

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI



**İDYOPATİK PES EKİNOVARUSLU ÇOCUKLARDA
PONSETİ TEDAVİSİ SONRASI AŞİL TENDON BOYU VE
PLANTAR FLEKSİYON KAS GÜCÜ DEĞİŞİKLİKLERİ İLE
NÜKS METATARSUS ADDUKTUS DEFORMİTESİ
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI**

(Uzmanlık Tezi)

Dr. Mehmet DEMİREL

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Fuat BİLGİLİ

İSTANBUL-2018

BEYAN

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

Dr. Mehmet Demirel



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince ilgi, sevgi ve yardımlarını gördüğüm, yetişmemde büyük emekleri olan çok değerli hocalarıma, sevgi, arkadaşlık ve hoşgörü duygularıyla çok güzel bir çalışma dönemi geçirdiğim sevgili asistan arkadaşlarıma, kliniğimizin hemşire, sekreter ve personeline, Anabilim Dalı başkanımız sayın hocam *Prof.Dr. Hayati Durmaz'a* ayrı ayrı teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Yürüme analizi ve pediatrik ortopedi alanında kendisinden çok şey öğrendiğim, her zaman büyük bir alçak gönüllülikle fikirlerimize önem veren, aynı zamanda tezimin fikir babası olan çok değerli hocam *Prof. Dr. Yener Temelli'ye*; asistanlık eğitimine adım attığım ilk andan itibaren yüksek iş disiplini ile bizlere diz ve kalça artroskopisi sevgisini aşılayan çok değerli hocam *Prof. Dr. Mehmet Aşık'a* teşekkürlerimi sunarım. Titiz çalışma prensibi ile özellikle diz ve kalça artroplastilerinde sabrı ve eğitici yönü sayesinde cerrahiyi baştan sona yapmamıza fırsat veren *Prof. Dr. İrfan Öztürk* hocama; tıpta uzmanlık eğitimimin gerek erken dönemlerinde gerekse kıdemlilik yıllarında kıdem yılıma uygun şekilde cerrahi pratiği yapabilmeme olanak sağlayan *Prof. Dr. Cengiz Şen* hocama; omurga cerrahisine ait üstün deneyimlerini bizlerle paylaşan *Prof. Dr. Cüneyt Şar* hocama; her vaka toplantısında yeni bir bilgi aşlamak için çaba sarfeden ve kendisinden ortopediye dair çok şey öğrendiğim *Prof. Dr. Levent Eralp* hocama saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Uzmanlık eğitimim boyunca engin akademik kişiliği sayesinde çok sayıda bilimsel makale yazmama olanak sağlayan, ayrıca kıdemli asistanlık dönemimde birebir vermiş olduğu cerrahi eğitim ile cerrahi tekniğimin gelişmesinde çok büyük katkısı olan, her bilginin sorgulanması gerektiğini aşılayan sayın hocam *Prof. Dr. Önder İ. Kılıçoğlu'na* saygı ve minnettarlığımı sunarım.

Her zaman gerçek bir ağabey ilgisi ve özverisi ile tüm uzmanlık eğitimim boyunca bana her konuda yardımcı olan, özellikle pediatrik ortopedi dalında yaptırdığı çok sayıda ameliyat ile tecrübelerini paylaşan, tezimin hazırlık aşaması ve yazılmasında büyük emeği olan sayın *Doç. Dr. Fuat Bilgili'ye* teşekkürü bir borç bilirim.

Gerçek bir ağabey ilgisinin ötesinde, bizlerle derinden arkadaşlık bağı kuran, fikirlerimize değer verip saatlerce dinleyebilen, yapmış olduğu espiriler ile her zaman mutlu ve huzurlu bir çalışma ortamı yaratan, ayrıca çömezlik yıllarımda yaptırmış olduğu çok sayıda ameliyat ile beni ortopediye kenetleyen sayın *Op. Dr. Ömer N. Ergin* ağabeyime teşekkürlerimi sunarım.

Enerjik kişiliğiyle beni motive eden, fikirleriyle yol gösteren, teorik ve cerrahi teknik alanda gelişimime katkıda bulunmuş olan, her zaman bir ağabey ilgisiyle çekinmeden soru sorduğum ve cevabını mutlaka aldığım sayın *Doç. Dr. Ali Erşen*’e teşekkürlerimi sunarım.

Klinikte beraber çalışma imkanı bulduğum ve kendilerinden çok şey öğrendiğim değerli ağabeylerim *Doç. Dr. Halil İbrahim Balcı* ve *Doç. Dr. Ahmet Salduz*’a saygı ve teşekkürü bir borç bilirim.

Sayısız yardımlarının yanı sıra, beni ortopedi ve travmatoloji uzmanlık ihtisasımın ikinci yılında almış olduğum istifa kararından döndüren ve ortopedi uzmanlığı için uygun olduğuma ikna eden değerli ağabeylerim sayın *Doç. Dr. Turgut Akgül* ve sayın *Doç. Dr. Gökhan Polat*’a sonsuz saygı ve minnettarlığımı sunarım.

Tıpta uzmanlık eğitimim boyunca gerek akademik gerekse manevi açıdan yardımlarını esirgemeyen sayın *Doç Dr. Mehmet İlke Büget* ağabeyime teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana her konuda destek olan *aileme*, tezimin yazımındaki yardımlarından ve üniversite yılları dahil uzmanlık eğitimim süresince gösterdiği sevgi, saygı, hoşgörü ve sabrından dolayı çok değerli *eşim Dr. Özge Bayrak Demirel*’e ve canım oğlum *Demir Demirel*’e en içten sevgilerimle...

Tez içindeki tablolar ve şekiller ilgili kaynakların editörlerinden izin alınarak kullanılmıştır.

Dr. Mehmet Demirel

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	1
ABSTRACT.....	3
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	5
2. GENEL BİLGİLER.....	8
2.1. ETİYOLOJİ.....	8
2.2. İNSİDANS.....	8
2.3. AYAK ve AYAK BİLEĞİ HAREKETLERİ.....	9
2.4. FONKSİYONEL ve PATOLOJİK ANATOMİ.....	10
2.4.1. Fonksiyonel Anatomi.....	10
2.4.2. Patolojik Anatomi.....	11
2.5. AYAK ve AYAK BİLEĞİNİN NORMAL BİYOMEKANİĞİ.....	14
2.6. TANI.....	15
2.7. SINIFLAMA.....	16
2.8. TEDAVİ ve TAKİP.....	16
2.8.1. Konservatif Tedavi.....	16
2.8.2. Ponseti Tekniğinin Prensipleri.....	16
2.8.3. Perkütan Aşil Tenotomisi.....	18

2.8.4.	Ponseti Tedavisi Sonrası Takip Prosedürü.....	20
2.9.	PONSETİ TEDAVİSİ SONRASI REZİDÜ VE NÜKS DEFORMİTELER.....	21
2.10.	RADYOĞRAFİK DEĞERLENDİRME.....	22
2.10.1.	AP Grafilerde Değerlendirilen Radyografik Ölçümler:	22
2.10.2.	Lateral Grafilerde Değerlendirilen Radyografik Ölçümler:	23
2.11.	KAS GÜCÜ ÖLÇÜMÜ	24
3.	HASTALAR ve YÖNTEM:	26
3.1.	HASTA SEÇİMİ VE HASTALAR	26
3.1.1.	Hasta Seçimi.....	26
3.1.2.	Hastalar.....	31
3.2.	SONUÇ PARAMETRELERİ	32
3.2.1.	Ayak Bileği Kas Güçlerinin ve Eklem Hareket Açıklıklarının (EHA) Değerlendirilmesi	32
3.2.2.	Ayak Bileği Çevresi Tendon Boylarının Ultrasonografik Ölçümü.....	33
3.2.3.	Nüks Metatarsus Adduktus Deformitesinin Klinik ve Radyografik Değerlendirmesi	35
3.2.4.	Eşlik Edebilecek Diğer Nüks Deformitelerin Radyografik Olarak Araştırılması 36	
3.3.	TEDAVİ YÖNTEMİ ve HASTA TAKİP PROSEDÜRÜ	37
3.3.1.	Tedavi Yöntemi.....	37
3.3.2.	Hasta Takip Prosedürü	37
4.	BULGULAR	38
4.1.	AYAK BİLEĞİ KAS GÜÇLERİNİN VE EHA'LARININ ÖLÇÜM SONUÇLARI 38	
4.1.1.	Kas Gücü Ölçüm Sonuçları.....	38
4.1.2.	Ayak Bileği EHA Ölçümleri	39

4.2. AYAK BİLEĞİ ÇEVRESİ TENDON BOYLARININ ULTRASONOGRAFİK ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	40
c. Aşıl tendon boyu uzama oranı ile plantar fleksiyon kas gücü azalma oranı arasında istatistiksel olarak korelasyon varlığının aranması	42
4.3. NÜKS ADDUKTUS DEFORMİTESİNİN KLİNİK VE RADYOGRAFİK DEĞERLENDİRMESİ	44
4.4. DİĞER RADYOGRAFİK ÖLÇÜM SONUÇLARI VE EŞLİK EDEN DEFORMİTELER	46
4.5. İSTATİSTİKSEL İNCELEMELER	47
4.6. RADYOGRAFİK ÖLÇÜMLERE İLİŞKİN OLGU ÖRNEĞİ.....	48
5. TARTIŞMA	50
6. ÇIKARIMLAR	61
7. KAYNAKLAR	62
8. ÖZGEÇMİŞ ve İLETİŞİM BİLGİLERİ.....	68
9. EKLER.....	73

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Ayak ve ayak bileği hareketlerinin şematik görünümleri	9
Şekil 2.	Talokalkaneonaviküler eklem kompleksinin dıştan ve üstten anatomik görünümü	10
Şekil 3.	Talokalkaneonavikular eklem kompleksini oluşturan anatomik yapıların horizontal düzlemde görünümü.....	11
Şekil 4.	Ayağın ön kısmının arkasına göre adduksiyonu (a) , topuk varusu (b) , tüm ayağın blok halinde talus etrafında iç rotasyonu ve ayağın ekinus pozisyonu (c) . (Doç. Dr. Fuat Bilgili'nin arşivinden)	11
Şekil 5.	Doğuştan çarpık ayağın önden görünümü. Talokalkaneonavikular eklem kompleksinin plantara deplasmanı ve mediyale deviasyonuna dikkat ediniz.....	12
Şekil 6.	Doğuştan çarpık ayakta patolojik talus anatomisinin şematik çizimi	13
Şekil 7.	Ponseti yöntemi ile tedavi sırasında kalkaneusun pozisyonları	13
Şekil 8.	Üç günlük bebekteki PEV deformitesi (Staheli L, Yalçın S. Pes Ekinovarus: Ponseti Yöntemi İle Tedavi, Global Help Organisation, 2003)	14
Şekil 9.	Tek planlı menteşe hareketinin ötesinde fonksiyonel eklem hareket ünitesi gibi hareket eden talokalkaneonavikular eklem kompleksinin kendilerine ait rotasyon merkezlerinin şematik çizimi.	15
Şekil 10.	Ön ayağın supinasyona getirilerek kavusun düzeltilmesi	17
Şekil 11.	Ön ayak adduktusunun ve topuk varusunun supinasyona getirilerek düzeltilmesi (Staheli L, Yalçın S. Pes Ekinovarus: Ponseti Yöntemi İle Tedavi, Global Help Organisation, 2003).....	17
Şekil 12.	A) Aşilotomi öncesi B) Aşilotomi sonrası C) Alçılama şekli D) Alçı sonrası (Doç. Dr. Fuat Bilgili'nin Arşivinden).....	20
Şekil 13.	Denis-Browne Ortezi.....	21
Şekil 14.	Ön-arka planda talus (a), kalkaneus (b) ve 1. Metatars (c) aksları. Ön-arka talokalkaneal (x) ve talus-1.metatars arası açıları (y).	23
Şekil 15.	Basarak çekilmiş lateral ayak grafisinde; talokalkaneal açı (a), talus-1. Metatars arası açı (Meary açısı) (b).....	24

Şekil 16.	Araştırmamızda kullanılan <i>taşınabilir elektronik el dinamometresi</i> (The wireless microFET®2 Digital Handheld Dynamometer muscle tester, Hoggan Scientific LLC, Salt Lake City, USA).....	25
Şekil 17.	Bleck yöntemine göre klinik olarak metatarsus adduktus deformitesinin belirlenmesi.	27
Şekil 18.	Bleck yöntemine göre metatarsus adduktus deformitesinin derecelendirilmesi ..	27
Şekil 19.	İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji kliniğimizde kullanılan Pes Ekinovaruslu Hasta İlk Değerlendirme Formu.....	29
Şekil 20.	İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji kliniğimizde kullanılan Pes Ekinovaruslu Hasta Takip Form.....	30
Şekil 21.	El dinamometresi yardımıyla ayak bileği izometrik plantar fleksiyon (a) ve dorsifleksiyon (b) kas güçlerinin ölçümü.....	32
Şekil 22.	El dinamometresi yardımıyla ayak bileği izometrik inversiyon (a) ve eversiyon (b) kas güçlerinin ölçümü.....	33
Şekil 23.	Aşıl tendon boyunun ultrasonografik ölçümü	34
Şekil 24.	4. Metatarso kuneiform eklemi referans olarak alan 4 nokta tekniğine göre modifiye metatarsus adduktus açısının ölçümü	35
Şekil 25.	AP radyografide Talus-1.metatars arası açı ölçümü	36
Şekil 26.	Hasta taraf/sağlam taraf plantar fleksiyon oranı ile hasta taraf/sağlam taraf Aşıl tendon boyu oranının ilişkisi	42
Şekil 27.	Plantar fleksiyon kas gücünde azalma oranı ile Aşıl tendonu uzama oranı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik	44
Şekil 28.	Klinik metatarsus adduktus şiddeti dağılımları	45
Şekil 29.	Deformite esnekliğine ilişkin dağılımlar.....	45
Şekil 30.	Klinik olarak topuk açığırtayı yöntemine göre metatarsus adduktus deformitesinin saptanması ve şiddetinin belirlenmesi.....	48
Şekil 31.	Dorsifleksiyona zorlanmış ayak bileği lateral radyografilerinde dijital ortamda talokalkaneal açı ölçümü:40° (d); tibiokalkaneal açı ölçümü:65°, talus-1.metatars arası açı ölçümü: 4° (e).....	49

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.	Çalışma Akış Şeması.....	28
Tablo 2.	Hastaların Demografik ve Klinik Özellikleri	31
Tablo 3.	Hasta ve Sağlam Taraf Ayak Bileği Kas Gücü Ölçümleri ve İstatistiksel Sonuçları	38
Tablo 4.	Hasta ve Sağlam Taraf Ayak Bileği Kas Gücü Oranlarının Değerlendirmesi	39
Tablo 5.	Hasta ve Sağlam Taraf Ayak Bileği EHA Ölçümleri	40
Tablo 6.	Hasta ve Sağlam Taraf Ayak Bileği Çevresi Tendon Boyları	40
Tablo 7.	Hasta/Sağlam Taraf Aşıl tendon boyu oranları ve Hasta/Sağlam Taraf Plantar Fleksiyon Kas Gücü Oranlarının Dağılımı.....	41
Tablo 8.	Hasta/Sağlam Plantar Fleksiyon Kas Gücü Oranı ile Hasta/Sağlam Aşıl Tendon Boyu Oranı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi	42
Tablo 9.	Aşıl Tendonu Uzama Oranı ve Hasta/Sağlam Taraf Aşıl Tendon Boyu Dağılımları.. ..	43
Tablo 10.	Aşıl Tendon Boyu Uzaması ile Plantar Fleksiyon Kas Gücü Azalması Arasındaki İlişkinin İncelenmesi.....	43
Tablo 11.	Metatarsus Adduktus Deformitesi Özelliklerinin Dağılımları	46
Tablo 12.	Hasta taraf radyografik ölçümlerin dağılım özellikleri	47

KISALTMALAR LİSTESİ

PEV: Pes Ekinovarus

TKN: Talokalkaneonaviküler

MRG: Manyetik rezonans görüntüleme

PMA: Peroneal muskuler atrofi

EMG: Elektromiyografi



ÖZET

İdyopatik Pes Ekinovaruslu Çocuklarda Ponseti Tedavisi Sonrası Aşil Tendon Boyu ve Plantar Fleksiyon Kas Gücü Değişiklikleri ile Nüks Metatarsus Adduktus Deformitesi Arasındaki İlişkinin Araştırılması

Amaç: Ponseti tedavi sonrası nüks metatarsus adduktus deformitesi gelişen tek taraflı idyopatik PEV’li çocuklarda ayak bileği çevresi tendon boyu ve kas gücü değişikliklerinin incelenerek nükse neden olabilecek faktörleri araştırmaktır.

Hastalar ve Yöntemler: İdyopatik PEV tanısıyla Ponseti yöntemine göre seri alçılama ve perkütan Aşil tenotomisi ile tedavi edilmiş, son kontrollerinde klinik olarak nüks metatarsus adduktus deformitesi saptanılan 5 ile 10 yaş arası toplam 20 çocuk (14 Erkek, 6 Kız) çalışmaya dahil edildi. Hastaların tedaviye başladıkları anda yaş ortalamaları 28 gün (15-60 gün) iken, son kontrol yaş ortalamaları 7 yıldır (5-9 yıl). Hastaların ortalama takip süresi 84 ay (57-107 ay) olarak tespit edildi. Çalışmada analiz edilen verilerin tamamı hastaların hem etkilenmiş hem de etkilenmemiş ayak bileklerinden elde edildi. Sonrasında her iki ayağa ait değişkenler arasında istatistiksel karşılaştırmalar ve korelasyon analizleri yapıldı. Son kontrolde, ayak bileği çevresi tendon boylarının ultrasonografik ölçümü (Aşil, tibialis anterior, tibialis posterior ve peroneus brevis) ve izometrik kas güçleri (plantar fleksiyon, dorsifleksiyon, inversiyon ve eversiyon) değerlendirildi.

Bulgular: İzometrik kas gücü ölçümlerinde, hasta ve sağlam taraf dorsifleksiyon kas gücü ölçümleri arasında anlamlı farklılık yok iken ($p>0,05$), hasta taraf inversiyon, eversiyon ve plantar fleksiyon kas güçleri sağlam taraflara kıyasla belirgin olarak düşük bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Ayrıca, hasta taraf plantar fleksiyon/dorsifleksiyon kas gücü oranları, kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Ancak, hasta ve sağlam taraf inversiyon /eversiyon kas gücü kas oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$). Tendon boylarının ultrasonografik ölçümlerinde, hasta taraf Aşil tendon boyu, sağlam taraftan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde uzun bulunurken ($p=0,001$; $p<0,01$), hasta taraf peroneal tendon boyu, sağlam taraftan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kısa bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Ayrıca, plantar fleksiyon kas gücünde azalma ile Aşil tendonu uzama oranı arasında pozitif yönlü bir ilişki saptanmıştır ($r:0,530$; $p=0,016$; $p<0,05$). Benzer şekilde, hasta taraf/sağlam taraf plantar

fleksiyon kas gücü oranı ile hasta taraf/sağlam taraf Aşil tendon boyu oranı arasında negatif yönlü ilişki tespit edilmiştir ($r:-0,524$; $p=0,018$; $p<0,05$). Nüks metatarsus adduktus deformitesinin klinik değerlendirilmesinde, olguların %10'unda ($n=2$) hafif, %55'inde ($n=11$) orta, %35'inde ($n=7$) ise ciddi düzeyde metatarsus adduktus deformitesi saptanmıştır.

Çıkarımlar: Ponseti yöntemi ile tedavi edilmiş tek taraflı idyopatik PEV olgularında etkilenmiş taraf Aşil tendon boyları karşı sağlam taraflara kıyasla belirgin olarak daha uzun saptanabilir. Ayrıca, bu olguların her iki Aşil tendon boyları arasındaki uzunluk farkı arttıkça PEV'li taraflardaki plantar fleksiyon kas gücünün giderek azalması beklenebilir. Ponseti tedavisi sonrası plantar fleksiyon kas gücündeki zayıflama nüks metatarsus adduktus deformitesi gelişimine meyil oluşturabilir. Ayrıca, bu hastalarda eversiyon kas gücü zayıflamış olsa bile inversiyon ve eversiyon kas gücü arasındaki denge bozulmamış olabilir.

ABSTRACT

In Children with Idiopathic Pes Equinovarus, An Investigation of the Relationship between Changes in Achilles Tendon Length and Plantar Flexion Strength with Recurrent Metatarsus Adductus Deformity Following Ponseti Treatment

Aim: To determine factors associated with the recurrent metatarsus adductus deformity, investigating tendon length and muscle strength around the ankle in children with unilateral idiopathic PEV.

Patients and Methods: With a recurrent metatarsus adductus deformity identified clinically at the final examination, a total of 20 kids (14 Female, 6 Male) aged between 5 and 10 years who were diagnosed and treated by Ponseti method due to idiopathic PEV were included in the present study. The mean age was 28 days (15-60) at the start of Ponseti treatment, and 7 years (5-9) at the final follow-up. The mean length of the follow-up was 84 months (57-107). All data analyzed in the study were obtained from both involved and uninvolved feet of patients, and then statistical comparisons and correlations were undertaken between both sides. At the final follow-up, ultrasonographic measurement of tendon length and isometric muscle strength around the ankle were assessed.

Results: In the assessment of isometric muscle strength, although no difference was observed in terms of dorsiflexion strength ($p>0,05$), ankle plantar flexion, inversion, and eversion strength were determined to be lower on involved sides than on uninvolved sides ($p=0,001$; $p<0,01$). Furthermore, the ratio of plantar flexion/dorsiflexion muscle strength was found to be significantly lower on the uninvolved side than on the involved side ($p=0,001$; $p<0,01$). However, no significant difference in terms of the ratio of inversion/eversion muscle strength was detected ($p>0,05$) between both sides. In the measurement of ultrasonographic tendon length, While Achilles tendon length of the involved side was determined to be significantly longer than that of uninvolved side ($p=0,001$; $p<0,01$), peroneal tendon length of the involved side was found to be considerably shorter than that of uninvolved side ($p=0,001$; $p<0,01$). Additionally, there was a significant correlation between the ratio of lengthening of Achilles tendon and the ratio of decrease of plantar flexion muscle strength ($r:0,530$; $p=0,016$; $p<0,05$). Similarly, A reverse correlation was observed between involved/uninvolved plantarflexion muscle strength and involved/uninvolved Achilles tendon length ($r:-0,524$;

p=0,018; p<0,05). In the clinical examination of recurrent metatarsus adductus deformity, the deformity was mild in 10% of patients (n=2), moderate in 55% (n=11), and severe 35% (n=7).

Conclusion:

The length of Achilles tendon following Ponseti treatment can be longer in children with PEV compared to the uninvolved side of those. Furthermore, it can be observed that the ratio of decrease in plantar flexion strength increases with increase in the difference between Achilles tendon length between both sides of this group of patients. The decrease in the plantar flexion strength following Ponseti method can cause a predisposition to a recurrent metatarsus adductus deformity. Furthermore, even if eversion muscle strenght is altered in this group of patients, the muscle balance between inversion and eversion strength may be normal.



1. GİRİŞ ve AMAÇ

PEV deformitesi veya doğuştan çarpık ayak 1000 canlı doğumda 1-2 arasında değişen insidansı ile en sık görülen doğumsal ayak deformitesidir. Yoğun ortopedik tedavi gerektiren bu deformitenin tedavisindeki temel amaç; normale yakın bir görünüm ile ağrısız ve düz şekilde yere basan, özel ayakkabı giymeyi gerektirmeyen ve hareket kapasitesi iyi bir ayak elde etmektir (1).

Bu amaca ulaşmakta, Ponseti yöntemi oldukça başarılı bir tedavi yöntemi olarak kabul edilmesine rağmen, bu yöntem ile tedavi sürecinde hastaların yaklaşık %11 ile %48 de çeşitli problemler ile karşılaşabilmektedir. Bazı ayaklar tam anatomik düzelme göstermemekte, bazıları ise nüks deformite geliştirmeye yatkınlık göstermektedir. Sınırları belirgin olmayan bu iki problemlili grubun klinik ayrımı her zaman mümkün olmamaktadır (2). Ancak, literatürde **rezidü deformite** terimi birincil tedavi sonrası tam olarak anatomik düzelme sağlanamamış ek girişimler gerektiren deformiteleri tanımlamak için kullanılırken, **nüks deformite** terimi başarılı bir başlangıç tedavisi sonrası PEV'in bileşeni olan deformitelerden (*kavus, adduktus, varus ve ekinizm*) herhangi birinin tekrar meydana geldiği durumu tanımlamak için kullanılmaktadır (3).

Metatarsus adduktus deformitesi, Ponseti yöntemi ile tedavi edilen çocuklarda doğuştan çarpık ayağın düzelmesini takiben en sık görülen sekellerden biridir. İnsidansı çeşitli çalışmalarda değişkenlik göstermekle beraber, literatürde %23'e kadar ulaşabilmektedir (4). Bugüne kadar, bu deformitenin tekrarlamasından çeşitli nedenler sorumlu tutulmuş olsa da, altta yatan gerçek patoloji henüz aydınlatılamamıştır (5). Son yıllarda, pediatrik ortopedistler tarafından eklem deformitesi gelişimine yol açtığı kabul edilmiş patomekanik bir faktör olan *kas dengesizliğinin*, aynı zamanda idyopatik doğuştan çarpık ayak olgularında da nüks deformite gelişiminde rol oynayabileceği ileri sürülmektedir (6, 7).

Kas dengesizliği teorisini ileri süren araştırmacılar, dinamik supinasyon ve metatarsus adduktus deformitelerinin tekrarlamasına Ponseti yöntemi sonrası, tibialis anterior kas gücünün antagonistlerine özellikle peroneal ve tibialis posterior kas gruplarına göre daha baskın olmasının neden olabileceğini savunmaktadırlar (4, 7-9). Dolayısıyla, literatürde kas dengesizliği üzerine yürütülen çalışmaların çoğu ayak bileği çevresi invertör ve evertör kas gücü dengesizliğine odaklanmıştır. Buna karşın, bildiğimiz kadarıyla, bu zamana kadar nüks PEV olgularında kas dengesizliği teorisini araştıran çalışmaların hiçbirisi, Ponseti tedavisi sonrası Aşil tendon boyu ve ayak bileği plantar fleksiyon kas gücünde meydana gelebilecek muhtemel değişiklikleri spesifik olarak araştırmamıştır. Halbuki, Ponseti yöntemi ile tedavi

edilen olguların %90'dan fazlasında ekinus deformitesini düzeltmek maksadıyla perkütan tenotomi uygulanıp ayak bileği maksimum dorsifleksiyonda alçıya alınarak Aşil tendonuna doğrudan müdahalede bulunmaktadır (10-12).

