



Medial longitudinal arkın değerlendirilmesi: Dinamik plantar basınç ölçüm sistemi ile radyografik yöntemlerin karşılaştırılması

Nadir YALÇIN,[#] Erdiñ ESEN, Ulunay KANATLI, Haluk YETKİN

[#]Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği;
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Amaç: Ayakta medial longitudinal arkın (MLA) değerlendirilmesi ortopedide tartışmalı konulardan biridir. Arkı değerlendirmek ve tanımlamak için pek çok ölçüm yöntemi geliştirilmişse de, yaygın olarak kabul görmüş tek bir yöntem yoktur. Bu çalışmada, sağlıklı bireylerde, MLA'nın değerlendirilmesinde kullanılan, statik olarak elde edilen çeşitli radyografik açılar ile dinamik plantar basınç ölçüm sistemi karşılaştırıldı.

Çalışma planı: Bu çalışmada, pedobarografi laboratuvarına çeşitli nedenlerle başvurmuş ve ayak grafileri çekilmiş, yapılan değerlendirme sonucunda normal ayak yapısına sahip olduğu sonucuna varılan 95 kişi (72 kadın, 23 erkek; ort. yaş 37.8; dağılım 11-85) geriye dönük olarak değerlendirildi. Deneklerin basarak çekilmiş standart yan ayak grafilerinde lateral talokalkaneal açı, talo-birinci metatarsal açı, talohorizontal açı ve kalkaneal eğim açıları ölçüldü. Ayakların plantar basınç dağılım ölçümleri ise EMED-SF sistemi ile yapıldı. Medial longitudinal arkın değerlendirilmesinde ark indeksi yöntemi kullanıldı. Ark indeksi, orta ayağın basınç alanının ön, orta, arka ayağın basınç alanları toplamına bölünmesi ile elde edildi. Açısal değerler ile ark indeksi arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon testi ile değerlendirildi.

Sonuçlar: Lateral talokalkaneal, talo-birinci metatarsal, talohorizontal ve kalkaneal açıların ortalamaları sırasıyla 43.2, 7.2, 29.5 ve 41 derece olarak bulundu. Ark indeksinin ortalaması ise 0.12 bulundu (dağılım 0.04-0.17). Ark indeksi cinsiyet ile ilişkili bulunmadı ($r=-0.10$, $p>0.05$). Ark indeksi talo-birinci metatarsal açı ($r=0.38$) ve talohorizontal açı ($r=0.19$) ile anlamlı ilişki gösterirken ($p<0.05$), talokalkaneal açı ($r=-0.16$) ve kalkaneal eğim açısı ($r=-0.10$) ile ilişkili bulunmadı ($p>0.05$).

Çıkarımlar: Ark indeksi yöntemi, MLA'nın değerlendirilmesinde basit ve tekrarlanabilir bir pedobarografik yöntemdir. Bununla birlikte, statik radyografiler üzerinde ölçülen ve ark indeksi ile anlamlı ilişki gösteren açılar da MLA'nın değerlendirilmesinde benzer sonuçlar verebilir. Hem dinamik hem de statik yöntemler ayak MLA'sını değerlendirmede kullanılabilir.

Anahtar sözcükler: Antropometri; dermatografik; ayak/radyografi; referans değeri.

Ortopedik pratikte pes kavus ve pes planus gibi ayak sorunları oldukça sık karşımıza çıkar. Pes kavus ve pes planusun varlığının veya derecesinin belirlenmesinde medial longitudinal ark (MLA) yüksekliğinin ölçümü temel unsurdur. Medial longitudinal ark, kemik, bağ ve tendonların oluşturduğu karmaşık bir yapıdır, yapılanması yaşa ve genetik geçişe bağlıdır.^[1]

