

Derleme

Mersin Univ Sağlık Bilim Derg 2023;16(1):157-164

doi: 10.26559/mersinsbd.1178300

Diyabetik ayak ülseri riskinin değerlendirilmesinde kullanılan teknolojiler

 Merve Günbaş¹,  Dilek Büyükkaya Besen²,  Merve Dervişoğlu¹

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hemşirelik AD, İzmir, Türkiye

²Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi İç Hastalıkları Hemşireliği AD, İzmir, Türkiye

Öz

Diyabetik ayak ülserleri diyabetin en ciddi komplikasyonlarından biridir. Diyabetik ayak ülseri gelişen kişilerin yaklaşık yarısında ilk bir yıl içinde tekrar ülser geliştiği bildirilmiştir. Diyabetik ayak ülserlerini önlemek, erken fark etmek ve iyileşme sürecini hızlandırmak için çeşitli sağlık teknolojileri geliştirilmiştir. Bu derlemede geliştirilmiş teknolojik sistemlerin diyabetik ayak ülserleri üzerine etkisi anlatılmıştır. Monofilamentler ile yapılan nöropati testleri ile erken dönemde duyu kaybı tespit edilebilmektedir. Geliştirilen Lazer Doppler Flowmetre sistemiyle erken dönemde periferik arter hastalığı belirlenebilmektedir. Ayak sıcaklığında meydana gelen artışları algılayan sensör aracılığıyla meydana gelebilecek enfeksiyonlar erken dönemde fark edilebilmektedir. Plantar tabanlıklar ayaktaki ani basınç değişimlerini algılayarak eşleştirilen akıllı cihazlara uyarı gönderimi sağlamaktadır. Tele-sağlık uygulamalarıyla uzaktan glukoz takibi, ayak bakımı eğitimi, ayak kontrollerinin yapılması sağlamakta ve hastalar yakın takip edilmektedir. Tele-sağlık uygulamaları hastalar açısından uygun maliyetli ve konforlu bir yöntem olduğu bildirilmiştir. Bu geliştirilen teknolojiler sağlık bakım profesyonellerinin bakım ve tedavi sürecine büyük destek sağlayacaktır. Ayrıca geliştirilen bu sistemler ile hastaların erken tanı alması sağlanarak prognozun kötüleşmesinin önüne geçilmiş olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Diyabetik ayak ülseri, diyabet, giyilebilir teknolojiler, diyabet teknolojileri

Yazının geliş tarihi: 21.09.2022

Yazının kabul tarihi: 22.12.2022

Sorumlu yazar: Merve DERVİŞOĞLU Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hemşirelik Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye, Tel: 0535 6585352, e-posta: merve.dervisoglu95@gmail.com

Technologies used in evaluation of diabetic foot ulcer risk

Abstract

Diabetic foot ulcers are one of the most serious complications of diabetes. It has been reported that about half of people who develop diabetic foot ulcers develop ulcers again within the first year. Various health technologies have been developed to prevent diabetic foot ulcers, to detect them early and to speed up the healing process. In this review, the effect of developed technological systems on diabetic foot ulcers is explained. Early sensory loss can be detected by neuropathy tests with monofilaments. Peripheral arterial disease can be determined in the early period with the developed Laser Doppler Flowmeter system. Infections that may occur through the sensor that detects increases in foot temperature can be noticed at an early stage. Plantar insoles detect sudden pressure changes in the foot and send alerts to paired smart devices. With tele-health applications, remote glucose monitoring, foot care training, foot controls can be provided and patients can be followed closely. Tele-health applications have been reported to be a cost-effective and comfortable method for patients. These developed technologies will provide great support to the care and treatment process of health care professionals. In addition, with these developed systems, early diagnosis of patients will be ensured and worsening of the prognosis will be prevented.