Bunların ötesinde, bu güncel patofizyolojik mekanizmayı araştıran çalışmalar gerek retrospektif doğaları gerekse zayıf çalışma dizaynları nedeniyle ayak bileği çevresinde meydana gelen kas dengesi değişikliklerini yeterince detaylı olarak irdeleyememiştir (7, 13, 14). Kas dengesizliği teoremi bağlamında elde edilen çıkarımların çoğu dinamik supinasyon deformitesi sebebiyle tibialis anterior tendon transferi uygulanmış hasta serilerinden elde edilen sübjektif verilere dayanmaktadır (7, 13-15). Dolayısıyla, güncel bir araştırma konusu olan PEV'de nüks metatarsus adduktus deformitesi gelişimi ile kas dengesizliği hakkında literatürde henüz yanıtlanmamış önemli sorular olduğu kanaatindeyiz. Araştırmamızın temel olarak yanıtlamayı amaçladığı sorular şunlardır:

I-) Ponseti tedavisi sonrası Aşil tendon boyunda uzama meydana gelmekte midir?

II-) Aşil tendonunda meydana gelebilecek muhtemel uzunluk farkı ile ayak bileği plantar fleksiyon kas gücü arasında ilişki var mıdır?

III-) Ponseti yöntemi ile tedavi edilmiş nüks metatarsus adduktus olgularının ayak bileklerinde antagonist kas güçleri (plantar fleksör-dorsifleksör; invertör-evertör) arasında dengesizlik var mıdır?

IV-) Ponseti tedavisi sonrası plantar fleksiyon kas gücündeki muhtemel değişiklikler ile nüks metatarsus adduktus deformitesi arasında ilişki var mıdır?

V-) Etiyolojisinde evertör kas gücü zayıflığı olduğu ileri sürülen bu hasta grubunda peroneus brevis tendon boyunda uzama var mıdır?

Bu bağlamda, yukarıda verilen soruların cevaplarını araştırmak için nüks metatarsus adduktus deformitesi olan tek taraflı idyopatik PEV tanılı çocukların ayak bileği çevresi tendon boylarını ve kas güçlerini değerlendiren çalışmamızın iki temel amacı bulunmaktadır. Birinci amacı, Ponseti tedavisi sonrası Aşil tendon boyunda uzama ve buna bağlı olarak plantar fleksiyon kas gücünde azalma olup olmadığını ve eğer varsa bu durum ile nüks adduktus deformitesi arasında ilişki olup olmadığını araştırmaktır. İkinci amacı ise, bu hasta grubunun ayak bileklerinde antagonist kas güçleri (plantar fleksör-dorsifleksör; invertör-evertör) arasında dengesizlik olup olmadığını incelemektir.

Aşağıda verilen hipotezlerin bu amaçları gerçekleştirmede yardımcı olacağı kanaatindeyiz.

Hipotez I: Ponseti yöntemi ile tedavi sonrası Aşil tendonu karşı tarafa göre daha uzun boyda iyileşerek ayak bileği plantar fleksiyon kas gücünde zayıflamaya sebep olur.

Hipotez II: Nüks metatarsus adduktus deformitesi olan tek taraflı PEV olgularında Ponseti tedavi sonrası etkilenmiş ayak bileklerindeki plantar fleksiyon kas gücündeki zayıflama plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon kas güçleri arasında dengesizliğe yol açar. Bu kas gücü dengesizliği ile nüks metatarsus adduktus deformitesi arasında ilişki mevcuttur.

Hipotez III: Ponseti yöntemi ile tedavi edilmiş nüks metatarsus adduktus deformitesi olan tek taraflı PEV olgularının etkilenmiş ayak bileklerinde inversiyon ve eversiyon kas gücü dengesizliği mevcuttur. Bu kas gücü dengesizliği ile nüks metatarsus adduktus deformitesi arasında ilişki mevcuttur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. ETİYOLOJİ

PEV etiyolojisi tam olarak aydınlatılamamış olmasına rağmen, etiyopatogenezinde çeşitli çevresel ve genetik faktörlerin rol oynadığı multifaktöryel geçiş gösteren doğumsal bir bozukluk olarak tanımlanmaktadır (16). Ayrıca doğuştan çarpık ayak vakalarının yaklaşık %20'si çeşitli nöromusküler hastalıklar veya sendromlar ile birliktelik gösterebilmektedir (17, 18). Buna karşın, PEV olgularının büyük çoğunluğunu, normal bir bebekte izole doğumsal kas ve iskelet sistemi bozukluğu olarak atfedilen ‘*idyopatik*’ PEV deformitesi oluşturur (19). Yoğun ortopedik tedavi gerektiren idyopatik PEV deformitesi, büyük ihtimalle etkilenmiş ekstremitenin primer fakat diz ekleminin altında yer alan tüm kas ve iskelet sistemi dokularının (kas, tendon, bağ, osteoartiküler ve nörovasküler yapılar) doğuştan ileri gelen lokal displazisinden kaynaklanmaktadır (20). Bu çıkarım, birden fazla araştırmacının PEV’li hastalardan elde ettikleri çok sayıda farklı anormal anatomik bulguları içeren gözlemlerine dayanır. Ayrıca cerrahi dışı ve/veya cerrahi yöntemler uygulanarak en iyi şekilde tedavi edildiği düşünülen PEV’li hastalarda bile hemen her zaman bir dereceye kadar deformite varlığının gözlemlenmesi bu çıkarımı destekler niteliktedir (1).

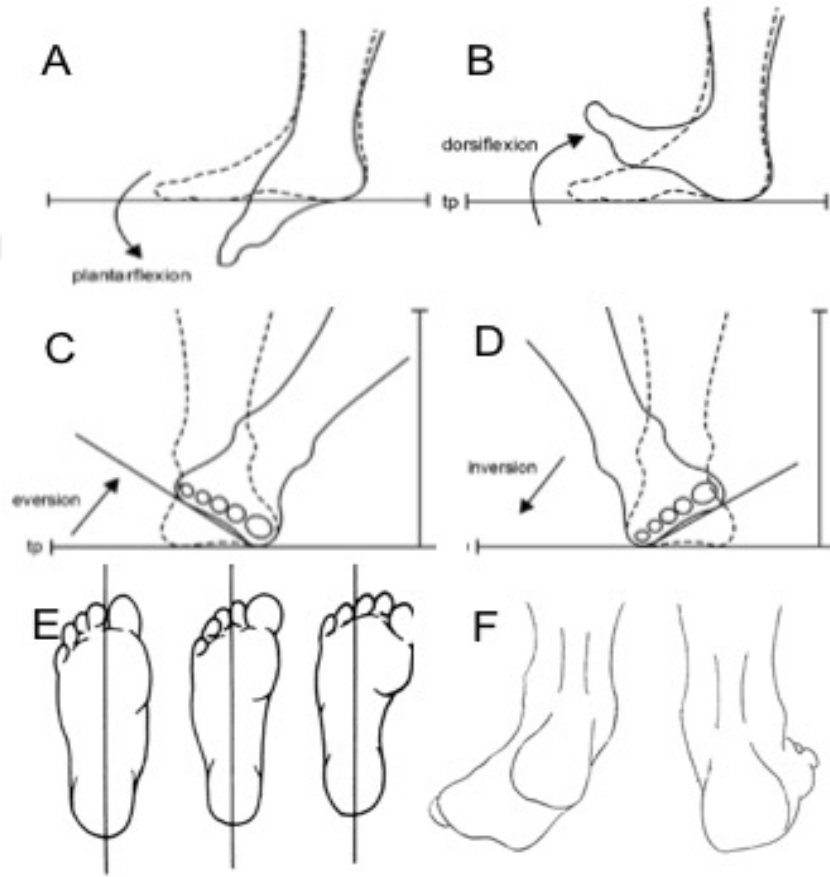
Primer lokal displazi dışında, etiyolojide intrauterin mekanik faktörler (21), primer germ hücre defekti (22), fetal gelişmenin durması (23), musküler dengesizlik (24) ve vasküler yetmezlik (25) gibi çok sayıda teori ileri sürülmüştür. Bu teorilerin ötesinde, son yıllarda çeşitli araştırmacılar tarafından PEV etiyolojisinde genetik faktörlerin de rol oynadığı sıkça vurgulanmakta ve bu doğumsal deformiteye poligenik multifaktöryel genetik geçiş özelliği yüklenmektedir (20, 26). Tüm PEV olgularının % 25’inde aile öyküsünün olmasının yanı sıra deformitenin tek yumurta ikizlerinde % 33’lük birliktelik göstermesi etiyolojide genetik faktörlerin rolünü doğrular niteliktedir (26). PEV yatkınlık genleri olarak adlandırılan *PITX1* ve *TBX4* transkripsiyon genleri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir (27).

2.2. İNSİDANS

Ülkemizde PEV insidansı ile ilgili yeterli veri yoktur, ancak bu deformitenin Amerika’da 1000 canlı doğumda 1 ile 2 oranında görüldüğü tahmin edilmektedir. Deformite erkeklerde daha sık görülür, %5 bilateral tutulum gösterir ve en sık sağ ayağı etkiler (16).

2.3. AYAK ve AYAK BİLEĞİ HAREKETLERİ

Ayak ve ayak bileği hareketleri temel olarak sagittal, frontal ve transvers planda meydana gelir. Ayak bileği ekleminin ana hareketleri plantar fleksiyon ve dorsifleksiyondur. Plantar fleksiyon, sagittal planda ayağın tibiya göre uzaklaşan hareketini, dorsifleksiyon ise ayağın sagittal planda tibiya doğru olan hareketini ifade eder. İnversiyon hareketi, arka ayağın frontal planda medial sınırdan içe doğru açılanmasını, eversiyon hareketi ise yine frontal planda bu hareketin tersini tanımlar. Ön ayak adduksiyonu, transvers planda ön ayağın vücut orta hattına yaklaştığı açılanmayı, abduksiyon ise aynı planda ön ayağın vücut orta hattından uzaklaşmasını ifade eder. Ayak da pronasyon hareketi, ayak bileğinde dorsifleksiyon, kalkaneal eversiyon ve ön ayağın abduksiyon hareketinin kombinasyonudur. Supinasyon ise bu hareketin tersi olacak şekilde ayak bileği plantar fleksiyonu, kalkaneal inversiyon ve ön ayak adduksiyon hareketlerinin kombinasyonundan meydana gelir (**Şekil 1.**) (28).



Şekil 1. Ayak ve ayak bileği hareketlerinin şematik görünümü

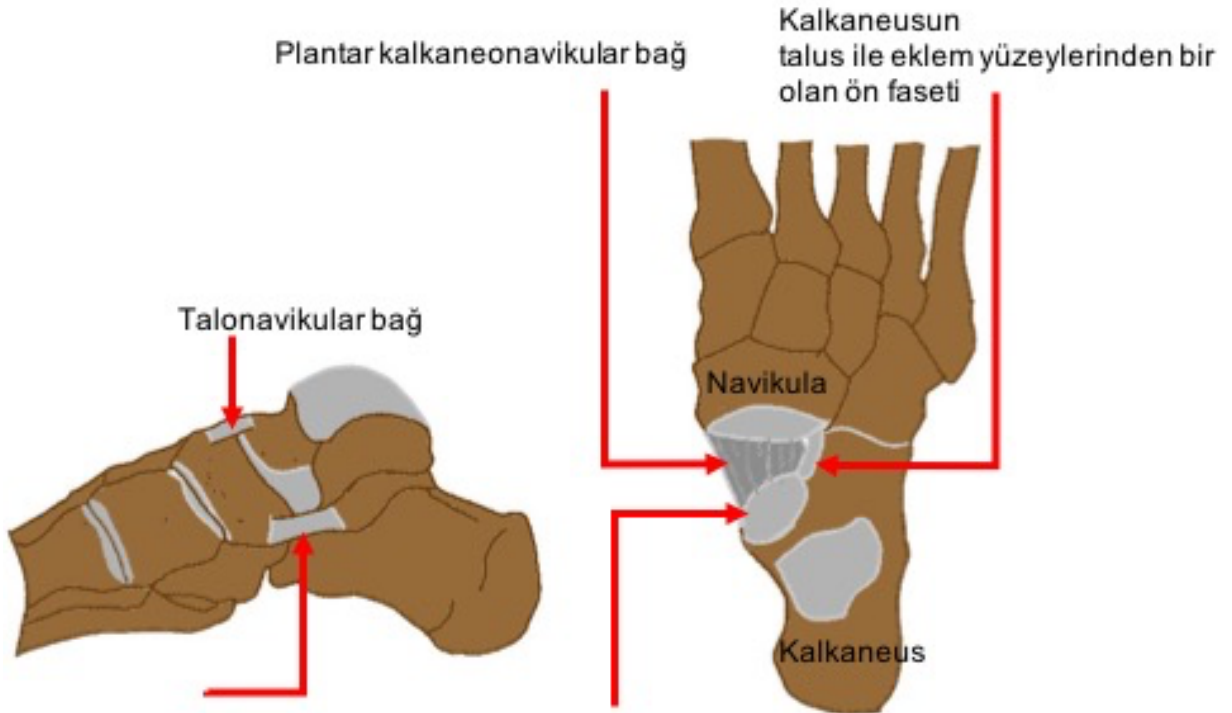
A ve B, Ayak bileği plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon. **C ve D,** İnversiyon ve Eversiyon hareketi (R ayak). **E,** Ayakta Addüksiyon-Nötral pozisyon ve Abduksiyon hareketi (R ayak). **F,** Supinasyon ve Pronasyon Hareketi (R ayak).

2.4. FONKSİYONEL ve PATOLOJİK ANATOMİ

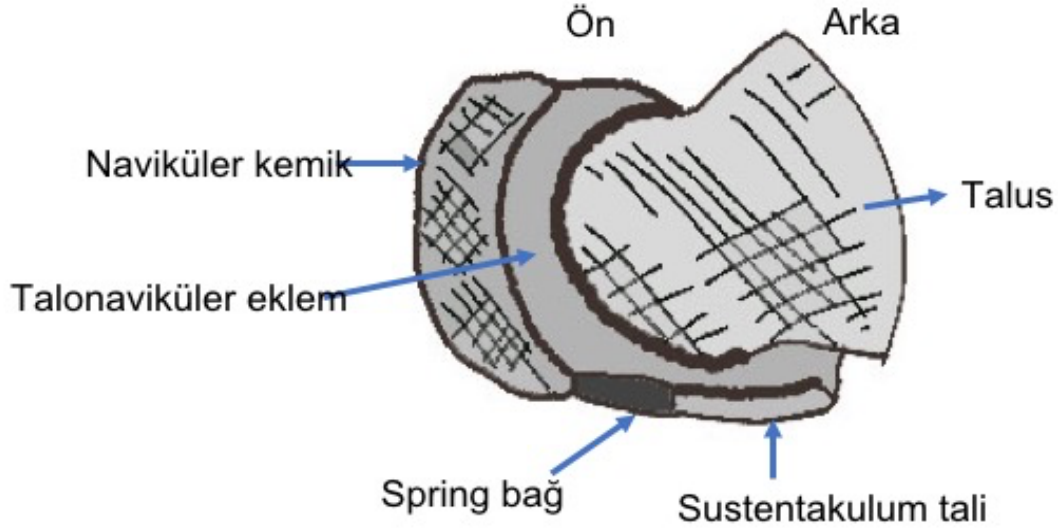
2.4.1. Fonksiyonel Anatomi

Günümüzde PEV'in patolojik anatomisi konusunda yaygın olarak kabul edilen görüş, bu doğumsal deformitenin başlıca talokalkaneonaviküler (TKN) eklem çıkığından kaynaklanıyor olmasıdır (29). Bu nedenle, PEV deformitesinin konservatif tedavisinde daha güvenli bir yaklaşım sergileyebilmek adına TKN eklemine fonksiyonel anatomisinin ve PEV deformitesi gelişiminde rol oynayan patolojik anatomisinin iyi bilinmesi son derece önemlidir.

Talus, kalkaneus ve naviküler kemik arasındaki anatomik ilişki, TKN eklem ya da eklem kompleksi olarak adlandırılır. Dört eklem yüzeyini içeren bu eklem kompleksi gerçek bir “topuz ve yuva tipi eklem” (ball-and-socket eklem; sferoid eklem) olmamasına rağmen sferoid tipte bir eklem gibi işlev yapar. Eklem kompleksinin topuz kısmı veya konveks yüzü talus başı tarafından oluşturulur ve talus başı, ayağın asetabulumu da denilen (coxa pedis), navikulanın konkav yüzü ve kalkaneusun ön ve orta fasetinden oluşan konkav yuvaya oturur. Yuvanın geri kalan kısmını, tibialis posterior tendonu, talonaviküler eklem kapsülü, deltoid bağ, kalkaneonaviküler bağ (spring ligament) ve interosseöz talokalkaneal bağlardan oluşan konnektif bağ dokusu oluşturur (Şekil 2 ve 3.) (29).



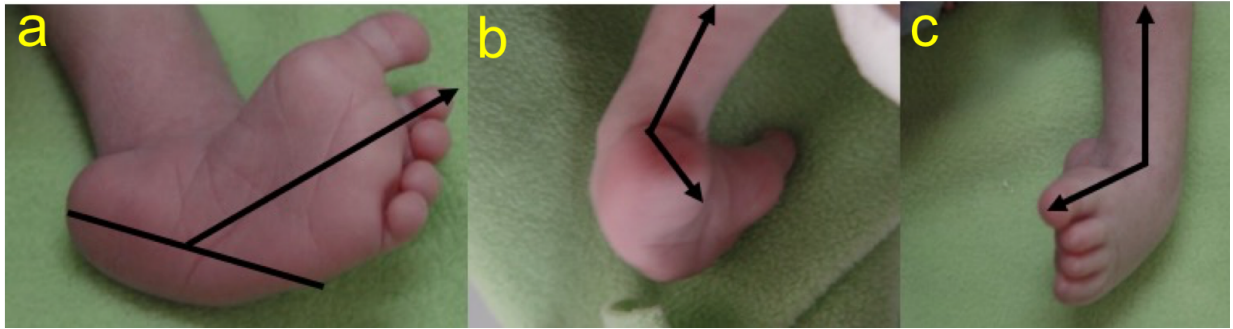
Şekil 2. Talokalkaneonaviküler eklem kompleksinin dıştan ve üstten anatomik görünümü



Şekil 3. Talokalkaneonavikular eklem kompleksini oluşturan anatomik yapıların horizontal düzlemde görünümü

2.4.2. Patolojik Anatomi

Doğumsal PEV deformitesi, temel olarak dört komponenti olan kompleks çok planlı bir deformitedir: frontal planda *varus*, sagittal planda *ekinus*, horizontal planda tüm ayağın kalkaneopedal blok halinde talusun etrafında iç rotasyonu, ayağın ön kısmının arkasına göre *adduksiyonu* ve *kavus* (Şekil 4.).

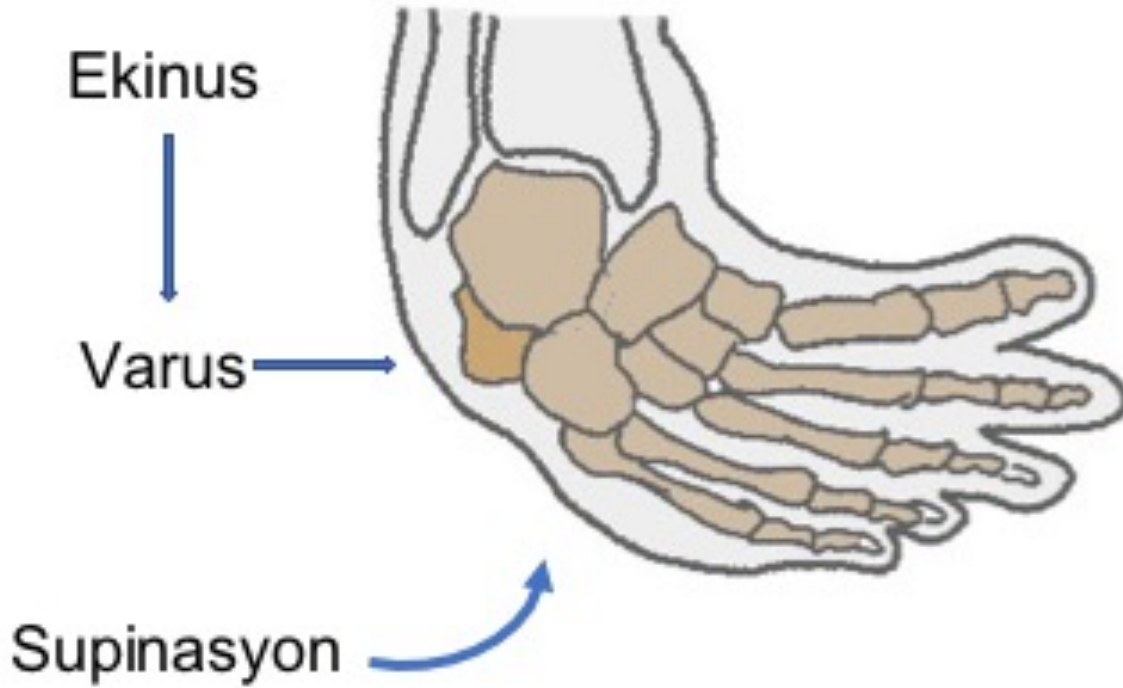


Şekil 4. Ayağın ön kısmının arkasına göre adduksiyonu (a), topuk varusu (b), tüm ayağın blok halinde talus etrafında iç rotasyonu ve ayağın ekinus pozisyonu (c). (Doç. Dr. Fuat Bilgili'nin arşivinden)

Bu kompleks ayak deformiteleri tarsal kemiklerin anormal kemik morfolojileri ve birbirleri ile olan anormal ilişkileri sonucunda meydana gelir. Ayağın artmış plantar fleksiyonu ile karakterize *ekinus* deformitesi, başlıca ayak bileği ekleminde, TKN ekleminde ve ön ayakta

meydana gelir. Kalkaneusun inversiyonu ve adduksiyonunu tanımlayan *varus* deformitesi, öncelikle TKN eklem kompleksinde meydana gelen intraosseoz ve interosseoz kemik patolojilerinin bir sonucudur. Tarsal kemiklerin distal uçlarının gövde sagittal düzlemine doğru hareketini tanımlayan adduktus deformitesi, öncelikle talonavikular ve anterior subtalar eklem patolojilerinde kaynaklanır. Kavus deformitesi ise ayağın yüksek medial arkını tarif eder ve ön ayağın arka ayağa göre pronasyona gelmesi ile oluşur (1, 30).

Bu deformiteler esas olarak TKN eklem kompleksinin plantara deplasmanı ve mediyale deviasyonu sonucu oluşmaktadır (**Şekil 5.**) (29, 31). Doğumsal PEV’de ana kemik deformitesi, talus boynundadır. Belirgin kısa olan talus boynu mediyale ve plantara doğru yönelmiş iken tüm talus ekinizmdedir. Buna karşın, talusun posterior kısmı, ayak bileği mortisi içerisinde yer aldığından, hemen her zaman normal yapısını korur (**Şekil 6.**) (29).



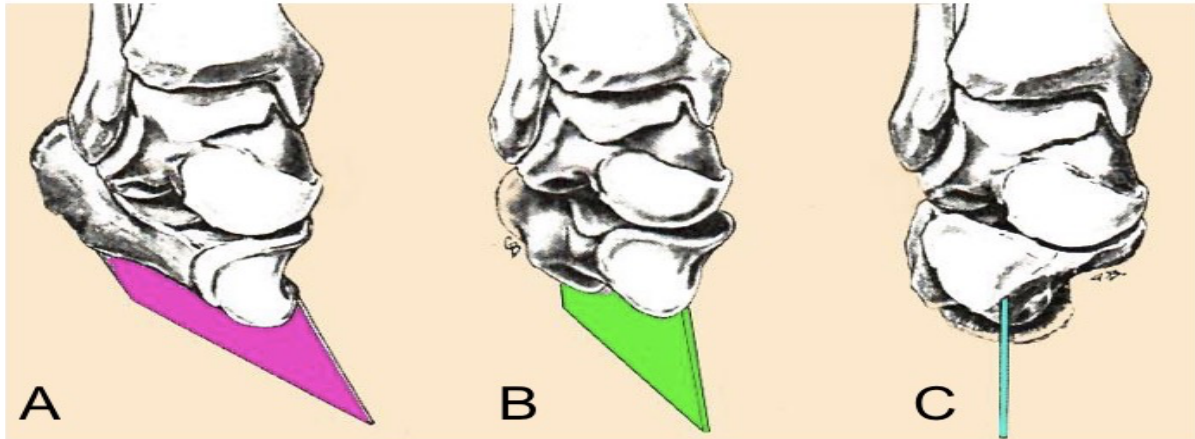
Şekil 5. Doğuştan çarpık ayağın önden görünümü. Talokalkaneonavikular eklem kompleksinin plantara deplasmanı ve mediyale deviasyonuna dikkat ediniz.



Şekil 6. Doğuştan çarpık ayakta patolojik talus anatomisinin şematik çizimi

A, Üstten görünüm. Kısalmış ve içe doğru yönelmiş talus boynunu, talus cisminden ayırmak oldukça zordur. Navikula ile eklemleşme deforme talus başının iç tarafı aracılığıyla olur. **B, Önden görünüm.** Navikula eklem yüzeyinin mediyale ve plantar tarafa doğru deviasyonuna dikkat ediniz. **C, İçten görünüm.** Talus boynu tibiotalar eklem yüzeyine göre belirgin olarak ekinus pozisyonundadır.

Talus gibi, kalkaneus da iç rotasyon ve ekinus pozisyonundadır (**Şekil 7.**). Böylece, hem talusun hemde kalkaneusun ekinus ve iç rotasyonda durması arka ayağın karakteristik ekinovarus pozisyonuna yol açar (32-35).