Medial longitudinal arkın değerlendirilmesi veya ölçülmesi hep tartışılan bir konu olmuştur.^[2,3] Arkın yüksekliğinin klinik veya radyolojik olarak ölçülmesinde tüm dünya tarafından kabul görmüş, üzerinde uzlaşmış tek bir yöntem henüz yoktur. Klinik muayene, muayene eden kişiye bağlıdır ve nesnel değildir. Literatürde MLA'nın nesnel olarak ölçümü için çok sayıda

yöntem tanımlanmıştır.^[2-5] Bunlar kabaca doğrudan ve dolaylı yöntemler olarak ayrılabilir. Doğrudan yöntemler antropometrik ölçümler ve radyolojik değerlendirmeleri içerir.^[2,3] Dolaylı ölçümler ise ayak izleri (footprint) ile fotoğraflık analizlerdir.^[4,6] Ayak izinin alınması ile yapılan ölçümler basit, ucuz ve kolay uygulanabilir olmasına rağmen, bazı yazarlar statik ölçüme dayanan bu yöntemin ayağın MLA'sını tam olarak yansıtmadığını, hatalı sonuçlar verdiğini savunmaktadır.^[6-8]

Günümüzde ayağın arkı değerlendirilirken sıklıkla radyolojik incelemelerde ölçülen çeşitli açılar dikkate alınır. Ancak, bu incelemeler statik bir yöntemdir, ayağın dinamik yapısını yansıtmaz. Yürüme fonksiyonu karmaşık, dinamik bir harekettir ve son yıllarda ayak sorunlarını dinamik bir yöntem olan pedobarografi kullanarak değerlendirme giderek yaygınlaşmaktadır.^[1,4,5,7,9]

Bu çalışmada hipotezimiz, dinamik bir yöntem olan pedobarografik ölçüm ile statik bir yöntem olan radyografik MLA ölçümleri arasında fark olduğu şeklinde idi. Pedobarografik yöntemle elde edilen değerler ile röntgenlerde ölçülen lateral talokalkaneal, talo-birinci metatarsal, talohorizontal ve kalkaneal eğim açıları arasında uyum olup olmadığını araştırarak, dinamik ve statik ölçümlerin farklılığını belirlemeye çalıştık. Bildiğimiz kadarıyla, literatürde sağlıklı bireylerde geniş yaş aralığında yapılmış başka bir karşılaştırma yoktur.

Olgular ve yöntem

Bu çalışmada, pedobarografi laboratuvarına çeşitli nedenlerle başvurmuş ve ayak grafileri çekilmiş, yapılan değerlendirme sonucunda normal ayak yapısına sahip olduğu sonucuna varılan 95 kişi (72 kadın, 23 erkek; ort. yaş 37.8; dağılım 11-85) geriye dönük olarak değerlendirildi.

Deneklerin sağ ve sol ayaklarının, Simons^[10] tarafından tarif edildiği şekilde standardize edilerek çekilmiş basarak yan grafileri değerlendirildi. Çekimler, tahta bir platform üzerinde, arka ayağın medial tarafı kasete paralel olacak şekilde yapıldı. Tüm açılar Simons^[10] ile Vanderwilde ve ark.nın^[11] tarif ettiği yöntemle ölçüldü. Açılar ölçümünde aşağıda tarif edilen dört çizgi kullanıldı: a) Kalkaneal çizgi (kalkaneusun plantar kenarları arasında); b) talar çizgi (distal ve proksimal talusun superior ve inferioruna konan noktalardan geçen çizgi); c) metatarsal çizgi (birinci metatarsın superior ve inferior kortekslerinin



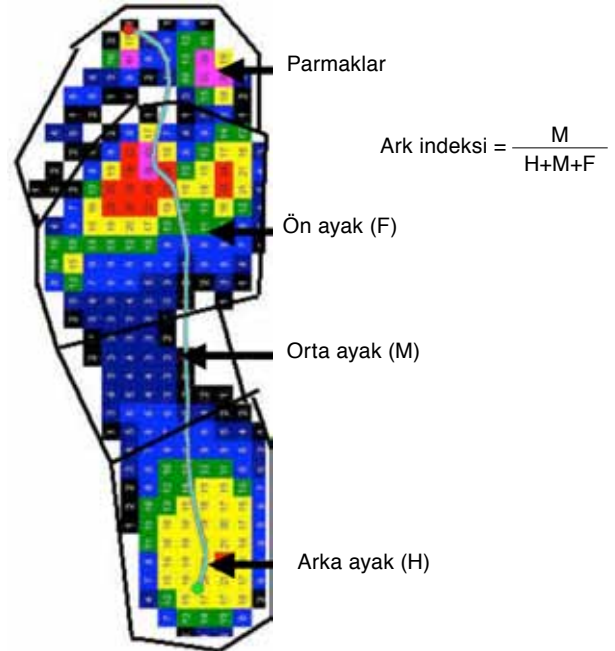
Şekil 1. Yan radyografide ölçülen açılar. TCA: Talokalkaneal açı; T1M: Talo-birinci metatarsal açı; CP: Kalkaneal eğim açısı; THA: Talohorizontal açı.

