonda bulunmaktadır (62).



Şekil 2.6. Ayak bileği ekseninin varyasyonları (61)

Eğik eklem eksenı nedeniyle, her dorsal ve plantar fleksiyon hareketi ayak serbestse ayağın dönmesine ve ayak sabitse bacağın dönmesine neden olur. Serbest ayak dorsi-fleksiyonda dışa, plantar fleksiyonda içe doğru hareket eder. Öte yandan, eğer

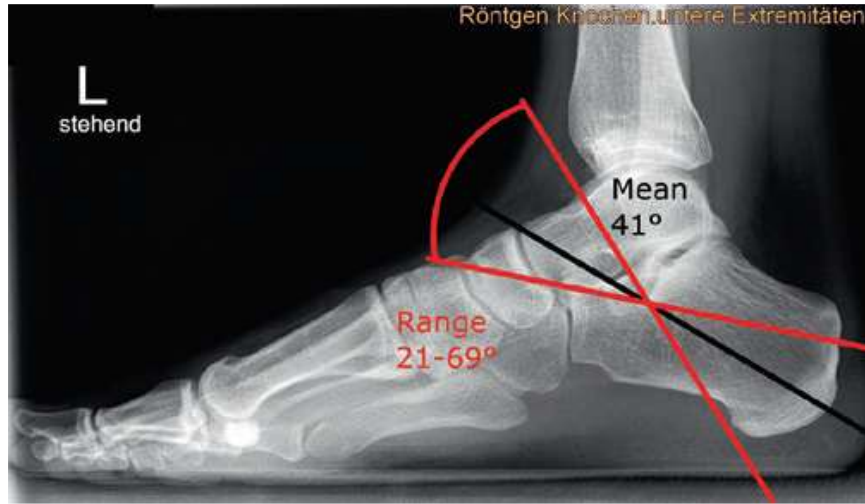
ayak sabitse dorsifleksiyon bacağı içe, plantar fleksiyon ise dışa döndürür. Aynı şekilde, alt bacağın dış rotasyonu, ayağın hafif supinasyonuna ve ayağın medial tarafının bir miktar yükselmesine yol açmaktadır. Alt bacağın iç rotasyonunda ise bu hareketlerin tam tersi bir durum gerçekleşmektedir. Bu fenomene birleşik hareket denir. Bununla birlikte, ayak bileği eklemine eğriliği, ayak ve alt bacağın dönme hareketlerine kısmen katkıda bulunur. Subtalar eklem, ek rotasyon hareketinden sorumludur (62).

Subtalar eklem kalkaneus ve talus arasında yer alır ve üç düzlemli, tek eksenli bir eklem yapısına sahiptir (63). Talusun alt yüzeyinin anterior kısmı dışbükeydir ve kalkaneusun üst yüzeyinin anterioru da içbükeydir, oysa talokalkaneal eklem posterior kısmında talusun alt yüzeyi içbükeydir ve kalkaneusun üst yüzeyi dışbükeydir. Bu geometri ayak bileğinin inversiyon, eversiyon gibi hareketlerine izin vermektedir (64). Eklem eksen transvers düzlemde ayağın uzunlamasına eksenine göre  $4^{\circ}$  ile  $47^{\circ}$  arasında değişen ve ortalama yaklaşık  $23^{\circ}$  kadar mediale sapar (65).



**Şekil 2.7.** Transvers düzlemde subtalar eklem varyasyonları (61)

Sagittal düzlemde ise eksen  $21^{\circ}$  ile  $69^{\circ}$  arasında değişen ve ortalama yaklaşık  $41^{\circ}$  kadar eğiktir (65).



**Şekil 2.8.** Sagital düzlemde subtalar eklemin varyasyonları (61)

Özetle, subtalar eklem, alt bacak ve ayak arasında bir tork konvertörü görevi görür. Enine tarsal artikülasyonun kilitlenmesinde ve açılmasında çok önemli bir işlevi vardır ve distal ayak eklemleri için belirleyici konumundadır (62).

Transvers tarsal eklem, talonaviküler ve kalkaneoküboid eklemi içeren ve arka ayak ile orta ayağı birleştiren fonksiyonel bir birimi oluşturmaktadır. Bu eklemlerin her birinin bağımsız hareket açıklığı vardır ancak arka ayak biyomekaniği için çok önemli olan fonksiyonel bir birim olarak birlikte çalışırlar. Supinasyonda navikula mediale ve aşağıya doğru kayar. Küboid kemik de navikulayı takip eder, ayrıca medial ve plantar yönde hareket eder. Pronasyonda bu durumun tam tersi gerçekleşir. Transvers tarsal ekleminde iki hareket eksenine sahiptir. Longitudinal eksen, pronasyon/supinasyon yönünde subtalar ekleminde benzer harekete izin verir. Eğik eksen, ayak bileği ekleminin eksenine neredeyse paraleldir ve dorsi ve plantar fleksiyon yönünde hareketlere izin verir (62).

Eversiyonda talonaviküler ve kalkaneoküboid eklemin eklem hatları birbirine paraleldir ve arka ayak/orta ayak geçişini esnek hale getirir. Bu pozisyon ayağın longitudinal arkının düzleşmesine neden olmaktadır (66). İnversiyonda eklem çizgileri birbirine açıktır ve arka ayak/orta ayak geçişi serttir. Transvers tarsal eklem ayağın, yürümenin topuk vuruşu fazında esnek ve parmak ucu kalkış fazında ise sert ve stabil olmasını sağlamaktadır (62).

Farklı boy uzunlukları nedeniyle metatars başları ayakta eğik bir çizgi şeklinde hizalanmaktadır. Bu hizalanış ayağın uzun eksenine yaklaşık olarak 50 ila 70° açı arasında değişmektedir. Genellikle 2. metatars başı en distalde bulunur ancak 1. metatars başı hafifçe yüksekte olduğundan ve iki sesamoid kemik tarafından

desteklendiğinden fonksiyonel olarak 2. metatars başının boyuna karşılık gelmektedir (62). Yürüyüş esnasında ayak başparmağı yerden kalkmadan hemen önce yükselen topuk ile vücut ağırlığı genellikle tüm metatars başlarına dağıtılır. Bu ağırlık dağılımına izin vermek için, metatarsofalangeal hizalanma eğikliği nedeniyle hafif supinasyon ve lateral deviasyon gereklidir. Subtalar eklem bu supinasyonu dengeler, böylece ayak yerde dikey pozisyonda kalır (62).

Plantar aponeurosis kalkaneal tüberkülden proksimal falanksların tabanlarına kadar uzanmakta olan bir yapıdır. Metatars başlarından geçerek eklem kapsülü ile birlikte plantar plakayı oluşturmaktadır. Falanksların dorsifleksiyon hareketinde plantar aponeurosis metatars başlarını geriye çeker. Bu sadece metatars başlarının hiperektansiyonuna değil, aynı zamanda ayağın longitudinal arkının yükselmesine de yol açmaktadır. Bu “windlass mekanizması” en çok ayağın medial tarafında işlevseldir (67). Plantar fasyanın gerilmesi ayrıca kalkaneusun inversiyonuna ve tibianın dış rotasyonuna yol açmaktadır (62).



**Şekil 2.9.** Windlass mekanizması (62)

Ayak ve ayak bileği hareketleri, açık kinetik zincir veya kapalı kinetik zincir olmak üzere iki durumda incelenebilir. İki durumda, ayaktaki eklem hareketlerini değiştirmektedir. Açık kinetik zincir durumunda supinasyon ile ayak bileği, plantar fleksiyona doğal bir eğilim göstermektedir. Supinasyonda kalkaneus ters döner ve talusun altında anteromediale kayar. Midtarsal eklemden navikula mediale kayar ve medial longitudinal ark yükselir. Kalkaneoküboid ve talonaviküler eklem eksenleri daha uzak hale gelir ve midtarsal eklemden hareket azalır. Midtarsal eklemin hareketini takiben ön ayak ters çevrilir ve plantar yüzey medial düzleme doğru açılır. Pronasyon ile ayak bileği doğal bir dorsifleksiyon eğilimi gösterir ve kalkaneustalusun altından posterolaterale doğru kayarken midtarsal eklemden navikula ise laterale kayar. Midtarsal

eklem, subtalar eklemi takiben dışa doğru dönerek medial longitudinal arkın yüksekliğini azaltır. Kalkaneoküboid eklem ve talonaviküler eklem eksenleri birbiri ile paralel konuma ve daha yakın hale gelerek midtarsal eklemde daha fazla harekete izin verir. Midtarsal eklem eversiyonundan sonra ön ayak dışa doğru döner ve plantar yüzey laterale doğru açılır (53).

Kapalı bir kinetik zincirde ağırlık, ayak bileği ve ayak üzerindedir. Bu durumda plantar yüzey zeminle etkileşir ve talus kubbesi ayak bileği ile kilitlenmiş haldedir. Açık kinetik hareketten farklı olarak supinasyonda ön ayakta addüksiyon, pronasyon hareketinde ise ön ayakta abduksiyon gözlenmektedir (53).

### **Ayağın Statik Stabilitesi**

Ayağın statik stabilite sağlama yeteneği, anatomik tasarımı ile sağlanmaktadır. Normal bir ayakta, arklar ağırlığı karşılayarak şok emilimi sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayağın stabilitesi esas olarak birbirine kenetlenen tarsal ve metatarsalların şekli, plantar ligamentlerden ve plantar aponevrozdan elde edilmektedir. Ayağın statik desteği, üç ana ağırlık taşıma noktasının yapısal stabilitesine bağlıdır: kalkaneus, birinci metatars başı ve beşinci metatars başı (53).

### **Ayağın Dinamik Stabilitesi**

Ambulasyon sırasında kaslar, ayağın yapılarını desteklemede ve etkilemede daha fazla yer almaktadır. Medial longitudinal ark; tibialis posterior, fleksör hallucis longus, fleksör digitorum longus, peroneus longus, tibialis anterior ve ayağın intrinsik kasları tarafından desteklenmektedir. İntrinsik kaslar hariç diğer kasların tendonları ayak bileği, subtalar ve transtarsal eklemlerden geçer ve plantar yüzeyde farklı anatomik noktalara yapışarak arkı desteklemektedir. Ayağın intrinsik kaslarından bazıları medial arkın tüm uzunluğunu bazıları ise arkı yalnızca bir kısmını kat ederek arkın desteklenmesine bir miktar katkı sağlamaktadır. Lateral ark peroneus brevis, peroneus longus ve abdükör digiti minimi tarafından desteklenmektedir. Transvers arkı ise peroneus longus kası desteklemektedir (53).

