

Ayak Hastalıklarında Pedobarografik Değerlendirme

Pedobarographic Evaluation in Foot Disorders

Hakan TUNA

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Edirne

Özet

Yürüyüş ve ayakta durma esnasında yapılan ayak basınç değerlendirmesi ayak hastalıklarının değerlendirmesinde kullanılan bir yöntemdir. Ayak basınç ölçümleri 1980'lerin başlarından itibaren uygulanmaktadır. Son on yılda, ilgi daha çok biyomekanik, diabetik ayak, ortopedik problemler ve ayakkabı modifikasyonlarına odaklanmıştır. Pedobarografik çalışmalar romatoid artrit ayağında basınç dağılımını değerlendirmek amacıyla kullanılabilir ve bu çeşitli plantar desteklerin düzenlenmesinde kılavuzluk edebilir. Biz çalışmalarımızda her deformitenin farklı, kendine özgü sonuç ve biyomekanik etkileri olduğunu gözlemledik. Pedobarografi ortopedik cerrahi sonrası biyomekanik değişimleri göstermede önemli bir araçtır. Klinisyen ayak tabanındaki aşırı basınçları azaltıp, uygun bir şekilde dağılımını sağlayarak biyomekanik hataları normal anatomiye yaklaştırmaya çalışmalıdır. Bu nedenle pedobarografi ayak hastalıklarının tanı ve tedavisinde kullanılabilecek objektif ve fonksiyonel bir yöntemdir. *Türk Fiz Tıp Rehab Derg 2005;51(Özel Ek B):B51-B54*

Anahtar Kelimeler: Ayak basınç ölçümleri, ayak hastalıkları

Summary

Plantar pressure assessment during walking and standing has been a useful tool in the evaluation of foot diseases. Plantar foot pressure measurements have been performed since the beginning of 1980. A decade later, the interest in pedobarography focused on studies investigating biomechanics, diabetic feet, orthopedic problems, and shoe modifications. Pedobarographic investigation can be useful to evaluate pressure distribution in rheumatoid arthritis feet and may provide suitable guidelines for the design of various plantar supports. We observed that each deformity caused different, specific results, and had various biomechanical effects. Pedobarography has been an important tool showing biomechanical alterations after orthopedic surgery. Clinicians should aim to reduce and redistribute excessive pressure on the sole of the foot, bringing biomechanical faults closer to normal conditions. For this reason, pedobarography is an objective, functional method that could be used in the diagnosis and treatment of foot disorders. *Turk J Phys Med Rehab 2005;51(Suppl B):B51-B54*

Key Words: Pedobarography, foot disorders

Belly 1882 yılında içine çabuk donan alçı konmuş ince cidarlı torbalar üzerine bastırarak çıplak ayak izi almıştır. Doğal olarak ayağın en çok yük taşıyan kısımları en derin izler oluşturmuştur. Aynı teknik daha sonra kum, kil ve çakıl kullanılarak da uygulanmıştır. Ayak taban basıncını ölçen eski teknik 1935 yılında Morton tarafından geliştirilen semikantitatif yöntemdir (1-3).

Literatür gözden geçirildiğinde, pedobarografi ile ayak taban basınç ölçümleri 1980'li yılların başlarından itibaren başlamıştır. Ayak basınç analiz sistemlerinin klinik kullanımı ve avantajları çok sayıda çalışmaya konu olmuştur (4,5). Giderek artan ilgi başta biyomekanik, diyabetik ayak, ortopedik cerrahi ve ortez-ayakkabı modifikasyonu ile ilgili çalışmalara yönelmiştir (Tablo 1).

