



## Diyabetik ayak biyomekaniği ve yükten kurtarma

### Biomechanics of diabetic foot and off-loading

Önder Kılıçoğlu

İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

“Diyabetik ayak” olarak anılan sorunlar grubunda yer alan bası yaraları ve nöropatik eklem (Charcot eklemi) gibi tabloların gelişiminde, biyomekanik etkenler önemli rol oynamaktadır. Diyabete, ek hastalıklara ve yaşa bağlı olarak ortaya çıkan değişikliklerin ayakta yol açtığı bu sorunların çözümü, ancak biyomekanik kökenleri anlaşılabilirse mümkün olabilir. Eklem hareketlerinde kısıtlanma, kontraktürler, edinsel deformiteler ve doğumsal bazı farklılıklar, ayaktaki yüklenmelerin değişmesine neden olur. Ayak tabanındaki basınç dağılımını incelemek için kullandığımız objektif bir ölçüm yöntemi olan pedobarografi, biyomekanik sorunları çözmemizde önemli bir yardımcımızdır. Kronik ayak yaralarında ve Charcot hastalığında, ortezler ve alçılar yardımıyla, yük dağılımı normale getirilebilir. Tabanlıktan tam temas alçısına kadar, birçok değişik ortez ve alçı bu amaçla kullanılabilir. Yara gelişmiş hastalarda, basit ayakkabı kullanımının yeri yoktur; çıkarılabilir botlar veya alçılar tercih edilir. Derin ve enfekte yaralarda, öncelikle alçılı tespit ve yük vermeden yürüme önerilir. Yara konservatif yükten kurtarma yöntemleri ile kapandıktan sonra, yaraya neden olan mekanizma, cerrahi yöntemle, kalıcı olarak çözümlenmelidir.

**Anahtar sözcükler:** diyabetik ayak; biyomekanik; yükten kurtarma; tam temas alçısı; pedobarogram

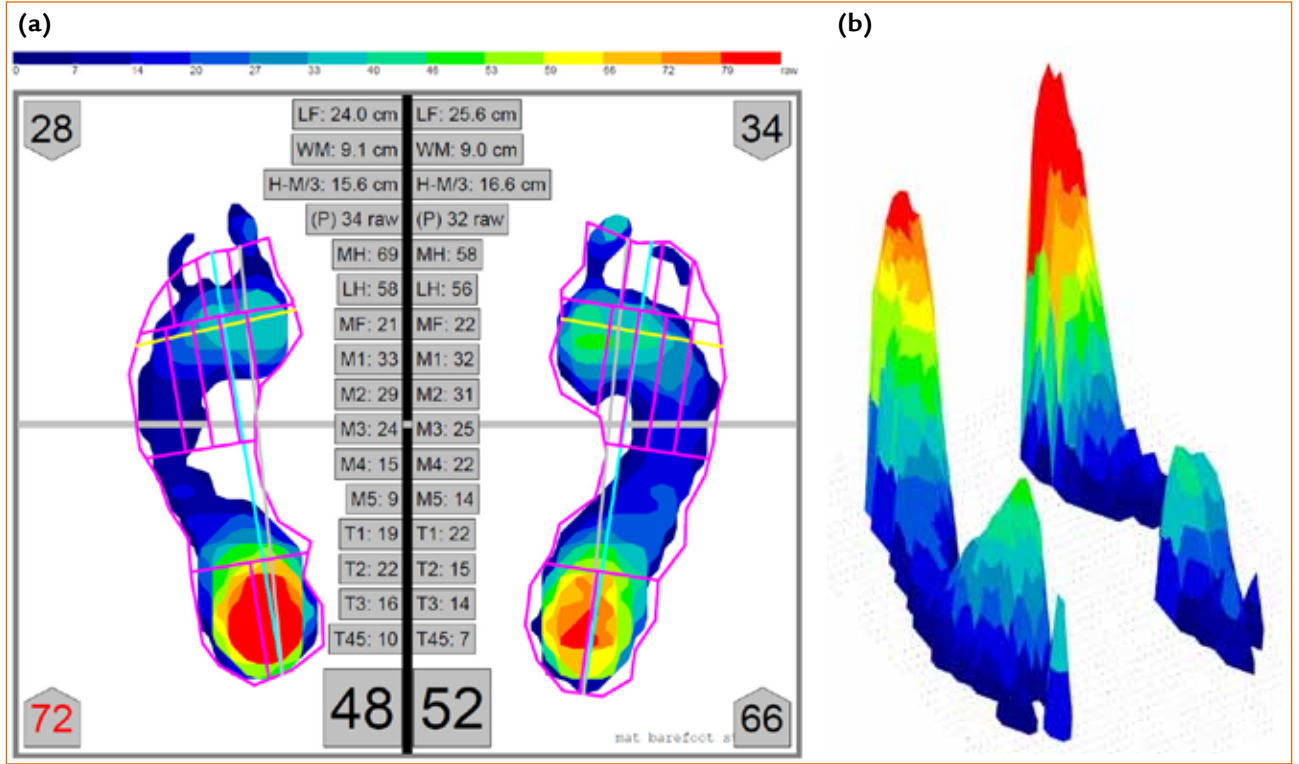
Biomechanical factors act as significant contributors to the development of pressure wounds and neuropathic joints (Charcot joint), collectively referred to as the “diabetic foot”. Treatment of such disorders caused by diabetes, complicated by concomitant diseases and advanced age, may be possible only when the underlying mechanical factors can be understood. Restricted joint movements, contractures, acquired deformities and some developmental variations may create different types of mechanical load distribution in the foot. To evaluate the pressure gradients in the foot objectively and create an insight into the mechanical problems, pedobarography is performed. In case of patients with chronic wounds in the foot and Charcot joints, load distributions may be normalized by the use of orthoses and casts. A range of orthoses and casts, ranging from insoles to full contact casts may be used for this purpose. Simple shoes are inappropriate for patients with chronic wounds; boots and casts are recommended. Cast immobilization and non-weight-bearing is preferred primarily for deep and infected wounds. After closure of the wound with these conservative non-weight-bearing measures, the causative mechanical factor may be eliminated permanently with surgery.

