



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

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**EKLEM HİPERMOBİLİTESİ OLAN
ADÖLESANLARDA AYAK VE PELVİS ETKİLENİMİ
İLE ALT EKSTREMİTE FONKSİYONUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

SEVDE NUR SARIKAYA

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANA BİLİM DALI

MAYIS 2026



**EKLEM HİPERMOBİLİTESİ OLAN ADÖLESANLARDA AYAK VE
PELVİS ETKİLENİMİ İLE ALT EKSTREMİTE FONKSİYONUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sevde Nur SARIKAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2026

Sevde Nur SARIKAYA tarafından hazırlanan “Eklem Hiper mobilitesi Olan Adölesanlarda Ayak ve Pelvis Etkilenimi İle Alt Ekstremit e Fonksiyonunun Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Nevin Aysel GÜZEL

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan: Prof. Dr. Nihan KARATAŞ

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Nagihan ACET

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 22/05/2026

Jüri üyeleri tarafından YÜKSEK LİSANS tezi olarak uygun görülmüş olan bu tez Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Saniye BİLİCİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sevde Nur SARIKAYA

22/05/2026

EKLEM HİPERMOBİLİTESİ OLAN ADÖLESANLARDA AYAK VE PELVİS ETKİLENİMİ İLE ALT EKSTREMİTE FONKSİYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sevde Nur SARIKAYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2026

ÖZET

Eklem Hiper mobilitesi (EH), bağ dokusu laksitesi nedeniyle eklem hareket açıklığının fizyolojik sınırları aşmasıdır. Bu çalışmanın amacı; adölesanlarda Eklem Hiper mobilitesi varlığının ayak postürü, yürüme sırasındaki pelvik simetri ve alt ekstremitte fonksiyonel performansı üzerindeki etkilerini ve cinsiyet farklarını incelemektir. Çalışmaya Eklem Hiper mobilitesi olan (n=57, Yaş: 14,61±2,42 yıl) ve Eklem Hiper mobilitesi olmayan (n=42, Yaş: 14,90±1,63 yıl) toplam 99 gönüllü adölesan dâhil edildi. EH varlığı Beighton Skoru (≥ 6 puan) ile saptandı. Değerlendirmelerde; ayak postürünü belirlemek amacıyla Ayak Postür İndeksi-6 (API-6), dinamik dengeyi değerlendirmek için Y Denge Testi (YDT) ve ayak bileği performansını ölçmek için Topuk Yükseltme Testi kullanıldı. Katılımcıların vertikal sıçrama performansı Squat Jump (SJ) testi ile, yürüme sırasındaki pelvis simetrisi ise G-WALK sensör sistemiyle analiz edildi. Gruplar demografik olarak benzerdi. Eklem Hiper mobilitesi olan adölesanların hem dominant ($p=0,026$) hem de nondominant ($p=0,041$) API-6 skorları anlamlı farklı bulunarak artmış pronasyon eğilimi saptandı. Topuk Yükseltme Testi dominant taraf verilerinde hiper mobilitate ve cinsiyet arasında etkileşim belirlendi ($p=0,008$); bu durum hiper mobilitenin kas enduransına etkisinin cinsiyete göre değiştiğini göstermektedir. Sıçrama performansında hiper mobilitate etkisi saptanmazken, tüm parametrelerde erkekler lehine anlamlı cinsiyet farkı bulundu ($p<0,001$). Pelvik simetri ve Y Denge Testi skorlarında gruplar arası fark saptanmadı ($p>0,05$). Sonuç olarak, adölesanlarda Eklem Hiper mobilitesi varlığı statik ayak postüründe pronasyona yol açmakta ve motor enduransı cinsiyete bağlı olarak etkilemekteydi. Klinisyenlerin, hiper mobil adölesanlarda fonksiyonel performansın yanı sıra yaralanma riski oluşturabilecek subklinik biyomekanik değişiklikleri ve ayak postürü sapmalarını erken dönemde dikkate almaları önerilebilir.

Bilim Kodu : 10105,04

Anahtar Kelimeler : Adölesan, Eklem Hiper mobilitesi, Ayak Postürü, Alt Ekstremitte, Pelvik Kinematik

Sayfa Adedi : 63

Danışman : Prof. Dr. Nevin A. GÜZEL

EVALUATION OF FOOT AND PELVIC INVOLVEMENT AND LOWER EXTREMITY FUNCTION IN ADOLESCENTS WITH JOINT HYPERMOBILITY

(M. Sc. Thesis)

Sevde Nur SARIKAYA

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

May 2026

ABSTRACT

Joint Hypermobility (JH) is characterized by joint range of motion exceeding physiological limits due to connective tissue laxity. This study aimed to investigate the effects of the presence of Joint Hypermobility on foot posture, pelvic symmetry during gait, and lower extremity functional performance in adolescents, as well as to examine gender differences. A total of 99 adolescent volunteers, including those with Joint Hypermobility (n=57, Age: 14.61 ± 2.42 years) and those without Joint Hypermobility (n=42, Age: 14.90 ± 1.63 years), were included in the study. The presence of Joint Hypermobility was determined using the Beighton Score (≥ 6 points). In the assessments, the Foot Posture Index-6 (FPI-6) was utilized to determine foot posture, the Y-Balance Test (YBT) was used to evaluate dynamic balance, and the Single Leg Heel Rise (SLHR) test was used to measure ankle performance. The participants' vertical jump performance was analyzed using the Squat Jump (SJ) test, and pelvic symmetry during gait was evaluated using the G-WALK wearable sensor system. The groups were demographically similar. The Foot Posture Index-6 scores of adolescents with Joint Hypermobility were found to be significantly higher on both the dominant ($p=0.026$) and non-dominant ($p=0.041$) sides, indicating an increased pronation tendency. An interaction effect between hypermobility and gender was identified in the dominant side Single Leg Heel Rise test data ($p=0.008$), suggesting that the effect of Joint Hypermobility on muscular endurance varies by gender. While no effect of hypermobility was found in jump performance, a significant gender difference favoring males was observed across all parameters ($p<0.001$). No significant differences were found between the groups in pelvic symmetry or Y-Balance Test scores ($p>0.05$). In conclusion, the presence of Joint Hypermobility in adolescents leads to pronation in static foot posture and affects motor endurance depending on gender. It can be suggested that clinicians consider subclinical biomechanical changes and foot posture deviations that may pose an injury risk in the early period, in addition to functional performance, when evaluating hypermobile adolescents.

Science Code : 10105,04

Key Words : Hypermobility, Adolescent, Foot Posture, Lower Extremity,
Biomechanical Phenomena

Page Number : 63

Supervisor : Prof. Dr. Nevin A. GÜZEL

TEŞEKKÜR

Tez sürecinde engin deneyim ve bilgileriyle bana yol gösteren, yardımına ihtiyacım olan her anda sabırla ve ilgiyle destek olan, halen ondan öğreneceğim çok şey olduğunu bildiğim kıymetli danışmanım Prof. Dr. Nevin A. GÜZEL'e,

Lisanüstü eğitimim süresince derslerinden ve kıymetli bilgilerinden yaralandığım, tez jürimde yer alarak çalışmama değerli katkılarını sunan sayın hocam Prof. Dr. Nihan KARATAŞ'a,

Jürimde yer alarak beni onurlandıran, değerli katkılarıyla tezimi zenginleştiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Nagihan ACET'e,

Tez yazımım sırasında benden desteklerini esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Gamze ÇOBANOĞLU DEMİRKAN'a,

Tezimin tamamlanmasına katkı sağlayan ve çalışmaya katılmayı gönüllü olarak kabul eden tüm katılımcılarıma ve ailelerine,

Yüksek lisansın bana kazandırdığı, tanıştığımız ilk günden itibaren desteğini bir an olsun esirgemeyen, en umutsuz anlarımda enerjisi ve inancıyla beni tekrar ayağa kaldıran canım arkadaşım Ebru YILDIRIM'a, yüksek lisans boyunca desteklerini esirgemeyen canım meslektaşlarım Ceren ZORLUOĞULLARI ve Fadime GÜLCAN'a,

Hayatımın her alanında olduğu gibi, bu tezin her satırında manevi desteğini, inancını ve dostluğunu esirgemeyen canım arkadaşım İrem ÇAĞLAR'a,

Tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini ve sevgilerini esirgemeyen, varlıklarına her zaman minnet duyacağım canım annem Gülşen SARIKAYA ve canım babam Aziz SARIKAYA'ya, hayatımın neşe kaynağı olan biricik yeğenlerim Güneş ve Ekin'e, Varlığını her zaman kalbimde hissedeceğim, hayatımdaki izlerini ve sevgisini hiçbir zaman unutmayacağım teyzem Miyase DEMİR'e,

Fikirleri ve devrimleriyle bizlere her zaman rehber olan, açtığı yolda bilim üretme şerefine eriştiğimiz Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK'e,

Sonsuz teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Eklem Hipermobilitesi.....	5
2.1.1. Tanımı ve epidemiyolojisi	5
2.1.2. Etiyopatogenez	5
2.1.3. Epidemiyoloji	6
2.1.4. Sınıflandırma ve tanı yöntemleri	7
2.2. Adölesan Dönemde Kas-İskelet Sistemi Gelişimi	8
2.2.1. Pubertal büyüme ve fizyolojik gelişim.....	8
2.2.2. Adölesanlarda nöromüsküler gelişim	9
2.2.3. Adölesanlarda eklem hipermobilitésinin klinik önemi.....	10
2.3. Hipermobilité ve Ayak Postürü.....	11
2.3.1. Ayak ve ayak bileği kompleksinin fonksiyonel anatomisi ve biyomekaniği.....	11
2.3.2. Ayak postürü ve değerlendirme yöntemleri	12
2.3.3. Eklem hipermobilitésinde ayak postürü ve biyomekanik değişiklikler ...	12
2.4. Pelvis Anatomisi ve Biyomekaniği.....	13

	Sayfa
2.4.1. Pelvisin fonksiyonel anatomisi.....	13
2.4.2. Pelvik dizilim ve hipermobilitateye bağlı kompensatuar mekanizmalar	13
2.5. Adölesanlarda Alt Ekstremitte Performansı.....	14
2.5.1. Alt ekstremitte fonksiyonu ve dinamik performans	14
2.5.2. Alt ekstremitte patlayıcı güç ve sıçrama performansı.....	14
2.5.3. Dinamik Denge ve Nöromusküler Kontrol	15
3. GEREÇ VE YÖNTEM	17
3.1. Araştırmanın Modeli	17
3.2. Araştırma Grupları	17
3.2.1. Çalışmaya dahil edilme kriterleri	17
3.2.2. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri	18
3.2.3. Çalışmadan çıkarılma kriterleri	18
3.3. Çalışma Planı	18
3.4. Değerlendirme Yöntemleri	20
3.4.1. Demografik bilgi formu.....	20
3.4.2. Eklem hipermobilitesi	20
3.4.3. Ayak postürü	21
3.4.4. Ayak bileği motor fonksiyonu	22
3.4.5. Alt ekstremitte fonksiyonu.....	24
3.4.6. Pelvis hareketleri	24
3.4.7. Dinamik Denge.....	25
3.5. İstatistiksel Analiz.....	26
4. BULGULAR	29
4.1. Demografik Bilgiler.....	29
4.2. Ayak Postür İndeksi ve Topuk Yükseltme Testi Verileri.....	29
4.3. Sıçrama Performans Verileri	32

	Sayfa
4.4. Pelvik Simetri Verileri	34
4.5. Dinamik Denge Verileri	36
5. TARTIŞMA.....	39
5.1. Limitasyonlar	45
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR.....	49
EKLER.....	57
EK-1. Etik komisyon onayı	58
EK 2. Bilgilendirilmiş gönüllü olur formu	59
EK-3. Demografik bilgi formu	61
EK-4. API-6 değerlendirme formu	62
ÖZGEÇMİŞ	63

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Hipermobilite grubu ve kontrol grubu demografik özellikleri	29
Çizelge 4.2. Ayak postür indeksi ve tek ayak topuk yükseltme testi sonuçlarının karşılaştırılması.....	31
Çizelge 4.3. Katılımcıların sıçrama performans verilerinin gruplara göre karşılaştırılması.....	33
Çizelge 4.4. Pelvik simetri indekslerinin gruplara göre karşılaştırılması	35
Çizelge 4.5. Katılımcıların Y-denge testi skorlarının gruplara göre karşılaştırılması.....	37

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Çalışmanın akış şeması.....	19
Şekil 3.2. Beighton skoruna göre hipermobilite değerlendirmesi.....	21



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Ayak postür indeksi değerdendirmesi	22
Resim 3.2. Topuk yükseltme testi uygulama prosedürü.....	23
Resim 3.3. Yürüyüş Değerdendirmesi	25
Resim 3.4. Y denge testi: Sırasıyla anterior-posterolateral-posteromedial yön	26



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

%	Yüzde
°	Derece
cm	Santimetre
kg	Kilogram

Kısaltmalar

Açıklamalar

API-6	Ayak Postür İndeksi
BEHS	Benign Eklem Hiper mobilitesi Sendromu
EH	Eklem Hiper mobilitesi
EDS	Ehlers-Danlos Sendromu
GEH	Generalize Eklem Hiper mobilitesi
HSB	Hiper mobilite Spektrum Bozuklukları
hEDS	Hiper mobil tip EDS
SJ	Squat Jump
VKI	Vücut Kitle indeksi
YDT	Y Denge Testi

1. GİRİŞ

Eklem Hipermobilitesi (EH), eklem hareket açıklığının yaş, cinsiyet ve etnik köken açısından normal kabul edilen fizyolojik sınırların ötesine geçmesi ile karakterize klinik bir durumdur [1]. 2017 yılında yayımlanan uluslararası sınıflandırma ile Hipermobilitate Spektrum Bozuklukları (HSB) ve Ehlers–Danlos Sendromları (EDS) yeniden tanımlanmış ve tanı kriterleri güncellenmiştir. Bu güncelleme ile Asemptomatik Genel Hipermobilitate, HSB ve Hipermobil Tip EDS (hEDS) kavramsal olarak ayrıştırılmıştır [8].

Epidemiyolojik çalışmalar, genel popülasyonda hipermobilitate prevalansının yaş, cinsiyet ve etnik kökene bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Çocukluk ve adölesan dönemde görülme sıklığı erişkin döneme kıyasla daha yüksektir ve kız grupta daha yaygın olduğu bilinmektedir [2]. Bu dönemde bağ dokusunun fizyolojik özellikleri ve hormonal etkiler, eklem laksitesini artırabilmektedir [13].

Hipermobilitenin etyopatogenezinde tip I, III ve V kolajen başta olmak üzere bağ dokusu proteinlerindeki yapısal değişiklikler rol oynamaktadır. Bu yapısal farklılıklar ligamentöz stabilitenin azalmasına, pasif eklem desteğinin zayıflamasına ve nöromüsküler kontrol gereksiniminin artmasına yol açmaktadır [3]. Pasif stabilizatörlerdeki yetersizlik, yük aktarımının daha fazla kas aktivasyonuna bağımlı hale gelmesine neden olmaktadır.

Adölesan dönem; hızlı boy uzaması, hormonal değişiklikler ve nöromüsküler yeniden organizasyon ile karakterize dinamik bir süreçtir. Büyüme atağı sırasında kemik uzunluğundaki artış ile kas-tendon ünitesinin adaptasyon hızı arasında geçici uyumsuzluklar oluşabilmektedir. Bu durum motor kontrol ve koordinasyonda geçici dalgalanmalara yol açabilmektedir [4]. Hipermobilitate varlığında bu nöromüsküler senkronizasyon kaybının daha belirgin olabileceği düşünülmektedir.

Hipermobiliteye bağlı vücudun genelindeki bağ dokusu esnekliğinin yansıması olarak tüm vücut segmentlerinin etkilendiği bildirilmektedir. Vücut ağırlığının zeminle ilk temas ettiği segment olan ayak, hipermobilitenin biyomekanik etkilerinden doğrudan etkilenmektedir. Ligamentöz laksite medial longitudinal arkın korunmasını zorlaştırarak artmış pronasyon eğilimine neden olabilmektedir [46]. Artmış pronasyon, alt ekstremitte boyunca yukarı doğru ilerleyen kinetik zincirde yük dağılımını değiştirebilmektedir [84].