Kliniğimizde ayak taban basınçlarının ölçümü Mini-Emed pedobarografi cihazı ile yapılmaktadır. Bu sistem statik (ayakta) ve dinamik (yürürken) olarak ayak taban basınçlarının ölçümünü yapmaktadır. Sistem Canon renkli yazıcı, monitör, basınç algılayıcı platform, uzaktan kumanda cihazı, güç birimi, yazıcı-platfom arası ve monitör platform arası bağlantıları içermektedir. Cihazın basınç ölçüm platformu 650x290x25 mm büyüklükteki genel çerçeve içerisinde 360x180 mm algılayıcı alan içermekte ve cm²'ye üç algılayıcı düşmektedir. Cihazın örnekleme hızı saniyede on dört kare, depolama aralığı yirmi kare, basınç aralığı 2-127 N/cm², çözünürlük 1 N/cm², ayağa bağlı olarak doğruluk yüzdesi %5, ölçümlerdeki ısı aralığı 15-40 °C, bağlantı gücü 220/110 Volttur (6).

Ayağın statik pedobarografik değerlendirmesinde (Resim 1); N/cm² cinsinden 6 bölgeden (arka ayak, orta ayak, ön ayağın iç-orta-yan tarafı ve parmaklar) maksimal basınç ölçümleri, ön ve arka ayaktaki maksimal basınç değerleri, ayaktaki toplam basınç, toplam basıncın ayağın ön/arka bölümüne düşen yüzdeleri, toplam temas alanı ve toplam temas alanının ön ve arka ayağa yüzdelik paylaşım değerleri elde edilir (Resim 2). Bu yöntemle ayak deformite ya da şekil farklılıkları belirlenebilir ancak ayak fonksiyonları sırasında ortaya çıkan stresler elde edilemez. Hareket sırasında ayağın yere basan kısmının uzunluğu varus veya

Tablo 1: Ayak basınç ölçümleri ile ilgili çalışmaların alanları

<ul style="list-style-type: none"> • Ortopedik tanı ve cerrahi <ul style="list-style-type: none"> - Halluk Valgus cerrahisi - Metatarsalji cerrahisi - Diabetik ayak cerrahisi - Romatoid artrit cerrahisi - Fraktür cerrahisi (Tarsal, metatarsal, kalkaneal) - Diz operasyonları (Artraskopi, ampute) - Pes planus cerrahisi - Ligaman zedelenmesi - Koksartroz erken tanı
<ul style="list-style-type: none"> • Konservatif <ul style="list-style-type: none"> - Ortez uygulamaları - Ayakkabı modifikasyonları - Bası yaraları (tekerlekli sandalye)
<ul style="list-style-type: none"> • Biyomekanik <ul style="list-style-type: none"> - Yürüme paterni - Atletik ayak - Gebe - Ağırlıklara adaptasyon - Çocuk ve erişkin normal değerler - Adelosan skolyoz yüklenme paternleri
<ul style="list-style-type: none"> • Diyabetik ayak <ul style="list-style-type: none"> - Basınç değerleri - Ayakkabı modifikasyonu - Ülser riski - İskemi
<ul style="list-style-type: none"> • Nörolojik <ul style="list-style-type: none"> - Hemipleji - Parapleji - Serebral palsi



Resim 1: Ayağın statik pedobarografik değerlendirilmesi

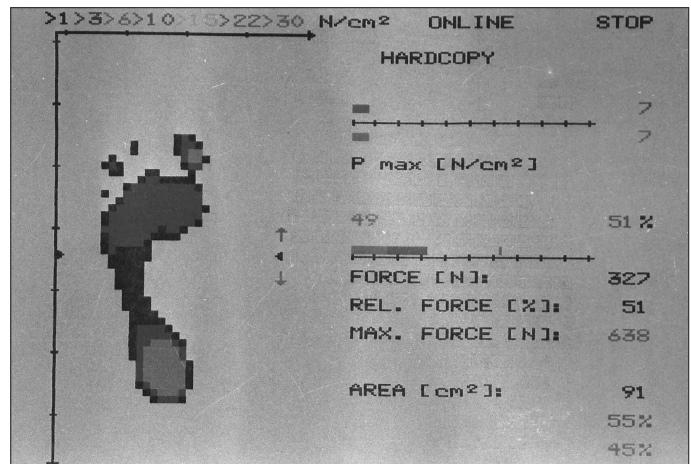
valgus pozisyonunda basınç değişiklikleri, parmakların fonksiyonları ve diğer etmenler dinamik ölçümlerde elde edilir (1).

