



# Diyabetik Ayakta Olun loading Yöntemleri ve Etkileri

Doç. Dr. Tezel Yıldırım Şahan  
SBÜ Gülhane FTR Fakültesi

03.04.2026

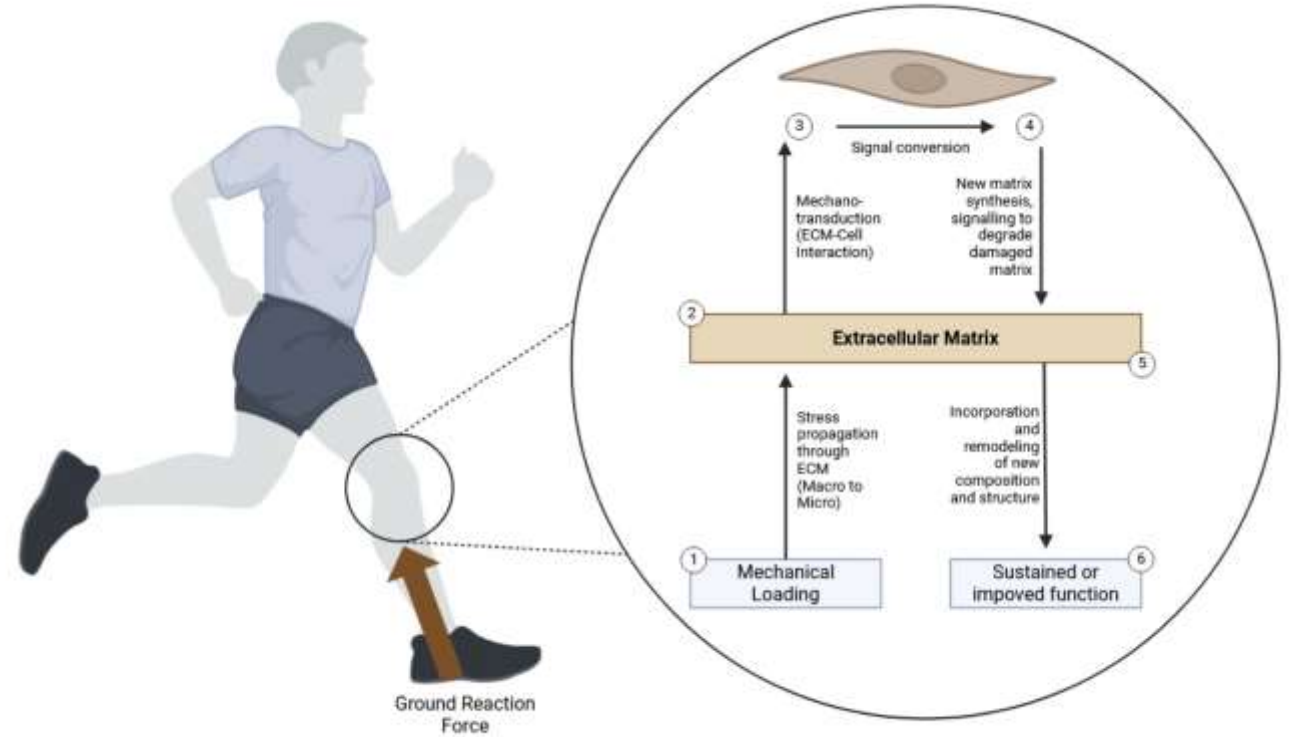


# Sunum içeriđi

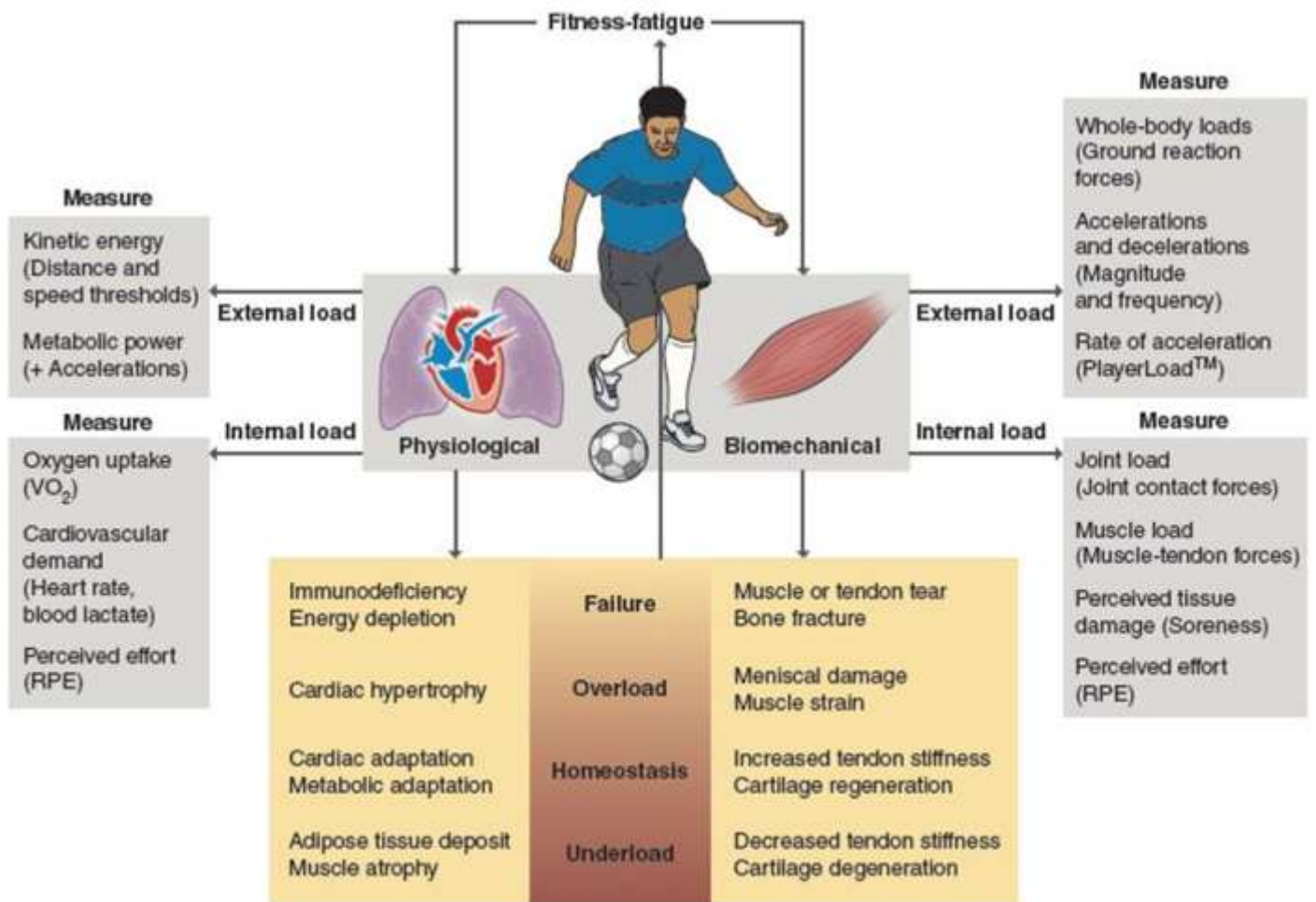
- Offloading nedir?
- Neden önemlidir?
- Offloading Biyomekanik Etkisi
- Offloading Yöntemleri ve Kanıt Düzeyleri
- Offloading Yöntemlerinin Klinik Etkileri
- Komplikasyonlar ve Kontrendikasyonlar
- Güncel literatür ve gelecek vizyonu

# Offloading nedir?

- Ülserli bölge üzerindeki mekanik stresin, plantar basıncın ve kesme kuvvetlerinin (shear force) azaltılması veya ortadan kaldırılması işlemidir.



