



**ÇOCUKLARDA PES PLANUSUN ALT EKSTREMİTE
BİYOMEKANİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ceren BUĞDAY

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Burcu TALU**

Yüksek Lisans Tezi – 2024

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

**ÇOCUKLARDA PES PLANUSUN ALT EKSTREMİTE BİYOMEKANİĞİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ceren BUĞDAY

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı

Yüksek Lisans

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Burcu TALU**

**Tez Jüri Üyeleri
Prof. Dr. Burcu TALU
Dr. Öğrt. Üyesi Rabia AYDOĞAN BAYKARA
Dr. Öğrt. Üyesi Büşra CANDİRİ**

**MALATYA
2024**

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

ETİK BEYANI

İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak “Prof. Dr. Burcu TALU” danışmanlığında hazırlayıp sunduğum “Çocuklarda Pes Planusun Alt Ekstremitte Biyomekanik Üzerine Etkileri” başlıklı Yüksek Lisans tezinde elde ettiğim verileri, bilgileri, belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tezimde yararlandığım eserlere bilimsel kurallara uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezinin özgün olduğunu, tezinin çalışma ve yazımında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

27/12/2024
Ceren BUĞDAY
İmza

İÇİNDEKİLER

ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	14
2. GENEL BİLGİLER.....	20
2.1. Alt Ekstremitte Anatomisi ve Biyomekaniği.....	20
2.1.1. Alt Ekstremitte Kemik ve Kasları	20
2.1.2. Alt Ekstremitte Eklemleri	28
2.1.3. Biyomekanik ve Kinematik	31
2.2. Çocuklarda Sık Görülen Ayak Deformiteleri	33
2.3. Alt Ekstremitte Biyomekaniksel Değerlendirme.....	38
2.3.1. Kas Kuvveti Değerlendirilmesi	38
2.3.2. Kısalık Değerlendirmesi	38
2.3.3. Tibialis Posterior Tendon Disfonksiyonu Değerlendirmesi	39
2.3.4. Femoral Anteversiyon Değerlendirmesi.....	39
2.3.5. Pelvik İnklınasyon Açısı Değerlendirmesi	39
2.3.6. Postür Değerlendirmesi	39
2.3.7. Hıpermobilitte Değerlendirmesi	40
3. MATERYAL VE METOD	41
3.1. Bireyler	41
3.2. Yöntem	43
3.2.1. Ölçme ve Değerlendirmeler	44
3.2.2. Araştırma Protokolü	51
3.2.3. Etik kurul Onayı	51
3.2.4. İstatiksel Analiz	52
4. BULGULAR	53
4.1. Grupların Demografik Özellikleri	53
4.2. Çalışma Bulguları	54
4.2.1. Çalışma Grupları Karşılaştırması	54

4.2.2. Pes Planuslu Ayakların Karşılaştırması.....	59
5. TARTIŞMA.....	65
5.1. Tanımlayıcı Bulguların İncelenmesi	70
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	76
6.1. Sonuçlar	76
6.2. Öneriler.....	77
KAYNAKLAR.....	79
EKLER	96
EK-1. Özgeçmiş	96
EK 2. Etik Kurul Raporu	97
EK 3. Katılımcı Onam Formu	98
EK 4. Katılımcı Değerlendirme Formu	102
EK 6. New York Postür Değerlendirme Ölçeği	104

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedi beni her konuda yönlendiren kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Burcu TALU'ya,

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmam süresince de benden her türlü desteklerini esirgemeyen, hep yanımda olan canım aileme,

Hayat ışıgım, güzel kızım Duru'ya ve sevgili eşim Dr. Öğrt. Gör. Burak BUĞDAY'a,

Tezin ön hazırlık aşamasında vermiş olduğu desteklerden dolayı Dr. Öğrt. Üyesi Büşra CANDİRİ'ye, değerli arkadaşım Öğr. Gör. Havva ADLI'ya, benim için arkadaştan öte anlam ifade eden değerli çalışma arkadaşlarım Fzt. Ayla AKGÜN, Fzt. Sümeyye KIZILASLAN ve Uzm. Dr. Asuman Fatma KAPLAN YILMAZ'a,

Tanıştığımız ilk andan itibaren beni teşvik eden, destekleyen değerli mesai arkadaşım Uzm. Dr. Rukiye GÜLER'e,

Tez süreci başta olmak üzere, beni her konuda destekleyen, rehberlik eden hastanemizin kıymetli başhekimisi Sayın Dr. Öğrt. Üyesi Rabia AYDOĞAN BAYKARA'ya kalbimden en samimi teşekkürlerimi sunuyorum.

ÖZET

Çocuklarda Pes Planusun Alt Ekstremitte Biyomekaniği Üzerine Etkileri

Amaç: Bu çalışma, 6-10 yaş arası pes planuslu çocuklarla yine aynı yaş grubunda normal ayak yapısına sahip çocukların alt ekstremitte biyomekaniksel değişikliklerinin incelenmesi amacıyla planlandı.

Materyal ve metod: Randomize olarak tasarlanan bu çalışmanın evrenini Fizik Tedavi polikliniğine başvuran pes planus tanısı almış çocuklar, kontrol grubunu sağlıklı çocuklar oluşturdu. Çalışma grubunda 23 pes planus tanılı çocuk, kontrol grubunda 20 normal ayak yapısına sahip çocuk incelendi. Harris tabakası ile ayak izi bakıldı. CSİ, kas kuvveti, kas kısalıkları, pelvik inklinasyon açısı, femoral anteversiyon analizi için kalça internal rotasyon açısı ve Q açısı, tibial torsiyon analizi için uyluk-ayak açısı, API-6, Beighton skoru ve PTTD değerlendirildi.

Bulgular: Pes planuslu çocuklarda CSİ ile API-6 arasında güçlü korelasyon tespit edildi ($p<0.001$). Pes planuslu çocuklarda Q açısının ve dominant ekstremitede m. hamstrings kas kuvvetinin anlamlı şekilde arttığı bulundu ($p<0.05$). Pes planuslu çocukların dominant ekstremitelerinde CSİ değeri ile kuadriseps femoris kas kuvveti zayıf pozitif, m.tibialis anterior zayıf negatif korelasyon gösterdi. Pes planus derecelerine göre API-6 ve CSİ değerleri arasındaki fark anlamlı olarak değerlendirildi ($p<0.05$).

Sonuç: Çalışmamız, pes planusun Q açısı değerleri yoluyla femoral anteversiyonu etkilediğini buldu. Pes planus derecesi ilerledikçe Q açısı ve CSI değerleri arttı. Pes planuslu çocuklarda tibialis anterior ve plantar fleksör kaslarının kas gücü azaldı. Ancak, kuadriseps femoris ve hamstring kaslarının gücü arttı.

Anahtar Kelimeler: Biyomekanik, pes planus, pelvik inklinasyon, uyluk-ayak açısı, harris tabakası, femoral anteversiyon

ABSTRACT

Effects of Pes Planus on The Lower Extremity Biomechanics in Children

Aim: This study was planned to investigate the lower extremity biomechanical changes in children with pes planus between the ages of 6 and 10 and in children in the same age group with normal foot structure.

Material and method: The universe of this randomized study consisted of 23 children diagnosed with pes planus and 20 healthy children who applied to the Physical Therapy outpatient clinic. Footprints were examined with Harris mat. CSI, muscle strength, muscle shortness, pelvic inclination angle, hip internal rotation angle and Q angle for femoral anteversion, thigh-foot angle, API-6, Beighton score and PTTD were evaluated.

Results: A strong correlation was found between CSI and API-6 in children with pes planus ($p<0.001$). It was found that Q angle and m. hamstring muscle strength in dominant extremity increased significantly in children with pes planus ($p<0.05$). CSI value showed a weak positive correlation with quadriceps femoris muscle strength and a weak negative correlation with m. tibialis anterior in dominant extremities of children with pes planus. The difference between API-6 and CSI values according to pes planus degrees was found to be significant ($p<0.05$).

Conclusion: Our study found that pes planus affected femoral anteversion through Q angle values. As the degree of pes planus progressed, Q angle and CSI values increased. Muscle strength decreased in the tibialis anterior and plantar flexor muscles of children with pes planus. However, strength increased in the quadriceps femoris and hamstring muscles.

Keywords: Biomechanics, pes planus, pelvic inclination, thigh-foot angle, harris mat, femoral anteversion

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AEU	: Alt Ekstremité Uzunluğu
API-6	: Ayak Postür İndeksi-6
art.	: Articulatio
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CA	: Clarke Açısı
CSİ	: Chippaux-Smirak İndeks
D	: Dominant
HII	: Harris Damga İndeksini
KİRA	: Kalça İnternal Rotasyon Açısı
KTE	: Konjenital Talipes Ekinovarus
KY	: Sztriter-Godunov İndeksi
LLA	: Lateral Longitudinal Ark
m/M	: Musculus
MA	: Metatarsus Adduktus
MLA	: Medial Longitudinal Ark
n/N	: Nervus
ND	: Nondominant
NDT	: Naviküler Düşme Testi
NYPD	: Newyork Postür Derecelendirme Ölçeği
PA	: Popliteal Açı
PIA	: Pelvik İnklinasyon Açısı
PP	: Pes Planus
PTTD	: Posterior Tibial Tendon Disfonksiyonu
QA	: Kuadriseps (Q) Açısı
SİAS	: Spina İliaka Anterior Süperior
SİPS	: Spina İliaka Posterior Süperior
TA	: Transvers Ark
TP	: Tibialis Posterior
UAA	: Uyluk-Ayak Açısı
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 2.1. Ayak arkları	22
Şekil 2.2. Ayak eklemleri	29
Şekil 3.1. Çalışma akış şeması.....	42
Şekil 3.2. Harris mat tabakası	46
Şekil 3.3. Dinamometre	47
Şekil 3.4. Popliteal açı ölçümü.	48
Şekil 3.5. Uyluk-Ayak açısı ölçümü.....	49



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 1.1. Q (kuadriseps) açısının yaşa göre değişimi	17
Tablo 2.1. Medial longitudinal arkı destekleyici yapılar	22
Tablo 2.2. Ayak Deformiteleri	33
Tablo 2.3. Pes planus tipleri	35
Tablo 4.1. Çocukların sosyo-demografik ve klinik özellikleri-1	53
Tablo 4.2. Çocukların sosyo-demografik ve klinik özellikleri-2	54
Tablo 4.3. Grupların CSİ değerleri ve kıyaslanması.....	55
Tablo 4.4. Grupların açısal değerlerinin kıyaslanması.....	55
Tablo 4.5. Normal ayaklı çocuklarda dominant ve nondominant ekstremitelerin açısal kıyaslanması	56
Tablo 4.6. Pes planuslu çocuklarda dominant ve nondominant ekstremitelerin açısal kıyaslanması.....	56
Tablo 4.7. Grupların kas kuvvet değerleri ve kıyaslanması.....	57
Tablo 4.8. Normal çocuklarda dominant ve nondominant kas kuvvet değerleri ve kıyaslanması.....	57
Tablo 4.9. Pes planuslu çocuklarda dominant ve nondominant kas kuvvet değerleri ve kıyaslanması.....	58
Tablo 4.10. Grupların bazı özel test sonuçları	58
Tablo 4.11. Tüm çocuklarda CSİ değerleri ile diğer değişkenlerin ilişkisi	58
Tablo 4.12. Dominant ve nondominant ekstremitelerin kas kuvveti ile CSİ değerleri kıyaslanması.....	59
Tablo 4.13. Pes planuslu ayakların klinik özellikleri-1	59
Tablo 4.14. Pes planuslu ayakların CSİ değerlerine göre kıyaslanması	59
Tablo 4.15. Pes planuslu ayakların açısal değerlerinin kıyaslanması	60
Tablo 4.16. Pes planuslu ayakların bazı kas kuvvet değerleri kıyaslanması	60
Tablo 4.17. Pes planuslu ayaklarınCSİ değerlerinin diğer değişkenlerin ilişkisi.	60
Tablo 4.18. Pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile kas kuvveti ilişkisi	61
Tablo 4.19. 1. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile diğer değişkenlerin ilişkisi.....	61
Tablo 4.20. 1. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile kas kuvveti ilişkisi	61

Tablo 4.21. 2. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile diğer değişkenlerin ilişkisi.....	62
Tablo 4.22. 2. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile kas kuvveti ilişkisi	62
Tablo 4.23. 3. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile diğer değişkenlerin ilişkisi.....	62
Tablo 4.24. 3. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile kas kuvveti ilişkisi	63
Tablo 4.25. Çalışma gruplarında değerlendirme parametrelerinden bazılarının frekansları	63
Tablo 4.26. Pes planuslu ayakların bazı değerlendirme parametlerinde frekansları.....	64



1. GİRİŞ

Ayak, günlük yaşamın rutinleri sırasında vücudun zeminle temasını sağlayan en distal parçasıdır. Bireyin ambulasyonu sırasında stabilizasyon sağlamak, yer-zemin kuvvet darbelerini azaltmak ve yerçekimine karşı destek olmak gibi önemli rolleri olan bir uzuvdur (1). Ayak alt ekstremitenin en distal kısmıdır ve vücudun dengesini koruduğu bir destek tabanı gibi davranarak bireyin çevreyle etkileşime girmesine, aktiviteler gerçekleştirmesine olanak tanır. Ayak zemin yüzeyine uyum sağlar, şok emilimine yardımcı olur ve itme sırasında sert bir kaldıraç gibi davranarak vücudun ilerlemesini sağlar. Çocuklarda ayak ve ayak bileği sorunları, ortopedi ve travmatoloji polikliniğine başvurmalarının en yaygın nedenidir (2).

Ayak bileği ve proksimalinde diz ve kalça eklemleri ayakla birlikte alt ekstremitte kinematik zincirinin komponentleridir. Ayak, ayak bileği, diz ve kalça ekleminin distalden proksimale doğru oluşturduğu bu kompleks yapı ayak tabanı aracılığıyla vücudun zemine temasını ve yüzeye uyumunu sağlar (3).

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler yaşam tarzımızda önemli değişikliklere neden olmuştur. Eğlenceli dijital cihazların yaygın olarak bulunması, çocuklarımızın sayısız saatler boyunca dijital cihazlara bağlı kalmasıyla hareketsiz ve sağlıksız bir yaşam tarzı kültürü yaratmıştır. Hareketsiz bir yaşam tarzı sürmenin obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve hatta erken ölümle ilişkili olduğu gösterilmiştir (4). 6-10 yaş arası okul çocukları üzerinde yapılan bir çalışmada, fiziksel aktivite ile medial longitudinal ark gelişimi arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu, yani pes planus prevalansının fiziksel olarak hareketsiz olan çocuklarda daha yüksek olduğunu bildirmiştir (5).

Ayak şekli yaşla beraber değişir ve ayakta en sık görülen postüral değişiklik ise medial longitudinal arkın (MLA) ve kalkaneal valgusun yüksekliğinde bir azalmaya karşılık gelen pronasyonlu ayak veya pes planustur. Çalışmalar 3 yaşın altındaki çocuklarda pronasyonlu ayak prevalansının oldukça yüksek olduğunu ve ayak arkının yaşamın ilk on yılında, daha spesifik olarak 2 ila 6 yaş arasında gelişmesi nedeniyle prevalansının yaşla birlikte azaldığını göstermiştir. Bu anlamda erken yaş grubunun (3-17 yaş) ve yaşlıların (60 yaş ve üzeri) yetişkinlere (18-59 yaş) göre daha fazla pronasyonlu ayaklara sahip oldukları gözlemlenmiştir (6).

Ayağı oluşturan arklar, stabilizasyon ve esneklik açısından ayağın biyomekanik yapıları içinde önemli bir göreve sahiptir. Bu arkların vücut kitlesini dengeli bir şekilde zemine aktarma, yürüyüş paternini düzenleme ve enerji üretme gibi fonksiyonları vardır (7). MLA, kalkaneusun medial tuberkülünden başlar ve navikula tuberkülü boyunca uzanır. Medial ve median kuneiformları da içine alarak I. metatars başının arkasında sonlanır (8). MLA kilo artışı, fiziksel aktivite düzeyi, ayakkabı kullanımı gibi dış faktörlerden etkilenecek şekilde deforme olabilir (9).

Pes planus, ayak kompleksinde ek deformitelerin varlığından bağımsız olarak, ayağın MLA yükseklik değerinin normalden az olmasını tanımlar. Düztabanlık olarak bilinen pes planus, çocukluk çağında yaygın olarak görülür ve çocukların %14'ünü etkilemektedir (10). Pes planusla beraber görülen kalkaneus eversiyonu, ön ayağın arka ayağa göre dışa dönüklüğü ve MLA düşüklüğü dinamik aktiviteler sırasında ya da duruş esnasında alt ekstremitte kinematiğinde değişikliklere neden olabilir (11). Bu değişiklikler ayak tabanında anormal yük dağılımına, alt ekstremitte eklemlerinde aşırı strese hatta kalçada kompensatuar iç rotasyona neden olabilir (12, 13). Ek olarak, yürüyüş veya duruş sırasında, subtalar eklemin aşırı eversiyonu, ağırlığın mediale kaymasına ve dengenin bozulmasına neden olabilir. Dengenin azalması, tüm vücut stabilitesinin bozulmasına sebep olur ve bu tüm vücut biyomekaniğini değiştirebilir (14). Daha önce bu durumun alt ekstremitte biyomekaniğinde değişikliklere neden olabileceği bildirilmiştir. Pes planuslu ayaklarda aşırı subtalar eklemin pronasyonu vardır ve bu durumunda, instabilite ile alt ekstremitedeki bu deformite hipermobilitateye ve pasif instabiliteye neden olur. Stabilitateyi ve dengeyi korumak için nöromüsküler sistem tarafından daha fazla nörolojik kontrol gerekir. Bu nedenle, ayaklar vücut ağırlığını desteklerken pes planustan kaynaklanan instabilite, alt ekstremitenin kapalı kinematik zincirinde telafi edici bir eylemin yanı sıra patolojik mekanik sorunlara da neden olabilir (15, 16).

Ayak postürü, insan ayağının şeklini anlamak için klinik açıdan yaygın olarak ölçülmektedir. Ayak postürleri arasındaki farklılıklar plantar yüklenmede ve basınç noktaları arasında farklılıklar ile sonuçlanabilir (17). Bu sebeple en başta ayağın patolojik olmayan durumlardaki hareketini bilmek önemlidir (18). Ayak yapılarındaki farklılıklardan dolayı hareketin şekli değişir ve sonuç olarak, birçok ayak patolojisi biyomekanik kökenli meydana gelir (19). Alt ekstremitte mekanik dizilimi üst üste binen kolonlara benzetilebilir. Bu mekanik bütünlükte herhangi bir yapının normal dizilimden çıkması, diğer segmentlerin pozisyonlarının değişmesiyle ve fonksiyonel olarak bozulmasıyla sonuçlanabilecektir (20, 21). Ayak-zemin uyumunun alt ekstremitte

mekanik hizalamasını ve dinamik fonksiyonunu etkilediği bilinmektedir. Ayaklar, alt ekstremite eklemleri ile beraber ayakta durma pozisyonunda dengeyi düzenleyen bir kinematik zincir oluşturur. Ayaklar vücudun en alt kısmında bulunur ve bu, ayağın kinematik zincir için destek tabanı görevi görmesini sağlar. Ayaklardaki herhangi bir dinamik değişikliğin tüm vücudun postüral kontrolünü etkilediği düşünülmektedir (22).

Tibialis posterior (TP) kası, yürümenin duruş fazında pronasyona kaymasına engel olduğu subtalar eklem stabilizasyonunu sağlamış olur ve itme fazında ayak supinasyonu için ana efektördür. Yürümenin orta duruş fazı sırasında TP kası, ayağı itme fazına hazırlamak için orta ve arka ayak eklemlerini sertleştirerek ayağa dinamik olarak stabilizasyon sağlar. Yürüyüş biyomekaniği üzerine yapılmış araştırmalar posterior tibial tendon disfonksiyonu (PTTD)'nın evre 1 ve 2 olduğu bireylerde sağlıklı ayağa kıyasla ayak bileğinde inversiyona kaçışın olduğunu ve arka ayakta eversiyon açısının arttığını söylüyor. Sadece bir çalışma PTTD'nun proksimal eklemler üzerindeki etkisini araştırmış normal ayak yapısına sahip bireylerden daha düşük bir kalça iç rotasyon eklemi momenti ve düşük bir iç diz abduksiyon eklemi momenti olduğunu bildirmiştir. Gelecekte yapılacak olan çalışmaların protokollerinde proksimal eklemlerin araştırılmasının önemi vurgulanmıştır (23).

Pelvisin anormal pozisyonu, alt ekstremite mekanik dizilimini proksimalden distale doğru etkileyebilirken, ayak deformiteleri ve ayak bileği de distalden proksimale doğru etkileyebilir (24, 25). Pelvik anteversiyondaki değişim rektus abdominis kasını harekete geçirmektedir. Pelvik inklinasyon açısı (PIA)'ndaki artış veya azalış hem üst eklemleri ve kasları hem de alt ekstremite biyomekaniğini etkileyecektir. PIA'ndaki artma ya da azalma gibi değişimler multifidus başta olmak üzere, erektör spina ve abdominal kaslar ile uyluk kaslarından biceps femoris kası, iliakus kası, gluteus minimus, gluteus medius, gluteus maximus gibi alt ekstremite kaslarını ve pelvis çevresindeki kasları aktive edebilir (26).

Kuadriseps açısı (QA) fizyoterapistler ve ortopedistler gibi birçok sağlık profesyoneli tarafından alt ekstremitede görülebilecek olan deformitelerin tespit edilmesinde oldukça yaygın kullanılan bir yöntem olmuştur (27). Q açısı dizin işlevselliğinin ve patellofemoral eklem kinetik değerlendirmesinde kullanılan bir ölçümdür (28). Patella orta noktası ile tibianın tibianın tüberkülünü birleştiren hat ile Spina iliaca anterior superior (SIAS) arasındaki açıdır ve alt ekstremite postür değerlendirmesinde profesyonellere fikir verme açısından önemlidir (27). Q açısının normal değerleri erkekler için 8°–15°, kadınlar için 12°–19° arasındadır. Normal olarak

kabul edilen bu değer aralıkları pes planus, etnisite, esneklik, cinsiyet ve yaş gibi bazı etmenlerle ilişkili olarak değişebilmektedir (29-33). 2-8 yaş aralığında Q açısının değerlendirildiği bir çalışmada 144 sağlıklı çocukta Q açısı değeri sağ bacakta $13.26^{\circ} \pm 1.45^{\circ}$, sol bacakta $13.25^{\circ} \pm 1.47^{\circ}$ bildirilmiştir. Q açısının yaşa göre değişimi Tablo 1.1’de gösterilmiştir (27). Çocuklarda yapılan başka bir çalışmada Q açısının ortalama değeri 15.7 ± 4.0 bulunmuştur (34). Ayak bileğinin anormal yapısı da Q açısını etkileyebilecek bir faktördür (35). Elvan ve arkadaşları ayağın pronasyonu ile birlikte medialde taşınan yükün artışı Q açısının artmasıyla, ayağın supinasyonu ile lateralde daha fazla yük taşınmasını Q açısının azalmasıyla ilişkilendirmiştir. Ayrıca Q açısı ile naviküler yükseklik arasında önemli bir ilişki bildirmişlerdir (20). Kalça internal rotasyon açısı değerlerinin, 60° - 90° gibi normal aralığın üzerinde olması femoral anteversiyon açısı için klinik bir gösterge kabul edilir (36).

Tablo 1.1. Q (kuadriseps) açısının yaşa göre değişimi (27).

Q Açısı		2-4 yaş (n=196)	4-6 yaş (n=203)	6-8 yaş (n=200)	P
Sırtüstü	Sağ	14.16 $\pm$ 0.67	13.10 $\pm$ 1.36	12.69 $\pm$ 0.91	<0.001
Ölçüm	Sol	14.11 $\pm$ 0.67	13.06 $\pm$ 1.37	12.67 $\pm$ 0.87	<0.001
Ayakta	Sağ	14.10 $\pm$ 0.67	13.08 $\pm$ 1.41	12.71 $\pm$ 0.87	<0.001
Ölçüm	Sol	14.07 $\pm$ 0.69	13.06 $\pm$ 1.43	12.69 $\pm$ 0.90	<0.001

One Way ANOVA p<0.05

Popliteal açı (PA)’nın $<50^{\circ}$ olmasıyla ifade edilen hamstring kaslarının gerginliğinin normal yürüyüşü engellemediğini ve bu nedenle çocuklarda popliteal açının $<50^{\circ}$ olması normal bir açı olarak kabul edilmesi gerektiğini göstermektedir (37). Plantar fleksörlerdeki kısıtlığın arka ayakta pronasyonla beraber fizyolojik ve rijit pes planusun nedeni olabileceği bildirilmiştir. Ayrıca plantar fleksörlerin nötralden sonra izin verdiği ve yürüyüşün ikinci yuvarlanma fazındaki 10 derecelik dorsifleksiyonun kinetik olarak önemli olduğu bilinmektedir (28).

Tibianın distal ekseninin internal ve eksternal rotasyonu (proksimal eksene göre) sırasıyla internal ve eksternal tibial torsiyon olarak adlandırılır. Rotasyonel deformite hem proksimal hem de distal eksen aynı düzlemde ise meydana gelmemektedir. Alt ekstremitte rotasyonel deformiteleri, kemik deformiteleri, nöromusküler bozukluklar ve yumuşak doku kontraktürlerinin sonucunda oluşabilmektedir (38). Artmış subtalar eklemin pronasyonunun, subtalar eklemin oblik ekseni sebebi ile tibianın eksternal rotasyonunun internal rotasyona doğru gittiği literatür tarafından ifade edilmektedir (39). Tibia ve

ayağın rotasyonunu transvers düzlemde değerlendirmek için uyluk-ayak açısı (UAA), kullanılmaktadır. Ayak rotasyonu eksternal yönüne pozitif, internal yönüne ise negatif olarak değerlendirilip, $+10^{\circ}$, -15° derece aralığı normal kabul edilir ve çocuklarda $+30^{\circ}$ 'ye kadar normaldir. Alt ekstremitte rotasyonel mekaniğini değerlendirmede Staheli, kalça iç ve dış rotasyon açıları, UAA ve ayak progresyon açısı ölçümlerini kullanmıştır (40).

Çocuklarda esnek pes planusun yaygın nedenlerinden birisi genelleştirilmiş eklem hipermobilitesi olarak kabul edilmektedir. Beighton skorunun eklem laksitesi ve hipermobilité ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Okul öncesi çocukların eklem laksite değerlerinin pes planusla ilişkili olduğu çalışmalarda bulunmuştur. Literatürde yaş, boy, kilo, ayak progresyon açısı, diz mekaniği ve eklem laksitesinin esnek pes planusla ilişkili olduğu bildirilmiştir (41).

Bu bilgilerden yola çıkarak çocuklarda pes planusun distalde ayak ve ayak bileği ile proksimalde alt ekstremitte biyomekaniğinde değişikliğe sebep olup olmadığı bu tezin konusunu belirlemede çıkış noktamızdı.

Araştırmanın Amacı

Çalışmamızın amacı, 6-10 yaş arası çocuklarda pes planusun alt ekstremitte biyomekaniği üzerine etkilerini saptayarak literatüre yeni bir bakış açısı kazandırmaktır.

Araştırmanın Hipotezleri

Çalışmamızın başında ortaya koyduğumuz hipotezler şu şekildedir:

H0a: Çocuklarda pes planusun femoral anteversiyon ile ilişkisi yoktur.

H1a: Çocuklarda pes planusun femoral anteversiyon ile ilişkisi vardır.

H0b: Çocuklarda pes planusun tibial torsiyon ile ilişkisi yoktur.

H1b: Çocuklarda pes planusun tibial torsiyon ile ilişkisi vardır.

H0c: Çocuklarda pes planusun pelvik inklinasyon açısı ile ilişkisi yoktur.