Gastrosoleus kas grubu, ayağın işlevinde önemli bir rol oynamaktadır. Yürürken, orta duruşta aktif hale gelir ve parmak ucuna kadar aktif kalır. Ayak doğru çalıştığında, bu kas kompleksinin gücü, işlevsel bir parmak kaldıracı üretmenin anahtarıdır. Kalkaneusa tutunması sayesinde plantar fasyayı doğrudan etkilemektedir (53). Plantar aponeurosis, gastrosoleus kompleksinin bir uzantısı olarak düşünülebilir (68). Yapılan bazı çalışmalar plantar fasyanın, terminal duruşta yay etkisi olarak çalışan bazı elastik

özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Plantar fasyanın esnekliği, enerjiyi depolamasına ve salınım sırasında serbest bırakmasına izin verir (69).

### **Yürüme**

Ayağın karmaşıklığı yürüyüş sırasında farklı mekanik taleplere uyum sağlamasına olanak tanımaktadır. İlk temas ve yükleme tepkisi sırasında ağırlık çizgisi ayak bileği ekseninin arkasındadır. Ön bacak kas grubu özellikle tibialis anterior nötr bir sagittal düzlem hizalamasını ve ilk topuk temasını sağlamak için aktiftir. Ayak normalde ilk topuk temasının başlangıcında hafif supinasyondadır. Bu temas frontal planda subtalar eklemin merkezinin lateralinde kalır ve pronasyon momentine neden olmaktadır. Plantar fleksiyon sırasında, subtalar eklem ayak pronasyonu ile sonuçlanan eversiyona doğru hareket etmeye başlar. Pronasyon, düz olmayan yüzeylere uyum sağlamak için ayağa daha fazla esneklik sağlar. Kalkaneus, talus ve ayak bileğinin kemiksel bağlantısı nedeniyle tibia içe doğru dönmeye başlar. Orta duruşun başlangıcında dorsifleksör aktivite durur ve plantar fleksör kas grubu eksantrik olarak kasılmaya başlar (53,70,71).

Orta duruş fazında tibia talus üzerinde ilerlemektedir. Ayağın supinasyonu maksimum seviyeye ulaşırken tibialis posterior kası navikülayı inferiora ve posteriora çeker. Kalkaneus, talus ve ayak bileğinin kemiksel bağlantısı nedeniyle bacağın dış rotasyonu bir kez daha ortaya çıkar. Terminal duruş sırasında gastro-soleus kasları aktif olmaya devam eder, ayak bileğini hafif dorsifleksiyonda tutar ve sert bir kaldıraç oluşturur. Ağırlık çizgisi ayağın metatarslarına doğru hareket ederek ayakta dorsifleksiyona neden olur. Ayak hala zeminle temas halindeyken ağırlık çizgisi metatars başlarını geçerek bir vuruşla ayak yerden kaldırılır, plantar fleksör kasların aktivasyonu durur ve dorsifleksörler aktif hale gelerek ayak bileğini dorsifleksiyona getirirler. Orta salınım sırasında, dorsifleksörler aktif olmaya devam eder ve ayak bileğini sagittal düzlemde nötr bir pozisyonda tutar. Yürüyüşün her yönü ve evresinde ayağa olan talep değişir; bu nedenle ayağın tüm bileşenleri bu görevleri yerine getirmek için uyum içinde çalışmalıdır (53,70,71).

### **2.3.3. Ayak Postürü ve Denge**

Ayaklar, ayak bilekleri, dizler ve kalça eklemleri ayaktaki kişinin vücut dengesini ayarlandığı alt ekstremité kinematik zincirin birer halkasını oluşturmaktadır. Ayaklar en uzak noktada bulunur ve bu kinematik zincir için destek tabanı görevi görmektedir. Ayaklardaki herhangi bir küçük dinamik değişikliğin tüm vücudun

postüral kontrolünü etkilediği varsayılmaktadır (72). Ayak postürü ayakta durma, yürüme, koşma gibi günlük yaşam aktivitelerinin kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır (6). Çeşitli derecelerde ayak pronasyonu/supinasyonu subtalar eklemin, midtarsal eklemin ve yumuşak dokuların anormal hareketliliği ve işlevi ile ilişkilidir ve ayaklarda kemik stabilitesinin azalmasına neden olarak dengeyi etkilemektedir (73). Anormal postüre sahip ayakların, vücut çeşitli pozisyonlara hareket ederken ağırlık merkezindeki değişikliklere hızlı bir şekilde yanıt vermede ve uyum sağlamada güçlük çektiği görülmektedir. Aksine normal postüre sahip ayakların dinamik ayakta durma hareketi sırasında ağırlık merkezindeki değişikliklere anında ve sorunsuz bir şekilde tepki veriyor ve uyum sağlıyor gibi görünmektedir (6).

Yüksek ark ve hipomobil orta ayak ile karakterize aşırı supinasyonlu bir ayak, alttaki yüzeye yeteri kadar uyum sağlayamayabilir, bu da postüral stabilite ve dengeyi korumak için ayak ve ayak bileği çevresindeki kas-iskelet yapılarına olan talebi arttırmaktadır (74). Ayrıca pes kavusa sahip bir ayağın normal veya pronasyonlu ayağa göre daha az plantar duyuşal bilgiye sahip olduğu öne sürülmüştür (75). Tersine aşırı pronasyon medial arkın düzleşmesi ve orta ayağın hipermobil olması ile karakterizedir ancak bu durumda ayağı stabilize etmek ve dik duruşu korumak için nöromüsküler sisteme daha fazla yük bindirmektedir (74). Aşırı pronasyonu olanlarda ortotik müdahaleyi inceleyen araştırmacılar, pronasyon derecesi yeterince değiştirildiğinde ayak bileği, diz ve kalçadaki kas aktivitesinde değişiklikler tespit ederek bu iddiayı desteklemektedir (76–78).

#### **2.4. Sporcularda Denge**

Yapılan araştırmalar birçok branştaki sporcunun kontrol deneklerine kıyasla genellikle daha üstün denge yeteneğine sahip olduğunu bildirmiştir (79). Kesitsel araştırmalar sporcu denek grupları ile yaptıkları çalışmalarda jimnastikçilerin en iyi denge yeteneğine sahip olma eğiliminde olduğunu ortaya koymuştur. Jimnastikçilerin ardından futbolcular, yüzücüler ve basketbolcuların da iyi denge yeteneğine sahip olma eğiliminde olduğu belirtilmiştir (80–82).

Bazı spor branşlarında seçkin sporcuların seçkin olmayan ya da daha az yetkin sporculara göre üstün denge yeteneğine sahip olduğu bildiren çalışmalar mevcuttur (79). Ulusal düzeydeki futbolcular bölgesel düzeydeki oyunculara kıyasla daha üstün statik ve dinamik denge yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir (83,84). Elit golfçülerin profesyonel olmayan golfçülere göre daha iyi statik dengeye sahip oldukları

bildirilmiştir (85). Elit sporcuların üstün dengesi, motor tepkileri ve sporcunun ilgili proprioseptif ve görsel ipuçlarına katılma yeteneğini etkileyen tekrarlayan deneyimlerin sonucu olabilir. Antrenman deneyimi ayrıca denge yeteneğini geliştirebilecek koordinasyonu, gücü ve hareket aralığını da geliştirebilir (80).



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırma Malatya Yeşilyurt Halk Eğitim Müdürlüğü Gedik Özel Yürekler Kurs Merkezi bünyesinde bulunan engelli spor kurslarında yürütüldü. Araştırmanın verileri 01.04.2022-01.11.2022 tarihleri arasında toplandı.

#### 3.2. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini zihinsel engelli sporcular oluşturdu. Örneklemi ise araştırmaya katılmayı gönüllü olarak kabul eden 18-45 yaş arası zihinsel engelli sporcular oluşturmuştur. Örneklem büyüklüğünün belirlenmesi için güç analizi yapılmıştır.

Güç analizi: Örneklem büyüklüğü G-Power 3.1.7 paket programı (Heinrich-Heine-Universität, Dusseldorf, Germany) üzerinde tip I hata 0.05; tip II hata 0,2 alınarak hesaplandı. Testin gücü 0.8 olarak belirlendi. Fotiadou ve ark. tarafından yapılan çalışmaya göre dinamik denge değeri için zihinsel engelli bireylerde iki ölçüm arasındaki 2.31 birimlik farkın anlamlı olabilmesi için çalışmaya dahil edilmesi gereken gönüllü sayısının minimum 9 olması gerektiği belirlenmiştir (86).

#### 3.3. Araştırmanın Dahil Edilme- Dışlanma- Çıkarılma Kriterleri

Araştırmaya Dâhil Edilme Kriterleri:

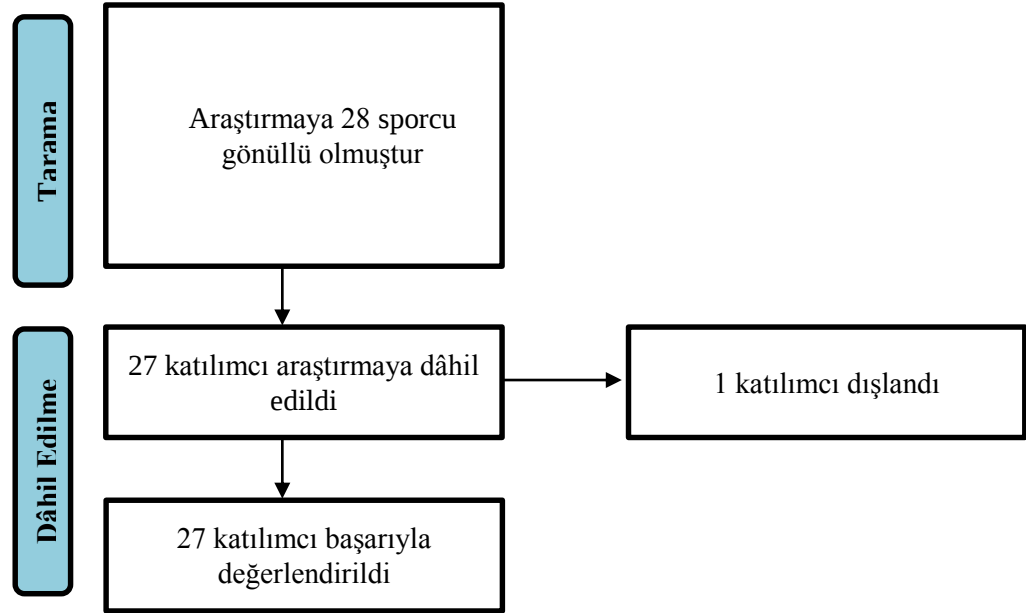
- 18-45 yaş arasında olmak
- Zihinsel engelli sporcu olmak
- En az 6 aydır düzenli olarak herhangi bir spor branşı ile uğraşıyor olmak

Araştırmadan Dışlanma Kriterleri:

- Zihinsel engele ek bir engeli bulunmak
- Son 1 yıl içerisinde cerrahi veya 3. Derece spor yaralanması geçirmiş olmak
- Haftada 3 günden az, yılda 8 aydan az spor yapıyor olmak

Araştırmadan Çıkarılma Kriterleri:

- Kendi isteğiyle çalışmadan ayrılmak
- Çalışma sırasında uygulanacak testleri tamamlayamamak.