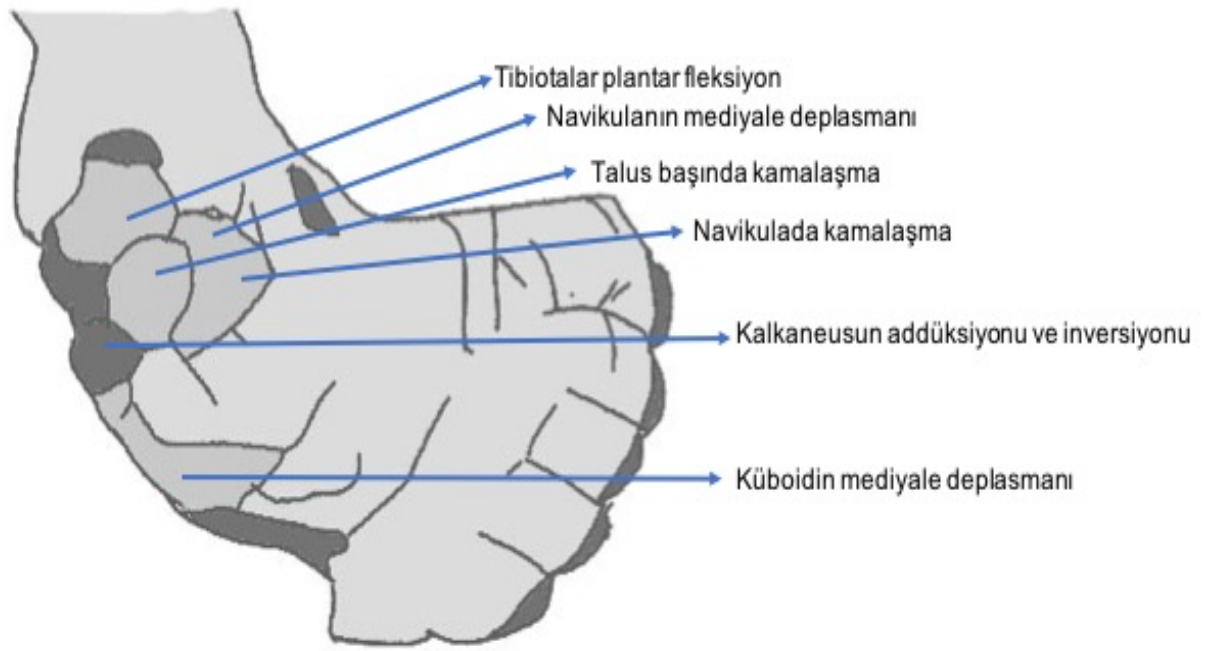
Şekil 7. Ponseti yöntemi ile tedavi sırasında kalkaneusun pozisyonları

Tedavi öncesi PEV'deki kalkaneus talus altında ileri derecede adduksiyon, fleksiyon ve inversiyondadır (**A**). Ponseti yöntemiyle abduksiyona getirildiği zaman kendiliğinden talus altındaki nötral pozisyona redükte olur (**B ve C**). (Staheli L, Yalçın S. Pes Ekinovarus: Ponseti Yöntemi İle Tedavi, Global Help Organisation, 2003)

Az gelişmiş ve üçgen şeklinde olan navikula mediyale deplase ve invert pozisyonundadır. Hemen her zaman vertikal konumda olan navikula, şiddetli olgularda neredeyse iç malleole dayanır. Navikulanın normal pozisyonuna gelmesini yani TKN eklem kompleksinin redüksiyonunu engelleyen başlıca anatomik yapılar: talonaviküler eklem kapsülü, deltoid ve

kalkaneo-naviküler (spring) bağlar, fleksor digitorum longus ve fleksor hallucis longus kaslarının birleşme kavşağıdır (the master knot of Henry) (29, 36).

Doğuştan çarpık ayakta görülen ön ayak adduksiyonu ve supinasyonu (ayağın lateral kenarının konveksitesi), talonaviküler ve kalkaneo-küboid eklemlerin subluksasyonuna ikincildir. Ayrıca kalkaneoküboid eklem subluksasyon derecesi, deformitenin şiddeti ile orantılıdır (29, 35, 36). Doğumsal PEV deformitesine ilişkin patolojik anatomiği şekil 8’de özetlenmiştir.



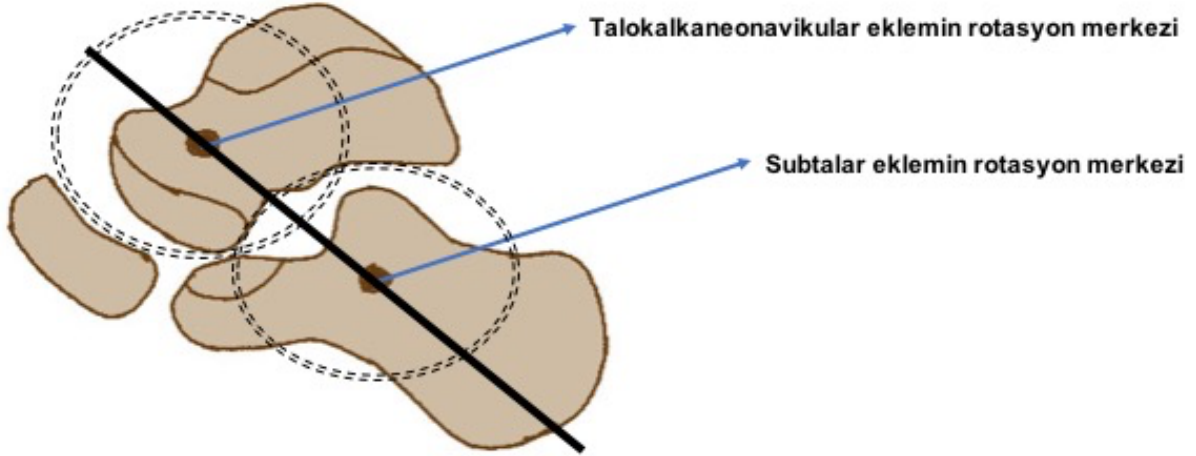
Şekil 8. Üç günlük bebekteki PEV deformitesi (Staheli L, Yalçın S. Pes Ekinovarus: Ponseti Yöntemi İle Tedavi, Global Help Organisation, 2003)

2.5. AYAK ve AYAK BİLEĞİNİN NORMAL BİYOMEKANİĞİ

Ayak ve ayak bileği biyomekanikliği alt ekstremitenin yürüme ve diğer günlük aktivitelerini normal olarak yerine getirmesinde kilit rolü oynar. Uygun bir ayak ve ayak bileği artrokinematikliği yürüme esnasında meydana gelen kompresif ve makaslama kuvvetlerini etkili bir şekilde dağıtarak yüksek dereceli stabilite ile normal bir yürüme fonksiyonuna izin verir. Aynı zamanda bu yüksek dereceli stabilite, ayak ve ayak bileğini osteoartroz gibi dejeneratif süreçlere karşı korur (37, 38).

Ayakta bulunan her eklem, eklem yüzeylerinin eğimi ve eklem yüzeylerine yapışan bağların yönelimi ve yapısı ile belirlenen kendine özgü bir hareket paterni mevcuttur. Tarsal eklemler, tek planlı menteşe hareketinin ötesinde, fonksiyonel bir hareket ünitesi gibi

davranarak kendilerine ait hareket eksenlerinin etrafında eş zamanlı dönerek hareket ederler. Eğer bu fonksiyonel eklem hareket ünitesinden biri bile işlev görmezse, diğerleri de fonksiyonel olarak işlev göremez hale gelir (**Şekil 9.**) (37-39). Vurgulanmak istenilen, normal bir ayakta olduğu gibi PEV’de de tarsal kemiklere rotasyon hareketi yaptırmak için tek bir hareket eksenini bulunmamaktadır.



Şekil 9. Tek planlı menteşe hareketinin ötesinde fonksiyonel eklem hareket ünitesi gibi hareket eden talokalkaneonavikular eklem kompleksinin kendilerine ait rotasyon merkezlerinin şematik çizimi.

2.6. TANI

Doğuştan çarpık ayağı olan bir yenidoğanda, fizik muayene ile deformitenin pasif olarak düzeltilememesi pozisyonel bir PEV deformitesinin aksine gerçek bir PEV deformitesini akla getirmelidir. Doğumsal PEV deformitelerinin büyük çoğunluğunu izole idyopatik PEV deformitesi oluşturmalarına rağmen olguların %20’sine Down sendromu, Larsen sendromu veya artrogripozis gibi çeşitli nöromusküler hastalıklarlar veya sendromlar eşlik edebilmektedir (17, 18). Bu yüzden, tüm PEV hastaları altta yatan muhtemel nöromusküler veya sendromik/dismorfik etiyolojiler açısından araştırılmalıdır. Ayrıca detaylı bir kas ve iskelet sistemi muayenesi, idyopatik PEV’i sıklıkla konservatif tedaviye daha dirençli olan idyopatik olmayan PEV formlarından ayırmak için son derece önemlidir.

Doğuştan çarpık ayak muayenesinde, ayağın nörolojik durumu dikkatli bir şekilde, özellikle plantar uyarıma yanıt ile değerlendirilmelidir. Ayak parmaklarının plantar uyarıma ikincil aktif dorsifleksiyon hareketi yapmaması ve plantar fleksiyonda iken istirahat pozisyonunda kalmaları nörojenik PEV deformitesinin peroneal sinir paralizisi ile ilişkili bir alt

formuna işaret eder. Tipik olarak, deformitenin bu formunda konservatif tedaviye yanıt kötü ve nüks sıktır (40).

2.7. SINIFLAMA

Doğuştan çarpık ayak deformitesi altta yatan neden ve tedaviye verilen yanıtı dayanılarak 4 ana başlık altında sınıflandırılabilir (41):

- **İdyopatik PEV:** Diğer kas ve iskelet sistem anomalileri ile birliktelik göstermeyen, normal bir bebekte izole doğumsal deformitedir. PEV'lerin büyük bir kısmı bu gruptandır.
- **Nörojenik PEV:** Spina bifida gibi nörolojik hastalıklarla ilişkili PEV'dir.
- **Sendromik PEV:** Rijid tiptir. Larsen sendromu, Pierre Robin sendromu gibi sendromlarla ilişkilidir.
- **Pozisyonel PEV:** In-utero pozisyonun devam etmesine bağlı gelişen esnek PEV'dir. Genellikle alçılama ve germe egzersizleri ile iyileşir.

2.8. TEDAVİ ve TAKİP

PEV tedavisinde temel amaç; normale yakın bir anatomi ile, ağrısız ve düz bir şekilde yere basan, özel ayakkabı giymeyi gerektirmeyen ve hareket kapasitesi iyi olan bir ayak elde etmektir. PEV tedavisi başlıca konservatif ve cerrahi olarak ikiye ayrılır.

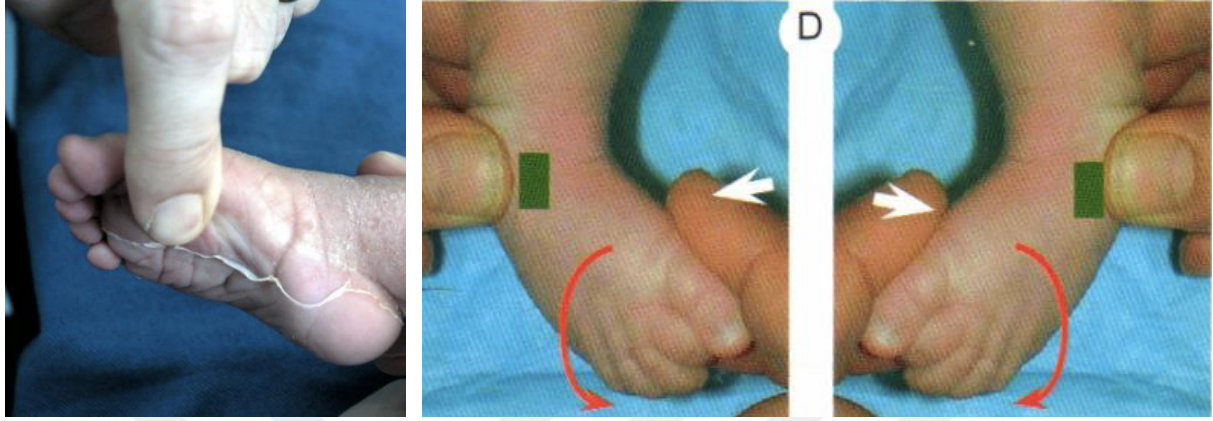
2.8.1. Konservatif Tedavi

Doğumsal PEV deformitesinin başlangıç tedavisini hemen her zaman cerrahi dışı tedaviler oluşturur. Günümüzde en sık kullanılan cerrahi dışı tedavi Ignacio Ponseti tarafından tanımlanmış "Ponseti Yöntemi" dir. Buna karşın, son yıllarda "Fransız Fonksiyonel Yöntemi" olarak adlandırılan bir diğer konservatif tedavi yöntemi ile de başarılı sonuçlar elde edildiğine dair yayınlar mevcuttur (42-44).

2.8.2. Ponseti Tekniğinin Prensipleri

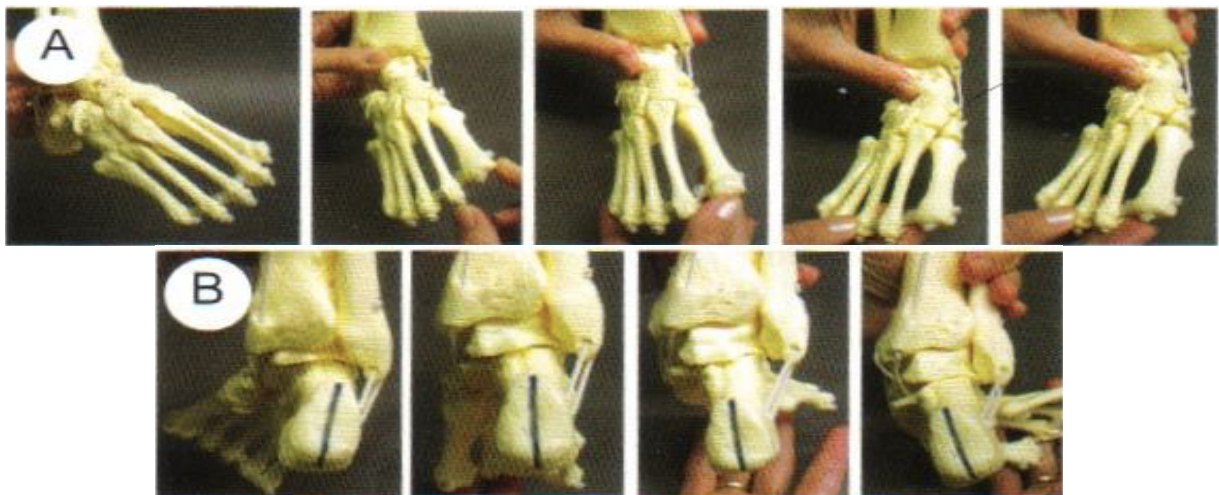
Ponseti yöntemi ile seri alçılama doğumdan sonra en kısa sürede başlanılmalıdır. Mümkünse alçılama tecrübeli bir ortopedist tarafından yapılmalıdır. Bu yöntem haftalık seri uzun bacak alçılama ile deformitenin kademeli olarak düzeltilmesi esasına dayanır. Deformitenin bileşenleri CAVE akronimi (Cavus, adductus, varus, and equinus) sırasıyla düzeltilir (45).

Ponseti tedavisinde deformiteyi düzeltmeye öncelikle kavus komponentinden başlanır. Kavus deformitesini düzeltmek için birinci metatars eleve edilip ön ayağın supinasyona getirilmesi yeterlidir. Bir başka deyişle ayak plantar yüzeyinde inspeksiyonla normal bir ark görünümü elde edilene kadar ön ayak supinasyona getirilir (Şekil 10).



Şekil 10. Ön ayağın supinasyona getirilerek kavusun düzeltilmesi

Kavus deformitesi düzeltildikten sonra adduktus ve varusu düzeltmek için ayağa supinasyonda iken abduksiyon manevrası uygulanır. Etkili bir abduksiyon manevrası için öncelikle lateral malleol önünde talus başı lokalize edilerek baş parmak ile talus başı stabilize edilir ve böylelikle ayağa abduksiyon yaptırılacak bir eksen sağlanır. Eş zamanlı talus başını stabilize eden elin işaret parmağı lateral malleolun arkasına yerleştirilerek ayak abduksiyon pozisyonunda iken ayak bileğini stabilize edip manipülasyon sırasında fibulayı posteriora doğru çekecek olan posterior kalkaneofibular bağın gerilmesi engellenir (Şekil 11.).



Şekil 11. Ön ayak adduktusunun ve topuk varusunun supinasyona getirilerek düzeltilmesi (Staheli L, Yalçın S. Pes Ekinovarus: Ponseti Yöntemi İle Tedavi, Global Help Organisation, 2003)

Ayak haftalık seri alçılamlar ile çocukta rahatsızlık uyandırmadan mümkün olduğu kadar abduksiyona getirilir. Böylelikle bilekteki ekinus hariç PEV deformitesinin tüm bileşenlerinin eş zamanlı olarak düzeltilmesi hedeflenir. Her alçılama sonrası navikulanın ve kalkaneus ön tarafının lateral hareketi artar. Eş zamanlı, talus başının redükte olmaya başladığı ve naviküler kemik tarafından örtülmeye başlandığı hissedilir. Ayrıca ayak abduksiyona alındıkça supinasyonun da azaldığı gözlemlenir. Ancak, ayak kesinlikle pronasyona getirilmez. Ayak tam abduksiyona getirildiğinde ayağın plantigrad olduğu, kalkaneusun eşzamanlı olarak eversiyona gelmesi ile de topuk varusunun düzeldiği izlenir. Elle düzeltme sırasında, kalkaneusun serbestçe düzelebilmesi için kalkaneoküboid ekleme veya topuğa dokunulmamaya özen gösterilir. Genellikle 4. ya da 5. alçılama sonrasında tam düzelme sağlanır. Ancak çok sert ayaklar için daha fazla sayıda alçı gerekebilir (45).

Kavus, ayak önü adduksiyonu ve topuk varusu kademeli olarak düzeltildikten sonra, en son düzeltilen deformite ekinus deformitesidir.

2.8.3. Perkütan Aşıl Tenotomisi

Perkütan tenotominin amacı; ekinusu düzelterek PEV deformitesinin tamamen düzelmesini sağlamaktır. Tenotomi uygulamadan önce ekinus dışında deformitenin diğer komponentlerinin tamamen düzelmiş olmasına dikkat edilmelidir. Aslında, varus ve adduktus düzeltildikten sonra, ekinus deformitesini ayağı kademeli olarak dorsifleksiyona zorlayarak düzeltmek mümkündür. Önemli olan nokta, muhtemel bir “rocker bottom” (taban çökmesi) deformitesinden kaçınmak için metatars başlarından ziyade tüm ayağın dorsifleksiyona zorlanmasıdır. Ancak, hızlı bir düzelme sağlamak adına, olguların yaklaşık %90’ından fazlasında perkütan tenotomi gerekmektedir (42, 45, 46).

Ponseti yöntemi ile tedavide kritik nokta perkütan tenotomi kararının verilmesidir. Ponseti’ye göre, kalkaneusun ön kısmı talusun altında abduksiyona getirilebiliyorsa tenotomi zamanı gelmiş demektir ve tenotomi uygulamadan önce ayağın yeterince abduksiyona getirilebildiğinden emin olunmalıdır. Ayak abduksiyonunun yeterli olduğuna karar vermek için;

- abduksiyon yapıldığında kalkaneus ön kısmı talus altında palpe edilebilmeli,
- tibianın frontal planına göre ayağın yaklaşık olarak 60°-70° abduksiyona gelebildiği gözlemlenmeli,

- kalkaneus nötral ya da hafif valgus pozisyonuna gelebilmelidir (bunu anlamının en iyi yolu kalkaneusun arka kısmının palpe edilmesidir).

Özetle, arka ayak nötral ya da hafif valgus pozisyonunda ise ve ayak bacak uzun aksına göre yaklaşık 70° abduksiyona getirilebiliyorsa ekinus deformitesi düzeltilmeye başlanabilir. Düzeltmeyi hızlandırmak için de genellikle perkütan Aşil tenotomisi gerekir (45).

Aşil tenotomisi bebeklik çağına miyelinizasyon henüz tamamlanmadığı için lokal anestezi ile (47) hatta anestezi yapılmaksızın uygulanabilir (48). Steril koşullar sağlandığı takdirde ameliyathane dışı klinik koşullarda uygulamak mümkündür. Ancak, bazı yazarlar muhtemel bir nörovasküler yaralanmaya yol açmamak ve direnç olmaksızın daha rahat dorsifleksiyon elde etmek için işlemin ameliyathane şartlarında ve genel anestezi altında uygulanmasını savunur (19).

Tenotomi Tekniği:

Standart steril koşullar sağlandıktan sonra, ayak bir asistan tarafından hafif-orta şiddetle dorsifleksiyona zorlanır. Zira aşırı dorsifleksiyon cildi gererek tendonu palpe etmeyi zorlaştırır.

Akabinde, 11 no'lu bistürü ucu Aşil tendonunun kalkaneus insersiyosunun 0,5 ile 1 cm üzerinden tendonun mediyal kenarında olacak şekilde cilde sokulur. Bistürü ucu uygun pozisyonda yerleştirildikten sonra karşı elin işaret parmağı ile tendona karşı kuvvet uygulanarak hem tenotomi kolaylaştırılır hem de gereksiz cilt laserasyonları engellenmiş olunur. Posterior tibial nörovasküler yapıları yaralamamak için bistürü ucu önce tendonun liflerine paralel ayağa dik olacak şekilde hemen tendonun mediyal kenarına yerleştirilir. Ardından 90° posteriora doğru çevrilip yavaşça kaydırılarak tenotomi tamamlanır. Ayrıca tenotomi sırasında bistürü ucunun aşırı laterale kaydırmamak olası küçük saphen ven yaralanması ve sural sinir yaralanmasına karşı koruyacaktır. Palpe edilebilir bir ayrışma hissi ve ayağın yaklaşık 15°-20° dorsifleksiyona getirilebilmesi tenotominin başarılı olduğunu gösterir. İşlem sonrası dikişe gerek yoktur, steril pansuman yeterlidir (1, 45).

Perkütan Aşil tenotomisi sonrası, ayak 70° abduksiyon ve maksimum dorsifleksiyon pozisyonunda olacak şekilde uzun bacak sirküler alçı içine alınarak yaklaşık üç hafta immobilize edilir (**Şekil 12.**).



Şekil 12. A) Aşilotomi öncesi B) Aşilotomi sonrası C) Alçılama şekli D) Alçı sonrası (Doç. Dr. Fuat Bilgili'nin Arşivinden)

2.8.4. Ponseti Tedavisi Sonrası Takip Prosedürü

Son alçı çıkarıldıktan sonra, deformitenin nüks etmesini engellemek için başlangıçta bazı yazarlara göre üç ay (42, 49), bazı yazarlara göre ise altı ay (47) boyunca günde 23 saat (gece ve gündüz) ayak abduksiyon cihazı uygulanmalıdır. Abduksiyon cihazı, 10-15° konveksitesi olan Denis-Browne barına veya Steenbeck ortezi monte edilen önü açık tarsopronator ayakkabılardan oluşur. Medial yumuşak doku gerginliğini korumak, ayak önünün abduksiyonunu sağlamak ve kalkaneusu gevşetmek için ayak ayakkabı vasıtasıyla 70° dış rotasyon ve 15° dorsifleksiyonda tutulur. Eğer deformite tek taraflı ise, normal taraf 40-45° dış rotasyonda tutulur. Bar uzunluğunun omuzlar arası mesafe kadar olması ayak abduksiyonunun korunmasını kolaylaştırır (45).

3 aylık gece gündüz abduksiyon cihazı uygulaması sonrasında çocuk 3-4 yaşına gelene kadar günde 14 saat (tüm gece ve 2-4 saat gündüz uykusu boyunca) olacak şekilde ayak abduksiyon cihazı (Denis-Browne Ortezi) (Şekil 13.) uygulamasına devam edilmelidir. Bu basamak, Ponseti tedavisi sonrası nüksü engellemek için son derece önemlidir (47, 50). Bazı yazarlar Denis-Browne ortezi kullanımı takiben 5 yaşına kadar sadece gündüzleri kullanılacak şekilde parmakları açıkta bırakan, düz mediyal kenarlı, laterale bükük olan ve ters Thomas topuklu ayakkabı kullanımını önermektedir. Bu ayakkabı kullanımı için gerekçeleri; Ponseti tedavisi sonrası kazanılan kalkaneus ve talus arasındaki normal anatomik ilişkinin korunması için kalkaneus ve ön ayak arasındaki hiperabduksiyon gereksinimidir. Diğer taraftan, abduksiyon cihazı çıkarıldıktan sonra normal ayakkabı giydirilebileceğini savunan araştırmacılar da mevcuttur (45).



Şekil 13. Denis-Browne Ortezi

2.9. PONSETİ TEDAVİSİ SONRASI REZİDÜ VE NÜKS DEFORMİTELER

Ponseti yöntemi oldukça başarılı bir tedavi yöntemi olarak kabul edilmesine rağmen, bu yöntem ile tedavi sonrasında rezidü ya da nüks deformiteler ile karşılaşılabilir (2). Literatürde *rezidü deformite* terimi birincil tedavi sonrası tam olarak anatomik düzelme sağlanamamış, ek girişimler gerektiren deformiteleri tanımlamak için kullanılırken, *nüks deformite* terimi başarılı bir başlangıç tedavisi sonrası PEV' in bileşeni olan deformitelerden (*kavus, adduktus, varus ve ekinizm*) herhangi birinin tekrar meydana geldiği durumu tanımlanmak için kullanılmaktadır (3).

Ponseti tedavisi sonrası en sık görülen rezidü ya da nüks deformiteler arka ayağın ekinus ve varusudur. Kavus ve adduktus deformiteleri nadiren klinik olarak belirgin derecede tekrar meydana gelir. Deformiteler genellikle ayak büyümesinin en hızlı olduğu yaşamın ilk beş yılı içerisinde tekrarlar. Nüks 5 yaşın üstünde nadir iken, 7 yaşın üstünde oldukça nadirdir (51).