Keywords: Diabetic foot ulcer, diabetes, wearable technologies, diabetes technologies

Giriş

Diyabet, akut ve kronik komplikasyonlarla seyreden, ilerleyici kronik bir hastalıktır. 2019 yılından itibaren dünya genelinde 463 milyon insanın diyabetli olduğu tahmin edilmektedir.¹ Diyabetik ayak ülserleri, diyabet tanılı hastalarda karşılaşılan en önemli komplikasyonlardan biridir ve insidansı %34'ü bulabilmektedir. Diyabetik ayak ülseri olan bir hastanın beş yılda morbidite riski 2.5 kat daha fazla olmaktadır.² Uluslararası Diyabet Federasyonu Diyabet Atlasına göre, 2019'da diyabetin küresel prevalansı %9.3 (463 milyon) olarak bulunmuş ve bu sayının 2030'da %10.2'ye (578 milyon) ve 2045'te %10.9'a (700 milyon) çıkması beklenmektedir.³ Diyabetik ayak ülserlerinin maliyeti de çok yüksektir. ABD'de diyabetik ayak bakımına yılda 9 milyar dolar harcandığı bildirilmiş; bu miktarın meme ve kolorektal kanserlerin maliyetinden daha fazla olduğu bulunmuştur.⁴ Diyabetik ayak bakımına yapılan sağlık harcamaları, diyabet bakımına yapılan toplam harcamanın üçte birini oluşturmaktadır.^{5,6}

Diyabet hastalığı olan bireylerin hastaneye yatışlarının en sık nedenleri arasında diyabetik ayak ülseri bulunmaktadır. Ülserler iyileşmediğinde amputasyona kadar giden ciddi sonuçlar oluşabilmektedir. Diyabetik ayak ülserine bağlı amputasyonlar, nontravmatik alt ekstremitte amputasyonlarının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Düzelmeyen diyabetik ayak yaraları yılda 100.000'den fazla amputasyonun nedenidir.⁷ Diyabetik ayak ülserlerinin %40'dan fazlası doğru bakımla amputasyon noktasına ulaşmadan tedavi edilebilmektedir.⁸ Diyabetik ayak ülserlerinin gelişiminde etkili olan risk faktörleri Tablo 1.'de özetlenmiştir.⁸

Tablo 1. Diyabetik ayak ülseri risk faktörleri

-
- ❖ Diyabetik Nöropatiler, ayak deformitesi, kallus oluşumu
 - ❖ Periferik arter hastalığına bağlı doku perfüzyonunun bozulması
 - ❖ Tekrarlayan travmalar
 - ❖ Kullanıma uygun olmayan ayakkabılar
-

Diyabetik ayak ülseri risk faktörleri

Nöropati

Diyabet hastalarının %13-68'inde meydana gelmektedir.⁹ Hastalarda ağrı duyusu kaybı, sıcaklık duyusunda azalma ve basınç dengesi kaybı nedeniyle minör ve majör yaralanma riski artmaktadır.¹⁰ Bu yaralanmalar ülser gelişimini hızlandırmaktadır. Ayakta oluşan mikrovasküler termoregülasyon ve anhidroz (cildin terleme bozukluğu) sonucu ciltte çatlaklar meydana gelir. Bu durum mikroorganizma girişini ve selülit oluşturma riskini artırır.⁷ Ayakta meydana gelen morfolojik değişiklikler eklem hareketliliğini azaltır ve plantar basıncı artırır.¹¹

Periferik arter hastalığı

Periferik arter hastalığı diyabet tanılı bireylerin yaklaşık %50'sinde görülmektedir. Kronik hiperglisemi varlığı vasküler komplikasyonlara neden olmaktadır. Kronik hipergliseminin neden olduğu endotelial inflamasyon çeşitli doku ve organlarda mikrovasküler ve makrovasküler komplikasyonları başlatmaktadır.¹² Bu mikrovasküler ve makrovasküler komplikasyonlar diyabetik ayak ülseri riskini arttırmaktadır.¹³