Pelvis, alt ekstremiteler ile gövde arasındaki yük transferinin merkezi bir bileşeni olarak görev almaktadır. Lumbopelvik bölgedeki stabilite kaybı, frontal ve transvers düzlemde artmış pelvik salınım ile sonuçlanabilmektedir. Lumbopelvik kontrolün bozulması, alt ekstremité biyomekaniğini ve enerji transferini olumsuz etkileyebilmektedir [85]. Hiper mobil bireylerde pasif stabilite azalması nedeniyle bu segmentte hiper mobiliteye bağılı nöromüsküler kompensasyon gereksinimi artmaktadır [55].

Hiper mobil bireylerde propriyoseptif geribildirimde azalma ve kas aktivasyon zamanlamasında gecikme bildirilmiştir. Bu durum postüral salınım artışı ve performans düşüşü ile ilişkilendirilmektedir [7].

Patlayıcı güç üretimi ve sıçrama performansı, alt ekstremité kas-tendon ünitesinin etkinliğini yansıtan önemli göstergelerdir. Kas aktivasyonu zamanlamasının nöromüsküler kontrol ile yakından ilişkili olduğu ve adölesan dönemde değışkenlik gösterebildiğı belirtilmektedir [4]. Hiper mobil bireylerde artmış pasif hareket açıklığına rağmen kuvvet aktarımında enerji kaybı oluşabileceğı öne sürölmektedir [78].

Literatür incelendiğinde, EH varlığının kas-iskelet sistemi üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların odak noktasının denge, kas kuvveti, propriyosepsiyon veya ağrı gibi spesifik klinik parametreler olduğu görölmektedir. Bununla birlikte hiper mobilitenin alt ekstremité biyomekaniğı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların kısıtlı olduğunu ve mevcut çalışmaların önemli bir bölümünün erişkin popölasyondan elde edildiğı görölmüştür [8, 9]. Oysa adölesan dönem kritik bir gelişim evresi olup, bu süreçte meydana gelen hızlı fizyolojik ve biyomekanik süreçler alt ekstremité kinetik zincirini doğrudan etkileyebilmektedir [10]. Özellikle pubertal dönemle birlikte kız ve erkek adölesanlar arasında belirginleşen hormonal varyasyonlar, kas kitlesi artışı ve morfolojik değışimler, hiper mobilitenin kas-iskelet sistemi üzerindeki yansımalarını farklılaştırabilecek temel biyolojik bileşenler olarak öne çıkmaktadır.

Literatürde adölesan popölasyonda EH ile alt ekstremitenin biyomekanik adaptasyonları arasındaki ilişkiyi bütüncöl bir yaklaşımla ele alan çalışmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Mevcut araştırmaların çoğı yürüyüşün zamansal parametrelerine yoğunlaşmış [11]; ancak hareketin merkezinde yer alan pelvik segmentin kinematik davranışı ile distal segment mekaniğı ve fonksiyonel performans arasındaki karmaşık etkileşimi yeterince

aydınlatamamıştır. Özellikle pelvik salınım paternlerinin hipermobilite varlığında nasıl modifiye olduğu ve bu değişimlerin adölesan dönemdeki doğal cinsiyet varyasyonları ile nasıl bir etkileşim içinde olduğu konusu, literatürde önemli bir bilgi boşluğu olarak yerini korumaktadır [12, 13]. Nitekim adölesan kızlarda bağ dokusu gevşekliğinin kas kuvveti yetersizliğiyle birleşerek kinematik sapmaları artırma riski bulunurken; erkeklerde puberteye bağlı artan androjen seviyelerinin bu instabiliteyi kompanse edebileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla hipermobilitenin etkilerini değerlendirirken cinsiyet parametresinin de analize dahil edilmesi, klinik nöromüsküler adaptasyon süreçlerinin anlaşılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu yönüyle çalışmamız, adölesan popülasyonda hem statik hem de dinamik segment etkileşimlerini cinsiyet faktörünün modifiye edici rolüyle birlikte tek bir metodolojide kombine ederek literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlayan ilk araştırmadır.

Adölesan popülasyonda eklem hipermobilitesinin etkilerini sadece lokal segmentlerle sınırlı kalmayıp, distalden proksimale uzanan kinetik zincir bütünlüğü içinde ve cinsiyete özgü morfolojik varyasyonların etkileşimi odağında ele alan bu araştırma, literatürdeki sınırlı sayıdaki çalışmadan biridir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı; adölesanlarda eklem hipermobilitesi varlığının ayak postürü, yürüme sırasındaki pelvik kinematik parametreler ve alt ekstremitte fonksiyonel performansı üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemek ve bu çıktıların cinsiyete göre nasıl farklılaştığını belirlemektir. Elde edilecek sonuçların, adölesan dönemdeki doğal cinsiyet farklılıkları ile hipermobilitenin getirdiği biyomekanik adaptasyonlar arasındaki karmaşık ilişkinin anlaşılmasına katkı sağlaması; hem kız hem de erkek adölesanlara yönelik koruyucu ve rehabilite edici stratejilerin geliştirilmesinde bütüncül bir perspektif sunması öngörülmektedir.

Bu doğrultuda bu çalışmanın hipotezleri şöyledir:

H1₁: Hipermobilitesi olan adölesanlarda ayak postür skorları sağlıklı kontrol grubundan farklıdır.

H1₂: Adölesanlarda cinsiyete bağlı olarak ayak postürü skorları farklıdır.

H1₃: Hipermobilitesi olan adölesanlarda pelvik kinematik parametreler ve simetri indeksleri sağlıklı kontrol grubundan farklıdır.

H1₄: Adölesanlarda cinsiyete bağlı olarak pelvik simetri indeksleri farklıdır.

H1₅: Hipermobilitesi olan adölesanlarda alt ekstremitte fonksiyonel parametreleri (sıçrama, denge ve motor endurans) sağlıklı kontrol grubundan farklıdır.

H1₆: Adölesanlarda cinsiyete bağlı olarak alt ekstremitte fonksiyonel parametreleri (sıçrama, denge ve motor endurans) farklıdır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Eklem Hiper mobilitesi

2.1.1. Tanımı ve epidemiyolojisi

Eklem Hiper mobilitesi; eklem stabilitesini sağlayan kısıtlayıcı yumuşak dokuların aşırı laksitesi sonucunda, eklem hareket açıklığının fizyolojik sınırların ötesinde anormal artışı ile karakterize olan klinik bir durumdur [14]. Genellikle asemptomatiktir yalnızca spesifik eklem muayenesi sonucu tespit edilmektedir [15]. Hiper mobil bir eklem kişinin yaşı, cinsiyeti, etnik kökeni ve yaptığı fiziksel aktivite türü gibi faktörler göz önüne alındığında, o kişi için normal kabul edilebilen eklem hareket sınırlarını aşan eklemdir [16]. Hiper mobilitenin temelinde, bağ dokusundaki intrinsik gevşeklik yatmaktadır. Bu durum; tipik olarak kolajen, fibrilin veya tenasin gibi proteinleri kodlayan genlerdeki mutasyonların bir sonucu olup, bağ dokusu lifli proteinlerinin yapısal bütünlüğündeki bozulmalardan kaynaklanmaktadır [17]. EH, literatürde 'eklem laksitesi' ile birbiri yerine kullanılmakla birlikte, klinik pratikte bu terimler tutulumun genişliğine ve semptom varlığına göre spesifikleşmektedir [18,19]. Sınırlı sayıda eklemi etkileyen tablo 'lokalize'; yaygın tutulum ise 'generalize' hiper mobiliteler olarak adlandırılır [20]. Generalize Eklem Hiper mobilitesi (GEH) semptomatik hale geldiğinde ve hastanın romatolojik, nörolojik, metabolik şikayetleri olmaması durumunda 'Eklem Hiper mobilitesi Sendromu' çatısı altında toplanmaktadır [21]. 'Benign Eklem Hiper mobilitesi Sendromu (BEHS)' terimi, sistemik ve daha ağır seyreden bağ dokusu hastalıklarından ayırt edilmesi amacıyla hastalığın doğasına ve ailesel geçiş gösteren belirgin genetik altyapısına vurgu yaparak literatürde kullanılmaktadır [14].

2.1.2. Etyopatogenez

Eklem hareket açıklığı, doku düzeyinde komplike bir yapıya sahiptir. Temel belirleyici, bağ dokusunun ana proteinleri olan kolajen ve elastin liflerinin doku içindeki miktarları ve bu oranlardaki varyasyonlardır. Kolajen; deri, tendon, ligaman, eklem kapsülü ve vasküler yapıların temel yapıtaşı olarak mekanik dirençten sorumlu ana faktördür. Literatürde; Marfan Sendromu, EDS ve Osteogenezis İmperfekta gibi herediter bağ dokusu

hastalıklarının temelinde kolajen sentezi ve yapısındaki defektlerin yattığı bildirilmiştir [20,22].

EH'nin kesin patofizyolojik mekanizmaları henüz tam olarak aydınlatılamamış olsa da, durumun sistemik bir kolajen doku anomalisi olduğu kabul edilmektedir [23]. EH'de bağ dokusunun moleküler yapısındaki değişiklikler üzerine yapılan ilk çalışmalar, özellikle ciltteki Tip I ve Tip III kolajen oranlarının doku laksitesiyle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur [24]. Güncel literatür, bu biyokimyasal dengesizliğin kolajen fibrillerinin dizilimini bozarak eklem kapsülü ve vasküler yapılarda mekanik direnç kaybına yol açtığını doğrulamaktadır [1,25].

Genetik faktörlerin EH etyolojisindeki rolü, ikiz çalışmalarıyla desteklenmiştir [7]. BEHS, genetik geçiş yolları açısından EDS ile benzerlikler göstermekte ve genellikle otozomal dominant bir kalıtım paterni izlemektedir [1, 26]. Klinik tablonun sadece eklemlerle sınırlı kalmayıp farklı sistemleri etkilemesi, altta yatan yaygın bağ dokusu bozukluğunu kanıtlar niteliktedir. Hipermobil bireylerden alınan cilt biyopsilerinin mikroskopik incelemeleri, kolajen demetlerinin yapısal organizasyonunda belirgin bozulmalar olduğunu ortaya koymaktadır [20].

2.1.3. Epidemiyoloji

Eklem Hipermobilitesi, çocukluk ve adölesan dönemde oldukça yaygın görülen bir özellik olup, prevalansı çalışmalarda kullanılan ölçütlere, yaş aralığına ve etnik kökene göre değişkenlik göstermektedir. 2021 yılında yapılan güncel bir sistematik derleme ve metaanalizin verilerine göre, dünya genelinde çocuk ve adölesan popülasyonunda EH prevalansının oldukça yüksek olduğu ve Beighton skoruna göre %30'un üzerinde seyrettiği belirtilmiştir [27]. Literatürdeki en kapsamlı güncel analizlerden biri, EH prevalansının kızlarda erkeklere oranla anlamlı derecede daha yüksek olduğunu (kızlarda yaklaşık %34, erkeklerde %18) ve yaşın ilerlemesiyle birlikte eklem mobilitesinin fizyolojik olarak azalma eğilimi gösterdiğini doğrulamaktadır [28].

Türkiye örnekleminde yapılan güncel çalışmalar da bu yaygınlığı desteklemektedir; okul çağı çocuklarında yapılan son araştırmalar, bölgesel farklılıklar göstermekle birlikte prevalansın %15 ile %25 bandında seyrettiğini ortaya koymaktadır [29]. Avrupa ve diğer

gelişmiş popülasyonlarda yapılan son kesitsel çalışmalar ise, Beighton kesme puanı olarak 6 ve üzerinin alınması durumunda bile prevalansın adölesanlarda %10-15'in altına düşmediğini göstermektedir [30]. Güncel kanıtlar, EH'nin pediatrik ve adölesan popülasyonda klinik olarak yüksek bir yaygınlığa sahip olduğunu vurgulamaktadır.

2.1.4. Sınıflandırma ve tanı yöntemleri

Generalize Eklem Hipermobilitesi tanımlanmasında Carter ve Wilkinson (1964) kriterleri başta olmak üzere çeşitli değerlendirme araçları geliştirilmiştir. Ancak klinik ve araştırma ortamlarında standardizasyonu sağlamak amacıyla günümüzde en yaygın kullanılan yöntemler Beighton Skoru ve 2017 yılında güncellenen Uluslararası EDS sınıflandırma kriterleridir.

Beighton skorlaması

Beighton Skoru, GEH'nin değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan klinik tarama aracıdır. Dokuz puan üzerinden yapılan bu değerlendirme; bilateral beşinci parmak dorsifleksiyonu, başparmağın ön kola temas etmesi, dirsek ve diz hiperekstansiyonu ile gövde fleksiyonunu içermektedir [31]. 2017 Uluslararası EDS Konsorsiyumu tarafından yaşa bağlı eşik değerler güncellenmiştir [1].

Buna göre hipermobilité tanısı için:

- Prepubertal çocuklar ve adölesanlar için $\geq 6/9$
- 50 yaşına kadar olan yetişkinler için $\geq 5/9$
- 50 yaş üzeri bireyler için $\geq 4/9$

puan anlamlı kabul edilmektedir.

Beighton skoru, uygulama kolaylığı ve yüksek gözlemci içi güvenilirliği nedeniyle epidemiyolojik çalışmalarda ve klinik araştırmalarda tercih edilmektedir.

2017 uluslararası sınıflandırma kriterleri

2017 yılında yapılan güncelleme ile hipermobiliteye bağlı klinik tablolar yeniden sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamada GEH tek başına bir hastalık olarak değil, klinik bir bulgu olarak kabul edilmektedir [1].

EDS tanısı üç ana kriterin birlikte değerlendirilmesini gerektirir:

- GEH varlığı,
- Sistemik bağ dokusu bulguları ve/veya muskuloskeletal komplikasyonların varlığı,
- Alternatif bağ dokusu hastalıklarının dışlanması.

Hipermobil tip EDS kriterlerini tam karşılamayan ancak semptomatik hipermobilite gösteren bireyler ise “Hipermobilite Spektrum Bozuklukları” başlığı altında sınıflandırılmaktadır [3].

Bu yaklaşım, hipermobilitayı spektrum kavramı içerisinde ele alarak klinik çeşitliliği daha iyi açıklamayı amaçlamaktadır.

Beş maddeli anket

Fiziksel muayenenin mümkün olmadığı durumlarda veya geçmişteki hipermobilite varlığını değerlendirmek amacıyla Beş Maddeli Anket kullanılabilmektedir. Bu anket, bireyin adolesan dönemindeki hipermobilite özelliklerini sorgulamaktadır. İki veya daha fazla soruya olumlu yanıt verilmesi GEH açısından yüksek duyarlılık göstermektedir (%80–85) [32].

2.2. Adölesan Dönemde Kas-İskelet Sistemi Gelişimi

2.2.1. Pubertal büyüme ve fizyolojik gelişim

Adölesan dönem, çocukluktan yetişkinliğe geçiş sürecini kapsayan; biyolojik, hormonal ve nöromusküler değişimlerin yoğun olarak yaşandığı önemli bir gelişim evresidir. Bu dönemin en belirgin özelliği, “pubertal büyüme patlaması” olarak tanımlanan hızlı boy uzama sürecidir. Puberteyle birlikte artan büyüme hormonu ve seks steroidleri; kemik mineral

yoğunluğunda artışa, vücut kompozisyonunda cinsiyete özgü farklılaşmalara ve kas-iskelet sistemi yapılarında belirgin morfolojik değişimlere yol açmaktadır. Erkeklerde yağsız vücut kütlelerinde ve kas hacminde artış görülürken, kızlarda relatif olarak yağ dokusunda artış gözlenmektedir [33].

Bu hızlı fiziksel büyüme süreci, nöromüsküler sistemin adaptasyon kapasitesi ile her zaman uyumlu ilerlememektedir. Özellikle boy uzamasının hızlandığı dönemlerde ekstremitelerdeki artışa karşı motor kontrol mekanizmalarının nöroplastisite süreci devam etmektedir. Bu durum literatürde “nöromüsküler asenkroni” olarak tanımlanmakta olup, geçici koordinasyon bozukluklarına, propriyoseptif geri bildirimde değişimlere ve biyomekanik yüklenmelere karşı doku hassasiyetinin artmasına neden olabilen bir geçiş süreci olarak değerlendirilmektedir [34].

2.2.2. Adölesanlarda nöromüsküler gelişim

Adölesan dönemde kas-iskelet sistemi gelişimi, kemiklerin doğrusal büyümesi ile yumuşak dokuların adaptasyonu arasındaki etkileşimle karakterize dinamik bir süreçtir. Kemik uzunluğundaki artış çoğu zaman kas-tendon ünitelerinin uzama hızından daha hızlı gerçekleşmekte; bu durum geçici kas kısalıklarına, esneklik kayıplarına ve artmış gerilme stresine yol açabilmektedir. Literatürde bu geçici yapısal uyumsuzluk “adölesan dismorfisi” olarak tanımlanmakta ve özellikle alt ekstremitelerde biyomekaniğinde uyumsuzluklarla ilişkilendirilmektedir [35].

