



Pedobarografi ile Diyabetik Ayak Ülserlerinin Önlenmesi: Tip 2 Diyabet Hastalarında Yapılmış Çalışmaların Değerlendirilmesi

Prevention of Diabetic Foot Ulcers by Pedobarography: Review of Studies in Type 2 Diabetes Patients

Dilek BAYRAKTAR (iD)

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Makale atfı: Bayraktar D. Pedobarografi ile diyabetik ayak ülserlerinin önlenmesi: Tip 2 diyabet hastalarında yapılmış çalışmaların değerlendirilmesi. FLORA 2023;28(4):596-603.

ÖZ

Yirmi birinci yüzyılın en önemli sağlık sorunları arasında yer alan tip 2 diyabet, diabetes mellitusun yaklaşık %90 görülme sıklığına sahip olan en yaygın tipidir. Tip 2 diyabet tanısı sonrası zamanla gelişen vasküler problemler diyabetik ayak ülserlerine yol açmaktadır. Hastaların yaşam kaliteleri bozulmakta, uzuv kayıpları yaşanmakta ve sağlık sistemi yükü artmaktadır. Uluslararası Diyabetik Ayak Çalışma Grubu ayak ülserlerini önlemeye yönelik ayak plantar basınç değişikliklerinin değerlendirilmesini önermektedir. Plantar basınçları değerlendirme yöntemleri arasında yer alan pedobarografik ölçümün non-invaziv oluşu, ayağın yürüme sırasında da değerlendirilmesine olanak sağlaması, tekrarlanabilirliği konusunda kısıtlılığı olmayışı ve çok düşük maliyetli olması sebebiyle günümüzde kullanımı artmaktadır. Literatür taramasında tip 2 diyabet hastalarında pedobarografik incelemenin ayak ülserini önlemedeki yeri, önemi ve ölçüm teknikleri ile ilgili bir derlemeye rastlanamamıştır. Web of Science, PubMed, Scopus ve Türkiye Atıf Dizini ve Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi araştırma veri tabanları aracılığıyla literatür taraması yapılmıştır. Dahil edilme kriterlerine uyan 15 (n= 5722) çalışma bu derlemeye dahil edilmiştir. Bu bilgiler ışığında tip 2 diyabet hastalarında pedobarografik değerlendirmelerin düzenli ve yaygın kullanımı konusunda farkındalık yaratılabilir. Ayak ülserlerinin önlenmesi ve/veya azaltılması ile uzuv kayıplarının, hasta yaşam kalitesindeki azalmanın ve ekonomik kayıpların önüne geçilebilir.

Anahtar Kelimeler: Diabetes mellitus; Diyabetik nöropati; Diyabetik ayak; Plantar basınç; Pedobarografi

Geliş Tarihi/Received: 24/08/2023- Kabul Ediliş Tarihi/Accepted: 17/11/2023



ABSTRACT

Prevention of Diabetic Foot Ulcers by Pedobarography: Review of Studies in Type 2 Diabetes Patients

Dilek BAYRAKTAR

Department of Orthopedics and Traumatology, Ege University Faculty of Medicine, İzmir, Türkiye

Type 2 diabetes, one of the most important health problems of the 21st century, is the most common type of diabetes mellitus with an incidence of approximately 90%. Vascular problems that develop over time after the diagnosis of type 2 diabetes lead to diabetic foot ulcers. Patients' quality of life deteriorates, limb losses occur, and the burden on the healthcare system increases. The International Diabetic Foot Study Group recommends evaluation of foot plantar pressure changes to prevent foot ulcers. Pedobarographic measurement, which is among the plantar pressure evaluation methods, is increasingly used today because it is non-invasive, allows the foot to be evaluated during walking, has no limitations in repeatability, and is very low cost. In the literature review, no review of the place, importance and measurement techniques of pedobarographic examination in preventing foot ulcers in type 2 diabetic patients could be found. A literature review was conducted through Web Of Science, PubMed, Scopus and Turkey Citation Index and National Academic Network and Information Center research databases. 15 (n= 5722) studies that met the inclusion criteria were included in this review study. In light of this information, awareness can be raised about the regular and widespread use of pedobarographic evaluations in type 2 diabetes patients. By preventing and/or reducing foot ulcers, limb losses, decrease in patient quality of life and economic losses can be prevented.