**Key words:** diabetic foot; biomechanics; off-loading; total contact cast; pedobarography

Vasküler ve nöropatik nedenlere bağlı olarak ortaya çıkan ayak sorunları, diyabetik hastaların karşılaştığı en ciddi problemler arasında yer alır. “Diyabetik ayak” olarak anılan bu sorunlar grubunun içinde sayılan bası yaraları ve nöropatik eklem (Charcot eklemi) gibi tabloların gelişiminde, biyomekanik etkenler önemli rol oynamaktadır. Kemiklerde veya yumuşak dokularda mekanik etkilerle, yara ve kırık gibi yapısal değişikliklerin ortaya çıkması için, dokuların taşıyabileceği yük sınırının aşılması gereklidir. Yük sınırı, iki temel mekanizma ile aşılabılır: 1) dokulara

binen yükün artması ve 2) dokuların yük taşıyabilme kapasitesinin azalması. Dokulardaki yüklenme sınırı hangi mekanizma ile aşılsa aşılınsın, ayağın bu yüklenmeden zarar görmesi için, ağrı ve acı hissinin azalması gerektiği unutulmamalıdır. Normal duyuya sahip bir ayakta ağrı hissedildiği anda, koruyucu mekanizmalar devreye girecek, hasta sorunun nedenini çözmek için girişimde bulunacaktır.

Bu derlemede, ağırlıklı olarak, ayak tabanındaki yük dağılımını bozan mekanizmalar ve bunların çözümleri üzerinde durulacaktır.



Şekil 1. a, b. Sayısal veriler ile birlikte iki boyutlu pedobarogram (a). Aynı tetkikin üç boyutlu gösterimi (b).

## AYAKTA BASINÇ, STRES VE YARA İLİŞKİSİ

Bir yüzey üzerine kuvvet uygulandığında, yüzeyde, kuvvetin alana bölünmesi ile hesaplanan bir 'basınç' oluşur. Ayağa etkileyen en önemli kuvvet, yürüyüş sırasında vücut ağırlığının ayak tabanından yere aktarılmasıdır. Bu kuvvetten kaynaklanan basınçlar, ayak tabanında eşit olarak dağılmaz. 'Pedobarografi' cihazları, tabandaki basınç dağılımını bize sayısal değerler ve daha kolay yorumlanabilen haritalar (pedobarogram) halinde sunar (Şekil 1). Pedobarografi, biri hasta ölçüm tablasına çıplak ayakla basarken (statik) ve diğeri tablaya basıp geçerken (dinamik) olmak üzere, iki farklı şekilde elde edilir. Dinamik testler, bize daha fazla bilgi verir. Basınç terimi, kuvvetin yalnızca yüzeyde ölçülen etkilerini ifade etmekte kullanılırken, kuvvetin yüzeyden girdikten sonra dokular içinde yayılımı, 'stres' terimi ile tanımlanır. Dokular içindeki stres dağılımının pratik bir şekilde ölçülmesi veya gösterilmesi mümkün değildir. Gerçek veya sanal modellemeler ile, ayak içinde stres dağılımının nasıl değişeceği tahmin edilmeye çalışılabilir. Kuvvetin dokular içinde iletilmesi sırasında, tabakalar arasında ayrışmaya yol açabilecek kuvvetler de ortaya çıkabilir. Bu kuvvetler 'makaslama kuvveti' olarak adlandırılır.

Ayak tabanında oluşan basınçlar, öncelikle kişinin ağırlığına ve ayak büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Öte yandan, basınçlar ayağın her noktasında aynı düzeyde değildir. Topuk bölgesi yükün yaklaşık yarısını, ön ve orta kısımlar da diğer yarısını taşır. Ayağın ön kısmında da, yükün büyük bir kısmını birinci ve beşinci metatars başları aktarmaktadır. Daha fazla yük taşınması beklenen bölgelerde yara açmayan bir basınç, ayağın diğer bölgelerinde kısa sürede yara açılmasına neden olabilir. Ayakta bası yaralarının gelişiminde üç mekanizmanın geçerli olabileceği kabul edilir: 1) Düşük düzeyli, ancak sürekli bir bası ile, 2) tekrarlayan orta düzeyli bası ile ve 3) şiddetli bir bası ile, kısa sürede.<sup>[1]</sup> Örneğin, yürüme sırasında aralıklı (*intermittent*) olarak karşılaştığımız, normal sınırlar içindeki bir basınç düzeyi, ayakta bir yabancı cisim nedeniyle sürekli hale dönüşürse, yine kısa sürede yara açabilir. Çalışmalarda  $6 \text{ kg/cm}^2$  (588 kPa) değeri, yüksek risk grubunu tanımlamak için eşik değer olarak kullanılmaktadır.<sup>[2,3]</sup> Farklı yazarlar tarafından, 700–1000 kPa arasında değişen değerler de önerilmiştir.<sup>[4,5]</sup> Anılan çalışmalardan birinde, en yüksek basınç değerinin, tabanda yara açılmış hastalarda ortalama 700 kPa, yaralı olmayanlarda ise 525 kPa düzeyinde bulunduğunu görmekteyiz.<sup>[3]</sup>



**Şekil 2.** Bunion bölgesinde ayakkabı vurmasına bağlı tipik bir ekstrensik bası yarası.

Metatars başı altında nasır gelişen hastalarda ortalama basınç yaklaşık 1000 kPa düzeyinde ölçülürken, nasırı olmayan hastalarda bu değer yaklaşık 750 kPa seviyesinde bulunmuştur.<sup>[6]</sup> Sonuç olarak, yara oluşumu için tek bir basınç eşik değeri tanımlanamasa da, klinikte, 700 kPa düzeyinin eşik değer olarak kullanılması önerilebilir.

Ayakta bası yarası açılan tek bölge taban değildir. Ayağın sırtında, parmakların dorsalinde, ayak bileğinin anteriorunda ve malleollerin üzerinde de bası yaraları görülür (Şekil 2). Yumuşak doku örtüsü zayıf olan bu bölgelerde yara, hemen her zaman, ayakkabının sıkması/vurması nedeniyle ortaya çıkar. 'Ekstrensik' bası olarak da isimlendirilen bu bası türünde, yara çok kısa sürede gelişebilir. Neden ortadan kaldırıldıktan sonra, yaraların hızla kapanması beklenir. Buna karşılık, ayak tabanında yük dağılımının bozulması ile (*intrensik* nedeni) gelişen yaralar, genellikle daha uzun sürede olur ve iyileşir.

## AYAK TABANINDA YÜK DAĞILIMINI DEĞİŞTİREN MEKANİZMALAR

Ayak, karşılaştığı kuvvetleri ve darbeleri, sahip olduğu birçok mekanizma ile soğurur. Bunlardan en önemlisi, yürüyüş sırasında ayağın aldığı pozisyonun ve esnekliğinin sürekli değişim göstermesidir. Aşağıda, bu koruyucu mekanizmaların kaybı ile yara açılması arasındaki ilişki incelenmiştir.