**Şekil 3.1.** Katılımcı akış diyagramı

### 3.4. Etik Kurul Onayı

Çalışma Helsinki Deklerasyonu prensiplerine uygun olarak yapılmıştır. Çalışmanın yürütülebilmesi için İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu’nun 29.03.2022 tarihli oturumunda 2022/3323 sayılı onayı alınmıştır (EK-2). Çalışmanın Yeşilyurt Halk Eğitim Kurs Merkezi bünyesinde bulunan zihinsel engelli sporcular üzerinde yapılabilmesi için Milli Eğitim Bakanlığı Malatya İl Müdürlüğünden izin alınmıştır (EK-3). Gönüllüler ve velileri çalışmanın amacı ve içeriği konusunda bilgilendirilmiş ve yazılı onayları alınmıştır (EK-4 ve EK-5).

### 3.5. Veri Toplama Araçları

Katılımcıların tanımlayıcı verileri oluşturduğumuz form ile toplandı. Sporcuların ayak postürleri Ayak Postür İndeksi (API-6) ile değerlendirildi. Sporcuların dengeleri Flamingo Denge testi ve Yıldız Denge testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

#### 3.5.1. Tanımlayıcı Verilerin Toplanması

Katılımcı sporcuların yaş, boy, kilo, MR seviyesi, dominant ekstremitesi, spora katılım süresi (yıl), spora katılım sıklığı (gün/hafta), katıldığı spor branşı hazırlanan olgu rapor formu ile sorgulandı (EK-6). Katılımcıların dominant ekstremiteleri testleri uygulama esnasında öncelik gösterdikleri ekstremiteleri baz alınarak belirlenmiştir. Boy stadiometre ile kilo 0.5 kg hassas terazi ile ölçüldü.

### 3.5.2. Ayak Postürü Değerlendirmesi

Ayak postürü değerlendirmesi Ayak Postür İndeksi 6 kullanılarak yapılmıştır (EK-7). API-6 skorlaması ayak postürünü belirlemede kullanılabilen altı maddelik indekstir. Bu indekste talus distalinin medialde ve lateralde palpasyonu, submalleolar ve supramalleolar girintilerdeki eşitsizlik, kalkaneusun pozisyonu, posterior gözlemde naviküler bölgenin mediale doğru çıkıntısı, MLA'nın değerlendirilmesi, yine posteriordan bakıldığında medialde veya lateralde görünen parmak sayısı değerlendirilmektedir. Gözlemlenen bu 6 bölgenin her biri için pronasyon derecesine göre (+2)'ye kadar supinasyon derecesine göre (-2)'ye kadar değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonrası elde edilen skorların toplanması ile API-6 skoru elde edilmiştir. İndeks skoru, ayağın postürü belirlenmek için kullanılmaktadır ve pozitif değerler supinasyonu negatif değerler ise pronasyonu göstermektedir. İndeks 2006 yılında Redmont ve ark. tarafından geliştirilmiştir (87). Bu indeks ayak postürü için kullanılabilecek basit ve güvenilir bir yöntemdir (88). İndeksin kullanımı için yazardan mail yoluyla izin alınmıştır.



Şekil 3.2. Ayak postürü değerlendirmesi

### 3.5.3. Statik Denge Değerlendirmesi

Statik denge değerlendirmesinde Flamingo denge testi kullanılmıştır. Statik dengeyi ölçmek için kullanılan Flamingo denge testi için Eurofit' in belirlediği standart ölçülerde yapılmış bir denge tahtası kullanılmıştır. Denge tahtası 4 cm kalınlığında, 3 cm eninde ve 30 cm uzunluğunda iki tahta kirişin altına, aralıklı ve dik olarak 2 cm

genişliğinde ve 15 cm uzunluğunda iki tahta kiriş monte edilmiş şekilde olmalıdır. Katılımcıların denge tahtasında tek ayak üzerinde durma süreleri test edilmiştir. Katılımcı, denge tahtasına bir ayağı ile çıkar ve serbest kalan ayağını aynı taraftaki eliyle tutularak üzerinde durduğu dizini bükerek. Bu pozisyonda katılımcı testi yapan kişi tarafından desteklenir. Katılımcı, dengesini sağladığını hissettiği anda desteğini bırakır ve o anda kronometre çalıştırılır. Tutulan ayağın bırakılması veya dengenin bozularak ayağın denge tahtasından ayrılması durumunda kronometre durdurularak süre kaydedilir. Katılımcı 60 saniye boyunca dengesini kaybetmezse test sonlandırılır (89). Flamingo denge testi klinikte uygulanabilecek güvenilir ve basit bir testtir (90). Bu testi öğrenmeleri için birkaç tekrar yapmalarına izin verildi ve 3 denemenin en yüksek skoru not edildi.



**Şekil 3.3.** Flamingo denge testi

#### **3.5.4. Dinamik Denge Değerlendirmesi**

Dinamik denge değerlendirme için Yıldız denge testi kullanılmıştır. Bu testin fonksiyonu denge ve duruş becerisini değerlendirmektir. Bu test sekiz farklı yöndeki denge becerisini değerlendirmektedir. Bu test için duruş kontrolü, güç ve eklem hareket açıklığı gerekmektedir. Testte katılımcı, tek ayağı ile yıldızın merkezine basar ve sabit

bacağı ile dengeyi sağlarken, diğeri ile sekiz farklı yöndeki noktalara ulaşmaya çalışır. Katılımcı en uzak noktaya uzanırken parmak ucu ile yere temas edip dengesini sağlayarak geri çekebilmelidir. Her yönde ulaşılan mesafe ayrı ayrı kaydedilir ve dinamik dengenin bir temsili olarak yorumlanır. Her iki ekstremitede de test edilmiştir (91). Analizde kullanılmak üzere ulaşılan mesafeler ekstremitenin uzunluğu ile normalleştirildi. Normalleştirilmiş puan (%) için  $(\text{ulaşılan mesafe cm} / \text{ekstremitenin uzunluğu cm}) \times 100$  formülü kullanıldı (92). Ayrıca ekstremitenin uzunluğu için katılımcı sırtüstü yatarak anterior superior iliak kristadan ipsilateral medial malleolün en distaline kadarki mesafe ölçülmüştür (93). Bu test dinamik testi değerlendirmek için güvenilir yöntemdir (94). Bu testi öğrenmeleri için birkaç tekrar yapmalarına izin verildi ve 3 denemenin en yüksek skorları not edildi.



**Şekil 3.4.** Yıldız denge testi

### 3.6. İstatistiksel Analiz

Araştırmaya alınan verilerin analizleri SPSS (Statistical Program in Social Sciences) 25 programı ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya alınan verilerin normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile kontrol edildi (95). Karşılaştırma testleri için anlamlılık düzeyi (p) 0.05 olarak alındı.

Değişkenlerde normal dağılım sağlanmadığı için ( $p>0.05$ ) analize parametrik olmayan test yöntemleri ile devam edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için spearman sıra korelasyon katsayısı kullanılmıştır.

Kategorik verilerin değerlendirilmesi için çapraz tablolar oluşturularak ki-kare analizi yapılmıştır.



## 4. BULGULAR

### 4.1. Tanımlayıcı Verilerinin İncelenmesi

Çalışma 16 (%59.3) erkek ve 11 (%40.7) kadın zihinsel engelli sporcu katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya alınan katılımcılara ait cinsiyet, yaş, BKİ, spor branşı, MR seviyesi, spor yapma süresi (yıl), spor yapma sıklığı (gün/hafta) değişkenlerine ait değerler aşağıdaki tabloda sayı, yüzde, ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir (Tablo 4.1).

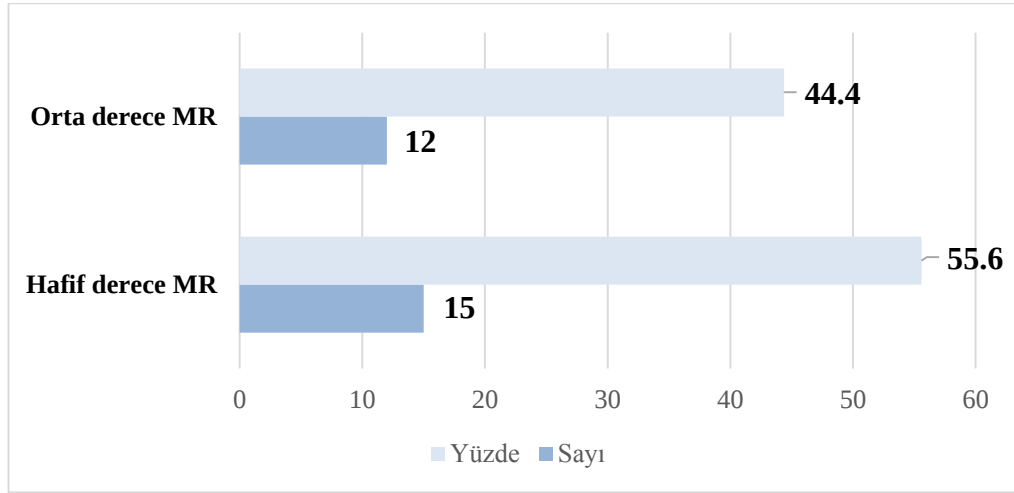
**Tablo 4.1.** Katılımcılara ait tanımlayıcı veriler

| Değişken                       | Grup                 | Sayı | Yüzde         |
|--------------------------------|----------------------|------|---------------|
| Cinsiyet                       | Erkek                | 16   | 59.3          |
|                                | Kadın                | 11   | 40.7          |
| MR Seviyesi                    | Hafif derece MR      | 15   | 55.6          |
|                                | Orta derece MR       | 12   | 44.4          |
| Dominant Ekstremit             | Sağ                  | 27   | 100           |
|                                | Sol                  | 0    | 0             |
| Spor Branşı                    | Atletizm             | 12   | 44.4          |
|                                | Masa tenisi          | 9    | 33.3          |
|                                | Jimnastik            | 4    | 14.8          |
|                                | Yüzme                | 1    | 3.7           |
|                                | Atletizm-Masa tenisi | 1    | 3.7           |
| Değişken                       | Ort ± ss             |      | Min – Max     |
| Yaş                            | 22.96 ± 4.11         |      | 18 – 34       |
| BKİ                            | 22.65 ± 4.45         |      | 14.53 – 34.38 |
| Spor Yapma Süresi (yıl)        | 2.19 ± 1.11          |      | 1 – 5         |
| Spor Yapma Sıklığı (gün/hafta) | 3.66 ± 0.68          |      | 3 – 5         |

Ort; ortalama, SS; standart sapma, Min; en düşük değer, Max; en büyük değer, MR; mental retardasyon, BKİ; beden kütle indeksi