# Loading Kötü mü?



**FIGURE 2.5** Monitoring physiological and biomechanical load.

Reprinted by permission from J. Vanrenterghem et al. (2017, pg. 2135-2142).

# Offloading neden önemlidir?

"Yükten arındırma yoksa, iyileşme de yoktur."

Diyabetik ayak ülserlerinin (DAÜ) %90'ı aşırı basınç kaynaklıdır.

# Offloading Biyomekanik Etkileri

**Basınç Dağılımı:** Toplam temas alanını (TTA) artırarak birim alana düşen basıncı azaltmak.

**Sürtünmenin Azaltılması:** Cilt ile ayakkabı/cihaz arasındaki kayma kuvvetlerini engellemek.

**Yürüyüş Modifikasyonu:** "Rocker bottom" (yuvarlanan taban) mekanizması ile ön ayağa binen yükü azaltmak.



# Offloading- Biyomekanik Nedenleri

- Dinamik Basınç: Yürüme sırasında metatars başları ve topukta oluşan dikey kuvvetler.
- Shear Force (Makaslama Kuvveti): Dokuların yatayda kaymasına sebep olan ve derin doku hasarını tetikleyen kuvvetler.

Bus, S. A. (2016).

The role of pressure offloading on diabetic ulcer healing and prevention of recurrence. *Plastic and reconstructive surgery*, 138(3S),

Offloading  
Subjektif  
Deęerlendiril  
ir mi?

İnspeksiyon-kallus  
lokalizasyonu, deformiteler



# Offloading Subjektif Değerlendirilir mi?

- İnspeksiyon-kallus lokalizasyonu, deformiteler

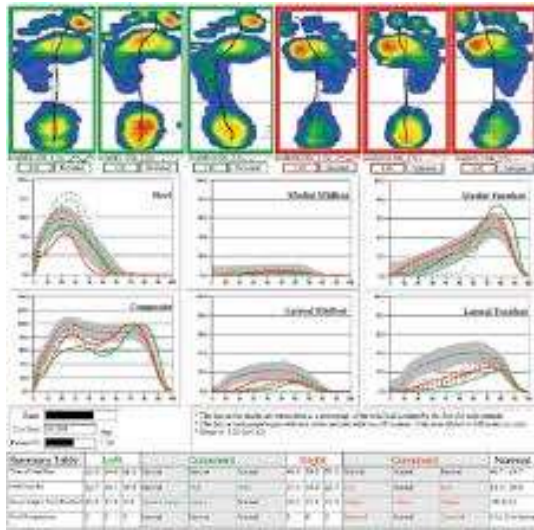


# Offloading Objektif Olarak Değerlendirilir mi?

Pedobarografi



# Pedobarografi ne verir?



# Offloading Yöntemleri

Altın

Standart:  
Total  
Contact Cast  
(TCC - Total  
Temaslı  
Alçı)

Çıkarılabilili  
r Yükten  
Arındırma  
Cihazları

İyileşme  
Ortezleri

Cerrahi  
Yöntemler

# Çıkarılabilir-Çıkarılmaz Uygulamalar

- Çıkarılabilir Yürüme Ortezleri: Alçı benzeri koruma sağlar ancak hasta tarafından çıkarılabilir.
  - Çıkarılmaz: Çıkarılabilir ortezin etrafına bir kat alçı veya plastik kelepçe sarılarak "çıkarılmaz" hale getirilmesi.
  - İyileşme Ortezleri: Özellikle ön ayak veya topuk bölgesini boşta bırakan (half-shoe) tasarımlar.
-

# Diyabetik- Terapatik Ayakkabılar nasıl olmalı?

- **Taban Sertliği:** Ön ayak basıncını azaltmak için sert veya yarı-sert (rocker-bottom) taban yapısı.
- **Kişiyeye Özel Tabanlık:** Basıncı homojen dağıtan ark destekli iç tabanlar.
- **İç Hacim:** Ayağın ödemli veya deforme hallerine uyum sağlayan ekstra derinlik.
- **Nefes Alabilir Kumaşlar:** Sürtünmeyi azaltan ve nemi (terlemeyi) hızla dışarı atan ileri teknoloji tekstil yüzeylerinin kullanımı.
- **Anti-bakteriyel Kaplamalar:** Enfeksiyon riskini minimize etmek için ayakkabı astarına entegre edilen gümüş iyonlu veya biyopolimer bazlı malzemeler.