orta noktalarından geçen çizgi); d) horizontal çizgi (kalkaneusun en plantar ucu ile beşinci metatarsın başı arasındaki çizgi) (Şekil 1).

Çekilen yan grafilerde pratikte ark ölçümü için en sık kullanılan dört açı ölçüldü:

a) Lateral talokalkaneal açı: Arka ayağın ekin ve varus açılanması ile azalır, pes kalkaneus ve topuk valgusunda artar.^[11]

b) Talo-birinci metatarsal açı: Kavus ayaklarda deformite derecesine göre giderek artan negatif de-



Şekil 2. EMED-SF sistemi tarafından 'mask' adı verilen dört parçaya bölünmüş basınç resmi. Ark indeksi orta ayağın basınç alanının ön, orta ve arka ayakların basınç alanları toplamına bölünmesi ile elde edilir.

	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart sapma
Ark indeksi	0.04	0.17	0.12	0.04
Talokalkaneal açı (°)	26.0	64.0	43.2	7.2
Talo-birinci metatarsal açı (°)	-10.0	32.0	7.2	7.2
Talohorizontal açı (°)	3.0	50.0	29.5	7.6
Kalkaneal eğim açısı (°)	18.0	66.0	41.0	6.9

ğerler gözlenir. Düztabanlıkta ise tersine pozitif değerlere artış görülür. Bu açı çoğu yazar tarafından ark yüksekliğini gösteren en önemli açı olarak kabul edilir.^[11]

c) Talo-horizontal açı: Talusun inklinasyonu hakkında bilgi verir.^[11]

d) Kalkaneal eğim açısı: Arka ayağın doğrultusu bu açı ile değerlendirilir. Kavus ayaklarda artar, düztabanlıkta azalır.^[11]

Plantar basınç dağılımlarının ölçümü ise EMED-SF sistemi ile yapıldı (Novel GmbH, Münih, Almanya). Sistemde 71 Hz'de örnekleme yapan, cm²'ye iki kapasitif sensörün düştüğü, 44.5 x 22.5 cm'lik platform kullanıldı. Bu platform 7 x 1 m'lik yürüme alanına, şeffaf olmayan deri bir örtü yardımı ile gizlenmişti. Tüm denekler çıplak ayak ile uygun standart adım boyu ve hızında yürütüldü. Kaydedilen basınç resimleri ileri analiz için Novel-ortho yazılımına (Novel GmbH) aktarıldı.

Medial longitudinal arkın değerlendirilmesi için Cavanagh ve Rodgers^[7] tarafından tarif edilen 'ark indeksi' yöntemine benzer bir yöntem kullandık. Bu yazarlar ark indeksini hesaplarken, parmaklar hariç tüm ayağı üç eşit parçaya bölmüşler, her parçayı ön ayak, orta ayak, arka ayak olarak isimlendirmişlerdir. Orta ayağın basınç alanının tüm ayağın alanına oranını da 'ark indeksi' olarak isimlendirmişlerdir. Biz ise, basınç resimlerini otomatik olarak 'mask' adı verilen dört parçaya bölen ticari bir yazılım kullandık (Automask, Novel-ortho, Almanya). Bu mask'lar parmaklar, ön ayak, orta ayak, arka ayak olmak üzere ayrıldı. Parmakların basınç alanları sistem tarafından otomatik olarak kaldırılarak, kalan mask alanları hesaplamada kullanıldı. Automask yazılımı ile basınç resimlerinden elde edilen ön, orta ve arka mask alanlarının sınırları, parmaklardan topuğa kadar ölçülen toplam ayak boyunun %50'si ve %69'undan çizilen çizgiler ile belirlendi. Parmaklar ile ön ayağın sınır-