Ponseti tedavisi sonrası nüksün en sık sebebi ayak abduksiyon cihazının yetersiz kullanımıdır. Cihaz kullanılmadığı takdirde nüks %70-80 oranında iken, kullanıldığında nüks oranı %6 civarındadır (31, 52). Cihaz kullanımına uyumsuzluğun nüks deformite ile sonuçlandığı açıktır, ancak deformitenin tekrarlanması tamamıyla yetersiz cihaz kullanımı ile açıklanamaz. Rezidü ya da nüks deformitelerin gerçek patolojisi hala bilinmemekle beraber, farklı yazarlar farklı etiyojiler ileri sürmüştür (53).

2.10. RADYOGRAFİK DEĞERLENDİRME

PEV tanısı klinik bir tanı olduğundan yeni doğan ve erken çocukluk döneminde tanı koymak için konvansiyonel radyografilere gereksinim duyulmaz. Ancak aşağıda sıralanmış durumlarda PEV deformitesini tedavi eden hekimlere yol gösterici olabilir:

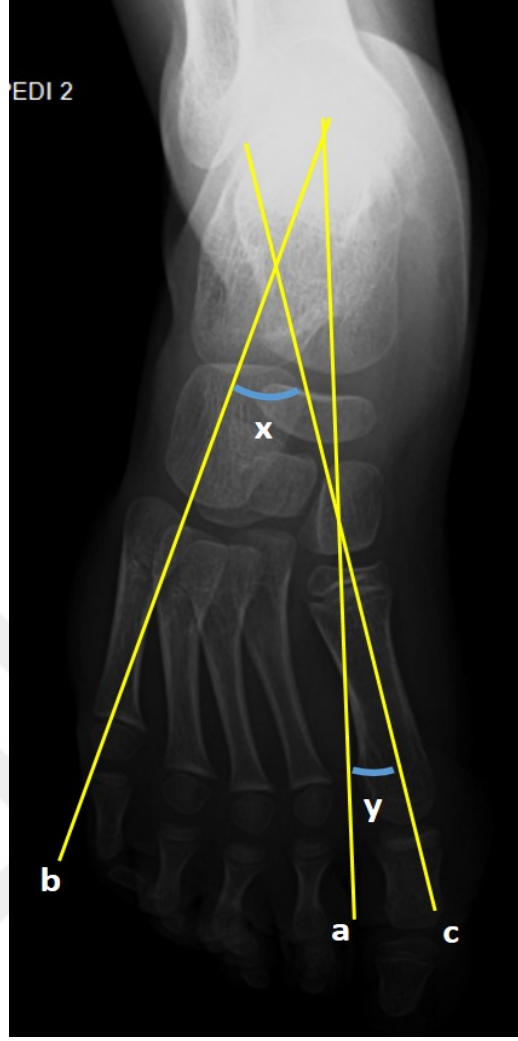
1. Konservatif tedaviye yanıt vermeyen olguların değerlendirilmesi.
2. Ponseti tedavi sırasında ön ayak adduktusu ve talonavikular yarı çıkığında düzelmenin gözlenmesi.
3. Takiplerde rezidü ve nüks deformitelerin saptanması (54).

Doğuştan çarpık ayağın değerlendirilmesinde en sık kullanılan radyografik ölçümler aşağıda tanımlanmıştır.

2.10.1. AP Grafilerde Değerlendirilen Radyografik Ölçümler:

AP talokalkaneal açısı (Kite açısı): Talusun uzun aksı ile kalkaneusun uzun aksı arasındaki açıdır (**Şekil 14.**). Bu açı arka ayağın varus-valgus dizilimini göstermek amacıyla kullanılır. Genellikle 30° ile 55° arasındaki açı değerleri normal olarak kabul edilir. PEV deformitesinde AP düzlemde kalkaneus ve talus paralel hale geldiğinden artan topuk varusu talokalkaneal açıda azalma ile sonuçlanır (55, 56).

Talus-1.metatars arası açısı: Talus ile 1. metatarsın AP düzlemdeki uzun aksları arasındaki açıdır (**Şekil 14.**). Bu açı, ayak önünün ayak arkasına göre dizilimini gösterir. Normalde, her iki uzun aks aynı çizgi üzerinde olacak şekilde çakışmalıdır. Bu ölçümün pozitif değerleri ön ayak adduktusunu yansıtırken, negatif değerleri ön ayak abduktusunu işaret eder. Doğuştan çarpık ayakta ise, ön ayak adduktusuna bağlı olarak genellikle negatiftir (56).



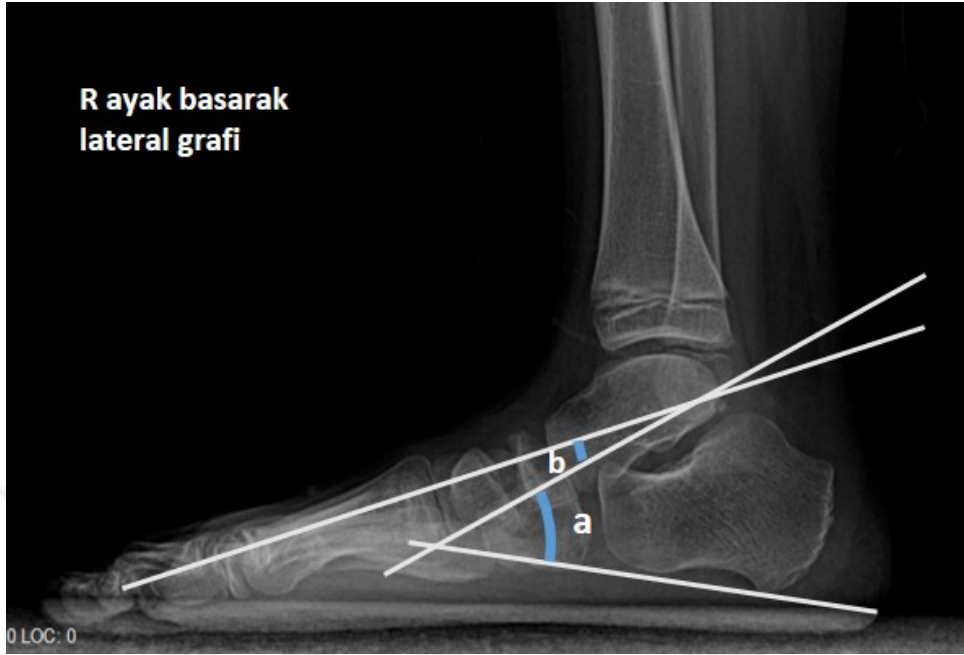
Şekil 14. Ön-arka planda talus (a), kalkaneus (b) ve 1. Metatars (c) aksları. Ön-arka talokalkaneal (x) ve talus-1.metatars arası açıları (y).

2.10.2. Lateral Grafilerde Değerlendirilen Radyografik Ölçümler:

Lateral talokalkaneal açısı: Kalkaneus ve talusun lateral düzlemde uzun aksları arasında ölçülen açıdır (**Şekil 15**). Bu açı, arka ayağın dizilimini değerlendirmek için kullanılır. Normal değeri 35° ile 50° arasında değişir. Lateral talokalkaneal açı, arka ayağın varus diziliminde ve ekinizm deformitesinde azalırken, valgus diziliminde ve kalkaneus deformitesinde (kavus) artar (57).

Talus-1.metatars arası açısı (Meary açısı): Talus ve 1. metatarsın lateral düzlemde uzun aksları arasında ölçülen açıdır (**Şekil 15**). Bu açı, ön ayak ile arka ayak arasındaki dizilim ilişkisini değerlendirmek için kullanılır. Normal bir ayakta talusun uzun aksı ile 1. Metatarsın uzun aksı aynı çizgi üstüne çakışır. Genel bir kural olarak -4°'nin altındaki değerler pes planus deformitesi, +8°'nin üzerindeki değerler pes cavus deformitesi olarak değerlendirilir. Doğuştan

çarpık ayakta talonavikular eklemin redüksiyonunu ve ön ayak adduktusunu değerlendirmek için kullanılır (56, 58).



Şekil 15. Basarak çekilmiş lateral ayak grafisinde; talokalkaneal açısı (a), talus-1. Metatars arası açısı (Meary açısı) (b).

2.11. KAS GÜCÜ ÖLÇÜMÜ

Kas gücü, özel ekipmanlar olmaksızın fizik muayene ile değerlendirilebileceği gibi, çeşitli cihazlar yardımı ile izokinetik veya izometrik olarak da ölçülebilir (59). Günlük tıp pratiğinde, en sık kullanılan yöntem elle yapılan kas gücü testidir (60). Ancak, bu yöntemin kas gücünde meydana gelen değişiklikleri göstermek için duyarlılığı oldukça düşüktür (61). Bu nedenle, son yıllarda, kas gücünün daha detaylı olarak değerlendirilmesine izin veren çeşitli cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlardan biri, geçerliliği kabul edilmiş bir yöntem olan taşınabilir elektronik el dinamometresidir (62) (Şekil 16.). Klinik uygulanabilirliği oldukça basit olan bu cihaz izometrik kas kontraksiyonlarının gücünü ölçer. Literatürde bu cihaz ile iki tip ölçüm tekniği tanımlanmıştır: make test ve break test. Birinci teknikde (make test), kompresyon moduna alınan dinamometre ölçüm yapan kişi tarafından değerlendirilmek istenilen kas grubu üzerinde durağan şekilde tutulurken hastadan dinamometreyi itmesi istenir. İkinci teknik esnasında (break test), ölçüm yapan kişi dinamometreyi hastanın maksimum çabasının üstesinden gelinceye kadar ölçüm yapılan kas grubuna doğru iter (60). Birinci tekniğin, ikinci teknikten daha yüksek güvenilirliğe sahip olduğu gösterilmiştir (63). Taşınabilir el dinamometresi ile tanımlanmış ölçüm pozisyonlarına göre hem üst hem de alt ekstremitte kas

güçlerini ölçmek mümkündür. Ayrıca, taşınabilir el dinamometresi 5 ile 10 yaş arası çocuklarda kas gücü ölçümü için güvenilirliği kabul edilmiş bir yöntemdir (60). Bu yöntem ile ayak ve ayak bileği çevresi kas gücü ölçüm pozisyonları araştırmamızın hastalar ve yöntem kısmında detaylı olarak anlatılmıştır.



Şekil 16. Araştırmamızda kullanılan *taşınabilir elektronik el dinamometresi* (The wireless microFET®2 Digital Handheld Dynamometer muscle tester, Hoggan Scientific LLC, Salt Lake City, USA).

3. HASTALAR ve YÖNTEM:

3.1. HASTA SEÇİMİ VE HASTALAR

3.1.1. Hasta Seçimi

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda 2005 ve 2010 yılları arasında PEV tanısı nedeniyle Ponseti yöntemi uygulanarak tedavi edilmiş çocuk hastalar geriye dönük olarak araştırıldı. Hastaların belirlenmesi amacıyla kliniğimizin yürüme analizi laboratuvarında kullanılan tıbbi arşiv sistemi kullanıldı. Çalışmanın yapılabilmesi için gerekli etik kurul onayı İstanbul Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul'undan elde edildi.

Arşiv taraması sonrası 2005 ile 2010 yılları arasında tek taraflı PEV tanısı nedeniyle Ponseti yöntemi uygulanarak tedavi edilmiş hasta sayısının 70 olduğu saptandı. Hasta seçim kriterlerine göre (**Tablo 1.**) 44 hasta çalışmadan çıkarıldıktan sonra, geriye kalan tek taraflı idyopatik PEV tanılı 26 hasta nüks metatarsus adduktus deformitesi açısından değerlendirilmek üzere son poliklinik kontrollerine çağrıldı.

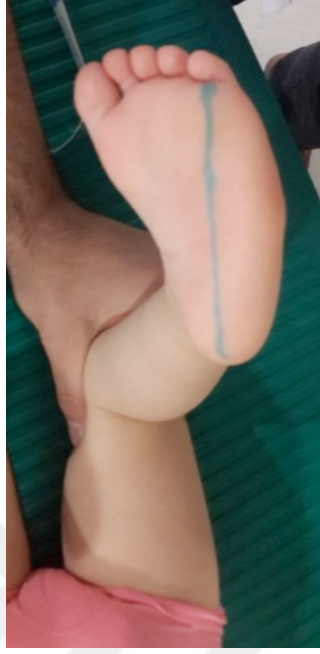
Her bir hastanın Ponseti yöntemine göre tedavi edilmiş PEV'li ayağı nüks metatarsus adduktus deformitesi açısından klinik olarak Bleck'in topuk orta çizgisi yöntemine (Bleck's heel bisector method) (64) göre değerlendirildi. Bu yöntemle göre, klinik olarak topuğu iki eşit parçaya ayıran bir topuk ortayı çizildikten sonra bu çizginin parmaklar ile olan ilişkisi göz önünde bulunduruldu (**Şekil 17**). Buna göre, topuk ortayının ikinci parmak ya da ikinci intermetatarsal aralıktan geçtiği ayaklarda ön ayak adduktusunun olmadığı kabul edildi. Ancak, topuk ortayının:

- üçüncü parmaktan geçtiği ayaklarda *hafif*,
- üçüncü intermetatarsal aralıktan veya dördüncü parmaktan geçtiği ayaklarda *orta* ve
- dördüncü parmağın lateralinde yer alan ayaklarda *ciddi* metatarsus adduktus varlığı kabul edildi (**Şekil 18**).

Bleck yöntemine göre 6 hastanın ön ayağında adduktus deformitesi yok iken, geriye kalan 20 hastada klinik olarak değişen şiddetlerde nüks metatarsus adduktus deformitesi tespit edildi.

Çocukların her bir ebeveyninden katılımcı bilgilendirme ve katılımcı onam formları elde edildikten sonra tek taraflı idyopatik PEV tanısı nedeniyle Ponseti yöntemine göre tedavi

edilmiş ve tamamında perkütan Aşil tenotomisi uygulanmış nüks metatarsus adduktus deformiteli toplam 20 çocuk çalışmaya dahil edildi. Çalışmanın akış şeması **tablo 1**'de verilmiştir.

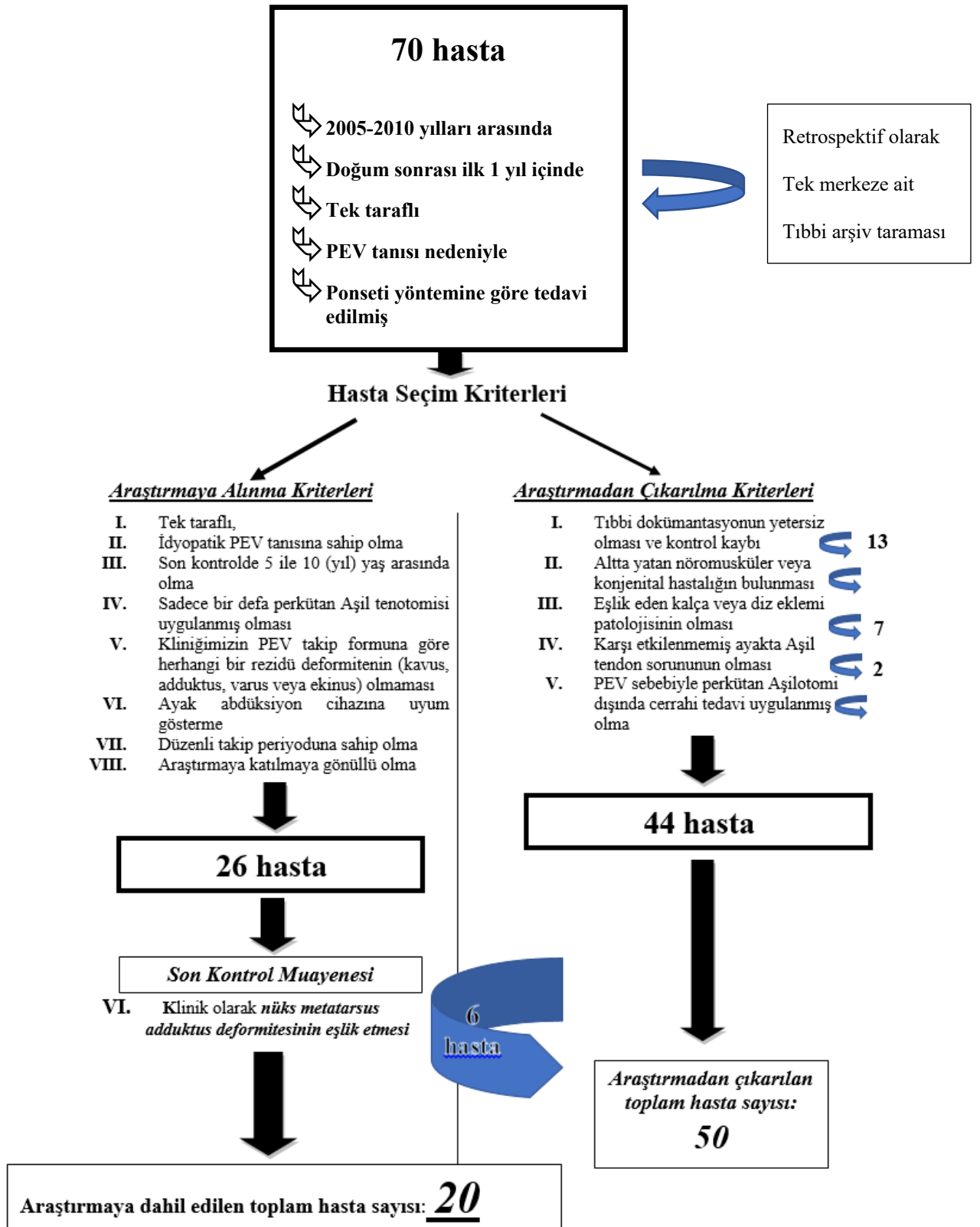


Şekil 17. Bleck yöntemine göre klinik olarak metatarsus adduktus deformitesinin belirlenmesi.



Şekil 18. Bleck yöntemine göre metatarsus adduktus deformitesinin derecelendirilmesi

Tablo 1. Çalışma Akış Şeması



Pes Ekinovarus'lu Hasta İlk Değerlendirme Formu (modif. 20031128)

I. KAYIT BİLGİLERİ

Adı soyadı:		Doğum Tarihi:		Bugünün Tarihi:	
Adres:		Anne/Baba adı:		Cinsiyeti:	Kız Erkek
Posta Kodu:		Mesleği:			
Şehir:		Telefon:		Cep Tel:	
		Çocuk Doktoru:		Ortopedist:	

II. ÖYKÜ

Hamilelik:
Doğum:
Doğum sonrası:
Aile öyküsü:
Bugüne kadar gördüğü tedavi:

III. MUAYENE

GENEL:
ORTOPEDİK:
Omurga:
Kalçalar:
Üst ekstremiteler:
Alt ekstremiteler:

- ☐ İdiopatik ☐ Nonidiopatik
☐ Erken (<3ay) ☐ Geç(>3ay) ☐ Dirençli (Konservatif tedaviye yanıt vermeyen)
☐ Sekonder (iatrojenik) deformite
☐ Fotoğraf dokumentasyonu

Şekil 19. İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji kliniğimizde kullanılan Pes Ekinovaruslu Hasta İlk Değerlendirme Formu

İsim _____ Tarih _____ ☐ R ☐ L ☐ Bil

Doğum Tarihi _____ Telefon: () - _____ () - _____

☐ İdiopatik ☐ Nonidiopatik FOTO: ☐ İlk ☐ Son

☐ Erken (<3ay) ☐ Geç(>3ay) ☐ Dirençli ☐ İatrojenik deformite

Alçı sayısı () DBB başlangıç tarihi: _____ Cihaz uyum: ☐ Evet ☐ Hayır

Komplikasyonlar ☐ Yok ☐ Rocker sole ☐ Maserasyon ☐ Abrasyon

☐ Bül ☐ Ciltte soyulma ☐ Dekubitus ☐ Motor kesigi

☐ Alçı intoleransı/çıkartma ☐ Diğer

↓Op. Tarihi - Op: ☐ Yok ☐ Aşıl tenotomisi ☐ Açık aşıloplasti/post gevşetme

() ☐ PMR ☐ T.A. tendon nakli ☐ Diğer

Dimeglio/Bensahel

1. Ekinizm	Puan	R L	3. CFF derotasyonu	Puan	R L	5-8 için: var =1 yok= 0	R L
P.fleksiyon 45°-90°	4		Supinasyon 45°-90°	4		5. Posterior kıvrım	
P.fleksiyon 20°-45°	3		Supinasyon 20°-45°	3		6. Medial kıvrım	
P.fleksiyon 0°-20°	2		Supinasyon 0°-20°	2		7. Kavus	
D.fleksiyon 20°-0°	1		Pronasyon 20°-0°	1		8. Anormal kas	
D.fleksiyon >20°	0		Pronasyon >20°	0			
3. Topuk varusu			4. Ayakönü add.				
Varus 45°-90°	4		Adduktus 45°-90°	4		Toplam skor/Tip	
Varus 20°-45°	3		Adduktus 20°-45°	3		Tip I: 0-5 puan	
Varus 0°-20°	2		Adduktus 0°-20°	2		Tip IIa: 6-10 puan	
Valgus 20°-0°	1		Abduktus 20°-0°	1		Tip IIb: 11-15 puan	
Valgus >20°	0		Abduktus >20°	0		Tip III: 16-20 puan	

Catterall/Pirani (Normal 0 puan; En anormal 1 puan)

Topuk kontraktürü	R L	Ayak ortası kontraktürü	R L
a. Posterior kıvrım 0 0.5 1		a. Lateral kenar eğriliği 0 0.5 1	
b. Topuk boşluğu 0 0.5 1		b. Medial kıvrım 0 0.5 1	
c. Ekinizm 0 0.5 1		c. Talus başı laterali 0 0.5 1	
Topuk skoru R: L:		Ayak ortası skoru R: L:	
Toplam Skor R: L:			

Eklem Laksitesi: ☐ Çocuk ☐ Anne ☐ Baba

Memnuniyet:

Eğer çocuğumuz hayatının kalanını ayağının şu andaki durumunu ile yaşarsa bu konuda nasıl hissederdiniz?	Çok tatminkar	Tatminkar	Nötral	Pek iyi değil	Hiç iyi değil
--	---------------	-----------	--------	---------------	---------------

Şekil 20. İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji kliniğimizde kullanılan Pes Ekinovaruslu Hasta Takip Form

3.1.2. Hastalar

Tablo 2 çalışmaya dahil edilen 20 çocuk olgunun (14 E, 6 K) demografik ve klinik özelliklerini sunar. Hastaların tedaviye başladıkları anda yaş ortalamaları 28 ± 2 gün (15-60 gün) iken, son kontrol yaşları 5 ile 9 yıl arasında değişmekte olup, ortalama $7,2 \pm 1,24$ yıldır. Olguların %50'sinde sağ ayak, %50'sinde (n=10) sol ayak etkilenmişti.

Alçı sayıları incelendiğinde; %30'una (n=6) 5 kez, %50'sine (n=10) 6 kez ve %20'sine (n=4) 7 kez alçı yapıldığı saptandı. Perkütan Aşıl tenotomisi için ortalama uygulama yaşı 2,5 aydı (2-3,5ay). Takip süreleri 58 ile 107 ay arasında değişmekte olup, ortalama $83,95 \pm 14,03$ ay olarak tespit edildi.

Tablo 2. Hastaların Demografik ve Klinik Özellikleri

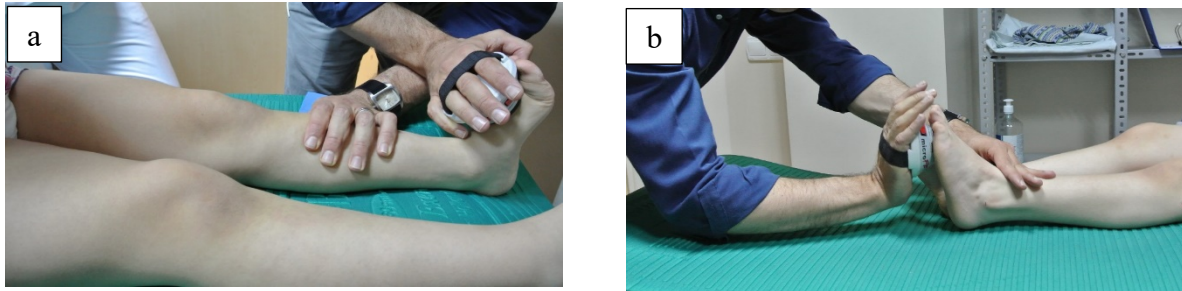
		n (%)
Son kontrol yaş (yıl)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	5-9 (7)
	<i>Ort±Ss</i>	$7,20 \pm 1,24$
Tedaviye başlama yaşı (gün)	<i>Min-Mak (Medyan).</i>	(15-60) (29)
	<i>Ort±Ss</i>	$28 \text{ gün} \pm 2,01$
Cinsiyet	Kız	6 (30,0)
	Erkek	14 (70,0)
İşlem yapılan taraf	Sağ	10 (50,0)
	Sol	10 (50,0)
Alçı sayısı	5 kez	6 (30,0)
	6 kez	10 (50,0)
	7 kez	4 (20,0)
Takip süresi (ay)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	58-107 (83)
	<i>Ort±Ss</i>	$83,95 \pm 14,03$

3.2. SONUÇ PARAMETRELERİ

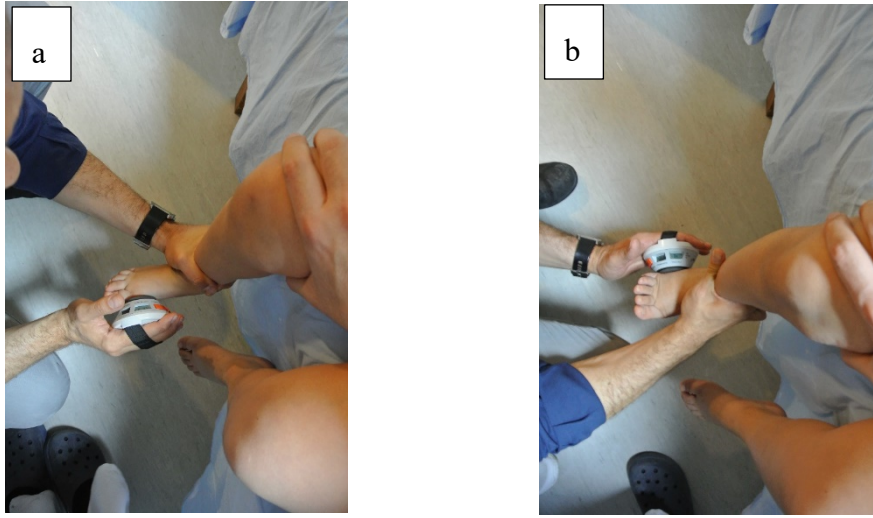
Mevcut hipotezlerin sorgulanması amacıyla aşağıda belirtilen tüm veriler çalışmaya dahil edilen hastaların son kontrol vizitlerinde her iki ayaklarından elde edilmiştir.