Luo, B., Cai, Y., Chen, D., Wang, C., Huang, H., Chen, L., ... & Effects of special therapeutic footwear on the prevention of diabetic foot ulcers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Diabetes Research*, 2022(1), 9742665.

# Neden standart ayakkabılar yetersiz kalıyor?

- Katılımcıların ayakları "Non-weight-bearing" (yük yok), "Semi-weight-bearing" (vücut ağırlığının %50'si) ve "Full-weight-bearing" (tam yük) durumlarında 3D tarayıcılar ile taranmıştır.
- Ayak uzunluğu, genişliği, topuk genişliği ve özellikle ark yüksekliği ölçülmüştür.

Zhang, L., Yick, K. L., Li, P. L., Yip, J., & Ng, S. P. (2022).

Foot deformation analysis with different load-bearing conditions

to enhance diabetic footwear designs. *Bios one*, 17(3)

# Diyabetik Ayakta Biyomekanik Olarak Görülen Değişiklikleri

- Yük arttıkça ayağın sadece boyu uzamakla kalmaz, plantar yüzeyde doku yayılması nedeniyle **hacimsel bir genişleme** gerçekleşir.
- Ark Çökmesi: Diyabetik grupta, sağlıklı bireylere oranla yük altında **ark yüksekliğinin daha belirgin şekilde düştüğü** saptanmıştır. Bu durum, ayakkabı içindeki basınç noktalarının sürekli yer değiştirmesine neden olur.
- Kritik Bölge: Metatars başları bölgesindeki genişlemenin, **ayakkabının burun kısmı genişliği ile uyumsuz** olduğu durumlarda ülser riskinin önemli ş

Zhang, L., Yick, K. L., Li, P. L., Yip, J., & Ng, S. P. (2022).

Foot deformation analysis with different load-bearing conditions

to enhance diabetic footwear designs. *Bios one*, 17(3)

# Diyabetik Ayakkabıda Olması Gereken Özellikler

## Dinamik Uyum:

Ayakkabının üst malzemesi (saya), yük altındaki genişlemeye izin verecek kadar esnek ancak stabiliteyi bozmayacak kadar destekleyici olmalıdır.

## Hacimsel Boşluk:

Ayakkabının iç hacmi sadece uzunluğa göre değil, ayağın yük altındaki hacim artışını tolere edecek şekilde hesaplanmalıdır.

Kişiselleştirilmiş Ark Desteği: Ayak deforme olurken arkı destekleyen ancak sert olmayan, basıncı absorbe eden "dual-density" (çift yoğunluklu) tabanlık kullanımı kritiktir.

Kılavuz, enfeksiyonu olmayan ve kanlanma sorunu bulunmayan (non-iskemik) plantar ön ayak ve orta ayak ülserleri için şunu önerir:

Birinci Seçenek: Diz altı, çıkarılamayan yükten arındırma cihazları (Alçı veya kelepçeli ortez).

İkinci Seçenek (Kontrendikasyon varsa): Diz altı, çıkarılabilir yükten kurtarma cihazları . Ancak burada hastanın uyumu hayati önem taşır.

Üçüncü Seçenek: Eğer yukarıdakiler uygulanamıyorsa veya hasta tolere edemiyorsa; ayak bileği seviyesinde çıkarılabilir cihazlar veya modifiye ayakkabılar düşünülmelidir.