H1c: Çocuklarda pes planusun pelvik inklinasyon açısı ile ilişkisi vardır.

H0d: Pes planuslu çocuklarda femoral anteversiyon açısının tibial torsiyon ile ilişkisi yoktur.

H1d: Pes planuslu çocuklarda femoral anteversiyon açısının tibial torsiyon ile ilişkisi vardır.

H0e: Pes planuslu çocuklarda femoral anteversiyon açısının pelvik inklinasyon açısı ile ilişkisi yoktur.

H1e: Pes planuslu çocuklarda femoral anteversiyon açısının pelvik inklinasyon açısı ile ilişkisi vardır.

H0f: Pes planuslu çocuklarda tibial torsiyonun açısının pelvik inklinasyon açısı ile ilişkisi yoktur.

H1f: Pes planuslu çocuklarda tibial torsiyonun açısının pelvik inklinasyon açısı ile ilişkisi vardır.

H0g: Pes planusun femoral anteversiyon açısı ile ilişkisi yoktur.

H1g: Pes planusun femoral anteversiyon açısı ile ilişkisi vardır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Alt Ekstremité Anatomisi ve Biyomekaniği

2.1.1. Alt Ekstremité Kemik ve Kasları

Ayak, hem fonksiyonel olarak ve hem de yapısal olarak gelişen bir uzuvdur (9). Fetal dönemde ve doğumda ayağın büyük bölümü yumuşak dokudan meydana gelirken, 10 yaşına kadar ossifikasyonun tamamlanması, 15-21 yılda da epifiz ossifikasyonunun gerçekleşmesi beklenir (42). Çocuklarda ayağın daha esnek bir yapısının olmasının sebebi ayakta bulunan ligament ve tendonların kollajen liflerinde çapraz bağlantıların sayıca az olmasıdır. Yaşın ilerlemesiyle beraber kollajen liflerdeki bağlantı sayısının artması zamanla esnekliğin azalmasına neden olur (43).

Ayak, “*fat pad*” dokusundan destek alarak talonavikular eklemdaki yükü dengeleyerek, kondrial yapıların korunmasını sağlar. Çocuklarda yaygın olan “*fat pad*” dokusu ilerleyen yaşla beraber azalırken; MLA ayakkabı kullanımı, vücut kütlesi ve fiziksel aktivite gibi dış faktörler ve genetik gibi iç faktörlerden etkilenecek şekilde gelişir (9). Ayak yapılarının 2 yaşından 6 yaşına kadar gelişimi hız kazanırken MLA, LLA ve TA’nın yapısal olarak olgunlaşması 13 yaş civarında olur (43). Bebeklerde doğumdan sonra bir süre daha, “*fat pad*” dokusu sebebiyle MLA’nın düşük görüntüsü ve hipermobilité gibi nedenlerle fizyolojik dediğimiz pes planus görülür. Dinlenme halinde MLA normalden yüksek gibi görünse de yük aktarımı ile beraber bağların ve tarsal kemiklerden oluşan arkın uzaması pes planus görüntüsü oluşturur (44). Pediatrikte farklı gelişim basamaklarında görülebilecek pes planusun ne şiddetle olması gerektiği ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır (45).

Ayak; yirmi altıdan fazla kemik, otuz tane eklem, çok sayıda tendon, bağ ve dik duruş kabiliyetimizden sorumlu kaslardan oluşan, tüm vücut ağırlığını destekleyen ve iki ayaklı yürüyüş mekanizmasının temelini oluşturan karmaşık bir yapıdır. Bu karmaşık anatomi, ayağın; topuk vuruşu sırasında farklı arazi yapısına uyum sağlamasına ve adım atma sırasında daha iyi itiş için sert bir kaldıraç haline gelmesine olanak tanır (46).

Ayak Kemikleri

Ayak; tarsal 7, metatarsal 5 kemik ve 14 falankstan oluşur. Bu kemiklerin arasında subtalar, talonavikular, kalcaneoküboid, 5 tarsometatarsal, 5 metatarsofalangeal ve 7 interfalangeal olmak üzere toplam 20 eklemi bulunur. Ayak üç fonksiyonel segmentte

incelenir. Talus, kalkaneusla birlikte **arka ayağı** oluşturur. Üç küneiform kemiği, naviküla ve küboid **orta ayağı** oluşturur. Metatars kemikleri ile falanksalar **ön ayağı** oluşturur (47).

Ayak Arkları ve Ligamentleri

Ayakta bütüncül fonksiyonun değerlendirmesi ark yapılarının durumuna bakılarak daha iyi incelenebilir (48). Ayakta metatarsal kemiklerle tarsal kemiklerin uyumlu dizilimi ayağın yük taşıma kapasitesini ve esnekliğini arttıracak şekildedir (49). Vücut ağırlık kuvveti, proksimalden distale tibiadan talusa, sonra kalkaneusa, devamında ikinci ve beşinci metatarsal kemiklere ve sesamoid kemiklere iletilir. Kuvveti ileten bu noktalar, ayakta dururken vücut ağırlığı ile birlikte çöken, dinlenme halinde tekrar eski kavisine dönen nispeten elastik ayak arklarını oluşturur (Şekil 2.1). LA, medial ve lateral olarak iki bölümden oluşmakta olup, fonksiyonel olarak TA ile birlikte ağırlık kuvvetinin aktarılmasını sağlamaktadır (50, 53). MLA, çeşitli destekleri olan en geniş arktır (Tablo 2.1) (51, 52). Bu arklar anatomik olarak ayrı bulunsa da vücudun diğer yapıları gibi birbirini tamamlamaktadır ve ayağın dinamik yapısını bu arklar oluşturmaktadır. MLA'da kalkaneusun posteromedial başlangıcını; talus, naviküla, üç küneiform konveksini; 1-3. metatarsal kemikler ise son noktasını oluşturur. Konveksin tepe noktasını oluşturan naviculanın zemine uzaklığı 15-18 mm arasındadır. LLA kalkaneusun postero-lateralinden başlar; küboid orta noktasını, dördüncü ve beşinci metatarsal kemikler de son noktasını oluşturur. LLA'da küboid kemiğin zeminle mesafesi 3-5 mm arasındadır. MLA ayak değerlendirmelerinde referans kabul edilir. TA'nın en yüksek bölümünü posteromedialde talus başıyla naviküler kemik, lateralde ise kalkaneusla küboid kemik oluşturur. Orta hatta üç küneiform ile küboid kemik, anteriorda ise metatars kemiklerinin baş kısımları tarafından oluşturulan TA, öne doğru gittikçe düz bir yapıya dönüşür (51).

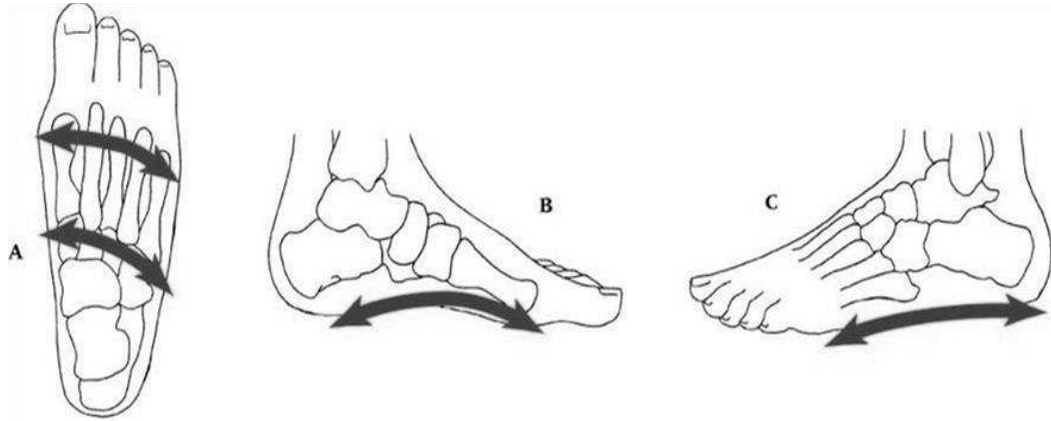
Tablo 2.1. Medial longitudinal arkı destekleyici yapılar (52).

Pasif Destek Sağlayan Yapılar	Aktif Destek Sağlayan Yapılar
• Kompresyona karşı (İskelet) - Metatarsal ve tarsal kemikler - Kemiklerin dizilimi ve eklemlerin uyumu	• Plantar intrinsik kaslar - Kuadratus plantae - Fleksör digitorum brevis - Abdüktör digiti minimi - Abdüktör hallusis
• Gerilime karşı - Plantar fasya - Plantar ligament (Uzun) - Plantar ligament (Kısa) - Plantar kalkaneonaviküler ligament	• Plantar ekstrinsik kaslar - Tibialis posterior - Fleksör digitorum longus - Fleksör hallusis longus - Peroneus longus • Artrokinematik

Ayağa yük verildiği durumlarda metatars kemikleri zemin ile paralel olmaktadır. Bu durumda arklar hem vücut kitlesini taşıma hem de değişik zeminlere adaptasyon görevlerine devam eder. Bu durumda arkların görevleri;

- Ağırlık kuvvetinin etkisini yumuşatmak,
- Rotasyonel kuvvetlere karşı stabilizasyon sağlamak,
- Farklı zeminlere uyum sağlamaktır (47).

Ayağın aktif destekleri arasında m. tibialis posterior en önemli fonksiyona sahiptir (48).



Şekil 2.1. Ayak arkları. A: Transvers ark. B: Medial longitudinal ark. C: Lateral longitudinal ark. (53).

Ayak Bileği Ligamentleri: Tibiofibular ligamentler tibia ve fibulayı bağlar ve en sık yaralanan da bu ligamenttir. Deltoid ligament, medial fibröz ligamentin kalınlaşması ile oluşan medial malleol, navikula, kalkaneus ve talus kemiklerini; kalkaneofibular ligament lateral malleol ve kalkaneusu bağlar (54).

Ayak Kasları

Abductor hallucis, fleksor digitorum brevis ve abduktor minimi kasları **birinci tabakayı** oluşturmaktadır. Kuadratus plantae ve lumbrikal kaslar **ikinci tabakayı** oluşturmaktadır. Fleksor hallucis brevis, adduktor hallucis ve fleksor digiti minimi brevis kasları **üçüncü tabakayı** oluşturmaktadır. Interossei plantares ve interossei dorsales kasların **dördüncü tabakayı** oluşturmaktadır (54-57).

Bacak ve Uyluk Kemikleri

Tibia

Bacağın ağırlığını taşıyan asıl kemik olan tibia vücuttaki en büyük ikinci kemiktir. Vücut ağırlığının yaklaşık 5/6'sını taşır. Tibia proksimalde diz eklemine, distalde ise ayak bileği eklemine katılır (58).

Fibula

Fibula, tibia'dan daha ince olup lateralde bulunur. Proksimalde tibia'nın condylus lateralis'inin alt yüzü ile eklemleşir. Fakat diz eklemine katılmaz vücut ağırlığının taşınmasında tibia kemiğine destek olur. Fibula, distalde tibia ile distal kısmın alt yüzünde ise talus ile eklemleşir (59).

Patella

Tepesi aşağıda tabanı yukarıda bulunan patella m. kuadriceps femoris tendonu içerisinde bulunur ve vücudun en büyük sesamoid kemiğidir (9). Üçgen şeklinde olan bu kemik femur ile eklem yapar (60). Üçgen şeklinde olan bu kemik femur ile eklem yapar (60). Dizin ekstansör mekanizmasında kaldıraç kolunu uzatıcı görevi vardır. Diz ekstansiyonu esnasında femur lateralinde yer alan kondille dış patellar fasetin aşağı kısmı eklemleşir. Dizin 90°'lik fleksiyonunda, patella femoral oluk ile fleksiyon arttığında ise iç ve dış eklem yüzeyleri femoral kondillerle ayrı ayrı eklemleşir. Tam fleksiyonda basınç iç eklem yüzeyinde daha çoktur. Dizin 45°'lik fleksiyonunda, patella en geniş temas yüzeyine ulaşır (61).

Femur

Femur insan iskeletindeki en büyük ve en uzun kemiktir. İnsan boyunun 1/4 'ü kadardır. Proksimal kısmında kaput femoris bulunur ve “*os coxae*”daki acetabulum ile eklemleşir. Kaput femoris, kolum femoris ile korpus femorise bağlanır (58). Kolum femoriste bulunan kabartılardan büyük olan trokanter majör, küçük olan trokanter minor olarak adlandırılır. Daha distalde femur yanlara doğru genişleyerek “*condylus medialis*” ve “*condylus lateralis*” olarak adlandırılır. Bu kondiller üzerinde yer alan ligamentlerin tutunduğu çıkıntılar ise “*epicondylus medialis*” ve “*epicondylus lateralis*” olarak

adlandırılır (62). Femur insan vücudunun en kuvvetli kemiğidir (61). Femur ayakta dururken, koşarken ve yürürken vücudun ağırlığını destekler. Uzunluğu ortalama olarak insan vücudunun %26'sıdır (63). Proksimalde asetabulum, distalde tibia ile eklem yapar ve asetabulumdan aldığı yükü diz eklemi aracılığıyla tibiaya aktarır. Proksimal, cisim ve distal olmak üzere 3 bölümden oluşur. Proksimal bölge baş, boyun ve iki adet trokanter içerir. Trokanter minörün 5 cm distaline kadar ki bölüm proksimal olarak adlandırılır. Cisim bölgesi ise trokanter minör ve 5 cm distalinden başlayıp adduktör tüberkülün 5 cm proksimaline kadar uzanır. Distal bölgesi ise adduktör tüberkülün 5 cm proksimalinden başlayıp diz eklemine kadar uzanır. Proksimal bölgesi kendi içerisinde baş, boyun, intertrokanterik ve subtrokanterik olmak üzere 4 bölgeye ayrılır (64).

Pelvis

Latince *“os coxae”* olan kalça kemiği, her iki femur ile kolumna vertebralisin bağlantısını oluşturur. Simfisis pubis iki kalça eklemine de anteriordan bağlar ve bu pelvis kemiğinin büyük bir kısmını meydana getirir. *“Os ilium, os ischium”* ve *“os pubis”* asetabulumu meydana getirir. Bu kemikler femur başına destek sağlar. Anterior ve posterior kolonlar asetabuler duvarlara denk gelen anteriordaki ve posteriordaki kolonlar *“os pubis”* ve *“os ischium”*dan oluşur (65).

Bacak ve Uyluk Kasları

Ayak Bileği Ekstansör Kasları

- M. ekstansör hallusis longus, m. peroneus tertius, m. tibialis anterior, m. ekstansör digitorum longus (66).

Ayak Bileği Fleksör Kasları

- M. plantaris, m. fleksör hallusis longus, m. triceps surae, m. tibialis posterior, m. fleksör digitorum longus, m. popliteus (66).

Bacak arkasında yer alan fleksörler; yüzeysel: m. triceps surae ile m. plantaris, derin: m. tibialis posterior, m. fleksör digitorum longus, m. fleksör hallusis longus ile m. popliteus olarak ikiye ayrılırlar. Bacak önünde yer alan kasların antagonisti bu derin tabakada yer alan kaslardır. İnervasyonları n. tibialis tarafından sağlanır (67).

Tibia ile bağlantısı olan kaslar şunlardır;

- Tensör fasya lata, tibianın lateral (Gerdy) tüberkülüne yapışır.
- Kuadriseps femoris, tibial tüberozitenin anterioruna yapışır.
- Sartorius, gracilis ve semitendinosus pes anserinus'un anteromedial kısmına yapışır.

- Semimembranosus, kasının yatay başı medial kondil üzerine eklenir.
- Popliteus, posterior tibia'nın taban çizgisine yapışır.
- Tibialis anterior, lateral tibia'nın üst üçte ikisinden kaynaklanır.
- Extensor digitorum longus, tibia'nın lateral kondilinden kaynak alır.
- Soleus ve flexor digitorum longus, tibia'nın arka kısmından, taban çizgisi üzerinde kaynaklanır (68).

M. tibialis anterior; tibia, membrana interossea cruris ve “*fascia cruris*”ten başlayıp medial küneiform kemiğin alt-iç tarafı ile halluksa varmadan metatars başındasonlanır (69). Ayak bileği ekleminde ayağa dorsifleksiyon hareketi yaptıran kas, ayağın primer dorsifleksör kasıdır. Yürüyüş sırasında ayakucunun yerden kalkışını sağlayan ayağın primer dorsifleksörü olan tibialis anterior kasıdır. MLA’nın korunmasından sorumludur. M. tibialis anterior ve m. peroneus longus arkın apeksini bir çengel gibi askıda tutar. N. peroneus profundus innervasyonunu sağlar. Hasar alması halinde yürürken ayakucu yere sürtecektir. Buna düşük ayak denir (67).

Fibula ile ilişkili kaslar:

- Biceps femoris tendonu fibula başına yapışır.
- Fibularis longus ve fibularis brevis tendonları fibula laterale yapışır.
- Ekstansör dijitorum longus ve ekstansör hallucis longus tendonları medial fibulaya yapışır.
- Fibularis tertius ise bacağın ön bölmesinde, distal fibulanın ön yüz kısmına yapışan küçük bir kastır (68).
- M. triceps surae, gastrocnemius ve soleus kaslarından oluşur. M. gastrocnemius arka grup kas topluluğunun en yüzeydeki iki başlı kasıdır (70). Gastrocnemius kası iki eklem katederek konumlandığından hem dize hem de ayak bileğine hareket yaptırır. Dizde fleksiyona yardımcı olur, ayak bileğine ise plantar fleksör görevi yapar (71).

M. Soleus: Gastrocnemius kasının altında bulunan geniş yassı bir kastır. Tibia ve tibia ile fibula arasındaki soleus kasının arcus tendineus’undan başlayıp kalkaneal tendonla bütünleşip “*tuber calcanei*”de sonlanır (59, 70).

M. Plantaris: Bazı kişilerde bulunmayan bu kas m. gastrocnemius ile m. soleus arasındadır. Diz ve ayak bileği eklemi katettiğinden dolayı bacakta fleksiyon, ayakta ise plantar fleksiyon hareketlerini yaptırır. M. plantaris tendonu greft olarak da kullanılmaktadır (59).

Tendo Calcanei: M. gastrocnemius ve m. soleusun tendonlarının birleşmesinden oluşan tendo calcanei vücuttaki en kalın ve kuvvetli tendondur. Yaklaşık olarak 15 cm'dir. M. gastrocnemius'un iki başı aponevroz şeklinde birleştikten sonra derin tarafta m. soleus'un lifleri de katılır ve yuvarlak tendon şeklini alırlar. Fakat kalkaneusun üstündeki tuber calcanei üzerine tutunurken tekrar daha yassı bir hal alır. Bu iki kasın lifleri birleştikten sonra 90°'lik açı yaparak m. soleus'un lifleri medial tarafa m. gastrocnemius'un lifleri ise lateral tarafa tutunur (59).

M. Popliteus: Bacak arka derin grup kaslarından en üstte yer alan ve dizin kilidini açan kastır. Lateralinden mediale uzanan bu kas ligamentum "*popliteum arcuatum*"dan ve femur'daki "*condylus lateralis*"ten başlar. Tibianın posterior yüzünün medialinde yer alan *linea musculi solei* üzerindeki bölgede sonlanır (58).

M. Flexor Digitorum Longus: Tibia'nın posterior yüzünün medialinde yer alan *linea musculi solei*'nin altındaki bölgeden başlar. Daha sonra aşağı inerek malleolus medialis'in arkasından geçip ayak tabanına geldiğinde de dörde ayrılarak 2-5. "*phalanx distalis*"in bazisine tutunur. Ayak parmaklarına fleksiyon yaptırır. Aynı zamanda "*articulatio talocruralis*"i geçtiği için ayağın plantar fleksiyonuna yardımcı olur. Ayak bileğinde medialden laterale doğru uzandığından dolayı ayak bileğine inversiyon yaptırır (59).

M. Flexor Hallucis Longus: Bacak arka kompartımanının lateralinde bulunan bu kas fibula'dan, septum intermusculare cruris posterius ve membrana interossea cruris'ten başlar ve mediale doğru uzanarak tibianın distal ucundan sonra tarsal tünelden ve sustentaculum tali'nin altından geçerek ayak başparmağının plantar yüzüne yapışır. Ana görevi ayak başparmağına fleksiyon yaptırmaktır. Ayrıca "*art. talocruralis*"i de geçtiği için ayak plantar fleksiyonuna yardımcı olur (58).

M. Tibialis Posterior: Bacak arka kompartıman kaslarının en derininde fleksör digitorum longus ve fleksör hallucis longus arasında yer alır (59). Origosu iki parçadan oluşmaktadır ve medial parçası "*membrana interossea cruris*" ve tibianın posterior yüzünden başlar. Lateral parçası ise fibulanın posterior yüzünden başlar. Bir kısmı da septum "*intermusculare transversum*"dan başlar. Çok yaygın sonlanması vardır. Kalkaneus, "*cuneiforme mediale, naviculare, cuneiforme intermedius*" kemikleri ve 2-4. "*ossa metacarpi*"nin distalinde sonlanır. "*Malleolus medialis*"in arkasından geçer ve bu yüzden ayağa inversiyon yaptırır. Ayrıca ayak plantar fleksiyonuna da yardımcı olur (58, 59).

Diz Eklemi Ekstansör Kasları

M. Kuadriseps Femoris: İsmiini sahip olduğu dört adet baştan alan, uyluğun ön ve yan bölümlerini kaplayan bir kastır. M. kuadriseps femorisin dört kasının tendonu ortak bir tendon halinde birleşerek patellaya yapışır. Bu ortak tendon patellayı geçip tuberositas tibiada son bulur. Bacak ekstansiyonunu kuadriseps femoris kasının tam kasılması sağlarken, sadece rektus femorisin kasılması ise diz eklemine fleksiyon yaptırır. Femoris nervus femoralis tarafından innervasyonu yapılır. Kuadriseps kasını oluşturan kaslar m. rektus femoris, m. vastus lateralis, m. vastus medialis ve m. vastus intermedius'tur. (66, 72).

M. Rektus Femoris: Kuadriseps femoris kasının tendonuna katılarak patellada sonlanan rektus femoris kası, asetabulumun üst kenarı ile SİAS'dan başlar (67).

M. Vastus Lateralis: Kuadriseps femoris kasının en kalın parçası olan vastus lateralis; linea asperanın lateral labiumuna, linea intertrokanterika, trokanter majorun lateral yüzüne yapışarak başlar. Patellaya doğru diagonal ilerleyen kas lifleri patellanın yan kenarına, bazisine ve kuadriseps femorisin tendonuna tutunur (66).

M. Vastus Medialis: Linea aspera, intertrokanterika ve suprakondylaris medialis ile septum intermuskulare femoris medialeden başlar. Patellanın lateraline doğru diagonal uzanan kas patellanın medial bölümüne ve m kuadriseps femorisin ortak tendonuna tutunarak sonlanır (67, 72).

M. Vastus Intermedius: Vastus intermedius kası femrun korpusundan başlar ve vertikal şekilde aşağıya doğru ilerler. Kuadriseps kasının ortak tendonuna uzun ve geniş bir tendonla tutunur (66). Kalça eklemi hiperekstansiyona doğru zorlandığında gerilen kuadriseps femoris kası da diz eklemine daha güçlü bir ekstansiyon hareketi yaptırabilir. Aksine kalça eklemi fleksiyonu, rektus femoris kasının gerilimini ve bu kasın kaldıraç kuvvetini azaltır. Mekik hareketi esnasında zorlanılmasının nedeni dizlerin fleksiyonda olmasıdır. Rektus femoris kası az bile olsa kalça fleksiyonda iken bu harekete yardımcı olabilecektir (67).

Diz Eklemine Fleksör Kasları

M. hamstrings olarak adlandırılan m. semitendinosus, m. biceps femoris ve m. semimembranosus kasları uyluğun arka bölgesinde bulunur. Kalça ve uyluğu aşarak sonlandıkları için kalça eklemine ekstansiyon, diz eklemine fleksiyon yaptırırlar. Hamstring kasları ve uyluk arka grup kaslarının tümünün n. iskiadikus ve dalları tarafından innervasyonu sağlanır (66, 73).

M. Biceps Femoris: Biceps adını kaput longum ve kaput breves isimli iki baştan oluştuğu için alır. Bütünleşen bu iki baş, ortak bir tendonla kondilus lateralis tibia ve kaput fibulada sonlanır. Kalça ekstansiyonunu ve bacak fleksiyonunu kaput longum oluşturduğu halde, kaput breve sadece diz ekleminde fleksiyon hareketi oluşturur. İnervasyonları da farklıdır. N. tibialis kaput longumu innerve ederken, n. peroneus communis kaput breve tarafından innerve edilir (73).

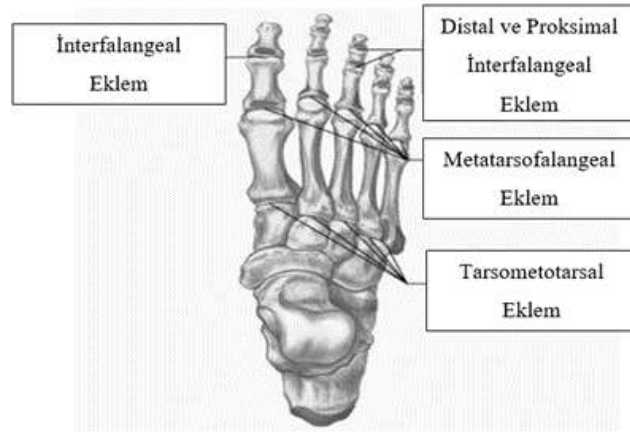
M. Semitendinosus: İskiadikumun tüberkülünden başlayan bu kasın son yarısı tendinöz bir yapıda olduğu için bu adı almıştır. Fasya krurise ve dizin alt medialinde tibianın üst bölümüne yapışır. Kalça eklemine ekstansiyon, diz eklemine fleksiyon hareketi yaptırır. Ayrıca diz eklemi semifleksiyonda iken bacağın iç rotasyonundan sorumludur. İnervasyonu n. tibialis tarafından yapılır (66, 73).

M. Semimembranosus: İskiadikumun tüberkülünden m. semitendinosus ile başlar ve daha derininde yer alır. Yarısı membranöz olan bu kas, tibianın iç kondilinin arkasında sonlanır. Bu kas da m. semitendinosus ile birlikte diz ekleminde bacağına fleksiyon, kalça eklemine uyluğa ekstansiyon yaptırır. Dizin semifleksiyonunda bacağın iç rotasyonunu bu kas yaptırır. Innerve eden nervus tibialis siniridir (66). M. sartorius kası kalçanın fleksör, abduktör, dış rotatoru ve diz fleksörüdür. M. politeus tibia arkasından başlayan ve tibiya femur üzerinden rotasyon gücü sağlayan kastır. Diz eklemine fleksiyon yaptıran bir diğer kas gastroknemiusun medial ve lateral başları, femurun arkasından çıkar (67).

2.1.2. Alt Ekstremit Eklemleri

Ayak Eklemleri

Tarsal kemikler, falanksalar ve metatarsal kemikler arasındaki eklemlerdir. Tarsal kemikler arası eklemlerin en önemlileri, görevleri inversiyon ve eversiyon olan articularis tarsi transversa ve art. subtalaris eklemlerdir. Ayağın diğer eklemleri ligamentlerle sıkıca bağlanmış kısıtlı hareketleri olan oldukça küçük eklemlerdir (Şekil 2.2) (50, 52).



Şekil 2.2. Ayak eklemleri (52).

Ayak Bileği Eklemleri

Tibiotalar Eklem

Altta talus, üstte tibia ve fibuladan oluşan menteşe tipi sinovyal bir eklemdir. İki malleol arasında devam eden eksen sebebiyle dorsifleksiyonla ayağın eksternal rotasyon hareketi birleşmiş olur. Plantar fleksiyon ile internal ayak rotasyonu da birleşik hareketlerdir (49).