### Hareket Açıklığının Azalması

Ayak ve ayak bileğini oluşturan eklemlerin normal hareket açıklıklarının azalması, ayak tabanında yük

dağılımını bozar.<sup>[2,7-9]</sup> Topuğun yerle ilk teması sırasında şok emiliminin sağlanması için, ayağın esnek olması gerekir. Ayağın esneklik düzeyi, başlıca, subtalar ve midtarsal eklemler tarafından kontrol edilir.<sup>[10]</sup> Subtalar eklem, topuk teması anında valgus pozisyonunda bulunur ve önemli bir şok emici mekanizmadır. Subtalar eklem hareketinin kısıtlanması, topukta yüklerin tek bir noktada toplanmasına ve yara açılmasına neden olacaktır (Şekil 3). Benzer şekilde, ayak parmaklarının hareketliliği de ayak ön kısmında dengeli yük dağılımının korunması için gereklidir.

Yürümenin basma fazı sürecinde (topuğun yere düşmesinden, parmak ucunun yerden ayrılmasına kadar geçen sürede), ayak esnekliğini kaybederek bir kaldırma koluna dönüşür. Aynı süreçte, ayak bileği eklemi de plantarflexiyon pozisyonundan dorsifleksiyon pozisyonuna geçer. Aşil tendonunda gerginlik olması halinde, ayak bileği dorsifleksiyonu kısıtlanır; topuk yerden, beklenenden daha erken fazda kalkar. Bunun sonucu olarak, ayağın ön kısmına, metatars başları bölgesine daha fazla ve daha uzun süre yük binecek, yara açılma olasılığı artacaktır.<sup>[8,11,12]</sup> Aşil tendonunun gerginliği, Charcot hastalığının gelişimi için de bir risk faktörüdür.

### Deformiteler

Ayaktaki doğumsal farklılıklar veya edinsel deformiteler, yük dağılımı üzerine etkilidir. Bunlar, diyabetikler dışında, genç ve diğer açılardan sağlıklı hastalarda da yara açılmasına neden olabilir. Sık görülen, ancak diyabetik hastalarda özel önem kazanan bir doğumsal farklılık, metatars boyları arasındaki oranın bozuk olmasıdır.<sup>[13]</sup> Birinci metatarsın boyunun ikinciden çok



**Şekil 3.** Topuğun dış yanında bası yarası.

kısa olması, Morton başparmağı olarak isimlendirilir (Şekil 4). İkinci metatarsın aşırı uzun olması veya diğer metatarsların kısalığı da söz konusu olabilir. Yük dağılımının bozulması sonucu, yük transferi olan metatars başının altında yara açılması kolaylaşır. İki metatars arasındaki farkın, hangi düzeyden sonra klinik önem kazandığı tam bilinmemektedir.

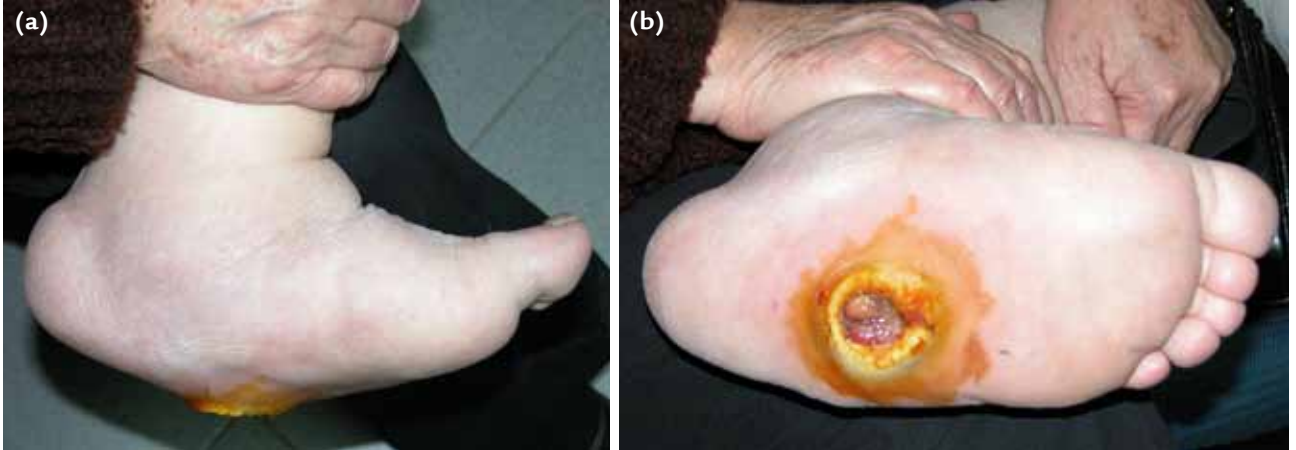


**Şekil 4.** Morton başparmağı. Birinci parmak ikinciden çok kısa.

Diyabetik hastada sık görülen diğer bir ayak sorunu da, 'nöropatik eklem' veya 'Charcot eklemi' olarak isimlendirilen eklem hastalığıdır. Sıklıkla ayağın orta bölgesini ve ayak bileğini tutan bu hastalığın ileri evrelerinde gelişen kalıcı deformiteler, ayak tabanı yük dağılımında önemli dengesizliklere neden olur. Ayak tabanında beşik taban deformitesi (Şekil 5), ayak bileğinde ise varus veya valgus deformiteleri ortaya çıkar. Charcot eklemi hastalığının yol açtığı deformiteye bağlı gelişen yaraların morbiditesi, hastalığın morbiditesinden daha ağır olmakta, ayağın kaybına kadar gidebilmektedir.