ları bu alandaki basınç farkı dikkate alınarak belirlendi. Ark indeksi ise, orta ayağın basınç alanının ön, orta, arka ayağın basınç alanları toplamına bölünmesi ile elde edildi (Şekil 2).

Açısal değerler ile ark indeksi arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon testi ile değerlendirildi.

Sonuçlar

Lateral talokalkaneal, talo-birinci metatarsal, talohorizontal ve kalkaneal açıların ortalamaları sırasıyla 43.2, 7.2, 29.5 ve 41 derece olarak bulundu (Tablo 1). Ark indeksinin ortalaması ise 0.12 bulundu (dağılım 0.04-0.17). Korelasyon analizinin sonuçları Tablo 2'de gösterildi. Ark indeksi cinsiyet ile ilişkili bulunmadı ($r=-0.10$, $p>0.05$). Ark indeksi talo-birinci metatarsal açı ($r=0.38$) ve talohorizontal açı ($r=0.19$) ile anlamlı ilişki gösterirken ($p<0.05$), talokalkaneal açı ($r=-0.16$) ve kalkaneal eğim açısı ($r=-0.10$) ile ilişkili bulunmadı ($p>0.05$).

Tartışma

Medial longitudinal ark ayak fonksiyonları için en önemli bileşendir. Arkın değerlendirilmesi ise tartışmalıdır. Tedavi ve yeniden yapılandırma ameliyatının planlanmasında doğru ve kesin tanının önemi tartışılmaz. Arkı değerlendirirken hem klinik muayenede hem de radyografik veya pedobarografik ölçümlerde

	<i>r</i>	<i>p</i>
Cinsiyet	-0.10	>0.05
Talokalkaneal açı	-0.16	>0.05
Talo-birinci metatarsal açı	0.38	<0.05
Talohorizontal açı	0.19	<0.05
Kalkaneal eğim açısı	0.10	>0.05

elde edilebilecek yanlış pozitif tanımlar, gereksiz ark destekleri ve ortopedik botların kullanımına, dolayısıyla ekonomik kayba ve psikososyal yan etkilere yol açabilir.

Arkı değerlendirirken günümüzde hem statik hem dinamik yapılabilen pek çok yöntem kullanılmaktadır.^[2,4-7,9,12,13] Ayak izi ölçümleri, basitliği, tekrarlanabilirliği nedeniyle MLA'yı değerlendirmede kullanılan en yaygın yöntemlerdendir.^[7]

Ayak izi resimleri, MLA analizi ve tarifi için pek çok yazar tarafından yaygın olarak kullanılan bir yöntem olsa da, herkes tarafından kabul görmüş tek bir ölçüm ve hesaplama yöntemi bulunamamıştır. Hem statik hem de dinamik ölçümler için pek çok farklı yöntem tarif edilmiştir.^[4,5,7,9,12,13] Cavanagh ve Rodgers^[7] statik (ayakta dururken) elde edilen ayak izi resimlerinin, ark değişikliklerini gösterme açısından dinamik (yürürken) elde edilen ayak izi resimlerinden daha az değerli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu yazarlar, ark indeksi yöntemini tanımlamışlar ve parmaklar hariç ayağın orta alanını tüm ayak alanına oranlamışlardır.^[7] Staheli ve ark.^[2] ise, ayak izi basınç resminde ark ve topuktan enine çizilen çizgilerin oranlarını ark indeksi olarak tanımlamışlardır. Başka yazarlar tarafından da değişik yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir.^[4,5,13] Chen ve ark.^[14] ise tarif ettikleri 'subark açısı'nın düztabanlığı olan çocuklarda radyografik parametrelerle korelasyon gösterdiğini ve kolay ve net olarak basınç resimlerinden ölçülebileceğini bildirmişlerdir. Buna karşın, ayak izi resimlerinin yumuşak doku farklılıklarından olumsuz etkilendiğini ve güvensiz yöntemler olduğunu ileri süren yazarlar da vardır.^[8,15] Ayak izi analizlerinin, ayakla ilgili tarama çalışmalarında kullanıldığı görülmektedir.^[16-18]