Bus, S. A., Armstrong, D. G., Crews, R. T., Gooday, C., Jarl, G., Kirketerp-Molle. Guidelines on offloading foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2023 update) *Diabetes/metabolism research and reviews*, 40(3), e3647.

# İskemi veya Enfeksiyon Varlığında

- Hafif Enfeksiyon/İskemi: Dikkatli bir izleme hala çıkarılamayan cihazlar kullanılabilir.  
Alçı-kelepçeli orteز
- Şiddetli Enfeksiyon/İskemi: Sık pansuman ve vasküler kontrol gerekeceği için çıkarılabilir cihazlar tercih edilmelidir. -Çıkarılabilir orteز

# Özet Karar Ağacı

Klinik Durum	Önerilen Yöntem	Kanıt Gücü
Plantar Ön Ayak (Sorunsuz)	Çıkarılmayan Dize kadar çıkan ortezler	Güçlü
Uyumsuz/Cihazı Tolere Etmeyen	Çıkarılabilir Dize kadar çıkan ortezler	Orta
Cihaz Reddi/Lojistik Sorun	At nalı şeklinde tabanlık veya ortezler + Diyabetik Ayakkabı	Zayıf
İyileşmiş Yara (Koruma)	Kişiye özel üretilen diyabetik ayakkabı	Güçlü

Bus, S. A., Armstrong, D. G., Crews, R. T., Gooday, C., Jarl, G., Kirketerp-Moller  
Guidelines on offloading foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2023 update)  
*Diabetes/metabolism research and reviews*, 40(3), e3647.

# Arka ayak- kalkaneal ülserler

- Topuk ülserleri, ön ayak ülserlerine göre daha zor yönetilir.
- IWGDF 2023, topuk üzerindeki basıncı tamamen ortadan kaldırmak için:
- Diz altı cihazların topuk kısmının modifiye edilmesini veya yükü baldır bölgesine aktaran özel ortezlerin kullanılmasını önerir.



# Cerrahiler

- **Aşil Tendon Uzatma**: Plantar basıncı kalıcı olarak azaltmak için.
- **Metatarsal Baş Rezeksiyonu**: Kronikleşmiş ön ayak ülserlerinde.
- **Osteotomi**: Kemik deformitelerine bağlı basınç noktalarını gidermek için.

- Eğer hasta cihaz uyumu göstermiyorsa veya biyomekanik deformite (charcot, çekiç parmak vb.) çok şiddetliyse cerrahi müdahale bir "offloading yöntem

Bus, S. A. (2016).

The role of pressure offloading on diabetic foot ulcer healing and prevention of recurrence.

*Plastic and reconstructive surgery* 138(3S)

# Geçici ve Yardımcı Yöntemler

- Keçe-Köpük (Felt-and-foam) Uygulamaları: Ülser çevresine uygulanan "at nalı" şeklinde kesilmiş pedler.
- Terapötik Terlikler ve Modifiye Ayakkabılar: İyileşme sonrası nüksü önlemek için kullanılır.
- Yardımcı Cihazlar: Koltuk değneği, yürüteç veya tekerlekli sandalye ile tam yük vermeme sağlama.

# Offloading Yöntemlerinin Klinik Etkileri

Yöntem	İyileşme Oranı (%)	Ortalama İyileşme Süresi
Total Contact Cast	%85 - %90	5-7 Hafta
Çıkarılabilir Botlar	%50 - %65	8-10 Hafta
Standart Ayakkabı	%25 - %35	>12 Hafta

# Komplikasyonlar ve Kontrendikasyonlar

- **Enfeksiyon:** Derin doku enfeksiyonu veya apse varsa kapalı alçı (TCC) uygulanmamalıdır.
- **İskemi:** İleri derece periferik arter hastalığı olanlarda kompresyon risklidir.
- **Denge Problemleri:** Yaşlı hastalarda bilateral cihaz kullanımı düşme riskini artırabilir.

Güncel  
literatür  
ne diyor?