Ayağın intrinsek kaslarında gelişen dengesizlikler, ayak parmaklarında pençe parmak, çekiç parmak veya tokmak parmak gibi edinsel deformitelere neden olabilir. Bu hastalarda, kaldıraç mekanizması ile metatars başı plantara doğru itilir, metatars başı daha fazla yük almaya başlar ve yara gelişimi kolaylaşır. Ayrıca, normalde başın altında bulunan yağ yastığı distale kayarak, başın altındaki koruyucu dokunun kalınlığını azaltır. Azalan doku kalınlığı, diğer bir yara nedenidir.<sup>[6]</sup>

Diğer bir edinsel deformite, 'yayık ayak' deformitesidir. Metatars başlarının oluşturduğu transvers kavis, yaş arttıkça kısmen çöker, birinci metatars iç yana, beşinci metatars dış yana doğru açılır; ayak ön kısmı genişler. Kavis çöktüğü için, normalde az yük taşımaya gereken 2.-4. metatars başları fazla yük taşımaya başlar, intrinsek kaynaklı basınç ile, yara açılma olasılığı artar. Ayrıca, birinci (bunion) ve beşinci (bunionet) metatars başları yan taraflarında, ayakkabının vurması nedeniyle (ekstrensek bası) yara açılması da söz konusudur (Şekil 2). Bir süre ayakkabı giyilmemesi, ekstrensek kaynaklı bu yaraların çözümü için yeterli olacaktır.



**Şekil 5. a, b.** Midtarsal bölgede Charcot hastalığı şekeli beşik taban deformitesi (a). Ayak tabanında yük alan bölüme açılan yara (b).

## AYAKTA ‘YÜKTEN KURTARMA’ AMAÇLI UYGULAMALAR

Ayak tabanında veya başka bir kısmında yük dağılımının bozulması nedeniyle bir sorunla karşılaşıldığında, tedavinin ana hedefi, bu bölgeye gelen yükü azaltmak olacaktır. Kısaca ‘yükten kurtarma’ (*off-loading*) olarak adlandırılan bu yaklaşımın, konservatif ve cerrahi birçok seçeneği bulunmaktadır. Yükten kurtarma amaçlı uygulamaların dört ana grupta incelenmesi önerilmektedir.<sup>[14]</sup>

1. Alçılama: tam temas alçısı (TTA) ve alçı benzeri botlar.
2. Ayak giyimi ile ilgili olanlar: ayakkabılar, tabanlıklar, ayakkabı içi ortezler, çoraplar.
3. Cerrahi yükten kurtarma: Aşil tendon uzatma; silikon enjeksiyonları - doku desteklemeleri; metatars başı rezeksiyonu; osteotomi, artroplasti, ostektomi, eksostozektomi; tendon transferleri ve tenotomiler; eksternal fiksator uygulamaları.
4. Diğer yükten kurtarma yöntemleri: yatak istirahati; koltuk değnekleri, bastonlar, tekerlekli iskemle; ortezler (AFO, PTB ortez gibi); yükten kurtarıcı pansumanlar; nasır debridmanı; yürüme egzersizleri.

### Cerrahi Dışı Yükten Kurtarma Yöntemleri

Ayak tabanındaki herhangi bir bölgenin yükten kurtarılmasının en klasik yolu, bir çift koltuk değneği kullanarak o bacağın üzerine basmamaktır. Tek değnek ile yükten tam kurtarma mümkün değildir. Ayrıca, genellikle yaşlı, birçok ek hastalığı ve denge sorunu bulunan diyabetik hastaların, bir bacağına basmadan

yürmesini istemek de makul değildir. Hastalar, genellikle yürüme mesafelerini azaltır, fakat yine de tama yakın yük vererek yürümeye devam ederler.

Tabanlıklar, ayakkabı gibi ortezler, özel yapım veya hazır botlar ve alçılar yardımıyla, ayak tabanında yük normale daha yakın şekilde dağıtılabilir. Çalışmalar, farklı yöntemler ile, taban basıncında %80'lere ulaşan oranlarda azalma sağlanabildiğini, tüm yöntemler içinde tam temas alçısının hemen her zaman en etkili yöntem olduğunu göstermektedir.

Cerrahi dışı yöntemlerin (germe egzersizleri hariç), göz kırma kusurlarındaki gözlük kullanımı ile benzerlik gösterdikleri unutulmamalıdır. Yararları, kullanıldıkları sürece görülür; kullanım sonrasında, uzun süreli, kalıcı yararlarının olması beklenmez.

Etkinlikleri, hastalar tarafından kabullenilme oranları ve maliyetleri arasında önemli farklar bulunan bu yöntemlerin her biri, farklı düzeyde etkinliğe sahiptir. Aşağıda, bu malzemeler hakkında özet bilgi verilmiştir.

#### Tabanlıklar

Basit tabanlıklar, korunacak bölgeler üzerinde yastık oluşturarak, gelen yükleri yumuşatarak ve makaslama kuvvetlerini azaltarak etkili olur. Silikon, neopren, üretan, Plastazote gibi birçok farklı materyalden üretilir. Diyabetik hastalarda hazır tabanlıklar genellikle yetersiz kalmakta, özel tabanlık hazırlanmaktadır. Her zaman kullanılan ayakkabıların içinde tabanlığın gireceği yeterli yükseklik bulunmadığından, alışılmıştan daha büyük bir ayakkabı kullanmak gerekir. Tüm tabanlıklar, bir süre kullanıldıktan sonra esnekliklerini kaybeder ve yenilenmeleri gerekir.



Şekil 6. Diyabetik ayakkabısı.



Şekil 7. Beşik tabanlı ayakkabı.



Şekil 8. Ayakkabı tabanı, hem beşik taban etkisine sahip hem de anteriorda daha yüksek olması nedeniyle, ayak bileğini dorsifleksiyona zorluyor.



Şekil 9. Yarım tabanlı ayakkabı.

### Diyabetik Ayakkabısı

Diyabetik hastaların günlük kullanımı için önerilir. Açık yaranın tedavisinde kullanılamaz. Yumuşak deriden yapılmıştır; iç yüzünde ayağı rahatsız edebilecek dikiş ve benzeri bir cisim yoktur. Standart ayakkabıdan daha geniştir; parmaklar için ayrılan boşluk daha yüksektir (Şekil 6). Bu sayede, hastaya özel tabanlıkların kullanımı da mümkün olur ve ayak tabanında yara açılması önlenir. Anatomisi bozulmamış bir ayakta, ekstrensik baskı yaralarının oluşmasını önlemede, özel yapım ayakkabılar kadar etkilidir.<sup>[15]</sup>

### Özel Yapım Ayakkabı

Charcot ayağı sekeli ve kısmi amputasyonlar gibi, normal ayak anatomisinin bozulduğu ve hazır ayakkabıların hiçbir şekilde kullanılamayacağı durumlarda önerilir. Üretimi güçtür ve deneyim gerektirir. Sıklıkla, ayak bileğini de içine alacak kadar yüksek bot şeklinde hazırlanır.