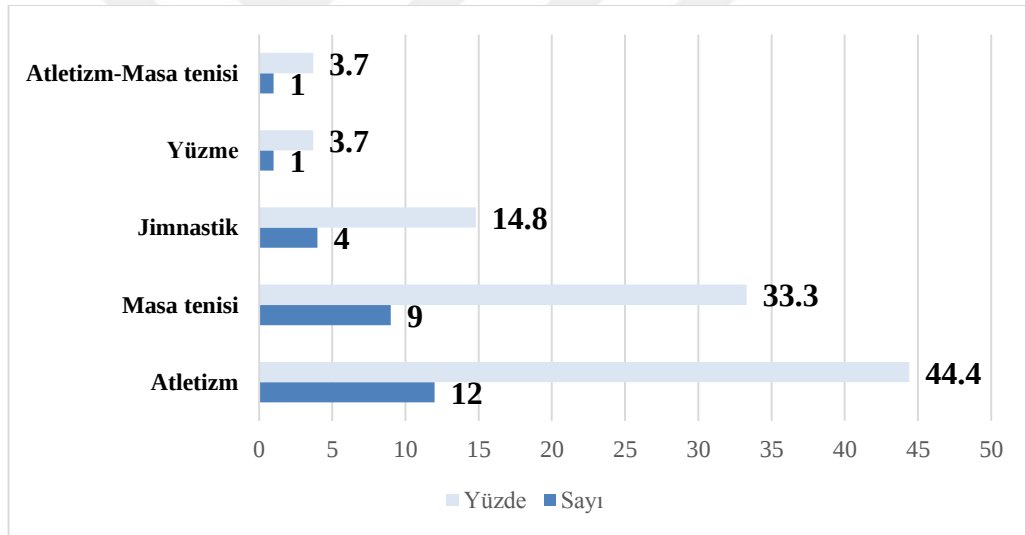
Çalışma 15'i hafif düzey ve 12'si orta düzey mental retardasyonlu bireyin katılımıyla gerçekleştirilmiştir.

Katılımcıların MR seviyelerine göre dağılımı şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. MR seviyelerine göre dağılım

Katılımcıların yaptığı spor branşlarının dağılımı şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Branşlara göre dağılım

Katılımcıların ayak postürü, statik ve dinamik denge değerlendirmelerine ait sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir. Sağ ayaklardan elde edilen APİ-6 skorlarının ortalaması  $4.63 \pm 4$  (ort  $\pm$  ss) olarak bulunmuştur. APİ-6 skorlarına göre sağ ayak postürlerini sınıflayacak olursak 1 ayak supinasyon ( $<0$ ), 17 ayak nötr (0-5) ve 9 ayak pronasyon ( $>5$ ) pozisyonundaydı. Sol ayaklardan elde edilen APİ-6 skorlarının ortalaması  $4.37 \pm 4$  (ort  $\pm$  ss) olarak bulunmuştur. APİ-6 skorlarına göre sol ayak postürlerini sınıflayacak olursak 1 ayak supinasyon ( $<0$ ), 18 ayak nötr (0-5) ve 8 ayak pronasyon ( $>5$ ) pozisyonundaydı.

**Tablo 4.2.** Ayak postürü ve denge değerlendirme verileri

|     | Değişken                 | Ort $\pm$ ss   | M (Min-Max)  |
|-----|--------------------------|----------------|--------------|
|     | Sağ API-6 Skoru          | 4.63 $\pm$ 4   | 4(-1 - 11)   |
|     | Sol API-6 Skoru          | 4.37 $\pm$ 4   | 4(-1 - 11)   |
|     | Sağ Flamingo Denge Testi | 5.67 $\pm$ 4   | 4(2 - 18)    |
|     | Sol Flamingo Denge Testi | 5.26 $\pm$ 4   | 4(2 - 16)    |
| Sağ | YDT Anterior             | 65.48 $\pm$ 65 | 65(39 - 108) |
|     | YDT Anteriolateral       | 63.81 $\pm$ 62 | 62(30 - 100) |
|     | YDT Lateral              | 67 $\pm$ 65    | 65(25 - 110) |
|     | YDT Posteriolateral      | 61.22 $\pm$ 65 | 65(20 - 100) |
|     | YDT Posterior            | 50.15 $\pm$ 50 | 50(15 - 90)  |
|     | YDT Posteriomedial       | 39.81 $\pm$ 40 | 40(12 - 90)  |
|     | YDT Medial               | 35.07 $\pm$ 27 | 27(10 - 75)  |
|     | YDT Anteriomedial        | 46.41 $\pm$ 45 | 45(10 - 92)  |
| Sol | YDT Anterior             | 60.26 $\pm$ 60 | 60(30 - 110) |
|     | YDT Anteriolateral       | 60.19 $\pm$ 52 | 52(20 - 98)  |
|     | YDT Lateral              | 60.93 $\pm$ 60 | 60(20 - 105) |
|     | YDT Posteriolateral      | 55.67 $\pm$ 60 | 60(15 - 90)  |
|     | YDT Posterior            | 50.26 $\pm$ 55 | 55(10 - 100) |
|     | YDT Posteriomedial       | 42 $\pm$ 37    | 37(7 - 90)   |
|     | YDT Medial               | 36.26 $\pm$ 25 | 25(10 - 82)  |
|     | YDT Anteriomedial        | 45.63 $\pm$ 45 | 45(10 - 85)  |

Ort; ortalama, ss; standart sapma, M; medyan, Min; en düşük değer, Max; en büyük değer, API-6; ayak postür indeksi, YDT; yıldız denge testi

#### 4.2. Sol Ekstremitte Ölçümlerinin İncelenmesi

Katılımcıların sol ayak postür indeks skoru ile sol ayak Flamingo denge testi ve sol ayak YDT'nin sonuçları aşağıdaki tabloda incelenmiştir (Tablo 4.3).

Analizinde sol ekstremitte Flamingo testi skorları ile sol ekstremitenin Yıldız denge testinin tüm yönlerindeki skorları arasında pozitif yönde kuvvetli düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Yine sol ekstremitenin Yıldız denge testinin tüm yönlerindeki skorlarının birbiri arasında da pozitif yönde kuvvetli düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Spor yapma süreleri ve spor yapma sıklığı ile sol ekstremitte Flamingo ve Yıldız denge testi değerleri arasında bir ilişki bulunmadı ( $p>0.05$ ).

Sol ayak postür indeks skorları ile sol ekstremitte Flamingo ve Yıldız denge test skorları arasında anlamlı bir ilişki bulunmadı ( $p>0.05$ ).



**Tablo 4.3. Sol ekstremité değerlendirmelerinin sonuçları**

| Puanlar                 | Değer | Spor Yapma Sıklığı | Sol API-6 | Sol Flamingo | YDT Sol Anterior | YDT Sol Anteriorlateral | YDT Sol Lateral | YDT Sol Posteriolateral | YDT Sol Posterior | YDT Sol Posterio medial | YDT Sol Anterio medial |
|-------------------------|-------|--------------------|-----------|--------------|------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|
| Spor Yapma Stresi       | r     | 0.210              | 0.096     | 0.257        | 0.167            | 0.037                   | 0.068           | 0.186                   | 0.102             | 0.128                   | 0.192                  |
|                         | p     | 0.293              | 0.635     | 0.196        | 0.406            | 0.854                   | 0.737           | 0.352                   | 0.612             | 0.526                   | 0.338                  |
| Spor Yapma Sıklığı      | r     |                    | -0.363    | 0.239        | 0.195            | 0.242                   | 0.232           | 0.338                   | 0.267             | 0.248                   | 0.264                  |
|                         | p     |                    | 0.063     | 0.231        | 0.330            | 0.223                   | 0.245           | 0.085                   | 0.178             | 0.212                   | 0.183                  |
| Sol API-6               | r     |                    |           | -0.276       | -0.353           | -0.377                  | -0.361          | -0.361                  | -0.357            | -0.345                  | -0.246                 |
|                         | p     |                    |           | 0.164        | 0.071            | 0.053                   | 0.065           | 0.064                   | 0.068             | 0.078                   | 0.216                  |
| Sol Flamingo            | r     |                    |           |              | 0.821            | 0.736                   | 0.741           | 0.655                   | 0.627             | 0.721                   | 0.724                  |
|                         | p     |                    |           |              | <b>0.001*</b>    | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>   | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>          |
| YDT Sol Anterior        | r     |                    |           |              |                  | 0.910                   | 0.888           | 0.796                   | 0.817             | 0.850                   | 0.874                  |
|                         | p     |                    |           |              |                  | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>   | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>          |
| YDT Sol Anteriorlateral | r     |                    |           |              |                  |                         | 0.929           | 0.831                   | 0.811             | 0.850                   | 0.825                  |
|                         | p     |                    |           |              |                  |                         | <b>0.001*</b>   | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>          |
| YDT Sol Lateral         | r     |                    |           |              |                  |                         |                 | 0.876                   | 0.870             | 0.862                   | 0.849                  |
|                         | p     |                    |           |              |                  |                         |                 | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>          |
| YDT Sol Posteriolateral | r     |                    |           |              |                  |                         |                 |                         | 0.929             | 0.918                   | 0.883                  |
|                         | p     |                    |           |              |                  |                         |                 |                         | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>          |
| YDT Sol Posterior       | r     |                    |           |              |                  |                         |                 |                         |                   | 0.934                   | 0.881                  |
|                         | p     |                    |           |              |                  |                         |                 |                         |                   | <b>0.001*</b>           | <b>0.001*</b>          |
| YDT Sol Posterio medial | r     |                    |           |              |                  |                         |                 |                         |                   |                         | 0.943                  |
|                         | p     |                    |           |              |                  |                         |                 |                         |                   |                         | <b>0.001*</b>          |
| YDT Sol Medial          | r     |                    |           |              |                  |                         |                 |                         |                   |                         | 0.892                  |
|                         | p     |                    |           |              |                  |                         |                 |                         |                   |                         | <b>0.001*</b>          |

r; pearson korelasyon analizi, p; istatistiksel anlamlılık değeri, \*= p&lt;0.05, API-6; ayak postür indeksi, YDT; yıldız denge testi

### 4.3. Sağ Ekstremitte Ölçümlerinin İncelenmesi

Katılımcıların sağ ayak postür indeks skoru ile sağ ekstremitte Flamingo denge testi ve sağ ekstremitte YDT'nin sonuçları aşağıdaki tabloda incelenmiştir (Tablo 4.4).

Analizinde sağ ekstremitte Flamingo test skoru ile sağ ekstremitenin Yıldız denge testinin tüm yönlerine ait skorları arasında pozitif yönde kuvvetli düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Yine sağ ekstremitenin Yıldız denge testinin tüm yönlerine ait skorların birbiri arasında da pozitif yönde kuvvetli düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Spor yapma süreleri ile sağ ekstremitte Flamingo ve Yıldız denge test skorları arasında bir ilişki bulunmadı ( $p>0.05$ ).