---



- 1605 hastayı kapsayan 19 girişimsel çalışma (13'ü RKÇ) analiz edilmiştir.
- Altın Standart: Total Temaslı Alçı çıkarılabilir botlara, ayakkabılara ve konvansiyonel tedaviye göre anlamlı derecede daha yüksek yara iyileşme oranları sağlamıştır.
- Çıkarılamazlık Etkisi: Çıkarılamaz (irremovable) hale getirilmiş botlar ile TCC arasında iyileşme oranları açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır (her ikisi de oldukça etkilidir).
- Ayakkabılar: Terapötik ayakkabı ve tabanlıkların, normal ayakkabılara kıyasla ülser nüksünü (tekrarlamasını) azalttığı kanıtlanmıştır.
- Cerrahi Ayakkabılar: "Half-shoe" (yarım ayakkabı) kullanımı, standart yara bakımına göre daha iyi sonuçlar vermiştir.
- Sonuç: Düşük-orta kanıt kalitesine rağmen, DAÜ tedavisinde TCC ve çıkarılamaz botların kullanımı en etkili yöntemlerdir.

• Elraiyah, T., Prutsky, G., Domecq, J. P., Tsapas, A., Nabhan, M., Frykberg, R. G., ... & Murad, M. H. (2016). A systematic review and meta-analysis of off-loading methods for diabetic foot ulcers. *Journal of vascular*

- 194 çalışmayı ve 35 meta-analizi kapsayacak şekilde incelemişler.
- Çıkarılamaz diz altı (knee-high) cihazların, çıkarılabilir cihazlara göre yara iyileşme oranını **%24 artırdığı** (RR 1.24) saptanmıştır.
- TCC / Çıkarılamaz Cast Walker > Çıkarılabilir Walker > Half-shoe > Therapeutic Ayakkabı.
- Çıkarılamaz cihazların başarısı, hastanın cihazı istese de çıkaramamasına ("forced compliance") bağlanmıştır.
- **Cerrahi Destek:** Offloading cihazlarına ek olarak yapılan Aşil tendonu uzatma veya fleksör tenotomi işlemlerinin, sadece cihaz kullanımına göre iyileşme oranlarını ve süresini iyileştirdiği

Lazzarini, P. A., Armstrong, D. G., Crews, R. T., Gooday, C., Jarl, G., Kirketerp-M

Effectiveness of offloading interventions for people with diabetes-related foot ulc

a systematic review and meta-analysis.

*Diabetes/metabolism research and reviews*, 40(3), e3650.

yara iyileşme oranını ve süresini iyileştirdiği.

- Klinikteki sağlık profesyonelleri ile ayakkabı üreticileri arasındaki iletişim kopukluğunu ve Avrupa genelindeki tasarım önceliklerini incelemek için tasarlanmış
- Kişiselleştirilmiş Üretim: Standart "ekstra derinlikli" ayakkabılar yerine, hastanın 3D tarama verilerine dayalı kişiye özel üretim
- Malzeme İnovasyonu: Hafif ancak aşınmaya dirençli, ayağın ısı dengesini koruyan akıllı malzemelerin kullanımı artıyor.
- Dijital İř Akışı: Geleneksel ölçü alma yöntemlerinin yerini hızla dijital tarama ve 3D bastırma yöntemleri alıyor.

Sarıak, H., Shakir, K., Rogati, G., Leardini, A., Berti, L., & Caravaggi, P. (2026). Current strategies and priorities for diabetic footwear design and production: a cross-European exploratory survey of clinicians and shoemakers. *Acta Diabetologica*, 1-9.

# Tespit Edilen Sorunlar

- Maliyet ve Erişim: Kişiyeye özel ayakkabıların yüksek maliyeti ve sigorta sistemlerindeki ödeme zorlukları.
- Eğitim Eksikliği: Ayakkabı tasarımcılarının biyomekanik prensipleri, klinisyenlerin ise üretim kısıtlılıklarını yeterince bilmemesi.
- Estetik Bariyeri: Hastaların "ortopedik görünümlü" ayakkabıları giymeyi reddetmesi.

ne Sarlak, H., Shakir, K., Rogati, G., Leardini, A., Berti, L., & Caravaggi, P. (2026). Current strategies and priorities for diabetic footwear design and production: a cross-European exploratory survey of clinicians and shoemakers. *Acta Diabetologica*, 1-9.