Key Words: Diabetes mellitus; Diabetic neuropathy; Diabetic foot; Plantar pressure; Pedobarography

GİRİŞ

Diyabet, Uluslararası Diyabet Federasyonu tarafından 21. yüzyılda küresel bir halk sağlığı sorunu olarak görülmektedir. Federasyon 2019 yılında dünya çapında 463 milyon diyabetli yetişkin olduğunu bildirmiştir^[1]. Hastalık bu şekilde artmaya devam ederse 2045 yılında sayının 700 milyon olacağı tahmin edilmektedir^[1,2]. Bu hastaların yaklaşık %90'ını tip 2 diyabetes mellitus (tip 2 DM) hastaları oluşturmaktadır^[3]. Diabetes mellitus zamanla vaskülopati, periferik nöropati gibi çeşitli patofizyolojik sistem komplikasyonlarına sebep olur^[4]. Diyabetli kişilerin ayak ülserasyonlarının %80'inin altında yatan sebep, bozulan bu sistemlerin alt ekstremitte kaslarında hasara yol açarak kemik çıkıntılarında ve ayak yapısında deformitelere yol açmasıdır^[5,6]. Halluks valgus, pençe/çekic parmak, belirgin metatars başları, kavus ayağı ve Charcot en sık görülen deformitelerdir^[5]. Bu deformiteler sonucunda plantar basıncı (PB) dağılımlarında değişiklikler meydana gelir. Bu değişikliklerle ayak tabanında bazı bölgelerde basıncı artışları oluşur^[6-8]. Diyabetik ayak ülserleri (DAÜ) ayak önü ve arkasında ayak ortasına kıyasla daha sık görülür^[9]. Diyabetik ayak ülserleri, hastaneye yatışların %50'sinden ve trav-

matik olmayan alt ekstremitte amputasyonlarının %50-70'inden sorumludur. Uluslararası Diyabet Federasyonu, DAÜ nedeniyle dünya genelinde her 30 hastadan birinde en az bir uzvu kesildiğini tahmin etmektedir. Diyabetik ayak ülserlerine bağlı beş yıllık tahmin edilen bağıl ölüm oranı %48'dir. 2016 Dünya Sağlık Örgütü raporuna göre, yaklaşık 1.6 milyon kişinin doğrudan ölüm nedeni DM'dir ve yaşayan DM'lilerin %25'i yaşamlarının bir döneminde DAÜ yaşayacaktır^[10]. Ayrıca iyileşmeyi takip eden bir yıl içinde hastaların neredeyse %60'ını etkileyen reülserasyon yaygın bir sorundur^[11]. Uluslararası Diyabetik Ayak Çalışma Grubu'nun DAÜ'yü önleme yönergeleri arasında risk faktörünü azaltmada PB değişikliklerinin değerlendirilmesi yer almaktadır^[11,12]. Ayak tabanında PB'nin arttığı noktalar ve değerlerinin tespiti ancak pedobarografik ölçüm ile mümkün olabilmektedir^[13]. Bu amaçla günümüzde pedobarografi cihazları kullanılmaktadır^[13,14]. Pedobarograf, uygulanan basıncı, sensörleri ile görünür bir renk modeline dönüştüren cihazdır. Tanısal bir prosedür olarak pedobarografinin, PB paterninde duruş (statik) ve/veya yürüyüş (dinamik) sırasında ayak tabanında meydana gelen basıncı değerlerini ölçmedeki önemli rolü birçok

çalışmada doğrulanmıştır^[13]. 1975 yılında Stokes ve arkadaşları pedobarografi kullanarak diyabetik hastalarda PB'nin ölçüldüğü ilk çalışmalardan birini yapmıştır. En yüksek basınç alanının ülserasyon bölgesinde olduğunu belirtmişlerdir. Tepe plantar basıncın (PBmax) diyabetik hastalarda ayak ülserasyonunu öngörmeye yararlı olduğunu rapor edilmiştir^[15].

Literatür taramasında DM hastaları arasında çok yüksek bir insidansa sahip olan tip 2 DM hastalarında, pedobarografi kullanımının yeri, önemi ve ölçüm tekniklerini içeren bir derlemeye rastlanamamıştır. Bu sebeple bu derlemede literatürdeki bu eksik yönü giderebilmek hedeflenmiştir. Derlemenin bir diğer amacı da her ne kadar pedobarografik cihazlar ve bunları kullanıp sonuçları yorumlayabilecek deneyimli sağlık profesyonelleri tüm sağlık kuruluşlarında bulunmuyor olsa da pedobarografik incelemelerin tip 2 DM hastalarının rutin kontrolleri arasına alınması konusunda farkındalık yaratmaktır. Doğru çekim teknikleri ve düzenli kontroller ile DAÜ oluşumu azaltılabilir. Böylece uzuv kayıplarını, hastaların yaşam kalitesindeki azalmayı ve uzun tedavi sürecinde sağlık sistemi üzerindeki yükü azaltmak mümkün olabilir.

Yakın zamanda bu konuda yapılmış olan araştırmalara ulaşmak için 2003-2023 yılları arası seçilmiştir. İngilizce ve Türkçe metinler için Web of Science, PubMed, Scopus ve Türkiye Atıf Dizini ve Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi (ULAKBİM) araştırma veri tabanları aracılığıyla literatür taraması yapılmıştır.

2003-2023 yılları arasında İngilizce ve Türkçe olarak yayımlanan makaleler "(Diabetes mellitus or diabetic neuropathy or diabetic foot or foot neuropathy or polyneuropathy or DM2) and (plantar pressure or foot pressure or pedobarography)" anahtar kelimelerinin gösterildiği kombinasyon ile belirtilen veri tabanlarında arama yapılmıştır.