Dinamik değerlendirmede hastanın normal yürüme hızının oluşması için 30 metre uzunluğundaki bir alanda, birkaç dakikalık yürüyüş sonrasında beş metrelik yürüme tahtasında yapılır. Olguların platform üzerinde sabit durma ve platforma yanlış basma durumlarında tekrar yürümesi istenir (Resim 3). Dinamik ölçümde daha önce statik ölçümde tanımlanmış 6 bölgeden maksimal basınç verileri ve taban temas alanı kayıt edilir (Resim 4).

Çocuklarda ayak basınç dağılımı ile ilgili çalışmaların sayısı sınırlıdır (7-9). Basınç analizi ile ayak fonksiyonları hakkında kalıcı kayıt sağlanmaktadır (10). Çocuklarda ayak erişkinler ile karşılaştırıldığında tipik farklılıklar gösterir ve özellikle infantta ayağın şekli ve yürüme paterni çabuk değişmektedir. Kliniğimizde yapılan çalışmada, pedobarografiden büyüme sürecindeki alt ekstremite değişikliklerinin patofizyolojik spekturumunu anlamada ve tedavinin takibinde yararlanılabileceğini düşünerek ilgili yaşlara ait normal ayak basınç değerlerinin tanımlanması için sağlıklı ayağa sahip adolesanlarda dinamik ve statik ayak basınç değerleri araştırıldı. Kız ve erkek çocukların statik değerleri arasındaki ilişki araştırıldığında kızlarda sağ ön-orta ve ön-içte, erkeklerde ise sol orta ayak pedobarografik değerleri belirgin olarak diğer cinsten yüksekti. Dinamik ölçümlerde erkek grubunda sağ ayakta ayak temas alanı, kız grubunda sol ön ayak iç kısmında maksimum basınç değerleri istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu. Dinamik ölçümlerde kilo ve vücut kitle indeksi, maksimum ayak basınçları ile kuvvetli pozitif ilişkili iken, bu ilişki statik ölçümlerde orta düzeyde bulundu (11).

Bertsch (12), 42 normal çocukta yaptığı çalışmada ilk değerlendirmeyi ortalama 14,8 ayda yapıp daha sonra çocukları üç ay aralıklarla değerlendirildi. Böylelikle yaş ile birlikte ayaktaki fizyolojik maturasyonu ortaya koydu. Yaş ile birlikte ayakta yük dağılımlarının belirgin olarak değiştiği, özellikle orta ayağın şeklinin değiştiği bu çalışmada bildirildi. Ayrıca logitudinal arkin gelişmesinin ayakta durma ve yürüme ile başladığı, bu gelişimin hızının bireyden bireye farklılıklar gösterdiği kanıtlandı. Ancak bu değişimin iskelet gelişiminden mi yoksa çocuğun ayağındaki yağ yastıkçığının azalmasından mı kaynaklandığını saptamanın zor olduğu yazarlarca belirtildi.

Ayakta durma sırasında, vücut ağırlığı talus üzerinden kalkaneus, lateral kolon ve mediyal kolondan oluşan plantar yüzeydeki üç noktaya dağılır (13). Adolesanlarda ayak basınçları ile ilgili yaptığımız çalışmada statik ölçümlerde en yüksek değerler topuk bölgesinde saptandı. Bununla birlikte ön ayak basınç dağılımı (iç-



Resim 2: Ayağın statik pedobarografik değerlendirilmesinin bilgisayar çıktısı

orta-dış) 4,16, 4,40, 4,56 N/cm² olarak gerçekleşti. Bu değerler ile ayakta durma esnasında Kapandji'nin (13) üç nokta (topuk, I. ve V. metatarsal baş) temas kuralına uymamaktaydı. Kanatli ve ark. (14) benzer cihazla yaptıkları diğer bir çalışmada sağlıklı ayaklarda Kapandji'nin kuramının olmadığını ileri sürmüşlerdir. Femery (15) yaptığı çalışmada ön ayakta lateral ve mediyal kolona ait basınç değerlerinin ayrılmadığını belirtmiştir.