Fibula ve Tibia Arası Eklemler

Distal Tibiofibular Eklem: Ayak bileği eklemi stabilitesinde önemli rol oynar. Fibula ve tibia'nın alt uçları arasında yer alan bu eklem, lateral malleolü talusun lateral yüzüne sıkıca bağlayarak bu stabilizasyonu sağlar (50, 57) .

Proksimal Tibiofibular Eklem: Fibula ile tibia lateral konili arasındaki eklemdir (50). Malleoller arası, talus başı ve distal tibiofibuler ligament arasındadır. Postür analizinde ağırlık merkezi çizgisi, ayak bileği eklem merkezinin hafif anteriorunda kalır. Vücut ağırlığının tibiadan talusa aktarılması ile ayağın geneline ağırlık dağıtılır. Talus kemiğinin trochleası vasıtası ile eklem doğal stabilizasyonu sağlanır ve talus dorsifleksiyon esnasında intermalleoler alanda zorlanır. Aksine plantar fleksiyon esnasında bu eklem daha gevşektir. Bu noktada eklem bütünlüğünü koruyan tibiofibular ligamanların kuvveti, malleollerin daha fazla ayrılmasını önlerler. Talus trochleasını eklem içinde tutan ise yelpazeyi andıran kollateral ligamanlardır (74, 75).

Medial malleolün altından, talus trochleasından laterale doğru malleolün içinden geçen transvers eksen çevresinde ayak bileği eklemine belli bir dereceye kadar hareketi serbesttir. Ayağın laterale doğru 10°'ye kadar dönmesi için, dorsifleksiyonla beraber rotasyon eksenini biraz anteromediale kayar. Bu transvers eksen etrafında

fleksiyon/ekstansiyon hareketleri gerçekleşir. Ayak bileği ekleminin stabilizasyonunda görevli kuvvetli kollateral ligamentler tarafından eklem kapsülü eklem kıkırdaklarının kenarlarına yapıştırılmıştır (74).

Lateral Ligamentler

Anterior Talofibular Ligament: Plantar fleksiyon hareketi için kısıtlayıcıdır. Lateral malleolden öne doğru talusa uzanır (74).

Kalkaneofibular Ligament: Adduksiyon hareketi için kısıtlayıcıdır. Lateral malleolden kalkaneusa, talokalkaneal ligament ile birlikte uzanır (74, 75).

Posterior Talofibular Ligament: Kollateral bağların içerisinde en kuvvetli ve derin yerleşimli olanıdır ve eklem arkasında yer alır (76). Dorsifleksiyon hareketi için kısıtlayıcıdır. Derin ve yüzeysel olarak iki tabakadan oluşan medial ligamentler deltoid bağ adı ile de bilinir. Derin tabakada yer alan bağlar, plantar fleksiyon ile dorsifleksiyonu sınırlarlar Derin tabaka kendi içinde anterior ve posterior olarak iki kısımlardan oluşurken, yüzeyselde bulunan tabakatibionaviküler bölüm ve tibiokalkaneal bağdan oluşur. Her iki yüzeysel tabaka ligamentleri abduksiyon hareketi için kısıtlayıcıdır (74, 75).

Diz Eklemi

Vücudumuzun büyük ve en yüzeysel eklemi menteşe tipi eklem yapısına sahip diz eklemidir. Üstte femurun distali, altta tibia'nın proksimali ile patella arka yüzü arasındadır. Tek bir eklem boşluğu içerisinde yer alan femur distali ve tibia proksimali arasında iki kondiler tip ve patella arka yüzü ile femur arasında sellar tip olmak üzere üç ayrı eklemden oluşur. Normal eklem hareket açıklığı insan vücudunu en geniş hareket aralığına sahip eklemidir. Diz eklemi instabilitesi eklem ve kemik yapısı nedeniyle çok yatkındır. Medial ve lateral kollateraller, çapraz bağlar ve yüzeyini kat eden kas yapısı ile diz eklemi stabilizasyonu sağlanır. Menisküsler, meydana getiren kemik yapıları ve iç/dış bağlar statik bir stabilite sağlarken, eklemi kat eden kaslar dinamik bir stabilite sağlarlar (65).

Kalça Eklemi

Kalça ekleminin statik ve dinamik durumlarda mükemmel adaptasyon gösteren, çok eksenli, topu kavrayan yuva şeklinde ve sinoviya içeren bir yapısı vardır. Kalça eklemi stabilitesinin büyük bir kısmı eklem kapsülü sayesinde gerçekleşir. Kalça ekleminde femurun top şeklindeki başının acetabular yuva içerisinde yerleşik olması sebebiyle daha stabil olsa da, bu eklem omuz eklemi ile birlikte insan vücudunun en hareketli eklemidir (65).

Yüzeyel ve daha derinde yer alan kas tabakaları vardır. Kalça eklemine yüzeyel kas tabakasında gluteus maksimus, iliotibial bant ve tensor fasya lata yer alır. Daha derinde yer alan gluteal kaslar eklem kapsülünü önden ve arkadan kapatarak trokanter major ve üzerindeki fasyaya yapışır. Dış rotatörlerden kısa olanlar (obturator internus, piriformis, kuadratus femoris, gemellus süperior/inferior) kalça eklem kapsülünü arkadan çevreler ve medialden trokanterik çıkıntıya yapışırlar (77).

2.1.3. Biyomekanik ve Kinematik

Biyomekanik, biyolojik dokuların hem mekanik özelliklerini hemde bu mekanik özelliklerin oluşturduğu fiziksel davranışları inceleyen bilim dalıdır (78). İnsan vücudundaki bu hareket sistemindeki hastalıkların etyopatogenezi ve bu hastalıkların tedavisini daha iyi anlamak için biyomekanikğin temel prensiplerini bilmekte fayda vardır. Bu prensipleri daha iyi anlamak için bazı tanımlamaların bilinmesi gerekir. Öncelikle biyomekaniksel olarak vücudun bir bütün olduğu anlaşılmalıdır. Bu kinematik yapının bir komponentinde oluşan herhangi bir değişiklik, hemen hemen bütün bağlı birimleri negatif ya da pozitif etkileyecektir. Ayak, vücut biyomekanikğinin temelini oluşturmaktadır. Ayakta travma sonrası oluşabilecek bir yaralanma ya da deformite, önce ayak bileğİ eklemine, devamında ise proksimalde yerleşik tüm vücut biyomekanikğİ komponentlerini etkiler. Önlem alınmadığı takdirde problemler vücut genelinde artarak devam eder (49).

Ayak; ayak bileğİ, bacak, diz gibi daha üst eklemler ve dokular da dâhil olmak üzere vücudun kinetik zincirini oluşturur ve vücudu yere bağlayan dinamik bir platformdur. Normal bir duruş ve yürüyüş için ayağın vücut kitlesinin çok üzerindeki yükleri bile taşıyabilecek komplike yapısının korunması gereklidir (48). Alt ekstremitede kapalı kinetik zincir aktiviteleri birbirine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bir eklemdaki aşırı hareket, kinetik zincir sebebiyle sonraki eklemda aşırı yüklenmeye neden olmaktadır (79).

Subtalar ve midtarsal eklem senkronize bir şekilde çalışması statik ve dinamik durumlarda ayak tabanının zemine uygun temasını sağlar ve sağlıklı bir yük dağılımının gerçekleştirilmesi açısından önemlidir (80).

Ayakta Artmış Pronasyonun Proksimal Yapılara Biyomekaniksel Etkileri

Ayağın işlevleri arasında, yürüyüşün erken duruş evresinde yere uyum sağlayan stabil fakat esnek bir platform olarak görev alması ve bunu takiben itme sırasında sert bir kaldıracı geçiş yer almaktadır. Birçok yazar, orta ve arka ayağın kemikleri arasındaki

karmaşık ilişkiyi eğimli bir menteşe olarak temsil etmiştir, ancak bu benzetme açıkça çok basite indirgenmiştir. Temel olarak ayağın biyomekaniğini gerçekten anlamak için subtalar eklem kompleksinin şekli, yapısı, hareketleri ve birbirleri ile etkileşimleri hakkında kapsamlı bir anlayışa sahip olmak gerekir (81).

Yürüyüş sırasında talus ve kalkaneus arasında yer alan subtalar eklemin normalden fazla pronasyon hareketi, tibianın normal süreden daha fazla internal rotasyona maruz kalmasıyla sonuçlanır. Bu durum neticesinde dizlerde valgus stresi oluşturarak kemiksel yapılarda zorlanmaya, devamında ağrıya ve osteotik değişikliklere neden olabilir. Parmak kalkışı ile devam eden ayak pronasyonu kalçada internal rotasyona, iliopsoas kasında artmış gerginliğe, pelvis kemiğinde öne doğru tilte, sakroiliak eklem açısında artışa ve lumbal lordozda artışa sebep olur. Bunlarla birlikte ayakta orantısız ve dengesiz bir yük dağılımı; ayak mediali ile ikinci, üçüncü ve dördüncü metatars başlarında aşırı yüke sebep olur. Tüm bunlar ayak ağırlarını ortaya çıkarabilmektedir (48).

Ayağın pronasyon hareketi izole tek bir hareketle değil, kompleks ve biyomekaniksel olarak birbirine entegre sistemlerin hareketi ile gerçekleşir (82). Kinetik zincirin komponentlerinin birbirini etkilemesi sonucu ayak pronasyonu ile beraber femurun ve tibianın internal rotasyon hareketi, dizde valgus dizilimi oluşur. Bu valgus dizilimi, pelvis kemiğinin biyomekaniğini etkiler. Pelvis pozisyonundaki bu değişim, maruz kalınan kuvvetleri ve kuvvet kolunu değiştirdiği için pelvis çevresi kaslar üzerindeki gerilimi artırır (83). Subtalar eklemin normalden fazla pronasyonu çeşitli alt ekstremité dizilim problemlerini beraberinde getirdiği (84) için erken yaşlarda değerlendirilmesi önemlidir. Eklem dinamiklerinin biyomekanik gelişimi ayak bileğinde 4 yaş, kalça ve diz ekleminde ise yaklaşık 7 yaş olarak belirtilmiş olup yaştan etkilendiği bildirilmiştir (85).

Çocukluk çağı boyunca gelişimi devam eden yapılardan birisi de ayaaktır (86). Yetişkin ayak yapısı ile kıyaslandığında gelişim dönemi boyunca çocukların ayakları fonksiyonel, anatomik ve fiziksel olarak farklılıklar göstermektedir (87, 88). Ayak büyüme oranı, motor fonksiyonları, plastisitesi ve allometri gibi farklılıklar gelişim dönemi boyunca farklılıklar gösterecektir (89, 90). Ayak ve ayak bileğine zeminden aktarılan kuvvetlerin etkisini anlamak adına ayakkabı kullanımı da incelenmelidir. Optimal ayak yapısına sahip çocuklarda yürüyüşe etki eden en temel dış değişkenin ayakkabı olduğu literatürde gösterilmiştir (91).

Anormal ayak yapısına sahip çocuklarda pes planus gibi podiatrik sorunları iyileştirip sağlıklı ayak gelişimini desteklemek için erken ayakkabı kullanımı önerilebilir

(92). Pediatrik ayak deformitelerinin tedavisinde ayakkabının terapötik rolünün, ayak ve çevre arasındaki biyomekaniksel ilişkideki etkisinin bilinmesi önemlidir (93).

2.2. Çocuklarda Sık Görülen Ayak Deformiteleri

Çocuklar her ne kadar büyüklerin minyatürü gibi görünse de özellikle ortopedik olarak çocukların sorunları yetişkinlerden oldukça farklılıklar göstermektedir (48). Pes planus, “clubfoot” (pes ekinovarus), kalkaneovalgus, pes kavus, konjenital vertikal talus, gibi ayak deformitelerine çocukluk döneminde sık rastlanıldığı görülmektedir (49). Tespit edilmiş ayak deformitelerinin çoğunun başlangıcı esasında bebeğin anne karnındaki zamanlarına dayanır. Çoklu gebelik veya yüksek doğum ağırlıklı bebeklerdeki gibi olması gerekenden daha dar olan uterus içi pozisyonu, alt ekstremiteye ait idiopatik diyebileceğimiz gelişim geriliklerinin ya da biyomekaniksel bozuklukların nedeni olabilir. Yeni doğan bebeklerde kinetik zincir bütünlüğü ve eklemsek yapılar tam olarak oluşumunu tamamlamadığından bütünlüğü yumuşak doku oluşturur. Ayak problemlerinin tespiti genellikle ilköğretim döneminde olsa da, sık rastlanılan dönem neonatal dönem ve anaokulu arasındaki zamandır (94).

Yenidoğan bebeklerde ayak deformiteleri üzerine yapılan bir çalışmada, çoğunluğu metatarsus adduktus olan deformitelerin insidansı %4.2’ dir. Kalkaneovalgus, talipes equinovarus ve vertikal talusa daha az sıklıkla rastlanır (95). Çocukluktan ergenliğe devamında yetişkinliğe kadar ayak, fonksiyonel ve fizyolojik olarak hızlı geliştiği için çocukluk döneminde ayak yapısı için değerlendirme kriterleri tartışmasını korumaktadır (96, 97). Bu sebeple klinikte fizyolojik pes planus ile patolojik olanı ayırmak güçtür. Ayak deformiteleri Tablo 2.2’de verilmiştir (98).

Tablo 2.2. Ayak Deformiteleri (95, 99-105).

Ayak Deformiteleri		
Koronal Plan Deformiteleri	Horizontal Plan Deformiteleri	Sagittal Plan Deformiteleri
• Topuk Varusu	• Metatarsus Adduktus	• Pes Ekinus
• Topuk Valgusu	• Halluks Valgus	• Pes Kavus
		• Pes Kalkaneus
		• Konjenital Talipes Ekinovarus
		• Pes Planus

Pes Planus

Tanım

Pes planus veya pes planovalgus ayağın MLA'nın kaybı, topukta valgus deformitesi ve medial talus çıkıntısı ile birlikte görülen bir ayak deformite çeşididir (106, 107). Genellikle ayağın MLA'nın yere beklenilenden daha fazla yaklaşması veya yere tamamen temas etmesiyle gözlemlenir (108). Bu deformite sıklıkla plantar fasya, spring ligament ve ileri yaşlarda ise PTTD ile ilişkilidir. Kalkaneus ile küboid kemik arasındaki eklemin anterior ucunun sagittal düzlemde plantar fleksiyon yönüne, posteriorunun ise yukarı yöne doğru yöneldiği durum olarak bilinir (109, 110). Pes planusun ayak ve ayak bileğinde statik hizalanma sorunu gibi daha basit bir mekanizmayla kalmayıp; diz, kalça, bel gibi proksimal eklem ve dokulara normalden fazla yük binmesine neden olan bir deformite olduğu düşünülmektedir (111).

Görülme Sıklığı

Toplumun %15'inde görülen pes planus deformitesinin çoğunluğunu çocuklar oluşturmaktadır (112). Siyah ırkta daha fazla görülmekle birlikte pes planus vakalarının çoğunluğunu esnek pes planus oluşturur (113). Çocuklarda pes planus görülme yüzdeleri erkek çocuklar için %56, kız çocuklarında ise %32 şeklindedir. Pes planuslu çocuklarda genellikle ayak kavisi yaş ile birlikte yükselir ve bu sebeple ilerleyen yaşlarda pes planusun görülme oranı azalır (114).

Pes planus Sınıflandırma

Pes planus esnek ve rijit olarak ikiye ayrılır; bunların da konjenital ve kazanılmış denilen iki alt başlığa bulunur. Pes planus tipleri Tablo 2.3' de görülmektedir (115).

Fizyolojik Pes Planus

Ayakta valgus deformitesi ile birlikte görülen fizyolojik pes planus, esnek pes planus olarak da bilinir. Fizyolojik ya da esnek pes planus, 3 alt grupta sınıflandırılabilir:

Tip 1: Topuk eversiyonuna, MLA yüksekliğindeki hafif derecedeki azalma eşlik eder.

Tip 2: Down Sendromu, osteogenezis imperfekta, ailesel geçişli Marfan Sendromu gibi hastalıklar bu pes planus tipinin sebebi olabilir. Ligament laksitesinin sık görüldüğü, kalkaneal tendon kısalığı ile karakterize bir tiptir.

Tip 3: Genellikle ileri yaşlarda görülen PTTD'nun eşlik ettiği tipidir (109, 116).

Tablo 2.3. Pes planus tipleri (115).

ESNEK PES PLANUS	RİJİT PES PLANUS
Konjenital	Konjenital
• İdiopatik • Aksesuar navikular kemik • Serebral palsy • Frajil X sendromu • Marfan sendromu • Hiperpronasyon	• Serebral palsy • Konjenital vertikal talus • Aksesuar naviküler kemik • Tarsal koalisyon
Kazanılmış	Kazanılmış
• Posterior tibial tendon yetmezliği • Spring bağ lezyonu • Romatoid artrit • Plantar fasya rüptürü • Obezite	• Osteokondral kırık • Charcot ayağı • Reaktif peroneal spazm • Tümörler (osteoid osteoma) • Posterior tibial tendon yetmezliği • İnflamatuvar artrit

Patolojik Pes Planus

Patolojik tip pes planus çeşitli derecelerde rijit olarak limitlidir. Esnek pes planusa göre oldukça az rastlanır. Çoğunlukla fonksiyona engeldir ve cerrahi gerektirir. Kalkaneal tendonun aşırı gerginliği, kalkaneusta valgus postürüne ve tarsal hareketlerde kısıtlılığa dolayısıyla patolojik pes planusa yol açar. Tarsal kemiklerdeki koalisyonlar tarsal kemiklerin füzyonudur İnversiyon/eversiyon hareketleri limitlidir. Talokalkaneal ve kalkaneonavikular koalisyonlar klinikte en sık karşılaşılanlarıdır (117).

MLA, açık kinetik zincir (yük verilmeden) koşullarında normal yükseklikte iken kapalı kinetik zincir (yükle birlikte) koşullarında yükseklik azalır ya da kaybolur. Rijit olan da ise hem açık hem de kapalı kinetik zincir koşullarında ark yüksekliği kaybolmuştur (118). Genellikle konjenital olup vertikal talus, tarsal koalisyon gibi kemik ve eklem malformasyonlarına sekonder olarak gelişir. Rijid pes planus, genellikle çocukluk döneminde görülmekle birlikte daha farklı dönemlerde de ortaya çıkabilir. Fizyolojik pes planusa göre daha az görülür. Ağrıya sebep olma potansiyeli nedeniyle çocuklardaki rijid pes planus cerrahi tedavi gerektirebilir (110, 119).

Pes Planus Biyomekaniği

Ayak MLA düşüklüğü subtalar eklemin mediale sapmasına sebep olur ve bu şekilde de basınç merkezi medial yönde hareket eder. Sonuç olarak pronasyon momentlerinde artış görülür (120, 121). Ayağın ağırlık taşımayan pozisyonundaki

pronasyonu; frontal düzlemde eversiyon, sagittal düzlemde dorsifleksiyon ve transvers düzlemde abdüksiyondan oluşan üç düzlemli bir harekettir. Sagittal düzlemde gerçekleşen hareket ise en baskın olanıdır çünkü ayak bileğinde limitli olan dorsifleksiyon hareketini tibiaya iletmek için proksimal veya distalde kompanse edici hareketler meydana gelmesine neden olmaktadır (122, 123). Prone durumdaki ayak yalnızca ayağın biyomekaniğini değil aynı zamanda yürüyüş sırasında diz internal rotasyonu ve pelvik hareket açıklığını olmak üzere tüm alt ekstremité kinematik zincirini de etkilemektedir (124).

Pes Planus Değerlendirme

Pes planus için birçok değerlendirme kriterleri bulunmaktadır. Bu kriterleri içeren belli başlı yöntemler şunlardır;

1. Klinik Değerlendirme

- Naviküler Düşme Testi (NDT) ve Navikular Yükseklik.
- Longitudinal Ark Açısı (Feiss Çizgisi).

2. Değerlendirme

- Bilgisayarlı Tomografi (BT),
- Röntgen.

3. Ayak İzi İnceleme ve Pedobarografik Analizler

- Subtalar Açı,
- Valgus İndeks,
- Chippaux-Smirak İndeks (CSİ),
- Staheli İndeksi,
- Wejsflog İndeksi,
- Clarke Açısı (CA),
- Sztriter-Godunov İndeksi (KY),
- Harris Damga İndeksini (HII).

4. Ayak Postür İndeksi-6 (API-6)

5. Yürüme Analizi (125).

Klinik Değerlendirme

Pes planus tanılı hastanın klinik değerlendirilmesinde anamnez, sınıflandırmaya götürecek bilgiler, fizik muayene, hastalığın şiddeti ve tipi ile ilgili analizler önemlidir (126). Pes planus tanısı almış çocuklarda mutlaka yaş sorgulanmalıdır. Fizyolojik olarak ayak tabanının yağ doku ile kaplı olması infantil dönemde beklenen bir durumdur. Pes

planusa eşlik eden diğer deformiteleri, hastada kalkaneovalgus, halluks valgus, özellikle konjenital *rocker-bottom foot* (vertikal talus) gibi deformiteleri değerlendirmek gerekir (127). Jack’ın parmak kaldırma testi ile esnekliğin değerlendirilmesi önemlidir. Literatüre göre bu test esnek pes planusun fleksibilitesini belirlemede klinikte kullanımı en uygun olan testtir (126).

Longitudinal Ark Açısı (Feiss Çizgisi)

Medial malleol ile ayak birinci metatars kemiğinin başı arasındaki hat, 1909 yılında MLA yüksekliğini değerlendirmek için “feiss çizgisi” olarak tanımlanmıştır. Naviküla tüberkülünün bu hatta göre konumu MLA yüksekliğini derecelendirmede kullanılır. Ayakta dik duruş esnasında yapılan değerlendirmede navikülanın tüberkülünün bu hattın üzerinde yer alması normal, altında olması MLA düşüklüğü şeklinde bildirilmiştir (128).

Naviküler Yükseklik Değerlendirmesi

Değerlendirmede analiz edilecek kişi oturma pozisyonu gibi ayağa ağırlık vermediği bir pozisyonda yani subtalar eklemin nötral pozisyonu sağlanarak ölçülür. Yer ve naviküler tüberkül arasındaki mesafe ile naviküler yükseklik arasındaki fark ise naviküler düşmeyi ifade eder (48).

Ayak Postür Değerlendirmesi

Ayak Postür İndeksi-6, ayak pozisyonunu ve postürünü değerlendirmek için geliştirilmiş olan geçerliliği yüksek, hızlı ve kolay bir yöntemdir. Değerlendirme yapıldığı sırada kişi gevşek bir postürde ve ayaktayken ön ve arka ayak 6 kriter üzerinden değerlendirilir (129-131).

Radyografik Değerlendirme

Pes planus tanısı için radyografik değerlendirme ayak kemik dizilimini yük taşıma pozisyonunda gözlemlemek için altın bir standart olarak görülür. Ark indekslerinin radyolojik yöntemler ile karşılaştırıldığı bir çalışmada ayak izini analiz eden yöntemler arasında kuvvetli korelasyon bildirilmiştir (132).

Radyografik değerlendirmede kişi ayakta, dik duruş pozisyonunda ve ağırlığı tamamen aktarıken çekilen anteroposterior ya da lateral grafiler üzerinden yapılır. Ayak kemiklerinin açıkça gözlenebildiği bir yöntem olduğu için klinikte yaygın olarak kullanılmaktadır (48).

Yürüme Analizi

Yürümeyi sayısal verilerle değerlendirmek ve yorumlamak için kullanılan yürüme analizi, günümüzde teknolojiye ileriye ile birlikte kas iskelet sistemindeki araştırma

ve klinik uygulamada tanı, tedavi planlaması ile tedavinin sonucunu ölçme ve izleme amacıyla giderek daha yaygın kullanılmaktadır (133, 134).

Pedobarografik Değerlendirme ve Özel Testler

Değerlendirmenin klinik aşamasından sonra pes planus tanısı için ayak izi ve podoskop gibi özel yöntemler mevcuttur. Ayak izi üzerinden birçok ölçüm yöntemi yapılabilir. Değerlendirmede ayak genellikle Harris Mat denilen mürekkepli bir zemin üzerine bastırılarak ayak izinin alınması ile yapılır (126).

CSİ, Harris Imprint İndeksi (Hİİ), Clarke Açısı (CA), Wejsflog İndeksi, Sztriter-Godunov İndeksi (KY) ve Staheli'nin ark indeksi ayak izi üzerinden yapılan değerlendirmelerden bazılarıdır. CSİ ise ayak izinin en dar kısmının ön ayağın en geniş kısmına oranı üzerinden değerlendirilir ve % 45 üzeri değerlerde pes planus pozitif kabul edilir (131, 135).

2.3. Alt Ekstremité Biyomekaniksel Değerlendirme

2.3.1. Kas Kuvveti Değerlendirilmesi

Literatürde pes planusun dorsifleksiyon kas kuvvetini ve eklem hareket açıklığını etkilediğini belirtilmiştir. Pes planus tanısı almış bireylerde plantar fleksörlerin kas kuvveti az miktarda yüksek bulunurken eklem hareket açıklığının çok az daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu durum temelde biyomekanik prensiplere dayanmaktadır. Ayrıca her iki ayağı normal taban ve her iki ayağı esnek pes planus olan bireyler arasında, esnek pes planusa sahip olanların özellikle m. gastroknemius ve m.tibialis anterior kuvvetinde anlamlı artış gözlemlenmiştir. Bir ayağı normal diğer ayağı esnek pes planuslu bireylerde de pes planus olan ayakta m. gastroknemius kas kuvveti az miktarda fazla bulunmuş ancak iki ayak arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Hamstring, kuadriseps femoris, dorsi ve plantar fleksiyon kaslarında kas kuvveti değerlendirmesinde "El Dinamometresi" kullanılması daha objektif veriler sağlamıştır (136).

2.3.2. Kısıklık Değerlendirmesi

Bir çalışmada pes planus olan bireylerin gastroknemius kas gruplarında kısıklık olduğu ve pes planus derecesi ile beraber bu kas kısıklığının da arttığı görülmüştür. Bireylerin esnek ya da rijit olmalarına göre ise sadece rijit pes planuslu bireylerde hamstring kasının kısıklığının değiştiği bulunmuştur (136).

2.3.3. Tibialis Posterior Tendon Disfonksiyonu Değerlendirmesi

Biyomekanik anlamdam. tibialis posterior MLA'nın birincil dinamik stabilizatörüdür (137). Erişkin pes planus, genellikle tibialis PTTD ile oluşur. Pes planus klinikte MLA yüksekliğinin kaybı olarak tanımlanır ancak pes planusu olan hastalardaki tek patoloji MLA yüksekliğindeki azalma değildir. Tek topuk kaldırma testinde, hastanın tek ayağı üzerinde dururken art arda 5–6 defa parmak ucuna kalkamaması, zorlanması veya ağrı şikâyetinin olması posterior tibial tendon yetmezliği için patognomonik bir bulgudur (136).

2.3.4. Femoral Anteversiyon Değerlendirmesi

Alt ekstremitte biyomekanik değerlendirme için rotasyonel profili tanımlamada Staheli tarafından önerilen yöntemler; kalça internal rotasyon ve UAA ölçümlerini içermektedir (138, 139). Bu değerlendirilmeler içe dönük yürümenin komponenti olan metatarsus adduktus, tibial torsiyon ve femoral anteversiyon artışının klinikte birbirinden ayrılması için kullanılmaktadır. Klinik ölçümlerde kalça internal rotasyonun normal değerinin üzerinde olması (60° - 90°) ve kalça eksternal rotasyonun normal değerinden az olması (10° - 15°) **femoral anteversiyon** için klinik bir göstergedir. Alt ekstremitenin bu rotasyonel profilini tanımlamak için kullanılan bu parametreler ve bilgisayarlı tomografi görüntüleri ile de korelasyon göstermektedir (43).

2.3.5. Pelvik İnklinasyon Açısı Değerlendirmesi

Güncel literatür pes planusu olan bireylerde olmayanlara göre PIA'nın artmış olduğunu ve biyomekanik dizilimi etkilediğini bildirmiştir. PIA'nı değerlendirmek için bireyler ayakta olacak şekilde SİAS ile SİPS'i lateralden birleştiren zemine göre horizontal olan düzlemle arasındaki açının dijital inklinometre uygulaması kullanılarak değerlendirilmesi objektif bir veri sağlayacaktır (140).