3.2.1. Ayak Bileği Kas Güçlerinin ve Eklem Hareket Açıklıklarının (EHA) Değerlendirilmesi

Her bir ayak bileğinin izometrik plantar fleksör, dorsifleksör, evertör ve invertör kas grubu güçleri literatürde geçerliliği kabul edilmiş bir yöntem olan *taşınabilir elektronik el dinamometresi kullanılarak* (The wireless microFET®2 Digital Handheld Dynamometer muscle tester, Hoggan Scientific LLC, Salt Lake City, USA) ölçüldü (60). Hasta ve dinamometre pozisyonları literatürde yayınlanmış ölçüm prosedürleri (65-67) dikkate alınarak standardize edildi. Buna göre, plantar fleksör ve dorsifleksör kas gücü ölçümleri hastalar supin pozisyonda dizleri ekstansiyonda yatarken gerçekleştirildi (**Şekil 21.**). İnvirtör ve evertör kas gücü ölçümlerinde ise hastalar muayene masasının kenarına oturtulup dizleri fleksiyon da iken ayakları yere değmeyecek şekilde pozisyonlandı (**Şekil 22.**). Akabinde her ölçüm “the make test” (67) prosedürüne göre yapıldı: kompresyon moduna alınan dinamometre ölçüm yapan kişi tarafından değerlendirilmek istenilen kas grubu üzerinde durağan şekilde tutulurken hastadan dinamometreyi itmesi istendi. Dinamometre her ölçümden sonra kalibre edildi. Aynı işlem her kas grubu için üç defa tekrarlandı ve istatistiksel analizde elde edilen değerlerin ortalaması dikkate alındı.



Şekil 21. El dinamometresi yardımıyla ayak bileği izometrik plantar fleksiyon (a) ve dorsifleksiyon (b) kas güçlerinin ölçümü



Şekil 22. El dinamometresi yardımıyla ayak bileği izometrik inversiyon (a) ve eversiyon (b) kas güçlerinin ölçümü

Ayrıca her bir ayak bileğinin plantar fleksiyon, dorsifleksiyon, inversiyon ve eversiyon EHA'ları nötral sıfır yöntemine göre standart bir gonyometre vasıtasıyla ölçüldü.

3.2.2. Ayak Bileği Çevresi Tendon Boylarının Ultrasonografik Ölçümü

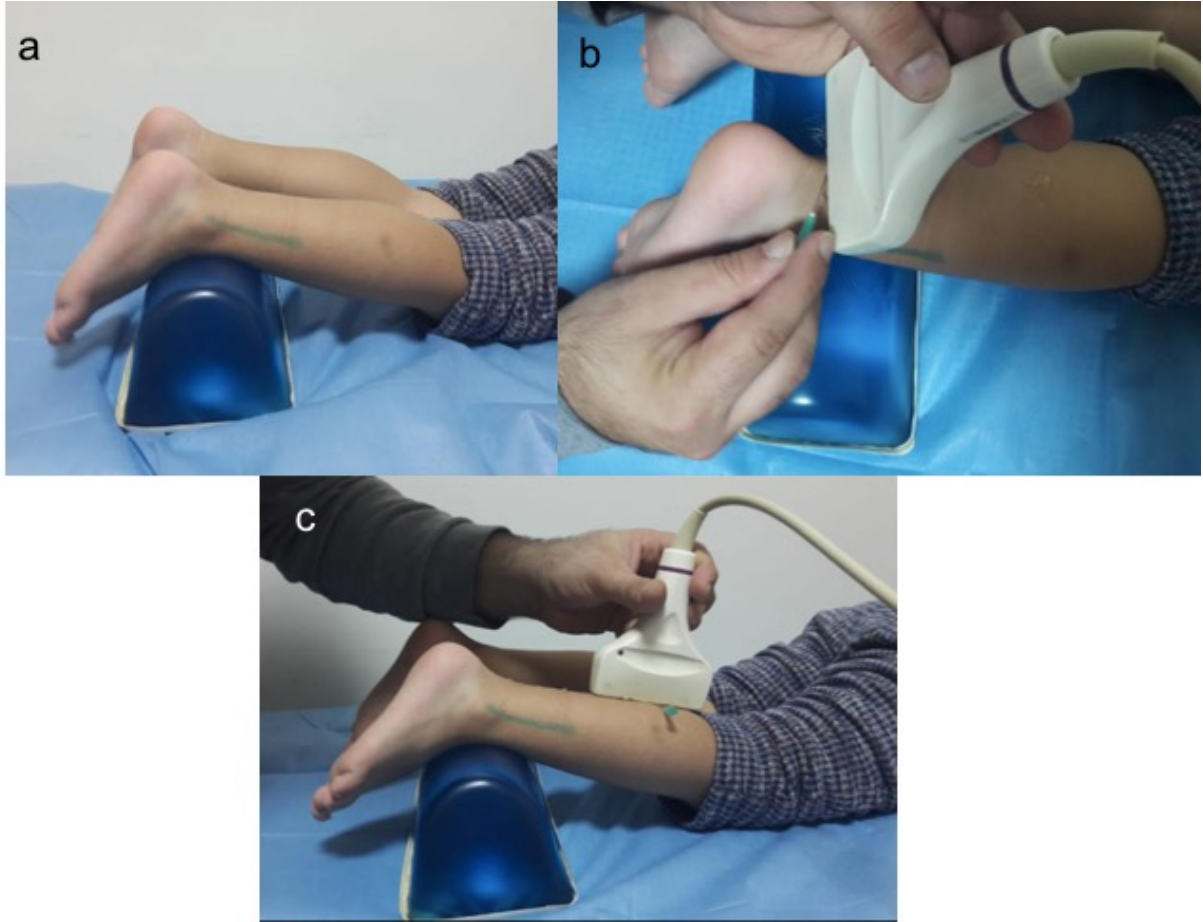
Aşıl tendon boyu, Rees ve ark. (68) tarafından daha önce tarif ettiği şekilde, tendonun kalkaneal insersiyosu ile gastroknemius kasının medial başının kas-tendon bileşkesi arasındaki mesafe olarak tanımlandı (**Şekil 23.**). Ölçüm Barfod ve ark. (69) tarafından tanımlanan ultrasonografik ölçüm yöntemine göre iki radyolog tarafından iki aşamada yapıldı: 1) anatomik referans noktalarının ultrasonografik olarak saptanması ve cilt üzerinde işaretlenmesi, 2) mezura yardımı ile iki referans nokta arasının ölçülmesi.

(1) **Pozisyonlama:** Hastalar öncelikle yüz üstü yatırıldı. Ardından Aşıl tendonu istirahat boyunu elde etmek için ölçüm yapılacak ayak bileği altına silindirik silikon yastık yerleştirilerek dizin 10° fleksiyon ve ayak bileğinin 10° dorsifleksiyon da olması sağlandı. Diz ve ayak bileğinin pozisyonları standart bir gonyometre ile kontrol edildi (**Şekil 23a**).

(2) **Distal ölçüm noktasının belirlenmesi:** Distal ölçüm noktası, orta hatta kalkaneusun arka ve en üst kenarı olarak belirlendi. Bu nokta, sagittal düzlemde konumlandırılmış 7.5 mm lineer prob yardımı ile ultrasonografik muayenede (Toshiba, Sonolayer SSA-270A™, Japonya) kortikal kemiğin ve altta yatan gölgesinin sona erdiği nokta olarak tanımlandı. Ardından bu ultrasonografik ölçüm noktasının cilt üzerinde yansımısını saptamak için prob ile cilt arasına 21-gauge boyutunda bir iğne yerleştirildi. Son olarak, ultrasonografi yardımı ile iğnenin ve probun kesiştiği nokta cilt üzerinde silinebilir bir işaretleyici kalem ile işaretlendi (**Şekil 23b**).

(3) **Proksimal ölçüm noktasının belirlenmesi:** Proksimal ölçüm noktası gastroknemius kasının medial başının distal ucu olarak belirlendi. Bu nokta, ultrasonografik muayene ile derin bacak fasyası içine giren en distaldeki kas fibrilleri olarak tanımlandı. Ardından distal ölçüm noktasına benzer şekilde 21-gauge boyutunda bir enjektör iğnesi yardımı ile cilt üzerinde işaretlendi (Şekil 23c).

(4) **Aşıl tendon boyunun ölçümü:** Yukarıda tarif edilen distal ve proksimal ölçüm noktaları arasındaki mesafe 1 mm aralıklı standart bez mezura ile ölçüldü.



Şekil 23. Aşıl tendon boyunun ultrasonografik ölçümü

(a) Pozisyonlama, (b) iğne yardımı ile distal ölçüm noktasının belirlenmesi, (c) iğne yardımı ile proksimal ölçüm noktasının belirlenmesi.

Tibialis anterior, tibialis posterior ve peroneus brevis tendon boyları da Aşıl tendon boyu ölçümüne benzer bir şekilde, Barford ve ark.'nın (69) ultrasonografik ölçüm yöntemine göre 2 aşamada yapıldı. Tibialis anterior tendon boyu ölçümünde hastalar sırt üstü yatırılırken, tibialis posterior ve peroneus brevis tendon boyları hastalar yüz üstü yatarken ölçüldü. Her bir tendonun distal ve proksimal ölçüm noktaları 21 G'luk iğne yardımı ile ultrasonografik olarak

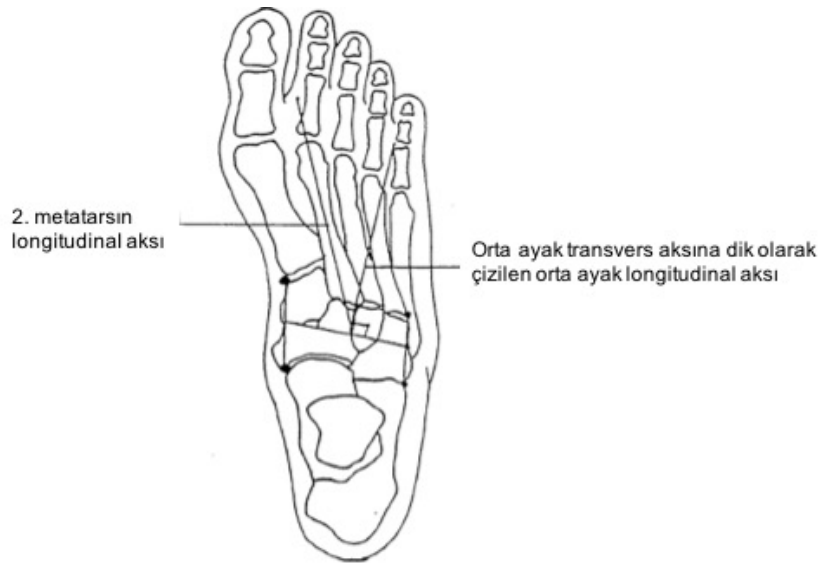
tespit edildi. Son olarak, distal ve proksimal ölçüm noktaları arasındaki mesafe 1 mm aralıklı standart bez mezura yardımı ile ölçüldü.

3.2.3. Nüks Metatarsus Adduktus Deformitesinin Klinik ve Radyografik Değerlendirmesi

Deformite yukarıda anlatılan Bleck yöntemine göre (64) klinik olarak hafif, orta ve ciddi olmak üzere 3 farklı dereceye ayrıldı. Klinik olarak metatarsus adduktus deformitesi saptanılan hastalarda, ek olarak radyografik değerlendirilmelerde yapıldı.

Nüks deformitenin radyografik değerlendirilmesinde, ayakta basarak çekilen standart AP ayak grafisinde Talus-1.metatars arası açı ve dört nokta yöntemine göre modifiye metatarsus adduktus açıları (70) ölçüldü.

Modifiye metatarsus adduktus açısı, dört nokta yöntemine göre standart AP ayak radyografisinde ikinci metatarsın longitudinal aksı ile orta ayağın longitudinal aksı arasındaki açı olarak tanımlandı (**Şekil 24.**). Bu tekniğe göre, orta ayağın longitudinal aksının belirlenmesinde, medial kenarda 1. tarsometatarsal eklem ile talonavikular eklemi birleştiren çizginin orta noktası ve lateral kenarda 4. tarsometatarsal eklem ile kalkaneocuboid eklemi birleştiren çizgilerin orta noktası kullanıldı. Medial ve lateral de belirlenen iki orta noktayı birleştiren çizgi orta ayağın transvers aksı olarak kabul edildi. Bu aksa dik çizilen diğer çizgi ise orta ayağın longitudinal aksı olarak belirlendi. Bu açının 20°'nin üzerinde olması deformitenin varlığı gösterir (71).



Şekil 24. 4. Metatarsokuneiform eklemi referans olarak alan 4 nokta tekniğine göre modifiye metatarsus adduktus açısının ölçümü

Talus-1.metatars arası açısı, Talus ile 1. metatarsın AP düzlemdaki uzun aksları arasındaki açıdır. Bu açı, ayak önünün ayak arkasına göre dizilimini gösterir (**Şekil 25**). Normalde, her iki uzun aks aynı çizgi üzerinde olacak şekilde çakışmalıdır. Bu ölçümün pozitif değerleri ön ayak adduktusunu yansıtırken, negatif değerleri ön ayak abduktusunu işaret eder. Doğuştan çarpık ayakta ise, ön ayak adduktusuna bağlı olarak genellikle negatiftir (56).



Şekil 25. AP radyografide Talus-1.metatars arası açı ölçümü

3.2.4. Eşlik Edebilecek Diğer Nüks Deformitelerin Radyografik Olarak Araştırılması

Ön ayak adduktusuna eşlik edebilecek diğer nüks PEV deformitelerinin (kavus, varus ve ekinus) varlığı ayakta basarak çekilmiş AP ve lateral ayak radyografilerinde çalışmamızın giriş bölümünde detaylı olarak tanımlanmış çeşitli radyografik ölçümler kullanılarak araştırıldı.

Bu radyografik ölçümler: AP grafilerde AP talokalkaneal açısı, lateral grafilerde lateral talokalkaneal açısı, Talus-1.metatars arası açısı (Meary açısı), ve Tibiokalkaneal açısıdır.

Yukarıda değinilen radyografik ölçüm parametreleri arasından, lateral grafilerde Talus-1.metatars arası açısı kavus deformitesinin araştırılmasında, AP talokalkaneal açısı topuk varusunun araştırılmasında, lateral talokalkaneal ve tibiokalkaneal açıları ise ekinus deformitesinin araştırılmasında kullanıldı.

3.3. TEDAVİ YÖNTEMİ ve HASTA TAKİP PROSEDÜRÜ

3.3.1. Tedavi Yöntemi

Tüm hastalar giriş bölümünde tanımlanan Ponseti yöntemine uygun seri alçılama ve manipülasyon tekniği ile tedavi edilmişti. Tüm olgularda alçılama daima dizüstü olacak şekilde semirijit sentetik alçı (Soft Cast, 3M) kullanılarak yapılmıştı. Alçılama sonrasında aile dolaşım kontrolü konusunda bilgilendirilmiş, şüpheli bir durumda alçıyı çıkarması gerektiği anlatılmıştı. Alçıları daima yeni alçılama öncesi poliklinik şartlarında çıkarılmıştı. Perkütan Aşil tenotomisi, hastaların tamamında ekinus deformitesi dışında diğer deformiteler düzeltildikten sonra lokal anestezi altında hasta supin pozisyonda yatarak standart steril ameliyathane koşullarında gerçekleştirilmişti. İşlem sonrası ayağın yaklaşık 15° ile 20° dorsifleksiyona gelebildiği tenotomiler başarılı olarak sayılmış, tenotomi sonrası hastaların ayakları maksimum dorsifleksiyonda ve maksimum abduksiyon pozisyonunda olacak şekilde diz üstü sirküler alçıya alınmıştı.

3.3.2. Hasta Takip Prosedürü

Tüm hastalar son alçı çıkarıldıktan sonra tabanı düz, içten çektirmeli, burnu açık, bileği saran PEV botlarının Denis Browne ortezi monte edilmesiyle elde edilen ayak abduksiyon cihazı ile takip edilmişti. PEV'li taraflar bot vasıtasıyla 70° dış rotasyon ve 15° dorsifleksiyonda tutulurken, sağlam taraflar 40-45° dış rotasyonda tutulmuştu. Ayak abduksiyonunu korumak amacıyla bar uzunluğu omuzlar arası mesafe kadardı. Hastalar bu cihazı ilk 3 ay günde 23 saat, sonraki 3 yıl sadece geceleri kullanmıştı.

4. BULGULAR

Çalışmada analiz edilen verilerin tamamı hastaların hem etkilenmiş hem de etkilenmemiş ayak bileklerinden elde edildi. Sonrasında her iki ayağa ait değişkenler arasında istatistiksel karşılaştırmalar ve korelasyon analizleri yapıldı.

4.1. AYAK BİLEĞİ KAS GÜÇLERİNİN VE EHA'LARININ ÖLÇÜM SONUÇLARI

4.1.1. Kas Gücü Ölçüm Sonuçları

Hasta taraf plantar fleksiyon kas gücü ölçümleri, sağlam taraf ölçümlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$).

Hasta taraf ve sağlam taraf dorsifleksiyon kas gücü ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

Hasta taraf inversiyon kas gücü ölçümleri, sağlam taraf ölçümlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$).

Hasta taraf eversiyon kas gücü ölçümleri, sağlam taraf ölçümlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$).

Hastaların hasta ve sağlam taraflarından elde edilen ayak bileği kas gücü ölçümleri ve istatistiksel karşılaştırma sonuçları Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3. Hasta ve Sağlam Taraf Ayak Bileği Kas Gücü Ölçümleri ve İstatistiksel Sonuçları

<i>Kas Gücü Ölçümleri</i>		Sağlam taraf (n=20)	Hasta taraf (n=20)	<i>p</i>
Plantar fleksiyon kas gücü (N)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	115-230 (167)	81-190 (147)	<i>^a0,001**</i>
	<i>Ort±Ss</i>	167,65±32,42	143,65±28,50	
Dorsifleksiyon kas gücü (N)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	65-155 (84,5)	56-160 (84,5)	<i>^a0,929</i>
	<i>Ort±Ss</i>	88,35±22,72	88,00±23,95	
İnversiyon kas gücü (N)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	65-150 (83)	50-122 (64)	<i>^b0,001**</i>
	<i>Ort±Ss</i>	87,20±20,10	70,25±18,80	
Eversiyon kas gücü (N)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	55-110 (74)	42-98 (56,5)	<i>^a0,001**</i>
	<i>Ort±Ss</i>	77,15±16,08	60,20±15,05	

^aPaired Samples *t* Test

^bWilcoxon Signed Ranks Test

**** $p<0,01$**

Ayak bileği antagonist kas gücü dengesizliğini değerlendirmek için, yukarıda verilen ayak bileği kas gücü ölçümlerine ek olarak, hasta ve sağlam taraf plantar fleksiyon/dorsifleksiyon kas gücü oranları hesaplanarak istatistiksel olarak karşılaştırıldı. Buna göre, hasta taraf plantar fleksiyon/dorsifleksiyon kas gücü oranları, sağlam taraftan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$) (post power değeri: %93,7).

Ancak, hasta taraf ve sağlam taraf inversiyon/eversiyon kas gücü oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$; post power değeri: %70,8) (Tablo 4.).

Tablo 4. Hasta ve Sağlam Taraf Ayak Bileği Kas Gücü Oranlarının Değerlendirmesi

Kas Gücü Oranları		Sağlam taraf (n=20)	Hasta taraf (n=20)	p
Plantar fleksiyon / Dorsifleksiyon	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	1,4-2,4 (2)	1,1-2,4 (1,6)	<i>0,001**</i>
	<i>Ort±Ss</i>	1,94±0,33	1,69±0,35	
İnversiyon / Eversiyon	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	0,9-1,4 (1,2)	0,9-1,6 (1,2)	<i>0,416</i>
	<i>Ort±Ss</i>	1,14±0,15	1,18±0,17	

aPaired Samples t Test

*****p<0,01***

4.1.2. Ayak Bileği EHA Ölçümleri

Hasta taraf plantar fleksiyon eklem açıklığı ölçümleri, sağlam taraf ölçümlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$).

Hasta taraf dorsifleksiyon eklem açıklığı ölçümleri, sağlam taraf ölçümlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$).

Hasta taraf inversiyon eklem açıklığı ölçümleri, sağlam taraf ölçümlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p=0,014$; $p<0,05$).

Hasta taraf eversiyon eklem açıklığı ölçümleri, sağlam taraf ölçümlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$).

Hasta ve sağlam taraflardan elde edilen ayak bileği EHA ölçümleri ve istatistiksel analizleri Tablo 5’de sunulmuştur.

Tablo 5. Hasta ve Sağlam Taraf Ayak Bileği EHA Ölçümleri

<i>Eklemler Açıklık Ölçümleri</i>		Sağlam taraf (n=20)	Hasta taraf (n=20)	<i>p</i>
Plantar fleksiyon	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	15-30 (22,5)	10-25 (15)	^b 0,001**
	<i>Ort±Ss</i>	22,25±3,71	16,20±3,37	
Dorsifleksiyon	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	15-20 (15)	5-17 (10)	^b 0,001**
	<i>Ort±Ss</i>	17,00±2,51	11,20±2,57	
İnversiyon	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	20-30 (25)	15-30 (20)	^b 0,014*
	<i>Ort±Ss</i>	24,75±3,14	21,75±3,42	
Eversiyon	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	10-20 (15)	5-15 (10)	^b 0,001**
	<i>Ort±Ss</i>	14,25±2,79	10,05±2,09	

^bWilcoxon Signed Ranks Test**p*<0,05***p*<0,01

4.2. AYAK BİLEĞİ ÇEVRESİ TENDON BOYLARININ ULTRASONOGRAFİK ÖLÇÜM SONUÇLARI

Tablo 6 hasta ve sağlam taraf ayak bileği çevresi tendon boyu ölçümlerinin dağılımlarını ve istatistiksel karşılaştırma sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 6. Hasta ve Sağlam Taraf Ayak Bileği Çevresi Tendon Boyları

<i>Tendon Boyu Ölçümleri</i>		Sağlam taraf (n=20)	Hasta taraf (n=20)	<i>p</i>
Aşıl boyu (cm)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	7-10 (8)	8-12,5 (10)	^a 0,001**
	<i>Ort±Ss</i>	8,13±0,86	9,95±1,39	
Peroneal boyu (cm)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	7-11,5 (8,3)	6-11 (8)	^b 0,001**
	<i>Ort±Ss</i>	8,68±1,35	8,05±1,40	
Tibialis anterior boyu (cm)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	7-12 (9)	7-12 (8,5)	^a 0,952
	<i>Ort±Ss</i>	8,91±1,44	8,90±1,37	
Tibialis posterior boyu (cm)	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	6-10 (8)	6-10,5 (8)	^a 0,839
	<i>Ort±Ss</i>	8,10±0,97	8,13±1,20	

^aPaired Samples *t* Test^bWilcoxon Signed Ranks Test***p*<0,01

Hasta ve sağlam taraflar arasında tibialis posterior ve tibialis anterior tendon boyları açısından uzunluk farkı yok iken ($p>0,05$), hasta taraf Aşıl tendon boyu, sağlam taraftan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde uzun bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Ayrıca, hasta taraf peroneal tendon boyu, sağlam taraftan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kısa bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Aşıl tendon boylarındaki değişimin postop power değeri 1,000 olarak saptanmış olup gücü %100 dır.

Bu aşamada, araştırmanın birinci hipotezini test etmek için **3 farklı istatistiksel analiz** yapıldı:

a. Hasta ve sağlam taraf Aşıl tendon boylarının istatistiksel olarak karşılaştırılması

Hasta taraf Aşıl tendon boyu, sağlam taraftan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde uzun bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$) (**Tablo 6.**). Aşıl tendon boyları arasındaki farkın posterior power değeri 1,000 olarak saptanmış olup istatistiksel olarak gücü %100'dır.

b. Hasta/sağlam taraf Aşıl tendon boyu oranları ile hasta/sağlam taraf plantar fleksiyon kas gücü oranları arasında istatistiksel korelasyon varlığının aranması

Hasta taraf /sağlam taraf aşıl tendon boyu oranları 1,1 ile 1,4 cm arasında değişmekte olup, ortalama $1,22\pm0,09$ cm olarak tespit edildi. Hasta taraf /sağlam taraf plantar fleksiyon kas gücü oranları 0,63 ile 0,97 arasında değişmekte olup, ortalama $0,86\pm0,08$ 'di. (**Tablo 7.**).