Uzun dönem romatoid artritli hastaların %90'ında ayak problemleri görülür (16). Ayakta pek çok deformiteye yol açan romatoid artrit hastalığında, gerek başlangıç sıklığı, gerekse ileri dönemlerde ayaktaki deformitelerin neden olduğu sosyal, ekonomik, fiziksel rahatsızlıklar ayak tutulumunun önemini göstermektedir. Kliniğimizde yaptığımız çalışmada romatoid artritli hastalarda ayak tutulumunda görülen deformitelerin ayak taban basınçlarındaki yaptığı değişikliklerin değerlendirilmesi amaçlandı. Çalışma, Trakya bölgesi popülasyonundan, ARA kriterlerine göre romatoid artrit tanısı konulmuş, takipleri sürdürülen 49 hasta üzerinde yapıldı. Bu değerlendirmeler sonucunda; hastalarda pes planus (29/49), halluks valgus (22/49), subtalar valgus (13/49), çekiç parmak (12/49), pençe parmak (4/49) deformiteleri tespit edildi. Radyografi değerlendirmesi sonucu kalkaneal spur (18/49), aşil tendon kalsifikasyonu (14/49) saptandı. Romatoid artritteki deformitelerin pedogram değerlendirmeleri sonucunda; her deformitenin farklı sonuçlar verdiği ve biomekanik yönden ayrı etkisi olduğu gözlemlendi. Bu nedenle ayak basınç ölçümlerinin romatoid artritli hastalarda deformitelerin takibinde ve biyomekanik etkilerini görmede önemli bir geç olduğu dikkate alınmalıdır (17). Aynı çalışmada halluks valgus olgularının değerlendirmesinde statik sağ ön ayak pik basıncında, ön ayak basınç yüzdesinde ve solda taban temas alanında artma saptandı. Hodge ve ark. (18) yaptıkları çalışmada romatoid artritte metatarsalji tedavisinde basınç ölçümlerinin önemli bir belirteç olduğunu bildirmişlerdir.

Kliniğimizde yaptığımız diğer bir çalışmada romatoid artritli ayakların radyolojik ayak erozyon skorları ile ayak plantar basınç ölçümleri arasındaki ilişki araştırıldı. Erozyon skorlamasında Modifiye Larsen Skorlaması kullanıldı. Statik pedobarografik değerlendirilmede; ön ayak basınç yüzdesinde ve temas alanları yüksek olarak saptandı. Bu bulgular Woodburn ve ark.'nın (19) belirttiği gibi ön ayakta basınç artışı ile uyumludur. Dinamik incelemede temas alanı dışında tüm parametrelerde romatoid artritli ayağın farklı olduğu tespit edildi. Yüksek erozyon skoruna sahip olgularda statik incelemede yüksek basınçlar, dinamik incelemede parmak bölgesinde yüksek basınçlar elde edildi



Resim 3: Ayağın dinamik pedobarografik değerlendirilmesi

(20).