Akademik dergilerde Türkçe ve İngilizce tam metin olarak yayımlanan ve anahtar kelimeleri içeren prospektif, kesitsel, kohort çalışmalar derlemeye dahil edilmiştir.

Tam metnine ulaşamayan, Türkçe ve İngilizce dilleri dışında olan, tip 1 DM hastalarını içeren, DAÜ varlığında yapılan, ayakkabı içine konarak

gerçekleştirilen basınç ölçümleri, debritman, amputasyon ve egzersiz gibi girişimsel uygulamaları içeren tedaviler sırasında ve sonrasında yapılmış çalışmalar dışlanmıştır.

Veri tabanlarında yapılan aramalar sonucunda Web of Science 2363, Scopus 2167, PubMed 143 ve ULAKBİM 1049 olmak üzere toplamda 6722 çalışmaya ulaşılmıştır. Yüz otuz iki çalışmanın tam metinleri değerlendirmeye alınmıştır. Elli beş çalışmada tip 1 DM ve tip 2 DM hastalarının birlikte değerlendirildiği, 16 çalışmada DAÜ olanların çalışmaya dahil edildiği, 27 çalışmada ayak taban basınçlarının ölçümünün ayakkabı içi sensörler ile yapıldığı, 12 çalışmada ayak deformitesi ve amputasyon hastalarına yer verildiği, yedi çalışmada ise egzersiz sonrası PB ölçümlerinin yapıldığı görülmüştür. Dahil edilme kriterlerine uyan 15 nitelikli çalışma bu derlemede yer almıştır.

Bulunan çalışmaların yazar adı, yayın yılı, çalışmanın yapıldığı ülke, popülasyon/takipler, kullanılan cihaz ve ölçüm tekniğine ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Yapılan çalışmalarda teknik ile ilgili detaylar ve bulunan sonuçlar şu şekildedir:

Anjos ve arkadaşları çalışmalarında statik pedobarografik ölçüm (SPÖ) ile ayak önü, ortası ve arkasındaki maksimum plantar basıncı (PBmax) ölçmüşlerdir^[16]. Ölçüm tekniğini tam olarak anlattıkları çalışmalarında PBmax'ın her iki ayak önünde arttığını söylemişlerdir.

Melai ve arkadaşları ölçüm tekniğini anlatarak dinamik pedobarografik ölçüm (DPÖ) ile basınç zaman integralini (BZİ) ölçmüşlerdir^[17]. Diyabetik polinöropatili (DPN) hastalarda BZİ'nin metatars başlarının altında daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Shen ve arkadaşları DPÖ ile BZİ ve PBmax'ı ölçtükleri çalışmalarında ölçüm tekniği hakkında bilgi vermemişlerdir^[18]. Vibrasyonun 21 V'den, vücut kitle indeksinin 24.9'dan büyük olması halinde PBmax'ın arttığını söylemişlerdir. Grup C'de topuk medial ve laterali, grup 3'te topuk medial ve laterali ile orta ayak ve 2, 3, 4 metatars başlarında ölçümlerin yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Tablo 1. Seçilen çalışmaların ayrıntıları