Spor yapma sıklığı ile sağ ekstremitte Yıldız denge testinin anterior ve anteriomedial yönlerine ait değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Sağ ayak postür indeks skoru ile sağ Flamingo test skoru arasında negatif yönde orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Sağ ayak postür indeks skoru ile sağ Yıldız denge testinin lateral, posterolateral, posterior ve anteromedial yönlerine ait skorları arasında negatif yönde orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

**Tablo 4.4. Sağ ekstremitte değerlendirmelerinin sonuçları**

| Puanlar                | Değer | Spor Yapma Sıklığı | Sağ API-6 | YDT Sağ Flamingo | YDT Sağ Anterior | YDT Sağ Anterolateral | YDT Sağ Lateral | YDT Sağ Posterolateral | YDT Sağ Posterior | YDT Sağ Posteromedial | YDT Sağ Medial | YDT Sağ Anteromedial |
|------------------------|-------|--------------------|-----------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|-------------------|-----------------------|----------------|----------------------|
| Spor Yapma Süresi      | r     | 0.210              | 0.134     | 0.141            | 0.196            | 0.182                 | 0.148           | 0.026                  | 0.070             | 0.196                 | 0.300          | 0.187                |
|                        | p     | 0.293              | 0.506     | 0.483            | 0.327            | 0.363                 | 0.460           | 0.899                  | 0.730             | 0.327                 | 0.129          | 0.352                |
| Spor Sıklığı           | r     |                    | -0.378    | 0.344            | 0.396            | 0.256                 | 0.236           | 0.341                  | 0.299             | 0.217                 | 0.204          | 0.391                |
|                        | p     |                    | 0.052     | 0.079            | <b>0.041*</b>    | 0.198                 | 0.236           | 0.082                  | 0.130             | 0.276                 | 0.307          | <b>0.044*</b>        |
| Sağ API-6              | r     |                    |           | -0.415           | -0.304           | -0.296                | -0.417          | -0.512                 | -0.429            | -0.174                | -0.144         | -0.404               |
|                        | p     |                    |           | <b>0.032*</b>    | 0.123            | 0.134                 | <b>0.031*</b>   | <b>0.006*</b>          | <b>0.026*</b>     | 0.386                 | 0.473          | <b>0.036*</b>        |
| YDT Sağ Flamingo       | r     |                    |           |                  | 0.685            | 0.747                 | 0.729           | 0.684                  | 0.748             | 0.751                 | 0.684          | 0.776                |
|                        | p     |                    |           |                  | <b>0.001*</b>    | <b>0.001*</b>         | <b>0.001*</b>   | <b>0.001*</b>          | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>         | <b>0.001*</b>  | <b>0.001*</b>        |
| YDT Sağ Anterior       | r     |                    |           |                  |                  | 0.832                 | 0.817           | 0.622                  | 0.709             | 0.833                 | 0.831          | 0.841                |
|                        | p     |                    |           |                  |                  | <b>0.001*</b>         | <b>0.001*</b>   | <b>0.001*</b>          | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>         | <b>0.001*</b>  | <b>0.001*</b>        |
| YDT Sağ Anterolateral  | r     |                    |           |                  |                  |                       | 0.829           | 0.695                  | 0.704             | 0.759                 | 0.752          | 0.813                |
|                        | p     |                    |           |                  |                  |                       | <b>0.001*</b>   | <b>0.001*</b>          | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>         | <b>0.001*</b>  | <b>0.001*</b>        |
| YDT Sağ Lateral        | r     |                    |           |                  |                  |                       |                 | 0.787                  | 0.803             | 0.769                 | 0.793          | 0.823                |
|                        | p     |                    |           |                  |                  |                       |                 | <b>0.001*</b>          | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>         | <b>0.001*</b>  | <b>0.001*</b>        |
| YDT Sağ Posterolateral | r     |                    |           |                  |                  |                       |                 |                        | 0.878             | 0.715                 | 0.691          | 0.770                |
|                        | p     |                    |           |                  |                  |                       |                 |                        | <b>0.001*</b>     | <b>0.001*</b>         | <b>0.001*</b>  | <b>0.001*</b>        |
| YDT Sağ Posterior      | r     |                    |           |                  |                  |                       |                 |                        |                   | 0.871                 | 0.836          | 0.801                |
|                        | p     |                    |           |                  |                  |                       |                 |                        |                   | <b>0.001*</b>         | <b>0.001*</b>  | <b>0.001*</b>        |
| YDT Sağ Posteromedial  | r     |                    |           |                  |                  |                       |                 |                        |                   |                       | 0.939          | 0.830                |
|                        | p     |                    |           |                  |                  |                       |                 |                        |                   |                       | <b>0.001*</b>  | <b>0.001*</b>        |
| YDT Sağ Medial         | r     |                    |           |                  |                  |                       |                 |                        |                   |                       |                | 0.845                |
|                        | p     |                    |           |                  |                  |                       |                 |                        |                   |                       |                | <b>0.001*</b>        |

r; korelasyon düzeyi, p; istatistiksel anlamlılık değeri, \*= p&lt;0.05, API-6; ayak postür indeksi, YDT; yıldız denge testi

## 5. TARTIŞMA

Zihinsel engeli bulunan 27 sporcunun katılımıyla gerçekleştirdiğimiz çalışmamızda katılımcıların ayak postürlerinin statik ve dinamik dengeleri üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırmada sol ve sağ ayak postürünün statik ve dinamik denge üzerine etkileri ayrı ayrı incelenmiştir. Sol ayak postürü ile denge arasında anlamlı bir ilişki bulunmazken ( $p>0.05$ ), sağ ayak postürü ile hem statik hem de bazı yönlerdeki dinamik denge arasında anlamlı ilişki bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Sağ tarafta bulunan bu anlamlı ilişki, negatif yönde ve orta düzeyde bir ilişkiydi. Negatif yöndeki bu ilişki, ayak postür indeks skorunun daha düşük ya da negatif değerlerinin daha iyi denge ile ilişkili olduğu anlamını ortaya koymaktadır. Ancak sağ yani dominant ayak indeks skorlarının ortalama değerinin 4.63 olduğunu ve sadece bir sağ ayağın indeks skorunun negatif değerinde olduğu göz önünde bulundurulursa indeksin sıfıra yakın olduğu nötral ayak postürlerinde dengenin daha iyi olduğunu çıkarılabilir.

Vücudun dengesinin sağlanmasında ve korunmasında alt ekstremitedeki kalça eklemi, diz eklemi ve ayak bileği eklemi birbiri ile ilişkili bir kinematik zincir oluşturmaktadır. Ayaklar bu kinematik zincirin en uzak noktasındadır ve destek tabanı işlevi görmektedir (65). Duruş sırasında ayak zemin yüzeyine uyum sağlayabilmeli, şok emilimine yardımcı olabilmeli ve itme fazı sırasında vücudu ileri doğru atabilmek için rijit bir kaldıraç görevi görebilmelidir. Düzgün ayak hareketleri özellikle subtalar pronasyon ve supinasyon bu işlevleri yerine getirmek için kritik öneme sahiptir. Yüksek ark ve hipomobil orta ayak ile karakterize aşırı supinasyonlu bir ayak, alttaki yüzeye yeteri kadar uyum sağlayamayabilir, bu da postüral stabilite ve dengeyi korumak için çevredeki kas-iskelet yapılarına olan destek ihtiyacını artırır (74). Ayrıca pes kavusa sahip bir ayağın normal veya pronasyonlu ayağa göre daha az plantar duyusal bilgiye sahip olduğu öne sürülmüştür (75). Tersine aşırı pronasyon medial arkın düzleşmesi ve orta ayağın hipermobil olması ile karakterizedir ancak aynı zamanda ayağı stabilize etmek ve dik duruşu korumak için nöromüsküler sisteme daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır (74). Anormal postüre sahip ayakların, vücut çeşitli pozisyonlara hareket ederken ağırlık merkezindeki değişikliklere hızlı bir şekilde yanıt vermede ve uyum sağlamada güçlük çektiği düşünülmektedir. Buna karşın normal postüre sahip ayaklar ağırlık merkezindeki değişikliklere anında ve sorunsuz bir şekilde tepki veriyor ve uyum sağlıyor gibi görünmektedir (6). Ayak postürünün dengeyi etkilemesine ek

olarak zihinsel engelli bireylerin akranlarına oranla daha zayıf denge ve postür kontrol mekanizmalarına sahip olması da bu bireylerde denge etkilenimini iyice karmaşık hale getirmektedir (26,27). Zihinsel engelli gençlerin denge zayıflıkları, fiziksel aktiviteye katılma isteğini ve kendilerini yeterli hissetmesini azaltarak diğer sorunlara da katkıda bulunabilir. Ayrıca denge oryantasyonundaki güçlük zihinsel engelli bireylerin düşme ve düşmeye bağlı yaralanma riskini arttırmaktadır. Bu durumda normal sporcuların olduğu kadar zihinsel engelli sporcuların dengesinin iyileştirilmesi düşmeleri önlenmek ve muhtemel fiziksel aktiviteye katılımını artırmak için kritiktir (29).

Literatürdeki ayak postürü ile statik ve dinamik denge arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalara baktığımızda çalışmaların çoğunluğu anlamlı bir ilişkiden bahsetmektedir. Yetişkin 39 kişinin katıldığı bir çalışmada katılımcılar ayak postürlerine göre gruplara ayrılmış ve statik ile dinamik dengeleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda ayak postürleri hem statik hem de dinamik dengeleri ile ilişkili bulunmuştur (96). Dabholkar ve ark. 120 kadın yetişkin ile yaptığı çalışmada katılımcıların dinamik dengelerini değerlendirmiştir. Çalışmalarında 60 katılımcının normal ayak postürüne sahip olduğunu, 60 katılımcının ise pes planus olduğunu belirlemişlerdir. Araştırma sonunda tüm katılımcılarda ayak postürü ile dinamik denge arasında anlamlı bir ilişki rapor etmişlerdir (97). Tsai ve ark. yaptığı başka bir çalışmada araştırmacılar katılımcıları ayak postürüne göre 15'er kişiden oluşan supinasyonlu, pronasyonlu ve nötral ayak gruplarına ayırmışlardır. Yaptıkları statik denge ölçümleri ile ayak postürleri arasında anlamlı ilişki ortaya koymuşlardır (98). 65-93 yaşları arasında 305 geriatric katılımcının değerlendirildiği bir başka çalışmada ise katılımcılara bir dizi statik denge değerlendirmesi yapılmıştır. Araştırma sonucunda geriatric katılımcıların ayak postürleri ile statik dengeleri arasında anlamlı bir ilişki raporlanmıştır (99).