# Yara İyileşti Offloading Bitti Mi?

- Yara kapandıktan sonra hastanın tekrar ülserleşmesini önlemek için:
- Günlük aktivite sırasında terapötik ayakkabılar ve kişiye özel tabanlıkların kullanımı zorunludur.
- Ayakkabıların içindeki plantar basıncın %30 oranında azaltıldığıının objektif olarak doğrulanması tavsiye edilir.

Bus, S. A. (2016). The role of pressure offloading on diabetic foot ulcer healing and prevention of recurrence. *Plastic and reconstructive surgery*, 138(3S), 179S-187S.

# Öneriler

- Hastanın vasküler durumu ve enfeksiyon varlığı önce değerlendirilmelidir.
- Mümkünse her zaman alçı veya çıkarılmayan orteز tercih edilmelidir.
- Hasta eğitimi ve uyumu, offloading başarısının temel taşıdır.
- **Ev İçi Offloading:** Hastaların gün içindeki adımlarının büyük kısmını evde attığını, ancak evde genellikle çıplak ayak veya korumasız terlikle gezdiklerini, nökslerin çoğunun bu yüzden yaşandığını vurgular.

# Gelecekte neler olacak?-

## Endüstri 4.0 ve Diyabetik Ayak

- **Reaktiften Proaktif Geçiş:** Yaranın oluşmasını beklemek yerine, sensör verileriyle yara oluşmadan müdahale etmek. **Giyilebilir Basınç Sensörleri:** İnce film sensörlerin (piezoelektrik veya kapasitif) tabanlıklara entegre edilmesiyle, hastanın gün içindeki basınç verilerinin akıllı telefonlara iletilmesi.
- **Gerçek Zamanlı Geri Bildirim (Biofeedback):** Basınç riskli seviyeye ulaştığında hastayı uyarın sistemler. Bu, özellikle duyu kaybı olan (nöropatik) hastalar için "yapay bir koruyucu duyu" işlevi görür.
- **Akıllı Tekstiller:** Sadece tabanın değil, ayakkabının üst kısmının (saya) da gelişmiş materyallerden üretilmesinin önemi.
- **Veri Odaklı Alışkanlıkların İzlenmesi:** CHIRILĂ, A., AVĂDANEI, M. L., Mihai, A., Costea, M., Iovan-Dragomir, A. Advances in diabetic footwear and plantar pressure distribution device literature review on design, efficacy, and patient outcomes. *Industry*

# Tezel Hoca ne yapmış?



- 1001-2025 kabul
  - Hiperbarik Oksijen Terapisi Alan Diyabetik Ayak Tanılı Bireylerde Diyabetik İyileşme Ortezi Ve Egzersiz Programının Etkinliğinin İncelenmesi

Yıldırım Şahan T, Akyüz S, Bozkurt B, et al.

Effects of Wound Localisation on Balance, Performance, Muscle Strength, and Gait Speed in Individuals with Diabetic Foot Ulcer: A Cross-Sectional Study.

*The International Journal of Lower Extremity Wounds*. 2025;0(0). doi:[10.1177/15347346251315867](https://doi.org/10.1177/15347346251315867)



# Teşekkürler...

[tezelyildirim.sahan@sbu.edu.tr](mailto:tezelyildirim.sahan@sbu.edu.tr)

[fzttezel@gmail.com](mailto:fzttezel@gmail.com)

*Offloading sadece bir cihaz değil,*

*teşekkürlerin kapısından nüksün önlenmesine katkı*

*uzanan dinamik bir biyomekanik yönetim süreci*