Enfeksiyon

Hasarlı doku, yetersiz perfüzyona sahip cilt ve yumuşak dokuların varlığında fasya dokusunun derinlerine daha hızlı penetre olan bakteriler ayakta enfeksiyona ve sepsise neden olabilir. Vakaların %30-40'ında antibiyotiklere dirençli bakteriler; özellikle metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) etkeni yaygındır.⁷

Diyabetik ayak ülseri riskinin değerlendirilmesinde kullanılan teknolojiler

Diyabetli bireylerin diyabetik ayak ülseri riskini belirlemek için yıllık ayak muayenelerini yaptırmaları gerekmektedir. Bir veya daha fazla diyabetik ayak ülseri riski altında olanlar profesyonel bir diyabetik ayak bakımı eğitimi almalıdırlar.¹⁴ Kapsamlı bir fizik muayene periferik sinir ve damar muayenelerinin yanında yumuşak dokunun

biyomekanik muayenesini de içermelidir. Fizik muayenede ayağın genel görünümü, periferik duyu ve kan akımı değerlendirmesi yapılır. Cilt rengi, sıcaklık, topukta nasırlar, halluks valgus ve çekiç parmakta kemik çıkıntı noktaları dikkatle incelenmelidir.¹⁵

Nöropati testleri

Nöropati tarama yöntemleri bir diyapazon (akort çatalı) veya bir monofilamentle yapılan duysal testleri içerir.^{16,17} 5.07 Semmes-Weinstein monofilament, cilde dik açıyla 10 g kuvvet filaman bükülüne kadar uygulanmaktadır. Deri üzerindeki 10 g basınç, koruyucu duyu kaybı eşiği ve diyabetik ayak ülseri riski ile ilişkilidir. Nöropati testleri için diğer yöntem diyapazondur. 128 hz titreşimli diyapazon testi birinci metatars başı ve lateral malleolün titreşim duyusunu teşhis etmek için kullanılan kolay ve ucuz bir yöntemdir.¹⁸

Vasküler ve sıcaklık değerlendirmeleri

Kan basıncı ve kan akışının fizyolojik parametreleri, arteriyel hastalıkların yeri ve şiddetini belirlemek için ilk olarak noninvaziv yöntemler tercih edilir. Doppler ultrasonografi ve Lazer Doppler Flowmetre (LDF) diyabet hastalığı olan bireylerde PAH (Periferik Arter Hastalığı)'ı değerlendirmek için kullanılan en yaygın iki yöntemdir.¹⁹ Doppler ultrasonografi ultrason dalgasının karşılaştığı hareketli bir nesnenin hızıyla orantılı olarak frekans kayması oluşturur. Kan basıncı ölçümü ve ayak bileği-kol-ayak parmağı indeksini içerir. Ayak bileği-kol indeksi PAH değerlendirmek için sık kullanılan yöntemdir.²⁰ LDF prensibi iki lazer ışığının kesiştiği noktadaki partikül hızı ölçülmektedir. Dalga boyundaki değişimlerin büyüklüğü kan hücrelerinin sayısı ve dağılımlarıyla ilişkilidir. LDF ayak derisinin mikrodolaşımdaki erken dönemde fonksiyonel anormallikleri gösterir. Diyabetli bireylerde altta yatan mikrodolaşım bozukluklarını tespit etmek için kullanılır. Yapılan çalışmalarda mikrovasküler disfonksiyonların makrovasküler disfonksiyonlardan önce ortaya çıkabileceği bildirilmiştir.^{21,22} Son çalışmalarda fokal plantar cilt sıcaklığı artışının erken dönemde belirlenmesi, diyabetik ayak ülserlerinin erken tespiti için önemlidir.^{22,23}