Puberteyle birlikte artan androjen düzeyleri erkek adölesanlarda kas kuvvetinde belirgin artış sağlarken, kız adölesanlarda kuvvet kazanımı daha sınırlı düzeyde kalmaktadır. Kızlarda artmış ligamentöz laksite ve nöromüsküler kontrol farklılıkları ile birleşen bu durum, özellikle distal eklem yaralanmaları açısından yüksek bir risk profili oluşturmaktadır [9]. Ayrıca epifiz plaklarının henüz kapanmamış olması, adölesan bireyleri mekanik streslere ve aşırı kullanım yaralanmalarına karşı daha hassas hale getirmektedir. Bu nedenle adölesan kas-iskelet sisteminin değerlendirilmesinde yalnızca morfolojik değil, aynı zamanda fonksiyonel ve nöromüsküler parametrelerin de dikkate alınmalıdır.

2.2.3. Adölesanlarda eklem hipermobilitésinin klinik önemi

Adölesan popölasyonda hipermobilité sıklığı çocukluk dönemine kıyasla azalma eğiliminde olsa da bağ dokusu laksitesi ve hormonal etkiler nedeniyle bu yaş grubunda klinik olarak anlamlı bir bulgu olmaya devam etmektedir.

Eklem Hipermobilités, yalnızca artmış hareket açıklığı ile sınırlı olmayıp; propriyoseptif duyuda azalma, kas kuvvet yetersizliği, postüral kontrol bozuklukları ve kronik kas-iskelet sistemi ağrıları ile ilişkili olabilmektedir [36]. Hiper mobil adölesanlarda pasif stabilizatörlerin ve aktif stabilizasyon mekanizmalarının yetersizliği, tekrarlayan mikrotravmalara, subluksasyonlara ve fonksiyonel instabiliteye zemin hazırlayabilmektedir [37].

Özellikle dinamik aktiviteler sırasında önem taşıyan nöromüsküler kontrolün yetersizliği, bu bireylerde denge performansında azalma ve fonksiyonel kapasitede kısıtlılık ile ilişkilendirilmektedir. Güncel çalışmalar, HSB'nin adölesanlarda erken dönemde tanımlanmasının; ağrı yönetimi, egzersiz planlaması ve uzun dönem fonksiyonel sonuçların iyileştirilmesi açısından önem taşıdığını vurgulamaktadır [27]. Bu bilgiler ışığında EH'nin yalnızca anatomik bir varyasyon olarak değil, potansiyel klinik sonuçları olan bir durum olarak ele alınması gerekmektedir.

Adölesan dönemdeki bu klinik tablo, özellikle yük aktarımı sırasında alt ekstremité segmentlerinin birbirleriyle olan kinetik etkileşimini doğrudan değiştirmektedir. Bağ dokusundaki artmış laksite, büyüme dönemindeki kemiklerin (kaldıraç kollarının) uzamasıyla birleştiğinde; proksimal stabilite ve distal mobilité arasındaki dengeyi bozarak tüm postüral dizilimi etkilemektedir. Bu süreçte, vücut ağırlığının zeminle buluştuğu ilk temas noktası olan alt segment yapılarındaki destek yetersizliği, dinamik aktiviteler ve yürüme fazları boyunca kompanse edilmesi güç bir instabiliteye yol açmaktadır [13]. Yürüme döngüsünün tüm fazlarında meydana gelen güç aktarımında oluşan aksamalar, yalnızca lokal bir etkilenimle sınırlı kalmayıp, diz ve kalça eklemlerinden pelvik stabiliteye kadar uzanan distalden proksimale biyomekanik sapmalara yol açabilmektedir [9]. Dolayısıyla, hipermobilitéde gözlenen postüral ve fonksiyonel performans kayıplarını anlayabilmek için bu kompleks zincirin temelini oluşturan alt ekstremité diziliminin ve bu

dizilimi belirleyen anatomik/kinematik özelliklerin detaylıca irdelenmesi önem taşımaktadır [17].

2.3. Hiper mobilite ve Ayak Postürü

2.3.1. Ayak ve ayak bileği kompleksinin fonksiyonel anatomisi ve biyomekaniği

Ayak bileği eklem kompleksi, tibia ve fibulanın distal uçları ile talus arasında oluşan ve alt ekstremitenin zeminle bağlantısını sağlayan temel yapılardan biridir. Bu kompleks, vücut ağırlığının yere aktarılmasını ve yerin tepki kuvvetlerinin absorbe edilmesine olanak tanır. Tüm günlük aktiviteler sırasında alt ekstremitede oluşan makaslama ve kompresyon kuvvetlerine karşı ayak ve ayak bileğinin kemik ve bağ yapıları yüksek derecede stabilite sağlar [37].

Ayak ve ayak bileği; çok sayıda kemik, bağ, kas ve tendonun koordineli çalışmasıyla fonksiyon gösterir. Bu yapılar arasında komplike bir duyu ve motor sinir ağı bulunmaktadır ve bu nöromüsküler bütünlük, segmentlerin uyumlu hareket etmesini sağlar.

Ayak bileği eklem kompleksi tibiotalar eklem, subtalar eklem, talokalkaneonaviküler eklemden oluşmaktadır.

Tibiotalar eklem temel olarak plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon hareketlerinden sorumludur. Subtalar eklem frontal düzlemde inversiyon ve eversiyon hareketlerini gerçekleştirirken, talokalkaneonaviküler eklem ayağın zemin adaptasyonuna katkıda bulunur.

Ayak bileği ekleminin temel hareketleri sagittal düzlemde plantar fleksiyon-dorsifleksiyon, frontal düzlemde inversiyon–eversiyon ve transvers düzlemde abdüksiyon–addüksiyon hareketleridir. Bu hareketlerin farklı eklemlerin kombine aktivasyonu ile ortaya çıkması, ayak ve ayak bileğinin üç boyutlu hareket kapasitesini göstermektedir [38]. Söz konusu bu mobilite kapasitesi, ayağın motor fonksiyonu ile birleşerek yürüme döngüsü sırasında zemin tepki kuvvetlerinin absorbe edilmesini ve itme fazında gövdenin ileriye doğru güçlü şekilde iletilmesini sağlar.

2.3.2. Ayak postürü ve değerlendirme yöntemleri

Ayak postürü, statik ve dinamik olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir [39]. Statik postür ayakta duruş sırasında gözlenen yapısal hizalanmayı ifade ederken, dinamik postür tüm fonksiyonel aktiviteler sırasında ortaya çıkan segmental değişimleri kapsamaktadır. Ayak postürünün oluşumu ve sürdürülmesinde kas, ligament, kemik ve eklem yapıları birlikte rol oynamakta; özellikle ark yapısının korunmasında aktif ve pasif stabilizatörler uyum içinde çalışmaktadır [40].

Yürüme döngüsü boyunca ayak postürü sabit değildir. Bu dinamik mekanizma ayağın hem şok absorbe eden hem de stabil bir yapı olarak işlev görmesini sağlamaktadır [41].

Klinik değerlendirmede yaygın olarak üç düzlemli görsel gözlem kullanılmakla birlikte, daha güvenilir ölçüm amacıyla Ayak Postür İndeksi-6 (API-6) geliştirilmiştir [42]. API-6'nın geçerlilik ve güvenilirliğinin literatürde desteklendiği bildirilmektedir [43,44]. Ayrıca radyografik olmayan klinik ölçüm yöntemlerinin de güvenilir olduğu gösterilmiştir [45].

2.3.3. Eklem hipermobilitesinde ayak postürü ve biyomekanik değişiklikler

Eklem Hipermobilitesi, konnektif dokunun artmış distensibilitesi nedeniyle kas-iskelet sistemi biyomekaniğinde belirgin değişikliklere yol açabilmektedir. Özellikle ayak ve ayak bileği kompleksinde, ligamentöz laksiteye bağlı olarak statik ve dinamik yüklenme sırasında medial longitudinal arkın (MLA) korunması güçleşmektedir. Güncel çalışmalar, hipermobil bireylerde ayak postürünün sıklıkla pronasyon yönünde yer değiştirdiğini ve bu durumun pes planus yaygınlığını artırdığını göstermektedir. Hipermobiliteye eşlik eden bu postüral değişikliklerin, plantar yük dağılımını bozarak yürüme kinematiklerinde bozulmaya ve alt ekstremité proksimal segmentlerinde artan streslere neden olduğu belirtilmektedir. Hipermobil bireylerde bildirilen propriyoseptif geri bildirimdeki azalma ve nöromusküler kontrol bozukluklarının, postüral stabilite ve fonksiyonel mobilite üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği bildirilmektedir [46].

2.4. Pelvis Anatomisi ve Biyomekaniği

2.4.1. Pelvisin fonksiyonel anatomisi

Pelvis; iki kalça kemiği, sakrum ve koksiks'in birleşmesiyle oluşan halka biçimli (pelvik halka), gövdenin ağırlığını alt ekstremitelere ileterek yük aktarımında merkezi bir rol üstlenmesinin yanı sıra, pelvik kavitede yer alan iç organlar için koruyucu bir bariyer teşkil eden önemli bir yapıdır [88]. Pelvik kuşağın biyomekanik bütünlüğü, kemik, kas, fasya ve bağ doku mekanizmalarının etkileşimiyle sağlanmaktadır [47].

Pelvis, sagital, frontal ve transvers düzlemler hareket yeteneğine sahip bir yapıdır. Pelvisin sahip olduğu eğim, obliklik ve rotasyon gibi hareket paternleri, alt ekstremit ve omurganın fonksiyonel bütünlüğünde kritik öneme sahiptir. Örneğin, pelvisin öne tilt olması lomber lordozu artırırken, arkaya tilt olması lordozu azaltır. Bu adaptif mekanizmalar, yük taşıma ve denge açısından sinerjik bir düzen sağlamaktadır [48, 49].

Pelvisin stabilitesi pasif ve aktif sistemlerin birlikte çalışmasıyla sağlanmaktadır. Özellikle transvers abdominis, multifidus, gluteus medius ve minimus gibi kaslar, pelvis kontrolünde önemli görevlere sahiptir. Bu kas gruplarının ve pelvisin sahip olduğu hareket kapasitelerinin koordineli şekilde çalışması "Lumbopelvik Ritim"i oluşturur. Bu ritim fonksiyonel aktivitelerde pelvisin aşırı hareketlerini sınırlar ve kinetik zincirde yük aktarımının korunmasını sağlar [50].

2.4.2. Pelvik dizilim ve hipermobilitate bağlı kompensatuar mekanizmalar

Pelvis yerleşimi, sagital, frontal ve transvers düzlemlerde uygun açısal pozisyonlara sahiptir. Normal pelvis yerleşimi sagital düzlemde nötr tilt, frontal düzlemde dengeli obliklik, transvers düzlemde ise asimetrik olmayan rotasyon olarak tanımlanır [51]. Bu dizilim, alt ekstremiteye yük aktarımını optimize eder.

Pelvis diziliminin bozulması, alt ekstremit ve omurganın mekanik dengesini etkiler. Özellikle EH olan bireylerde ligamentöz gevşeklik ve nöromüsküler kontrol zayıflığı, pelvisin tilt ve rotasyonunun artmasına neden olabilir. Bu bozukluklar, kompensatuar

mekanizmaları tetikleyerek lumbosakral açı, sakroiliyak eklem stabilitesi ve alt ekstremité kinetik zinciri üzerinde biyomekanik değişikliklere sebep olabilmektedir [9].

Hipermobilite durumunda tendon ve ligamentlerin elastikiyetinin artması, pelvis çevresindeki stabilizatör kaslara binen yükü artırır. Bu durumda pelvis, anterior tilt, posterior tilt veya asimetrik obliklik gösterebilir ve bu pozisyonlar, kompensatuar mekanizma olarak tanımlanan distal segmentlerde dengesiz yüklenmeye yol açar [52, 53].

2.5. Adölesanlarda Alt Ekstremité Performansı

2.5.1. Alt ekstremité fonksiyonu ve dinamik performans

Alt ekstremité fonksiyonu; kuvvet üretimi, nöromusküler koordinasyon, denge kontrolü ve distal segmentlerin motor performansının bütüncül etkileşimi ile şekillenir. Bu sistem hem günlük yaşam aktivitelerinde hem de sportif performansta kinetik zincirin etkinliğini belirleyen temel unsurlardan biridir. Adölesan dönemde kas-iskelet sisteminde meydana gelen fizyolojik ve mekanik değişimler, alt ekstremité performans parametrelerinde belirgin farklılıklara yol açmaktadır. Bu nedenle patlayıcı güç, dinamik denge ve ayak bileği motor fonksiyonu gibi bileşenlerin değerlendirilmesi, adölesan grupta fonksiyonel kapasitenin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

2.5.2. Alt ekstremitéde patlayıcı güç ve sıçrama performansı

Patlayıcı güç, nöromusküler sistemin kas kuvvetini mümkün olan en kısa sürede ve yüksek hızda üretebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Bu fonksiyon, özellikle sıçrama, sprint ve yön değiştirme gibi yüksek şiddetli aktivitelerde belirleyici bir parametre olarak rol oynamaktadır. Alt ekstremité performansının değerlendirilmesinde sıçrama testleri yaygın olarak kullanılmakta olup, bu testler kas gücü, kuvvet üretim hızı ve segmentler arası uyum hakkında bilgi sağlamaktadır.

Squat Jump (SJ), germe-kısalma döngüsünü minimize ederek alt ekstremité ekstansör kas grubunun konsantrik kuvvet üretim kapasitesini değerlendirmeye olanak tanır [54]. Adölesan dönemde artan kas kütlesi ve nöromotor olgunlaşma ile patlayıcı güç parametrelerinde artış eğilimi gözlenmektedir. Bununla birlikte, EH bulunan bireylerde

ligamentlerde oluşan laksite ve eklem stabilitesindeki azalma, kuvvetin proksimalden distale iletiminde enerji kaybına neden olabilmekte ve maksimal güç üretim kapasitesini sınırlayabilmektedir [55]. Bu durum, sıçrama performansının biyomekanik verimliliğini etkileyebilmektedir.

2.5.3. Dinamik Denge ve Nöromusküler Kontrol

Dinamik denge, bireyin hareket sırasında ağırlık merkezini destek yüzeyi üzerinde kontrollü biçimde sürdürebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç; görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerden elde edilen afferent bilgilerin merkezi sinir sisteminde işlenmesi ve uygun motor yanıtın oluşturulması ile sağlanır. Nöromusküler kontrol ise ekleme binen yükler karşısında kasların uyumlu ve zamanında aktivasyonu ile stabilitenin korunmasını ifade etmektedir [56].

Adölesan dönemde büyüme hızındaki artış ve ekstremiteler uzunluklarının değişimi, geçici postüral kontrol zorluklarına yol açabilmektedir. Bu süreçte dinamik denge kapasitesi hem yaralanma riskinin belirlenmesinde hem de performans analizinde önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir.

Hipermobilite durumunda bağ yapılarıdaki mekanoreseptör fonksiyonda meydana gelen değişim ve azalan propriyoseptif geri bildirim, dinamik stabilitenin korunmasını güçleştirebilmektedir. Literatürde, hipermobil bireylerin dinamik denge gerektiren görevler sırasında artmış postüral salınım gösterebildiği ve stabilitenin sürdürülebilmesi için daha yüksek düzeyde kas aktivasyon stratejilerine başvurabildiği bildirilmektedir [9].