Fiziksel olarak aktif kişiler ve sporcularla yapılan çalışmaların sonuçları da sporcu olmayan bireyleri inceleyen çalışmalarinkine benzer sonuçlar bildirilmiştir. 113 beden eğitimi öğrencisinin katıldığı bir çalışmada katılımcıların statik ve dinamik dengeleri değerlendirilmiş olup değerlendirme sonucunda statik dengenin ayak postürü ile arasında anlamlı ilişki bildirilmiştir (9). 2020 yılında yapılan 90 kadın sporcunun katıldığı bir çalışmada ise katılımcıların statik ve dinamik dengeleri değerlendirilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmada sonunda ayak postürü ile statik ve dinamik denge arasında anlamlı bir ilişki bulmuşlardır (100). Şahin ve ark. yaptığı çalışmaya 50 erkek takım sporcusu (futbol 18, ragbi 16, basketbol 12 ve voleybol 4) katılmıştır. Çalışmada

katılımcıların ayak postürü ile dengeleri arasında anlamlı bir ilişki raporlanmıştır (101). Ayak postürü ile statik denge arasında ilişkinin varlığı 29 judocunun değerlendirildiği bir çalışma ile de desteklenmiştir (102).

Ulaşılabilen literatürdeki çalışmaları gözden geçirdiğimizde bu çalışmaların çoğunlukla ayak postürü ile statik ve dinamik denge arasında anlamlı bir ilişkiden bahsettiğini ancak literatürdeki bazı çalışmaların ise aksini bildirdiğini söylemek mümkündür. Yine incelediğimiz bazı çalışmalarda ayak postürü ile hem statik hem de dinamik denge arasında bir ilişki aranmış ancak statik ya da dinamik dengeden sadece birinde ilişki olduğu rapor edilmiştir. Hyong ve Kang'ın yaptığı çalışmada 162 üniversite öğrencisi ayak postürü değerlendirmesiyle 3 gruba (normal, pronasyonlu ve supinasyonlu ayak postürüne sahip) ayrılmıştır. 14 kişiden oluşan gruplarla toplam 42 kişinin dinamik dengeleri değerlendirilmiş ve araştırmacılar ayak postürü ile dinamik denge arasında anlamlı bir ilişki bulmamışlardır (103). Cote ve ark. yaptığı ve 48 katılımcının değerlendirildiği çalışmada ise araştırmacılar ayak postürü ile statik denge arasında ilişki bildirmezken bazı dinamik denge yönleri ile ilişki bildirmişlerdir (72). Geriatrik katılımcılarla yapılan diğer bir çalışmada yaş ortalaması 80.1 olan 176 bireyin ayakta durma ve eğilme dengeleri değerlendirilmiştir. Geriatrik bireylerin katılımıyla gerçekleştirilen bu çalışmada da bir ilişki ortaya konmamıştır (104). 2021 yılında yapılan ve 10-14 yaşları arasındaki 300 çocuğun katıldığı diğer bir çalışmada katılımcıların ayak postürü ile statik denge arasında bir ilişki rapor edilirken dinamik denge ile anlamlı bir ilişki rapor edilmemiştir (105).

Katılımcısının üniversite sporcusu olduğu bir çalışmaya 90 sporcu dahil edilmiş ve katılımcılar supinasyonlu (30 kişi), pronasyonlu (30 kişi) ve nötr (30 kişi) ayak olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Çalışmada katılımcıların statik ve dinamik dengeleri değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda ayak postürü ile statik denge arasında anlamlı bir ilişki bulunurken dinamik denge ile anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (106). Ayak postürü ile statik dengenin 122 sporcu katılımcı ile değerlendirildiği başka bir çalışmada da anlamlı bir ilişki ortaya konmamıştır (107).

Ulaştığımız literatürde ayak postürü ile denge arasında ilişki bildiren çalışmaların sonuçlarını inceleyecek olursak birçok çalışmanın bizim çalışmamıza benzer sonuçlar bildirmekte olduğunu söyleyebiliriz. Bizim çalışmamızdaki sonuçlar gibi sporcu ve sporcu olmayan katılımcılarla gerçekleştirilen birçok çalışmanın sonuçları da nötral postürdeki ayakların daha iyi statik ve dinamik denge yetenekleri sergilediğini ortaya koymaktadır (10,98-103).

Bizim çalışmamızda ki sonuçlar literatürdeki çoğu çalışma ile örtüşüyor olsa da literatürdeki bazı çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmemekteydi. Taranan literatürdeki bazı çalışmalar nötral postürdeki ayakların diğer ayak postürlerinden daha kötü statik ve dinamik denge performansları sergilediğini bildirmiştir (104,108).

Çalışmamızda sağ ekstremita ile denge parametreleri arasında ilişki olduğunu bulurken sol ekstremita ile herhangi bir ilişki bulamadık. Bu sonucun muhtemel bir sebebi ayakta duruş sırasında postüral kontrol ve dengenin farklı mekanik koşullardan etkilenmesi olabilir. Ayrıca alt ekstremitadaki yük dağılımının eşit olmaması denge becerisini etkilediği düşünülmektedir (109). Bazı çalışmalar statik ve dinamik denge becerisi konusunda baskın ve baskın olmayan ekstremiteler arasında farklılıklar olabileceğini bildirmişlerdir (110,111). Literatürdeki bazı çalışmalar da bizim çalışmamıza benzer şekilde sadece bir ekstremitede ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda sadece dominant ekstremitede değil, dominant olmayan taraf için de denge ve ayak postürü ilişkisini inceledik. Bu noktada yapılan bazı çalışmalara göre; Kabak ve ark. 12 atıcılık, 16 jimnastik, 8 güreş, 8 kürek, 8 tenis ve 20 taekwondo sporcusu olmak üzere toplam 72 sporcu katıldığı bir çalışmada pes planusun denge üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada sporcular 36 kişiden oluşan çalışma ve kontrol gruplarına branş sayıları da eşit olacak şekilde gruplanmışlardır. Çalışma sonunda pes planusun sadece dominant ekstremita üzerinde dengede durma yeteneğini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir (112). Başka bir çalışmada ise 18-35 yaş aralığında olan ve en az 2 yıldır profesyonel olarak futbol oynayan 84 sporcu dâhil edilmiştir. Araştırma kapsamına alınan futbolcuların dominant ayakta ayak postür indeks skorları ile statik dengeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönlü korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca non-dominant ayakta ise ayak postür indeks skorları ile dinamik Y denge testi (posteriolateral yönü) değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır (113).

Ulaşılabilen ve konu edilen literatüre bakıldığında ayak postürü ve denge arasındaki ilişkiyi inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır fakat bu ilişki konusunda bir konsensüs bulunmamaktadır. Konu edilen çalışmalarda katılımcıların yaş ve cinsiyet özellikleri, fiziksel aktivite durumları, kullanılan ölçüm yöntemleri gibi çeşitliliklerden kaynaklı farklı sonuçlara ulaşılmış olması olasıdır. Ayak postürü ile denge arasında bir ilişki olduğunu bildiren çalışmalar ilişkinin negatif ve ya pozitif yönü noktasında tutarlı sonuçlar sunmamaktadır. Bizim çalışmamızda sağ yani dominant taraf ayak postürü ile statik ve dinamik denge arasında negatif anlamlı bir ilişki mevcuttu. Bu negatif ilişki

ayak postür indeks skorunun sıfıra yakın ya da negatif değerlerinin daha iyi denge performansı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Ama çalışmamızda yer alan katılımcıların sağ ayak postür indeks skorları incelendiğinde negatif değerlerin yani supinasyondaki ayakların sayısı ihmal edilebilecek kadar azdır. Katılımcıların sağ yani dominant ayaklarından sadece biri negatif ayak postür indeks skoruna sahipti yani sadece 1 sağ ayak supinasyondaydı. Bu durum göz önüne alındığında supinasyondaki ayaklar için yorum yapma noktasında yeterli veriye sahip değiliz. Fakat dominant ayaklarda API-6 skorlarının sıfıra yakın değerleri yani nötral ya da nötrale yakın postüre sahip ayakların daha iyi denge ile ilişkili olduğu sonucunu çıkartabiliriz.

Çalışmamızın zayıf yönleri: Çalışmamızın sadece Malatya ilindeki tek bir merkezde yapılması, katılımcıların dominant ekstremite ve API-6 skorlarının eşit dağılmaması ve örneklem sayısının azlığı nedeniyle spor branşların ayrı ayrı değerlendirilmemesi çalışmamızın limitasyonları arasında sayılabilir.

Çalışmamızın güçlü yönü literatüre yeni ve farklı bir bakış açısı sağlayıp zihinsel engelli sporcularda biyomekanik analizlerinin yapılp yaralanmaları önüne geçilmesinde literatüre katkı sağlayacaktır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmamızın sonucunda zihinsel engelli sporcularda sol ekstremita ile hem statik hem de dinamik denge arasında bir ilişki bulunmamıştır. Fakat sağ ekstremita için ayak postürü ile hem statik hem de dinamik denge değerleri arasında bir negatif bir ilişki mevcuttu. Sağ ekstremita için nötral ayak postürüne sahip zihinsel engelli sporcularda statik ve dinamik denge değerlerinin daha iyi olduğunu söyleyebiliriz. Elde ettiğimiz sonuçlara göre dominant ekstremita için ‘ayak postürü ile statik denge arasında ilişki vardır’ ve ‘ayak postürü ile dinamik denge arasında ilişki vardır’ hipotezleri desteklenmiştir.

Çalışmamızın sonuçları sporcu ve sporcu olmayan bireylerle yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında büyük oranda tutarlı gibi gözükse de ulaşılabilen literatürde bizim çalışmamıza benzer bir çalışmaya rastlanmadı. Bu sebeple zihinsel engelli sporcuların ayak postürünün denge ile etkileşimini anlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca ileriki çalışmalarda zihinsel engelli sporcularda ayak postürü ve denge ilişkisi araştırılırken izlem çalışmaları yapılabilir ayrıca zihinsel engelli sporcularda branşlar göz önünde bulundurularak farklı çalışmalar planlanabilir.