Tele-sağlık ve tele-tıp uygulamaları

Tele-sağlık ve tele-tıp uygulamaları, diyabet hastalarının ayak sağlığı durumlarını izleme, özellikle risk değerlendirmesi, tanı, tedavi ve eğitim amacıyla verilen bakımın etkinliğini belirleme, hastanın kendi kendine bakım yapmasını sağlaması açısından diyabet yönetiminde kullanılan etkili bir yöntemdir.²⁴ Tele-tıp uygulamaları diyabet hastalarının izlem ve tedavisinde en ekonomik ve hasta dostu yöntemlerden biri olduğu bildirilmiştir.^{25,26} Son yıllarda gelişen teknoloji sayesinde hastaların bilgi iletişim araçlarına ulaşmaları daha da kolaylaşmıştır. Sosyal medya kullanımı, telefonlar, bilgisayarlar çoğu kronik hastalıkta olduğu gibi ayak bakımı uygulamalarının geliştirilmesi ve öz bakım aktiviteleri için önemli bir nokta oluşturmuştur.³ Çeşitli uygulamalar geliştirilmiştir. Bunlar; dermal termografi, ayak görüntüleme araçları ve cep telefonu/video veya çevrimiçi destek uygulamalarıdır. Tele-tıp uygulamasında sesli, görüntülü, çevrimiçi iletişim yöntemlerinin ülser yönetiminde poliklinik takibi kadar fayda sağladığı bildirilmiştir.²⁷ Tele-sağlık uygulamaları diyabetik ayak ülserlerini uzaktan izlemek için kullanılsa da bağımsız bir tanı aracı olarak kullanılmamalıdır.²⁸ Diyabetik ayak yaralarını tedavi etmek yerine önleme amacıyla kullanımı daha etkin olmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile tele-sağlık uygulamalarının önemi daha çok anlaşılmış ve bu alanda daha çok çalışma yapılmıştır.^{18,29}

Ayak sıcaklığının izlenmesi

Diyabetik ayak ülserleri genellikle diyabetik nöropati gibi duyu kaybı olan bireylerde tekrarlayan yaralara bağlı gelişmektedir. Diyabetik nöropatili hastalarda fiziksel aktivite sonrasında ayak sıcaklığında artış görülür.³⁰ Günlük ayak sıcaklığını izlemenin amacı diyabetik ayak ülserinde enfeksiyon ve akut charcot nöroartropati gibi inflamatuvar atakların erken dönemde fark edilmesini sağlamaktır. Tekrarlayan travmalar da ayağın o bölgesinde yüksek sıcaklıkla tespit edilir. Diyabetik ayak ülserleri gelişiminin erken tespit edilmesi komplikasyonun ciddileşme

riskini azaltıp, hastalığın maliyetini de düşürmektedir.³¹

Uzaktan ayak sıcaklığının izlenmesi amacıyla Podimetric SmartMat geliştirilmiştir. SmartMat ayak sıcaklığının izlenmesinde günümüzde kullanılan en gelişmiş üründür. Her gün ayak sıcaklığını izlemektedir. Makine öğrenimi sayesinde özelleştirilmiş termogramlar kullanılarak ayakta meydana gelen ani ısı artışlarını fark eder ve uzmana iletilmesini sağlar. Ürünün üzerine 20 saniye basılarak her iki ayağında otomatik olarak termogramı alınır. Termogram 15°C ile 40°C aralığındaki değişimleri doğru şekilde kaydeder ve sağlık profesyoneline gönderir.³²