### Beşik Tabanlı Ayakkabılar

Ayağın ön kısmının yükten kurtarılmasına yardımcı olan bir yöntemdir (Şekil 7). Ayakkabı tabanındaki kamanın yeri öne veya arkaya doğru kaydırılarak, yükün bineceği bölge değiştirilebilir. Topuğun yuvarlaklığı sayesinde ayak bileği hareketi ihtiyacı azalırken, ön kısımdaki yuvarlanma sayesinde yürüyüş sırasında parmak dorsifleksiyon ihtiyacı da azalır; halluks rigidus gibi ağrılı parmak hastalıklarının palyatif tedavisinde de yardımcı olur. Tabanın tamamı kama şeklinde hazırlanarak, ayak bileği sürekli dorsifleksiyonda tutulabilir (Şekil 8).

### Yarım Ayakkabılar

Ayağın ön kısmında yapılan ameliyatlardan sonra, yükten kurtarma amacıyla kullanılır (Şekil 9). Piyasada, 'halluks valgus ayakkabısı' adıyla tanınır. Metatars başları seviyesindeki yaralarda, yeterli yükten kurtarma sağlayabilmektedir. Ayakkabının sert tabanı yarım olsa



**Şekil 10.** Hazır satılan botlar için bir örnek.



**Şekil 11. a, b.** CROW tipi özel bot içinde ayağın görünümü (a). Botun kapağı kapatıldıktan sonraki görünümü (b).

da, tüm ayağın altında yumuşak bir desteğin bulunması önemlidir. Aksi takdirde, tabanın bittiği bölgede yeni bası yaraları açılabilir.

#### *Hazır Botlar*

Ayağı ve ayak bileğini içine alarak sabit açıda tespit eden ve gerektiğinde hasta tarafından çıkarılabilen ortezlerdir (Şekil 10). Piyasada, birçok farklı markanın farklı modelleri bulunmaktadır. Bazılarının içine tabanlıklar koyulması mümkündür. Çoğunun alt tabanı, beşik taban özelliğine sahiptir. Taban basınç değerleri açısından karşılaştırıldığında, en az tam temas alçısı kadar başarılı oldukları görülmektedir.<sup>[16]</sup> Beşik tabanlı olan tiplerinin ve kısa botlara oranla uzun botların, yük dağılımında daha başarılı olduğu bildirilmektedir.<sup>[17]</sup>

#### *Özel Hazırlanan Botlar*

Hazır botların ayağa uyumu bir noktaya kadar mümkün olabilmektedir. Uzun süre kullanım gerekeceği düşünülen hastalarda, hazır botlar gibi çıkarılabilen ve ayağa çok daha iyi uyum sağlayan özel botlar üretilebilir. Bunlar, yüksek maliyeti ve önemli bir katkısı olmaması nedeniyle, çok nadir tercih edilir. ‘Charcot Restraint Orthotic Walker’ (CROW) olarak isimlendirilen bir model, Charcot hastalığında, yükten kurtarmak amacıyla alçı yerine kullanılmaktadır (Şekil 11).<sup>[18]</sup>

#### *Topuklu Kısa Bacak Alçısı*

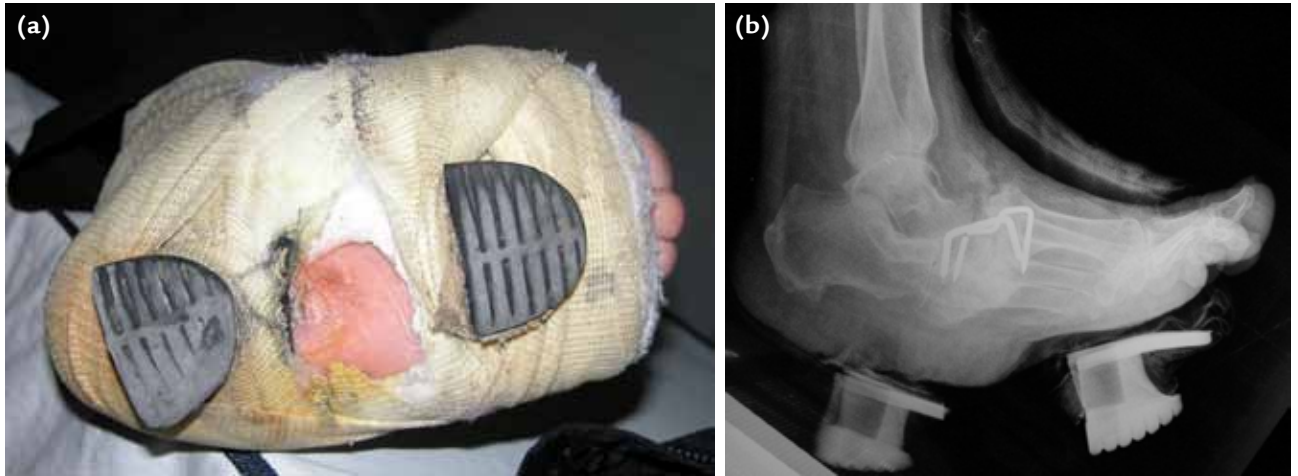
Klasik kısa bacak alçısı gibi uygulanır. Yalnızca, alçı donduktan sonra veya daha uygulama sırasında, alçının tabanında yükten kurtarılacak bölgede bir kapak açılır. Ayağın ön kısmında yer alan yaralar için, ayağın arka kısmına (Şekil 12), orta kısımda yer alan yaralar için ise ayağın hem ön hem de arka kısmına (Şekil 13) birer plastik topuk takılarak, hastanın ayağının üzerine basmasına izin verilir. Açılan kapaktan, düzenli yara bakımı yapılır. Alçı kirlendiğinde veya ödemin gerilemesi nedeniyle bollaştığında, değiştirilmesi gerekir.