2.3.6. Postür Değerlendirmesi

NYPD, 1958 yılında yayınlanmış, vücut postürünü 13 ayrı başlıkta inceleyip, değerlendiren bir yöntemdir. 13 alt başlıkta etkilenim durumuna göre iyi postüden kötüye doğru; 5, 3 ve 1 şeklinde puanlar verilir. Analiz bittiğinde toplam puan 65-13 aralığında olur. Değerlendirme puanlarına göre: “>45: Çok iyi, 40-44: İyi, 30-39: Orta, 20-29: Zayıf, 19>: Kötü” şeklinde sınıflandırma yapılır (141). Puanın >45 olması, değerlendirilen kişinin postürünün iyi durumda olduğunu bildirir (142, 143).

2.3.7. Hipermobilité Değerlendirmesi

Eklemlerin hipermobilitesi, kişinin eklemlerinin en az dördünde ve en az bir hareket düzleminde normalden fazla artmış aktif ve pasif hareket ile karakterize bulgu vermeyen bir durumdur (144). Prevelansının % 10 ile % 20 arasında olduğu bildirilmektedir (145). Bireyin genetik yapısı hipermobilitenin boyutunu belirlemektedir. Ligamentlerdeki gevşeklik, kollajen, elastin, fibrillin ve tenasin gibi bağ dokusundaki değişikliklerin bir sonucudur. Kadınlarda relaksin gibi hormonlar da bağ gevşekliğini etkilemektedir (146).

Hipermobilité tanısı klinik semptomların analizine dayanmaktadır. En sık kullanılan yöntem ise Beighton skalasıdır (145). Eklemde laksiteyi değerlendirmek amacıyla ilk kriterler 1964 yılında Carter ve Wilkinson tarafından belirlenmiştir (147). 1969 yılında bu kriterler Beighton ve Horan tarafından modifiye edilmiştir (148). Beighton ve arkadaşları 1973`te tekrar düzenleme yapmışlardır (149). Beighton skoru hipermobilité için popüler bir tarama tekniğidir. Bu dördü pasif iki taraflı ve bir aktif tek taraflı performans olmak üzere 5 manevranın gerçekleştirilmesi ile yapılan dokuz puanlı bir ölçektir. Bu nedenle ölçek, çok sayıda insanda uygulanması kolay ve hızlı olduğundan oldukça uygundur (150).

3. MATERYAL VE METOD

Çalışmamız pes planus tanısı almış 6-10 yaş arası çocuklarda alt ekstremite biyomekaniğinin etkilenip etkilenmediğini saptamak amacıyla planlandı. Evrenden örneklem seçimi dahil edilme kriterlerini sağlayan ve araştırmaya katılmayı kabul eden ailelerin çocukları arasından 15.01.2024-15.10.2024 tarihleri arasında olasılıksız rastantısal örnekleme yöntemi kullanılarak seçildi. Çalışma için İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan gerekli izin alındı (EK: 2). Çalışmamız Helsinki Deklarasyonuna uygun olarak gerçekleştirildi.

3.1. Bireyler

Randomize olarak planlanan bu çalışmanın evrenini Malatya ilinin Yeşilyurt İlçesinde bulunan Hasan Çalık Devlet Hastanesi FTR polikliniğine başvuran 6-10 yaş arası çocuklar oluşturdu. Çalışma grubunu pes planus tanısı almış 6-10 yaş arası çocuklar oluşturdu. Kontrol grubunu ise aynı yaş grubunda hastaneye başvuran hasta yakını sağlıklı çocuklar oluşturdu. Çalışmamıza katılan tüm bireylere çalışmanın amacı, süresi ve kapsamı hakkında yazılı ve sözlü olarak bilgi verildi ve bireylerden araştırmaya katılmayı kabul ettiklerine dair “Katılımcı Onam Formu” alındı (EK: 3). Değerlendirmeler Yeşilyurt Hasan Çalık Devlet Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon ünitesinde gerçekleştirildi.

Çalışmamıza başlamadan önce yapılan power analizinde $\alpha=0.05$ ve $1-\beta$ (güç)=0.80 ile pes planuslu kadın bireylerde ayak postür indeksi skorlarının tedavi grubunda, çalışma öncesi (8 ± 1.8) ve çalışma sonrası (6.1 ± 2.1) verileri arasındaki farkın 1,9 birim olduğu varsayıldığında her gruba en az 17, toplamda en az 34 deneğin çalışmaya alınması gerektiği hesaplandı. Örneklem büyüklüğünün hesaplanmasında halka açık istatistik yazılımı OpenEpi, sürüm 3 (<http://www.openepi.com>) kullanılarak bir güç, analizi yapıldı

Çocukların Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

- Çalışma amacı ve uygulamaları hakkında aktarılan bilgileri değerlendirip, ebeveyni tarafından çalışmaya dahil edilme onayı alarak gönüllü iştirak etmesi,
- 6-10 yaş aralığında olması,
- Nörolojik, romatolojik ve ortopedik herhangi bir rahatsızlığı bulunmaması,

- Ciddi görme, işitme, duyma ve konuşma bozukluklarından herhangi birinin bulunmaması.

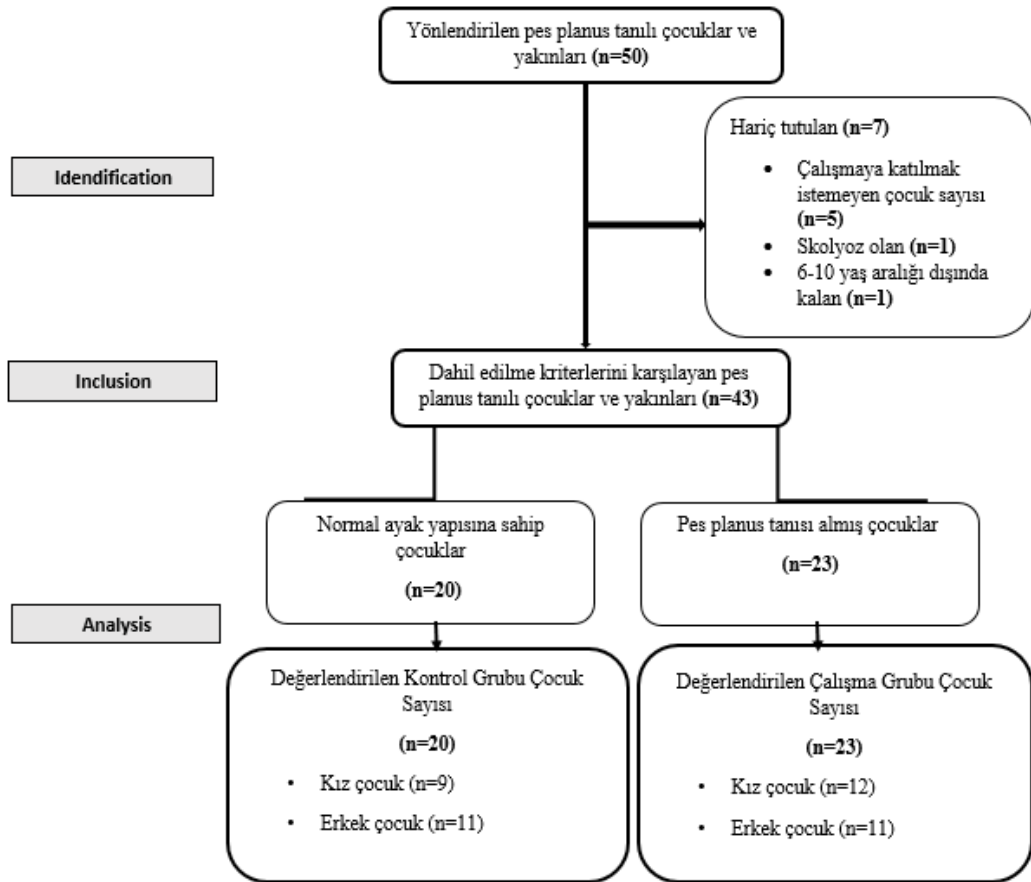
Çocukların Çalışmadan Dışlanma Kriterleri:

- Araştırmaya dahil edilme kriterlerini karşılamayanlar,
- Alt ekstremita ile ilgili cerrahi geçirmiş çocuklar,
- Gönüllü olarak katılmak istemeyen çocuklar,
- Çocuğunun çalışmaya dahil olmasını istemeyen ailelerin çocukları,
- Pes planusa yönelik son 6 ayda tedavi almış çocuklar.

Çocukların Çalışmadan Çıkarılma Kriterleri :

- Çalışma süresince değerlendirme parametrelerine uyum gösteremeyen çocuklar,
- Çalışma süresince katılımı engelleyecek rahatsızlık geçiren çocuklar.

Çalışmamızın başlangıcında toplamda (n=50) çocuk değerlendirmeye alınmıştır. Çocuklardan çalışma kriterlerini sağlamayan (n=7) çocuk çalışmadan çıkarılmıştır. Çalışma dahil edilme kriterlerini sağlayan (n=43) çocukla tamamlanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma akış şeması.

3.2. Yöntem

Çalışmamızda pes planus tanısı almış ve almamış çocuklar randomize olarak değerlendirmeye alındı. Pes planus tanısı almış çocukların ve normal ayak yapısına sahip çocukların sayısı çalışma için yeterli olduğunda değerlendirme sonlandırıldı. Her bir çocuğun değerlendirilmesi ölçümler arasında 5 dakikalık aralar verilmesi ile birlikte yaklaşık 60 dakika sürmüş olup aynı gün içinde maksimum 3 çocuk değerlendirmeye alınabilmiştir. Çalışma tamamlandıktan sonra kaydedilen değerler pes planuslu çalışma grubu ve sağlıklı ayağa sahip çocuklardan oluşan kontrol grubu arasında karşılaştırılmıştır.

Çalışmaya katılan tüm olgular aşağıdaki ölçeklerle değerlendirildi:

1. Katılımcı Değerlendirme Formu
2. Pedobarografik Değerlendirme
 - Chippaux-Smirak İndeksi (CSI)
3. Kas Kuvveti Değerlendirilmesi
 - Dinamometre
4. Posterior Tibial Tendon Disfonksiyon Değerlendirmesi
 - Tek Topuk Kaldırma Testi
5. Kısıklık Değerlendirmesi
 - Plantar Fleksörler için Değerlendirme
 - Hamstrings Kası için Popliteal Açı Değerlendirmesi
6. Femoral Anteversiyon Değerlendirmesi
 - Q Açısı Ölçümü
 - Kalça Internal Rotasyon Açısı Ölçümü
7. Pelvik İnklınasyon Açısı Değerlendirmesi
 - (SİAS-SİPS arası eğim açısı) Clinometer (akıllı telefon uygulaması)
8. Tibial Torsiyon Değerlendirmesi
 - Uyluk-Ayak Açısı Ölçümü
9. Postür Değerlendirmesi
 - New York Postür Derecelendirme Ölçeği
10. Uzunluk Ölçümü
 - Her iki alt ekstremité
11. Ayak Postür İndeksi-6 (APİ-6) Değerlendirmesi
12. Hiper mobilite Değerlendirmesi
 - Beighton Skoru

3.2.1. Ölçme ve Değerlendirmeler

Ayak duruşunun değerlendirilmesi dışsal ve içsel faktörlerden etkilenebilir. Dış faktörler, ikamet edilen yere (kentsel veya kırsal), fiziksel aktivite düzeyine, ayakkabı türlerine ve ayakkabı kullanımının başladığı yaşa karşılık gelir. İçsel faktörler biyolojik (cinsiyet, yaş, bağ gevşekliği, aile geçmişi) veya antropometrik değerlendirmeler (vücut kompozisyonu) olarak kategorize edilir (6).

Her bir çocuğun demografik bilgileri ve harris tabakası ile her iki ayak izi ölçümü kayıt altına alınıp değerlendirme yapılmıştır. Sırasıyla;

- Adı-Soyadı,
- Dominant taraf,
- Boy,
- Kilo,
- Ayakkabı numarası,
- Doğum Şekli,
- Yürümeye başladığı ay,
- Ayakkabı kullanmaya başladığı ay,
- Her iki alt ekstremité uzunlukları,
- PIA,
- PTTD,
- API-6,
- NYPD,
- Beighton Skoru,
- Plantar fleksör kas kısalığı,
- Hamstrings kası kısalığı,
- Q Açısı,
- Kalça internal rotasyon açısı,
- UAA
- Kas kuvveti değerlendirilip kaydedildi.

Demografik verilerin alınması

Çalışmamızadakil edilen çocuklara ve ebeveynlerine çalışma ile ilgili detaylı bilgi verilip, değerlendirme formunun demografik bilgiler bölümü doldurtulmuştur.

- Ad-Soyad
- Yaş
- Cinsiyet
- Boy
- Vücut ağırlığı
- Persentil
- Dominant taraf
- Ayakkabı numarası
- Ayakkabı kullanım yaşı
- Doğum şekli
- Yürümeye başladığı ay
- Son 6 ay içerisinde geçirilen herhangi bir sakatlığın olup olmadığı
- Dahil edilme kriterlerini karşılayıp karşılamadığı.

Pedobarografik Değerlendirme

Pedobarografik yöntemlerde ayak biyomekaniği detaylı ve objektif olarak değerlendirilip, olası patolojilerin varlığı, tedavi veya müdahalenin etkisinin saptanması sağlanmaktadır (49).

Ayak izi değerlendirmesi için Harris mat tabakası kullanıldı. Harris tabakası içerisinde yer alan diyafram mürekkep ve bir rulo yardımı ile boyanmış, beyaz A4 kağıdı araya yerleştirildi. Çocuk ayağı çıplak olacak şekilde hazırlandı. Önce çocuk anlayabilsin diye rastgele bir ayak ile ölçüm tarif edilerek gerçekleştirildi. Daha sonra çocuğa ayaklardan birinin tabakanın yanına yerleştirilmesi istendi. Sonrasında test edilecek ayak ile diyaframa basması, ağırlığın eşit olarak her iki ayağa aktarılması istenmiştir. 30 saniye bu pozisyon korunup, çocuk oturma pozisyonunda ve diz fleksiyondayken tabakadan ayrılmıştır. Aynı işlemler diğer ayak için de aynı şekilde uygulanıp elde edilen veriler kaydedilmiştir. Harris mat tabakası içerisindeki diyaframın mini kareleri ile ayak izi A4 kağıdına aktarıldı (Şekil 3.2) (132, 151).

Chippaux-Smirak İndeksi

Literatürde CSI'nin okul öncesi çağıdaki çocuklarda düzayaklar için bir tarama aracı olarak kullanılmasını önerilmektedir. CSI, okul öncesi çağıdaki çocukların pes planustan muzdarip olup olmadığını belirlemek için standart değerlendirme aracı olarak tercih edilmektedir (152). CSI'nin normal değerleri 0.25-0.45 arasındadır. 0.25 altı pes kavusu, 0.45 üzerindeki değerler ise pes planusu gösterir (153). Orta ayağın en dar ve

metatarsal alanın en geniş bölgesi arasındaki oranın 0,4'den büyük olması pes planus tanısı için kullanılır (154).



Şekil 3.2. Harris mat tabakası.

Literatür incelendiğinde bu değerlerin 100 ile çarpılarak yüzde şeklinde hesaplandığı görülmüştür. CSI, ayak izinin ön kısmının en geniş aralığı ve orta ayağın en dar aralığına oranı şeklinde hesaplanıp ve ardından 100 ile çarpılarak hesaplanır. CSI için % 40.1-% 50.0, birinci derece; % 50.1-% 60.0, ikinci derece; % 60.1-% 100.0, üçüncü derece pes planusu tanımlamıştır (155). CSI'nin güvenilirliği üç ila yedi yaşındakilerde > % 62,7, altı ila dokuz yaşındakilerde > % 59 ve dokuz ila on altı yaşındaki çocuklarda $\geq$ % 40 olarak belirtilmiştir (156). Literatüre göre CSI, yaşla beraber azalır (157).

Kas Kuvvet Değerlendirmesi

Tibialis anterior, gastrocnemius, hamstring ve kuadriseps femoris kasları postüral stabilitenin muhafazasından sorumlu en önemli kaslardır (158). Ayak bileği için tibialis anterior ve gastrocnemius kasları önemliyken kuadriseps ve hamstring kasları ileri geri salınımların kontrolünü sağlamakla görevlidir (159).

Dinamometre kas kuvvetini değerlendirmede objektif bir yöntemdir (Şekil 3.3) (160). Dinamometre ile maksimal izometrik kuvvet oldukça güvenilir ve tarafsız bir şekilde ölçülebilir (161, 162). Kas kuvveti değerlendirme için elle tutulan bir dinamometre yardımıyla ölçüldü. Katılımcılar cihaza karşı 5 saniye boyunca direnç göstermeleri yönünde maksimum izometrik kontraksiyon gerçekleştirdi. Hareketin 3 tekrarı

gerçekleştirildi ve ortalaması alındı. Her kontraksiyon arasında 30 saniye dinlenme arası verilip, ölçümler kilogram cinsinden kaydedildi (162).



Şekil 3.3. Dinamometre (Lafayette Instrument®).

Posterior Tibial Tendon Disfonksiyonu Değerlendirmesi

PTTD için en hassas testlerden biri tek bacaklı topuk yükselmesidir. Bu testi gerçekleştirmek için hasta kollarını kullanarak kendini duvara karşı dengeler. Daha sonra hasta diğer ayağını yerden kaldıracak ve etkilenen ayağın parmak uçlarına doğru yükselmeye çalışacaktır. Tek bir topuk kaldırma hareketi yaparken hastalar tek bir topuk kaldırma hareketi yapmada zorluk çekebilir veya birden fazla topuk denemesinden sonra güçsüzlük yaşayabilirler. Tam işlevli bir tendona sahip hastalar 8-10 tekrarı tamamlayabilirler ancak PTTD olan hastaların büyük çoğunluğu desteksiz tek bir topuk kaldırma hareketi yapamaz veya yalnızca birkaçını tamamlayabilir. Tek topuk kaldırma testinde hastalar “var” ya da “yok” şeklinde kaydedildi. Çocuk topuğunu kaldırırken arkı koruyabiliyorsa ve tutmakta zorlanmıyorsa yetmezlik “yok”, topuk kaldırırken ark düşüyorsa, ayak pronasyona dönüyorsa yetmezlik “var” şeklinde kaydedildi (163).

Kısalık, Esneklik Değerlendirmesi

Ayak bileği plantar fleksiyon kasları ve hamstring kaslarının kısalıkları değerlendirildi. Ayak bileği plantar fleksiyon kas kısalığı, sırtüstü yatış pozisyonunda dizler ekstansiyonda iken dorsifleksiyonda 90° ve üzerine çıkabiliyorsa “kısalık yok”

90°'ye gelemiyorsa “kısalık var” şeklinde değerlendirildi. Popliteal açı (PA), hamstring kaslarının kısalığını değerlendirmek için kullanıldı. PA ölçümü sırt üstü yatış pozisyonunda kalça eklemi 90° fleksiyondayken diz eklemindeki ekstansiyon derecesi gonyometri ile ölçülüp kaydedildi (Şekil 3.4) (164).



Şekil 3.4. Popliteal açı ölçümü.

Q (Kuadriseps) Açısı ve Kalça İnternal Rotasyon Açısı Değerlendirmesi

Q açısı (QA) ölçümü çocuk ayakta dik duruş pozisyonunda, ayak yerle temas halinde yapıldı. Pivot nokta patella orta noktası olacak şekilde gonyometre yerleştirilip sabitlendikten sonra gonyometrenin bir kolu SİAS ile femur kondillerinin ortasından geçen eksene diğer kolu ise tüberositas tibianın ortasıyla ayak bileğinin ortasından geçen eksene yerleştirildi. Değer derece cinsinden kaydedildi (20).

Kalça internal rotasyon açısı yüzüstü kalça eklemi ekstansiyonda, diz fleksiyonda iken gonyometre ile ölçülüp kaydedildi.

Pelvik İnklinasyon Açısı Değerlendirmesi

Ölçümü pelvisin horizontal düzlemdeki pozisyonunu değerlendirmek için bireyler ayakta iken dominant taraf SİAS ile SİPS'i birleştiren hattın horizontal düzleme olan açısı her iki taraftan ücretsiz akıllı telefon inklinometre uygulaması (Digital Inclinator) kullanılarak ölçülüp değerler kaydedildi (163).

Tibial Torsiyon Değerlendirmesi

Tibia ve ayağın rotasyonunu değerlendirmek için UAA kullanılmaktadır. Pozitif değer eksternal rotasyon yönüne, negatif değer ise internal rotasyon yönüne verilmekte olup $+10^{\circ}$, -15° aralığı normal kabul edilmektedir. Çocuklarda 30° 'ye kadar normaldir. Çocuk yüzüstü yatış pozisyonunda dizler 90° fleksiyonda iken femurun izdüşümü ile ayak orta hattı arasındaki açı değerlendirilip kaydedildi (Şekil 3.5) (40).



Şekil 3.5. Uyluk-Ayak açısı ölçümü.

Postür Değerlendirmesi

Çocuklar NYPD ölçeğine göre değerlendirmeye alındı. Çocuklar uygulamaya uygun olacak biçimde kıyafetleri çıkarılarak postürleri değerlendirildi ve veriler kaydedildi.

Alt ekstremité Uzunluk Ölçümü

Her iki alt ekstremité SİAS-zemin olacak şekilde ölçüm yapıldı.

Ayak Postür İndeksi-6 (APİ-6)

Bu ölçümler için kişilerden çift bacak desteği ile rahat duruş pozisyonunda durmaları, kolları iki yanda gevşek ve dümdüz karşıya bakmaları istendi. APİ-6'da kullanılan altı kriter: talus başı palpasyonu, supra ve infra malleolar eğrilik, kalkaneal frontal düzlem pozisyonu, talonaviküler eklem bölgesinde belirginlik, MLA uyumu ve

ön ayağın arka ayakta abduksiyon/addüksiyonu'dur. Her bir kriter -2 ile +2 arasında değişen bir ölçekte puanlanmaktadır. Puan 0 ile 5 arasında olduğunda ayak normal ve +6 ile +12 arasında ise pronasyon olarak kabul edilip kaydedildi (Ayak postür indeksi-6 Tablo 3.1) (21).

Tablo 3.1. Ayak Postür İndeksi-6 (130, 131).

	ARKA AYAK				ÖN AYAK	
	Talar baş palpasyonu	Lateral malleol altındaki ve üstündeki eğimler	Kalkaneusun inversiyonu/eversiyonu	Talonaviküler eklem bölgesinde balonlaşma	MLA yapısı	Ön ayağın arka ayağa göre abduksiyonu/addüksiyonu
-2	Talar baş lateralden palpe edilir / ancak medialden edilemez	Malleol altındaki eğim düz veya konvektir.	Yaklaşık 5°'den fazla inversiyon (varus).	Talonaviküler eklem bölgesi belirgin şekilde konkav.	Ark yüksek ve medial arkın posterioruna doğru keskin açılmış.	Lateral parmaklar görülmez, medial parmaklar açıkça görülür.
-1	Talar baş lateralden palpe edilebilir / medialden hafifçe palpe edilir.	Malleol altı eğim konkav, ancak malleol üst eğriden daha düz/daha sığdır	Vertikal ile yaklaşık 5° inversiyon arasında (varus).	Talonaviküler eklem bölgesi hafifçe ancak kesinlikle konkav.	Ark orta düzeyde yüksek ve posteriorda hafifçe açılmış.	Medial parmaklar lateral parmalardan daha fazla görülür.
0	Talar baş medial ve lateralden eşit şekilde palpe edilebilir.	Supra ve infra malleolar eğimler yaklaşık olarak eşittir.	Vertikal	Talonaviküler eklem bölgesi düz.	Ark yüksekliği normal ve eş merkezli olarak kavisli.	Medial ve lateral parmaklar eşit şekilde görülür.
+1	Talar baş lateralden hafifçe palpe edilebilir / medialden palpe edilebilir.	Malleol altı eğim, malleol üst eğimden daha konkavdır.	Vertikal pozisyon ile yaklaşık 5° eversiyon arasında (valgus).	Talonaviküler eklem bölgesinde hafifçe balonlaşma.	Ark yüksekliği orta kısımda bir miktar düzleşme ile azalmış.	Lateral parmaklar medial parmalardan daha fazla görülür.
+2	Talar baş lateralden palpe edilemez ancak medialden palpe edilebilir	Malleolün altı eğim, malleol üst eğimden belirgin şekilde daha konkavdır.	Yaklaşık 5°'den fazla eversiyon (valgus).	Talonaviküler eklem bölgesinde belirgin balonlaşma.	Ark yüksek ve medial ark posteriora doğru keskin açılmış.	Medial parmaklar görülmez, lateral parmaklar açıkça görülür

Hipermobilite değerlendirmesi

Beighton skorunun hızlı olması, kullanımının kolay olması ve yüksek güvenilirlik puanı nedeniyle tanı için altın standart olarak kabul edilmektedir (165). Literatürde

Beighton skorları 4/9, 5/9 veya 6/9 dahil olmak üzere çeşitli kriterler kullanılmıştır (166). Fakat çoğu araştırmacı skor $\geq 4/9$ ise hipermobilitenin mevcut olduğunu belirtmektedir (146). 1-3 arası puanlar ise lokalize eklem hipermobilitesi olarak sınıflandırılmaktadır (167). Beighton değerlendirmesinde içerdiği eklem sayısının az olması, özel bir aparata ihtiyaç duyulmaması ve çok fazla bilgi birikimi gerektirmemesi ve hızlı olması avantajlarıdır (168).

3.2.2. Araştırma Protokolü

Hasan Çalık Devlet Hastanesi ortopedi ve travmatoloji, pediatri ve fiziksel tıp ve rehabilitasyon polikliniklerinden fizik tedavi ünitesine yönlendirilmiş olan dahil edilme kriterlerini karşılayan 6-10 yaş aralığında bulunan çocuklara çalışmada belirtilen değerlendirme yöntemleri aynı fizyoterapist tarafından uygulanıp kaydedilmiştir.

Pes planus tanısı almış çocuklar podografi yöntemi olarak Harris tabakası ile veriler alınıp CSI'ne göre değerlendirilmiştir. Çocukların postür analizi için NYPD ölçeği kullanılmıştır. Her iki alt ekstremitte uzunluk ölçümü mezura ile yapılmıştır. Kısıklık testlerinden diz fleksörleri (hamstring kasları) için popliteal açı (PA), plantar fleksörler (gastrokemius, soleus kasları) için bakılmıştır. Alt ekstremitte biyomekaniği hakkında fikir verebilecek ölçümlerden olan tibial torsiyon değerlendirmesi için UAA, muayenesi, femoral anteversiyon açısı hakkında objektif veri sağlayacağı için Q açısı ve kalça internal rotasyon açısı bakılıp, PİA için ücretsiz halka açık akıllı telefon uygulaması olan klinometre (Digital Inclinator) ile ölçüm alınmıştır. M. tibialis posterior tendon disfonksiyonu için tek topuk kaldırma testi ve yine alt ekstremitte biyomekaniği hakkında bilgi edinmek için tibialis anterior, hamstring, kuadriseps kaslarına ve plantar fleksörlere dinamometre ile kas kuvvet değerlendirmesi yapılmıştır. Ayrıca her çocuğa API-6 uygulanmış olup hipermobilitate değerlendirmesi için Beighton Skoru bakılmıştır.

3.2.3. Etik kurul Onayı

Araştırmanın etik açısından uygunluğu İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Girişimsel olmayan Etik Kurulu'nun 26.12.2023 tarihli toplantısında (İNÜ-S.B. GOEK 19.oturum 2023/5401 nolu karar) değerlendirilmiş olup etik standartları açısından uygun bulunmuştur.