Plantar basıncın izlenmesi

Diyabetik periferik nöropati (DPN) intrinsik kasların kaybına ve ayak tabanında şekil bozukluğuna neden olmaktadır. Bu bozukluk ayakta dururken veya yürürken basınç noktalarında değişikliğe ve basınç artışına neden olur. Yapılan bir metaanalizde diyabetik periferik nöropatisi ve diyabetik ayak ülseri olan hastaların plantar basınçlarının olmayanlara göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir.³³ Uluslararası diyabetik ayak çalışma grubunun (IWGDF) kılavuzunda plantar basıncı azaltmak için düzenli olarak kullanılan ortopedik ayakkabıların ya da özel tabanlıkların yara oluşma riskini azalttığı bildirilmiştir.²³ Plantar basınçları ölçmek için özel olarak geliştirilmiş Pedar® (Novel, Münih, Almanya) ve F-Scan™ (Tekscan Inc, Boston, MA, ABD) sistemler mevcuttur. Ayakkabıların içine yerleştirilebilen sistem tekrarlı basınçları ölçebilmektedir. Bu sistemler günlük aktivite sırasında plantar basınç ölçümü yapmaktadır. Ancak bu sistemlerin ev ortamında kullanımı zordur. Bir araştırmacı tarafından ya da klinik ortamda kullanılması dezavantaj oluşturmuştur.^{34,35} SurroSense Rx sisteminde geliştirilen akıllı tabanlıklar plantar basınçları izler ve kullanıcılara akıllı saatlerle eşleştirilerek direkt olarak uyarı göndermektedir. Periferik nöropati veya sinir hasarı olan hafif-orta derece duyu kaybı gelişen diyabetik hastalar için geliştirilmiştir. Sekiz basınç sensörü içeren bir tabanlıktan oluşmaktadır.

Üçü metatars başlarının altında, ikisi lateral plantar yüzeyin altında, biri topuk altına, biri halluks altına ve biri de ayak parmaklarının altında bulunmaktadır. 15 dakika boyunca devam eden 35-50 mmHg'den fazla basınç oluştuğunda uyarı verir ve basınç noktalarının haritası çıkarılmaktadır. Buna göre basınç azaltma girişimleri yapılmaktadır.³⁶

Uzaktan tıbbi yönetimin izlenmesi

Diyabetik ayak ülserlerinin oluşmasındaki en büyük etkenlerden biri de glukoz izleminin düzenli yapılmaması ve glisemik değerlerin normal sınırlar içerisinde bulunmamasıdır. Glisemik kontrol makrovasküler ve mikrovasküler komplikasyonları önlemek için önemlidir.² Glukozun sürekli izlenmesi için giyilebilir ya da implante edilebilir teknolojiler mevcuttur. Bu sensörler her beş dakikada bir kan şekerini ölçmektedir. Tip 1 diyabetli bireyler için bu sensörlere ek olarak otomatik insülin iletimi sağlayan kapalı döngü sistemleri de dahil edilmiştir. Bu sistemler diyabetin etkin yönetimini sağlamasına rağmen maliyeti yüksek cihazlar olduğu için hastaların kullanmasını zorlaştırmaktadır.³⁷ Ancak hastaların glisemik değerlerinin hedef aralıkta sürdürülmesini sağlamak ülser gelişme riskini azalttığı için uzaktan takip oldukça önemlidir.

Diyabetik ayak ülseri riskinin değerlendirilmesinde kullanılan teknolojiler ve hemşirelerin sorumlulukları

Diyabetik ayak ülserlerine bağlı amputasyonların azaltılmasında multidisipliner ekip ile yürütülen girişimlerin yarar sağladığı belirtilmektedir.² Ülser gelişimini önlemeye yönelik multidisipliner ekip içerisinde hemşirelerin önemli rol ve sorumlulukları bulunmaktadır.³⁸ Giderek artan diyabet prevalansı ve komplikasyonları da göz önünde bulundurulduğunda diyabet alanında uzman hemşirelere olan ihtiyacın artacağı öngörülmektedir. Diyabet alanındaki uzman hemşirelerin ayak ülseri ve alt ekstremitte amputasyonlarının önlenmesinde, yüksek riskli kişilerin