#### *Tam Temas Alçısı (TTA)*

Alçının tabanı ayak tabanına tam oturacak şekilde yapılarak, yükün daha dengeli dağıtılmasını sağlayan bir yöntemdir. İlk önce, fakir hastaların işe bir an önce dönebilmeleri için geliştirilmiş bir çözüm olmakla birlikte, çok kısa sürede, tüm batı dünyasında, Charcot ayağı ve kronik yaralar gibi diyabetik ayak komplikasyonlarının tedavisindeki altın standart düzeyine yükselmiştir.<sup>[19]</sup> Klasik kısa bacak alçısına göre daha az pamuk kullanılır; malleoller gibi kemiksel çıkıntıların üzeri koruyucu malzemeler ile kapatılır (Şekil 14). Klasik alçıda kullanılan çok daha az alçı pamuğu kullanılır. Alçının kenarlarının yeni bası noktaları oluşturmasını ve içeriye yabancı cisim girmesini önlemek amacıyla,



**Şekil 12.** Ayağın ön kısmındaki yara için ayağın arka kısmına takılan alçı topuğu.



**Şekil 13. a, b.** Ayak ortasındaki yaralar için ayağın önü ve arkasında alçı topuğu yerleştirilmesi. Şekil 5'teki hastanın yarasının alçı içinde iyileştiği görülüyor (a). Alçı içinde radyografik görünümü (b).

alçının parmak ucu da kapatılır. Yükün tabana dengeli dağıldığı düşünülmesi için, dıştan topuk takılmaz; basit alçı terliği ile yüklenmeye izin verilir. Tabanda açılacak kapakların yük dağılımını bozacağı düşünülmesi için, yara olsa bile kapak açılmaması, gerekirse sık alçı değişimleri yapılması önerilir.

Basınç analizi çalışmaları, TTA'nın yükten kurtarma etkisinin metatarsal bölgede yeterli olduğunu, ancak topukta yetersiz kalabileceğini göstermektedir.<sup>[20,21]</sup> Metatarsal bölgedeki yaralarda, TTA altına basit bir alçı terliği giyilmesi önerilirken; topuk bölgesindeki yaralarda, ancak beşik taban şeklindeki bir plastik topuğun eklenmesi koşuluyla, basınçta belirgin azalma sağlanacağı bildirilmiştir.<sup>[21]</sup>

### Yükten Kurtarmaya Yönelik Cerrahi Girişimler

Diyabetik hastalarda, enfeksiyon, yara çevresinde nekroz ve osteosentez kaybı, kaynamama gibi ameliyat sonrası sorunlarla sık karşılaşılır. Bu nedenle, bir cerrahi girişim planlanırken, gerekliliği ayrıntılı olarak sorgulanmalı, kullanılacak en minimal invaziv yöntem tercih edilmelidir.

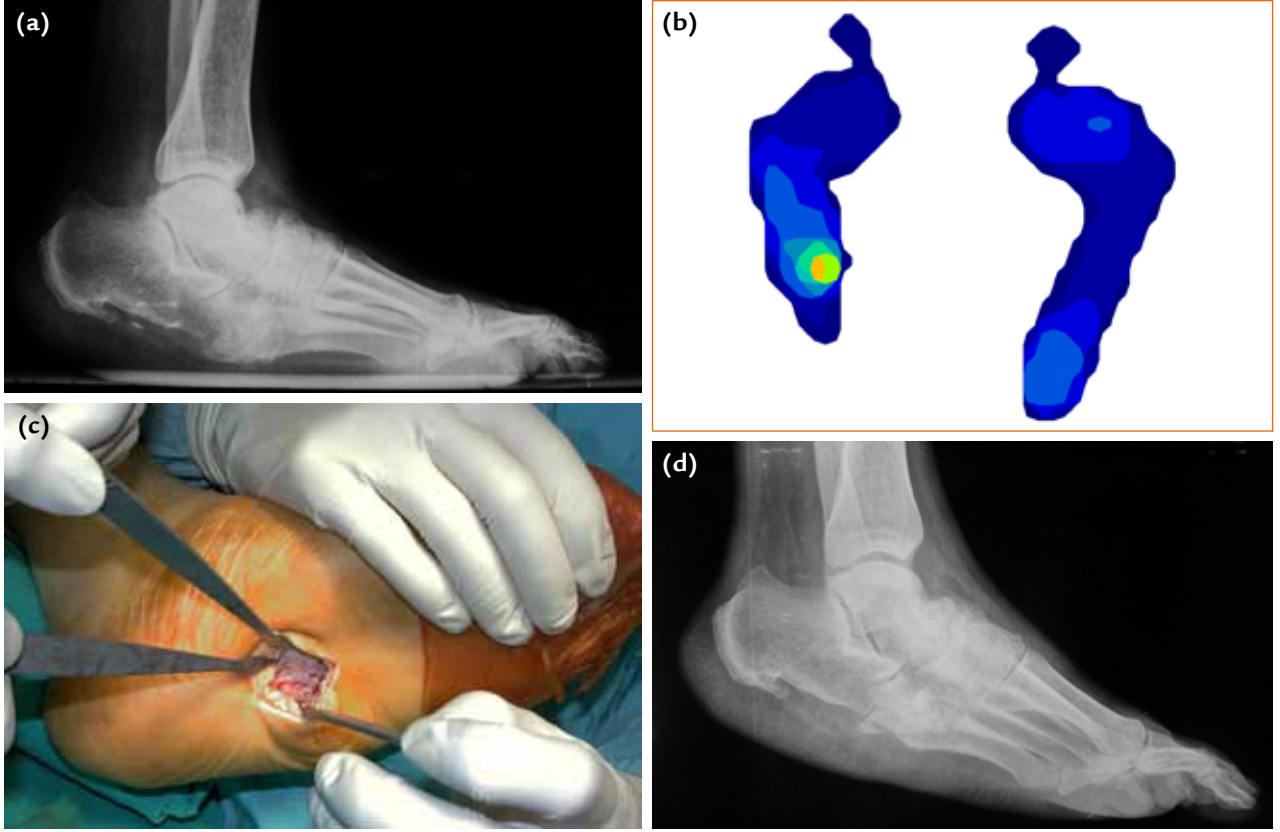
#### *Eklem hareket açıklığını arttıran girişimler*

Eklem hareketlerindeki kısıtlılığın eklemden değil, tendonlar veya eklem kapsülü gibi çevre yumuşak dokulardan kaynaklandığı tespit edilirse, bu yumuşak dokulara yönelik germe egzersizleri denenebilir. Fizik tedavi yöntemleri ile, basınç dağılımlarında normalleşme





**Şekil 14. a–e.** Hasta yatak kenarında oturur pozisyonda iken tam temas alçısının sarılması. Alçı çorabı giydirildikten sonra malleollerin ve tibia anteriorunun üzeri keçe ile kapatılarak korunuyor (a). Alçı pamuğu tek kat şeklinde sarılıyor (b). Parmakların altı ve üzeri de keçe ile kaplanıyor (c). Parmaklar dahil olmak üzere sentetik alçı sarılıyor (d). Alçının tamamlandıktan sonraki görünümü (e).