3.2.4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 29.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılarak yapıldı. Görsel ve analitik yöntemler kullanılarak sayısal değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu incelendi. Tanımlayıcı istatistikler; nominal ve ordinal değişkenler için frekans ve yüzde, sayısal değişkenler için ortalama ve standart sapma ya da medyan ve 25-75 persantiller kullanılarak verildi. Bağımlı gruplarda sayısal değişkenlerin kıyaslanmasında parametrik test olarak 'Bağımlı Gruplar T Testi', non-parametrik test olarak ise 'Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi' kullanıldı. Bağımsız gruplarda sayısal değişkenlerin kıyaslanmasında ise parametrik test olarak 'Bağımsız Gruplar T Testi', non-parametrik test olarak ise 'Mann-Whitney U Testi' kullanıldı. Değişkenler arasındaki ilişki, yerine göre 'Spearman Korelasyon Testi' ya da 'Pearson Korelasyon Testi' ile incelendi. Korelasyon katsayısı değerleri 0.00-0.20: çok zayıf; 0.21-0.40: zayıf; 0.41-0.60: orta; 0,61-0,80: güçlü ve 0,81-1.00: çok güçlü olarak yorumlandı (169). Tip 1 hata düzeyinin %5'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Grupların Demografik Özellikleri

Bu çalışmanın evrenini Malatya ilinin Yeşilyurt İlçesinde bulunan Hasan Çalık Devlet Hastanesi Fizik Tedavi polikliniğine başvuran pes planus tanısı almış 6-10 yaş arası çocuklar, kontrol grubunu ise aynı yaş grubunda hastaneye başvuran hasta yakını sağlıklı çocuklar oluşturdu. Evrenden örneklem seçimi dahil edilme kriterlerini sağlayan ve araştırmaya katılmayı kabul eden ailelerin çocukları arasından veri toplama tarihleri arasında olasılıksız rasantısal örnekleme yöntemi kullanılarak yapıldı. Pes planuslu değerlendirme grubunda 23 çocuk, normal ayak yapısına sahip kontrol grubunda ise 20 çocukla çalışma tamamlandı. Çocukların tanımlayıcı ve sosyo-demografik bilgileri Tablo 4.1’de verildi.

Tablo 4.1. Çocukların sosyo-demografik ve klinik özellikleri-1 (n=43).

	Normal (n=20)	Pes Planus (n=23)	p
Yaş	8 (7-9)	8 (6-9)	0.383 ^b
Kilo	28.25 (23-30)	27 (23-33)	0.826 ^b
Boy	131 (122.5-136.5)	133 (116-137)	0.855 ^b
VKİ	15.66 (14.55-17.25)	16.53 (14.86-20.49)	0.429 ^b
Persantil	25 (15-62.50)	25 (15-85)	0.560 ^b
Yürümeye Başlama Zamanı	13 (11-14)	12 (12-14)	0.702 ^b
Ayakkabı Kullanmaya Başlama Zamanı	13.75±2.55 (X±SS)	14.43±1.95 (X±SS)	0.325 ^a
Ayakkabı Numarası	32.40±2.82 (X±SS)	31.22±3.40 (X±SS)	0.225 ^a
Beighton Skoru	2.5 (1.5-4)	4 (3-7)	0.018 ^b
NYPD	61 (56-65)	57 (49-61)	0.066 ^b
Alt Ekstremit	D 70.5 (67.5-74.5)	70 (63-74)	0.434 ^b
Uzunluğu	ND 71 (67.5-75)	71 (62-74)	0.558 ^b
API-6	D 1 (1-3)	7 (4-9)	<0.001^b
	ND 1 (0-3)	7 (5-9)	<0.001^b

Veriler $\bar{x} \pm ss$ ya da medyan (25-75. persantil) olarak verilmiştir. NYPD: New York Postür Derecelendirme Ölçeği. $\bar{x}$: ortalama, ss: standart sapma, p^a: Bağımsız Gruplar T Test, p^b: Mann Whitney U test, D: dominant taraf, ND: Nondominant taraf.

Çalışma grubunda NYPD ölçeğine göre 57 değeri, “çok iyi” bulundu (NY-PDT, >45: çok iyi). NYPD ölçeği ayak bileğinde artmış pronasyona bağlı olarak pes planuslu çalışma grubunun (x:57) ortalama değeri kontrol grubundan (x:61) daha düşük olduğu saptandı. API-6 değerleri ile pes planuslu çalışma grubunda dominant tarafta 13, nondominant tarafta 13 ayak pronasyonda bulundu. Grupların cinsiyet dağılımı Ki Kare testi ile karşılaştırılmış ve gruplar arasında fark olmadı görüldü (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Çocukların sosyo-demografik ve klinik özellikleri-2 (n=43).

		Normal (n=20)	Pes planus (n=23)	p
Cinsiyet	Kız	9 (45)	12 (52.17)	0.639
	Erkek	11 (55)	11 (47.83)	
Dominant Taraf	Sağ	18 (90)	20 (86.96)	1.000
	Sol	2 (10)	3 (13.04)	
Doğum Şekli	Normal	4 (20)	9 (39.13)	0.173
	Sezaryen	16 (80)	14 (60.87)	
API-6	D	Nötr	20 (100)	0.001
		Pronasyon	0 (0)	
	ND	Nötr	20 (100)	0.001
		Pronasyon	0 (0)	
NYPD	Çok iyi	20 (100)	23 (100)	NC

Veriler n (%) olarak verilmiştir. n: frekans, %: yüzde, NC: hesaplanabilir değil, p: Ki-Kare ya da Fisher Exact Test. D: Dominant, ND: Nondominant, API-6: Ayak Postür İndeksi-6.

4.2. Çalışma Bulguları

4.2.1. Çalışma Grupları Karşılaştırması

Pes planuslu ayaklara sahip çalışma grubunda CSİ değeri dominant tarafta 54.65 ± 10.42 , nondominant tarafta ise 56.48 ± 7.73 , normal ayak yapısına sahip kontrol grubunda ise dominant ve nondominat taraf arasındaki değerler (D: 30.8 ± 7.63 , ND: 30.64 ± 8.62) benzer bulundu. Kontrol ve çalışma grubunun karşılaştırmasında hem dominant tarafta hem de nondominant tarafta CSİ değerleri Tablo 4.3’te verildi.

Tablo 4.3. Grupların CSİ değerleri ve kıyaslaması (n=43).

		Normal (n=20)	Pes Planus (n=23)	p
		X±SS	X±SS	
CSİ	D	30.8±7.63	54.65±10.42	<0.001
	ND	30.64±8.62	56.48±7.73	<0.001

Veriler $\bar{x}$ ±ss ya da medyan (25-75. persantil) olarak verilmiştir. $\bar{x}$: ortalama, ss: standart sapma, p^a: Bağımsız Gruplar T Test, p^b:Mann Whitney U test. D: Dominant, ND: Nondominant. CSİ: Chippaux-Smirak İndeks.

Kontrol grubu ve çalışma grubu Q açısı değerleri iki grubun kontrol grubu dominant ayak için 9.35±2.35 çalışma grubunda 13.74±2.93 bulundu (Tablo 4.4). Nondominant ayak için kontrol grubunda 9.35±2.35, çalışma grubunda 13.74±2.93 olarak saptandı.

Tablo 4.4. Grupların açısal değerlerinin kıyaslanması (n=43).

		Normal (n=20)	Pes planus (n=23)	p
		X±SS	X±SS	
PİA		14.26±2.72	12.81±2.51	0.078
UAA	D	13.3±6.38	15.26±6.74	0.335
	ND	15.95±9.24	16±7.27	0.984
QA	D	8.90±2.34	13.83±2.77	<0.001
	ND	9.35±2.35	13.74±2.93	<0.001
KİRA	D	47.3±8.8	50.74±11.43	0.281
	ND	45±7.6	49.74±12.07	0.138
PA	D	15.40±7.98	15.43±8.06	0.989
	ND	16.90±6.91	16.09±8.86	0.742

Veriler $\bar{x}$ ±ss ya da medyan (25-75. persantil) olarak verilmiştir. PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİRA: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açısı, QA: Q açısı. $\bar{x}$: ortalama, ss: standart sapma. D: Dominant, ND: Nondominant.

Kontrol grubunda dominant ve nondominant ekstremiteleri arasında açısal parametrelerde fark saptanmadı (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Normal ayaklı çocuklarda dominant ve nondominant ekstremitelerin açısal kıyaslanması (n=20).

Normal Ayak (n=20)	D	ND	p
	X±SS	X±SS	
UAA	13.3±6.38	15.95±9.24	0.145
QA	9.6±2.19	9.05±2.39	0.403
KİRA	47.3±8.8	45±7.6	0.189
PA	15.40±7.98	16.90±6.91	0.141

Veriler $\bar{x} \pm ss$ olarak verilmiştir. $\bar{x}$: ortalama, ss: standart sapma, p: Bağımlı Gruplar T Test. D: Dominant, ND: Nondominant, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİRA: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açısı, QA: Q açısı.

Grupların dominant ve nondominant ekstremiteleri arasında açısal parametrelerde fark saptanmadı (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Pes planuslu çocuklarda dominant ve nondominant ekstremitelerin açısal kıyaslanması (n=23).

Pes Planus (n=23)	D	ND	p
	X±SS	X±SS	
UAA	15.26±6.74	16.0±7.27	0.550
QA	13.83±2.77	13.74±2.93	0.845
KİRA	50.74±11.43	49.74±12.07	0.538
PA	15.43±8.06	16.09±8.86	0.666

Veriler $\bar{x} \pm ss$ olarak verilmiştir. $\bar{x}$: ortalama, ss: standart sapma, p: Bağımlı Gruplar T Test. D: Dominant, ND: Nondominant, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİRA: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açısı, QA: Q açısı.

Çalışma ve kontrol grubunun kas kuvveti değerlendirmesinde pes planuslu çalışma grubunun m. hamstrings kas kuvveti 4.33 ± 0.84 , kontrol grubunda ise 3.7 ± 0.88 bulundu. Hamstring kas kuvveti açısından fark zayıf olsa da anlamlı bulundu (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Grupların kas kuvvet değerleri ve kıyaslanması (n=43).

Kas Kuvvet Değerlendirmesi		Normal (n=20)	Pes planus (n=23)	p
		X±SS	X±SS	
M. Tibialis Anterior	D	4.47±0.98	4.04±0.86	0.135
	ND	4.5±1.11	4.17±0.87	0.273
M. Gastroknemius	D	4.24±1.01	4.29±0.68	0.858
	ND	4.17±1	4.38±0.79	0.452
M. Kuadriseps Femoris	D	4.33±0.98	4.94±1.16	0.073
	ND	4.62±1.12	4.86±0.99	0.459
M. Hamstrings	D	3.7±0.88	4.33±0.84	0.020
	ND	3.79±0.78	4.19±0.97	0.142

Veriler $\bar{x} \pm ss$ olarak verilmiştir. $\bar{x}$: ortalama, ss: standart sapma, p: Bağımsız Gruplar T Test. D: Dominant, ND: Nondominant.

Kontrol grubunun dominant ve nondominant ekstremiteleri arasında kas kuvveti parametrelerinde fark saptanmadı (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Normal çocuklarda dominant ve nondominant kas kuvvet değerleri ve kıyaslanması (n=20).

Normal Ayak (n=20)	D	ND	p
	X±SS	X±SS	
M. Tibialis Anterior	4.47±0.98	4.50±1.11	0.776
M. Gastroknemius	4.24±1.01	4.17±1.00	0.611
M. Kuadriseps Femoris	4.33±0.98	4.62±1.12	0.052
M. Hamstrings	3.7±0.88	3.79±0.78	0.504

Veriler $\bar{x} \pm ss$ olarak verilmiştir. $\bar{x}$: ortalama, ss: standart sapma, p: Bağımlı Gruplar T Test. D: Dominant, ND: Nondominant.

Çalışma grubunun dominant ve nondominant ekstremiteleri arasında kas kuvveti parametrelerinde fark saptanmadı (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Pes planuslu çocuklarda dominant ve nondominant kas kuvvet değerleri ve kıyaslanması (n=23).

Pes Planus (n=23)	D	ND	p
	X±SS	X±SS	
M. Tibialis Anterior	4.04±0.86	4.17±0.87	0.244
M. Gastroknemius	4.29±0.68	4.38±0.79	0.395
M. Kuadriseps Femoris	4.94±1.16	4.86±0.99	0.553
M. Hamstrings	4.33±0.84	4.19±0.97	0.309

Veriler $\bar{x} \pm ss$ olarak verilmiştir. $\bar{x}$: ortalama, ss: standart sapma, p: Bağımlı Gruplar T Test. D: Dominant, ND: Nondominant.

Tüm çocuklarda PTTD ve plantar fleksiyon yaptıran kas grubunda kısalık tespit edilemedi (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Grupların bazı özel test sonuçları (n=43).

		Normal (n=20)	Pes planus (n=18)	p
		Yok	Var	
PTTD	Yok	20 (100)	23 (100)	NC
	Var	0 (0)	0 (0)	
Plantar Fleksör Kas Kısalığı	Yok	20 (100)	23 (100)	NC
	Var	0 (0)	0 (0)	

Veriler n (%) olarak verilmiştir. n: frekans, %: yüzde, NC: hesaplanabilir değil, p: Ki-Kare ya da Fisher Exact Test. PTTD: Posterior Tibial Tendon Disfonksiyonu.

Tüm çocuklarda dominant ve nondminant ekstremitelerde CSİ ile alt ekstremitte uzunluğu arasında negatif, API-6 arasında pozitif korelasyon tespit edildi (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Tüm çocuklarda CSİ değerleri ile diğer değişkenlerin ilişkisi (n=43).

CSİ	C	Yaş	VKİ	AEU	API-6	PİA	UAA	QA	KİRA	PA	
ND	r	0.015	-0.227	0.112	-0.164	0.767	-0.278	0.071	0.093	0.222	-0.064
	p	0.924	0.143	0.476	0.293	<0.001	0.071	0.652	0.552	0.153	0.681
D	r	0.08	-0.119	0.05	-0.155	0.77	-0.24	0.102	0.088	0.161	-0.145
	p	0.609	0.447	0.75	0.322	<0.001	0.122	0.517	0.574	0.301	0.355

Pearson korelasyon testi, ND: Nondominant, D: Dominant, CSİ: Chippaux-Smirak İndeks, AEU: Alt Ekstremitte Uzunluğu, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİR: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açısı, QA: Q açısı.

Tüm çocukların CSİ değeri, yani pes planusa yatkınlığı arttıkça dominant ekstremitelerinde kuadriseps femoris kas kuvveti artarken, tibialis posterior kas kuvvetinin azaldığı tespit edildi (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Dominant ve nondominant ekstremitelerin kas kuvveti ile CSİ değerleri kıyaslaması (n=43).

CSİ		M.Tibialis Anterior Kuvvet	M. Gastrocnemius Kuvvet	M. Kuadriseps Femoris Kuvvet	M. Hamstring Kuvvet
ND	r	-0.242	0.141	0.188	0.271
	p	0.118	0.366	0.228	0.078
D	r	-0.357	0.049	0.323	0.272
	p	0.019	0.757	0.034	0.077

Pearson korelasyon testi, ND: Nondominant, D: Dominant, CSİ: Chippaux-Smirak İndeks.

4.2.2. Pes Planuslu Ayakların Karşılaştırması

Pes planuslu çalışma grubu CSİ değerine göre 1. derece, 2. derece ve 3. derece olarak ayrıldı. APİ-6 1. derece pes planus grubunda “normal (0 – (+5))”, 2. ve 3. derece pes planus grubunda ise “pronasyonda ((+6) – (+9))” bulundu (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Pes planuslu ayakların klinik özellikleri-1 (n=46).

	1. derece PP (n=14)	2. derece PP (n=13)	3. derece PP (n=19)	p
APİ-6	4 (3-5)	7 (5-8)	9 (5-9)	0.001

Veriler medyan (25-75. persantil) olarak verilmiştir. p: Kruskal Wallis H Test. Küçük a ve b harfleri post-hoc test sonuçlarıdır ve gruplar arası anlamlı fark olduğunu gösterir. PP: Pes Planus.

CSİ değeri pes planus derecesi ile pozitif korelasyon gösterdi (tablo 4.14).

Tablo 4.14. Pes planuslu ayakların CSİ değerlerine göre kıyaslanması (n=46).

	1. Derece PP (n=14)	2. Derece PP (n=13)	3. Derece PP (n=19)	p
CSİ	46 (42-48) ^a	55 (53-57) ^b	66 (63-70) ^c	<0.001

Veriler medyan (25-75. persantil) olarak verilmiştir. p: Kruskal Wallis H Test. Küçük a, b ve c harfleri post-hoc test sonuçlarıdır ve gruplar arası anlamlı fark olduğunu gösterir. PP: Pes Planus, CSİ: Chippaux-Smirak İndeks.

Q açısı ile 1. derece, 2. derece, 3. derece pes planus arasında korelasyon bulundu (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Pes planuslu ayakların açısal değerlerinin kıyaslanması (n=46).

Pes Planus	1. Derece PP (n=14)	2. Derece PP (n=13)	3. Derece PP (n=19)	P
PİA	12.95 (12-15)	13.4 (11-15)	13 (10-14)	0.891
UAA	17 (11-20)	15 (10-20)	16 (15-20)	0.848
QA	9.0 (8-10)	8 (8-10)	11 (9-17)	0.035
KİRA	50 (45-55)	40 (40-50)	54 (42-64)	0.090
PA	10 (5-14)	13 (10-20)	15 (12-20)	0.074

Veriler medyan (25-75. persantil) olarak verilmiştir. p: Kruskal Wallis H Test. PP: Pes Planus, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİRA: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açısı.

M. tibialis anterior kas kuvvetinin pes planus derecesi ilerledikçe azaltıldığı tespit edildi (Tablo 4.16).

Tablo 4.16. Pes planuslu ayakların bazı kas kuvvet değerleri kıyaslanması (n=46).

	1. derece PP (n=14)	2. derece PP (n=13)	3. derece PP (n=19)	P
M. Tibialis Anterior	4.45 (4.1-5.1)	4 (3.5-4.3)	3.6 (3.1-4.2)	0.018
M. Gastrocnemius	4.3 (3.7-5)	4.3 (3.4-5.2)	4.1 (3.7-4.8)	0.684
M. Kuadriseps Femoris	4.15 (3.6-6.1)	4.9 (4.3-5.3)	5.1 (4.6-5.7)	0.184
M. Hamstrings	4.35 (3.9-5.1)	3.9 (3.1-4.5)	4.8 (3-5.3)	0.374

Veriler medyan (25-75. persantil) olarak verilmiştir. p: Kruskal Wallis H Test. PP: Pes planus.

CSİ değerleri ile yaş, popliteal açısı, alt ekstremite uzunluğu, uyluk-ayak açısı, Q açısı, kalça internal rotasyon açısı değerleri arasında negatif korelasyon görüldü. CSİ ile Q açısı arasında pozitif korelasyon saptandı (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Pes planuslu ayaklarınCSİ değerlerinin diğer değişkenlerin ilişkisi (n=46).

	C	Yaş	VKİ	AEU	API-6	PİA	UAA	QA	KİRA	PA
CSİ	r	0.011	0.071	-0.104	0.107	0.512	-0.056	0	0.318	0.107
	p	0.942	0.639	0.492	0.479	<0.001	0.709	0.998	0.031	0.110

Pearson korelasyon testi. CSİ: Chippaux-Smirak İndeks, AEU: Alt Ekstremitte Uzunluğu, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİRA: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açısı, QA: Q açısı.

Pes planuslu tüm ayaklarda CSİ değeri arttıkça diz altı kas kuvvetinin azaldığı, diz üstü kas kuvvetinin ise arttığı saptandı (Tablo 4.18).

Tablo 4.18. Pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile kas kuvveti ilişkisi (n=46).

		M. Tibialis Anterior Kuvvet	M. Gastroknemius Kuvvet	M. Kuadriseps Femoris Kuvvet	M. Hamstring Kuvvet
CSİ	r	-0.396	-0.213	0.299	0.039
	p	0.006	0.155	0.044	0.798

Pearson korelasyon testi. CSİ: Chippaux-Smirak İndeks.

Birinci derece pes planusun diğer değişkenlerle arasında bir ilişki saptanmamıştır (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. 1. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile diğer değişkenlerin ilişkisi (n=14).

1.Derece PP	C	Yaş	VKİ	AEU	API-6	PİA	UAA	QA	KİRA	PA	
CSİ	rho	0.217	0.036	0.017	-0.044	0.376	0.432	-0.139	-0.351	-0.006	0.318
	p	0.457	0.903	0.955	0.882	0.186	0.123	0.636	0.219	0.985	0.267

Spearman korelasyon testi. PP: Pes Planus, CSİ: Chippaux-Smirak İndeks, AEU: Alt Ekstremité Uzunluğu, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİRA: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açısı, QA:Q Açısı.

Birinci derece pes planuslu çocuklarda CSİ ile kas kuvveti arasında bir ilişki bulunamamıştır (Tablo 4.20).

Tablo 4.20. 1. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile kas kuvveti ilişkisi (n=14).

1.Derece PP		M.Tibialis Anterior Kuvvet	M. Gastroknemius Kuvvet	M. Kuadriseps Femoris Kuvvet	M. Hamstring Kuvvet
CSİ	rho	0.044	-0.04	-0.223	-0.098
	p	0.880	0.892	0.444	0.739

Spearman korelasyon testi. PP: Pes Planus, CSİ: Chippaux-Smirak İndeks.

İkinci derece pes planusun CSİ değeri ile diğer değişkenlerin ilişkisinde fark saptanmadı (Tablo 4.21).

Tablo 4.21. 2. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile diğer değişkenlerin ilişkisi (n=13).

2.Derece PP	C	Yaş	VKİ	AEU	API-6	PİA	UAA	QA	KİRA	PA	
CSİ	rho	0.452	0.313	-0.386	0.426	0.29	-0.219	-0.187	0.081	-0.387	-0.037
	p	0.121	0.298	0.192	0.146	0.336	0.471	0.540	0.792	0.192	0.905

Spearman korelasyon testi. PP: Pes Planus, CSİ: Chippaux-Smirak İndeks, AEU: Alt Ekstremité Uzunluğu, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİR: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açısı.

İkinci derece pes planusun CSİ değeri ile kas kuvveti ilişkisinde fark saptanmadı (Tablo 4.22).

Tablo 4.22. 2. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile kas kuvveti ilişkisi (n=13).

2.Derece PP		M.Tibialis Anterior Kuvvet	M. Gastroknemius Kuvvet	M. Kuadriseps Femoris Kuvvet	M. Hamstring Kuvvet
CSİ	rho	-0.356	-0.345	-0.309	-0.279
	p	0.232	0.248	0.304	0.356

Spearman korelasyon testi. PP: Pes Planus.

Üçüncü derece pes planuslu çocuklarda CSİ ile VKİ arasında negatif korelasyon saptandı (Tablo 4.23).

Tablo 4.23. 3. Derece pes planuslu ayaklarda CSİ değerleri ile diğer değişkenlerin ilişkisi (n=19).

3.Derece PP	C	Yaş	VKİ	AEU	API-6	PİA	UAA	QA	KİRA	PA	
CSİ	rho	-0.458	0.155	-0.583	0.263	-0.087	-0.312	0.448	0.222	0.341	-0.236
	p	0.049	0.526	0.009	0.276	0.723	0.193	0.054	0.361	0.153	0.330

Spearman korelasyon testi. PP: Pes Planus, CSİ: Chippaux-Smirak İndeks, AEU: Alt Ekstremité Uzunluğu, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİR: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açısı, QA: Q açısı.

Üçüncü derece pes planuslu çocuklarda CSİ ile kuadriseps femoris kas kuvveti arasında pozitif korelasyon saptandı (Tablo 4.24).

Tablo 4.24. 3. Derece pes planuslu ayaklarda CSI değerleri ile kas kuvveti ilişkisi (n=19).

3.Derece PP		M.Tibialis Anterior Kuvvet	M. Gastroknemius Kuvvet	M. Kuadriseps Femoris Kuvvet	M. Hamstring Kuvvet
CSI	rho	0.005	-0.093	0.679	0.267
	p	0.985	0.705	0.001	0.270

Spearman korelasyon testi. PP: Pes planus.

Tüm değerlendirme parametrelerinin normal aralıklarının gruplar arası frekans değerlendirmesi anlamlı bulunan bulgular için teyit edildi (Tablo 4.5).

Tablo 4.25. Çalışma gruplarında değerlendirme parametrelerinden bazılarının frekansları(n=43).

			Normal (n=20)	Pes planus (n=23)	p
PİA		<9°	0 (0)	1 (4.35)	0.268
		9°-10°	1 (5)	4 (17.39)	
		>10°	19 (95)	18 (78.26)	
UAA	D	<0°	0 (0)	1 (4.35)	1.000
		0-30°	20 (100)	22 (95.65)	
UAA	ND	0-30°	20 (100)	23 (100)	NC
QA	D	<11°	18 (90)	4 (17.39)	<0.001
		11°-13°	1 (5)	7 (30.43)	
		>13°	1 (5)	12 (52.17)	
QA	ND	<11°	17 (85)	4 (17.39)	<0.001
		11°-13°	2 (10)	4 (17.39)	
		>13°	1 (5)	15 (65.22)	
KİRA	D	<35°	1 (5)	2 (8.7)	0.205
		35°-60	19 (95)	18 (78.26)	
		>60°	0 (0)	3 (13.04)	
KİRA	ND	<35°	0 (0)	1 (4.35)	0.268
		35°-60	19 (95)	18 (78.26)	
		>60°	1 (5)	4 (17.39)	
PA	D/ND	0-50	20 (100)	23 (100)	NC
CSİ	D	<25	4 (20)	0 (0)	<0.001
		25-45	16 (80)	6 (26.09)	
		>45	0 (0)	17 (73.91)	
CSİ	ND	<25	4 (20)	0 (0)	<0.001
		25-45	16 (80)	1 (4.35)	
		>45	0 (0)	22 (95.65)	
APİ-6	D	0-5	20 (100)	10 (43.48)	<0.001
		>5	0 (0)	13 (56.52)	
APİ-6	ND	0-5	20 (100)	10 (43.48)	<0.001
		>5	0 (0)	13 (56.52)	
Beighton Skoru		<4	12 (60)	6 (26.09)	0.053
		4-6	7 (35)	11 (47.83)	
		>6	1 (5)	6 (26.09)	

PP: Pes Planus, CSİ: Chippaux-Smirak İndeks, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİR: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açı, QA: Q açısı, APİ-6: Ayak Postür İndeksi-6.

Pes planuslu ayakların bazı değerlendirme parametrelerinde frekansları karşılaştırılıp Q açısı, CSİ ve API-6 değerlerinin anlamlı bulguları tespit edildi (Tablo 4.26).

Tablo 4.26. Pes planuslu ayakların bazı değerlendirme parametrelerinde frekansları (n=46).

		1. derece PP (n=14)	2. derece PP (n=13)	3. derece PP (n=19)	P
UAA	<0°	0 (0)	0 (0)	2 (10.53)	0.226
	0-30°	14 (100)	13 (100)	17 (89.47)	
QA	<11°	12 (85.71)	11 (84.62)	9 (47.37)	0.026
	11°-13°	0 (0)	2 (15.38)	2 (10.53)	
	>13°	2 (14.29)	0 (0)	8 (42.11)	
PA	0-50	14 (100)	13 (100)	19 (100)	NC
KİRA	<35°	1 (7.14)	1 (7.69)	1 (5.26)	0.338
	35°-60	12 (85.71)	11 (84.62)	12 (63.16)	
	>60°	1 (7.14)	1 (7.69)	6 (31.58)	
CSİ	25-45	7 (50)	0 (0)	0 (0)	<0.001
	>45	7 (50)	13 (100)	19 (100)	
API-6	0-5	12 (85.71)	5 (38.46)	5 (26.32)	0.002
	>5	2 (14.29)	8 (61.54)	14 (73.68)	

CSİ: Chippaux-Smirak İndeks, PİA: Pelvik İnklınasyon Açısı, UAA: Uyluk-Ayak Açısı, KİR: Kalça İnternal Rotasyon Açısı, PA: Popliteal Açı, QA: Q açısı, API-6: Ayak Postür İndeksi-6.