taranmasında ve ihtiyacı olan kişilere bakım hizmeti sunulmasında etkin rolü bulunmaktadır. Ayak ülseri riski taşıyan hastaların taranması, bu hastaların nöropati açısından değerlendirilmesi aynı zamanda monofilament ile diyabetik ayak muayenesi gerçekleştirilmesi ve bu girişimlerde ekip üyeleriyle iş birliği içinde görev alması gerekmektedir. Ülser riskini değerlendiren teknolojik ürünler hakkında sürekli takip yaparak uygun ürünlerin kullanılmasını sağlamalıdır. Koruyucu hemşirelik müdahaleleri kadar ülser gelişen hastalar için de bakım ve tedavinin tüm aşamalarında yer almalıdır. Yara pansumanı, uygun pansuman seçimi, yaranın takibi, hastaların ve ailelerinin uygun bakım konusunda eğitilmesi ve düzenli takip yaptırılmasına yönelik teşvik sağlamalıdır. Ayrıca bakım sürecine yönelik geliştirilen tüm teknolojik ürünleri takip ederek iyileşme sürecine katkı sağlayacak ürünler hakkında bilgi ve farkındalığını arttırmalıdır. Bu ürünleri bakım sürecine entegre etmelidir. Diyabetik ayak ülseri nedeniyle amputasyon gelişen hastaların ise hareket etmesine yardımcı olmalıdır. Özellikle amputasyon gelişmiş hastalar için yardımcı cihazları kullanmaya teşvik etmeli ve öğretmelidir.³⁸⁻⁴⁰ Geliştirilen bu teknolojiler sayesinde kötü prognozun önüne geçilebilecektir. Bu noktada diyabet hemşireleri güncel gelişmeleri takip etmeli, hastaların mevcut şartlarına uygun ürünleri kullanmalarını sağlamalı, hastalara bu sistemlerle ilgili gerekli danışmanlık vermelidir.

Diyabet tanılı hastalarda ayakta küçük bir yaranın iyileşmemesi ülser gelişimine neden olmakta ve iyileşme süreci uzun sürmekte, bazı durumlarda hastane yatışları gerektirmektedir. Vasküler ve plantar yumuşak dokuların değerlendirilmesi diyabetik ayak ülserlerinin önüne geçilebilecek önemli izlemlerdendir. Ülser gelişiminde risk faktörleri uygun ekipman ve uygun ortamlarda belirlenip ülser oluşumunun önlenmesi sağlanmalıdır. Bu noktada, gelişen teknoloji ve güncel gelişmeler doğrultusunda risk faktörlerinin tespiti için uzaktan izlenebilen giyilebilir sağlık teknolojileri, cihazlar, tele-sağlık uygulamaları yenilikçi bir yaklaşım sağlayacaktır.

Yazar Katkısı: Konsept: DBB; MG. Dizayn: DBB, MG, MD. Denetim: DBB. Kaynaklar: DBB, MG. Malzemeler: MG. Veri toplama ve/veya işleme: DBB, MG, MD. Literatür taraması: DBB, MG. Yazıyı yazma: DBB, MG, MD. Eleştirel inceleme: DBB. Diğer: DBB.

Mali destek: Derlemenin finansal giderleri araştırmacılar tarafından karşılanmıştır.

Çıkar çatışması: Araştırmacılar arasında çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

1. Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract.* 2019;157:107843. doi:10.1016/j.diabres.2019.107843
2. Ulusal Diyabet Konsensus Grubu. Diyabet Tanı ve Tedavi Rehberi 2019. İstanbul: Armoni Nüans Baskı Sanatları AŞ. [https://www.turkdiab.org/admin/PICS/files/Diyabet Tanı ve Tedavi Rehberi 2019.pdf](https://www.turkdiab.org/admin/PICS/files/Diyabet_Tani_ve_Tedavi_Rehberi_2019.pdf). 01.09.2022 tarihinde erişilmiştir.
3. Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract.* 2019;157:107843. doi:10.1016/j.diabres.2019.107843
4. Raghav A, Khan ZA, Labala RK, Ahmad J, Noor S, Mishra BK. Financial burden of diabetic foot ulcers to world: a progressive topic to discuss always. *Ther Adv Endocrinol Metab.* 2018;9(1):29-31. doi:10.1177/2042018817744513
5. Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence. *N Engl J Med.* 2017;376(24):2367-2375. doi:10.1056/NEJMra1615439
6. Driver VR, Fabbi M, Lavery LA, Gibbons G. The costs of diabetic foot: the economic case for the limb salvage team [published correction appears in *J Vasc Surg.* 2010 Dec;52(6):1751]. *J Vasc Surg.* 2010;52(3 Suppl):17S-22S. doi:10.1016/j.jvs.2010.06.003
7. Bandyk DF. The diabetic foot: Pathophysiology, evaluation, and treatment. *Semin Vasc Surg.* 2018;31(2-4):43-48. doi:10.1053/j.semvascsurg.2019.02.001
8. Lavery LA, Armstrong DG, Vela SA, Quebedeaux TL, Fleischli JG. Practical criteria for screening patients at high risk for diabetic foot ulceration. *Arch Intern Med.* 1998;158(2):157-162. doi:10.1001/archinte.158.2.157
9. Van Dieren S, Beulens JW, van der Schouw YT, Grobbee DE, Neal B. The global burden of diabetes and its complications: an emerging pandemic. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2010;17 Suppl 1:S3-S8. doi:10.1097/01.hjr.0000368191.86614.5a
10. Apelqvist J. Diagnostics and treatment of the diabetic foot. *Endocrine.* 2012;41(3):384-397. doi:10.1007/s12020-012-9619-x
11. Bernstein RK. Physical signs of the intrinsic minus foot. *Diabetes Care.* 2003;26(6):1945-1946. doi:10.2337/diacare.26.6.1945
12. McDermott MM, Liu K, Ferrucci L, et al. Circulating blood markers and functional impairment in peripheral arterial disease. *J Am Geriatr Soc.* 2008;56(8):1504-1510. doi:10.1111/j.1532-5415.2008.01797.x
13. Jan YK, Shen S, Foreman RD, Ennis WJ. Skin blood flow response to locally applied mechanical and thermal stresses in the diabetic foot. *Microvasc Res.* 2013;89:40-46. doi:10.1016/j.mvr.2013.05.004
14. Boulton AJ, Armstrong DG, Albert SF, et al. Comprehensive foot examination and risk assessment: a report of the task force of the foot care interest group of the American Diabetes Association, with endorsement by the American Association of Clinical Endocrinologists. *Diabetes Care.*