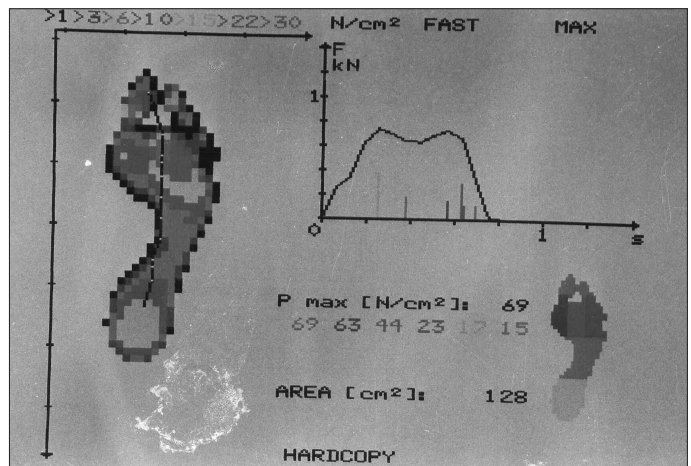
Kemik deformiteleri ve yumuşak doku atrofi normal basınç dağılımını değiştirip yük almayan bölgelerde basıyı artırır. Deformiteler metatarsal arkın kaybolmasına ve ön ayaktaki yapıların aşırı yüklenmesine sebep olur (21). Bu çalışmada deformitelerin tek başına bireysel etkilerini araştırmadık çünkü aynı ayakta birden fazla deformite aynı zamanda bulunmaktaydı. Bulgular ön ayakta yüklenmenin I. metatarsal V. metatarsa doğru olduğunu gösterdi. Sonuçta romatoid artrit olgusu metatarsal ağrı ve deformitelere bağlı olarak yeni bir yürüme paterni geliştirmektedir. Hekim ayak tabanında aşırı basınçları azaltıp onları uygun şekilde ayağa dağıtmalıdır. Bu amaçla öncelikle hastalık aktivitesi baskılanarak ayaktaki erozyon ve deformiteler engellenmelidir. Fizik ve radyolojik muayene deformitelerin tanısında ve takibinde önemlidir. Ayak değerlendirmesinde ek veriler sağlayan ayak basınç ölçümleri ayrıca uygun ayak desteklerinin verilmesine rehberlik etmektedir.

Tip II diyabet komplikasyonları sebebi ile önemli mortalite ve morbitideye sahiptir. Diyabetik ayak, diyabetin önemli derecede organ kaybına, iş gücü ve ekonomik kayba yol açan bir komplikasyondur. Bu nedenle diyabetik ayak oluşmadan önce buna zemin hazırlayan faktörlerin oluşan yüksek ayak taban basınçlarının değerlendirilmesi ve önlem alınması koruyucu hekimlik açısından önem kazanır (22). Statik değerlendirmede 1,75 kg/cm², dinamik değerlendirmede 10 kg/cm²'nin üstündeki ayak basınç değerleri önemli olduğunu belirtmiştir. Ancak diğer önemli bir parametrenin bu yüksek basıncın süresinin olduğunu bildirmiştir (2). Kliniğimizde yaptığımız bir diğer çalışmada diyabetik olgularda hastalık süresi ile ENMG bulguları arasında korelasyon saptadık. ENMG (+) hastalarda dinamik ölçümde orta ayak maksimal basıncı yüksek idi. Muayene bulgusu pozitif olgularda dinamik pedogramda ayak maksimal basıncı yüksek bulundu (23).

Drerup ve ark. (24), yaptığı çalışmada diyabetik olgularda diğer önemli bir faktörün yürüme hızı olduğunu bildirmiştir. Topuk bölgesinde artan hız ile değerlerin %20 oranında arttığını belirtmiştir. Aynı çalışmada hız arttıkça orta ayakta ise basınçlar azalmaktadır.

Duffin (25), adolesan diyabetli olgulardan ortez uygulananlarda ayak taban basınçlarında %63 azalma saptadı. Bir yıllık takiplerde ortez bırakılmış olsa dahi bu katkı devam etti. Ortez kullanmayan grupta bir senelik takipte basınçlarda bir değişim saptanmadı.