Tablo 7. Hasta/Sağlam Taraf Aşıl tendon boyu oranları ve Hasta/Sağlam Taraf Plantar Fleksiyon Kas Gücü Oranlarının Dağılımı

Hasta/Sağlam taraf Aşıl tendon boyu oranları	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	1,1-1,4 (1,2)
	<i>Ort±Ss</i>	1,22±0,09
Hasta/ Sağlam taraf plantar fleksiyon kas gücü oranları	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	0,63-0,97 (0,9)
	<i>Ort±Ss</i>	0,86±0,08

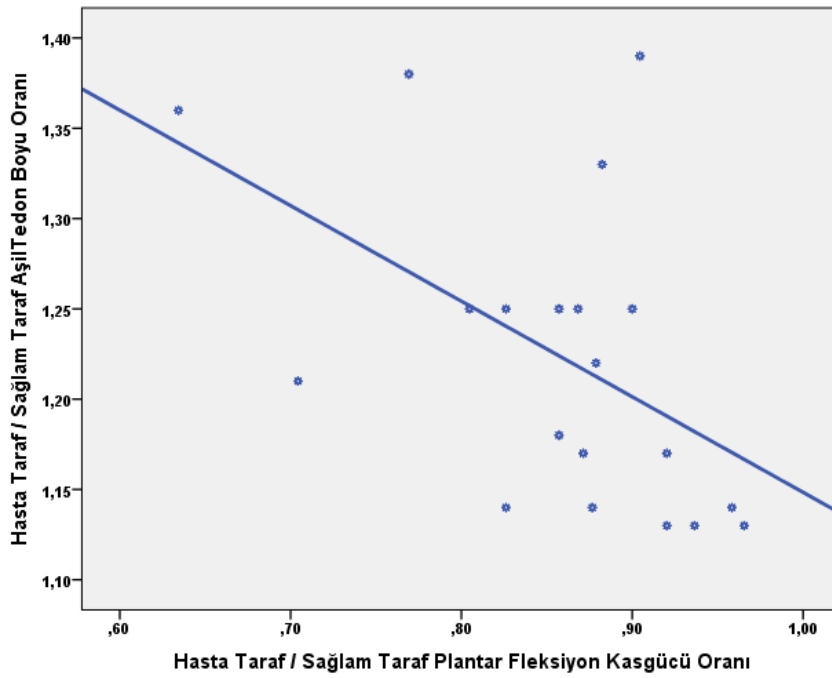
Hasta/sağlam taraf Aşıl tendon boyu oranı ile hasta/sağlam taraf plantar fleksiyon kas gücü oranı arasında negatif yönlü (Aşıl tendon boyu oranı arttıkça plantar fleksiyon kas gücü oranı azalan) %52,4 düzeyindeki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r:-0,524$; $p=0,018$; $p<0,05$) (**Tablo 8., Şekil 26.**). Korelasyonun posterior power değeri 0,692 olarak saptanmış olup istatistiksel olarak gücü %69,2 dir.

Tablo 8. Hasta/Sağlam Plantar Fleksiyon Kas Gücü Oranı ile Hasta/Sağlam Aşil Tendon Boyu Oranı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

	r	p
Hasta taraf / Sağlam taraf plantar fleksiyon – Hasta taraf / Sağlam taraf Aşil tendon boyu (cm)	-0,524	0,018*

r:Spearman's Korelasyon Katsayısı

**p*<0,05



Şekil 26. Hasta taraf/sağlam taraf plantar fleksiyon oranı ile hasta taraf/sağlam taraf Aşil tendon boyu oranının ilişkisi

c. Aşil tendon boyu uzama oranı ile plantar fleksiyon kas gücü azalma oranı arasında istatistiksel olarak korelasyon varlığının aranması

Aşil tendon boyu uzama oranı ile plantar fleksiyon kas gücü azalma oranları aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplandı.

$$\text{Aşil tendon boyu uzama oranı} = \frac{\text{Hasta taraf Aşil tendon boyu} - \text{Sağlam taraf Aşil tendon boyu}}{\text{Sağlam taraf Aşil tendon boyu}}$$

$$\text{Plantar fleksiyon kas gücü azalma oranı} = \frac{\text{Sağlam taraf plantar fleksiyon kas gücü} - \text{Hasta taraf plantar fleksiyon kas gücü}}{\text{Sağlam taraf plantar fleksiyon kas gücü}}$$

İstatistiksel analiz sonucunda, Aşil tendonu uzama oranları 0,13 ile 0,39 arasında değişmekte olup, ortalama $0,22 \pm 0,09$ saptanmıştır. Plantar fleksiyon kas gücünde azalma oranları 0,03 ile 0,36 arasında değişmekte olup, ortalama $0,14 \pm 0,08$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 9.).

Tablo 9. Aşil Tendonu Uzama Oranı ve Hasta/Sağlam Taraf Aşil Tendon Boyu Dağılımları

Aşil tendonu uzama oranı	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	0,13-0,39 (0,2)
	<i>Ort±Ss</i>	$0,22 \pm 0,09$
Plantar fleksiyon kas gücünde azalma oranı	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	0,03-0,36 (0,1)
	<i>Ort±Ss</i>	$0,14 \pm 0,08$

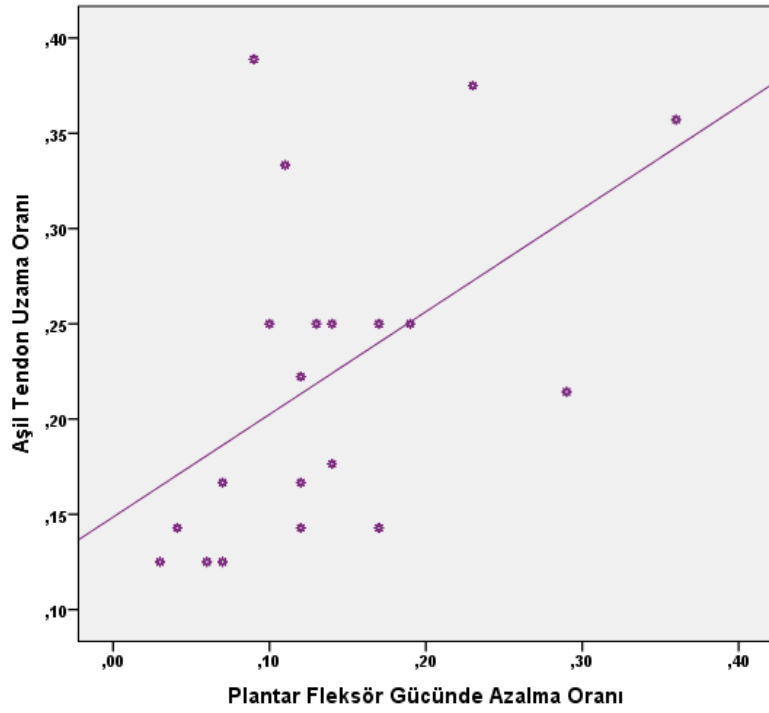
Plantar fleksiyon kas gücünde azalma ile Aşil tendonu uzama oranı arasında pozitif yönlü (Aşil tendon uzadıkça kas gücünde azalmanın arttığı) %53,0 düzeyindeki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r:0,530$; $p=0,016$; $p<0,05$) (Tablo 10., Şekil 27.). Korelasyonun posterior power değeri 0,704 olarak saptanmış olup istatistiksel olarak gücü %70,4 dür.

Tablo 10. Aşil Tendon Boyu Uzaması ile Plantar Fleksiyon Kas Gücü Azalması Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

	r	p
Plantar fleksiyon kas gücünde azalma oranı – Aşil tendonu uzama oranı	0,530	0,016*

r: Spearman's Korelasyon Katsayısı

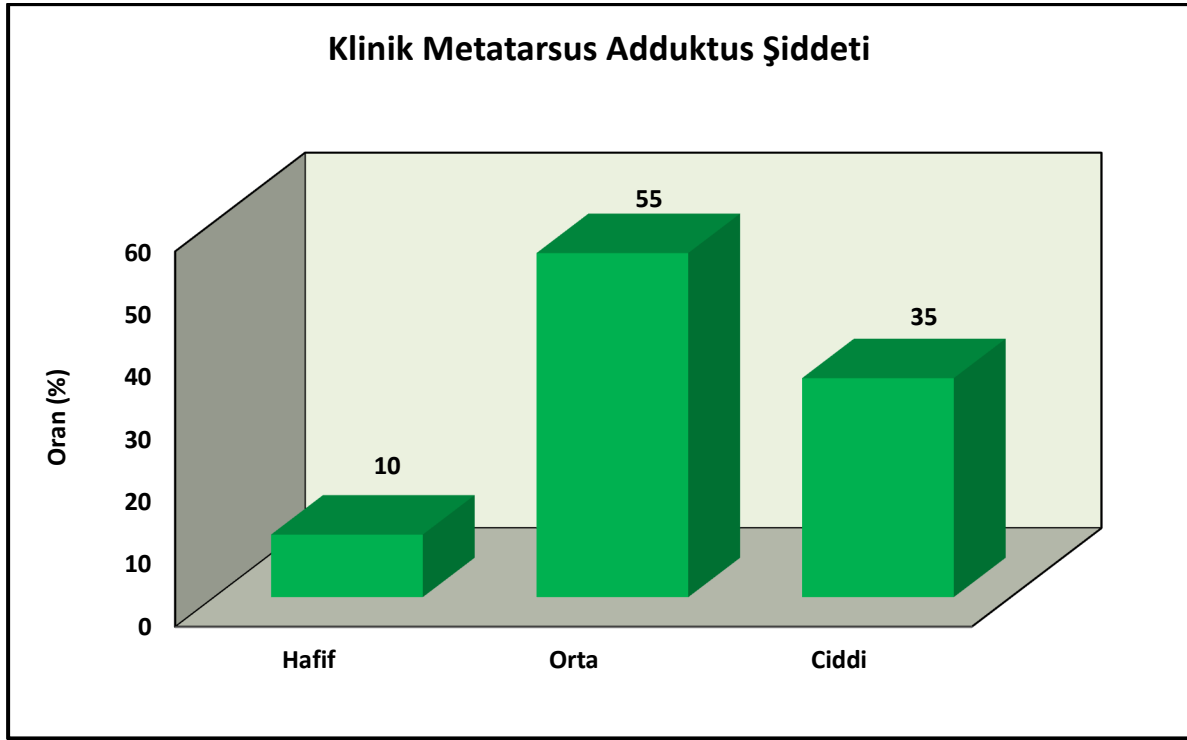
**p<0,05*



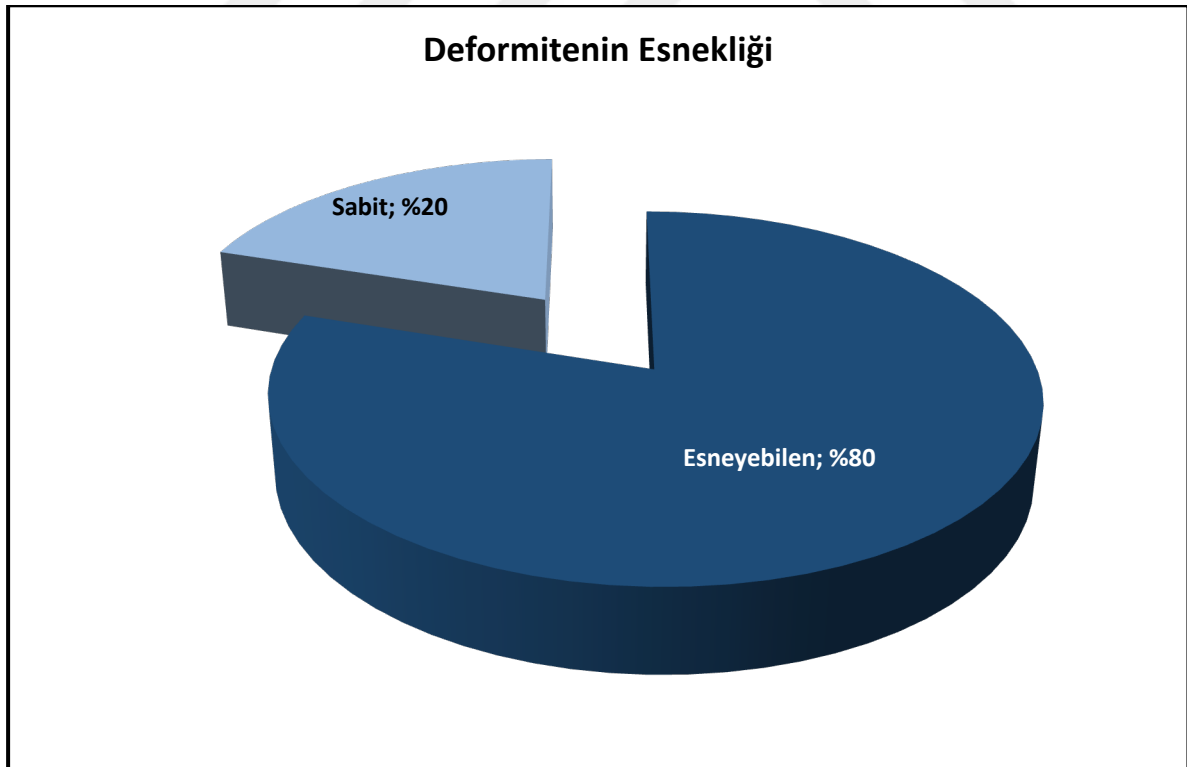
Şekil 27. Plantar fleksiyon kas gücünde azalma oranı ile Aşıl tendonu uzama oranı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

4.3. NÜKS ADDUKTUS DEFORMİTESİNİN KLİNİK VE RADYOGRAFİK DEĞERLENDİRMESİ

Klinik değerlendirmede, olguların %10'unda (n=2) hafif, %55'inde (n=11) orta, %35'inde (n=7) ise ciddi düzeyde metatarsus adduktus deformitesi saptanmıştır (**Şekil 28.**). Ayrıca, olguların %80'inde (n=16) esneyebilen deformite görülürken, %20'sinde (n=4) sabit deformite tespit edilmiştir (**Tablo 11., Şekil 29.**).



Şekil 28. Klinik metatarsus adduktus şiddeti dağılımları



Şekil 29. Deformite esnekliğine ilişkin dağılımlar

Her iki radyografik ölçüm sonuçlarına göre, klinik olarak adduktus deformitesi saptanılan hastaların tamamında, aynı zamanda radyografik olarak da deformitenin mevcut olduğu saptandı. Modifiye metatarsus adduktus açısı 20° ile 36° arasında değişmekte olup, ortalama $29,80 \pm 7,00$ olarak ölçüldü. AP Talus-1.metatars arası açı ise 5° ile 26° arasında değişmekte olup, ortalama $16,10 \pm 9,24$ olarak hesaplandı (**Tablo 11.**).

Tablo 11. Metatarsus Adduktus Deformitesi Özelliklerinin Dağılımları

		n (%)
Klinik metatarsus adduktus şiddeti	Hafif	2 (10,0)
	Orta	11 (55,0)
	Ciddi	7 (35,0)
Deformitenin esnekliği	Esneyebilen	16 (80,0)
	Sabit	4 (20,0)
Modifiye metatarsus adduktus açısı	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	20-36 (30)
	<i>Ort$\pm$Ss</i>	$31,90 \pm 7,00$
AP Talus-1.metatars arası açı	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	5-26 (14)
	<i>Ort$\pm$Ss</i>	$16,10 \pm 9,24$

4.4. DİĞER RADYOGRAFİK ÖLÇÜM SONUÇLARI VE EŞLİK EDEN DEFORMİTELER

PEV’li ayakların AP ve lateral radyografik incelenmeleri nüks adduktus deformitesine eşlik eden çeşitli deformiteleri ortaya çıkardı. AP talokalkalneal açı ölçümlerine göre, 9 hastada topuk varusu saptanırken, lateral talokalkaneal açı ölçümleri doğrultusunda 2 hastada ekinus deformitesinin eşlik ettiği tespit edildi. Ayrıca, lateral talus-1.metatars arası açı ölçümleri 2 hastada kavus deformitesinin eşlik ettiğini gösterdi. Hastaların hepsinde tibiokalkaneal açı normal sınırlar arasında saptandı. Hasta taraflara ait radyografik ölçüm dağılımları Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. Hasta taraf radyografik ölçümlerin dağılım özellikleri

AP talokalkaneal aç	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	5-44 (21,5)
	<i>Ort±Ss</i>	23,55±8,95
Lateral talokalkaneal aç	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	25-49 (39)
	<i>Ort±Ss</i>	38,30±9,02
Tibiokalkaneal aç	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	62-87 (73,5)
	<i>Ort±Ss</i>	74,65±7,62
Lateral Talus-1.metatars arası aç	<i>Min-Mak (Medyan)</i>	0-9 (2,5)
	<i>Ort±Ss</i>	2,90±2,84

4.5. İSTATİSTİKSEL İNCELEMELER

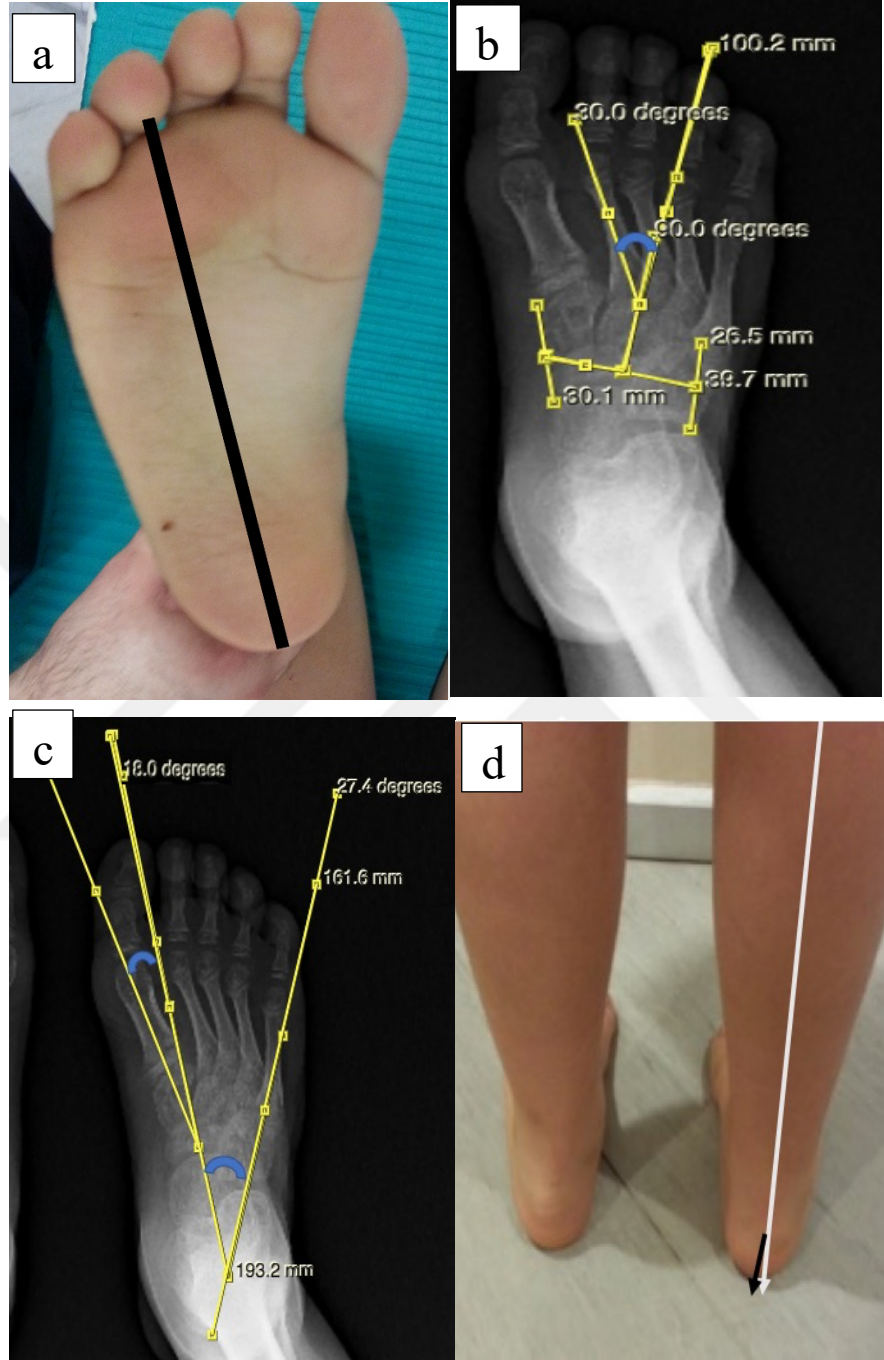
İstatistiksel analizler için NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 (Kaysville, Utah, USA) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel yöntemler (ortalama, standart sapma, medyan, frekans, oran, minimum, maksimum) kullanıldı. Normal dağılım gösteren değişkenlerin sağlam taraf ve hasta taraf karşılaştırmalarında Paired Sample t test, normal dağılım göstermeyen değişkenlerin sağlam taraf ve hasta taraf karşılaştırmalarında ise Wilcoxon Signed Ranks test kullanıldı. Değişkenler arası ilişkilerin değerlendirilmesinde Pearson Korelasyon Analizi ve Spearman's Korelasyon Analizi kullanıldı. Anlamlılık en az $p<0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

Korelasyon katsayısının (r) değerlendirilmesi aşağıdaki ölçüte göre yapılır:

0 - 0,25	Çok zayıf
0,26 - 0,49	zayıf
0,50 - 0,69	orta
0,70 - 0,89	iyi
0,90 - 1,00	çok iyi

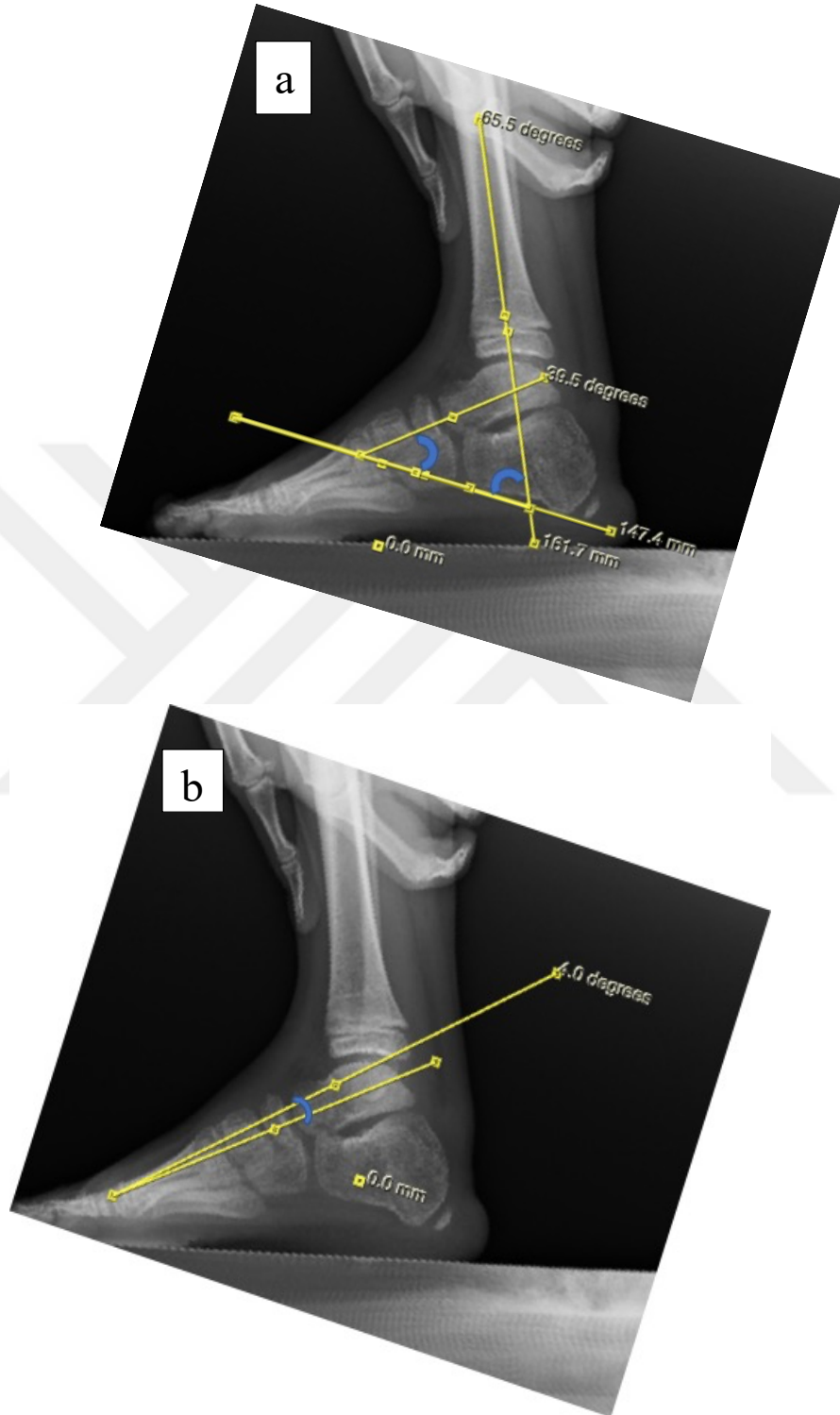
-Akgül A. Çevik O. (2003) "İstatistiksel Analiz Teknikleri", Emek Ofset, Ankara

4.6. RADYOGRAFİK ÖLÇÜMLERE İLİŞKİN OLGU ÖRNEĞİ



Şekil 30. Klinik olarak topuk açıortayı yöntemine göre metatarsus adduktus deformitesinin saptanması ve şiddetinin belirlenmesi

4. Metatars hizasından geçen topuk ortayı klinik olarak orta derecede ön ayak adduktusunu gösterir (a). Dijital ortamda 4. metatarsokuneiform eklem referans alınarak modifiye metatarsus adduktus açısının radyografik ölçümü: 30° (b). Dijital ortamda AP talus-1.metatars arası açı ölçümü: 18° ; AP talokalkaneal açı ölçümü: 27° (c). Eşlik eden topuk varusunu gösteren klinik resim (d).



Şekil 31. Dorsifleksiyona zorlanmış ayak bileği lateral radyografilerinde dijital ortamda talokalkaneal açı ölçümü:40° (d); tibiokalkaneal açı ölçümü:65°, talus-1.metatars arası açı ölçümü: 4° (e).

5. TARTIŞMA

Günümüzde, Ponseti yöntemi ile PEV tedavisinde %90'a varan başarı oranları bildirilmiş olmasına rağmen, olguların %11 ile %48'de nüks veya rezidü deformiteler ile karşılaşılabilir. Başarılı bir Ponseti tedavisi sonrası nüks deformite gelişiminden sorumlu tutulan başlıca faktör ise ayak abdüksiyon ortezi uyumsuzluktur (2). Ponseti tedavi protokolü çerçevesinde nüks deformite oluşumunu engellemek adına cihaz kullanımına uyumun önemi açıktır (29, 53, 72). Ancak, idyopatik PEV gibi kompleks bir doğumsal deformite ile ilişkili tüm nüksleri cihaz kullanım protokolüne uyumsuzluk gibi tek bir nedenle açıklamak da mümkün görünmemektedir (2).

Metatarsus adduktus deformitesi, Ponseti yöntemi ile doğuştan çarpık ayağın düzeltilmesini takiben en sık görülen sekellerden biridir. Bugüne kadar, farklı araştırmacılar bu deformitenin tekrarlama nedeni olarak farklı etiyolojik unsurlar ileri sürmüş olsa da, altta yatan gerçek patoloji henüz bilinmemektedir (5, 7). Dr. Ponseti (46), seri alçılama sonrası görülen nükslere idyopatik PEV deformitesine yol açan aynı patolojinin yol açabileceğini ileri sürmüştür. Buna karşın, Dietz (51) dinamik supinasyon deformitesi olan nüks PEV'li çocukların radyografik incelemelerinin ortak bir bulgusu olarak navikulanın içe deplasmanını ve talokalkaneal açının azaldığını gözlemlemiştir. Bu gözleminden yola çıkarak nükslere birincil deformitenin yetersiz düzeltilmesinin neden olabileceğini düşünmüştür.