Yazar/Yıl/Ülke	Popülasyon/Takipler	Kullanılan cihaz	Ölçüm tekniği
Anjos et al./2010/Brezilya	18 hasta, %22.2 E, Tip 2 DM/Tek ölçüm	Footwork Analysis System	SPÖ
Melai et al./2011/Hollanda	128 hasta, cinsiyet belirtilmemiş, grup 1 (DNP'li hasta, n= 76), grup 2 (DNP'siz hasta, n= 33), grup 3 (sağlıklı birey, n= 19)/Tek ölçüm	EMED	DPÖ
Shen et al./2012/Çin	1126 hasta, %48.9 E, grup A (TAE <15 V, n= 599), grup B (TAE 16-25 V, n= 312), grup C (TAE> 25 V, n= 215), grup 1 (VKI= 25 kg/m ² , n= 555), grup 2 (VKI 25.1-27.9 kg/m ² , n= 436), grup 3 (VKI ± 28 kg/m ² , n= 135)/Tek ölçüm	RSscan Footscan_ International	DPÖ
Syed et al./2013/Hindistan	123 hasta, %60.8 E, 62 DPN'siz hasta, 63 sağlıklı birey/Tek ölçüm	The iStep Scanner	SPÖ
Qiu et al./2013/Çin	200 hasta, %67 E, 100 DPN'siz hasta, 100 sağlıklı birey/Tek ölçüm	RSscan Footscan_ International	DPÖ
Tuna et al./2014/Türkiye	84 hasta, %40.4 E, grup 1 (diyabet süresi< 10 yıl, n= 43), grup 2 (diyabet süresi> 10 yıl, n= 41)/Tek ölçüm	EMET	SPÖ, DPÖ
Qiu et al./2015/Çin	65 hasta, %44.6 E/Tek ölçüm	RSscan Footscan_ International	DPÖ
Falzon et al./2017/Malta	36 hasta, %61 E, grup 1 (son beş yıldır tip 2 DM hastası, n= 12), grup 2 (6-10 yıl tip 2 DM hastası, n= 12), grup 3 (11-15 yıl tip 2 DM hastası, n= 12)/Tek ölçüm	Tekscan	DPÖ
Al-Angari et al./2017/Birleşik Arap Emirlikleri	211 hasta, %35.5 E, grup 1 (sağlıklı birey, n= 58), grup 2 (retinopati + nefropati + DPN, n= 15), grup 3 (retinopati + nefropati, n= 18), grup 4 (nefropati + DPN, n= 7), grup 5 (retinopati + DPN, n= 33), grup 6 (DNP, n= 17), grup 7 (retinopati, n= 54), grup 8 (nefropati, n= 9)	Tekscan	DPÖ
Halawa et al./2018/Mısır	80 hasta, %36.2 E, grup 1 (DNP'li hasta, n= 20), grup 2 (DNP'siz hasta, n= 30), grup 3 (sağlıklı birey, n= 30)	Tekscan	SPÖ, DPÖ
Xu et al./2019/Çin	1196 hasta, %49.7 E, normal glukoz toleransı (n= 37), bozulmuş glukoz toleransı (n= 49), tip 2 DM (grup 1: diyabet süresi/2 yıl, n= 238; grup 2: diyabet süresi= 2 ile 5 yıl, n= 258; grup 3: diyabet süresi 5 yıl ile 10 yıl, n= 178; grup 4: diyabet süresi 10 ile 15 yıl, n= 251); grup 5: diyabet süresi> 15 yıl, n= 185)/Tek ölçüm	50-cm RSscan Footscan_ International	DPÖ
Abri et al./2019/İran	142 hasta, en az iki yıl önce tip 2 DM tanısı almış, 38 (%63.2 E) DPN'siz, 30 (%66.7 E) hafif PDN, 40 (%35 E) orta derecede PDN, 34 (%47.1 E) şiddetli PDN/Tek ölçüm	Foot Pressure SN GP MultiSense 4-2008-703	SPÖ DPÖ
Gnanasundaram et al./2020/Hindistan	53 hasta, 15 DPN'siz, 24 PDN, 14 sağlıklı birey (cinsiyet oranları belirtilmemiş)/Tek çekim	BTS-P WALK	DPÖ
Jorgetto et al./2022/Brezilya	200 hasta, %32.6 E, en az beş yıl önce tip 2 DM tanısı almış, DPN/Tek çekim	BAROSCAN	SPÖ DPÖ
Duan et al./2022/Çin	28 hasta, 14 DPN'siz (%50 E), 14 DPN (%35.7 E)/Tek çekim	Tekscan HR Mat	SPÖ DPÖ

E: Erkek, DPN: Diyabetik polinöropati, SPÖ: Statik pedobarografik ölçüm, DPÖ: Dinamik pedobarografik ölçüm, TAE: Titrasyon algılama eşği, VKI: Vücut kitle indeksi.

Syed ve arkadaşları SPÖ ile ön ayak ve arka ayak altındaki PBmax'ın yanı sıra ortalama ayak basınçlarını ölçmüşlerdir^[19]. Ölçüm tekniğini açıklayarak anlattıkları çalışmalarında tip 2 DM'li hastalarda PBmax'ın sağ ve sol ayak arasında farklı olduğunu ve metatars başlarında arttığını tespit etmişlerdir.

Qiu ve arkadaşları ölçüm tekniğini net bir şekilde anlattıkları çalışmalarında DPÖ ile maksimum kuvvet, PBmax, itme, BZİ ve yüklenme oranını tespit etmişlerdir^[20]. Diyabetli grupta 2-5 parmaklar ve metatars başlarında daha yüksek maksimum kuvvet, PBmax, itme ve BZİ tespit edilirken, topuğun lateral kısmındaki PBmax'ın kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu bulmuşlardır.

Tuna ve arkadaşları SPÖ ve DPÖ'yü kullanarak PBmax ve plantar temas alanı gibi birçok parametreyi değerlendirmişlerdir^[21]. Her iki ölçüm tekniği de çalışmalarında açıklanmıştır. On yıldan fazladır tip 2 DM hastası olanlarda plantar temas alanında azalma ve yürüme sırasında ön ayak PBmax'da artış tespit etmişlerdir.

Oiu ve arkadaşları teknik olarak açıklamadıkları DPÖ ile PBmax ve BZİ ölçümlerini değerlendirmişlerdir^[22]. Ön ayakta özellikle 2-4 metatars başlarında PBmax'ı yüksek bulmuşlardır.