Medial arkı, yürüme veya koşma gibi dinamik durumlarda doğrudan veya dolaylı ölçülebilecek birçok statik parametre araştırılmıştır.^[1,7,12-14] Bazı yayınlarda dinamik olarak değişen ayak yapısının bazı statik ölçüm yöntemleri ile tanımlanabileceği savunulurken,^[1,14] bunun tersini iddia eden yayınlar da vardır.^[8,15] Hangi yöntemin güvenli, kolay, tekrarlanabilir ve klinik olarak kullanışlı ve anlamlı olduğu tartışmalı bir konudur. Biz bu çalışmada, klinik pratikte rutin olarak çekilen grafilerden elde edilen bazı açıların, pedobarografi ile elde edilen değerlerle ilişkisini ve anlamlılığını sorguladık. Statik elde edilen bu açıların, yürüme gibi dinamik bir fonksiyondaki ayak arkını yansıtmadığını, anlamlı olup olmadı-

ğını araştırdık. Literatürde radyografiler ile pedobarografileri karşılaştıran bazı çalışmalar olsa da, bunlar patolojik ayaklarda, az sayıda olgu ile veya belli yaş grubunda yapılmış çalışmalardır.^[1,14] Bildiğimiz kadarıyla, literatürde sağlıklı bireylerde, geniş yaş aralıklarında yapılmış başka bir karşılaştırma yoktur. Çalışmanın daha geniş yaş aralığında yapılması, günlük pratikte karşılaştığımız hasta evreni ile uyumluluk göstermesi açısından avantajdır. Çocuklarda statik radyografik değerlerin ölçülmesi sırasında alınan referans noktaların, tarsal kemiklerdeki kartilajinöz yapı dolayısıyla erişkinlerdeki ölçümlerden farklılık gösterebilmesi bu geniş yaş aralığının dezavantajıdır.

Medial ark tarif edilirken talar inklinasyon sıklıkla kullanılır. Talar inklinasyonu ölçerken ise talo-birinci metatarsal açı ile talohorizontal açılar rutin olarak kullanılır. Talusun kalkaneus üzerinden pronasyonu ile talar inklinasyondaki artış ayağın ark yüksekliğinde azalmaya neden olur.^[11] Lateral talokalkaneal ve kalkaneal eğim açıları ise genelde arka ayağın değerlendirilmesinde kullanılır.^[6,11] Saltzman ve ark.^[6] bizim çalışmamızla da uyumlu olacak şekilde, ark yüksekliğinin klinik ölçümlerinin kalkaneal eğim açıları ile en düşük korelasyonu gösterdiğini bulmuşlardır. Kanatlı ve ark.^[1] düztabanlık görülen 38 çocukta, ark indeksi ile talo-birinci metatarsal açı ve talohorizontal açılar arasında belirgin korelasyon olduğunu gözlemişlerdir. Bizim sonuçlarımız da sağlıklı ayaklarda, erişkin yaş grubunu da içeren çalışma grubunda benzer çıkmıştır. Dinamik pedobarografik yöntemle elde edilen ark indeksi ölçümleri, hem talo-birinci metatarsal açı, hem de talohorizontal açılar ile korelasyon göstermiştir (p<0.05). Bize göre, arkın 'ark indeksi' yöntemi ile ölçüm ve değerlendirilmesi, basit, tekrarlanabilir bir dinamik pedobarografik ölçüm yöntemidir. İstatistiksel olarak anlamlı çıkan açılar da MLA'yı değerlendirmede, ayak izi analizi ile elde edilen ark indeksi sonuçları gibi anlamlı sonuçlar verebilir.