## KAYNAKLAR

1. Lee K, Cascella M, Marwaha R. Intellectual disability, <https://europepmc.org/article/NBK/nbk547654> Son Erişim Tarihi 3 Mayıs 2022.
2. Angelopoulou N, Tsimakas V, Christoulas K, Kokaridas D, Mandroukas K. Isokinetic knee muscle strength of individuals with mental retardation, a comparative study. *Percept. Mot. Skills* 1999, 88: 849-55.
3. Boswell B. Comparison of two methods of improving dynamic balance of mentally retarded children. *Perceptual and Motor Skills* 1991, 73: 759-64.
4. Tsimaras VK, Giamouridou GA, Kokaridas DG, Sidiropoulou MP, Patsiaouras AI. The effect of a traditional dance training program on dynamic balance of individuals with mental retardation. *J. Strength Cond. Res.* 2012, 26: 192-8.
5. Sherrill C. *Adapted Physical Activity, Recreation and Sport: Crossdisciplinary and Lifespan*, 6<sup>th</sup> ed. Boston, McGraw-Hill, 2004: 510-40.
6. Al Abdulwahab SS, Kachanathu SJ. The effect of various degrees of foot posture on standing balance in a healthy adult population. *Somatosens. Mot. Res.* 2015, 32: 172-6.
7. Nashner LM. Practical biomechanics and physiology of balance. In: Jacobson GP, Shepard NT, Barin K, Janky K, McCaslin DL (eds). *Balance Function Assessment and Management*, 3<sup>th</sup> ed. San Diego, Plural publishing, 2014 : 87-103.
8. Carvalho CE, da Silva RA, Gil AW, Oliveira MR, Nascimento JA, Pires-Oliveira DAA. Relationship between foot posture measurements and force platform parameters during two balance tasks in older and younger subjects. *J. Phys. Ther. Sci.* 2015, 27: 705-10.
9. Babayigit Irez G. Educational research and reviews the relationship with balance, foot posture, and foot size in school of physical education and sports students. *Educ. Res. Rev.* 2014, 9: 551-4.
10. World Health Organization, World Bank. *World Report on Disability*, 2011:19-54.
11. Thomas C. *Female Forms: Experiencing and Understanding Disability*. Buckingham, Open University Press, 1999:11-32.

12. Leonardi M, Bickenbach J, Ustun TB, Kostanjsek N, Chatterji S. The definition of disability: what is in a name?. *Lancet* 2006, 368: 1219-21.
13. Goodenough FL. The measurement of mental growth in childhood. In: Carmichael L (ed). *Manual of Child Psychology*. 2<sup>nd</sup> ed. New York, Wiley, 1954: 450-75 .
14. Luckasson R, Borthwick-Duffy S, Buntinx WH, Coulter DL, Craig EM, Reeve A, Schalock RL, Snell ME, Spitalnik DM, Spreat S, Tasse MJ. *Mental Retardation: Definition, Classification, and Systems of Supports*. 10<sup>th</sup> ed. Washington, American Association on Mental Retardation, 2002: 97-144.
15. Schalock RL, Luckasson R, Tassé MJ. Ongoing transformation in the field of intellectual and developmental disabilities: taking action for future progress. *Intellect. Dev. Disabil.* 2021, 59: 380-91.
16. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5*, 5<sup>th</sup> ed, 2013: 31-86.
17. Bertelli MO, Munir K, Harris J, Salvador-Carulla L. “Intellectual developmental disorders”: reflections on the international consensus document for redefining “mental retardation-intellectual disability” in ICD-11. *Adv. Ment. Heal. Intellect. Disabil.* 2016, 10: 36-58.
18. Shevell M, Ashwal S, Donley D, Flint J, Gingold M, Hirtz D, Majnemer A, Noetzel M, Sheth RD. Practice parameter: Evaluation of the child with global developmental delay: Report of the quality standards subcommittee of the american academy of neurology and the practice committee of the child neurology society. *Neurology* 2003, 60: 367-80.
19. Türkiye Cumhuriyeti Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. Engelli ve Yaşlı İstatistik Bülteni, 2021: 15.
20. American Association on Mental Deficiency. Classification in Mental Retardation, 1983: 59-78.
21. World Health Organization. The ICD-10 Classification of Mental and Behavioural Disorders: Clinical Descriptions and Diagnostic Guidelines, 1992: 225-31.
22. Ün N, Çoknaz H. Mental retardasyon ve spor. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.* 2003, 2: 171-80.

23. Özbey Ç. *Çocuk Gelişiminde Yaşanan Sorunlar*. İstanbul, İnkılap Kitabevi, 2006.
24. Hinckson EA, Curtis A. Measuring physical activity in children and youth living with intellectual disabilities: A systematic review. *Res. Dev. Disabil.* 2013, 34: 72-86.
25. Sparrow WA, Shinkfield AJ, Summers JJ. Gait characteristics in individuals with mental retardation: Unobstructed level-walking, negotiating obstacles, and stair climbing. *Hum. Mov. Sci.* 1998, 17: 167-87.
26. Blomqvist S, Olsson J, Wallin L, Wester A, Rehn B. Adolescents with intellectual disability have reduced postural balance and muscle performance in trunk and lower limbs compared to peers without intellectual disability. *Res. Dev. Disabil.* 2013, 34: 198-206.
27. Salaun L, Berthouze-Aranda SE. Physical fitness and fatness in adolescents with intellectual disabilities. *J. Appl. Res. Intellect. Disabil.* 2012, 25: 231-9.
28. Enkelaar L, Smulders E, van Schrojenstein Lantman-de Valk H, Geurts ACH, Weerdesteyn V. A review of balance and gait capacities in relation to falls in persons with intellectual disability. *Res. Dev. Disabil.* 2012, 33: 291-306.
29. Mañano C, Hue O, Morin AJS, Lepage G, Tracey D, Moullec G. Exercise interventions to improve balance for young people with intellectual disabilities: a systematic review and meta-analysis. *Dev. Med. Child Neurol.* 2019, 61: 406-18.
30. Winter D, Patla AE, Frank, JS. Assessment of balance control in humans. *Med. Prog. Technol.* 1990, 16: 31-51.
31. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 1995, 3: 193-214.
32. Duncan P, Weiner D, Chandler J, Studenski J. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J. Gerontol. Med. Sci.* 1990, 45: 192-7.
33. Michael E, Rogers ME. Balance and bands. *J. Act. Aging* 2003, 2: 24-32.
34. Means KM, Rodell DE, O'Sullivan P. Use of an obstacle course to assess balance and mobility in the elderly. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 1996, 75: 88-95.
35. Yim-Chiplis PK, Talbot LA. Defining and measuring balance in adults. *Biol. Res. Nurs.* 2000, 1: 321-31.

36. Zelenin P V, Beloozerova I, Deliagina TG, Beloozerova IN, Orlovsky GN. Nervous mechanisms controlling body posture. *Physiol. Behav.* 2007, 92: 148-54.
37. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice*, 3<sup>th</sup> ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2007: 156-95.
38. Guerraz M, Bronstein AM. Ocular versus extraocular control of posture and equilibrium. *Neurophysiol. Clin. Neurophysiol.* 2008, 38: 391-8.
39. Latash ML, Huang X. Neural control of movement stability: Lessons from studies of neurological patients. *Neuroscience* 2015, 301: 39-48.
40. Angelaki D, Cullen K. Vestibular system: the many facets of a multimodal sense. *Annu. Rev. Neurosci.* 2008, 31: 125-50.
41. Goldberg JM, Wilson VJ, Cullen KE, Angelaki DE, Broussard DM, Buttner-Ennever J, Fukushima K, Minor LB . *The Vestibular System: A Sixth Sense*. New York, Oxford University Press, 2012: 3-18.
42. Pratt CA, Fung J, Macpherson JM. Stance control in the chronic spinal cat. *J. Neurophysiol.* 1994, 71: 1981-5.
43. Horak FB, Macpherson JM. Postural orientation and equilibrium. In: Rowell LB, Shepherd JT (eds). *Handbook of Physiology: Section 12: Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems*. New York, Oxford University Press, 1996: 255-92.
44. Wilson V J, Jones GM. Biophysics of the peripheral end organs. In: Wilson V J, Jones GM (eds) *Mammalian Vestibular Physiology*. Boston, Springer, 1979: 41-76.
45. Holmes G. The cerebellum of man. *Brain* 1939, 62: 1-30.
46. Barnes MR, Crutchfield CA, Heriza CB, Herdman SJ. *Reflex and vestibular aspects of motor control, motor development and motor learning*. Atlanta GA: Stockesville Publishing, 1990: 1-38.
47. Nashner LM. Sensory, neuromuscular, and biomechanical contributions to human balance. In: Duncan PW (ed) *Balance: Proceedings of the APTA Forum*. APTA Publication, 1990: 13-25.
48. Allison LK, Fuller K. Balance and vestibular dysfunction. In: Umphred DA, Lazaro RT, Roller ML, Burton GU (eds). *Neurological Rehabilitation*, 6<sup>th</sup> ed. St. Louis, Elsevier Health Sciences, 2012: 653-710.

49. Hasson SM. *Clinical Exercise Physiology*. St. Louis, Mosby, 1994.
50. Gülçimen B, Ülkü S. İnsan ayağı biyomekaniğinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi* 2008,13: 27-33.
51. Stanley H. *Physical Examination of the Spine and Extremities*. New York, Appleton-Century-Crofts, 1976: 197-236.
52. Crim J, Manaster BJ, Rosenberg ZS. *Imaging Anatomy: Knee, Ankle, Foot* . 2<sup>nd</sup> ed. Altona, Friesens, 2017: 380-469.
53. Mojica MN, Early JS. Foot Biomechanics. In: Webster J, Murphy D (eds). *Atlas of Orthoses and Assistive Devices*. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia, Elsevier, 2017: 216-28.
54. Barg A, Tochigi Y, Amendola A, Phisitkul P, Hintermann B, Saltzman CL. Subtalar instability: Diagnosis and treatment. *Foot ankle Int*. 2012, 33: 151-60.
55. McHenry BD, Exten EL, Long J, Law B, Marks RM, Harris G. Sagittal subtalar and talocrural joint assessment with weight-bearing fluoroscopy during barefoot ambulation. *Foot Ankle Int*. 2014, 36: 430-5.
56. Kapandji IA. The foot. In: Kapandji IA (ed). *The Physiology of the Joints: Volume 2 Lower Limb*, 6<sup>th</sup> ed. New York, Churchill Livingstone, 2011: 156-231.
57. Riegger CL. Anatomy of the ankle and foot. *Phys. Ther.* 1988, 68: 1802-14.
58. Drake RL, Vogl WA, Mitchell A w. M. *Gray's Anatomy for Students*. 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia, Elsevier Health Sciences, 2020: 627-58.
59. Gray H. *Gray's anatomy: With original illustrations by Henry Carter*. Hawthorn CA, Arcturus Publishing Limited, 2015: 1418-51.
60. Lundberg A, Svensson OK, Nemeth G, Selvik G. The axis of rotation of the ankle joint. *J. bone Jt. Surg.* 1989, 71: 94-9.
61. Stiehl JB, Inman VT. *Inman's Joints of the Ankle*, 2<sup>nd</sup> ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1991: 30-40.
62. Walcher MG, Sart R du. Biomechanical principles of foot and ankle. In: Valderrabano V, Easley M (eds). *Foot and Ankle Sports Orthopaedics*. Cham, Springer, 2016: 25-34.
63. Cailliet R. *Foot and Ankle Pain*. Philadelphia, FA Davis Company, 1968: 1-45.