Ayak taban basınçlarına eksternal yüklenmenin etkinliğini gösteren bir çok çalışma düzenlenmiştir (26,27). Daha önce yapı-



Resim 4: Ayağın dinamik pedobarografik değerlendirmesinin bilgisayar çıktısı

lan çalışmalarda obesite ile basınçların arttığı belirtilmekle beraber lokalizasyonu hakkında net bilgiye rastlanmamıştır. Bizim kliniğimizde yaptığımız bir diğer çalışmada amacımız Klas 1 obesitede ayakta durma ve yürüme esnasında ayak taban basınç değişimlerini saptayıp kontrol grubu ile karşılaştırmaktı. Klas 1 obeselerde statik pedobarografik değerlendirmede ön ayak basınç değerleri, toplam ayak basıncı ve alanı, dinamik pedobarografik değerlendirmede sadece ön ayak basınç değerleri yüksek olarak saptandı. Ayrıca statik değerlendirmede vücut kitle indeksi ile toplam plantar kuvvet arasında ($r=0,50$, $p=0,000$) ve toplam temas alanı ($r=0,33$, $p=0,019$) arasında ilişki saptandı. Dinamik değerlendirmede ise sadece orta ayak basınç değerleri ile vücut kitle indeksi arasında pozitif ilişki saptandı ($r=0,32$, $p=0,025$). Bu çalışma farklı obesite kategorilerinin ayak taban basınçlarına etkisini araştırma konusunda bir başlangıç olmasına rağmen daha ileri çalışmalar yapılması gerekliliğini göstermektedir (28).

Yine kliniğimiz ayak laboratuvarında opere ayak bileği kırıklarının değerlendirmek için yaptığımız çalışmada 63 olgu çalışmaya katıldı (29). Amerikan Ortopedistleri Ayak ve Ayak Bileği Birliği Değerlendirme Skalası, Phillips-Schwartz radyografik değerlendirme skalası ile pedobarografik değerlendirme yöntemi istatistik olarak karşılaştırıldı. Kırık ayaklarda operasyon sonrası kontrol ayaklara göre topuk bölgesinde azalmış basınç değerleri elde edildi. Yürüme esnasında ayak daha çok ön ayağa yüklenmekte idi. Pedobarografik sonuçlarında asimetri saptadığımız olgularda uygun ayakkabı modifikasyonlarına ve egzersiz programlarına başvurabiliriz. Tekrarlayan ölçümler ile asimetric basınç değerlerinin düzeliş düzelenmediği görülebilir. Ayrıca bu yöntem opere ayağın değerlendirmesinde radyolojik ve klinik değerlendirmelere ek bilgi sağlamaktadır.