Dinamik pedobarografik ölçüm sistemlerinin radyografik ölçümlere göre bazı üstünlükleri vardır. Tekrarlayan röntgen çekimlerinin, özellikle pes planus gibi çocukluk çağı hastalıklarında hastayı uzun vadede olumsuz etkileyebilecek radyoaktiviteye maruz bıraktığı bilinen bir gerçektir. Açıların uygun şekilde ölçümü için, grafilerin standart ve doğru pozisyon ve teknikte çekilmesi gerekir. Öte yandan, dinamik ölçüm sistemlerinin her klinikte bulundurulup, kullanılabilmesi mümkün değildir.

İyi kalitede, doğru pozisyonda çekilmiş röntgenlerde ölçülen talo-birinci metatarsal açı ve talohorizontal açılar da MLA'yı değerlendirmede yeterli sonuç verir.

Sonuç olarak, ark indeksi yöntemi, radyografik olarak ölçülen talo-birinci metatarsal açı ve talohorizontal açı ile uyumlu sonuçlar verir, kolayca ve basitçe basınç dağılımı ölçüm sistemi tarafından hesaplanabilir. Pedobarografik yöntemler değerli, tekrarlanabilir olsa da, pedobarografin olmadığı şartlarda, talo-birinci metatarsal açı ve talohorizontal açılar ark hakkında yeterli bilgi verir. Statik olarak elde edilen talo-birinci metatarsal ve talohorizontal açılar ayağın dinamik konumu hakkında anlamlı fikir oluşturabilir. Yaygın inanışın aksine, hem dinamik hem de statik yöntemler ayak medial arkını değerlendirmede etkili ve anlamlı sonuçlar verir.

Kaynaklar

1. Kanatlı U, Yetkin H, Cila E. Footprint and radiographic analysis of the feet. *J Pediatr Orthop* 2001;21:225-8.
2. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg [Am]* 1987;69:426-8.
3. Viladot A. Surgical treatment of the child's flatfoot. *Clin Orthop Relat Res* 1992;(283):34-8.
4. Volpon JB. Footprint analysis during the growth period. *J Pediatr Orthop* 1994;14:83-5.
5. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot Ankle* 1990;11:101-4.
6. Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD. Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76:45-9.
7. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. *J Biomech* 1987;20:547-51.
8. Cobey JC, Sella E. Standardizing methods of measurement of foot shape by including the effects of subtalar rotation. *Foot Ankle* 1981;2:30-6.
9. Cavanagh PR, Morag E, Boulton AJ, Young MJ, Deffner KT, Pammer SE. The relationship of static foot structure to dynamic foot function. *J Biomech* 1997;30:243-50.
10. Simons GW. A standardized method for the radiographic evaluation of clubfeet. *Clin Orthop Relat Res* 1978;(135):107-18.
11. Vanderwilde R, Staheli LT, Chew DE, Malagon V. Measurements on radiographs of the foot in normal infants and children. *J Bone Joint Surg [Am]* 1988;70:407-15.
12. Gilmour JC, Burns Y. The measurement of the medial longitudinal arch in children. *Foot Ankle Int* 2001;22:493-8.
13. Rose GK. Flat feet in children. *Br Med J* 1990;301:1330-1.
14. Chen CH, Huang MH, Chen TW, Weng MC, Lee CL, Wang GJ. The correlation between selected measurements from footprint and radiograph of flatfoot. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:235-40.
15. Hawes MR, Nachbauer W, Sovak D, Nigg BM. Footprint parameters as a measure of arch height. *Foot Ankle* 1992;13:22-6.
16. Igbigbi PS, Msamati BC. The footprint ratio as a predictor of pes planus: a study of indigenous Malawians. *J Foot Ankle Surg* 2002;41:394-7.
17. Echarri JJ, Forriol F. The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes. *J Pediatr Orthop B* 2003;12:141-6.
18. El O, Akçalı O, Koşay C, Kaner B, Arslan Y, Sagol E, et al. Flexible flatfoot and related factors in primary school children: a report of a screening study. *Rheumatol Int* 2006;26:1050-3.