Tüm bu mekanizmalar bir bütün olarak değerlendirildiğinde; EH’de gözlenen ligamentöz laksitenin, sadece lokal bir eklem sorunu olmadığı, aksine ayağın yerle temasından pelvisin dinamik stabilitesine kadar uzanan geniş bir biyomekanik etkileşim ağı yarattığı görülmektedir. Literatürde denge ve ağrı gibi spesifik parametreler sıklıkla çalışılmış olsa da özellikle gelişimin en kritik evresi olan adölesan dönemde, bu esnek yapının alt ekstremiteler kinetik zinciri boyunca nasıl bir adaptasyon süreci izlediği henüz yeterince aydınlatılamamıştır. Mevcut kanıtlar, proksimaldeki pelvik kontrol ile distaldeki ayak postürü arasındaki bu karmaşık ilişkinin fonksiyonel performansa nasıl yansıdığını ve bu sürecin cinsiyetler arasında nasıl farklılaştığını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu

alandaki bilgi boşluğunu doldurmak ve hipermobil bireylerde görülebilecek olası biyomekanik sapmaları bütüncül bir yaklaşımla saptamak hem erken teşhis hem de kişiye özel rehabilitasyon stratejilerinin geliştirilmesi açısından temel bir gereklilik oluşturmaktadır.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırma, nicel araştırma yöntemine dayalı, tanımlayıcı ve karşılaştırmalı olarak tasarlanmış ve kesitsel bir modelle yürütülmüştür. Araştırma sonucunda elde edilen veriler sayısal olarak ölçülmüştür. Ayrıca bu çalışma EH olan ve olmayan adölesan bireylerin ayak postürünü, pelvik hareketlerini ve alt ekstremitte fonksiyonlarını karşılaştırmalı bir yaklaşım içererek incelemiştir. Bu nedenle bu çalışma iki grup arasındaki farkları belirlemek amacıyla yapılandırılmıştır.

3.2. Araştırma Grupları

Çalışma, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Sporda Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalında yürütülmüştür. Araştırma için Gazi Üniversitesi Etik Komisyonundan izin alınmıştır (EK-1, Etik No: 2024 – 1989 ; Tarih: 24.12.2024).

Örneklem; Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Sporcu Sağlığı Kliniğine başvuran idari ve akademik personel yakınları arasından, gönüllü olan 10-18 yaş aralığındaki 99 adölesanın rastgele örnekleme yöntemiyle seçilmesiyle oluşturulmuştur. Çalışmaya dâhil edilen tüm bireyler ve yasal temsilcileri çalışma hakkında detaylı olarak bilgilendirilmiştir. Katılımcıların 18 yaş altı olması sebebiyle ebeveynlerinden "Aydınlatılmış Onam Formu", adölesanların kendilerinden ise "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu" alınmıştır. (EK-2)

Katılımcılar; EH olanlar ve kontrol grubu olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Beighton skoru 6 ve üzeri olanlar hiper mobil gruba, 5 ve altı olanlar ise kontrol grubuna dâhil edilmiştir [57].

3.2.1. Çalışmaya dahil edilme kriterleri

- 10-18 yaş aralığında olmak
- Beighton skorundan 6 veya üzeri bir puan almak
- Ebeveyn onayı almış olmak

- Ek olarak kontrol grubuna dahil edilen katılımcılar için Beighton skorundan 5 veya altı puan almış olmak

3.2.2. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri

- Kalça, diz ve ayak bileğinden herhangi bir cerrahi geçirmiş olmak
- Alt ekstremitelerde konjenital ya da travmatik deformite hikayesi olmak
- Tanılanmış kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının olması

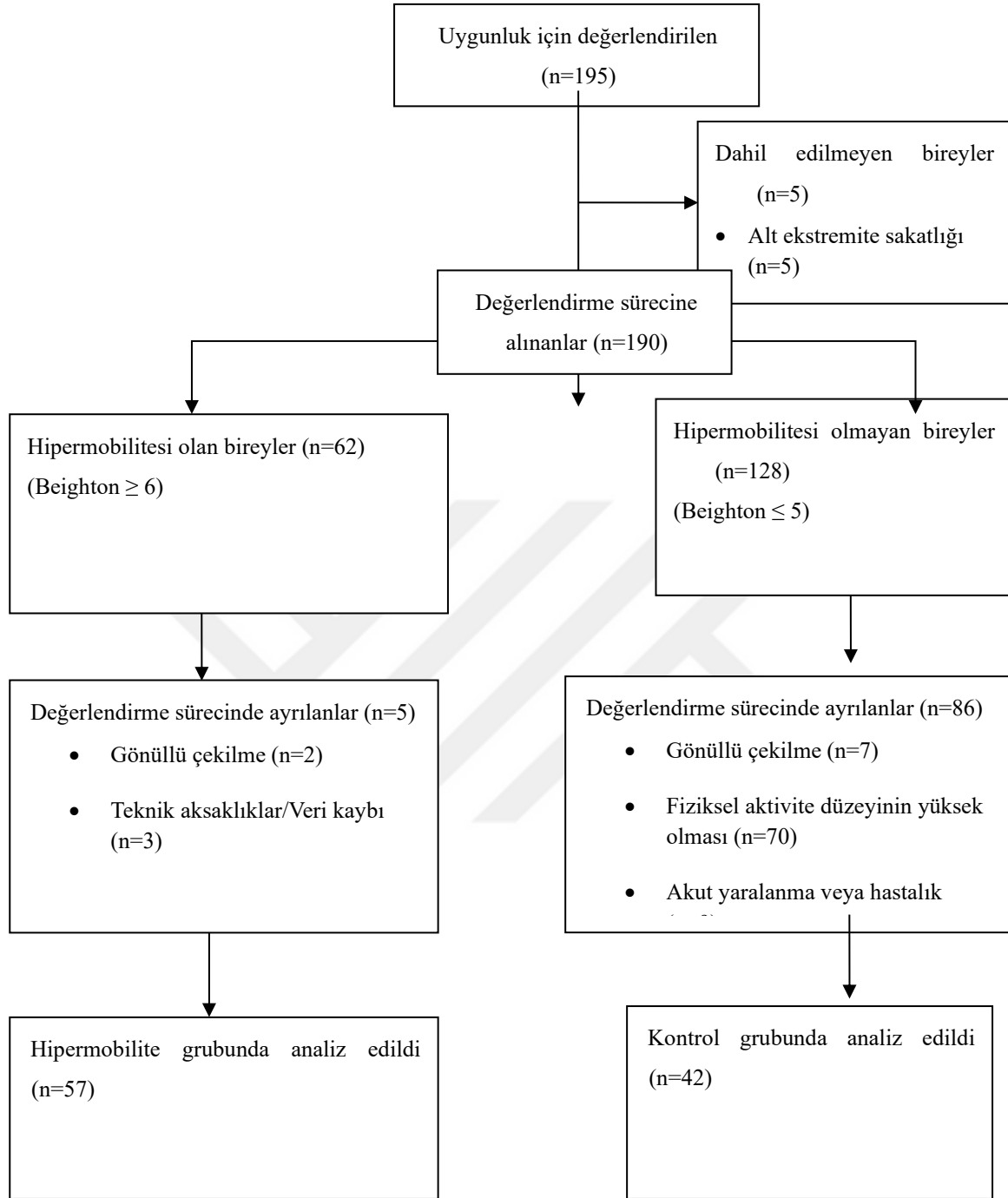
3.2.3. Çalışmadan çıkarılma kriterleri

- Değerlendirme kapsamındaki fiziksel testleri ve uygulama direktiflerini tam olarak yerine getirmekte güçlük yaşamak

3.3. Çalışma Planı

Araştırmaya katılmayı kabul eden 195 birey, dahil edilme kriterleri açısından değerlendirilmek üzere kliniğe davet edilmiştir. Yapılan ön değerlendirmeler sonucunda 96 katılımcı çeşitli gerekçelerle çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Dışlanma nedenleri; dahil edilme kriterlerinin tam olarak karşılanamaması (n=5), klinik değerlendirme süreçleri tamamlanmadan gönüllü olarak çekilme (n=9), teknik aksaklıklar nedeniyle veri bütünlüğünün sağlanamaması (n=3), değerlendirme aşamasında gelişen akut alt ekstremitte yaralanması veya sistemik hastalıklar (n=9) ve fiziksel aktivite düzeyinin yüksek olması (n=70) olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışma, kriterleri karşılayan ve tüm protokolleri eksiksiz tamamlayan 99 katılımcı ile yürütülmüştür.

Dahil edilme kriterlerine uygunluk sağlayan bireylerde EH varlığını saptamak amacıyla Beighton Skoru kullanılmıştır. Toplam 9 puan üzerinden yapılan değerlendirmede, 6 ve üzeri puan alan 57 birey Hipermobilité grubuna dahil edilmiştir. Kontrol grubuna ise; dahil edilme kriterlerini karşılayan ve Beighton Skoru 5 ve altı olan 42 birey dahil edilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmanın akış şeması

Değerlendirmeler aşağıdaki sıra ile uygulandı:

- Çalışmaya katılmayı kabul eden bireylerin çalışmaya dahil edilme kriterlerine uygunluğunun belirlenmesi
- Dahil edilme kriterlerine uyan bireylere çalışma detaylarının anlatılması

- Eklem Hipermobilitesi olan ve olmayan bireyleri saptamak amacıyla Beighton Skorunun uygulanması
- Beighton Skoru değerlerine göre EH olan bireylerin belirlenmesi
- Bireylerin demografik bilgilerinin alınarak EH olan bireylerle yaş, VKİ ve cinsiyet bakımından eşleşen EH olmayan bireylerin belirlenmesi
- Çalışmaya dâhil edilen bireylerin değerlendirilmesi için bireylerden ve ebeveynlerinden yazılı onam alınması, uygun günlerinin belirlenmesi
- Değerlendirme gününde belirtilen değerlendirmelerin yapılması

3.4. Değerlendirme Yöntemleri

Katılımcıların fiziksel performanslarını ve biyomekanik parametrelerini belirlemek amacıyla değerlendirmeler; denge, patlayıcı güç ve yürüme analizi olmak üzere üç temel aşamada gerçekleştirildi. Testlerin uygulanma sırası, yorgunluk etkisini minimize etmek amacıyla randomize edilmiştir.

Ölçümlerin standardizasyonunu sağlamak ve çevresel faktörlerin etkisini minimize etmek amacıyla tüm değerlendirmeler günün aynı saat diliminde ve aynı klinik koşullarda gerçekleştirildi. Değerlendirme sürecinde katılımcıların motivasyonunu yüksek tutmak ve yorgunluğa bağlı veri sapmalarını önlemek amacıyla her test arasında 3–5 dakikalık dinlenme süreleri verildi.

3.4.1. Demografik bilgi formu

Katılımcıların cinsiyet, yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu, VKİ ve alt ekstremitte için dominant tarafları bilgileri kayıt altına alındı. Alt ekstremitte için topa vurma bacağı sorgulanarak kaydedildi (58). (EK-3)

3.4.2. Eklem hipermobilitesi

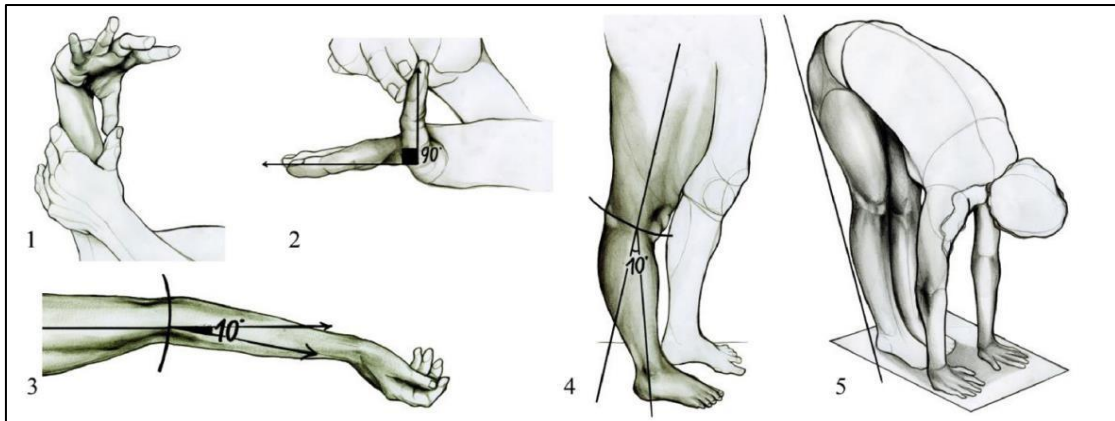
Eklem Hipermobilitesi değerlendirmesinde fiziksel muayene temel bir rol oynamaktadır. İlk sistematik değerlendirme yaklaşımı 1964 yılında Carter ve Wilkinson geliştirilmiştir. Daha sonra, 1973 yılında Beighton ve arkadaşları bu kriterleri modifiye ederek daha uygulanabilir ve objektif bir değerlendirme sistemi olan Beighton Skorunu oluşturmuşlardır. Beighton

Skoru eklemleri bilateral değerlendirmesi ve uygulama kolaylığı sebebiyle günümüzde en sık kullanılan yaklaşımlardan biri haline gelmiştir [31].

Bu çalışmada, EH'nin belirlenmesinde Beighton Skoru kullanıldı. Değerlendirme, katılımcıların fiziksel muayenesi yoluyla, aşağıda belirtilen beş hareketin varlığına göre yapıldı. Her test için sağ ve sol taraf ayrı ayrı değerlendirilmiş ve toplamda 9 puan üzerinden skorlandı:

1. Dirsek ekleminde 10° ve üzeri hiperekstansiyon (her iki taraf ayrı ayrı değerlendirilir, maksimum 2 puan)
2. Diz ekleminde 10° ve üzeri hiperekstansiyon (her iki taraf 2 puan),
3. Başparmağın pasif olarak ön kola dokundurulması (her iki taraf 2 puan),
4. Küçük parmağın pasif olarak 90° ve üzerine ekstansiyonu (her iki taraf 2 puan),
5. Ayakta, dizler ekstansiyonda iken öne eğilerek avuç içlerinin yere temas etmesi (1 puan, bilateral değerlendirilmez).

Her bir kriterin karşılanması durumunda 1 puan verilmiş; toplam puan 0 ile 9 arasında hesaplandı. Çalışma kapsamında, Beighton Skoru 6 ve üzeri olan bireyler “hipermobil gruba”, 5 ve altı olan bireyler ise “kontrol grubuna” dahil edildi.



Şekil 3.2. Beighton skoruna göre hipermobilite değerlendirmesi (71)

3.4.3. Ayak postürü

Bu çalışmada ayak postürünün değerlendirilmesi için API-6 kullanılmıştır. API-6, Redmond ve arkadaşları tarafından 2006 yılında geliştirilmiş olup, Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik

çalışması Kaya tarafından 2021 yılında yapılmıştır. API-6, altı farklı parametre üzerinden değerlendirme yapılmasına olanak sağlayan, hızlı ve kolay uygulanabilir gözleme dayalı bir ölçüm aracı olarak geliştirilmiştir [9]. Her bir parametre -2 ile +2 arasında puanlanmıştır. Elde edilen puanlar toplanarak genel ayak postürü belirlenmiştir. -1 ile -12 arası skorlar ayakta supinasyon eğilimini, 0 ile +5 arası skorlar ayakta nötral postürü, +6 ile +12 arası skorlar ise pronasyon eğilimini göstermektedir. Bu sınıflandırma doğrultusunda katılımcılar, ayakta rahat ve gevşek duruş pozisyonunda değerlendirmeye alındı. Değerlendirme sırasında; talus başının palpasyonu, supramalleolar ve inframalleolar bölgedeki eğimin gözlemlenmesi, talonaviküler eklem bölgesindeki medial katlantılar, medial longitudinal arkın görünümü ve ön ayağın arka ayağa göre abduksiyon veya addüksiyon pozisyonu gibi parametreler klinik gözlem yoluyla değerlendirildi. (EK-4)



Resim 3.1. Ayak postür indeksi değerlendirmesi (59)

3.4.4. Ayak bileği motor fonksiyonu

Katılımcıların plantar fleksör kas grubunun enduransını ve fonksiyonel performansını değerlendirmek amacıyla Topuk Yükseltme Testi kullanıldı. Test sırasında katılımcıların değerlendirme yapılan ekstremité üzerinde tek ayak üzerinde, diz eklemi tam ekstansiyonda olacak şekilde dik durmaları istendi. Denge kaybını önlemek amacıyla katılımcıların omuz

hizasında duvardan parmak uçlarıyla hafif destek almalarına izin verildi ancak bu desteğin gövdeyi yukarı itmek için kullanılmamasına dikkat edildi [60].

Topuk yükseltme mesafesini standart hale getirmek ve her tekrarda maksimal eklem hareket açıklığına ulaşıldığından emin olmak amacıyla, test sırasında 5 cm yüksekliğinde sabit bir eğim tahtası kullanıldı. Katılımcılardan, her tekrarda topuklarını bu aparatın en üst kenarına temas ettirecek şekilde maksimum parmak ucu yükselmesi yapmaları istendi. Bu düzenek, katılımcının her tekrarda aynı yüksekliğe ulaştığını denetlemek için fiziksel bir referans noktası sağladı. Uygulama sırasında ön ayak aparat üzerinde stabil tutulurken, arka ayağın inversiyon pozisyonunun korunması ve dizin bükülmemesi gerektiği vurgulandı [61]. Katılımcıların bir dakika içerisinde, 5 cm ve üzeri yükseklikte gerçekleştirdikleri başarılı tekrar sayıları ve toplam test süreleri kaydedildi. Katılımcı topuğu referans hattına ulaştıramadığında, diz ekstansiyonunu bozduğunda veya yorgunluk nedeniyle testi bıraktığında değerlendirme sonlandırıldı [62]. Bu testten elde edilen veriler, hem plantar fleksör grubun kas endüransını hem de alt ekstremit motor performansını temsil eden bir gösterge olarak kabul edildi.