5. TARTIŞMA

Çocuklarda pes planusun alt akstremitte biyomekaniği üzerine etkilerini araştırmak için yaptığımız çalışmamızın sonucunda pes planusun femoral anteverسیون üzerine anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edildi. Ayrıca pes planus derecesi ile Q açısı pozitif korelasyon, tibialis anterior kas kuvveti negatif korelasyon gösterdi. Pes planuslu çalışma grubu ile kontrol grubu değerleri her ne kadar farklı olsa da pes planus ile tibial torsiyon ve PİA arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı. Pes planuslu çalışma grubu ile kontrol grubu hamstring kas kuvveti açısından kıyaslandığında, m.hamstrings kas kuvveti pes planuslu çalışma grubunda anlamlı şekilde artmış bulundu. Kas kuvveti değerleri incelendiğinde CSİ değeri ile tibialis anterior kas kuvveti negatif, kuadriseps femoris kası pozitif korelasyon gösterdi. CSİ değeri ile API-6 anlamlı ölçüde ilişkili bulundu. Pes planus tanılı çocukların Beighton skorları her ne kadar kontrol grubundan fazla olsa da anlamlı değildi. Bu bulgular pes planusun kas kuvveti üzerindeki etkilerini ve bu duruma bağlı olarak gelişen biyomekanik değişikliklere dikkat çekti.

Çalışmaya katılan çocukların yaş, boy, kilo, persantil, VKİ, cinsiyet, dominant taraf bakımından benzer olması, bizim çalışmamızda yer alan grupların homojen olması ve değerlendirilen alt ekstremitte biyomekanik parametrelerinin bu değişkenlerden etkilenmemesi için önemliydi. Çalışmamıza dahil edilen çocuklarda PTTD ve plantar fleksörlerde kısıklık tespit edilmedi. Pes planuslu çalışma grubu ve kontrol grubunda yer alan çocukların alt ekstremitte uzunlukları ölçüldü ve homojen olduğu görüldü.

PTTD yetişkinlerde edinsel ağırlı pes planusun önemli bir nedenidir. Literatürde PTTD daha çok tek taraflı ve ileri yaşlarda görülen pes planus deformitesi bulgusu olarak belirtilmiştir (170, 171). Bizim çalışmamızda dahil edilme kriterlerini karşılayan çocuklar bilateral pes planus tanısı almış çocuklardı ve dahil edilen çocukların yaş grubu sebebiyle PTT disfonksiyonu tespit edilememiş olabileceğini düşündürdü. Pes planuslu çalışma grubunun kalça internal rotasyon açısı değerlerinin kontrol grubuna göre artmış olduğu saptandı. UAA için iki grup arasında anlamlı bir fark yoktu. Q açısı pes planuslu çalışma grubu ve kontrol grubu arasında anlamlı düzeyde artmış bulundu.

PİA, ayakta durma pozisyonunda SİAS ve SİPS arasındaki $11,05^{\circ} \pm 5,61^{\circ}$ 'lik açıdır (172). Başka bir çalışmada yaş ortalaması 13.75 ± 1.8 olan çocuklarda PİA değerleri kontrol grubunda $16.57^{\circ} \pm 3.4^{\circ}$ şeklinde bildirilmiştir (173). Bizim çalışmamızda ise çalışma grubunun PİA değerleri kontrol grubunda $14.26^{\circ} \pm 2.72^{\circ}$,

Çalışma grubunda ise $12.81^{\circ} \pm 2.51^{\circ}$ bulundu. Kontrol grubunun PİA alışma grubuna göre nispeten daha az olsa da değerler literatürdeki değerler ile uyumlu bulundu.

50° üzerinde tespit edilen PA açı değeri hamstring kaslarında kısalık bulgusu olarak kabul edilir (37). Bizim alışmamızda çalışma ve kontrol grubunda yer alan çocukların hiçbirinde hamstring kaslarına dair anlamlı buldu tespit edilmedi. Bu durum değerlendirilen yaş grubu ile ilişkilendirildi. nc derece pes planuslu çocukların 6' sında KİRA değerleri $>60^{\circ}$ bulundu. Normal ayak yapısına sahip çocukların hiçbirinde $>60^{\circ}$ KİRA değeri yoktu. Q açısı değerlerinde tespit edilen artış göz önünde bulundurularak pes planuslu çocuklarda artmış KİRA değeri de femoral anteverسیون için uygun bulundu.

Pes planus olarak bilinen 'dztabanlık', ayak deformiteleri içerisinde yer alan diğer ayak deformitelerine göre daha sık karşılaşılan, toplumun % 20 - % 30'unda görülen bir deformitedir. Ayak MLA kompleksinin bozukluğu genellikle asemptomatiktir fakat bu durum alt ekstremitede biyomekanik değişikliklere sebep olabilir. Pes planusun güçlü bir genetik bir bileşeni vardır ve genellikle ailelerde görülür (174). Bizim alışmamızda, pes planus tanılı ve normal ayak yapısına sahip 6-10 yaş arası çocukların alt ekstremitte dizilimlerini, ayak postrlerini, hipermobilitelerini ve vücut postrlerini kıyaslamak ayrıca pes planusun derecesi arttıkaa, alt ekstremitte diziliminde oluşabilecek kompensatuar biyomekaniksel değişimlerin incelenmesi amaçlandı. Ayak sağlığının erken dönemde değerlendirilmesinin biyomekaniksel olumsuzlukları azaltmak ve ileri yaşlarda proksimal eklemlerde ya da dokularda oluşabilecek patolojik değişikliklerin önüne geçilmesi açısından önemli olduğu bilinmektedir. Tuna ve arkadaşlarının çalışması, erken yaşlarda normal plantar basınç değerlerinin belirlenmesinin önemli olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca, ayak bozukluklarının değerlendirilmesi, ayak gelişim sürecinin izlenmesi ve yaşa uygun ayakkabı modifikasyonlarının yapılmasının gerekliliği de sonuçlar arasında yer almaktadır (175). Literatür incelendiğinde MLA yüksekliğinin dizde valgusla ilişkili olduğu ve ayakta artmış pronasyonun tibianın normalden fazla i rotasyonu ile birlikte kalçada i rotasyona sebep olduğu gösterilmiştir. Ayrıca pes planusu olan bireylerde kalça eklemi iç rotasyon açısının azaldığı bildirilmiştir. Pes planus ile ayakta meydana gelen pronasyonunun kalça abdüktör kaslarının biyomekaniğini etkileyerek dizdeki Q açısında artışa, tibiada ise i rotasyona sebep olduğu bulunmuştur. Q açısı değerleri ile m. kuadriseps kas kuvvetinin ters orantılı olduğu literatürde bildirilmiştir (176). Bizim alışmamızda ise çalışma ve kontrol grupları kıyaslandığında kontrol grubunun Q açısı değerlerinin anlamlı şekilde artmış olduğu bulundu. Ayrıca pes

planuslu çocuklar kendi içinde CSİ değerlerine göre sınıflandırıldığında da Q açısının pes planus derecesi ile korelasyonu bulundu.

Bu çalışmaya dahil edilen yaş grubundaki çocukların alt ekstremitte biyomekaniksel parametrelerini izole ve objektif şekilde değerlendirebilmek uygulama açısından zorlayıcıydı. Bizim çalışmamızda ise alt ekstremitte biyomekaniksel değişikliklerin tespiti için en uygun objektif değerlendirmeler, en uygun şartlarda aynı fizyoterapist tarafından uygulandı. Çalışmamızda pes planusun derecesini değerlendirmek için Harris Beat tabakası üzerinden yapılan ve bir ayak izi ölçüm yöntemi olan CSİ değeri kullanıldı. Bu yöntem ve buna benzer ayak izi üzerinden yapılan ölçümler uygulanabilirliği kolay, ucuz ve radyolojik değerlendirme ile korelasyonu yüksek yöntemler arasında yer almaktadır. Literatürü incelediğimizde pes planus ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda hem tek taraflı pes planuslu hem de çift taraflı pes planuslu hastalar aynı çalışmada yer almışlardır (177, 178). Bizim çalışmamıza bilateral pes planuslu çocukları dahil edilip değerlendirmeler buna uygun olarak gerçekleştirildi.

Çalışmamızda yer alan çocuklar CSİ kullanılarak (≥ 40 pes planus, $40 < \text{normal}$ ayak) pes planuslu ($n=23$) ve normal ($n=20$) olarak gruplandırıldı. Sonrasında pes planuslu ayaklar; birinci derece ($40 \leq 1$. Derece PP ≤ 50 . $50 < 2$. Derece PP ≤ 60 . $60 < 3$. Derece PP) , ikinci derece ve üçüncü derece pes planus olarak gruplandırılıp incelendi (97, 155, 179). Bu sınıflandırma sonucunda APİ-6 değerleri, m. tibialis anterior kas kuvveti ve Q açısı değerleri anlamlı değişiklik gösterdi. Bu sınıflandırma sonucunda CSİ değeri ile diğer parametrelerin ilişkisi incelendi ve CSİ ile VKİ değeri negatif korelasyon gösterdi.

Yürüyüş sırasında yük dağılımının türü veya yönü, distalden proksimale veya proksimalden distale, vücudun merkezine ve ayaklara iletilen basıncın dağılımını değiştirir. Sonuç olarak bu durum kas aktivitesini ya da alt ekstremitte dizilimini etkileyerek anormal bir paterne neden olabilir (180). Pes planusla ilgili bir çalışmada kuadrisepsin bir parçası olan vastus medialis kas aktivitesi yüksek bulunmuştur. Vastus medialis gibi ekstansör kaslar, eksantrik kasılma yoluyla hızı düşürmede ve darbeyi absorbe etmede önemli rol oynar. Pes planuslu çocukların normal ayağa sahip çocuklara göre vastus medialis daha fazla yük bindirdiği bildirilmiştir (116). Bizim çalışmamızın bulguları da bu çalışma ile paralellik gösterdi. Pes planusun, vücudun kapalı kinetik zincir teorisi ile alt ekstremitte biyomekaniğinde değişiklikler yapabileceği düşünülmektedir. Bu durum kas kuvveti üzerinde de dolaylı bir etki yaratır. Tibialis anterior kası, plantar fleksörler ile hamstring kasları ve kuadriseps kas aktivasyonunu etkileyebilir. Bir kas

kuvvetindeki azalış, diğerinin artışı ile kompanse edilebilir. Dolayısıyla bu artış-azalış dengesi fonksiyonu ve genel biyomekaniği düzeltmeye, fonksiyonu iyileştirmeye yönelik gerçekleşebilir. Bu biyomekaniksel değişiklikler, kuadriseps ve hamstring kaslarının daha fazla çalışmasına dolayısıyla bizim çalışmamızın bulguları gibi kas kuvvetinde artışa neden olabilir. Bizim çalışmamızda CSİ değeri ile kas kuvveti kıyaslamasında kuadriseps kas kuvvetinin anlamlı olarak arttığı, tibialis anterior kas kuvvetinin ise azaldığı bulundu. Pes planuslu tüm ayaklarda CSİ değeri arttıkça diz altı kas kuvvetinin azaldığı, diz üstü kas kuvvetinin ise arttığı saptandı

Pes planusa bağlı olarak gerçekleşmesi beklenen kas kısalıklarının çalışmamıza dahil ettiğimiz çocukların yaş aralığı sebebiyle erken yaşlarda kas kısalığına dair belirgin bir bulgu olmadığını düşündürdü. Dört farklı ülkeden çocukların dahil edildiği bir çalışmada CSİ değerlerinin erkek çocuklarda 11 yaşına kadar ve kız çocuklarda 12 yaşına kadar azaldığı bildirilmiştir. Bu bulgu, MLA değeri düşük olan tiplerden normal tiplere doğru ayak gelişiminin fizyolojik bir süreç içinde gerçekleştiğini göstermektedir (157). 6 yaş çocukların büyük bir kısmında ayak arkı bu dönemde oluşmaya başlar. Ancak bazı çocuklarda 10 yaşına kadar pes planus görülebilir ve bu durum da normal olarak kabul edilir. Literatüre bakıldığında pes planus oranlarının 10 yaşından itibaren belirgin bir şekilde azaldığı, ancak bu yaştan önce normal ya da fizyolojik kabul edilebileceği belirtilmiştir (174, 181). Pfeiffer tarafından yapılan çalışmada 948 çocukta MLA pozisyonu incelendiğinde arka yaşla birlikte normal anatomik pozisyonuna ulaştığı bildirilmiştir (96). Kasović ve arkadaşları tarafından 6-14 yaş arası çocuklarda yürütülen bir çalışmada, sağ ve sol ayağın ortalama basınç değeri ile temas alanları arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (182). Bizim çalışmamızda hem pes planuslu çalışma grubunda hem de kontrol grubunda sağ ve sol ayak CSİ değerleri arasında anlamlı bir fark yoktu.

Birçok çalışmada, çocuklardaki pes planusun genellikle fizyolojik olduğu, yani büyüme sürecinin doğal bir parçası olarak görüldüğü belirtilmiştir. Özellikle erken yaşlarda ayak yapısının henüz tam gelişmemiş olması nedeniyle pes planus yaygındır ve zamanla kendiliğinden düzelebilir. Çoğu çocukta erken yaşlarda biyomekaniksel olarak önemli bir fonksiyonel bozukluğa sebep olmadığı gözlemlenmiştir (81). MLA yüksekliğinin yaşla beraber arttığını bildiren araştırma sayısı oldukça fazladır. Bu sebeple yaşla beraber pes planus görülme oranı düşer. Anaokulu ve kreş çocuklarını kapsayan bir çalışmada, 377 çocuktan 2-3 yaş aralığında % 57, 4-5 yaş aralığında % 28, 5-6 yaş aralığında % 21 oranında pes planus saptanmıştır (183). Bizim çalışmamızdan elde

ettiğimiz bulgular, genel bir biyomekanik bir etkiden söz edebilmek için pes planusun adolesan dönem gibi daha ileri yaşlarda değerlendirilmesi gerektiğini düşündürdü.

Pes planusun etyolojisi ile ilgili farklı görüşler bildirilmiştir. Kongo’da pes planus üzerine yapılmış olan bir çalışmada 1851 çocuk dahil edilmiş olup, erkeklerde % 18.1, kızlarda % 14.6 oranında pes planus tespit edilmiştir (184). Bizim çalışmamızda yer alan 21 kız çocuğunun 9’unda, 22 erkek çocuğunun ise 11’inde pes planus tespit edilmiştir. 2300 Hint’li çocuk üzerinde yapılmış olan bir çalışmada ayakkabı kullanan çocuklarda % 8.6, kullanmayanlarda ise % 2.8 pes planus tespit edilmiştir (185). Bizim çalışmamızda erken ayakkabı kullanımında pes planuslu ve normal ayak yapısına sahip çocuklar karşılaştırıldığında anlamlı bir fark olmadığı bulundu.

VKİ değerinin yüksek olmasının pes planusun önemli nedenlerinden biri olduğu bildirilmiştir (186). Son dönemde yapılan araştırmalar, çocuklarda VKİ artışı ile pes planus görülme sıklığı arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Pes planus, genellikle bebeklik ve çocukluk döneminde yaygın bir durumdur ve çoğu zaman ergenlik döneminde kendiliğinden düzelir. Ancak bazı vakalarda bu durum ergenlik ve yetişkinlik dönemine kadar devam ederek rahatsızlık veya fonksiyonel problemlere yol açabilir. Özellikle yüksek VKİ değerine sahip, aşırı kilolu veya obez çocuklarda, ayaklara binen ekstra basınç, postürel sorunların artmasına ve pes planus gelişimine neden olabilir (187, 188). Bizim çalışmamızda yer alan pes planuslu çocukların VKİ değerleri 16.53, normal ayaklı çocukların VKİ değeri 15.66 bulundu. Bu da anlamlı olmasa da literatürle uyumluydu. Pes planuslu çalışma grubunun yaş ortalamasının daha düşük olmasına rağmen VKİ değerinin daha fazla olması ayak tabanı “*fat pad*” tabakasını, dolayısıyla pes planus tanısını etkilemiş olabilir. VKİ’ nin artması, vücutta yağ dokusu fazlalığını artırarak ayak tabanındaki biomekaniksel dengeye etki edebilir. Bu biyomekaniksel dengenin değişmesi, biyomekaniksel gelişime etki edebilir. Ayrıca çalışma ve kontrol gruplarının persantil değerleri benzerdi.

Pes planusun prevelansına yönelik yapılan değerlendirmelerde farklı sonuçlar bildirilmiştir. Ülkemizde 5-14 yaş arası 187 ilköğretim çağı çocuğunda yapılan bir araştırma çocukların % 81’inde normal ayak, % 12.8’inde birinci derece pes planus, % 5.4’ünde ikinci derece pes planus, % 1.2’sinde üçüncü derece pes planus deformitesi olduğunu tespit etmiştir (189). Bizim çalışmamızda CSI’ye göre pes planuslu 46 ayağın 14’ünde birinci derece, 13’ünde ikinci derece, 19’unda üçüncü derece pes planus bulundu. Bu veriler literatür ile uyumluydu. 11-15 yaş arası, 845 çocuk üzerinde yapılmış bir araştırma katılan çocukların % 17.6’sının pes planus olduğunu tespit etmiştir (190). Bu

çalışmaya dahil edilen pes planuslu çocuklar poliklinikten pes planus tanısı ile yönlendirildiği için normal ve pes planus tanılı çocukların dağılımı anlamlı değildi. Daha anlamlı sonuçlar için daha geniş kitleli çalışmalara ihtiyaç vardır.

5.1. Tanımlayıcı Bulguların İncelenmesi

Mevcut sonuçlar, aşırı ayak pronasyonu olan genç bireylerde gastroknemius ve hamstring kaslarının esnekliğinin azaldığını ancak ayak kas kuvvetinin, tibialis posterior kas dayanıklılığının ve dengesinin etkilenmediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca ayakkabı tercihinin ayak postürünü beklenildiği kadar etkilemediği bildirilmiştir. Aşırı ayak pronasyonunda ilerleyen yaşlarda kas kuvveti, kısıklık ve dengenin nasıl etkilenebileceğini araştıran takip çalışmalarına ihtiyaç duyulsa da; pronasyonlu ayaklarda kas kısıklığının kas zayıflığı ve denge kaybından daha erken başlayabileceği belirtilmiştir (191). Bizim çalışmamızda yer alan pes planuslu ayaklarda m.tibialis anterior kas kuvveti azalırken, m.kuadriseps femoris kas kuvvetinin arttığı bulundu. Ayrıca üçüncü derece pes planuslu grupta CSİ arttıkça m. kuadriseps kas kuvvetinin arttığı görüldü. Kontrol grubu ve çalışma grubu dominant ekstremitelerin hamstring kas kuvveti kıyaslandığında anlamlı olarak çalışma grubunda arttığı tespit edildi. Ayrıca katılımcıların hiçbirinde plantar fleksörlere dair kısıklık tespit edilmedi. 6-10 yaş arası çocuklarda altta yatan patolojik bir sebebin olmaması durumunda plantar fleksörlerde kısıklık olmayacağını düşünerek bu sonuç anlamlı kabul edildi. Her ne kadar gruplar homojen olsa da pes planuslu çalışma grubunun ayakkabı numarasının daha büyük olması beklenirken bu çalışmada pes planuslu grupta yer alan çocukların yaşlarının normal ayağa sahip kontrol grubundan düşük olması sebebiyle bu orananlamsız bulundu.

Pes planuslu çocuklarda ilerleyen yaşlarda kas iskelet sistemi üzerinde oluşan biyomekanik değişiklikler yük dağılımını etkilemektedir (192). Bu durumu kompanse etmeye çalışan kas ve dokularda PTTD gibi problemler görülebilir (193). Çocuklar arasında PTTD nadir bir durumdur çünkü bu tendon genellikle gençlerde güçlü ve dayanıklıdır. Çocuklarda pes planus yaygın olarak fizyolojik pes planus şeklinde görülse de, bu durum PTT ile ilgili bir disfonksiyondan kaynaklanmamaktadır. Çocukluk döneminde görülen pes planusun büyük çoğunluğu kas-iskelet sisteminin gelişim aşamalarıyla ilgilidir ve genellikle kendiliğinden düzelir (81). Bizim çalışmamıza katılan çocukların hiçbirinde PTTD tespit edilmedi. Bu sonuçlar, PTTD'nun çocuklarda nadir görüldüğünü belirten literatürle uyumluydu. PTTD tipik olarak obez, orta yaşlı kadınlarda görülür ve bu grupta % 10'a kadar varan bir yaygınlık oranına sahiptir. Diyabet,

hipertansiyon, obezite, daha önce ameliyat geçirmiş olma, ayak/ayak bileği travması ve steroid kullanımı gibi durumlarda bu oran %60'a kadar artabilmektedir (163). Çocuklarda posterior tibial tendonla ilişkili problemler, genellikle doğuştan gelen kas-iskelet sistemi anomalileri veya nadir görülen travmatik yaralanmalarla sınırlıdır. Literatürde çocuklarda PTTD ile ilgili çok az vaka raporu ve çalışma bulunur, bu da durumun nadir görüldüğünü destekler. PTTD, genellikle erişkinlerde pes planus gelişmesine neden olabilir, ancak çocuklardaki pes planus genellikle fizyolojiktir ve posterior tibial tendonla ilişkili değildir. Patolojik pes planusun çocuklarda görülmesi, posterior tibial tendon disfonksiyonu dışında diğer kas-iskelet sistemi hastalıklarına veya nöromusküler bozukluklara bağlı gelişebilmektedir (81). Bizim çalışmamıza katılan çocuklarda PTTD tespit edilemedi. PTTD'nun ileri yaşlarda ya da travma sonrası görülüyor oluşu gruplarda PTTD tespit edilememesinin sebebi olarak düşünüldü.

Diz eklemi deformiteleri gelişen çocuklarda yaygındır ve uygun şekilde değerlendirilip tedavi edilmezse ciddi fiziksel sorunlara yol açabilir. Tipik olarak, normal diz gelişimi varus hizalanmasından valgus hizalanmasına doğru ilerler ve bu durumun 6 yaş civarında stabilize olması beklenir (194). Ayak, ayak bileği deformitelerinin Q açısı üzerinde etkisi olduğu bildirilmiştir (35). Q açısı, alt ekstremité biyomekaniksel değerlendirmesi için önemli bir göstergedir. Q açısı değeri için literatürde aksi söylene de Q açısının yaşa, cinsiyete ve büyüme durumuna göre değiştiği bildirilmiştir. 6 ila 13 yaş arasındaki çocuklar ve ergenler için normal değerlerin 10° ile 16° arasında olduğunu bildiren literatür mevcuttur (195, 196). Ayrıca 6-13 yaş aralığındaki 160 çocukla yapılan bir çalışmada Q açısı değerlerinin sol bacakta $6.97^{\circ} \pm 1.52^{\circ}$, sağ bacakta ise $6.81^{\circ} \pm 1.37^{\circ}$ bulunduğu bildirilmiştir (194). 7-12 yaş aralığında yapılan başka bir çalışmada Q açısı erkeklerde $13.1^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$, kızlarda $13.7^{\circ} \pm 4.9^{\circ}$ bulunmuştur (197). 0-15 yaş arası 90 çocukla yapılan bir çalışmada boy uzunluğunun Q açısına etkisi olabileceği ve Q açısının kısa boylu çocuklarda ($9.7^{\circ} \pm 1.5^{\circ}$), kontrol grubuna göre daha düşük olduğu belirtilmiştir (198). Ayağın kinetik zincirdeki segmental hizalanmasının patella-femoral eklemler gibi proksimal segmentlere etki eden faktörleri değiştirdiği gösterilmiştir. Aşırı ayak pronasyonu yürüyüşün orta fazı esnasında tibial dış rotasyonu azaltır. Azalan dış tibial rotasyon femurun aşırı iç rotasyonu ile telafi edilir ve bu da Q açısı değerinin artışına neden olur (20). 2-8 yaş aralığında 2020 yılında yapılan bir çalışmada 296 kız ve 303 erkek değerlendirilmiş ve çocukların Q açısı değerlerinin yaşla birlikte azaldığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada cinsiyetin ve pes planus varlığının Q açısını etkilemediği bulunmuştur (27). Yapılan bir başka çalışmada ise Braz ve arkadaşları da Q açısı ile

plantar basınç değerleri arasında herhangi bir ilişki olmadığını bildirmiştir (191). Literatürde Q açısı ile ilgili benzer yaş aralıklarında tartışmalı şekilde farklı değerler bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda pes planuslu ve normal ayak yapısına sahip çocukların Q açısı değerleri dominant ekstremitte için kontrol grubunda $8.90^{\circ} \pm 2.34^{\circ}$, çalışma grubunda ise $13.83^{\circ} \pm 2.77^{\circ}$ bulunmuştur. Nondominant ekstremitte de ise kontrol grubunda $9.35^{\circ} \pm 2.35^{\circ}$, çalışma grubunda $13.74^{\circ} \pm 2.93^{\circ}$ bulunmuştur. Q açısı normal değerleri incelendiğinde literatürde farklı değerler bildirildiği görüldü. Tespit ettiğimiz Q açısı değerleri literatürdeki çalışmaların bazıları ile uyumluydu. Grupların Q açısı değerleri kıyaslandığında pes planuslu çalışma grubunda Q açısı değerinin anlamlı olarak arttığı gözlemlendi. Q açısı dominant tarafta $<11^{\circ}$ olan 18 normal ayaklı çocuk, 4 pes planuslu çocuk; nondominant tarafta ise 17 normal ayaklı çocuk, yine 4 pes planuslu çocuk tespit edildi. Q açısı dominant taraf için $>13^{\circ}$ 1 normal ayaklı çocuk, 12 pes planuslu çocuk; nondominant tarafta ise 1 normal ayaklı çocuk, 15 pes planuslu çocuk tespit edildi. Bu durumda pes planuslu çocuklar için dominant ekstremitede anlamlı olmasa da bir fark olduğunu düşündürdü. Pes planuslu ayaklar kıyaslandığında $>13^{\circ}$ olan 8 çocukla üçüncü derece pes planus olan çocukların diğer pes planus derecelerine göre sayısı olarak yüksek olduğu bulundu. Q açısı $<11^{\circ}$ olan birinci derece pes planuslu çocukların içinde 12 çocuk ile diğer pes planus derecelerine göre sayıca fazla olduğu tespit edildi. Ayrıca normal ayak yapısına sahip kontrol grubunun Q açısı ortalaması 10° den az bulundu. Bu bulgunun sebebinin grubun yaş ve cinsiyet dağılımı olabileceğini düşündürdü. Q açısı değerleri ile CSI değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulundu.

Pes planus değerlendirmesinde önemli olabilecek bir diğer durum ise çocuklarda alt ekstremitte biyomekaniğini etkileyebileceği düşünülen hipermobilitedir (199). Bizim çalışmamızda Beighton Skoru pes planuslu ayaklarda kontrol grubundan daha fazla bulunsada sonuçlar iki grup arasında anlamlı bir fark tespit edilmedi. Bununla birlikte; Q açısı dışında UAA, kas kuvveti, Beighton skoru, popliteal açı ve kalça internal rotasyon açısı gibi biyomekanik parametrelerde pes planusun etkisinin belirgin olmadığı bulundu. Bu bulgular, çocuklarda pes planusun alt ekstremitenin genel biyomekaniği üzerinde sınırlı bir etkisi olduğunu gösterdi. Özellikle bu sonuçlar doğrultusunda, literatür incelendiğinde PİA ve UAA'nın etkilenmemesi, pes planusun diz ve kalça eklemleri üzerindeki etkisinin anlaşılabilmesi için daha yüksek örneklem sayısına sahip ve pes planuslu daha ileri yaş grubunda yer alan bireyler üzerinde çalışma yapılmasının yararlı olabileceğini düşündürdü. Literatürde pes planuslu çocuklarda yapılan değerlendirme sonuçlarında ayak, ayak bileği ve diz eklemlerinde anlamlı kinematik değişikliklerin

olduğunu ancak kalça eklemine değişikliklerin görülmediğini bildirilmiştir (200). Bizim çalışmamız kalça eklemi internal rotasyon hareket açıklığı değerlendirmesinin gerekliliği yönünden literatürle uyumluydu ancak değerler normal aralıkta tespit edildi.