64. Michael JM, Golshani A, Gargac S, Goswami T. Biomechanics of the ankle joint and clinical outcomes of total ankle replacement. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2008, 1: 276-94.
65. Isman RE, Inman VT. Anthropometric studies of the human foot. *Bulletin of Prosthetics Research.* 1969,11: 97-129.
66. Elftman H. The transverse tarsal joint and its control. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1960, 16: 41-6.
67. Hicks JH. The mechanics of the foot: II. The plantar aponeurosis and the arch. *J. Anat.* 1954, 88: 25-31.
68. Huerta JP. The effect of the gastrocnemius on the plantar fascia. *Foot Ankle Clin.* 2014, 19: 701-18.
69. Wager JC, Challis JH. Elastic energy within the human plantar aponeurosis contributes to arch shortening during the push-off phase of running. *J. Biomech.* 2016, 49: 704-9.
70. Whittle MW. *Gait Analysis: An Introduction*. 4<sup>th</sup> ed. Edinburgh, Butterworth-Heinemann, 2007: 48-91.
71. Jacquelin Perry MD, Judith B. *Gait Analysis: Normal And Pathological Function*. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey, Slack Incorporated, 2010: 19-47.
72. Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *J. Athl. Train.* 2005, 40: 41-6.
73. Root ML, Orien WP, Weed JH. *Normal and abnormal function of the foot: clinical biomechanics*. Los Angeles: Clinical Biomechanics; 1977: 30-4.
74. Franco AH. Pes cavus and pes planus analyses and treatment. *Phys. Ther.* 1987, 67: 688-94.
75. Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *J. Athl. Train.* 2002, 37: 129-32.
76. Tomaro J, Burdett RG. The effects of foot orthotics on the emg activity of selected leg muscles during gait. *J. Orthop. Sport. Phys. Ther.* 1993, 18: 532-6.

77. Nawoczenski DA, Ludewig PM. Electromyographic effects of foot orthotics on selected lower extremity muscles during running. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1999, 80: 540-4.
78. Rose HM, Shultz SJ, Arnold BL, Gansneder BM, Perrin DH. Acute orthotic intervention does not affect muscular response times and activation patterns at the knee. *J. Athl. Train.* 2002, 37: 133-40.
79. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sport. Med.* 2011, 41: 221-32.
80. Bressel E, Yonker JC, Kras J, Heath EM. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *J. Athl. Train.* 2007, 42: 42-6.
81. Davlin CD. Dynamic balance in high level athletes. *Percept. Mot. Skills* 2004, 98: 1171-6.
82. Matsuda S, Demura S, Uchiyama M. Centre of pressure sway characteristics during static one-legged stance of athletes from different sports. *J. Sports Sci.* 2008, 26: 775-9.
83. Paillard T, Noé F. Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2006, 16: 345-8.
84. Paillard T, Noé F, Rivière T, Marion V, Montoya R, Dupui P. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *J. Athl. Train.* 2006, 41: 172-6.
85. Sell TC, Tsai Y-S, Smoliga JM, Myers JB, Lephart SM. Strength, flexibility, and balance characteristics of highly proficient golfers. *J. Strength Cond. Res.* 2007, 21: 1166-71.
86. Fotiadou EG, Neofotistou KH, Sidiropoulou MP, Tsimaras VK, Mandroukas AK, Angelopoulou NA. The effect of a rhythmic gymnastics program on the dynamic balance ability of individuals with intellectual disability. *J. Strength Cond. Res.* 2009, 23: 2102-6.
87. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clin. Biomech.* 2006, 21: 89-98.

88. Motantasut P, Hunsawong T, Mato L, Donpunha W. Reliability of novice and experienced physiotherapists using the normalized navicular height truncated and the foot posture index-6 for classifying static foot posture in adults. *J. Phys. Ther. Sci.* 2019, 31: 392-7.
89. Barabas A, Bretz K, Kaske RJ. Stabilometry of the flamingo balance test. *ISBS - Conf. Proc. Arch.* 1996, 1: 162-5.
90. Grgic J. Test-retest reliability of the EUROFIT test battery: a review. *Sport Sci. Health* 2021, 10: 413-8.
91. Kinzey SJ, Armstrong CW. The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance. *J. Orthop. Sport. Phys. Ther.* 1998, 27: 356-60.
92. Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the star excursion balance test. *Meas. Phys. Educ. Exerc. Sci.* 2003, 7: 89-100.
93. Gribble PA, Kelly SE, Refshauge KM, Hiller CE. Interrater reliability of the star excursion balance test. *J. Athl. Train.* 2013, 48: 621-6.
94. Hyong IH, Kim JH. Test of intrarater and interrater reliability for the star excursion balance test. *J. Phys. Ther. Sci.* 2014, 26: 1139-41.
95. Alpar C. *Spor Sağlık ve Eğitim Bilimlerinden Örneklerle Uygulamalı İstatistik Ve Geçerlik Güvenirlik*, 7. baskı. Ankara, Detay Yayıncılık, 2016.
96. Yi TI, Kim KH, Choe YR, Kim SH, Kim JS, Hwang JH. Effects of typical athletic shoes on postural balance according to foot type. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* 2021, 3: 111-5.
97. Dabholkar A, Shah A, Yardi S. Comparison of dynamic balance between flat feet and normal individuals using star excursion balance test. *Indian J. Physiother. Occup. Ther.* 2012, 6: 33-7.
98. Tsai LC, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *J. Orthop. Sport. Phys. Ther.* 2006, 36: 942-53.
99. Spink MJ, Fotoohabadi MR, Wee E, Hill KD, Lord SR, Menz HB. Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2011, 92: 68-75.

100. Sam S, Abu Talip NK. Effect of medial longitudinal arch height on static and dynamic balance among UiTM female athletes. *Lect. Notes Bioeng.* 2020, 13: 64-70.
101. Şahin FN, Ceylan L, Küçük H, Ceylan T, Arıkan G, Yiğit S, Sarşık DÇ, Güler Ö. Examining the relationship between pes planus degree, balance and jump performances in athletes. *Int. J. Environ. Res. Public Heal.* 2022, 19: 1-7.
102. Jankowicz-Szymanska A, Mikolajczyk E, Wardzala R. Arch of the foot and postural balance in young judokas and peers. *J. Pediatr. Orthop. B* 2015, 24: 456-60.
103. Hyong IH, Kang JH. Comparison of dynamic balance ability in healthy university students according to foot shape. *J. Phys. Ther. Sci.* 2016, 28: 661-4.
104. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *Journals Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2005, 60: 1546-52.
105. Adegoke BO, Alumona CJ, Adeyemo AA, Adeyinka AO. Flatfoot and balance performance among junior secondary school students in Ibadan, Nigeria. *New Zeal. J. Physiother.* 2021, 49: 82-8.
106. Hasan M, Ashkezari K, Seidi F, Alizadeh MH. Effect of the medial longitudinal arch height of the foot on static and dynamic balance of male collegiate athletes. *Sci. J. Rehabil. Med.* 2017, 6: 1-10.
107. Kascek A, Pustisek S, Hadzic V, Pajek MB. The impact of length, width and flat foot on balance. *Sci. Gymnast. J.* 2015, 7: 137-41.
108. Sudhakar S, Kirthika SV, Padmanabhan K, Kumar GM, Nathan CVS, Gopika R, Samuel AJ. Impact of various foot arches on dynamic balance and speed performance in collegiate short distance runners: A cross-sectional comparative study. *J. Orthop.* 2018; 15: 114-7.
109. Ritzmann R, Freyler K, Weltin E, Krause A, Gollhofer A. Load dependency of postural control-kinematic and neuromuscular changes in response to over and under load conditions. *PloS one.* 2015, 10(6): e0128400.

110. Jadcak Ł, Grygorowicz M, Dzudziński W, Śliwowski R. Comparison of static and dynamic balance at different levels of sport competition in professional and junior elite soccer players. *J. strength Cond. Res.* 2019, 33: 3384-91.
111. Clifford AM, Holder-Powell H. Postural control in healthy individuals. *Clin. Biomech.* 2010, 25: 546-51.
112. Kabak B, Kocahan T, Akınoğlu B, Genç A, Hasanoğlu A. Does pes planus influence balance performance in athletes? *Spor Hekim. Derg.* 2019, 54: 195-201.
113. Kızılsahin Y. Futbolcularda Ayak Basınç ve Ayak Postür Farklılıklarının Fiziksel Uygunluk Parametreleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Gazimağusa: Doğu Akdeniz Üniversitesi, 2020.

## **EKLER**

### **EK-1. Özgeçmiş**



## **EK-2. Etik Kurul Onayı**



**EK-3. Malatya İl Milli Eğitim Müdürlüğü İzin Belgesi**





#### **EK-4. Bilgilendirici Gönüllü Onam Formu**







## **EK-5. Veli Onam Formu**



## EK-6. Tanımlayıcı Veri Formu

### OLGU RAPOR FORMU versiyon no: 1.2

|                          |           |           |          |                          |
|--------------------------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Dosya No: | Hasta No: | Grup No: | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-----------|-----------|----------|--------------------------|

|                                 |                                                                           |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Tarih:                          |                                                                           |
| Ad:                             |                                                                           |
| Soyad:                          |                                                                           |
| Doğum tarihi<br>(gün/ay/yıl):   |                                                                           |
| Doğum yeri:                     |                                                                           |
| Yaş:                            |                                                                           |
| Cinsiyet                        | 1) Kadın 2) Erkek                                                         |
| Boy(cm):                        |                                                                           |
| Kilo(kg):                       |                                                                           |
| BMI(kg/m2)                      |                                                                           |
| Dominant<br>ekstremit           | 1) Sağ 2) Sol                                                             |
| Adres:                          |                                                                           |
| Telefon:                        |                                                                           |
| MR seviyesi                     | 1) Hafif MR<br>2) Orta MR<br>3) Şiddetli MR<br>4) Derin MR<br>5) Diğer MR |
| Ek hastalık:                    |                                                                           |
| Kullandığı ilaç<br>bilgisi:     |                                                                           |
| Sigara/Alkol<br>Kullanımı:      | Var                      Yok                                              |
| Geçirilmiş<br>operasyon öyküsü: |                                                                           |
| Spor branşı                     |                                                                           |
| Spor Yapma Süresi               |                                                                           |
| Spor Yapma Sıklığı              |                                                                           |

## EK-7. Ayak Postür İndeksi

AYAK POSTÜR İNDEKSİ 6

|                                          | Sağ | Sol |
|------------------------------------------|-----|-----|
| Talus başı palpasyonu                    |     |     |
| Supra ve infra lateral malleol eğriliği  |     |     |
| Kalkaneusun pronasyon/supinasyonu        |     |     |
| Talonavikular eklem bölgesindeki çıkıntı |     |     |
| Longitudinal ark yüksekliği              |     |     |
| Ön ayağın abduksiyon/adduksiyonu         |     |     |
| Toplam Skor                              |     |     |

## **EK-8. Ayak Postür İndeks Kullanım İzni**