Resim 3.2. Topuk yükseltme testi uygulama prosedürü

3.4.5. Alt ekstremite fonksiyonu

Alt ekstremite fonksiyonel performansının (patlayıcı güç) değerlendirilmesi amacıyla Vertikal Sıçrama Testi kullanıldı. Katılımcıların dikey sıçrama performansına ait kinematik veriler; adölesan yaş grubundaki çalışmalarda güvenilirliği Yazıcı ve arkadaşları tarafından bildirilmiş olan G-Walk giyilebilir hareket analiz sistemi ile objektif olarak kaydedildi [63, 64]. Test için Gwalk cihazı katılımcının L5 omur seviyesine elastik kemer aracılığıyla sabitlendi ve katılımcılardan ayaklarını omuz genişliğinde açmaları ve elleri kalçalarında olacak şekilde dik pozisyonda başlama komutunu beklemeleri istendi. Başlama komutuyla birlikte katılımcılar, dizlerini 90 derece fleksiyona getirerek çömelme hareketi yaptılar ve pozisyonu birkaç saniye boyunca korudular. Elastikiyeti korumak amacıyla herhangi bir aşağı yönlü hareket yapmadan dikey sıçrama gerçekleştirildi. Testin tamamı boyunca katılımcılardan gövdelerinin dik pozisyonunu korumaları ve ellerini kalçalarında sabit tutmaları istendi.

3.4.6. Pelvis hareketleri

Pelvisin kinematik analizi, yürüyüş sırasında G-Walk giyilebilir hareket analiz sistemi ile yapıldı [65]. Yürüyüş değerlendirmeleri, katılımcının ayakta hareketsiz durma pozisyonu ile başlamıştır. Katılımcıdan, cihazın stabilizasyonu sağlanana kadar bu pozisyonu koruması istenmiştir ve ardından 7 metrelik parkurda yürümesi istendi.

Katılımcılar belirlenen parkurda doğal hızlarında yürümüş ve parkur tamamlandığında başlangıç pozisyonlarına dönmeleri istendi. Analiz sırasında değerlendirilen parametreler yürüyüş sırasındaki pelvisin sagittal, transvers ve frontal düzlemde gerçekleştirdiği hareketlerdi.



Resim 3.3. Yürüyüş Değerlendirmesi

3.4.7. Dinamik Denge

Dinamik dengenin değerlendirilmesi için Plisky ve diğerleri (2009) tarafından Star Excursion Balance Test'in modifiye ve standardize edilmiş hali olarak geliştirilen Y-Denge Testi (Y-Balance Test- Lower Quarter) kullanıldı [66]. Testin adölesan bireylerde kullanımının geçerlilik ve güvenilirliği Schwiertz ve diğerleri (2019) tarafından yapılmıştır [67]. Testin uygulanmasında; merkezi bir platform ve bu platformdan 135 derecelik (anterior-posterior arası) ve 90 derecelik (iki posterior arası) açılarla uzanan, üzerinde santimetrik ölçüm cetveli bulunan üç adet standardize raylı kol içeren YDT düzeneği kullanıldı [68].

Ölçümler sırasında katılımcılardan dominant ayakları merkez noktasında, elleri ise pelvik stabiliteyi sağlamak amacıyla iliak kanatların üzerinde olacak şekilde tek ayak üzerinde durmaları istendi. Diğer ayak (uzanma ayağı) ile ilgili yönde, destek ayağının dengesini bozmadan ulaşılabilen en uzak noktaya uzanılması ve ardından başlangıçtaki çift ayak duruş pozisyonuna geri dönülmesi istendi. Destek ayağının topuğunun yerden kalkması, merkezin dışına kayması, uzanma ayağının yere sertçe basarak destek alması veya başlangıç pozisyonuna dengeli bir dönüş yapılamaması durumlarında denemeler geçersiz sayılarak tekrar edildi.

Öğrenme etkisini minimize etmek amacıyla, asıl test aşamasına geçilmeden önce her katılımcıya her üç yönde 6'şar adet alıştırma tekrarı yaptırıldı. Alıştırmaı takiben 1 dakikalık dinlenme süresi verildi. Ardından, her yön için 30 saniyelik dinlenme aralıklarıyla 3'er adet asıl deneme gerçekleştirildi ve bu üç başarılı denemenin ortalaması santimetre (cm) cinsinden kaydedildi. Katılımcıların antropometrik farklılıklarının denge skorları üzerindeki etkisini ortadan kaldırmak için bacak uzunlukları (spina iliaca anterior superior ile malleolus medialis arası mesafe) sırtüstü yatar pozisyonda ölçüldü. Elde edilen veriler; $[(\text{Uzanma Mesafesi} / \text{Bacak Uzunluğu}) \times 100]$ formülü kullanılarak yüzde (%) cinsinden normalize edildi [69].



Resim 3.4. Y denge testi: Sırasıyla anterior-posterolateral-posteromedial yön

3.5. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 22.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile belirlendi. Normal dağılım gösteren sürekli değişkenler ortalama $\pm$ standart sapma ($\bar{X} \pm SS$) şeklinde, kategorik değişkenler ise sayı ve yüzde olarak sunuldu.

Hipermobilite durumu ve cinsiyetin ayak postürü, alt ekstremitte fonksiyonu, pelvis kinematik parametreler, dinamik denge ve ayak bileği motor fonksiyonu üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla 2×2 faktöriyel düzende İki Yönlü Varyans Analizi (İki Yönlü ANOVA) kullanıldı. Analizlerde hipermobilite durumunun ve cinsiyetin ana etkileri ile Grup $\times$ Cinsiyet etkileşim etkisi değerlendirildi.

Varyans homojenliği Levene testi ile kontrol edildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edildi. Anlamlı ana etki veya etkileşim saptandığında çoklu karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesi uygulandı. Etki büyüklüğü kısmi eta-kare (η^2) ile raporlandı ve 0,01 küçük, 0,06 orta ve 0,14 büyük etki olarak yorumlandı [70].





4. BULGULAR

4.1. Demografik Bilgiler

Katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin veriler Çizelge 1’de sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre hipermobilite ve kontrol grupları arasında yaş ($p=0,503$), VKİ ($p=0,419$) ve cinsiyet dağılımı ($p=0,087$) bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Ancak, hipermobilite grubunun boy uzunluğu ($p=0,001$) ve vücut ağırlığı ($p=0,023$) kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Beklenildiği üzere, Beighton skoru hipermobilite grubunda anlamlı derecede yüksektir ($p=0,001$).

Çizelge 4.1. Hipermobilite grubu ve kontrol grubu demografik özellikleri

	Hipermobilite Grubu ($n=57$)			Kontrol Grubu ($n=42$)			p
	Ortalama ve SS	Min- Max		Ortalama ve SS	Min- Max		
Yaş (yıl)	$14,61 \pm 2,42$	10- 18		$14,90 \pm 1,63$	10- 17		0,503
Boy (cm)	$163,07 \pm 14,82$	128- 188		$172,45 \pm 11,07$	150-193		0,001*
Vücut ağırlığı (kg)	$56,58 \pm 16,78$	24,5- 96		$63,61 \pm 11,98$	30,80- 90,45		0,023*
VKİ (kg/m^2)	$20,72 \pm 3,99$	14,96- 32,40		$21,34 \pm 3,41$	15,70- 30,60		0,419
Beighton skoru	$6,85 \pm 1,07$	6- 9		$2,02 \pm 1,55$	0- 5		0,001*
n (%)			n (%)				
Cinsiyet	Kadın	33 (%57,9)		17 (%40,5)			0,087
	Erkek	24 (%42,1)		25 (59,5)			
Alt Ekstremit Dominant Taraf	Sağ	51 (%89,5)		38 (%90,5)			0,874
	Sol	6 (%10,5)		4 (%9,5)			

VKİ: Vücut Kütle İndeksi, SS: Standart Sapma, Min: Minimum, Max: Maksimum, $p < 0,05$.

4.2. Ayak Postür İndeksi ve Topuk Yükseltme Testi Verileri

Katılımcıların API-6 ve Topuk Yükseltme Testi sonuçlarına ilişkin Grup, Cinsiyet ve Grup $\times$ Cinsiyet etkileşim sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Yapılan 2x2 ANOVA analizi sonucunda, API-6 dominant ($p=0,026$, $\eta^2=0,051$) ve nondominant ($p=0,041$, $\eta^2=0,044$) ölçümlerinde hipermobilite varlığının istatistiksel olarak anlamlı bir ana etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Buna göre hipermobil bireylerin ayak postür skorları kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Cinsiyet ana etkisi ve etkileşim etkisi ise anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Topuk Yükseltme Testi dominant taraf verilerinde, hipermobilite ve cinsiyet arasında istatistiksel olarak anlamlı bir etkileşim etkisi saptanmıştır ($F=7,443$, $p=0,008$, $\eta^2=0,073$). Bu sonuç, hipermobilitenin kas endüransı üzerindeki etkisinin cinsiyete göre farklılık gösterdiğine işaret etmektedir. Nondominant taraf Topuk Yükseltme Testi sonuçlarında ise gruplar arası farkın anlamlılık sınırında olduğu görülmüştür ($p=0,074$).

Çizelge 4.2. Ayak postür indeksi ve tek ayak topuk yükseltme testi sonuçlarının karşılaştırılması

Parametreler	Hipermobil (n=57)			Kontrol (n=42)			Hipermobilité	Cinsiyet	Hipermobilité*Cinsiyet
	Hipermobil Erkek (n=24)	Hipermobil Kadın (n=33)	Toplam (n=57)	Kontrol Erkek (n=25)	Kontrol Kadın (n=17)	Toplam (n=42)	F P η^2	F P η^2	F P η^2
API-6 Dominant	3,42 ± 2,58	2,85 ± 3,45	3,09 ± 3,10	2,28 ± 3,00	0,94 ± 4,03	1,74 ± 3,47	5,082 0,026* 0,051	1,995 0,161 0,021	0,326 0,570 0,003
API-6 Nondominant	3,38 ± 2,60	2,85 ± 3,45	3,07 ± 3,11	2,50 ± 2,85	0,94 ± 4,03	1,87 ± 3,42	4,276 0,041* 0,044	2,402 0,125 0,025	0,589 0,445 0,006
Topuk Yükseltme Testi Dominant	50,81 ± 25,70	60,52 ± 19,90	56,43 ± 22,82	71,43 ± 22,40	57,32 ± 12,30	65,72 ± 20,05	3,979 0,049* 0,040	0,254 0,616 0,003	7,443 0,008* 0,073
Topuk Yükseltme Testi Nondominant	52,78 ± 27,50	60,03 ± 19,20	56,98 ± 23,11	68,90 ± 19,10	59,57 ± 15,10	65,12 ± 18,00	3,264 0,074 0,033	0,058 0,810 0,001	3,661 0,059 0,037

İki Yönlü Varyans Analizi (Two-way ANOVA): *p<0,05, veriler ortalama ± standart sapma olarak verildi. API-6: Ayak Postür İndeksi-6, SLHR: Tek Ayak Üzerinde Topuk Yükseltme Testi (Single Leg Heel Rise), η^2 : etki büyüklüğü

4.3. Sıçrama Performans Verileri

Katılımcıların dikey sıçrama testi sırasında elde edilen kinetik verileri Çizelge 3'te sunulmuştur. Analiz sonuçları incelendiğinde, hipermobilitenin darbe kuvveti, maksimum güç ve sıçrama yüksekliği üzerinde anlamlı bir ana etkisi olmadığı görülmüştür ($p>0,05$).

Buna karşın, tüm sıçrama parametrelerinde cinsiyetin istatistiksel olarak anlamlı bir ana etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,001$). Erkek katılımcıların darbe kuvveti, maksimum güç ve sıçrama yüksekliği değerleri kadın katılımcılardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Grup ve cinsiyet arasında sıçrama performansı açısından anlamlı bir etkileşim saptanmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.3. Katılımcıların sıçrama performans verilerinin gruplara göre karşılaştırılması

<u>Parametreler</u>	<u>Hipermobil (n=57)</u>			<u>Kontrol (n=42)</u>			<u>Hipermobilite</u>	<u>Cinsiyet</u>	<u>Hipermobilite*Cinsiyet</u>
	Hipermobil Erkek (n=24)	Hipermobil Kadın (n=33)	Toplam (n=57)	Kontrol Erkek (n=25)	Kontrol Kadın (n=17)	Toplam (n=42)	F P η^2	F P η^2	F P η^2
Darbe Kuvveti	1,33 ± 0,83	0,87 ± 0,68	1,06 ± 0,78	1,24 ± 0,66	0,82 ± 0,46	1,07 ± 0,62	0,269 0,605 0,003	9,484 0,003* 0,091	0,023 0,879 0,000
Maksimum Güç	3,50 ± 2,05	2,07 ± 1,35	2,67 ± 1,81	3,60 ± 1,75	1,70 ± 0,51	2,83 ± 1,64	0,178 0,674 0,002	26,280 0,000* 0,217	0,533 0,467 0,006
Sıçrama Yüksekliği	25,55 ± 14,07	15,49 ± 12,04	19,73 ± 13,83	21,74 ± 16,45	12,57 ± 9,96	18,03 ± 14,64	1,461 0,230 0,015	11,909 0,001* 0,111	0,026 0,873 0,000

İki Yönlü Varyans Analizi (Two-way ANOVA): *p<0,05, veriler ortalama ± standart sapma olarak verildi. η^2 : etki büyüklüğü

4.4. Pelvik Simetri Verileri

Pelvik simetri indekslerine ilişkin veriler Çizelge 4’te sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre hipermobilite varlığının pelvik tilt, obliklik ve rotasyon simetri indeksleri üzerinde anlamlı bir ana etkisi saptanmamıştır ($p>0,05$). Cinsiyet ana etkisi incelendiğinde ise pelvik rotasyon simetri indeksinde erkekler lehine anlamlı bir fark saptanmıştır ($p=0,013$, $\eta^2=0,063$).