Kaynaklar

- Yetkin H. Yürüme analizi ve ayak basınç ölçümleri. In: Ege R, editor. Ayak ve ayak bileği sorunları. II. Baskı. Ankara, Türk Hava Kurumu Basımevi; 1999. p. 1109-18.
- Abboud RJ, Rowley DI. Foot pressure measurements In: Helal B, Rowley D, Cracchilo III A, Myerson M, editors. Surgery of the foot and ankle. London: Martin Dunitz Ltd.; 1996. p. 123-38.
- Mann RA. Overview of foot and ankle biomechanics. In: Jahhs MH, editor. Disorders of the foot and ankle: Medical and surgical Management. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1992. p. 385-408.
- Cavanagh PR, Ulbrecht JS, Zanine W, Welling RL, Leschinsky D, van Schie C. A method for the investigation of the effects of outsole modifications in therapeutic footwear. Foot Ankle Int 1996;17(11):706-8.
- Orlin M, McPoil T. Plantar pressure measurement. Phys Ther 2000;80:399-409.
- Operating Manuel Mini-Emed System. Munich: Novel; 1991.
- Aharonson Z, Voloshin A, Steinbach TV, Brull MA, Farine I. Normal foot-ground pressure pattern in children. Clin Orthop Relat Res 1980;150:220-3.
- Hennig E, Rosenbaum P. Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults. Foot Ankle 1991;11:306-11.
- Hennig E, Staats A, Rosenbaum P. Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison with adults. Foot Ankle 1994;15:35-40.
- Bennett P, Duplock L. Pressure distribution beneath the human foot. J Am Pod Med Assoc 1993;76B:674-8.
- Tuna H, Yıldız M, Celtik C, Kokino S. Static and dynamic plantar pressure measurements in adolescents. Acta Orthop Traumatol Turc 2004;38(3):200-5.
- Bertsch C, Unger H, Winkelmann W, Rosenbaum D. Evaluation of early walking patterns from plantar pressure distribution measurements. First year results of 42 children. Gait Posture 2004;19(3):235-42.
- Kapandji LA. The physiology of the joints. Edinburgh: E & S Livingstone; 1970.
- Kanatli U, Yetkin H, Bolukbasi S. Evaluation of the transverse metatarsal arch of the foot with gait analysis. Arch Orthop Trauma Surg 2003;123(4):148-50.
- Femery V, Moretto P, Renaut H, Thevenon A, Lensel G. Measurement of plantar pressure distribution in hemiplegic children: changes to adaptative gait patterns in accordance with deficiency. Clin Biomech 2002;17(5):406-13.
- Coughlin JM. The rheumatoid foot. Postgrad Med 1984;75(5):207-16.
- Taştekin N, Tuna H, Kokino S. Romatoid artritli hastalarda ayakta görülen deformateler ve pedobarografik değerlendirme Türk Fiz Tıp ve Rehab Derg 2003;49(1):10-6.
- Hodge MC, Bach TM, Carter GM. Orthotic management of plantar pressure and pain in rheumatoid arthritis. Clin Biomech 1999;14(8):567-75.
- Woodburn J, Helliwell P. Relationship between heel position and distribution of forefoot plantar pressures and skin callosities in rheumatoid arthritis. Ann Rheum Dis 1996;55:806-10.
- Tuna H, Birtane M, Taştekin N, Kokino S. Pedobarography and its relation to radiologic erosion scores in rheumatoid arthritis. Rheumatol Int 2004 Sep 21; [Epub ahead of print].
- Hodge MC, Bach TM, Carter GM. Orthotic management of plantar pressure and pain in rheumatoid arthritis. Clin Biomech 1999;14:567-75.
- Frykberg RG, Lavery LA, Pham H, Harvey C, Harkless L, Veves A. Role of neuropathy and high foot pressures in diabetic foot ulceration. Diab Care 1998;21:1714-9.
- Arıkan E, Tuna H, Aktaş Ş. Tip II diabetes mellituslu hastaların pedografik değerlendirilmesi. 18. Ulusal Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi; Antalya; 2001. p. 157.
- Drerup B, Hafkemeyer U, Moller M, Wetz HH. Effect of walking speed on pressure distribution of orthopedic shoe technology. Orthopade 2001;30(3):169-75.
- Duffin AC. High plantar pressure and callus in diabetic adolescents. Incidence and treatment. J Am Podiatr Med Assoc 2003;93(3):214-20.
- Drerup B, Tilkorn D, Wetz HH. Effect of weight load and carrying conditions on plantar peak. Orthopade 2003;32(3):207-12.
- Vela SA, Lavery LA, Armstrong DG, Anaim AA. The effect of increased weight on peak pressures: implications for obesity and diabetic foot pathology. J Foot Ankle Surg 1983;7(5):416-20;448-9.
- Birtane M, Tuna H. The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. Clin Biomech 2004;19(10):1055-9.
- Ulker M, Tuna H, Saridoğan K. Pedobarographic Evaluation of Operated Ankle Fractures. IX Congress of Bulgarian Orthopaedics and Trauma Surgeons with International Participation; 14-17.10.2004; Plovdiv, Bulgaria, 2004, p. 119.