Falzon ve arkadaşları DPÖ ile PBmax'ı ölçmüşlerdir^[23]. Ölçümde daha önce PB ve kuvvet ölçümlerinin güvenilir olmasını sağlamada yeterli olduğu bulunan prosedür kullanılmıştır^[24]. Diyabetin süresi arttıkça 2.-4. metatarsal eklemlerde PBmax'ın anlamlı derecede arttığını söylemişlerdir.

Al-Angari ve arkadaşları PBmax'ı DPÖ ile belirlemişler ve ölçüm tekniğinden kısaca söz etmişlerdir^[25]. DPN'li hastalarda PBmax'ın metatarsal bölgede arttığını tespit etmişlerdir.

Halawa ve arkadaşları PBmax'ı SPÖ ve DPÖ ile değerlendirmişlerdir^[26]. Teknikler hakkında yeterince açıklamada bulunmamışlardır. DNP'li bireylerde, DNP'si olmayan hastalara ve sağlıklı bireylere göre PBmax yüksek bulunmuştur.

Xu ve arkadaşları DPÖ ile PBmax ve BZİ değerlendirirken teknik hakkında bilgi vermişlerdir^[27]. Halluks PBmax'ında tip 2 DM'li has-

talarda diyabet süresinden sonraki beş yıl içinde artış olduğunu söylemişlerdir. On yıldan daha uzun süredir tip 2 DM hastası olan kişilerde metatars ve topukta halluksa göre daha fazla olan BZİ saptamışlardır.

Abri ve arkadaşları SPÖ ve DPÖ ile PBmax değerini ölçmüşlerdir^[28]. SPÖ tekniği açıklanmamıştır. DPÖ tekniğinden bahsedilirken basınçların hesaplanması konusundaki ölçüm sayısı hakkında bilgi verilmemiştir. "Şiddetli DPN'li hastalar, orta ayak, topuk ve ön ayağın orta kısmında daha yüksek maksimum PBmax'a sahiptir. Orta ayağın PBmax'ı yüksekte düşüğe şu şekilde ölçülmüştür: DPN'siz hasta, hafif DPN, orta DPN ve şiddetli derecede DPN." sonucuna varmışlardır. Gnanasundaram ve arkadaşları DPÖ ile PBmax ve ark indeksi hesaplayarak ayak yapısını tespit etmişlerdir^[4]. DPÖ tekniğini açıklamışlar ancak ölçüm sayısı hakkında bilgi vermemişlerdir. Katılımcıların çoğunun ark yükseklikleri normal olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda birinci metatars ve topuk medialinde PBmax'ın azaldığını belirtmişlerdir.

Jorgetto ve arkadaşları PBmax ölçümlerini SPÖ ve DPÖ teknikleri ile gerçekleştirmişlerdir^[14]. SPÖ'ün nasıl yapıldığı bilgisi çalışmada yer almazken DPÖ'de üç deneme sonundaki değer ortalamasının alındığını bildirilmişlerdir. 6 kgf/cm²'nin üzerindeki PBmax'ı yüksek olarak kabul etmişlerdir. SPÖ'de sağ ve sol ayak arasında değişiklik bulunmazken, DPÖ'de sol ayağın PBmax'ını sağa göre daha yüksek bulmuşlardır.

Duan ve arkadaşları doku sertliği ve PBmax, BZİ arasındaki ilişkiyi SPÖ ve DPÖ ile açıklamaya çalışmışlardır^[29]. SPÖ'ye dair bir açıklama bulunmazken DPÖ'yü tanımlamışlar ve 20 tekrarı kaydettiklerini belirtmişlerdir. Ön ayak bölgesinde SPÖ'de PBmax'ın ve DPÖ'de BZİ'nin arttığını tespit etmişlerdir.

Forstall'ın 1925'te statik, Morton'un 1930'da dinamik olarak ayak taban basıncını ilk olarak ölçmeye çalıştıkları zamandan günümüze epey yol katedilmiştir^[30]. Günümüzde yürümek için özel bir platforma yerleştirilmiş elektronik sensörlerin icadıyla ayak taban basıncının ve yürüme parametreleri ile ilgili pek çok değer ölçümü mümkün hale gelmiştir^[14,31]. Tanısal bir prosedür

olarak pedobarografinin duruş ve yürüyüş sırasında PB tespitindeki önemli rolü birçok çalışmada doğrulanmıştır^[13]. Pedobarografi cihazlarının kullanımının yaygınlaşması ile birlikte DM hastalarında PB ölçümleri çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sayede ayak ülserlerin oluşumu ile ilgili risk faktörleri saptanmaya çalışılmaktadır^[31].

Bu derlemede DAÜ oluşumunu tanımlamak ve basınç dağılımlarını tespit etmek amacıyla tip 2 DM hastaları ile yapılmış 15 kohort çalışması incelemeye alınmıştır.