Çizelge 4.4. Pelvik simetri indekslerinin gruplara göre karşılaştırılması

<u>Parametreler</u>	<u>Hipermobil (n=57)</u>			<u>Kontrol (n=42)</u>			<u>Hipermobilite</u>	<u>Cinsiyet</u>	<u>Hipermobilite*Cinsiyet</u>
	Hipermobil Erkek (n=24)	Hipermobil Kadın (n=33)	Toplam (n=57)	Kontrol Erkek (n=25)	Kontrol Kadın (n=17)	Toplam (n=42)	F P η^2	F P η^2	F P η^2
Tilt Simetri İndeksi	44,50 $\pm$ 27,52	45,28 $\pm$ 24,58	44,95 $\pm$ 25,63	53,46 $\pm$ 24,31	50,76 $\pm$ 25,78	52,37 $\pm$ 24,66	1,885 0,173 0,019	0,033 0,855 0,000	0,109 0,742 0,001
Oblik Simetri İndeksi	97,48 $\pm$ 1,94	96,33 $\pm$ 5,87	96,81 $\pm$ 4,69	96,15 $\pm$ 7,94	96,30 $\pm$ 4,35	96,21 $\pm$ 6,68	0,346 0,558 0,004	0,187 0,666 0,002	0,310 0,579 0,003
Rotasyon Simetri İndeksi	96,89 $\pm$ 5,19	94,90 $\pm$ 8,64	95,74 $\pm$ 7,42	97,29 $\pm$ 1,73	91,02 $\pm$ 13,29	94,75 $\pm$ 9,15	1,138 0,289 0,012	6,422 0,013* 0,063	1,722 0,193 0,018

İki Yönlü Varyans Analizi (Two-way ANOVA): *p<0,05, veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verildi. η^2 : etki büyüklüğü

4.5. Dinamik Denge Verileri

Katılımcıların dinamik denge performansını gösteren YDT verileri Çizelge 5'te sunulmuştur. Dominant ve nondominant tarafta yapılan anterior, posteromedial, posterolateral ve kompozit skor analizlerinde; hipermobilitenin, cinsiyetin ve grup*cinsiyet etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$)



Çizelge 4.5. Katılımcıların Y-denge testi skorlarının gruplara göre karşılaştırılması

Parametreler		Hipermobil (n=57)			Kontrol (n=42)			Hipermobilite	Cinsiyet	Hipermobilite*Cinsiyet
		Hipermobil Erkek (n=24)	Hipermobil Kadın (n=33)	Toplam (n=57)	Kontrol Erkek (n=25)	Kontrol Kadın (n=17)	Toplam (n=42)	F P η^2	F P η^2	F P η^2
Dominant	Anterior	70,62 14,32	73,93 13,73	72,54 13,99	77,32 17,65	76,23 10,04	76,88 ±14,92	2,265 0,136 0,023	0,138 0,711 0,001	0,540 0,464 0,006
	Posteromedial	75,41 13,80	80,29 14,91	78,24 14,56	76,96 17,95	78,97 14,59	77,77 16,51	0,001 0,972 0,000	1,167 0,283 0,012	0,202 0,654 0,002
	Posterolateral	75,69 14,09	80,51 16,37	78,48 15,53	79,36 20,12	80,37 15,77	79,77 18,34	0,257 0,613 0,003	0,704 0,404 0,007	0,302 0,584 0,003
	Kompozit skor	73,91 12,65	78,24 12,30	76,42 12,55	77,88 16,45	78,52 12,45	78,14 14,83	0,573 0,451 0,006	0,788 0,377 0,008	0,433 0,512 0,005
Nondominant	Anterior	72,57 13,71	77,03 17,29	75,15 15,96	77,98 18,22	73,75 8,92	76,27 15,25	0,110 0,741 0,001	0,001 0,972 0,000	1,811 0,182 0,019
	Posteromedial	77,94 17,70	76,55 12,56	77,13 14,87	77,46 11,67	80,19 13,46	78,57 12,43	0,303 0,583 0,003	0,054 0,817 0,001	0,512 0,476 0,005
	Posterolateral	81,57 20,08	80,29 16,25	80,83 17,82	75,47 15,56	79,30 15,78	77,02 15,63	1,003 0,319 0,011	0,130 0,719 0,001	0,522 0,472 0,006
	Kompozit Skor	77,36 15,34	77,95 12,24	77,70 13,52	76,98 12,06	77,75 10,10	77,29 11,19	0,012 0,912 0,000	0,068 0,795 0,001	0,001 0,973 0,000

İki Yönlü Varyans Analizi (Two-way ANOVA): *p<0,05, veriler ortalama ± standart sapma olarak verildi. η^2 : etki büyüklüğü



5. TARTIŞMA

Adölesanlarda EH varlığının; ayak postürü, pelvik simetri ve alt ekstremitte fonksiyonel performansı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, hipermobil adölesanların sağlıklı kontrol grubuna kıyasla ayak postüründe anlamlı düzeyde artmış pronasyon sergilediği tespit edilmiştir. Buna karşın, yürüme sırasındaki pelvik kinetik parametreler ile fonksiyonel performans bileşenlerinden dinamik denge değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Elde edilen bu bulgular, EH'nin alt ekstremitte biyomekaniğini segmentler arası etkileşimler üzerinden lokal olarak etkilediğini, ancak proksimal segmentlerdeki bu etkinin adölesan dönemde henüz kronikleşmemiş olabileceğini veya bazı kompensatuar mekanizmalarla maskelenebileceğini düşündürmektedir.

Çalışmanın cinsiyete dayalı analizleri incelendiğinde ise, alt ekstremitte fonksiyonel performans çıktıları arasında yer alan motor endurans parametrelerinde hipermobilitate varlığı ile cinsiyet faktörü arasında istatistiksel olarak anlamlı bir etkileşim olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, hipermobilitenin motor endurans üzerindeki olumsuz yansımalarının kız ve erkek adölesanlarda farklı paternler sergilediği görülmüştür. Bu durum, adölesan dönemdeki doğal hormonal ve morfolojik cinsiyet varyasyonlarının, hipermobilitateye bağlı gelişen nöromüsküler adaptasyon süreçlerini doğrudan modifiye edebileceğini göstermektedir.

Bu bağlamda çalışmamız; adölesanlarda EH etkilerini statik ayak postürü, yürüme sırasındaki pelvik kinematik ve alt ekstremitte fonksiyonel performans çıktıları ile cinsiyetler arası etkileşimleri tek bir protokolde kombine ederek bütüncül olarak inceleyen ve literatüre bu kapsamda veri sunan ilk araştırma olma özelliğini taşımaktadır.

Ayak postürü

Çalışmamızın primer bulgusu olan ayak postürü değerlendirmesinde, hipermobil adölesanların kontrol grubuna kıyasla hem dominant hem de nondominant tarafta anlamlı derecede daha yüksek pronasyon skorlarına sahip olduğu saptanmıştır. Bu durum, hipermobilitede bağ dokusunun temel bileşeni olan kolajen liflerin yapısal organizasyonundaki değişikliklerin ligamentöz stabiliteyi azaltması ve medial longitudinal

arkın pasif destek mekanizmasının zayıflaması ile açıklanabilir [8]. Nitekim bağ dokusu gevşekliğine bağlı olarak yük transfer mekanizmalarının değiştiği ve ayak postürünün daha pronasyona eğilimli hale geldiği bilinmektedir. Güncel literatürde de benzer şekilde hipermobil bireylerde artmış ayak pronasyonu ve pes planus eğilimi rapor edilmektedir. Martinez-Sebastian ve diğerleri [46] pediatrik popülasyonda hipermobilitenin plantar yük dağılımını değiştirerek alt ekstremitte boyunca proksimal segmentlerde kompensatuar stres artışına neden olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Alahmari ve diğerleri [74], sağlıklı genç erişkinlerde hipermobilite ile pronasyona eğilimli ayak postürü arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmamızda hipermobil grupta elde edilen yüksek API-6 skorları, hipermobil adölesanların statik yüklenme sırasında şok absorpsiyonunu artırmak amacıyla ayağı daha fazla pronasyona zorladıklarını düşündürmektedir. Bu bulgu, pediatrik popülasyonda ayak postürünün gelişimsel özelliklerini ve normatif değerlerini ortaya koyan çalışmalarla paralellik göstermektedir. Gijon-Nogueron ve diğerleri [75], geniş bir çocuk popülasyonunda API-6 skorlarının yaş ve gelişimle olan ilişkisini vurgulayarak, bu indeksin ayak morfolojisindeki değişimleri saptamadaki hassasiyetini doğrulamıştır.

Ayak postürü ile ilişkili sonuçların popülasyona ve cinsiyete göre dağılımı incelendiğinde, literatürde bu bulguların geniş bir varyasyon aralığında olabileceği bildirilmektedir. Horii ve diğerleri [76], çocuk ve adölesanlarda ayak morfolojisinin çok boyutlu olduğunu ve biyomekanik sonuçların yalnızca tek bir faktörle açıklanamayacağını vurgulamıştır. Çalışmamızda ayak postürü skorlarında cinsiyetler arasında anlamlı bir ana etki veya etkileşim saptanmamış olması, adölesan büyüme atağı sırasında her iki cinsiyette de bağ dokusu esnekliğinin ayak mekaniğini benzer şekilde etkilediğini göstermektedir. İlginç bir şekilde, çalışmamızdaki bireylerde ayak postüründeki belirgin değişimlere rağmen pelvik kinematik parametrelerin etkilenmemiş olması, adölesan dönemdeki aktif stabilizasyon mekanizmalarının bu biyomekanik sapmayı henüz proksimal segmentlere yansımadan kompanse edebildiğini işaret etmektedir. Bu bağlamda, distal segmentteki laksiteye bağlı gelişen pronasyon eğilimi, uzun dönemde tüm kinetik zincir boyunca yük aktarım mekanizmalarını modifiye etme potansiyeli taşısa da adölesanlarda henüz pelvik seviyede klinik olarak anlamlı bir kinematik sapmaya neden olmadığı düşünülmektedir [46, 75].

Ayak bileği motor performansı

Ayak bileği performansının ve motor enduransının önemli göstergelerinden biri olan Topuk Yükseltme Testi sonuçlarında, hipermobil adölesanların pasif stabilizatörlerinin yetersizliği nedeniyle yük aktarımının daha fazla kas aktivasyonuna bağımlı hale geldiği görülmektedir. Bu durum, literatürde de belirtildiği üzere, kas-tendon ünitesinde mekanik verimliliğin azalması ve propriyoseptif kontrol bozuklukları ile ilişkilendirilmektedir. Özellikle dominant ekstremitede hipermobil grupta gözlenen fonksiyonel zorlanmalar, günlük aktiviteye bağlı yüklenme alışkanlıkları ve nöromüsküler adaptasyonlarla açıklanabilir. Nondominant tarafta anlamlılığa ulaşmayan ancak anlamlılık düzeyine yaklaşan eğilimler ise, hipermobilitenin etkisinin bilateral olarak homojen olmadığını ve fonksiyonel kullanımın alt ekstremit motor enduransı üzerinde belirleyici bir rol oynayabileceğini desteklemektedir.

Topuk Yükseltme testi bulguları cinsiyet faktörü ve gruplar arası etkileşim açısından değerlendirildiğinde, özellikle dominant ekstremitede hipermobilite ile cinsiyet arasında anlamlı bir etkileşimin (Grup $\times$ Cinsiyet) bulunması, hipermobilitenin fonksiyonel etkilerinin biyolojik faktörlerden doğrudan etkilendiğini göstermektedir. Ana etkinin genel olarak anlamlı bulunmamasına rağmen bu etkileşim etkisinin varlığı oldukça dikkat çekicidir. Özellikle kadın bireylerde bağ dokusu elastisitesinin yapısal olarak daha yüksek olması ve kas kuvvetinin görece daha düşük olması, hipermobilitenin motor endurans üzerindeki olumsuz etkilerinin kız adölesanlarda daha belirgin hale gelmesine yol açmaktadır. Buna karşın adölesan erkeklerde pubertal dönemde artan androjen seviyelerine bağlı kas kuvveti artışının, hipermobilitenin neden olduğu stabilite açığını kısmen kompanse edebileceği ve test performansını destekleyebileceği düşünülmektedir [77]. Bu durum, çalışmamızda elde edilen hipermobilite ve cinsiyet etkileşimini mekanik olarak doğrulamaktadır.

Alt ekstremit fonksiyonu

Çalışmamızdaki sıçrama performansına ilişkin elde edilen bulgular, EH'nin darbe kuvveti, maksimum güç ve sıçrama yüksekliği üzerinde anlamlı bir ana etkisinin olmadığını göstermiştir. Bu sonuç, hipermobilitenin daha çok pasif stabilite ve propriyoseptif kontrol mekanizmalarını etkilediği, ancak kısa süreli maksimal güç üretimi gerektiren

performanslarda belirleyici bir faktör olmayabileceğini düşündürmektedir. Literatürde de benzer şekilde, hipermobil bireylerde kas kuvveti ve performans çıktılarının her zaman olumsuz etkilenmediği, özellikle yüksek şiddetli ve kısa süreli aktivitelerde performansın korunabildiği bildirilmektedir. Bu doğrultuda Scheper ve diğerleri [78], hipermobil bireylerde kas fonksiyonunun görev tipine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini ve maksimal performans testlerinde belirgin fark oluşmayabileceğini rapor etmiştir. Bu durum, sıçrama gibi patlayıcı güç içeren aktivitelerde elastik enerji geri kazanımı ve kas-tendon ünitesinin viskoelastik özelliklerinin performansı kısmen kompanse edebilmesi ile açıklanabilir.

Buna karşın çalışmamızda tüm sıçrama parametrelerinde cinsiyetin anlamlı bir ana etkiye sahip olduğu ve erkek katılımcıların darbe kuvveti, maksimum güç ve sıçrama yüksekliği değerlerinin kadın katılımcılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, adolesan dönemde cinsiyete bağlı kas kütlesi, nöromüsküler aktivasyon kapasitesi ve hormonal farklılıkların performans çıktıları üzerindeki belirleyici rolünü vurgulayan güncel çalışmalarla uyumludur. Özellikle Handelsman ve diğerleri [79], ergenlik döneminde artan testosteron seviyelerinin kas kuvveti ve güç üretimini anlamlı ölçüde artırdığını ve bunun sıçrama performansına doğrudan yansıdığını bildirmiştir. Benzer şekilde Ramirez-Campillo ve diğerleri [80], genç bireylerde sıçrama performansının en güçlü belirleyicilerinden birinin cinsiyet olduğunu ve erkeklerin kadınlara kıyasla daha yüksek güç çıktıları ürettiğini göstermiştir. Sıçrama performansında hipermobilitenin bir ana etkisinin saptanmaması, ancak cinsiyetin belirleyici bir faktör olarak öne çıkması; performans çıktısının esas olarak kas kuvveti gibi cinsiyete bağlı fizyolojik unsurlarla şekillendiğini düşündürmektedir. Literatürde hipermobil bireylerin, patlayıcı güç gerektiren aktiviteler sırasında eklem stabilitesini sağlamak amacıyla 'nöromüsküler sertleşme' gibi kompensatuar stratejiler geliştirdikleri bildirilmektedir [55]. Adolesan erkeklerde puberte ile artan kas kuvveti bu kompensasyon mekanizmalarının etkinliğini artırsa da hipermobilité ve cinsiyet arasında anlamlı bir etkileşimin bulunmaması; bu koruyucu mekanizmaların her iki cinsiyette de performans skorunu benzer şekilde stabilize edecek düzeyde işlediğini destekler niteliktedir [81].

Pelvis hareketleri

Pelvik kinetik değerlendirmede hipermobil ve kontrol grupları arasında anlamlı farklılık bulunmaması, EH'nin statik ya da yürüme gibi otomatikleşmiş motor görevlerde pelvik segment üzerinde belirgin bir kinematik değişiklik oluşturmadağını göstermektedir. Bu durum, proksimal stabiliteyi korumaya yönelik nöromüsküler kompensasyon mekanizmaları ile açıklanabilir. Bu bulgu, hipermobiliteye sahip bireylerde nöromüsküler kontrol mekanizmalarının kompensatuvar bir rol üstlenerek segmental stabiliteyi koruyabildiğini bildiren güncel çalışmalarla uyumludur. Benzer şekilde, adölesan popölasyonda yapılan son çalışmalar, özellikle düşük hızda ve kontrollü hareketlerde lumbopelvik sistemin kas aktivasyonu ve sensörimotor adaptasyon yoluyla stabilizasyonu sürdürebildiğini göstermektedir [13, 55]. Pelvik tilt ve oblik simetri indekslerinde anlamlı farklılık saptanmaması da pelvik kontrolün tek başına hipermobiliteden ziyade, dinamik stabilizasyonu sağlayan çoklu sistem etkileşimleri ile düzenlendiğini desteklemektedir. Bu durum, özellikle adölesan dönemde aktif olan nöromüsküler adaptasyon kapasitesi ve gelişmekte olan motor kontrol stratejileri ile ilişkilendirilebilir. Literatürde, adölesanların büyüme sürecindeki biyomekanik değişimlere uyum sağlamak amacıyla merkezi sinir sistemi aracılığıyla yeni motor stratejiler geliştirme (nöromüsküler plastisite) potansiyeline sahip olduğu vurgulanmaktadır [9]. Söz konusu adaptif süreçler, hipermobiliteye bağlı gelişebilecek potansiyel laksite ve instabilitenin, yürüme gibi otomatikleşmiş motor görevler sırasında klinik olarak maskelenmesine olanak tanıyor olabilir [35].

Buna karşın, pelvik rotasyon simetri indeksinde erkek katılımcılar lehine elde edilen anlamlı fark, cinsiyetin pelvik stabilite üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Erkek adölesanlarda gözlenen daha yüksek simetri değerleri; yürüme sırasında pelvisin sağ ve sol rotasyon derecelerinin birbirine daha yakın olduğunu, yani pelvisin her iki yöne daha dengeli rotasyon gösterdiğini ve asimetrik sapmaların daha sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, pelvik segmentin hareket sırasında erkeklerde daha stabil ve kontrollü yönetildiğine işaret etmektedir. Erkek bireylerde özellikle alt ekstremit ve gövde kas aktivasyonunun daha yüksek düzeyde olması ve nöromüsküler kontrol mekanizmalarının daha etkin çalışması, bu bulguyu açıklayan temel faktörler olarak değerlendirilmektedir [35, 82]. Ayrıca hormonal ve biyomekanik farklılıkların da pelvis stabilitesi üzerinde etkili olduğu bilinmektedir [83]. Yapılan analizlerde hipermobilite durumu ile cinsiyet arasında anlamlı bir etkileşim saptanmaması; cinsiyetin pelvik stabilite üzerindeki belirleyici etkisinin,

hipermobilite varlığından etkilenmeksizin hem hipermobil hem de kontrol grubunda benzer bir eğilim sergilediğini göstermektedir. Başka bir deyişle; erkeklerin daha stabil bir pelvik rotasyon paternine sahip olması bulgusu, bireyin hipermobil olup olmamasından etkilenmemektedir. Bu sonuç, pelvik segment kontrolünün tek bir faktörden ziyade multifaktöriyel bir sistem tarafından belirlendiğini ve hipermobilitenin her bireyde farklı klinik yansımalar oluşturabileceğini savunan literatürle uyumludur [84].