**Şekil 15. a–d.** Ayak ortasında Charcot hastalığı sonucu oluşan kemik çıkıntının rezeksiyonu. Ayağın basarak lateral grafisinde orta ayakta kemik çıkıntı görülüyor (a). Pedobarogramda kemik çıkıntı bölgesine uyan basınç artışı dikkati çekiyor (b). Kemik çıkıntının rezeksiyonu sırasında görünümü (c). Ameliyat sonrası lateral grafide kemik çıkıntının kalmadığı görülüyor (d).

sağlanabildiği gösterilmiştir.<sup>[22]</sup> Germe egzersizlerinden bir yarar görmeyen hastalarda, kontraktürlerin cerrahi olarak serbestleştirilmesi gerekecektir. Diyabetik hastalarda, en sık, küçük parmakların ekstansör ve fleksör tendonlarının ve Aşil tendonunun gerginliği ile karşılaşmaktayız. Aşil tendonu, çoğu zaman minimal invaziv yöntemlerle, kısmi olarak uzatılır. Buna karşılık, parmak tendonları için, açık uzatma ve tendon transferleri uygundur.

#### *Deformiteleri Düzeltecek Girişimler*

Diyabetik hastalarda en sık cerrahi tedavi gereken sorun, parmak, özellikle de pençe ve çekiç parmak deformiteleridir. Pençe parmak deformitelerinde basit fleksör tenotomi sıklıkla yeterli olurken, pasif olarak düzeltilmeyen pençe parmak deformitesinde, proksimal interfalangeal (PIP) eklemin rezeksiyonu gerekir. İkinci metatarsofalangeal eklemin instabilitesi de, sık cerrahi tedavi gerektiren sorunlar arasında yer alır. Parmağın dorsale çıkığı ile plantara doğru itilen metatars başına gelen yükleri azaltmanın en doğru yolu,

eklemin açık redüksiyonudur. Eklemin redüksiyonu ardından, metatarsın boyunu kısaltacak bir osteotomi yapılarak, ikinci metatars başı yük alabileceği konumdan uzaklaştırılmaya çalışılır.<sup>[23]</sup>

Diyabetik hastada, ayakta deformiteye yol açan önemli nedenlerden birisi Charcot hastalığıdır. Tarsal bölgeyi tutan Charcot hastalığının sekel döneminde karşılaştığımız beşik taban deformitesi de, sıklıkla cerrahi tedavi gerektiren sorunlardandır. Ayağın deformitesini düzeltmekten çok, yük alan kemiksel çıkıntıları eksize etmek tercih edilir (Şekil 15).

#### **Yükten Kurtarmada Yöntem Seçimi**

Seçilecek yöntem, ilk başta; yaranın olup olmamasına, eğer varsa, büyüklüğüne, derinliğine, ve enfeksiyon olup olmamasına, hastanın ek sorunlarının varlığına, tedaviye uyumuna ve hatta maddi durumuna göre değişkenlik gösterecektir (Tablo 1).<sup>[1]</sup>

Hiç yara açılmamış, bölgesel basınç yoğunlaşmaları ileri seviyede olmayan, deformitesi bulunmayan bir

**Tablo 1.** Yaranın derinliğine ve deformitenin düzeyine göre önerilen yükten kurtarma seçenekleri (Temple Üniversitesi şeması)

Deformitenin düzeyi	Derinlik		
	1 Yara yok veya iyileşmiş	2 Yüzeysel, tendon, kapsül ve kemiğe ulaşmayan yara	3 Derin, tendon, kapsül ve kemiğe ulaşan yara
A: Hafif	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standart ayakkabı</li> <li>Basit parmak koruyucular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cerrahi ayakkabı</li> <li>Derin tabanlı ayakkabı</li> <li>Beşik tabanlı ayakkabı</li> <li>Destek ile kısmi yük vererek yürüme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Özel yapım ayakkabı</li> <li>Özel yapım tabanlıklar</li> <li>Yük vermeden yürüme</li> </ul>
B: Orta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Derin tabanlı ayakkabı</li> <li>Özel yapım tabanlıklar</li> <li>Parmak koruyucular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hazır yapım botlar</li> <li>Tam temas alçısı veya ortezleri</li> <li>Destek ile kısmi yük vererek yürüme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hazır botlar (sabit)</li> <li>Özel yapım tabanlıklar</li> <li>Tam temas alçısı veya ortezler</li> <li>Yere basmadan yürüme</li> <li>Yatak istirahati</li> </ul>
C: Ağır	<ul style="list-style-type: none"> <li>Özel yapım ayakkabı</li> <li>Özel yapım tabanlıklar</li> <li>Arizona brace</li> <li>Özel yapım ayak bileği ortezleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hazır botlar (sabit)</li> <li>Tam temas alçısı veya ortezleri</li> <li>Yere basmadan yürüme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hazır botlar (sabit)</li> <li>Özel yapım tabanlıklar</li> <li>Tam temas alçısı veya ortezler</li> <li>Yere basmadan yürüme</li> <li>Yatak istirahati</li> </ul>

ayakta, hazır diyabetik ayakkabısı kullanılması mümkündür. Daha önce travmatik yara açılmış ve iyileşmiş bir hastada da kullanılabilir. Ayakkabının içine koyulacak bir tabanlık ile yük dağılımı daha iyi hale getirilebilir. Çekiç parmak veya tokmak parmak deformiteleri için silikon parmak ortezleri tavsiye edilir. Ayakta hafif veya orta düzeyde bir deformite varsa, günlük yaşamda, özel yapım ayakkabılar ve tabanlıklar kullanılması doğru olacaktır.

Yara açılmış bir ayakta ayakkabı ile tedavi, kabul edilen bir tedavi şekli değildir; yarayı basıdan kurtaracak bir ortez veya alçı kullanılması gereklidir. Yüzeysel, Wagner<sup>[24]</sup> sınıflamasına göre Evre 1 veya 2 grubuna giren yaralarda; yarım ayakkabılar, hazır botlar, topuklu yürüme alçısı, TTA gibi seçenekler arasından herhangi biri tercih edilebilir. Çıkarılabilen hazır botların, basınç dağılımları açısından, alçılama tekniklerinden önemli bir farkları olmadığı bildirilmiştir.<sup>[16]</sup> Ancak, klinik çalışmaların değerlendirildiği geniş meta-analizler, çıkarılamayan alçı veya botların, çıkarılabilen hazır botlara ve yarım ayakkabılara göre daha etkin olduğunu göstermektedir.<sup>[25]</sup> Çıkarılabilen ortezler ile yapılan tedavilerde, hasta uyumu hiçbir zaman istenen seviyeye ulaşmamaktadır.