Statik pedobarografik ölçümün ölçüm tekniği olarak kullanıldığı sadece iki çalışma bulunmaktadır^[16,19]. Sutkowska ve arkadaşları çalışmalarında SPÖ'nün daha kolay ve anlaşılır olacağını söylemişlerdir^[13]. Ancak SPÖ sırasında hastanın adım genişliğine ve her iki ayağına düşen vücut ağırlığına dikkat etmek gerekir. Diyabetik polinöropatili hastalarda yapılan denge çalışmalarında hastaların denge bozukluğuna sahip oldukları tespit edilmiştir^[14,32]. Ayaklar arasındaki açıklığın çok az olduğu, neredeyse ayakların birbirine bitişik olduğu ölçümlerde kişinin dengesini sağlaması yeterince kolay olmayabilir. Bu durum ayak tabanına düşen basınç alanlarında değişikliklere sebep olabilir. Bu sebeple ölçüm öncesinde hastadan birkaç tekrar olduğu yerde adımlaması istenerek uygun adım aralığı sağlanabilir^[33].

Dinamik ölçüm tekniği ile ilgili hastanın yürüme hızı, ölçüm şekli, ölçüme başlamadan önce hastaya deneme yaptırıldığı gibi bilgiler incelenen çalışmalarda yer almaktadır^[14,17,22,23,29]. Yürüme sırasında kaç tekrarın kaydedildiği, hangi tekrarın ölçümde kullanıldığı ya da tekrarların ortalamasının alınıp alınmadığına ait bilgiler sonuçları etkileyebilecektir. Hastanın ölçüm sırasında saniyeler içinde bile yürüme platformu üzerinden geçerken duraklaması ve/veya yürüme sırasında zemine bakması PB'leri etkileyebilir. Bu sebeplerle ölçüm tekniklerinin standardize edilmesi doğru basınç değerleri ve ayak tabanında temsil ettikleri yerleri tespit açısından son derece önemlidir.

Çalışmaların büyük çoğunluğunda tip 2 DM hastalarında ayak önünde PBmax değerinde artış tespit edilmiştir^[4,16-19,22,23,25,27-29]. Bu durum özellikle tip 2 DM'nin ilerleyen yıllarında daha belirgin hale gelmektedir^[21,23,27]. Taşbakan ve ar-

kadaşları osteomiyeliti olmayan DAÜ'nün tedavisi konusundaki çalışmalarında hastalık süresinin ortalama 13 yıl olduğunu tespit etmişlerdir^[34]. Ayrıca bazı çalışmalardan topuk lateraline düşen PBmax değerinde artış tespit edilmiştir^[4,22,27,28,35]. Singh ve arkadaşları DM hastaları ile yaptıkları biyomekanik çalışmada özellikle pes planuslu ayaklarda topuk lateralindeki PBmax'ın DAÜ için risk oluşturduğunu söylemişlerdir^[9]. Bu sebeple düzenli yapılacak pedobarografik ölçümler ile özellikle bu iki bölgedeki PBmax değeri artışları daha dikkatli bir şekilde gözlenmelidir. Bu sayede oluşabilecek DAÜ'nün önüne geçilebilir.

Garcia-Madrid ve arkadaşları ülserasyon veya amputasyon öyküsü olan hastalar ile ülserasyon veya amputasyon öyküsü olmayan nöropati ve deformitesi olan hastalar arasında PBmax'ta anlamlı bir fark olup olmadığını bilmediğini söylemişlerdir^[11]. Bu farkların tespiti için hastaların düzenli takibinin yapıyor olması gerekir^[1]. Bu gözden geçirmeye dahil edilen çalışmaların longitudinal kohort çalışma olmayışı yukarıda bahsedilen durumların tespitini zorlaştırmaktadır. Tip 2 DM hastalarında hastalığın seyri boyunca ne zaman DPN'nin ve ayak deformitelerinin geliştiği, PBmax'ın değişim şekli, bölgesel farklılıklar ancak uzun süreli takipler sonucunda anlaşılır olabilmektedir.

Tüm bu bilgilerin ışığı altında tip 2 DM hastalarında ayak taban basınçları, deformitelerin düzenli takibi ve DPN'nin gelişimi ile oluşabilecek DAÜ'nün önüne geçmek, düzenli pedobarografik değerlendirmeler ile mümkün olabilir. Bu değerlendirmeler için non-invaziv, taşınabilir ve ekonomik bir yöntem olan pedobarografik incelemelerin klinik pratikte yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu sebeple bu görüntüleme yöntemlerinin standardize edilmesi ve deneyimli sağlık profesyonellerinin yetişmesi son derece önemlidir. Bu sayede DAÜ ve amputasyonların sayısını azaltmak ve belki de günün birinde engellemek mümkün olabilecektir. Bu başarıldığında hastaların ve ailelerinin yaşam kalitesi korunurken sağlık sistemine binen yük de azaltılabilecektir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