Dinamik denge

Y Denge Testi ile değerlendirilen dinamik denge performansında ana gruplar (hipermobil ve kontrol) arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu, EH'nin adölesan bireylerde fonksiyonel denge üzerinde tek başına baskın bir etkiye sahip olmadığını düşündürmektedir. Bu durum, büyüme sürecindeki bireylerde nöromüsküler kontrol sistemlerinin yüksek adaptasyon kapasitesi ile açıklanabilir. Adölesan dönemde hızlı büyümeye bağlı olarak tüm gruplarda görülebilen ve literatürde 'motor awkwardness' olarak tanımlanan geçici koordinasyon bozuklukları, denge performansındaki olası grup farklarının maskelenmesine neden olmuş olabilir [35]. Ayrıca hipermobil bireylerde propriyoseptif duyunun azaldığı bilinmekle birlikte, bu eksikliğin görsel ve vestibüler sistemlerden gelen afferent girdiler ile kompanse edilebildiği ve bu adaptif mekanizmaların fonksiyonel performansı koruduğu bildirilmektedir [85]. Literatürde, EH olan çocuk ve adölesanların, artmış eklem laksitesini dengelemek amacıyla gelişmiş nöromüsküler kontrol ve spesifik kas aktivasyon stratejileri sergileyebildikleri; bu adaptif mekanizmalar sayesinde de özellikle statik veya kontrollü dinamik görevlerde fonksiyonel performanslarını koruyabildikleri bildirilmektedir [72].

Çalışmamızda hipermobil ve kontrol grupları arasında YDT skorları açısından anlamlı bir fark saptanmamış olması, bu kompensatuvar mekanizmaların etkinliği ile açıklanabilir.

Dinamik denge performansının cinsiyet ve grup $\times$ cinsiyet etkileşimi boyutları incelendiğinde de alt gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. YDT her ne kadar dinamik bir denge testi olsa da katılımcının hareket hızını ve yönünü bizzat yönetebildiği, dışarıdan beklenmedik bir uyarının bulunmadığı 'öngörülebilir' bir yapıya sahiptir. Buna karşın hipermobilitenin olumsuz etkilerinin; daha çok yorgunluk, beklenmedik ani yüklenmeler veya çift görev (dual-task) gibi nöromüsküler sistemin limitlerini zorlayan daha kaotik ve yüksek zorluk seviyelerinde belirginleştiği vurgulanmaktadır (2). Bu doğrultuda,

YDT'nin kontrollü uygulama prosedürünün hipermobil adölesanların mevcut telafi kapasiteleri dahilinde kaldığı ve bu durumun gruplar ile cinsiyet temelli alt gruplar arasında performans benzerliğine yol açtığı düşünülmektedir. Cinsiyet ve etkileşim etkisinin anlamlı bulunmaması, adölesan dönemde nöromüsküler ve hormonal farklılıkların henüz tam olarak olgunlaşmamış olması ile de açıklanabilir. Ergenlik sürecinde bireyler arasında biyolojik olgunlaşma düzeyindeki farklılıklar motor kontrolü etkileyebilse de bu farkların özellikle ileri yaşlarda ve daha yüksek performans gerektiren görevlerde belirginleştiği bildirilmektedir [28]. Buna ek olarak, hipermobilitenin fonksiyonel performans üzerindeki etkisinin tek bir parametre ile açıklanamayacağı, kas kuvveti, core stabilitesi ve propriyoseptif entegrasyon gibi çoklu sistem etkileşimleri ile değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır [86].

Çalışmamız, EH'nin adölesanlarda alt ekstremité biyomekaniği ve fonksiyonel performans üzerindeki etkilerinin; cinsiyet faktörü, bireysel varyasyonlar ve nöromüsküler adaptasyon süreçleriyle şekillendiğini göstermektedir. Bulgular, distal segmentlerde belirgin yapısal değişiklikler seyrederken, proksimal segmentlerde fonksiyonel performansın korunduğunu ve bu durumun nöromüsküler kompensasyonlarla maskelenebileceğini ortaya koymaktadır [89]. Performansın korunmuş görünmesi optimal yük dağılımını yansıtmamakta; aksine kas-tendon ünitesindeki mikroinstabilite nedeniyle uzun vadede yaralanma riskini artırabilmektedir [83, 87]. Mevcut kompensasyonların zamanla yetersiz kalabileceği göz önüne alındığında, subklinik biyomekanik değişikliklerin erken dönemde saptanması klinik açıdan kritik önem taşımaktadır [28, 55]. Dolayısıyla, hipermobilitenin statik ölçümlerin yanı sıra fonksiyonel ve dinamik testlerle çok boyutlu değerlendirilmesi; müdahalelerde ise ayak ark desteği, propriyoseptif eğitim, kas endüransı ve lumbopelvik stabilizasyonu içeren bütüncül fizyoterapi yaklaşımları ile multidisipliner iş birliklerinin tercih edilmesi uzun dönem klinik sonuçları iyileştirecektir.

5.1. Limitasyonlar

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, fiziksel aktivite düzeyi, spor geçmişi ve kas kuvveti gibi performansı etkileyebilecek faktörlerin detaylı olarak kontrol edilmemesi, sonuçların yorumlanmasını sınırlayabilir. Benzer şekilde, sadece tek bir zaman noktasında yapılan ölçümler, gün içi veya aktiviteye bağlı değişkenliği yansıtmayabilir.

Ayrıca, kullanılan değerlendirme yöntemlerinin (örneğin YDT gibi) belirli bir zorluk seviyesine sahip olması nedeniyle, hipermobilitenin daha kompleks veya spor spesifik görevlerde oluşturabileceği etkiler yeterince ortaya konulamamış olabilir. Daha yüksek duyarlılığa sahip dinamik denge ve nöromüsküler kontrol testleri, bu etkileri daha net gösterebilir.

Son olarak, örneklem büyüklüğünün sınırlı olması ve katılımcıların belirli bir yaş aralığında yer alması, sonuçların genellenebilirliğini kısıtlayabilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın bulguları, Eklem Hipermobilitesi varlığının adölesan bireylerde özellikle ayak postürü üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğunu, ancak pelvik kinematik, dinamik denge ve sıçrama performansı gibi daha kompleks fonksiyonel parametreler üzerinde belirgin bir ana etkisinin olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, hipermobiliteye sahip bireylerin cinsiyet, bireysel varyasyonlar ve nöromüsküler kompensasyon mekanizmaları sayesinde fonksiyonel performanslarını koruyabildiği, ancak bu durumun potansiyel biyomekanik riskleri ortadan kaldırmadığı düşünülmektedir.

Bu bağlamda, hipermobil adölesan bireylerde erken dönemde yapılacak değerlendirmelerin önemi büyüktür. Klinik uygulamalarda yalnızca semptom varlığına odaklanmak yerine, cinsiyete özgü biyomekanik farklılıklar da gözetilerek; adölesan bireylerin bütüncül olarak değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, propriyoseptif eğitim, kas kuvveti ve enduransını artırmaya yönelik egzersizler ve özellikle ayak ark stabilizasyonunu destekleyen müdahaleler, ilerleyen dönemlerde oluşabilecek yaralanma riskini azaltmada etkili olabilir.

Gelecek çalışmalarda, hipermobilitenin etkilerinin daha dinamik, yüksek zorluk seviyesine sahip ve spesifik testlerle değerlendirilmesi, ayrıca uzun dönem takipli ve yaralanma riskinin prospektif olarak incelenmesi önerilebilir. Bununla birlikte, farklı yaş gruplarını, cinsiyetler arası olası biyomekanik varyasyonları ve daha geniş örneklemeleri içeren çalışmalar, hipermobilitenin gelişimsel etkilerini daha kapsamlı şekilde ortaya koyabilir.



KAYNAKLAR

1. Malfait, F., Francomano, C., Byers, P., Belmont, J., Berglund, B., Black, J., ... and Tinkle, B. (2017). The 2017 international classification of the Ehlers-Danlos syndromes. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics*, 175(1), 8-26.
2. Pacey, V., Nicholson, L. L., Adams, R. D., Munn, J., and Munns, C. F. (2010). Generalized joint hypermobility and risk of lower limb joint injury during sport: a systematic review with meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(7), 1487-1497.
3. Hakim, A. J., and Grahame, R. (2003). A simple questionnaire to detect hypermobility: an adjunct to the assessment of patients with diffuse musculoskeletal pain. *International Journal of Clinical Practice*, 57(3), 163-166.
4. Myer, G. D., and Faigenbaum, A. D. (2011). Exercise is sports medicine in youth: Integrative neuromuscular training to optimize motor development and reduce risk of sports related injury. *Kronos*, 10(1-2), 39-48.
5. McGill, S. (2015). *Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics, 111-126.
6. Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., and Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 4(2), 92-99.
7. Hakim, A. J., Cherkas, L. F., Grahame, R., Spector, T. D., and MacGregor, A. J. (2004). The genetic epidemiology of joint hypermobility: a population study of female twins. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*, 50(8), 2640-2644.
8. Castori, M., Tinkle, B., Levy, H., Grahame, R., Malfait, F., and Hakim, A. (2017). A framework for the classification of joint hypermobility and related conditions. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics*, 175(1), 148-157.
9. Engelbert, R. H., Juul-Kristensen, B., Pacey, V., De Wandele, I., Smeenk, S., Woinarosky, N., ... Simmonds, J. V. (2017). The evidence-based rationale for physical therapy treatment of children, adolescents, and adults diagnosed with joint hypermobility syndrome/hypermobile Ehlers Danlos syndrome. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics*, 175(1), 158-167.
10. Butcher, A. J., Ward, S., Clissold, T., Richards, J., and Hébert-Losier, K. (2024). Maturation and biomechanical risk factors associated with anterior cruciate ligament injury: is there a link? A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 68, 31-50.
11. Bates, A. V., and Alexander, C. M. (2015). Kinematics and kinetics of people who are hypermobile. A systematic review. *Gait & Posture*, 41(2), 361-369.

12. Bell, K. M., Roos, R. E., Alfikri, Z., Anderst, W., Bailes, A., Clark, W. W., ... and Sowa, G. A. (2025). Lumbopelvic kinematics during functional tasks in a chronic low back pain observational cohort. *JOR Spine*, 8(4), e70117.
13. Tofts, L. J., Simmonds, J., Schwartz, S. B., Richheimer, R. M., O'Connor, C., Elias, E., ... Pacey, V. (2023). Pediatric joint hypermobility: a diagnostic framework and narrative review. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 18(1), 104.
14. Everman, D. B., and Robin, N. H. (1998). Hypermobility syndrome. *Pediatrics in Review*, 19(4), 111-117.
15. Zhong, G., Zeng, X., Xie, Y., Lai, J., Wu, J., Xu, H., ... Zhang, Y. (2021). Prevalence and dynamic characteristics of generalized joint hypermobility in college students. *Gait & Posture*, 84, 254-259.
16. Remvig, L., Jensen, D. V., and Ward, R. C. (2007). Epidemiology of general joint hypermobility and basis for the proposed criteria for benign joint hypermobility syndrome: review of the literature. *The Journal of Rheumatology*, 34(4), 804-809.
17. Simmonds, J. V., and Keer, R. J. (2007). Hypermobility and the hypermobility syndrome. *Manual Therapy*, 12(4), 298-309.
18. Carter, C., and Wilkinson, J. (1964). Persistent joint laxity and congenital dislocation of the hip. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*, 46(1), 40-45.
19. Fatoye, F., Palmer, S., Macmillan, F., Rowe, P., and van der Linden, M. (2009). Proprioception and muscle torque deficits in children with hypermobility syndrome. *Rheumatology*, 48(2), 152-157.
20. Springer, B. A., Marin, R., Cyhan, T., Roberts, H., and Gill, N. W. (2007). Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 30(1), 8-15.
21. Adib, N., Davies, K., Grahame, R., Woo, P., and Murray, K. J. (2005). Joint hypermobility syndrome in childhood. A not so benign multisystem disorder?. *Rheumatology*, 44(6), 744-750.
22. Russek, L. N. (1999). Hypermobility syndrome. *Physical Therapy*, 79(6), 591-599.
23. Russek, L. N. (2000). Examination and treatment of a patient with hypermobility syndrome. *Physical Therapy*, 80(4), 386-398.
24. Handler, C. E., Child, A., Light, N. D., and Dorrance, D. E. (1985). Mitral valve prolapse, aortic compliance, and skin collagen in joint hypermobility syndrome. *British Heart Journal*, 54(5), 501-508.
25. Castori, M. (2012). Ehlers-Danlos syndrome, hypermobility type: an underdiagnosed hereditary connective tissue disorder with mucocutaneous, articular, and systemic manifestations. *International Scholarly Research Notices*, 2012(1), 751768.

26. Morgan, A. W., Pearson, S. B., Davies, S., Gooi, H. C., and Bird, H. A. (2007). Asthma and airways collapse in two heritable disorders of connective tissue. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 66(10), 1369-1373.
27. Sobhani-Eraghi, A., Motalebi, M., Sarreshtehdari, S., Molazem-Sanandaji, B., and Hasanlu, Z. (2020). Prevalence of joint hypermobility in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Research in Medical Sciences*, 25(1), 104.
28. Blajwajs, L., Williams, J., Timmons, W., and Sproule, J. (2023). Hypermobility prevalence, measurements, and outcomes in childhood, adolescence, and emerging adulthood: a systematic review. *Rheumatology International*, 43(8), 1423-1444.
29. Tekin, Z. E., Yener, G. O., Şenol, H., Çalık, B. B., and Yuksel, S. (2022). Hypermobility in Turkish schoolchildren: musculoskeletal pain, physical activity, balance, and quality of life. *Journal of Contemporary Medicine*, 12(2), 403-409.
30. Williams, C. M., Welch, J. J., Scheper, M., Tofts, L., and Pacey, V. (2024). Variability of joint hypermobility in children: a meta-analytic approach to set cut-off scores. *European Journal of Pediatrics*, 183(8), 3517-3529.
31. Beighton, P., Solomon, L., and Soskolne, C. L. (1973). Articular mobility in an African population. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 32(5), 413-418.
32. Patton, G. C., Sawyer, S. M., Santelli, J. S., Ross, D. A., Afifi, R., Allen, N. B., ... Viner, R. M. (2016). Our future: a Lancet commission on adolescent health and wellbeing. *The Lancet*, 387(10036), 2423-2478.
33. Read, P. J., Oliver, J. L., De Ste Croix, M. B., Myer, G. D., and Lloyd, R. S. (2016). Neuromuscular risk factors for knee and ankle ligament injuries in male youth soccer players. *Sports Medicine*, 46(8), 1059-1066.
34. Steiner, D., Lampert, F., Stark, G. B., and Finkenzeller, G. (2012). Effects of endothelial cells on proliferation and survival of human mesenchymal stem cells and primary osteoblasts. *Journal of Orthopaedic Research*, 30(10), 1682-1689.
35. Quatman-Yates, C. C., Quatman, C. E., Meszaros, A. J., Paterno, M. V., and Hewett, T. E. (2012). A systematic review of sensorimotor function during adolescence: a developmental stage of increased motor awkwardness? *British Journal of Sports Medicine*, 46(9), 649-655.
36. Pacey, V., Adams, R. D., Tofts, L., Munns, C. F., and Nicholson, L. L. (2015). Joint hypermobility syndrome subclassification in paediatrics: a factor analytic approach. *Archives of Disease in Childhood*, 100(1), 8-13.
37. Dawe, E. J., and Davis, J. (2011). Anatomy and biomechanics of the foot and ankle. *Orthopaedics and Trauma*, 25(4), 279-286.
38. Nester, C. J. (2009). Lessons from dynamic cadaver and invasive bone pin studies: do we know how the foot really moves during gait? *Journal of Foot and Ankle Research*, 2(1), 18.