Literatüre bakıldığında kalça internal rotasyon açısı, API-6 ve Beighton skorları arasında pozitif korelasyon bulunmuştur (201). Bizim çalışmamızda pes planuslu çalışma grubunun özellikle de üçüncü derece pes planusluların Beighton skoru değeri kontrol grubuna kıyasla fazla bulundu. Sonuç anlamlı olmasa da pes planuslu çalışma grubu daha hipermobildi. Ayrıca API-6 değeri ile pes planus arasında anlamlı ilişki bulundu. Bu durum literatürle uyumluydu. Pes planusun ayak postürünü anlamlı şekilde etkilediği teyit edildi. Çalışmamızda pes planuslu çocukların kas kuvvetinde sadece hamstring kas kuvvetinin artmış olması ve hipermobilité değerlendirmesi ile ilgili bulguların normal ayak yapısına sahip çocuklarla benzer olması dikkat çekiciydi. Bu durum, pes planusun çocuklarda kas kuvveti ve bağ dokusu esnekliği üzerinde belirgin bir zayıflatıcı etkisi olmadığını gösterdi. Benzer şekilde, popliteal açı ve kalça internal rotasyon açısı gibi alt ekstremité hareket açıklığı parametrelerinin etkilenmemesi, pes planusun 6-10 yaş aralığında eklem hareketliliği üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını destekledi.

NYPD ölçeği sonucunda toplam puan 45 ve üzeri bulunduğu için tüm katılımcıların postürü “çok iyi” şeklinde nitelendirildi. Çalışma grubunun kontrol grubundan daha düşük puanlamaya sahip çıkması, kullanılan ölçeğin alt ekstremité değerlendirme bölümünde ayakların prone olması sebebi ile ilişkili bulundu. NYPD ölçeği değerlerinin tüm çocuklarda “çok iyi” olarak değerlendirilmesi, bizim çalışmamızdaki çocukların genel postürlerinde belirgin bir bozukluk olmadığını gösterdi. Bu bulgu, pes planusun 6-10 yaş aralığı için postürel uyumsuzluklara yol açmadığını ve çocukların genel postürlerinin, pes planus varlığından bağımsız olarak iyi olduğunu vurguladı. Yine de pes planuslu çalışma grubunun alt ekstremité puanları kontrol grubuna nispeten daha düşük bulundu.

Pes planuslu çocukların alt ekstremité uzunlukları kontrol grubuna göre daha kısaydı. Bunun sebebi pes planuslu çalışma grubunun yaş ortalamasının daha düşük olması ile ilişkilendirildi.

Literatürde pes planusu olan bireylerde pes planusu olmayanlara göre PİA artmış olduğu bulunmuştur. Literatürde pes planusun, PİA ve lumbal lordozu artırdığı gösterilmiştir (202, 203). Bizim çalışmamızda iki grubun PİA değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmedi. Bu durumun sebebinin 6-10 yaş grubunun lumbosakral ekleminde patolojik değişiklikler için erken olduğunu düşündürdü.

Ayak postürünün değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden birisi de APİ-6'dır. APİ-6, birçok farklı açıdan ayak postürünü değerlendiren oldukça geçerli bir yöntem olduğu için sıklıkla tercih edilmektedir (204). APİ-6 radyolojik değerlendirme ile paralel sonuçlar veren güvenilirliği yüksek bir değerlendirme yöntemidir. Klinikte kullanımı kolaydır (205). Bizim çalışmamızda, pes planuslu çalışma grubunda APİ-6 değerlerinin, normal ayak yapısına sahip çocuklara göre anlamlı olarak etkilendiği tespit edildi. Literatüre bakıldığında bir çalışmada APİ-6 sonuçları pes planusu olan çocuklarda sağ ayakta ortalama 6.28 puan ve sol ayakta 6.24 puan; sağlıklı bireylerde ise sağ ayakta 1.43 puan, sol ayakta ise 1.44 puan bulundu. Bu verilerle pes planus varlığının ayak postürü üzerine belirgin bir etkisi olduğu doğrulanmaktadır (202). Araştırmacılar pes planuslu bireylerin APİ-6 değerlerini sol ayaklarında 8.95 puan, sağ ayaklarında ise 8.76 puan bulmuşlardır (12). APİ-6'ya göre +6 ile +9 arası pronasyon, +10 ile +12 arası aşırı pronasyon olarak kabul edilir (131). APİ-6 puanı birinci derece pes planusluların % 14.29' u, ikinci derece pes planusluların % 61.54' ü, üçüncü derece pes planusluların ise % 73.68 bulundu. Pes planus derecesi ile APİ-6 değerleri pozitif korelasyon gösterdi. Bu bulgular ışığında, ikinci ve üçüncü derece pes planuslu ayakların "pronasyonda" olduğu tespit edildi ve bu değerler literatürle uyumluydu. Ayrıca çalışmamızda pes planus tanısında kullanılan ayak izi ölçüm yöntemi olan CSI değeri ile APİ-6 ilişkili çıktı.

Ünver ve arkadaşları pes planusun alt ekstremitte biyomekaniği ve fonksiyonelliği üzerindeki etkilerine yönelik olarak 30 kadın, 30 erkek bireyde pes planus değerlendirmesi yapmışlardır. Çalışmanın bulguları plantar fleksörler ve hamstring kaslarının kısalığı açısından pes planusu olan ve olmayan bireylerin sonuçlarının benzer olduğunu bildirmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylerin genç olması, pes planusa bağlı olarak zaman içerisinde ortaya çıkması beklenen kas kısalıklarının henüz bu grupta belirgin olmadığını düşündürmüştür (206). Bizim çalışmamızda hamstring kası ve plantar fleksör kasları için yaptığımız değerlendirmelerde kısalık tespit edilmedi. Literatüre bakarak bizim çalışmamızın bulguları için de bu durumun değerlendirilen 6-10 yaş grubu sebebiyle olabileceğini düşündürdü. Bu durum literatür ile uyumluydu.

Çalışmada kullanılan klinik ölçümlerin çoğunun objektif değerlendirme yöntemlerinden tercih edilmiş olması ve multidisipliner bir çalışma olmasının yanı sıra çocuklar üzerinde birçok parametrenin değerlendirilmiş olması ve değerlendirmelerin aynı fizyoterapist tarafından gerçekleştirilmesi çalışmamızın güçlü yönünü oluşturmaktadır. Bildiğimiz kadarıyla çalışmaya dahil edilen yaş grubunda yapılmış ve

değerleirmede tercih edilen objektif parametrelerin çeşitliliği yönünden literatürde yapılmış en kapsamlı çalışmadır.

Çalışmanın limitasyonları:

Değerlendirme parametrelerinin sayıca fazla olması değerlendirme süresini uzattığı için dahil edilen yaş grubunda çalışmaya adaptasyonu olumsuz etkilemiştir. Pes planus genellikle çocuklarda daha yaygındır ancak çoğu çocuk 10 yaşına kadar normal bir ark geliştirir (174). Çalışmanın yapıldığı yaş grubu pes planusun yaygın görüldüğü bir yaş aralığı olsa da biyomekanik değişiklikler için yaş bakımından erken olabileceği düşünüldü. Pes planus tanılı ileri yaş grubu için alt ekstremité biyomekaniğini değerlendiren daha çok bireyin değerlendirildiği, kapsamlı çalışmaların planlanmasına ihtiyaç vardır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çocuklarda pes planusun alt ekstremitte biyomekaniği üzerine etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirdiğimiz çalışmamıza bilateral pes planuslu ayağa sahip 23, normal ayak yapısına sahip 20 çocuk katıldı.

6.1. Sonuçlar

Yapılan değerlendirmeler neticesinde toplanan verilerin uygun istatistiksel yöntemler kullanılıp, analizi yapıldı ve aşağıda sıralanan sonuçlara ulaşıldı:

1. Pes planus tanılı çocukların anlamlı şekilde artmış Q açısı değerleri pes planus ile femoral antversiyon ilişkisi için anlamlı bulundu.
2. Pes planusun tibial torsiyon, hipermobilité, pelvik inklinasyon açısı, hamstring ve plantar fleksiyon kaslarının kısıllığı ile ilişkisi yoktu.
3. Pes planuslu ayaklar kendi içinde derecelendirilip değerlendirildiğinde API-6 puanı ve CSI değeri arasında korelasyon bulundu.
4. Kontrol ve çalışma grubu kas kuvveti değerleri kıyaslandığında hamstring kasları kontrol grubu lehine anlamlı olarak daha kuvvetli bulundu.
5. CSI değeri, pes planuslu çocuklarda Q açısı değerleri ile paralellik gösterdi.
6. Pes planus tanılı çocukların tibialis anterior kası ve plantar fleksör kaslarında kas kuvveti azalırken, kuadriseps ve hamstring kaslarında arttığı bulundu.
7. Birinci derece, ikinci derece ve üçüncü derece pes planuslu ayaklar kıyaslandığında dizaltı kas kuvveti değerlerinin dereceyle paralel olarak azaldığı dizüstü kas kuvveti değerlerinin arttığı bulundu. Tibialis anterior ve kuadriseps femoris kas kuvveti değişimleri anlamlıydı.
8. Pes planus derecesi arttıkça CSI ve API-6 değerlerinin arttığı tespit edildi. Pes planusun ayak postürü üzerine etkisi olduğu bulundu.
9. 6-10 yaş aralığında pes planusun hipermobilité ile ilişkisi yoktu.
10. NYPD, pes planuslu çalışma grubunun alt ekstremitte puanları sebebiyle kontrol grubuna göre daha az bulundu ancak fark anlamlı değildi.
11. Kas kısıllığı değerlendirmelerinde hamstrings kasları değerlendirmesinde ve plantör fleksörlerde kısıllık tespit edilmedi.

6.2. Öneriler

Bizim çalışmamız ışığında aşağıdaki öneriler verilebilir:

- ✓ Bizim çalışmamız toplam 21 kız çocuğu ve 22 erkek çocuk ile tamamlandı. Çalışmamızda değerlendirilen çocukların az sayıda olması ve 6-10 yaş arasında olması biyomekaniği tanımlayan, özellikle anlamlı bulunmayan bulguların yorumlanması için yeterli olmadığını düşündürdü. İlerleyen dönemde daha büyük örneklem sayısı ve daha geniş bir yaş aralığında pes planus ile ilgili sınıflandırmalar yapılarak gerçekleştirilecek çalışmalara ihtiyaç vardır.
- ✓ PTTD edinsel ve ileri derece pes planus sebebi olabilir. Gelecek çalışmalarda pes planusun varlığı ile birlikte PTTD radyolojik olarak değerlendirilmesi ve buna göre biyomekanik etkilenim sorgulanması faydalı olabilir. PTTD olan pes planuslu bireylerde biyomekaniksel etkilenimi tespit etmek amacıyla yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır.
- ✓ Ayak postürü, tibial torsiyon, Q açısı ve ayak izi üzerinden yapılacak değerlendirmeler göz önünde bulundurularak anatomik dizilimi koruyucu egzersiz programları planlanabilir. Diz altı kas gruplarına yönelik kuvvetlendirme programları uygulanıp diz üstü ve diz altı kaslardaki kuvvet dengesizliği önlenabilir.
- ✓ İleride planlacak olan çalışmaların fonksiyonelliği, ağrı durumunu ve düşme gibi olumsuz bildirimleri de değerlendirmesi gerektiği kanaatindeyiz.
- ✓ Alt ekstremité biyomekaniği için yerle temasın sağlanmasında en önemli role sahip olan ayaktan başlayarak alt ekstremité zincirine katılan bütün vücut kısımlarına yönelik özelliklerin değerlendirilmesi literatür için önemli ve gerçekleştirmesi zahmetli bir kazanımdır. Bizim çalışmamızın ileride yapılacak olan çalışmalar planlanırken faydalı olabileceği görüşündeyiz. Bu nedenle semptomatik olmasa bile pes planus; çocuklarda ve gençlerde, gelecekte ortaya çıkabilecek biyomekanik ve postürel değişimler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.
- ✓ Çalışmamızda pes planusun 6 - 10 yaş arası çocuklarda alt ekstremité biyomekaniği üzerinde bir etkisi olduğu bulundu. Ayak postürü ve Q açısını etkileyebileceği bunlar dışında diğer biyomekanik parametreleri değiştirmiş olsa da anlamlı bir şekilde etkilemediği saptandı. Bu bulgular, 6 - 10 yaş

aralığındaki pes planuslu çocukların klinik yönetiminde, özellikle ayak postürü, Q açısı ve ayak arkı desteği üzerinde odaklanması gerektiğini gösterdi.

- ✓ Çalışmamızın bulguları ışığında pes planus tanısının alt ekstremité biyomekaniği üzerine etkisinin varlığı ile ilgili genel kanıya istinaden; genel bir biyomekanik etkilenimden söz etmek yerine, bu durumun her şartta mutlak doğru olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak, pes planuslu çocukların bireysel kompensasyonlarının olabileceğini ve çocukların spesifik değerlendirilip, değerlendirme verilerine göre tedavi programlarının planlanmasının daha doğru olacağı kanaatindeyiz.



KAYNAKLAR

1. Nakayama Y, Tashiro Y, Suzuki Y, Kajiwaru Y, Zeidan H, Kawagoe M, et al. Relationship between transverse arch height and foot muscles evaluated by ultrasound imaging device. *J Phys Ther Sci*. 2018;30(4):630–5.
2. Alves C, Lysenko M, Tomlinson G, Donovan J, Narayanan U, Feldman B, et al. Plantar flexion, dorsiflexion, range of movement and hindfoot deviation are important determinants of foot function in children. *J Child Orthop*. 2019;13(5):486–99
3. Al Abdulwahab SS, Kachanathu SJ. The effect of various degrees of foot posture on standing balance in a healthy adult population. *Somatosensory & Motor Research*. 2015;32(3):172-6.
4. Sattar A. Adolescent-acquired flatfeet: the tip of the iceberg. *Cureus*. 2022;14(11).
5. Ali M, AsadUllah M, Amjad I. Prevalence of the flat foot in 6-10 years old school going children. *Rawal Medical Journal*. 2013;38(4):385-7.
6. de Carvalho BKG, Penha PJ, Ramos NLJP, Andrade RM, Ribeiro AP, João SMA. Age, sex, body mass index, and laterality in the foot posture of adolescents: a cross-sectional study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2020;43(7):744–52.
7. Birinci T, Demirbas SB. Relationship between the mobility of medial longitudinal arch and postural control. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2017;51(3):233-7.
8. Hamill J, Knutzen KM. Biomechanical basis of human movement: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
9. Fritz B, Mauch M. Foot development in childhood and adolescence. *Handbook Of Footwear Design And Manufacture*: Elsevier; 2013. p. 49-71.
10. Rome K, Ashford RL, Evans A. Non- surgical interventions for paediatric pes planus. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2010; (7).
11. Huang C, Chen L-Y, Liao Y-H, Masodsai K, Lin Y-Y. Effects of the short-foot exercise on foot alignment and muscle hypertrophy in flatfoot individuals: a meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(19):11994.

12. Unver B, Erdem EU, Akbas E. Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability, and plantar pressure in pes planus. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019;29(4):436-40.
13. Şahan TY, Arslan SA, Demirci C, Oktaş B, Sertel M. Comparison of short-term effects of virtual reality and short foot exercises in pes planus. *The Foot*. 2021;47:101778.
14. Choi Y, Lee J, editors. Effect of peroneus longus muscle release on abductor hallucis muscle activity and medial longitudinal arch before toe-tap exercise in participants with flexible pes planus. *Healthcare*; 2021: MDPI.
15. Bac A, Kaczor S, Pasiut S, Ścisłowska-Czarnecka A, Jankowicz-Szymańska A, Filar-Mierzwa K. The influence of myofascial release on pain and selected indicators of flat foot in adults: a controlled randomized trial. *Scientific Reports*. 2022;12(1):1414.
16. Moon D-c, Kim K, Lee S-k. Immediate effect of short-foot exercise on dynamic balance of subjects with excessively pronated feet. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014;26(1):117-9.
17. Buldt AK, Forghany S, Landorf KB, Levinger P, Murley GS, Menz HB. Foot posture is associated with plantar pressure during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait & Posture*. 2018;62:235-40.
18. Perrier A, Luboz V, Bucki M, Cannard F, Vuillerme N, Payan Y. Biomechanical modeling of the foot. *Biomechanics of Living Organs*: Elsevier; 2017. p. 545-63.
19. Dickerson LC, Queen RM. Foot posture and plantar loading with ankle bracing. *Journal of Athletic Training*. 2021;56(5):461-72.
20. Elvan A, Simsek IE, Cakiroglu MA, Angin S. Association of quadriceps angle with plantar pressure distribution, navicular height and calcaneo-tibial angle. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2019;53(2):145-9.
21. Sammarco VJ. The talonavicular and calcaneocuboid joints: anatomy, biomechanics, and clinical management of the transverse tarsal joint. *Foot and Ankle Clinics*. 2004;9(1):127-45.
22. Kızılay F, Buğday B, Aydın Y, Burkay T. Comparison of foot measures on dynamic and static balance in children engaged in different sports disciplines. *Turkish Journal of Kinesiology*. 2023;9(3):169-77.

23. Chicoine D, Bouchard M, Laurendeau S, Moisan G, Belzile EL, Corbeil P. Biomechanical effects of three types of foot orthoses in individuals with posterior tibial tendon dysfunction. *Gait & Posture*. 2021;83:237-44.
24. Jamaludin NI, Sahabuddin FNA, Raja Ahmad Najib RKM, Shamsul Bahari MLH, Shaharudin S. Bottom-up kinetic chain in drop landing among university athletes with normal dynamic knee valgus. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(12):4418.
25. Macrum E, Bell DR, Boling M, Lewek M, Padua D. Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2012;21(2):144-50.
26. Michnik R, Zadoń H, Nowakowska-Lipiec K, Jochymczyk-Woźniak K, Myśliwiec A, Mitas AW. The effect of the pelvis position in the sagittal plane on loads in the human musculoskeletal system. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2020;22(3).
27. Çankaya T, Dursun Ö, Davazlı B, Toprak H, Çankaya H, Alkan B. 2–8 yaş arası çocuklarda kuadriseps açısının değerlendirilmesi. *Turk Pediatri Ars*. 2020;55(2).
28. Jaiyesimi A, Jegede O. Influence of gender and leg dominance on Q-angle among young adult nigerians. *African Journal of Physiotherapy and Rehabilitation Sciences*. 2009;1(1):18-23.
29. Guerra JP, Arnold MJ, Gajdosik RL. Q angle: effects of isometric quadriceps contraction and body position. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1994;19(4):200-4.
30. Livingston L, Mandigo J. Bilateral within-subject Q angle asymmetry in young adult females and males. *Biomedical Sciences Instrumentation*. 1997;33:112-7.
31. Woodland LH, Francis RS. Parameters and comparisons of the quadriceps angle of college-aged men and women in the supine and standing positions. *The American Journal of Sports Medicine*. 1992;20(2):208-11.
32. Hsu RW, Himeno S, Coventry MB, Chao EY. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1990;255:215-27.
33. Shultz SJ, Nguyen A-D, Windley TC, Kulas AS, Botic TL, Beynnon BD. Intratester and intertester reliability of clinical measures of lower extremity anatomic characteristics: implications for multicenter studies. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2006;16(2):155-61.

34. Bhalara A, Talsaniya D, Nikita G. Q angle in children population aged between 7 to 12 years. *Int J Health Sci Res.* 2013;3:57-64.
35. Kramer PG. Patella malalignment syndrome: rationale to reduce excessive lateral pressure. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 1986;8(6):301-9.
36. Rerucha CM, Dickison C, Baird DC. Lower extremity abnormalities in children. *American Family Physician.* 2017;96(4):226-33.
37. Katz K, Rosenthal A, Yosipovitch Z. Normal ranges of popliteal angle in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 1992;12(2):229-31.
38. Panjavi B, Mortazavi SMJ. Rotational deformities of the lower limb in children. *J Pediatr Orthop.* 2007;393-397.
39. DA N. Kas-iskelet sistemi kinezyolojisi: rehabilitasyon için temeller. Ankara: Hipokrat Kitabevi; 2018.
40. Staheli LT. Rotational problems in children. *JBJS.* 1993;75(6):939-49.
41. Tsai C-C, Chih Y-C, Shih C-L, Chen S-J, Shen P-C, Tien Y-C. Joint hypermobility and preschool-age flexible flatfoot. *Medicine.* 2022;101(31):e29608.
42. Walther M, Herold D, Sinderhauf A, Körger H, Kleindienst F, Krabbe B. Anforderungen an den kindersportschuh vor dem hintergrund der entwicklung des kinderfußes: eine systematische literaturübersicht. *Fuß & Sprunggelenk.* 2005;3(1):23-33.
43. Evrendilek H. Femoral anteversiyon artışı ve pes planovalgusu olan çocuklarda tabanlık kullanımının yürümeye etkisi [Yüksek lisans tezi]. İstanbul: İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2019.
44. Dare DM, Dodwell ER. Pediatric flatfoot: cause, epidemiology, assessment, and treatment. *Current Opinion in Pediatrics.* 2014;26(1):93-100.
45. Uden H, Scharfbillig R, Causby R. The typically developing paediatric foot: how flat should it be? A systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research.* 2017;10:1-17.
46. MacGregor R, Byerly DW. Anatomy, bony pelvis and lower limb: foot bones. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 May 23 [güncellenmiş 2024 Jan-].
47. Martin RL. Ayak bileği ve ayak kompleksi. In: Levangie PK, Norkin CC, editors. *Eklemler yapısı ve işlevi: kapsamlı bir analiz.* 5th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2011.

48. Karahan Ünver B. Farklı eksternal desteklerin ayağın pedobarografik parametrelerine etkisinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi]. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2014.
49. Yüksel HB. Genç bireylerde ayak postürü, fonksiyonlar ve fiziksel aktivite düzeyinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi]. İstanbul: İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2015.
50. Moore KL, Dalley AF, Şahinoğlu K. Kliniğe yönelik anatomi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2007.
51. Jenkins DB, Hollinshead WH. Functional anatomy of the limbs and back. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2009.
52. Varol F. Ayak intrinsik kas kuvvetinin denge ve fonksiyonel performans ile ilişkisinin incelenmesi [Doktora tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 2020.
53. Turner C, Gardiner D, Midgley A, Stefanis A. A guide to the management of paediatric pes planus. AJGP. 2020; 49 (5).
54. Arslan R. Önkoşullanma ve nikotinamidin bilateral karotis oklüzyonu ile iskemi oluşturulan sıçanlarda serebral iskemi-reperfüzyonunda beyin hasarına karşı koruyucu etkilerinin araştırılması [Doktora tezi]. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2021.
55. Yıldırım D. Romatoid artritinin temporomandibular eklem ve çiğneme kasları üzerindeki etkilerinin klinik, radyolojik ve manyetik rezonans görüntüleme yöntemleriyle değerlendirilmesi [Doktora tezi]. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi; 2008.
56. Cael C. Fonksiyonel anatomi: manuel terapistler için kas-iskelet anatomisi, kinezyoloji ve palpasyon. Burlington (MA): Jones & Bartlett Learning; 2022.
57. Dere F. Anatomi atlası ve ders kitabı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2010.
58. Oğuz Ö. Sağlık Bilimleri Fakülteleri için anatomi. Ankara: Akademisyen Kitabevi; 2023.
59. Standring S, Gray H. Gray'in anatomisi: klinik uygulamanın anatomik temeli. 42. baskı. New York: Elsevier; 2022.
60. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 1984;24(8):742-6.
61. Kargın D, Serin E. Total diz artroplastisi sonuçlarımızın değerlendirilmesi. Acta Med. Alanya. 2018;2(1):30-4.

62. Şen, T., Esmer, A. F., & Tekdemir, İ. Patellofemoral eklem anatomisi. Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği Birliği Dergisi. 2012;11(4), 265-8.
63. Feldesman MR, Kleckner JG, Lundy JK. Femur/stature ratio and estimates of stature in mid-and late-Pleistocene fossil hominids. American Journal of Physical Anthropology. 1990;83(3):359-72.
64. Zaimoğlu MS. Erişkin femur trokanterik bölge kırıklarında intramedüller kalça çivisi ile cerrahi tedavi sonuçları [Uzmanlık tezi]. Adana: Çukurova Üniversitesi; 2011.
65. Çilesizoğlu S. Erkek basketbolcularda kalça açılarının ve kalça abductor kolunun çabukluk performansına etkilerinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi]. Ankara: Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2015.
66. Yıldırım M. Topografik anatomi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2000. s. 244–8.
67. Serbest MO. Kronik venöz yetmezliği olan hastalarda, alt ekstremité kas gücünün değerlendirilmesi [Uzmanlık tezi]. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi; 2013.
68. Cantrell AJ, Imonugo O, Varacallo M. Anatomy, bony pelvis and lower limb: leg bones; 2019.
69. Yağmurkaya Ü. Diz osteoartriti ile ayak bileği ve ayak yapıları arasındaki ilişkinin radyografi/MR görüntüleme ile incelenmesi [Yüksek lisans tezi]. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2023.
70. Moore KL, Dalley AF. Clinically oriented anatomy. 8th ed. New Delhi: Wolters Kluwer India Pvt Ltd; 2018.
71. Waschke J, Böckers TM, Paulsen F, Sargon MF. Sobotta anatomi konu kitabı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2016.
72. Rice DA, McNair PJ, Lewis GN. Mechanisms of quadriceps muscle weakness in knee joint osteoarthritis: the effects of prolonged vibration on torque and muscle activation in osteoarthritic and healthy control subjects. Arthritis Research & Therapy. 2011;13:1-10.
73. Yanagisawa O, Fukutani A. Muscle recruitment pattern of the hamstring muscles in hip extension and knee flexion exercises. Journal of Human Kinetics. 2020;72(1):51-9.
74. Ceviz E. Alt ekstremité uzun kemik kırıklarında minimal invaziv perkutan plak osteosentezi ile biyolojik tespit [Uzmanlık tezi]. Bolu: Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi; 2010.

75. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the ankle. *Orthopaedics and Trauma*. 2016;30(3):232-8.
76. Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T, Bertram R, Holmes W, Tscherne H. Transarticular joint reconstruction and indirect plate osteosynthesis for complex distal supracondylar femoral fractures. *Injury*. 1997;28:A31-A41.
77. Ekşioğlu MF, Açar Hİ, Tekdemir İ. Kalça ekleminin fonksiyonel anatomisi. *Totbid Dergisi*. 2011;10(1):32-7.
78. Fung Y-c. *Biomechanics: mechanical properties of living tissues*: Springer Science & Business Media; 2013.
79. Jamaludin NI, Sahabuddin FNA, Rasudin NS, Shaharudin S. The concurrent validity and reliability of single leg squat among physically active females with and without dynamic knee valgus. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2022;17(4):574.
80. GJ S. Biomechanics of the foot and ankle. *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System* Baltimore. 2001:223-55.
81. Mosca VS. Flexible flatfoot in children and adolescents. *Journal of Children's Orthopaedics*. 2010;4(2):107-21.
82. Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Bleakley CM. Rethinking dynamic knee valgus and its relation to knee injury: normal movement requiring control, not avoidance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2019;49(4):216-8.
83. Mozafaripour E, Seidi F, Minoonejad H, Mousavi SH, Bayattork M. Can lower extremity anatomical measures and core stability predict dynamic knee valgus in young men? *Journal of Bodywork And Movement Therapies*. 2021;27:358-63.
84. Yazdani F, Razeghi M, Karimi MT, Bani MS, Bahreinizad H. Foot hyperpronation alters lumbopelvic muscle function during the stance phase of gait. *Gait & Posture*. 2019;74:102-7.
85. Samson W, Van Hamme A, Desroches G, Dohin B, Dumas R, Chèze L. Biomechanical maturation of joint dynamics during early childhood: Updated conclusions. *Journal of Biomechanics*. 2013;46(13):2258-63.
86. Leveau BF, Bernhardt DB. Developmental biomechanics: effect of forces on the growth, development, and maintenance of the human body. *Physical Therapy*. 1984;64(12):1874-82.