YAZAR KATKISI

Anafikir/Planlama: DB

Analiz/Yorum: DB

Veri Sağlama: DB

Yazım: DB

Gözden Geçirme ve Düzeltme: DB

Onaylama: DB

KAYNAKLAR

1. Wang D, Ouyang J, Zhou P, Yan J, Shu L, Xu X. A novel low-cost wireless footwear system for monitoring diabetic foot patients. *IEEE Trans Biomed Circuits Syst* 2021;15:43-4. <https://doi.org/10.1109/TBCAS.2020.3043538>
2. Wang M, Chen D, Fu H, Xu H, Lin S, Ge T, et al. Development and validation of a risk prediction model for the recurrence of foot ulcer in type 2 diabetes in China: A longitudinal cohort study based on a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Metab Res Rev* 2023;39:1-14. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3616>
3. Mobasser M, Shirmohammadi M, Amiri T, Vahed N, Hosseini Fard H, Ghajzadeh M. Prevalence and incidence of type 1 diabetes in the world: A systematic review and meta-analysis. *Heal Promot Perspect* 2020;10:98-115. <https://doi.org/10.34172/hpp.2020.18>
4. Gnanasundaram S, Ramalingam P, Das BN, Viswanathan V. Gait changes in persons with diabetes: Early risk marker for diabetic foot ulcer. *Foot Ankle Surg* 2020;26:163-8. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2019.01.005>
5. Esther CL, Ana Belen OA, Aranzazu RM, Gabriel GN. Foot deformities in patients with diabetic mellitus (with and without peripheral neuropathy). *J Tissue Viability* 2021;30:346-51. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2021.04.001>
6. Bartolo E, Giacomozzi C, Coppini D V., Gatt A. The pressure time integral: An underused, clinically significant parameter as a determinant of neuropathic ulceration in diabetes. *Gait Posture* 2023;100:210-5. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.12.018>
7. Nouman M, Dissaneewate T, Leelasamran W, Chatpun S. The insole materials influence the plantar pressure distributions in diabetic foot with neuropathy during different walking activities. *Gait Posture* 2019;74:154-61. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.08.023>
8. Yurt Y, Mihçioğlu S, Malkoç M, Uzuner S, Sezerel B, Tomaç H. Ayak bileği ekin deformitesi olan tip 2 diyabet hastalarında germe egzersizlerinin ayak taban basıncına akut etkisi. *Türk Fiz ve Rehabil Derg* 2019;30:176-82. <https://doi.org/10.21653/tjpr.665168>
9. Singh G, Gupta S, Chanda A. Biomechanical modelling of diabetic foot ulcers: A computational study. *J Biomech* 2021;127:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110699>
10. Gebrekirstos LG, Abadi MT, Gebremedhin MH, Lake EA, Wube TB. Diabetic foot ulcer among adults attending follow-up diabetes clinics in Wolaita Zone, Southern Ethiopia: An unmatched, case-control study. *Curr Ther Res* 2022;96:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.curtheres.2022.100673>
11. García-Madrid M, García-Álvarez Y, Sanz-Corbalán I, Álvaro-Afonso FJ, López-Moral M, Lázaro-Martínez JL. Predictive value of forefoot plantar pressure to predict reulceration in patients at high risk. *Diabetes Res Clin Pract* 2022;189:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2022.109976>
12. García-Madrid M, García-Álvarez Y, Álvaro-Afonso FJ, García-Morales E, Tardáguila-García A, Lázaro-Martínez JL. Analysis of plantar pressure pattern after metatarsal head resection. Can plantar pressure predict diabetic foot reulceration? *J Clin Med* 2021;10:1-8. <https://doi.org/10.3390/jcm10112260>
13. Sutkowska E, Sutkowski K, Sokołowski M, Franek E, Dragan S. Distribution of the highest plantar pressure regions in patients with diabetes and its association with peripheral neuropathy, gender, age, and BMI: One centre study. *J Diabetes Res* 2019;2019:7395769. <https://doi.org/10.1155/2019/7395769>
14. Jorgetto JV, Oggiam DS, Gamba MA, Kusahara DM. Factors associated with changes in plantar pressure of people with peripheral diabetic neuropathy. *J Diabetes Metab Disord* 2022;21:1577-9. <https://doi.org/10.1007/s40200-022-01104-1>
15. Fawzy OA, Arafa AI, Wakeel MA EI, Kareem SHA. Plantar pressure as a risk assessment tool for diabetic foot ulceration in Egyptian patients with diabetes. *Clin Med Insights Endocrinol Diabetes* 2014;7:31-9. <https://doi.org/10.4137/CMED.S17088>
16. Anjos DMC, Gomes LPO, Sampaio LMM, Correa JCF, Oliveira CS. Assessment of plantar pressure and balance in patients with diabet. *Arch Med Sci* 2010;1:43-8. <https://doi.org/10.5114/aoms.2010.13506>
17. Melai T, IJzerman TH, Schaper NC, de Lange TL, Willems PJ, Meijer K, et al. Calculation of plantar pressure time integral, an alternative approach. *Gait Posture* 2011;34:379-3. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.06.005>
18. Melai T, IJzerman TH, Schaper NC, de Lange TL, Willems PJ, Meijer K, et al. Vibrating perception threshold and body mass index are associated with abnormal foot plantar pressure in type 2 diabetes outpatients. *Diabetes Technol Ther* 2012;14:1053-9. <https://doi.org/10.1089/dia.2012.0146>
19. Syed N, Maiya AG, Hanifa N, Goud S. Plantar pressures in diabetes with no known neuropathy. *J Diabetes* 2013;5:302-8. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.12016>
20. Qiu X, Tian DH, Han CL, Chen W, Wang ZJ, Mu ZY, et al. Risk factors correlated with plantar pressure in chinese patients with type 2 diabetes. *Diabetes Technol Ther* 2013;15:1025-32. <https://doi.org/10.1089/dia.2013.0085>