39. Hollander, K., Zech, A., Rahlf, A. L., Orendurff, M. S., Stebbins, J., and Heidt, C. (2019). The relationship between static and dynamic foot posture and running biomechanics: a systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*, 72, 109-122.
40. McKeon, P. O., Hertel, J., Bramble, D., and Davis, I. (2015). The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *British Journal of Sports Medicine*, 49(5), 290.
41. Cote, K. P., Brunet, M. E., Gansneder, B. M., and Shultz, S. J. (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of Athletic Training*, 40(1), 41-46.
42. Redmond, A. C., Crosbie, J., and Ouvrier, R. A. (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: the foot posture index. *Clinical Biomechanics*, 21(1), 89-98.
43. Cornwall, M. W., McPoil, T. G., Lebec, M., Vicenzino, B., and Wilson, J. (2008). Reliability of the modified foot posture index. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 98(1), 7-13.
44. Langley, B., Cramp, M., and Morrison, S. C. (2016). Clinical measures of static foot posture do not agree. *Journal of Foot and Ankle Research*, 9(1), 45.
45. Chuckpaiwong, B., Nunley, J. A., and Queen, R. M. (2009). Correlation between static foot type measurements and clinical assessments. *Foot & Ankle International*, 30(3), 205-212.
46. Martinez-Sebastian, C., Evans, A. M., Ramos-Petersen, L., Molina-Garcia, C., GómezCarrión, Á., and Gijon-Nogueron, G. (2025). The relationship between foot posture, validated foot and ankle tests, and hypermobility in paediatric population: a crosssectional study. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 61(7), 1095-1101.
47. Vleeming, A., Schuenke, M. D., Masi, A. T., Carreiro, J. E., Danneels, L., and Willard, F. H. (2012). The sacroiliac joint: an overview of its anatomy, function and potential clinical implications. *Journal of Anatomy*, 221(6), 537-567.
48. Levangie, P. K., and Norkin, C. C. (2011). *Joint structure and function: a comprehensive analysis*. Philadelphia: F. A. Davis, 346-352.
49. O'Sullivan, P. (2005). Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Manual Therapy*, 10(4), 242-255.
50. Preece, S. J., Willan, P., Nester, C. J., Graham-Smith, P., Herrington, L., and Bowker, P. (2008). Variation in pelvic morphology may prevent the identification of anterior pelvic tilt. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 16(2), 113-117.
51. Neumann, D. A., and Kelly, E. R. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. St. Louis: Mosby/Elsevier, 312-320.

52. Smith, J. A., Popovich Jr, J. M., and Kulig, K. (2014). The influence of hip strength on lower-limb, pelvis, and trunk kinematics and coordination patterns during walking and hopping in healthy women. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 44(7), 525-531.
53. Beales, D. J., O'Sullivan, P. B., and Briffa, N. K. (2010). The effects of manual pelvic compression on trunk motor control during an active straight leg raise in chronic pelvic girdle pain subjects. *Manual Therapy*, 15(2), 190-199.
54. Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A metaanalytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349-355.
55. Akaras, E., Deniz, G., Eymir, M., and Sönmez, M. (2025). The effects of joint hypermobility on strength, proprioception, and functional performance. *Scientific Reports*, 15(1), 40529.
56. Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, 35(Suppl 2), ii7-ii11.
57. Smits-Engelsman, B., Klerks, M., and Kirby, A. (2011). Beighton score: a valid measure for generalized hypermobility in children. *The Journal of Pediatrics*, 158(1), 119-123.
58. Kadri, M. A., Noé, F., Maitre, J., Maffulli, N., and Paillard, T. (2021). Effects of limb dominance on postural balance in sportsmen practicing symmetric and asymmetric sports: a pilot study. *Symmetry*, 13(11), 2199.
59. Kyung, M. G., Cho, Y. J., Lee, J. H., Shin, M. S., Park, J. H., and Lee, D. Y. (2025). Reliability and radiographic correlation of the foot posture index-6: a multi-rater analysis in symptomatic and asymptomatic individuals. *Diagnostics*, 15(10), 1214.
60. Hébert-Losier, K., Newsham-West, R. J., Schneiders, A. G., and Sullivan, S. J. (2009). Raising the standards of the calf-raise test: a systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(6), 594-602.
61. Lunsford, B. R., and Perry, J. (1995). The standing heel-rise test for ankle plantar flexion: criterion for normal. *Physical Therapy*, 75(8), 694-698.
62. Hanlon, S. L., Bley, B. C., and Silbernagel, K. G. (2022). Determining the feasibility of exercise therapy and activity modification for treating adolescents with heel pain: a study protocol. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 8(3), e001301.
63. Volkan, M., Çobanoğlu, G., Küpeli, B., Ozkul, C., Oskay, D., and Güzel, N. A. (2020). The reliability of a wearable movement analysis system (G-walk) on gait and jump assessment in healthy adults. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, 7(2), 159167.
64. Yazici, M. V., Çobanoğlu, G., and Yazici, G. (2022). Test-retest reliability and minimal detectable change for measures of wearable gait analysis system (G-walk) in children with cerebral palsy. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 52(3), 658-666.

65. Hyung, E. J., Lee, H. O., and Kwon, Y. J. (2016). Influence of load and carrying method on gait, specifically pelvic movement. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(7), 2059-2062.
66. Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., and Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911-919.
67. Schwiertz, G., Brueckner, D., Schedler, S., Kiss, R., and Muehlbauer, T. (2019). Reliability and minimal detectable change of the upper quarter Y-balance test in healthy adolescents aged 12 to 17 years. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(6), 927.
68. Shaffer, S. W., Teyhen, D. S., Lorenson, C. L., Warren, R. L., Koreerat, C. M., Straseske, C. A., ... Childs, J. D. (2013). Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Military Medicine*, 178(11), 1264-1270.
69. Bulow, A., Anderson, J., Leiter, J., MacDonald, P., and Peeler, J. (2019). The modified star excursion balance and Y-balance test results differ when assessing physically active healthy adolescent females. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(2), 192.
70. Cohen, J. (1998). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd Ed.). Hillsdale: Routledge, 274-406.
71. Folci, M., and Capsoni, F. (2016). Arthralgias, fatigue, paresthesias and visceral pain: can joint hypermobility solve the puzzle? A case report. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 17(1), 58.
72. Junge, T., Schmidt, H., Pedersen, T. L., Engelbert, R., and Juul-Kristensen, B. (2016). Generalised joint hypermobility in elite sport adolescents and the relation to pain, functional ability, quality of life and injuries. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 47(10), 792-800.
73. Rogati, G., Caravaggi, P., Leardini, A., Erani, P., Fognani, R., Saccon, G., ... Baleani, M. (2022). A novel apparatus to assess the mechanical properties of Ankle-Foot Orthoses: stiffness analysis of the Codivilla spring. *Journal of Biomechanics*, 142, 111239.
74. Alahmari, K. A., Kakaraparthi, V. N., Reddy, R. S., Samuel, P. S., Tedla, J. S., Rengaramanujam, K., ... Mukherjee, D. (2021). Foot posture index reference values among young adults in Saudi Arabia and their association with anthropometric determinants, balance, functional mobility, and hypermobility. *BioMed Research International*, 2021(1), 8844356.
75. Gijon-Nogueron, G., Montes-Alguacil, J., Alfageme-Garcia, P., Cervera-Marin, J. A., Morales-Asencio, J. M., and Martinez-Nova, A. (2016). Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: a cross-sectional study. *Journal of Foot and Ankle Research*, 9(1), 24.

76. Horii, M., Akagi, R., Ogawa, Y., Yamaguchi, S., Kimura, S., Ono, Y., ... Sasho, T. (2023). Foot morphology and correlation with lower extremity pain in Japanese children: a cross-sectional study of the foot posture Index-6. *Journal of Orthopaedic Science*, 28(1), 212-216.
77. Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., and Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852-859.
78. Scheper, M., de Vries, J., Beelen, A., de Vos, R., Nollet, F., and Engelbert, R. (2014). Generalized joint hypermobility, muscle strength and physical function in healthy adolescents and young adults. *Current Rheumatology Reviews*, 10(2), 117-125.
79. Handelsman, D. J., Hirschberg, A. L., and Bermon, S. (2018). Circulating testosterone as the hormonal basis of sex differences in athletic performance. *Endocrine Reviews*, 39(5), 803-829.
80. Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Gentil, P., Moran, J., García-Pinillos, F., AlonsoMartínez, A. M., and Izquierdo, M. (2018). Inter-individual variability in responses to 7 weeks of plyometric jump training in male youth soccer players. *Frontiers in Physiology*, 9, 1156.
81. Schmidt, H., Pedersen, T. L., Junge, T., Engelbert, R., and Juul-Kristensen, B. (2017). Hypermobility in adolescent athletes: pain, functional ability, quality of life, and musculoskeletal injuries. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 47(10), 792-800.
82. Ramírez-Campillo, R., Meylan, C., Alvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Cañas-Jamett, R., ... Izquierdo, M. (2014). Effects of in-season low-volume highintensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(5), 1335-1342.
83. ALMohiza, M. A., and Reddy, R. S. (2025). Exploring the dynamics of stability and lumbar proprioception in hypermobility syndrome: a comparative and mediation analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 20(1), 285.
84. Buldt, A. K., Murley, G. S., Butterworth, P., Levinger, P., Menz, H. B., and Landorf, K. B. (2013). The relationship between foot posture and lower limb kinematics during walking: a systematic review. *Gait & Posture*, 38(3), 363-372.
85. Rombaut, L., Malfait, F., De Wandele, I., Taes, Y., Thijs, Y., De Paepe, A., and Calders, P. (2012). Muscle mass, muscle strength, functional performance, and physical impairment in women with the hypermobility type of Ehlers-Danlos syndrome. *Arthritis Care & Research*, 64(10), 1584-1592.
86. Black, W. R., DiCesare, C. A., Wright, L. A., Thomas, S., Pfeiffer, M., Kitchen, K., ... Kashikar-Zuck, S. (2023). The effects of joint hypermobility on pain and functional biomechanics in adolescents with juvenile fibromyalgia: secondary baseline analysis from a pilot randomized controlled trial. *BMC Pediatrics*, 23(1), 557.

87. Hanzlíková, I., Klimešová, K., Lehnert, M., Bizovská, L., Smékal, D., and HébertLosier, K. (2025). Decoding injury risk: exploring the impact of asymptomatic hypermobility on lower limb injury risk factors in young female volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 43(16), 1549-1559.
88. DeSilva, J. M., and Rosenberg, K. R. (2017). Anatomy, development, and function of the human pelvis. *The Anatomical Record*, 300(4), 628-632.
89. Van Meulenbroek, T., Huijnen, I., Stappers, N., Engelbert, R., and Verbunt, J. (2021). Generalized joint hypermobility and perceived harmfulness in healthy adolescents; impact on muscle strength, motor performance and physical activity level. *Physiotherapy Theory and Practice*, 37(12), 1438-1447.





EK-1. Etik komisyon onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 31.12.2024-E.1130116



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu

Sayı : E-77082166-302.08.01-1130116
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

31.12.2024

DAĞITIM YERLERİNE

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi Sevde Nur SARIKAYA'nın, Prof. Dr. Nevin A. GÜZEL'in danışmanlığında yürüttüğü "*Eklem Hipermobilitesi Olan Adölesanlarda Ayak ve Pelvis Etkilenimi ile Alt Ekstremité Fonksiyonunun Değerlendirilmesi*" adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **24.12.2024** tarih ve **21** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2024 - 1989

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

DAĞITIM

Gereği:
Sayın Prof. Dr. Nevin Aysel GÜZEL

Bilgi:
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

EK 2. Bilgilendirilmiş gönüllü olur formu

GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONU FORM-2

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

KATILIMCILAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sizi, Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu'ndantarih /sayı ile izin alınan* ve Prof. Dr. Nevin A. Güzel ve Fzt. Sevede Nur Sarıkaya tarafından yürütülen "Eklem Hipermobilitesi Olan Adolesanlarda Ayak ve Pelvis Etkilenimi ile Alt Ekstremitte Fonksiyonunun Değerlendirilmesi" başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan çıkma hakkına sahipsiniz. Bu çalışmaya katılmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Çalışmaya katıldığınız için size bir ödeme yapılmayacaktır. Çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır.

*Gazi Üniversitesi Etik Komisyon izni alındıktan sonra doldurularak kullanılacaktır.

Araştırmanın Amacı	Bu çalışma adolesanlarda eklem hipermobilitésinin ayak, ayak bileği eklemi, pelvik hareketler ve tüm alt ekstremitte fonksiyonu üzerindeki etkilenimlerini araştırmayı planlamaktadır. Elde edilecek verilerle adolesanlarda alt ekstremitte ve pelvisi kapsayan koruyucu fizyoterapi önerilerinin verilmesi ve uygun fiziksel aktiviteye yönlendirilmesi amaçlanmıştır.
Araştırmanın Yöntemi	Bu çalışmada, katılımcıların ayak bileğine ait hareket oluşturabilme kabiliyetleri, alt ekstremitte patlayıcı kuvvetleri, pelvik bölgenin hareketleri ve dinamik dengeleri değerlendirilecektir. Bu çalışmada ayak postür indeksi, tek ayak üzerinde denge, topuk yükselme testi, yürüyüş sırasında pelvik hareketlerin değerlendirilmesi, çömelme sıçrama testi (squat jump) gibi çeşitli testler ve ölçüm yöntemleri kullanılacaktır. Tüm bu süreçler, sizin için güvenli ve konforlu bir şekilde gerçekleştirilecektir.
Araştırmanın Öngörülen Süresi (Başlama ve Bitiş Tarihi Başvurudaki Başlangıç ve Bitiş Tarihi ile Uyumlu Olmalıdır.)	Başlama Tarihi: 18.01.2025 Bitiş Tarihi: 18.04.2025
Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı	128
Araştırmanın Yapılacağı Yerler	Gazi Üniversitesi, Lise Kurumları, Ortaokul Kurumları
Görüntü ve/veya ses kaydı alınacak mı?	Evet ☐ Hayır ☒

Tablo katılımcıların anlayabileceği biçimde, akademik dil kullanılmadan yazılacaktır.

KATILIMCI BEYANI

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

Araştırma yürütücüsü(Tez çalışmaları Danışman tarafından imzalanacaktır.)

Adı ve Soyadı	Prof. Dr. Nevin A. GÜZEL	Tarih ve İmza
Adres ve telefonu	Gazi Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	
Katılımcı		
Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza

EK 2. (devam) Bilgilendirilmiş gönüllü olur formu

GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONU FORM-2		
Rev-2		
25.01.2022		
Adres ve telefonu		
Velayet veya Vesayet Altındaki Katılımcılar için Veli/Vasi		
Adı ve Soyadı		Tarih ve İmza
Adres ve telefonu		

EK-3. Demografik bilgi formu

DEMORGRAFİK BİLGİ FORMU	
TARİH:	
Adı-Soyadı:	
Yaş:	
Cinsiyet:	
Boy:	
Kilo:	
VKI:	
Baskın Ayak:	
Özgeçmiş:	
Beighton Skoru:	

EK-4. API-6 değerlendirme formu

Katılımcının Adı-Soyadı:

Tarih:

API-6 PARAMETRELERİ	Dominant Ayak -2 ile +2	Nondominant Ayak -2 ile +2
Talus başı palpasyonu		
Lateral malleol altındaki kavisin artması/azalması		
Kalkaneus inversiyonu/eversiyonu		
Talonavikular eklem bölgesinde tümsekleşme		
Medial Longitudinal ark yapısı		
Ön ayağın abdüksiyonu/addüksiyonu (Birden fazla parmak görünümü)		
Toplam Skor		

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SARIKAYA, Sevde Nur

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri :

Medeni hali :

Telefon

e-mail

Eğitim

Eğitim Birimi

Derece

Yüksek lisans

Gazi Üniversitesi / Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı

Mezuniyet Tarihi

Devam ediyor

Lisans

Hacettepe Üniversitesi/ Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

2018

İş Deneyimi

Yer

Yıl

2025-2026

2023-2025

Zen Okçuluk

FizyoBaşkent Sağlıklı Yaşam Merkezi

Görev

Fizyoterapist

Fizyoterapist

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Sarıkaya, S. N., and Güzel, N. A. (2026, 8-10 Şubat). *The Effect of Joint Hypermobility on Physical Activity Level and Body Composition in Adolescents*. MeetCon – Balkan International Scientific Research Congress, Makedonya. (Sözlü Bildiri).

Hobiler

Pilates, Yürüyüş



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR...