Son yıllarda, pediatrik ortopedistler tarafından eklem deformitesine neden olduğu kabul edilmiş patomekanik bir faktör olan kas dengesizliğinin, aynı zamanda idyopatik PEV olgularında da nüks deformitelere yol açabileceği üzerinde durulmaktadır (6, 7). Nüks deformite etiyolojisinde kas dengesizliği teorisine yer veren araştırmacılar, dinamik supinasyon veya nüks metatarsus adduktus gibi yapısal deformitelerin gelişiminden Ponseti tedavisi sonrası tibialis anterior kas gücünün antagonistlerine özellikle peroneal ve tibialis posterior kas gruplarına göre daha baskın olmasını sorumlu tutmaktadırlar (4, 7-9). Buna karşın, literatür taramamıza göre, tibialis anterior lehine bozulmuş bu kas dengesizliğinin hastalığın birincil patolojisiyle mi, yoksa yapılan tedaviyle mi ilişkili olduğu argümanı henüz netlik kazanmamıştır. Ayrıca, bu güncel patofizyolojik mekanizmayı araştıran çalışmalar gerek retrospektif doğaları gerekse zayıf çalışma dizaynları nedeniyle ayak bileği antagonist kas gücü değişikliklerini yeterince detaylı olarak irdileyememiştir (7, 13, 14). Dolayısıyla, kas dengesizliği teoremi bağlamında elde edilen çıkarımların çoğu dinamik supinasyon deformitesi

sebebiyle tibialis anterior tendon transferi uygulanmış olgu serilerinden elde edilen sübjektif verilere dayanmaktadır (7, 13-15).

Ayrıca, Ponseti yöntemi ile tedavi edilen olguların %90'dan fazlasında seri alçılama sonrası sebat eden ekinus deformitesini düzeltmek maksadıyla perkütan tenotomi uygulanıp ayak bileği maksimum dorsifleksiyonda alçıya alınarak Aşil tendonuna doğrudan müdahalede bulunmaktadır (10-12). Ancak, bu işlem sonrası *Aşil tendon boyunda uzama meydana gelip gelmediği, bildiğimiz kadarıyla, bu zamana kadar detaylı olarak araştırılmamıştır*. Üstelik, Aşil tendon rüptürü sebebiyle primer onarım uygulanan erişkin hasta gruplarında yapılan çalışmalar, Aşil tendonunun onarım sonrası uzayarak iyileştiğini ve bu uzamaya bağlı olarak ayak bileği plantar fleksiyon kas gücünde belirgin azalma geliştiğini göstermiştir (73-75). Elbette, bu çalışmaların sonuçlarını Ponseti yöntemi ile tedavi edilmiş çocuk hastalara uyarlamak uygun değildir. Ancak, literatürde iyi tanımlanmış bir bulgu olan tendon boyunda uzama ile kas gücü arasındaki negatif korelasyon (73-75) bizi "*Ponseti tedavisi sonrası Aşil tendonunda meydana gelebilecek muhtemel uzunluk farkı ile ayak bileği plantar fleksiyon kas gücü arasında ters yönlü bir ilişki var mıdır?*" sorusunun cevabını araştırmaya yöneltmiştir. Zira, bu zamana kadar, Ponseti tedavisi sonrası nüks deformite gelişiminde ayak bileği çevresi kas dengesizliğinin rolünü araştıran çalışmaların çoğu invertör ve evertör kas gücü dengesizliğine odaklanmıştır. Fakat, literatür taramamıza göre, bu çalışmaların hiçbirisi spesifik olarak plantar fleksör kas gücü değişikliği ile kas dengesizliği arasındaki olası ilişkiyi araştırmamıştır. Bu nedenle, çalışmamız ultrasonografik tendon boyu ve izometrik kas gücü ölçümü gibi objektif verilere dayanarak, nüks metatarsus adduktus deformitesi olan tek taraflı idyopatik PEV olgularında Ponseti tedavisi sonrası Aşil tendon boyu ve plantar fleksiyon kas gücünde değişiklik olup olmadığını ve eğer varsa bu değişiklikler ile nüks adduktus deformitesi arasında ilişki olup olmadığını araştırmayı amaçlamıştır.

Çalışmamızın en önemli bulgusu, ultrasonografik tendon boyu ölçümlerinin yansıttığı üzere, Ponseti yöntemine göre tedavi edilmiş tek taraflı PEV olgularında, PEV'li tarafların Aşil tendonlarının karşı sağlam taraflara kıyasla belirgin olarak daha uzun saptanmasıdır. Bununla birlikte, ayak bileği plantar fleksiyon kas güçleri de sağlam taraflara kıyasla PEV'li taraflarda anlamlı olarak daha zayıf saptanmıştır. Bu bulgular, *Ponseti tedavisi sonrası Aşil tendonunda uzama meydana gelebileceğini ve bu uzamanın ayak bileği plantar fleksiyon kas gücünde azalmaya yol açabileceğini düşündürmektedir*. Dahası, orta düzeyde olmasına rağmen, Aşil tendon boyu ile plantar fleksiyon kas gücü arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkilerin saptanması bu bulguyu destekler niteliktedir. Araştırmamızdan elde ettiğimiz bu sonuçlar, nüks

olmayan PEV’li hastaları içeren kontrol grubumuz olmadığından, doğrudan olmasa da dolaylı olarak, çalışmamızın ilk hipotezini destekler görünmektedir. Dolayısıyla, bu varsayım üzerine daha yüksek kanıt seviyesine sahip çıkarımlar yapabilmek için prospektif çalışmalara veya nüks olmayan PEV’li olgulardan oluşan kontrol grubuna gereksinim olduğunu düşünüyoruz. Buna rağmen araştırmamız, bildiğimiz kadarıyla, nüks PEV olgularında kas dengesizliği etiyojisini araştıran diğer çalışmaların aksine, spesifik olarak Aşil tendon boyu ve plantar fleksiyon kas gücündeki değişiklikleri araştıran ve Ponseti tedavisi sonrası PEV’li çocuklarda bu iki parametre arasında negatif korelasyon varlığını gösteren ilk çalışmadır.

Araştırmamızdan elde edilen diğer önemli bulgu ise, ayak bileği çevresi izometrik kas gücü ölçümlerine göre hasta ve sağlam ayaklar arasında dorsifleksiyon kas güçleri açısından anlamlı farklılık yok iken, PEV’li taraflarda plantar fleksör kas güçlerinin belirgin olarak daha zayıf saptanmasıdır. Ayrıca, PEV’li tarafların plantar fleksiyon/dorsifleksiyon kas gücü oranları sağlam taraflara kıyasla belirgin olarak daha düşük saptanmıştır. Bu bulgular ışığında, hastaların PEV’li taraf ayak bileklerinde plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon kas güçleri arasında dengesizlik olduğu söylenebilir. Diğer taraftan, PEV’li taraflarda inversiyon ve eversiyon kas güçleri sağlam taraflara kıyasla belirgin olarak daha zayıf saptanmıştır. Fakat hastaların her iki taraflarında inversiyon/eversiyon kas gücü oranları açısından anlamlı farklılık yoktur. Bu bulgu ise, hastaların ayak bileklerinde inversiyon ve eversiyon kas güçleri arasında dengesizliğin olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Dolayısıyla, çalışmamızdan elde edilen bu sonuçlar, nüks adduktus deformitesi ile inversiyon ve eversiyon kas gücü dengesizliği arasında ilişki olduğuna işaret eden araştırmaları desteklememektedir (6, 7, 30, 76).

Bu aşamada, çalışmamızın ikinci hipotezini test etmek için araştırmanın tendon boyu ve kas gücü ölçüm sonuçlarını topyekün değerlendirmek gerekir. Buna göre, araştırmamızda Aşil tendon boyundaki uzunluk farkı ile plantar fleksör kas gücündeki azalma arasında ilişki olduğu gösterilmiştir. Aynı zamanda, inversiyon ve eversiyon kas dengesizliği olmadığı da çıkarımlarımızdan bir diğeridir. O halde, plantar ve dorsifleksör kas gücü dengesizliğine neden olabilecek muhtemel bulgulardan biri plantar fleksiyon kas gücü azalmasıdır. Aynı zamanda, hasta grubumuzda nüks adduktus deformitesine zemin hazırladığı düşünülen inversiyon ve eversiyon kas dengesizliğinin gösterilememiş olması, plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon kas gücü arasındaki dengesizlik ile nüks metatarsus adduktus deformitesi arasında ilişki olabileceğini düşündürmektedir. Demek istenilen, Ponseti tedavisi sonrası plantar fleksiyon kas gücündeki zayıflama ile nüks metatarsus adduktus deformitesi arasında ilişki olduğunu yansıtan bu verilerin araştırmamızın ikinci hipotezini desteklediği kanaatindeyiz. Ancak, bu ilişkinin

daha güvenilir şekilde araştırılması için daha önce değinildiği gibi prospektif çalışma dizaynına veya nüks olmayan PEV’li hastalardan oluşan kontrol grubuna gereksinim mevcuttur.

Aslında, bu aşamadan sonra devreye giren kritik soru *hasta grubumuzda saptanılan Aşil tendon boyundaki bu olası uzunluk farkına hangi unsurların neden olabileceğidir*. Zira, bu soruya yanıt bulunursa, nüks deformitelere yol açtığı düşünülen kas dengesizliğine hangi unsurların neden olabileceğine dair daha objektif bilgiler elde edilebilir. Bu soruya yanıt ararken de Ponseti yönteminin gelişim basamaklarına göz gezdirmenin yol gösterici olabileceğine inanıyoruz.

Dr. Ponseti, 2001 yılında, kendi yöntemi ile tedavi sonrası görülen nüks PEV olgularını tartıştığı bir konferansta doğuştan çarpık ayağın, 4 yaşına kadar, nüks etmeye doğal bir yatkınlığı olduğunu bildirmiştir (46, 77). Hastalarını geriye dönük inceledikten sonra, seri alçılama ve cihaz pratiğinin ilk 20 yılı içerisinde, %50’lik bir nüks oranına sahip olduğunu gözlemlemiştir. Bunun üzerine, tekniğindeki iki temel ilkeyi değiştirerek nüks oranını %7’ye düşürdüğünü açıklamıştır. Bu değişiklikler; ilk olarak son alçı esnasında “aşırı düzeltme” (overcorrection) yapılması, ikinci olarak ise deformiteyi tamamen düzelttikten sonra 3-4 yaşına kadar gece cihazı uygulamasının devamı için ebeveynlerin bilinçlendirilmesidir (46). Güncel pediatrik ortopedi pratiğinde Dr. Ponseti’ nin deneyimlerine dayanarak seri alçılama sonrası PEV’in ekinus dışında diğer komponentleri tamamen düzeltildikten sonra ekinus deformitesini düzeltmek maksadıyla perkütan Aşilotomi uygulanmakta ve ayak bileği maksimum dorsifleksiyonda diz üstü sirküler alçıya alınmaktadır (19, 20, 31, 41). Maksimum düzeltmenin yapıldığı son alçı uygulamasından sonra ayak önü abduksiyonunu ve medial yumuşak doku gerginliğini korumak, ayrıca kalkaneusu gevşetmek amacıyla PEV’li ayaklar en az 3 yaşına kadar ayak abduksiyon cihazı vasıtasıyla 70° dış rotasyon ve 15° dorsifleksiyon pozisyonunda tutularak nükslere karşı korunmaya çalışılmaktadır (20). Dr. Ponseti’nin (19, 20, 31, 41) ve diğer araştırmacıların olgu serilerine (10, 72) bakıldığında, deformitenin tekrarlamasını engellemek adına yapılan bu aşırı düzeltme prensibinin hiç şüphesiz ki başarılı olduğu ortadadır. Ancak kas dengesizliği teorisi hesaba katıldığında, nüksleri engellemek adına yapılan bu tedavi yaklaşımının ayak bileği çevresinde olası yeni bir kas dengesizliğine yol açarak nüks metatarsus adduktus deformitesine neden olabileceğini düşünüyoruz. Bu noktada, asıl vurgulanmak istenilen, araştırmamızın en çarpıcı bulgusu olan Ponseti tedavisi sonrası Aşil tendon boyundaki olası uzamaya neden olabileceğini düşündüğümüz unsurlardır. Bunlar, nüksleri engellemek adına aşırı düzeltme prensibine dayanarak uygulanmış perkütan Aşil

tenotomisi, maksimum dorsifleksiyonda alçılama veya ayağın maksimum düzeltilmiş pozisyonunda en az 3 yaşa kadar ayak abduksiyon cihazı içinde muhafaza edilmesi olabilir.

Bu noktada, perkütan Aşil tenotomisi sonrası Aşil tendon akıbetini araştıran sınırlı sayıdaki çalışmaların (78-81) gözden geçirilmesi yukarıda bahsettiğimiz endişelerimizi dile getirmemize yardımcı olabilir. Aşil tendonunun ayak bileği fonksiyonları açısından oldukça önem arz etmesi, bazı araştırmacıları perkütan tenotomi sonrası Aşil tendonunun iyileşme safhasını incelemeye yönlendirmiştir. Saini ve ark. (81) tarafından yapılmış perkütan Aşilotomi sonrası Aşil tendonunun rejenerasyon potansiyelini araştıran bir çalışmada, Ponseti tekniği ile tedavi edilmiş 34 adet idyopatik doğuştan çarpık ayak olgusu klinik ve radyolojik olarak değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, radyolojik değerlendirmede objektif olması gerekçesiyle manyetik rezonans görüntülemeyi (MRG) tercih ederken, klinik değerlendirmede ayak bileğinin dorsifleksiyon EHA'nı ve aktif plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon yeteneğini incelemişlerdir. Yazarlar tüm klinik ve MRG değerlendirmelerini tenotomi sonrası 6. hafta ve 6. ayda yapmışlar; 6. haftada MRG ile tüm çocuklarda Aşil tendon bütünlüğünün devamlı olduğunu gözlemlemişlerdir. Ancak çalışmanın ön önemli bulgusu, 6. hafta da MRG ile tenotomi hattında görülen kaba hattın ve tendon içi heterojen sinyalin, 6. ay da görülememesidir. Yazarlar bu bulgudan yola çıkarak, tenotomi sonrası 6. haftada devam eden tendon iyileşmesinin 6. ayda remodelizasyon ile sonuçlanabileceği çıkarımını yapmışlardır. Ayrıca, hastaların tümünde 6. hafta kontrollerinde aktif plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon gözlemlenirken, pasif dorsifleksiyon açılarının 15° olduğunu bildirmişlerdir. 6. ayda ise sadece bir olguda ekinus deformitesinin olduğunu kayıt altına almışlardır. Ancak bize göre, Saini ve ark.'nın çalışmasına ait en önemli kısıtlayıcı yönlerden biri, remodelizasyon gibi uzun yıllar sürebilen dinamik bir sürecin varlığına 6 ay gibi kısa bir takip süresi sonrası karar verilmiş olmasıdır. Bunun dışında, çalışmalarının diğer önemli kısıtlayıcı yönü ise, tendon boyundaki değişikliklerin kantitatif olarak analiz edilmemiş olmasıdır. Elbette, infantlarda MRG elde edebilmenin zorlukları hesaba katıldığında, tenotomi öncesi çekim yapmak kolay görünmemektedir. Ancak, aktif plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon hareketinin olduğu olgularda, radyolojik olarak sadece tendon bütünlüğünün gösterilmiş olması Aşil tendon fonksiyonunun korunduğu anlamına gelmeyebilir. Daha öncede belirtildiği üzere, Aşil tendon boyunda uzama ile plantar fleksiyon kas gücü arasındaki ters yönlü ilişki literatürde iyi tanımlanmış bir bulgudur (73-75). O halde, perkütan tenotomi sonrası Aşil tendon fonksiyonunu değerlendirmek için kas güçlerinin izometrik veya izokinetik olarak sayısal verilerle değerlendirmek daha akılcı olabilir.

Perkütan Aşil tenotomisi sonrası tendon iyileşmesi esnasında oluşan yapısal değişiklikleri tanımlamak amacıyla yapılan başka bir çalışmada, Mangat ve ark. (78) idyopatik PEV tanılı 20 hastanın 27 Aşil tendonunu seri ultrasonografi muayeneleri ile prospektif olarak incelemişlerdir. Ultrasonografik muayeneler tenotomi sonrası hem statik hem de dinamik olarak üç, altı ve 20. haftalarda gerçekleştirilmiş, tendon uçları arasında iyileşme bulgusu ultrasonda tendon uçları arasındaki boşluk boyunca tendon homojenliğinin gözlemlenmesi olarak tanımlanmıştır. Ortalama yaşları 24 ayın altında olan hastaların büyük kısmında 20 haftaya kadar iyileşmenin tam olarak tamamlandığını bildiren Mangat ve ark., tenotomize edilmiş tendon uçlarında oluşan boşluk içinde üç iyileşme fazı tanımlamışlardır. Başlangıç fazında, tendon uçları arasında büyük çoğunluğu hematoma olmak üzere birkaç adet birleştirici lif gözlemlenmişler; ayrıca statik olarak tendon bütünlüğü olmasa da dinamik ultrasonografide tendonun bir bütün olarak hareket ettiğini tespit etmişlerdir. 6. haftada, statik ultrasonografik değerlendirmede tendon uçları arasında kolaylıkla seçilebilen olgun doku varlığına rağmen, tendon bütünlüğünün tam olarak oluşmadığını vurgulamışlardır. Son faz olan geçiş fazında ise, orijinal tendon yapısına yakın bir tendon görünümü olduğunu kaydetmişlerdir. Mangat ve ark. tenotomi sonrası 3. haftaya kadar Aşil tendon bütünlüğünü işaret eden bulguların oluşmasına rağmen, en az yirmi haftaya kadar iyileşmenin tamamlanmadığı sonucunu çıkarmışlardır.

Tenotomi sonrası iyileşme sürecini inceleyen diğer bir çalışmada, Niki ve ark. (80) 23 infantın 33 doğuştan çarpık ayağını yaklaşık olarak iki yıl boyunca seri ultrason muayeneleri ile takip etmişlerdir. İlk dört hafta içinde tendon bütünlüğünün sağlandığını bildiren araştırmacılar, birinci yılda tek taraflı olguların PEV'li ayakları sağlam tarafları ile karşılaştırıldığında Aşil tendon kalınlıkları açısından fark olmadığını bildirmişlerdir. Yukarıdaki tartışmadan anlaşılabileceği üzere, ultrasonografi ile tenotomi sonrası Aşil tendonu iyileşmesini araştıran çalışmaların ortak klinik gözlemleri, tendon bütünlüğünün Aşilotomi sonrasında genellikle 3 hafta içinde restore olduğu, ancak tam iyileşme ve remodelizasyon aşamasının 12 hafta veya daha fazla sürebileceği yönündedir.

Daha önce bahsettiğimiz aşırı düzeltme prensibinin nükslere neden olabileceğine dair endişemize geri dönecek olursak, yukarıda detaylı olarak tartışılan araştırma sonuçları bu endişemizde haklı olabileceğimizi düşündürmektedir. Zira, tenotomi sonrası remodelizasyonun uzun sürdüğü bir biyolojik ortamda, nüksleri engellemek adına maksimum dorsifleksiyonda alçılama ve ayağın maksimum düzeltilmiş pozisyonda en az 3 yaşa kadar ayak abduksiyon cihazı içinde muhafaza edilmesi Aşil tendon boyunda uzamaya yol açabilir. Bu uzama, plantar fleksiyon kas gücünde azalmaya yol açarak tibialis anterior kasının göreceli olarak daha baskın

olmasına neden olabilir. Özetle, Aşil tendonunun uzun olarak iyileşmesi ile başlayan patomekanik olaylar silsilesi ayak bileği çevresinde tedrici olarak artan kas dengesizliğine sebebiyet vererek dinamik supinasyon deformitesi ve/veya diğer yapısal deformiteler ile sonuçlanabilir. Malasef, çalışmamız gerek retrospektif doğası, gerekse ultrasonografik incelemeyi içeren takip intervali olmayışı nedeniyle Ponseti tedavisi sonrası Aşil tendon boyundaki uzamaya neden olabileceğini düşündüğümüz unsurları yanıtlamak için yeterli niteliğe sahip değildir. Dolayısıyla, bu soruya yanıt verebilmek adına yeterli delile olanak sağlayacak prospektif, randomize ve kontrollü çalışmalara gereksinim vardır. *Belkide mevcut çalışmanın kısıtlayıcı yönlerini aşan bu tipte bir araştırma gelecekte Ponseti yönteminde bazı modifikasyonlara gidilmesine yol açabilir.*

Çalışmamızın esas araştırma konusu olan idyopatik nüks PEV olgularında kas dengesizliği mevzubahis olduğunda, önceki çalışmaların (6, 7, 30, 76) idyopatik PEV etiyojisinde dikkat çektiği ve nüks olgularda saptanılan kas dengesizliğine katkıda bulunabileceği düşünülen bir diğer faktör ise evertör kasların zayıf aktivitesidir. Dolayısıyla, araştırmamızdan elde edilen diğer önemli bulgu, peroneus brevis tendon boyunun PEV’li taraflarda sağlam taraflara kıyasla daha kısa, peroneal kas güçlerinin ise PEV’li taraflarda belirgin olarak daha zayıf saptanmasıdır. Çalışmamızdan elde edilen bu bulguların kas dengesi bağlamında önemini belirtmek için ilişkili pediatrik ortopedi literatürüne göz gezdirmek faydalı olacaktır.

Doğuştan çarpık ayakta özellikle peroneus brevis kası olmak üzere peroneal kasların önemi, 1998 yılında Loren ve ark. (82) tarafından kayıt altına alınmıştır. Loren ve ark. posteromedial gevşetme operasyonu uyguladıkları 64 idyopatik PEV’li çocuğun peroneus brevis kasından elde ettikleri biyopsi materyallerini histolojik olarak incelemişler. İnceleme sonucunda kas biyopsilerinin %50’sinde lif çapı ve lif tipi dağılım paterni açısından (konjenital tip fiber) anormal lif morfolojisi saptamışlardır. Çarpıcı olarak, anormal kas lifi histolojisi gösteren ayaklarda, PEV deformitesinin tekrarlama sıklığının belirgin olarak daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Doğuştan çarpık ayak etiyojisi üzerine 1995 yılında yapılmış başka bir çalışmada, Feldbrin ve ark. (83) 52 idyopatik PEV tanılı çocuğun her iki alt ekstremitelerini elektromiyografi, sinir iletim ve spinal monosinaptik refleks testlerini kullanarak elektrofizyolojik olarak incelemişler ve hastaların %27’sinde izole peroneal sinir hasarı saptamışlardır. Ancak çalışmalarında klinik bulgular göz ardı edildiğinden, hastalarda peroneal sinir işlev bozukluğu olup olmadığı bilinmemektedir. Buna rağmen, Feldbrin ve ark. idyopatik

doğuştan çarpık ayak etiyojijisinde kas dengeşizliğı teorisini destekleyerek hem konservatif hem de cerrahi olarak tedavi edilmiş hastalarda anormal elektrofizyolojik bulguların kötü prognostik faktör olabileceğı sonucunu çıkarmışlardır. Benzer şekilde, 2000 yılında yapılmış bir başka elektrofizyolojik araştırmada, Ezra ve ark.'ı (6) rezidüel dinamik supinasyon deformitesi nedeniyle tibialis anterior tendon transferi uygulanmış 25 hastanın 37 ayağında belirgin peroneal kas güçsüzlüğü saptamışlardır. Bunun üzerine, dinamik supinasyon ve adduktus gibi yapısal deformitelerin inversiyon ve eversiyon kas dengeşizliğı sebebiyle meydana gelebileceğini belirtmişlerdir. Buna karşın, Bill ve Versfeld (84) tedavi edilmemiş PEV'i olan 25 çocukta yapmış oldukları elektromiyografik değerlendirme sonucunda nöropatik veya miyopatik değışiklikleri göstermekte başarısız olmuşlardır.

Son olarak, 2018 yılında, çarpık ayaklar ile doğan mutant fareler üzerinde yapılmış bir hayvan deneyinde, Collinson ve ark. (85) bu farelerdeki pma (peroneal muskuler atrofi) gen mutasyonuna ikincil olarak gelişen PEV deformitesinin insan morfolojisine benzer şekilde olduğuna dikkat çekmiştir. Araştırmacılar, mutant farelerde pma gen defekti sonucu siyatik sinirin peroneal dalının olmadığını belirtmişlerdir. Bunun üzerine, pma mutasyonunu tavuk modelleri üzerinde taklit etmişler ve bu tavuklarda mutant farelere benzer fenotipte çarpık ayak geliştiğini gözlemlemişlerdir. Collinson ve ark.'ları araştırmalarından insanlardaki doğuştan çarpık ayak etiyojijisini daha iyi kavrayabilmek adına nöromuskuler ve genetik alt yapıya biyomekanik bakış açısıyla bakmanın gerekli olduğu çıkarımını yapmışlardır.

Kısa literatür derlememizden de anlaşılacağı üzere, doğuştan çarpık ayakta peroneal kas aktivitesini etkileyen nöromusküler ve genetik bir altyapının olduğu birçok histopatolojik ve elektrofizyolojik çalışmalarla gösterilmiştir (6, 82, 83, 85). Oysa ki, "niçin nüks metatarsus adduktus deformitesi olan olgularda tibialis anterior kası göreceli olarak normal işlev gösterirken, bu kasın antagonistleri fonksiyonel olarak daha zayıftır?" sorusuna yanıt verebilmek için histolojik ve elektrofizyolojik incelemelere ek olarak evertör kas fonksiyonunun klinik olarak da değerlendirilmesi gerektiğini düşünüyüz.