21. Tuna H, Birtane M, Güldiken S, Soysal Atile N, Taşpınar Ö, Süt N, et al. The effect of disease duration on foot plantar pressure values in patients with type 2 diabetes mellitus. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi* 2014;60:231-5. <https://doi.org/10.5152/tftrd.2014.98470>
22. Qiu X, Tian DH, Han CL, Chen W, Wang ZJ, Mu ZY, et al. Plantar pressure changes and correlating risk factors in Chinese patients with type 2 diabetes. *Chin Med J (Engl)* 2015;128:3283-91. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.171394>
23. Falzon B, Formosa C, Camilleri L, Gatt A. Duration of type 2 diabetes is a predictor of elevated plantar foot pressure. *Rev Diabet Stud* 2017;14:372-80. <https://doi.org/10.1900/RDS.2017.14.372>
24. van der Leeden M, Dekker JHM, Siemonsma PC, Lek-Westerhof SS, Steultjens MPM. Reproducibility of plantar pressure measurements in patients with chronic arthritis: A comparison of one-step, two-step, and three-step protocols and an estimate of the number of measurements required. *Foot Ankle Int* 2004;25:739-44. <https://doi.org/10.1177/107110070402501008>
25. Al-Angari HM, Khandoker AH, Lee S, Almahmeed W, Al Safar HS, Jelinek HF, et al. Novel dynamic peak and distribution plantar pressure measures on diabetic patients during walking. *Gait Posture* 2017;51:261-7. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.11.006>
26. Halawa MR, Eid YM, El-Hilaly RA, Abdelsalam MM, Amer AH. Relationship of plantar pressure and glycemic control in type 2 diabetic patients with and without neuropathy. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev* 2018;12:99-104. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2017.09.010>
27. Xu L, Zeng H, Zhao J, Zhao J, Yin J, Chen H, et al. Index of plantar pressure alters with prolonged diabetes duration. *Diabetes Ther* 2019;10:2139-52. <https://doi.org/10.1007/s13300-019-00697-w>
28. Abri H, Aalaa M, Sanjari M, Amini MR. Plantar pressure distribution in diverse stages of diabetic neuropathy. *J Diabetes Metab Disord* 2019;18:33-9. <https://doi.org/10.1007/s40200-019-00387-1>
29. Duan Y, Ren W, Liu W, Li J, Pu F, Jan YK. Relationship between plantar tissue hardness and plantar pressure distributions in people with diabetic peripheral neuropathy. *Front Bioeng Biotechnol* 2022;10:836018. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.836018>
30. Hughes J. The clinical use of pedobarography. *Acta Orthop Belg* 1993;59:10-6.
31. Skopljak A, Muftic M, Sukalo A, Masic I. Pedobarography in diagnosis and clinical application. *Acta Inform Medica* 2014;22:374-8. <https://doi.org/10.5455/aim.2014.22.374-378>
32. Turcot K, Allet L, Golay A, Hoffmeyer P, Armand S. Investigation of standing balance in diabetic patients with and without peripheral neuropathy using accelerometers. *Clin Biomech* 2009;24:716-21. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.07.003>
33. Bayraktar D. Opere kalkaneus kırıkları sonrası bel ağrısı görülme sıklığı (tez). İzmir: Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2022.
34. Işıkgöz Taşbakan M, Uysal S, Kömür S, Karagöz G, Yapar N, Öztürk AN, et al. Daptomycin in the treatment of diabetic foot infections without osteomyelitis: A multicenter study. *Flora J Infect Dis Clin Microbiol* 2017;22:148-52. <https://doi.org/10.5578/flora.66267>
35. Fleischer AE, Hshieh S, Crews RT, Waverly BJ, Jones JM, Klein EE, et al. Association between second metatarsal length and forefoot loading under the second metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle Int* 2018;39:560-7. <https://doi.org/10.1177/1071100717753829>

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Dr. Dilek BAYRAKTAR

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı,
İzmir-Türkiye

E-posta: dilekbayraktar8@gmail.com