Wagner 3 seviyesindeki bir yara ve enfeksiyon bulguları bulunan hastalarda, alçı uygulaması ve yük vermeden yürüme en uygun seçenektir. Bu hastalarda uzun süreli bir çözüm, ancak yük dağılımını bozan sorun (deformite, hareket kısıtlılığı gibi) ortadan kaldırırsa sağlanabilir.

Böyle bir çözüm için, genellikle cerrahi tedavi gerekecektir. Diyabetik hastalarda, ek dahili sorunlar nedeniyle, bir cerrahi girişim her zaman uygun olmayabilir. Ayrıca, osteomyelit gibi bir nedenle erken dönemde yapılmak zorunda değil ise, cerrahi tedavi, yara konservatif yöntemlerle kapanana kadar geciktirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- McGuire JB. Pressure redistribution strategies for the diabetic or at-risk foot: Part II. *Adv Skin Wound Care* 2006;19(5):270-7.
- Delbridge L, Perry P, Marr S, Arnold N, Yue DK, Turtle JR, Reeve TS. Limited joint mobility in the diabetic foot: relationship to neuropathic ulceration. *Diabet Med* 1988;5(4):333-7.
- Pham H, Armstrong DG, Harvey C, Harkless LB, Giurini JM, Veves A. Screening techniques to identify people at high risk for diabetic foot ulceration: a prospective multicenter trial. *Diabetes Care* 2000;23(5):606-11.
- Veves A, Murray HJ, Young MJ, Boulton AJ. The risk of foot ulceration in diabetic patients with high foot pressure: a prospective study. *Diabetologia* 1992;35(7):660-3.
- Armstrong DG, Peters EJ, Athanasiou KA, Lavery LA. Is there a critical level of plantar foot pressure to identify patients at risk for neuropathic foot ulceration? *J Foot Ankle Surg* 1998;37(4):303-7.
- Abouaeha F, van Schie CH, Griffiths GD, Young RJ, Boulton AJ. Plantar tissue thickness is related to peak plantar pressure in the high-risk diabetic foot. *Diabetes Care* 2001;24(7):1270-4.
- Zimny S, Schatz H, Pfohl M. The role of limited joint mobility in diabetic patients with an at-risk foot. *Diabetes Care* 2004;27(4):942-6.

8. Birke JA, Franks BD, Foto JG. First ray joint limitation, pressure, and ulceration of the first metatarsal head in diabetes mellitus. *Foot Ankle Int* 1995;16(5):277-84.
9. Fernando DJ, Masson EA, Veves A, Boulton AJ. Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic foot ulceration. *Diabetes Care* 1991;14(1):8-11.
10. van Schie C, Boulton A. Biomechanics of the Diabetic Foot: The Road to Foot Ulceration, In: Veves A, Giurini JM, LoGerfo FW, editors. *The Diabetic Foot*. Totowa, NJ. Humana Press Inc; 2006.
11. Gibbs RC, Boxer MC. Abnormal biomechanics of feet and their cause of hyperkeratoses. *J Am Acad Dermatol* 1982;6(6):1061-9.
12. Lavery LA, Armstrong DG, Boulton AJ; Diabetex Research Group. Ankle equinus deformity and its relationship to high plantar pressure in a large population with diabetes mellitus. *J Am Podiatr Med Assoc* 2002;92(9):479-82.
13. Maestro M, Besse JL, Ragusa M, Berthonnaud E. Forefoot morphotype study and planning method for forefoot osteotomy. *Foot Ankle Clin* 2003;8(4):695-710.
14. Bus SA, van Deursen RW, Armstrong DG, Lewis J, Caravaggi CF, Cavanagh PR; International Working Group on the Diabetic Foot (IWGDF). Footwear and offloading interventions to prevent and heal foot ulcers and reduce plantar pressure in patients with diabetes: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev* 2015. [Epub ahead of print] [CrossRef](#)
15. Rizzo L, Tedeschi A, Fallani E, Coppelli A, Vallini V, Iacopi E, Piaggese A. Custom-made orthosis and shoes in a structured follow-up program reduces the incidence of neuropathic ulcers in high-risk diabetic foot patients. *Int J Low Extrem Wounds* 2012;11(1):59-64. [CrossRef](#)
16. Baumhauer JF, Wervev R, McWilliams J, Harris GF, Shereff MJ. A comparison study of plantar foot pressure in a standardized shoe, total contact cast, and prefabricated pneumatic walking brace. *Foot Ankle Int* 1997;18(1):26-33.
17. DiLiberto FE, Baumhauer JF, Wilding GE, Nawoczenski DA. Alterations in plantar pressure with different walking boot designs. *Foot Ankle Int* 2007;28(1):55-60.
18. Morgan JM, Biehl WC 3rd, Wagner FW Jr. Management of neuropathic arthropathy with the Charcot Restraint Orthotic Walker. *Clin Orthop Relat Res* 1993; (296):58-63.
19. Coleman WC, Brand PW, Birke JA. The total contact cast. A therapy for plantar ulceration on insensitive feet. *J Am Podiatry Assoc* 1984;74(11):548-52.
20. Shaw JE, Hsi WL, Ulbrecht JS, Norkitis A, Becker MB, Cavanagh PR. The mechanism of plantar unloading in total contact casts: implications for design and clinical use. *Foot Ankle Int* 1997;18(12):809-17.
21. Dhalla R, Johnson JE, Engsborg J. Can the use of a terminal device augment plantar pressure reduction with a total contact cast? *Foot Ankle Int* 2003;24(6):500-5.
22. Goldsmith JR, Lidtke RH, Shott S. The effects of range-of-motion therapy on the plantar pressures of patients with diabetes mellitus. *J Am Podiatr Med Assoc* 2002;92(9):483-90.
23. Vandeputte G, Dereymaeker G, Steenwerckx A, Peeraer L. The Weil osteotomy of the lesser metatarsals: a clinical and pedobarographic follow-up study. *Foot Ankle Int* 2000;21(5):370-4.
24. Wagner FW Jr. The dysvascular foot: a system for diagnosis and treatment. *Foot Ankle* 1981;2(2):64-122.
25. Spencer S. Pressure relieving interventions for preventing and treating diabetic foot ulcers. *Cochrane Database Syst Rev* 2000;(3): CD002302.