87. McKay MJ, Baldwin JN, Ferreira P, Simic M, Vanicek N, Wojciechowski E, et al. Spatiotemporal and plantar pressure patterns of 1000 healthy individuals aged 3–101 years. *Gait & Posture*. 2017;58:78-87.
88. Stolze H, Kuhtz-Buschbeck J, Mondwurf C, Boczek-Funcke A, Jöhnk K, Deuschl G, Illert M. Gait analysis during treadmill and overground locomotion in children and adults. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Electromyography and Motor Control*. 1997;105(6):490-7.
89. Walther M, Herold D, Sinderhauf A, Morrison R. Children sport shoes—a systematic review of current literature. *Foot and Ankle Surgery*. 2008;14(4):180-9.
90. Morrison SC, Durward BR, Watt GF, Donaldson MD. Prediction of anthropometric foot characteristics in children. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2009;99(6):497-502.
91. Erol Çelik S. Ankara ili işitme engelli okul çağı çocuklarında ayak biyomekaniği, denge ve yürüme parametrelerinin değerlendirilmesi [Doktora tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2021.
92. Hollander K, Riebe D, Campe S, Braumann K-M, Zech A. Effects of footwear on treadmill running biomechanics in preadolescent children. *Gait & Posture*. 2014;40(3):381-5.
93. Staheli LT. Shoes for children: a review. *Pediatrics*. 1991;88(2):371-5.
94. Bek N. Çocukluklarda ayak gelişimini ve deformite oluşumunu etkileyen faktörler. *Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi*. 2010;9(1):25-30.
95. Şahin N. Çocuklarda ayak muayenesi. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi*. 2017;16:383-8.
96. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics*. 2006;118(2):634-9.
97. Stavlas P, Grivas TB, Michas C, Vasiliadis E, Polyzois V. The evolution of foot morphology in children between 6 and 17 years of age: a cross-sectional study based on footprints in a Mediterranean population. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2005;44(6):424-8.
98. Waseda A, Suda Y, Inokuchi S, Nishiwaki Y, Toyama Y. Standard growth of the foot arch in childhood and adolescence—Derived from the measurement results of 10,155 children. *Foot and Ankle Surgery*. 2014;20(3):208-14.

99. Batouk OA, Alhassani TH, Algahwaji EJ, Batouk O, Algahwaji Sr E. Chronic calcaneovalgus deformity treated with tibialis anterior tendon transversion: a case report. *Cureus*. 2022;14(10).
100. Demiralp B, Atbaşı Z. Ayak deformitelerinin tedavisi. *Totbid Dergisi*. 2020;19:261-71.
101. Varacallo M, Aiyer A. Metatarsalgia in metatarsus adductus patients: a rational approach. *Foot and Ankle Clinics*. 2019;24(4):657-67.
102. Talu B, Bayramlar K, Bek N. Halluks valgus deformitesi olan kadınlarda yürüme ve yaşam kalitesinin değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation*. 2015;26:1-6.
103. Tas, S., & Köse, R. Surgical management of pes cavus deformity in a foot replantation case. *Turkish Journal of Plastic Surgery*. 2016;24(3).
104. Yalcinkaya S, Ozerdemoglu R, Mumcu E. Pes cavus: an analysis of epidemiologic and clinical features. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2004;35(4):283-91.
105. Mustari MN, Faruk M, Bausat A, Fikry A. Congenital talipes equinovarus: A literature review. *Annals of Medicine and Surgery*. 2022;81:104394.
106. Preethi K, Kamalakannan M, Anitha A, Ramana K. Effectiveness of jumping rope exercise verses short foot exercise on pain and quality of life for subjects with flat foot. *Indian Journal of Physiotherapy & Occupational Therapy*. 2024;18.
107. Troiano G, Nante N, Citarelli GL. Pes planus and pes cavus in Southern. *Annali Dell'istituto Superiore Di Sanita*. 2017;53(2):142-5.
108. Squibb M, Sheerin K, Francis P. Measurement of the developing foot in shod and barefoot paediatric populations: a narrative review. *Children*. 2022;9(5):750.
109. Bayramoğlu S. Diparetik serebral palsili çocuklarda motor ve kognitif ikili görevin yürüme ve dengeye etkisi [Yüksek lisans tezi]. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2023.
110. Sulowska I, Oleksy Ł, Mika A, Bylina D, Sołtan J. The influence of plantar short foot muscle exercises on foot posture and fundamental movement patterns in long-distance runners, a non-randomized, non-blinded clinical trial. *PloS One*. 2016;11(6):e0157917.
111. Chen Y-C, Lou S-Z, Huang C-Y, Su F-C. Effects of foot orthoses on gait patterns of flat feet patients. *Clinical Biomechanics*. 2010;25(3):265-70.

112. Ling SK-K, Lui TH. Suppl-4, M12: Posterior tibial tendon dysfunction: an overview. *The Open Orthopaedics Journal*. 2017;11:714.
113. Eluwa M, Omini R, Akpantah A, Ekanem T. Incidence of pes planus amongst the people of cross river state. *Global Journal of Medical Sciences*. 2008;7(1-2).
114. Yeagerman SE, Cross MB, Positano R, Doyle SM. Evaluation and treatment of symptomatic pes planus. *Current Opinion in Pediatrics*. 2011;23(1):60-7.
115. Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system*. St. Louis: Mosby; 2002. p. 25–40.
116. Erkuş S, Kalenderer Ö. Pes planovalgus. *Totbid Dergisi*. 2017;16:413-25.
117. Brijwasi T, Borkar P. A comprehensive exercise program improves foot alignment in people with flexible flat foot: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy*. 2023;69(1):42-6.
118. Igbigbi PS, Msamati BC, Shariff MB. Arch index as a predictor of pes planus: a comparative study of indigenous Kenyans and Tanzanians. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2005;95(3):273-6.
119. Mehdikhani M, Khalaj N, Chung TY, Mazlan M. The effect of feet position on standing balance in patients with diabetes. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal Of Engineering in Medicine*. 2014;228(8):819-23.
120. Kirby M. *Geometric data analysis: an empirical approach to dimensionality reduction and the study of patterns*. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 2000.
121. Horwood AM, Chockalingam N. Defining excessive, over, or hyper-pronation: A quandary. *The Foot*. 2017;31:49-55.
122. Johanson MA, Armstrong M, Hopkins C, Keen ML, Robinson M, Stephenson S. Gastrocnemius stretching program: more effective in increasing ankle/rear-foot dorsiflexion when subtalar joint positioned in pronation than in supination. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2015;24(3):307-14.
123. Ikuta Y, Nakasa T, Fujishita H, Obayashi H, Fukuhara K, Sakamitsu T, et al. An association between excessive valgus hindfoot alignment and postural stability during single-leg standing in adolescent athletes. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2022;14(1):64.
124. Bek P. Ayak bileği ve ayak problemleri. *Hipokrat Yayınevi, Ankara, Türkiye*. 2018;1:47-55.

125. Kızılcı MH. Pes planusu olan ve olmayan erişkin erkeklerin fiziksel uygunluk düzeyi ve yaşam kalitesinin değerlendirilmesi [Yüksek lisans tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2010.
126. Herring J. Developmental dysplasia of the hip and Pemberton's osteotomy. In: Herring JA, editor. Tachdjian's pediatric orthopaedics. 3rd ed. Vol. 1. Pennsylvania: WB Saunders Co; 2002
127. Aydoğdu O, Özçelik Y, Güneş G, Çetin M, Bakhshkandi JH, Sarı Z. Pes planus düzeyinin dorsi ve plantar fleksör kas kuvveti ile gastroknemius ve hamstring kas esnekliğine etkileri. Istanbul Gelisim University Journal of Health Sciences. 2024(22):97-111.
128. Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the foot posture index. Journal of Foot and Ankle Research. 2008;1:1-9.
129. Aydın Yağcıoğlu G, Karapınar M. Translation, validity and reliability of the foot posture index (FPI-6)–Turkish version. Physiotherapy Theory and Practice. 2024;40(8):1724-30.
130. Eser T, Ünver B, Alarçın G, Bayraktaroğlu T. Yetişkinlerde bel/boy oranı ile ayak postürü arasındaki ilişkinin incelenmesi. Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi. 2019;4(1):30–35.
131. Sakallı G, Özgür S, Varol T. Erişkin kadınlarda harris-beath yöntemi ile elde edilen ayak izlerinin analizi: plantar indeksler üzerinden pes planus değerlendirmesi. Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2021;8(4):644-8.
132. Kanatlı U, Yetkin H, Songür M, Öztürk A, Bölükbaşı S. Yürüme analizinin ortopedik uygulamaları. Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi. 2006;5(1-2):53-9.
133. Özaras N, Yalçın S. Normal yürüme ve yürüme analizi. Turkish Journal Of Physical Medicine and Rehabilitation. 2002;48(3):1.
134. Bulut İ. Ağrılı esnek düz tabanı olan genç bireylerde CAD/CAM tabanlılık uygulamasının ve egzersizin etkilerinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi]. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2021.
135. Ögüt T, Yontar NS. Erişkinlerde pes planus. TOTBİD Dergisi. 2013;12:425-32.
136. Myerson M. Adult acquired flat foot deformity: WB Saunders; 2003.
137. Staheli LT, Corbett M, Wyss C, King H. Lower-extremity rotational problems in children. Normal values to guide management. JBJS. 1985;67(1):39-47.

138. Li YH, Leong JC. Intoeing gait in children. Hong Kong Med J. 1999 Dec;5(4):360-366
139. Kocahan T, Özsoy AS, Kabak B, Akınoğlu B. Erkek güreşçilerde q açısı ile kalça eklemi rotasyon açılarının pes planus deformitesine göre karşılaştırılması. Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi. 2020;11(2):94-102.
140. Ünver B, Yıldırım T, Bek N. Pes planusun distal ve proksimal alt ekstremitte biyomekanik parametreleri ve bel ağrısı üzerine etkilerinin incelenmesi. Turk J Physiother Rehabil. 2019;30(2):119-25.
141. Zengin Alpözgen A. Meme kanseri tedavisine ilişkin üst ekstremitte sorunlarında pilates temelli egzersizlerin etkinliği [Doktora tezi]. İstanbul: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa; 2013.
142. Hennessey L, Watson A. Flexibility and posture assessment in relation to hamstring injury. British Journal of Sports Medicine. 1993;27(4):243-6.
143. McRoberts LB, Cloud RM, Black CM. Evaluation of the new york posture rating chart for assessing changes in postural alignment in a garment study. Clothing and Textiles Research Journal. 2013;31(2):81-96.
144. Nicholson LL, Chan C. The upper limb hypermobility assessment tool: a novel validated measure of adult joint mobility. Musculoskeletal Science and Practice. 2018;35:38-45.
145. Ewertowska P, Trzaskoma Z, Sitarski D, Gromuł B, Haponiuk I, Czaprowski D. Muscle strength, muscle power and body composition in college-aged young women and men with Generalized Joint Hypermobility. Plos one. 2020;15(7):e0236266.
146. Jindal P, Narayan A, Ganesan S, MacDermid JC. Muscle strength differences in healthy young adults with and without generalized joint hypermobility: a cross-sectional study. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2016;8:1-9.
147. Carter C, Wilkinson J. Persistent joint laxity and congenital dislocation of the hip. The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume. 1964;46(1):40-5.
148. Beighton P, Horan F. Orthopaedic aspects of the Ehlers. Danlos syndrome. The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume. 1969;51(3):444-53.
149. Beighton P, Solomon L, Soskolne C. Articular mobility in an African population. Ann Rheum Dis. 1973;32(5):413.

150. Çelenay ŞT, Kaya DÖ. Benign eklem hipermobilité sendromu olan ve olmayan kadınlarda gövde kas endüransı ve denge skorlarının karşılaştırılması. *Fizyoter Rehabil.* 2017;28(2):47–53.
151. Gün K. Hastane çalışanlarında farklı ölçüm yöntemleri ile pes planus görülme sıklığının belirlenmesi [Uzmanlık tezi]. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı; 2006.
152. Gonzalez-Martin C, Pita-Fernandez S, Seoane-Pillado T, Lopez-Calviño B, Pertega-Diaz S, Gil-Guillen V. Variability between clarke's angle and chippaux-smirak index for the diagnosis of flat feet. *Colombia Médica.* 2017;48(1):25-31.
153. Dars S, Uden H, Banwell HA, Kumar S. The effectiveness of non-surgical intervention (Foot Orthoses) for paediatric flexible pes planus: A systematic review: Update. *PloS One.* 2018;13(2):e0193060.
154. Gün K, Sarıdoğan M, Uysal Ö. Pes planus tanısında ayak izi ve radyografik ölçüm yöntemlerinin korelasyonu. *Turk J Phys Med Rehabil.* 2012;58(4).
155. Tománková K, Přidalová M, Gába A. The impact of obesity on foot morphology in women aged 48 years or older. *Acta Gymnica.* 2015;45(2):69-75.
156. Banwell HA, Paris ME, Mackintosh S, Williams CM. Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research.* 2018;11:1-13.
157. Alsancak S, Guner S, Güven E, Özgün AK, Akkaş Y, Alkıs N. Paediatric flat foot and foot dimension in Central Anatolia. *BMC Pediatrics.* 2021;21(1):200.
158. Orr R. Contribution of muscle weakness to postural instability in the elderly. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010;46(2):183-220.
159. Hess JA, Woollacott M. Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *Journal of manipulative and physiological therapeutics.* 2005;28(8):582-90.
160. Otman S, Köse N, Karakaya M, Aslan UB. Egzersiz tedavisinde temel prensipler ve yöntemler. Ankara: Meteksan; 2006. p. 211–242.
161. Kilbreath SL, Refshauge KM, Beith JM, Ward LC, Simpson JM, Hansen RD. Progressive resistance training and stretching following surgery for breast cancer: study protocol for a randomised controlled trial. *BMC Cancer.* 2006;6:1-5.
162. Bohannon RW. Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. *Physical Therapy.* 1986;66(2):206-9.

163. Bubra PS, Keighley G, Rateesh S, Carmody D. Posterior tibial tendon dysfunction: an overlooked cause of foot deformity. *Journal of Family Medicine and Primary Care*. 2015;4(1):26-9.
164. Nakale NT, Strydom A, Saragas NP, Ferrao PN. Association between plantar fasciitis and isolated gastrocnemius tightness. *Foot & Ankle International*. 2018;39(3):271-7.
165. Fysh P. Benign joint hypermobility—developing clinical significance. *Journal of Clinical Chiropractic Pediatrics*. 2018;17(2):1431-40.
166. Russek LN, Errico DM. Prevalence, injury rate and, symptom frequency in generalized joint laxity and joint hypermobility syndrome in a “healthy” college population. *Clinical Rheumatology*. 2016;35:1029-39.
167. Antonio DH, Magalhaes CS. Survey on joint hypermobility in university students aged 18-25 years old. *Advances in Rheumatology*. 2018;58:3.
168. Tinkle BT. Symptomatic joint hypermobility. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2020;34(3):101508.
169. Barton B, Peat J. Medical statistics: A guide to SPSS, data analysis and critical appraisal: John Wiley & Sons; 2014.
170. Belli G, Russo L, Mauro M, Toselli S, Maietta Latessa P, editors. Relation between photogrammetry and spinal mouse for lumbopelvic assessment in adolescents with thoracic kyphosis. *Healthcare*; 2024: MDPI.
171. Park H-C, Kim Y-S, Seok S-H, Lee S-K. The effect of complex training on the children with all of the deformities including forward head, rounded shoulder posture, and lumbar lordosis. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2014;10(3):172.
172. Raj MA, Tafti D, Kiel J. Pes planus. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 May 23 [güncellenmiş 2024 Jan–].
173. Tuna H, Yildiz M, Celtik C, Kokino S. Static and dynamic plantar pressure measurements in adolescents. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2004;38(3):200-5.
174. Bok S-K, Kim B-O, Lim J-H, Ahn S-Y. Effects of custom-made rigid foot orthosis on pes planus in children over 6 years old. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2014;38(3):369.

175. Sinclair C, Svantesson U, Sjöström R, Alricsson M. Differences in pes planus and pes cavus subtalar eversion/inversion before and after prolonged running, using a two-dimensional digital analysis. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2017;13(2):232.
176. Mei-Dan O, Kahn G, Zeev A, Rubin A, Constantini N, Even A, et al. The medial longitudinal arch as a possible risk factor for ankle sprains: a prospective study in 83 female infantry recruits. *Foot & Ankle International*. 2005;26(2):180-3.
177. Kohls-Gatzoulis J, Angel J, Singh D. Tibialis posterior dysfunction as a cause of flatfeet in elderly patients. *The Foot*. 2004;14(4):207-9.
178. Henceroth WD, Deyerle WM. The acquired unilateral flatfoot in the adult: some causative factors. *Foot & Ankle*. 1982;2(5):304-8.
179. Lee C-R, Kim M-K. The effects on muscle activation of flatfoot during gait according to the velocity on an ascending slope. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014;26(5):675-7.
180. Tong JW, Kong PW. Medial longitudinal arch development of children aged 7 to 9 years: longitudinal investigation. *Physical Therapy*. 2016;96(8):1216-24.
181. Kasović M, Štefan L, Zvonár M. Foot characteristics during walking in 6–14-year-old children. *Scientific Reports*. 2020;10(1):9501.
182. Lin C-J, Lai K-A, Kuan T-S, Chou Y-L. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2001;21(3):378-82.
183. Echarri J, Forriol F. Desarrollo de la morfología de la huella plantar en niños congoleños y su relación con el uso de calzado. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*. 2003;47(6):395-9.
184. Wenger DR, Leach J. Foot deformities in infants and children. *Pediatric Clinics of North America*. 1986;33(6):1411-27.
185. Tenenbaum S, Hershkovich O, Gordon B, Bruck N, Thein R, Derazne E, et al. Flexible pes planus in adolescents: body mass index, body height, and gender—an epidemiological study. *Foot & Ankle International*. 2013;34(6):811-7.
186. Birhanu A, Nagarchi K, Getahun F, Gebremichael MA, Wondmagegn H. Magnitude of flat foot and its associated factors among school-aged children in Southern Ethiopia: an institution-based cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2023;24(1):966.

187. Ashraf S, Viveiros R, França C, Ornelas RT, Rodrigues A. Association between body composition, physical activity profile, and occurrence of knee and foot postural alterations among young healthy adults. *Future*. 2024;2(1):16-29.
188. Çankaya T. İlköğretim çağındaki çocuklarda ayak, ayak bileği deformitelerinin podoskop ile değerlendirilmesi [Yüksek lisans tezi]. Bolu: Abant İzzet Baysal Üniversitesi; 2004.
189. Abich Y, Mihret T, Yihunie Akalu T, Gashaw M, Janakiraman B. Flatfoot and associated factors among ethiopian school children aged 11 to 15 years: a school-based study. *PLoS One*. 2020;15(8):e0238001.
190. Braz RG, Carvalho GA. Relationship between quadriceps angle (Q) and plantar pressure distribution in football players. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2010;14:296-302.
191. Anderson JG, Harrington R, Ching RP, Tencer A, Sangeorzan BJ. Alterations in talar morphology associated with adult flatfoot. *Foot & Ankle International*. 1997;18(11):705-9.
192. Narvaez J, Narvaez J, Sanchez-Marquez A, Clavaguera M, Rodriguez-Moreno J, Gil M. Posterior tibial tendon dysfunction as a cause of acquired flatfoot in the adult: value of magnetic resonance imaging. *British Journal of Rheumatology*. 1997;36(1):136-9.
193. Park J-M, Min B-C, Cho B-C, Hwang K-R, Kim M-K, Lee J-H, et al. Effects of rhythm step training on foot and lower limb balance in children and adolescents with flat feet: A radiographic analysis. *Medicina*. 2024;60(9):1420.
194. Sharma R, Vaibhav V, Meshram R, Singh B, Khorwal G. A systematic review on quadriceps angle in relation to knee abnormalities. *Cureus*. 2023;15(1).
195. Choudhary R, Malik M, Aslam A, Khurana D, Chauhan S. Effect of various parameters on Quadriceps angle in adult Indian population. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. 2019;10(1):149-54.
196. Raveendranath R, Nachiket S, Sujatha N, Priya R, Rema D. Bilateral variability of the quadriceps angle (Q angle) in an adult Indian population. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 2011;14(5):465.
197. Sharma R, Khorwal G, Vaibhav V, Singh B, Meshram R. Quadriceps angle measurement in adolescents with short stature: exploring the relationship between postural alignment and lower limb mechanics. *Cureus*. 2023;15(8).

198. Akalan N, Karaca G, Apte A, Kuchimov S, Bilgili F, Temelli Y, et al. O 098– Distinguishing the influences of increased femoral anteversion from hypermobility during walking for neurologically intact individuals. *Gait & Posture*. 2018;65:201-2.
199. Svoboda Z, Honzikova L, Jaroszczuk S, Vidal T, Martinaskova E. Kinematic gait analysis in children with valgus deformity of the hindfoot. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2014;16(3):89-93.
200. Radler C, Kranzl A, Manner HM, Höglinger M, Ganger R, Grill F. Torsional profile versus gait analysis: consistency between the anatomic torsion and the resulting gait pattern in patients with rotational malalignment of the lower extremity. *Gait & Posture*. 2010;32(3):405-10.
201. Ünver B, Suner Keklik S, Yildirim Sahan T, Bek N. An investigation of the effects of pes planus on distal and proximal lower extremity biomechanical parameters and low back pain. *Turkish Journal Of Physiotherapy Rehabilitation*. 2019;30(2).
202. Abdel-Raouf N, Kamel D, Tantawy S. Influence of second-degree flatfoot on spinal and pelvic mechanics in young females. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*. 2013;20(9):428-34.
203. Evans AM, Copper AW, Scharfbillig RW, Scutter SD, Williams MT. Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2003;93(3):203-13.
204. Lee JS, Kim KB, Jeong JO, Kwon NY, Jeong SM. Correlation of foot posture index with plantar pressure and radiographic measurements in pediatric flatfoot. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2015;39(1):10.
205. Ünver B, Suner Keklik S, Yıldırım Şahan T, Bek N. Pes planusun alt ekstremité biyomekaniğine ve fonksiyonelliğe etkisi. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*. 2019;30 (2):119-25.

EKLER

EK-1. Özgeçmiş



EK 2. Etik Kurul Raporu



EK 3. Katılımcı Onam Formu









EK 4. Katılımcı Değerlendirme Formu

Adı Soyadı		Doğum Tarihi / Yaş		Tarih	
Boy (cm)		Kilo (kg)		VKİ (kg/m2)	
Dominant taraf		Cinsiyet			
Sağ ☐	Sol ☐	Kız ☐	Erkek ☐		
Yürümeye başlama zamanı			Ayakkabı kullanmaya başlama zamanı		
Doğum Şekli		Vajinal doğum ☐		Sezaryen doğum ☐	
Ayakkabı numrası					

Alt ekstremité uzunluk ölçümü (cm)		SAĞ		SOL	
API-6		SAĞ		SOL	
Beighton Skoru (0-9)					
New York postür analizi					
Ayak izi ölçümleri		Sağ		Sol	
Pelvik İnklınasyon açısı					
Uyluk - Ayak açısı ölçümü		Sağ		Sol	
Femoral anteversiyon açısı ölçümü		Q açısı		Femoral anteversiyon açısı	
		Sağ	Sol	Sağ	Sol
T. Posterior disfonksiyonu	Sağ	Var ☐		Yok ☐	
	Sol	Var ☐		Yok ☐	
Kas kısalık değerlendirmesi		Plantar fleksörler		Popliteal aç	
		Sağ	Sol	Sağ	Sol
Kas kuvveti değerlendirilmesi		Sağ		Sol	
M. Tibialis posterior					
M. Gastroknemius					
M. Tibialis anterior					

EK 5. Ayak Postür İndeksi-6

- Ayak Postür İndeksi

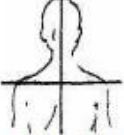
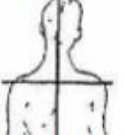
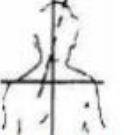
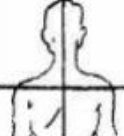
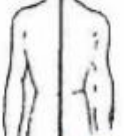
		Düzlem	1.Skor	
			Sol	Sağ
Arka Ayak	Talus Başı Palpasyonu	Transvers		
	Lateral malleolun altındaki ve üstündeki girintiler	Frontal/transvers		
	Kalkaneusun pozisyonu	Frontal		
Ön Ayak	Talonaviküler eklem bölgesindeki bulging	Transvers		
	Medial longitudinal ark yapısı	Sagital		
	Ön ayağın arka ayağa göre abduksiyon/adduksiyonu	Transvers		
Toplam				

- Beighton Skorlaması

	Sol (1/0)	Sağ (1/0)
5. Metakarpal ekleminin dorsifleksiyonu > 90°		
Başparmağın pasif olarak ön kol iç yüzüne değmesi		
Dirseğin hiperekstansiyonu > 10°		
Dizin hiperekstansiyonu > 10°		
Ayakta ve dizler ekstansiyonda iken el ayasının yere değmesi		
Toplam (0-9)		

EK 6. New York Postür Değerlendirme Ölçeği

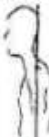
NEW YORK POSTÜR DEĞERLENDİRME TESTİ

	NORMAL (5)	ORTA SEVİYEDE (3)	İLERİ SEVİYEDE (1)		__/__/20__	__/__/20__
A	 Baş dik, gravite hattı direkt merkezden geçiyor	 Baş hafifçe yana eğilmiş veya dönmüş	 Baş ileri derecede yana eğilmiş veya dönmüş			
B	 Omuzlar yere paralel	 Bir omuz diğerinden hafifçe yukarıda	 Bir omuz diğerinden ileri derecede yukarıda			
C	 Omurga düz	 Omurga hafif yana eğilmiş	 Omurga ileri derecede eğilmiş			
D	 Kalçalar yere paralel	 Bir kalça diğerinden hafifçe yukarıda	 Bir kalça ileri derecede diğerinden yukarıda			
E	 Ayaklar düz	 Ayaklar dışarıya dönük	 Ayaklar pronasyonda			
F	 Arkalar yüksek	 Arkalar hafif düşük	 Arkalar düşük, düz taban			
Toplam						

Sol kolondaki açıklamaya uygun ise 5 puan

Orta kolondaki açıklamaya uygun ise 3 puan

Sağ kolondaki açıklamaya uygun ise 1 puan

	NORMAL (5)	ORTA SEVİYEDE (3)	İLERİ SEVİYEDE (1)	/ /2013	/ /2013
G	 Boyun dik, çene içerde, baş omuz üstünde denge	 Boyun hafif önde, çene hafif dışarıda	 Boyun ileri derecede önde, çene ileri derecede dışarıda		
H	 Göğüs yukarda, sternum vücut önünde, ilerde	 Göğüs hafif derecede çökmüş	 Göğüs ileri derecede çökmüş (düz)		
I	 Omuzlar merkezde	 Omuzlar hafif ilerde	 Omuzlar protrakte		
J	 Üst sırt normal	 Üst sırt hafif yuvarlak	 Üst sırt ileri derecede yuvarlak		
K	 Gövde dik	 Gövde hafif geriye açılı	 Gövde geriye ileri derecede açılmış		
L	 Karın düz	 Karın protrakte	 Karın protrakte ve sarkmış		
M	 Bel normal	 Bel hafif çukur	 Bel ileri derecede çukur		
Toplam					

Sol kolondaki açıklamaya uygun ise 5 puan
Orta kolondaki açıklamaya uygun ise 3 puan
Sağ kolondaki açıklamaya uygun ise 1 puan