Bu bağlamda, literatürde, idyopatik ve idyopatik olmayan PEV olgularında, nüks deformite gelişiminde evertör kas fonksiyonunun klinik rolünü spesifik olarak inceleyen ilk çalışma 2014 yılında Gelfer ve ark. (30) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaya, yaşları 2.1 ile 6.3 yıl arasında değışen 38'i idyopatik, 29'u idyopatik olmayan PEV tanılı toplam 67 çocuk dahil edilmiştir. Her iki grupta da (idyopatik ve idyopatik olmayan PEV) nüks sıklığı ile zayıf evertör kas aktivitesi arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptanmıştır. Diğer taraftan, nüks sıklığı ile deformitenin başlangıç şiddeti, tedaviye başlangıç yaşı, uygulanan alçı sayısı ve ayak

abdüksiyon cihazına uyum arasında anlamlı ilişki gösterilememiştir. Gelfer ve ark. hem idyopatik hem de idyopatik olmayan PEV olgularında, Ponseti tedavisi sonrası nüks sıklığı ile sadece bozulmuş evertör kas aktivitesi arasında anlamlı ilişki saptanmıştır. Ayrıca, araştırmacılar idyopatik grupta, zayıf evertör kas aktivitesi ile ön ayak adduktusu ve topuk varusu arasında anlamlı ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırmamızın bir diğer dikkat çekici bulgusu ise Gelfer ve ark.'nın çalışmasına benzer şekilde, adduktus deformitesine eşlik eden en sık deformitenin topuk varusu olmasıdır. Bunların ötesinde, Gelfer ve ark.'nın çalışmasındaki en önemli kısıtlayıcı yönlerden biri evertör kas aktivitesinin Pirani skorlamasına göre subjektif olarak değerlendirilmesidir.

PEV'de nüks deformite gelişiminde invertör ve evertör kas gücü dengesizliğinin rolüne geri dönecek olursak, bize göre bu konu üzerine yapılmış araştırmaların (4, 6-9, 30, 76, 82, 83, 86) en önemli kısıtlayıcı yönü ayak bileği çevresi antagonist kas gücü dengesinin kantitatif olarak değerlendirilmemiş olmasıdır. Zira, nükslere yol açtığı düşünülen kas dengesizliğinin objektif olarak gösterilebilmesi için histolojik ve elektrofizyolojik incelemelere ek olarak antagonist kas güçlerinin bir terazinin iki ucu gibi ayrı ayrı ele alınıp kantitatif olarak da değerlendirilmesi gerektiğini düşünüyoruz. Bu nedenle, bu konu üzerine yapılmış çoğu araştırmanın aksine (4, 6-9, 30, 76, 82, 83, 86), çalışmamızda inversiyon ve eversiyon kas güçleri, güvenilirliği kabul edilmiş bir yöntem olan taşınabilir el dinamometresi (60, 65-67, 76) ile kantitatif olarak değerlendirildi. Araştırmamızın peroneal kas gücü ölçümleri, Gelfer ve ark.'nın çalışması dahil yukarıda tartışılan zayıf peroneal kas aktivitesine işarete eden diğer çalışmaların (6, 82, 83, 85) sonuçlarını desteklemektedir. Ancak, hasta grubumuzda eversiyon kas gücünün yanı sıra inversiyon kas gücünün de zayıf olduğunu saptadık. Üstelik, hasta ve sağlam ayaklar arasında inversiyon/eversiyon kas gücü oranları açısından da farklılık olmadığını tespit ettik. Anlatılmak istenilen, PEV'li taraflarda eversiyon kas gücü azalmış olmasına rağmen, sağlam taraflar ile karşılaştırıldığında inversiyon ve eversiyon kas güçleri arasında dengesizlik saptayamadık. Mevcut araştırmanın üçüncü hipotezi söz konusu olduğunda, inversiyon ve eversiyon kas dengesizliğinin gösterilemediği hasta grubumuzdan elde ettiğimiz bilimsel bilgi bu hipotezi desteklemekten uzak görünmektedir. Dolayısıyla, literatürdeki çoğu çalışmanın aksine, inversiyon ve eversiyon kas dengesizliğinin nüks deformite üzerinde primer rol oynadığı görüşüne katılmıyoruz. Evertör kas gücü zayıflığı olsa bile kas dengesizliğinden bahsedebilmek için bir terazinin iki ucu gibi invertör kaslarında kas gücünün objektif olarak değerlendirilmesi gerektiğine inanıyoruz.

Çalışmamızın birden fazla kısıtlayıcı yönü bulunmaktadır. Bize göre, en önemli kısıtlayıcı yönler, çalışmanın retrospektif doğasının yanı sıra kontrol grubunun araştırılan olguların sağlam taraflarından oluşturulmuş olmasıdır. Ponseti yöntemi ile tedavi edilmiş PEV olguları asemptomatik olsalar, hatta normal çocuklarla aynı aktivite seviyesine sahip olsalar bile yürüme kinetiği ve kinematikleri normal olmayabilir. Yürüme sırasında oluşan patolojik değişiklikler sadece ayak ve ayak bileğinde değil aynı zamanda diz, kalça ve pelviste de meydana gelmektedir. Bunların birincil sebebi ayakta oluşan statik ve dinamik deformiteyi vücudun diğer eklemler yardımıyla kompanse etmeye çalışmasıdır (87, 88). Dolayısıyla çalışmaya dahil edilen hastaların sağlam olarak göz önünde bulundurulanan ayakları her ne kadar PEV’li olmasa da bozulmuş yürüme kinetiği ve kinematiğinden etkilenmiş olabilir. Ayrıca, retrospektif doğası nedeniyle hasta tarafların Aşil tendon boylarının Ponseti tedavisi öncesinde ölçülemediği olması da diğer kısıtlamadır. Araştırmamızın bir diğer kısıtlayıcı yönü ise, Aşil tendon boyu ölçümü esnasında gastrosoleus kas kompleksinin boyunun ve hacminin değerlendirilmemiş olmasıdır. Zira, PEV’li hastalarda etkilenmiş taraf (ayak, ayak bileği ve baldır) hastalığın doğası gereği daha küçük ve zayıf olabilir. Bu nedenle, ayak bileği plantar fleksiyon kas gücü PEV’li taraflarda sağlam taraftan daha zayıf olabilir. Dolayısıyla, araştırmamızın test etmeye çalıştığı varsayımları üzerine daha yüksek kanıt seviyesine sahip çıkarımlar yapabilmek için prospektif çalışma protokolüne veya nüks olmayan PEV’li olgulardan oluşan kontrol grubuna gereksinim olduğunu düşünüyoruz.

Ayrıca, çalışmamıza dahil edilen hastaların retrospektif olarak seçilmesi seçime bağlı taraf tutmaya yol açmış olabilir. Ancak nüks deformitelerin değerlendirilmesinin hem klinik olarak hemde radyografik olarak başlangıç tedavisine katılmayan tek bir ortopedist tarafından yapılmış olmasının bu yanlılığı azalttığına inanıyoruz. Araştırmamızın bir diğer kısıtlayıcı yönü ise, Aşil tendon boyu ölçümü esnasında eş zamanlı gastrosoleus kas kompleksinin boyunun ve hacminin değerlendirilmemiş olmasıdır. Zira, hastalığın doğası gereği, PEV’li hastaların etkilenmiş taraflarında triceps surae kas kompleksinin hacmi sağlam taraflarına kıyasla daha küçük olabilir. Bu durum, Aşil tendon boyunda meydana gelen uzamadan bağımsız olarak kas gücünde azalmaya yol açmış olabilir.

Çalışmamızın yukarıda değinilen kısıtlayıcı yönlerine rağmen, bildiğimiz kadarıyla, PEV’li çocuklarda gerek Ponseti tedavisi sonrası Aşil tendon boyunu ve plantar fleksör kas gücünü gerekse ayak bileği çevresi kas dengesini detaylı şekilde araştıran ilk çalışmadır. Perkütan Aşil tenotomisi doğuştan çarpık ayağın tedavisinde yaygın olarak uygulanmasına rağmen, bu işlem sonrası Aşil tendonunun akıbeti konusunda pediatrik ortopedi literatüründe

yeterince bilgi yoktur. Ayrıca, konu üzerine araştırma yapmış önceki çalışmaların aksine, ayak bileği çevresi tendon ölçümleri ultrasonografi kullanılarak belirli bir protokol ışığında deneyimli iki radyolog tarafından yapılmıştır. Kas kuvveti ölçümleri kör olarak yapılmasa da, tek bir ortopedist tarafından güvenilirliği kabul edilmiş “make test” protokolüne (60, 65-67, 76) uygun olarak kantitatif olarak gerçekleştirilmiştir.

6. ÇIKARIMLAR

Ponseti yöntemi ile tedavi edilmiş tek taraflı idyopatik PEV olgularının Aşil tendon boyları karşı sağlam taraflara kıyasla belirgin olarak daha uzun olabilir. Dahası, bu olguların her iki Aşil tendon boyları arasındaki uzunluk farkı arttıkça PEV’li taraflarındaki plantar fleksiyon kas gücünde azalma gözlemlenebilir.

Tek taraflı idyopatik PEV hastalarının etkilenmiş ayak bileklerinde karşı sağlam tarafları ile karşılaştırıldığında inversiyon ve eversiyon kas dengesizliği olmadığı halde, plantar fleksiyon kas gücündeki azalmaya ikincil plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon kas gücü dengesizliği mevcuttur. Bu nedenle, Ponseti tedavisi sonrası plantar fleksiyon kas gücündeki zayıflama ile nüks metatarsus adduktus deformitesi gelişimi arasında ilişki olduğu düşünülebilir.

Araştırmamızdan elde ettiğimiz diğer ultrasonografik tendon boyu ölçümleri, konservatif olarak tedavi edilmiş tek taraflı idyopatik PEV hastalarında peroneus brevis tendon boyunun etkilenmiş tarafta karşı sağlam taraflara kıyasla daha kısa olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, nüks ön ayak adduktusu olan tek taraflı PEV olgularında sağlam taraflarına kıyasla evertör kas gücü zayıflığı saptanabilir. Ancak bu hastalarda eversiyon kas gücü zayıflamış olsa bile inversiyon ve eversiyon kas gücü arasındaki denge bozulmamış olabilir.

Her şeyin ötesinde, “*Niçin nüks metatarsus adduktus deformitesi olan olgularda tibialis anterior kası göreceli olarak normal işlev gösterirken, bu kasın antagonistleri fonksiyonel olarak daha zayıftır?*” sorusu Ponseti yöntemi sonrası PEV deformitesinin nüks ettiği olgular için pediatrik ortopedi literatüründe yanıtlanmayı bekleyen önemli sorulardan biri olmaya devam etmektedir. Bu sorunun yanıtını verebilmek için gelecek çalışmaların multidisipliner bir bakış açısı ile doğuştan çarpık ayak etiyojisinin nöromuskuler, genetik ve biyomekanik altyapılarını incelemesi gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Herring JA. Tachdjian's pediatric orthopaedics e-book: from the Texas Scottish Rite Hospital for Children: Elsevier Health Sciences; 2013.
2. Stouten JH, Besselaar AT, Van Der Steen M. Identification and treatment of residual and relapsed idiopathic clubfoot in 88 children. *Acta Orthopaedica*. 2018;1-6.
3. Radler C, Mindler GT. Treatment of severe recurrent clubfoot. *Foot and ankle clinics*. 2015;20(4):563-86.
4. Abdelgawad AA, Lehman WB, Van Bosse HJ, Scher DM, Sala DA. Treatment of idiopathic clubfoot using the Ponseti method: minimum 2-year follow-up. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2007;16(2):98-105.
5. Hosseinzadeh P, Milbrandt TA. Congenital clubfoot. *JBJS reviews*. 2014;2(3).
6. Ezra E, Hayek S, Gilai AN, Khermosh O, Wientroub S. Tibialis anterior tendon transfer for residual dynamic supination deformity in treated club feet. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2000;9(3):207-11.
7. Thompson GH, Hoyer HA, Barthel T. Tibialis anterior tendon transfer after clubfoot surgery. *Clinical orthopaedics and related research*. 2009;467(5):1306-13.
8. Changulani M, Garg N, Rajagopal T, Bass A, Nayagam S, Sampath J, et al. Treatment of idiopathic club foot using the Ponseti method: initial experience. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2006;88(10):1385-7.
9. Haft GF, Walker CG, Crawford HA. Early clubfoot recurrence after use of the Ponseti method in a New Zealand population. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2007;89(3):487.
10. Cooper DM, Dietz FR. Treatment of idiopathic clubfoot. A thirty-year follow-up note. *JBJS*. 1995;77(10):1477-89.
11. Macnicol M. The management of club foot: issues for debate. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2003;85(2):167-70.
12. Saini R, Dhillon MS, Tripathy SK, Goyal T, Sudesh P, Gill SS, et al. Regeneration of the Achilles tendon after percutaneous tenotomy in infants: a clinical and MRI study. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2010;19(4):344-7.
13. Abdel-Aal MA, Abdel-Rahmann TM. Correction of residual metatarsus adductus deformity following ponseti management of idiopathic clubfoot in toddlers by tibialis anterior tendon transfer. *Journal of Orthopedic Surgery and Rehabilitation*. 2017;1(2):9-14.
14. Kuo KN, Hennigan SP, Hastings ME. Anterior tibial tendon transfer in residual dynamic clubfoot deformity. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2001;21(1):35-41.
15. Tulchin K, Jeans KA, Karol LA, Crawford L. Plantar pressures and ankle kinematics following anterior tibialis tendon transfers in children with clubfoot. *Journal of foot and Ankle Research*. 2012;5(1):O32.
16. Bacino CA, Hecht JT. Etiopathogenesis of equinovarus foot malformations. *European journal of medical genetics*. 2014;57(8):473-9.
17. Harakalova M, Nijman IJ, Medic J, Mokry M, Renkens I, Blankensteijn JD, et al. Genomic DNA pooling strategy for next-generation sequencing-based rare variant discovery in

abdominal aortic aneurysm regions of interest—challenges and limitations. *Journal of cardiovascular translational research*. 2011;4(3):271-80.

18. Lieschke GJ, Currie PD. Animal models of human disease: zebrafish swim into view. *Nature Reviews Genetics*. 2007;8(5):353.

19. Dobbs MB, Gurnett CA. Update on clubfoot: etiology and treatment. *Clinical orthopaedics and related research*. 2009;467(5):1146.

20. Gibbons PJ, Gray K. Update on clubfoot. *Journal of paediatrics and child health*. 2013;49(9).

21. Dunn PM. Congenital postural deformities: perinatal associations. SAGE Publications; 1972;735-738.

22. Smith RB. Dysplasia and the effects of soft tissue release in congenital talipes equinovarus. *Clinical orthopaedics and related research*. 1983(174):303-9.

23. Böhm M. The embryologic origin of club-foot: The Krüppelfürsorgestelle of the City of Berlin in St. Hildegard's Hospital. *JBJS*. 1929;11(2):229-59.

24. Bonnell J, Cruess R. Anomalous insertion of the soleus muscle as a cause of fixed equinus deformity: a case report. *JBJS*. 1969;51(5):999-1000.

25. Irani RN, Sherman MS. The pathological anatomy of idiopathic clubfoot. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1972;84:14-20.

26. Dobbs MB, Gurnett CA. Genetics of clubfoot. *Journal of pediatric orthopaedics Part B*. 2012;21(1):7.

27. Ostadal M, Liskova J, Hadraba D, Eckhardt A. Possible Pathogenetic Mechanisms and New Therapeutic Approaches of Pes Equinovarus. *Physiological research*. 2017;66(3):403.

28. Hamill J, Knutzen KM. Biomechanical basis of human movement: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.

29. Roye Jr DP, Roye BD. Idiopathic congenital talipes equinovarus. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2002;10(4):239-48.

30. Gelfer Y, Dunkley M, Jackson D, Armstrong J, Rafter C, Parnell E, et al. Evertor muscle activity as a predictor of the mid-term outcome following treatment of the idiopathic and non-idiopathic clubfoot. *The bone & joint journal*. 2014;96(9):1264-8.

31. Colaço HB, Patel S, Lee MH, Shaw OM. Congenital clubfoot: a review. *British Journal of Hospital Medicine* (2005). 2010;71(4):200-5.

32. Dimeglio A, Bensahel H, Souchet P, Mazeau P, Bonnet F. Classification of clubfoot. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 1995;4(2):129-36.

33. Herzenberg JE, Radler C, Bor N. Ponseti versus traditional methods of casting for idiopathic clubfoot. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2002;22(4):517-21.

34. Huber H, Dutoit M. Dynamic foot-pressure measurement in the assessment of operatively treated clubfeet. *JBJS*. 2004;86(6):1203-10.

35. Sevensan A, Göktürk E. Doğuştan çarpık ayakta patolojik anatomi ve kinematik. *TOTBİD Dergisi* 2015; 14:168–172.

36. Cooke SJ, Balain B, Kerin CC, Kiely NT. Clubfoot. *Current orthopaedics*. 2008;22(2):139-49.

37. Donatelli R. Normal biomechanics of the foot and ankle. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1985;7(3):91-5.
38. Dawe EJ, Davis J. (vi) Anatomy and biomechanics of the foot and ankle. *Orthopaedics and Trauma*. 2011;25(4):279-86.
39. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the ankle. *Orthopaedics and trauma*. 2016;30(3):232-8.
40. Edmonds EW, Frick SL. The drop toe sign: an indicator of neurologic impairment in congenital clubfoot. *Clinical orthopaedics and related research*. 2009;467(5):1238-42.
41. Balasankar G, Luximon A, Al-Jumaily A. Current conservative management and classification of club foot: A review. *Journal of pediatric rehabilitation medicine*. 2016;9(4):257-64.
42. Ponseti IV, Zhivkov M, Davis N, Sinclair M, Dobbs MB, Morcuende JA. Treatment of the complex idiopathic clubfoot. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2006;451:171-6.
43. Zapata KA, Karol LA, Jeans KA, Jo C-H. Gross Motor Function at 10 Years of Age in Children With Clubfoot Following the French Physical Therapy Method and the Ponseti Technique. *Journal of pediatric orthopedics*. 2018.
44. He J-P, Shao JF, Hao Y. Comparison of different conservative treatments for idiopathic clubfoot: Ponseti's versus non-Ponseti's methods. *Journal of International Medical Research*. 2017;45(3):1190-9.
45. Staheli L. Clubfoot: ponseti management: Global HELP Organization; 2009.
46. Ponseti IV. Relapsing clubfoot: causes, prevention, and treatment. *The Iowa orthopaedic journal*. 2002;22:55.
47. Nagaraju KD, Vidyadhara S, Shetty AP, Venkatadass K, Rajasekaran S. Use of Ponseti's technique in recurrent clubfeet following Kite's method of correction. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2008;17(4):189-93.
48. Bor N, Katz Y, Vofsi O, Herzenberg JE, Zuckerberg AL. Sedation protocols for Ponseti clubfoot Achilles tenotomy. *Journal of children's orthopaedics*. 2007;1(6):333-5.
49. Ponseti IV. Treatment of congenital club foot. *JBJS*. 1992;74(3):448-54.
50. Nogueira MP, Batlle AME, Alves CG. Is it possible to treat recurrent clubfoot with the Ponseti technique after posteromedial release?: a preliminary study. *Clinical orthopaedics and related research*. 2009;467(5):1298-305.
51. Dietz F. Treatment of a recurrent clubfoot deformity after initial correction with the Ponseti technique. *Instructional course lectures*. 2006;55:625-9.
52. Pirani S, Zeznik L, Hodges D. Magnetic resonance imaging study of the congenital clubfoot treated with the Ponseti method. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2001;21(6):719-26.
53. Dobbs MB, Rudzki J, Purcell DB, Walton T, Porter KR, Gurnett CA. Factors predictive of outcome after use of the Ponseti method for the treatment of idiopathic clubfeet. *JBJS*. 2004;86(1):22-7.
54. Akman B, Güven M, Kocadal AO. Çocuklarda ayağın radyografik değerlendirmesi. *TOTBİD Dergisi* 2017; 16:389–398.

55. Vanderwilde R, Staheli L, Chew D, Malagon V. Measurements on radiographs of the foot in normal infants and children. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1988;70(3):407-15.
56. Doğan A, Üzümcügil O, Zorer G, Yalçınkaya M. Çocuk ayak radyografisinin değerlendirilmesi ve sık görülen konjenital ayak deformitelerinin radyografik özellikleri. *TOTBİD (Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği) Dergisi*. 2007;6:77-87.
57. Simmons G. Analytical radiography and the progressive approach in talipes equinovarus. *The Orthopedic clinics of North America*. 1978;9(1):187-206.
58. Harty MP. Imaging of pediatric foot disorders. *Radiologic Clinics of North America*. 2001;39(4):733-48.
59. Jones M, Stratton G. Muscle function assessment in children. *Acta paediatrica*. 2000;89(7):753-61.
60. Eek MN, Kroksmark A-K, Beckung E. Isometric muscle torque in children 5 to 15 years of age: normative data. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2006;87(8):1091-9.
61. Schwartz S, Cohen ME, Herbison GJ, Shah A. Relationship between two measures of upper extremity strength: manual muscle test compared to hand-held myometry. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1992;73(11):1063-8.
62. Taylor NF, Dodd KJ, Graham HK. Test-retest reliability of hand-held dynamometric strength testing in young people with cerebral palsy 1. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2004;85(1):77-80.
63. Stratford PW, Balsor BE. A comparison of make and break tests using a hand-held dynamometer and the Kin-Com. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1994;19(1):28-32.
64. Bleck EE. Metatarsus adductus: classification and relationship to outcomes of treatment. *Journal of pediatric orthopedics*. 1983;3(1):2-9.
65. Burns J, Ouvrier R, Estilow T, Shy R, Laurá M, Pallant JF, et al. Validation of the Charcot-Marie-Tooth disease pediatric scale as an outcome measure of disability. *Annals of neurology*. 2012;71(5):642-52.
66. Carroll M, Joyce W, Brenton-Rule A, Dalbeth N, Rome K. Assessment of foot and ankle muscle strength using hand held dynamometry in patients with established rheumatoid arthritis. *Journal of foot and ankle research*. 2013;6(1):10.
67. Burns J, Redmond A, Ouvrier R, Crosbie J. Quantification of muscle strength and imbalance in neurogenic pes cavus, compared to health controls, using hand-held dynamometry. *Foot & ankle international*. 2005;26(7):540-4.
68. Rees J, Lichtwark G, Wolman R, Wilson A. The mechanism for efficacy of eccentric loading in Achilles tendon injury; an in vivo study in humans. *Rheumatology*. 2008;47(10):1493-7.
69. Barfod KW, Riecke AF, Boesen A, Hansen P, Maier JF, Døssing S, et al. Validation of a novel ultrasound measurement of Achilles tendon length. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015;23(11):3398-406.
70. Domínguez G, Munuera PV. Metatarsus adductus angle in male and female feet: normal values with two measurement techniques. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2008;98(5):364-9.

71. Dawoodi AI, Perera A. Radiological assessment of metatarsus adductus. *Foot and Ankle Surgery*. 2012;18(1):1-8.
72. Morcuende JA, Dolan LA, Dietz FR, Ponseti IV. Radical reduction in the rate of extensive corrective surgery for clubfoot using the Ponseti method. *Pediatrics*. 2004;113(2):376-80.
73. Lee SJ, Goldsmith S, Nicholas SJ, McHugh M, Kremenec I, Ben-Avi S. Optimizing Achilles tendon repair: effect of epitendinous suture augmentation on the strength of Achilles tendon repairs. 2008.
74. Maquirriain J. Achilles tendon rupture: avoiding tendon lengthening during surgical repair and rehabilitation. *The Yale journal of biology and medicine*. 2011;84(3):289.
75. Zellers JA, Carmont MR, Silbernagel KG. Achilles Tendon Resting Angle Relates to Tendon Length and Function. *Foot & ankle international*. 2018;39(3):343-8.
76. Moon DK, Gurnett CA, Aferol H, Siegel MJ, Commean PK, Dobbs MB. Soft-tissue abnormalities associated with treatment-resistant and treatment-responsive clubfoot: findings of MRI analysis. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2014;96(15):1249.
77. Chu A, Lehman WB. Persistent clubfoot deformity following treatment by the Ponseti method. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2012;21(1):40-6.
78. Mangat KS, Kanwar R, Johnson K, Korah G, Prem H. Ultrasonographic phases in gap healing following Ponseti-type Achilles tenotomy. *JBJS*. 2010;92(6):1462-7.
79. Maranhão D, Leonardo F, Herrero C, Engel E, Volpon J, Nogueira-Barbosa M. The quality of Achilles tendon repair five to eight years after percutaneous tenotomy in the treatment of clubfoot: clinical and ultrasonographic findings. *The bone & joint journal*. 2017;99(1):139-44.
80. Niki H, Nakajima H, Hirano T, Okada H, Beppu M. Ultrasonographic observation of the healing process in the gap after a Ponseti-type Achilles tenotomy for idiopathic congenital clubfoot at two-year follow-up. *Journal of Orthopaedic Science*. 2013;18(1):70-5.
81. Marleix S, Chapuis M, Fraisse B, Tréguier C, Darnault P, Rozel C, et al. Idiopathic club foot treated with the Ponseti method. Clinical and sonographic evaluation of Achilles tendon tenotomy. A review of 221 club feet. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2012;98(4):S73-S6.
82. Loren GJ, Karpinski NC, Mubarak SJ. Clinical implications of clubfoot histopathology. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1998;18(6):765-9.
83. Feldbrin Z, Gilai A, Ezra E, Khernosh O, Kramer U, Wientroub S. Muscle imbalance in the aetiology of idiopathic club foot. An electromyographic study. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1995;77(4):596-601.
84. Bill P, Versfeld GA. Congenital clubfoot: an electromyographic study. *Journal of pediatric orthopaedics*. 1982;2(2):139-42.
85. Collinson JM, Lindström NO, Neves C, Wallace K, Meharg C, Charles RH, et al. The developmental and genetic basis of 'clubfoot' in the peroneal muscular atrophy mutant mouse. *Development*. 2018;145(3):dev160093.
86. Gray K, Burns J, Little D, Bellemore M, Gibbons P. Is tibialis anterior tendon transfer effective for recurrent clubfoot? *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2014;472(2):750-8.

87. Bizovska L, Gonosova Z, Svoboda Z, Linduska P, Janura M. P 002-Ankle muscle strength and its relationship to the lower trunk movement during running. *Gait & posture*. 2018; 237-238.
88. Karol LA, Jeans KA, Kaipus KA. The relationship between gait, gross motor function, and parental perceived outcome in children with clubfeet. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2016;36(2):145-51.