- 2008;31(8):1679-1685.
doi:10.2337/dc08-9021
15. Armstrong DG, Lavery LA. Diabetic foot ulcers: prevention, diagnosis and classification. *Am Fam Physician*. 1998;57(6):1325-1338.
 16. Armstrong DG. The 10-g monofilament: the diagnostic divining rod for the diabetic foot?. *Diabetes Care*. 2000;23(7):887.
doi:10.2337/diacare.23.7.887
 17. Cao P, Eckstein HH, De Rango P, et al. Chapter II: Diagnostic methods. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2011;42 Suppl 2:S13-S32.
doi:10.1016/S1078-5884(11)60010-5
 18. Wu SC, Driver VR, Wrobel JS, Armstrong DG. Foot ulcers in the diabetic patient, prevention and treatment. *Vasc Health Risk Manag*. 2007;3(1):65-76.
 19. Lung CW, Wu FL, Liao F, Pu F, Fan Y, Jan YK. Emerging technologies for the prevention and management of diabetic foot ulcers. *J Tissue Viability*. 2020;29(2):61-68.
doi:10.1016/j.jtv.2020.03.003
 20. American Diabetes Association. Peripheral arterial disease in people with diabetes. *Diabetes Care*. 2003;26(12):3333-3341.
doi:10.2337/diacare.26.12.3333.
 21. Jan YK, Liao F, Cheing GLY, Pu F, Ren W, Choi HMC. Differences in skin blood flow oscillations between the plantar and dorsal foot in people with diabetes mellitus and peripheral neuropathy. *Microvasc Res*. 2019;122:45-51. doi:10.1016/j.mvr.2018.11.002
 22. Liao F, Burns S, Jan YK. Skin blood flow dynamics and its role in pressure ulcers. *J Tissue Viability*. 2013;22(2):25-36.
doi:10.1016/j.jtv.2013.03.001
 23. Bus SA. Innovations in plantar pressure and foot temperature measurements in diabetes. *Diabetes Metab Res Rev*. 2016;32 Suppl 1:221-226.
doi:10.1002/dmrr.2760
 24. Jennett PA, Affleck Hall L, Hailey D, et al. The socio-economic impact of telehealth: a systematic review. *J Telemed Telecare*. 2003;9(6):311-320.
doi:10.1258/135763303771005207
 25. Esmatjes E, Jansà M, Roca D, et al. The efficiency of telemedicine to optimize metabolic control in patients with type 1 diabetes mellitus: Telemed study. *Diabetes Technol Ther*. 2014;16(7):435-441.
doi:10.1089/dia.2013.0313
 26. González-Molero I, Domínguez-López M, Guerrero M, et al. Use of telemedicine in subjects with type 1 diabetes equipped with an insulin pump and real-time continuous glucose monitoring. *J Telemed Telecare*. 2012;18(6):328-332.
doi:10.1258/jtt.2012.120103
 27. Smith-Strøm H, Iglund J, Østbye T, et al. The Effect of Telemedicine Follow-up Care on Diabetes-Related Foot Ulcers: A Cluster-Randomized Controlled Noninferiority Trial. *Diabetes Care*. 2018;41(1):96-103. doi:10.2337/dc17-1025
 28. Van Netten JJ, Clark D, Lazzarini PA, Janda M, Reed LF. The validity and reliability of remote diabetic foot ulcer assessment using mobile phone images. *Sci Rep*. 2017;7(1):9480. Published 2017 Aug 25.
doi:10.1038/s41598-017-09828-4
 29. Rogers LC, Lavery LA, Joseph WS, Armstrong DG. All Feet On Deck-The Role of Podiatry During the COVID-19 Pandemic: *Preventing hospitalizations in an overburdened healthcare system, reducing amputation and death in people with diabetes* [published online ahead of print, 2020 Mar 25]. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2020;10.7547/20-051.
doi:10.7547/20-051
 30. Yavuz M, Brem RW, Glaros AG, et al. Association Between Plantar Temperatures and Triaxial Stresses in Individuals With Diabetes. *Diabetes Care*. 2015;38(11):e178-e179.
doi:10.2337/dc15-1147.
 31. Rothenberg GM, Page J, Stuck R, Spencer C, Kaplan L, Gordon I. Remote Temperature Monitoring of the Diabetic Foot: From Research to Practice. *Fed Pract*. 2020;37(3):114-124.

32. Frykberg RG, Gordon IL, Reyzelman AM, et al. Feasibility and Efficacy of a Smart Mat Technology to Predict Development of Diabetic Plantar Ulcers. *Diabetes Care*. 2017;40(7):973-980. doi:10.2337/dc16-2294
33. Reyzelman AM, Koelewyn K, Murphy M, et al. Continuous Temperature-Monitoring Socks for Home Use in Patients With Diabetes: Observational Study. *J Med Internet Res*. 2018;20(12):e12460. Published 2018 Dec 17. doi:10.2196/12460
34. Lazzarini PA, Crews RT, van Netten JJ, et al. Measuring Plantar Tissue Stress in People With Diabetic Peripheral Neuropathy: A Critical Concept in Diabetic Foot Management. *J Diabetes Sci Technol*. 2019;13(5):869-880. doi:10.1177/1932296819849092
35. Van Netten JJ, Woodburn J, Bus SA. The future for diabetic foot ulcer prevention: A paradigm shift from stratified healthcare towards personalized medicine. *Diabetes Metab Res Rev*. 2020;36 Suppl 1:e3234. doi:10.1002/dmrr.3234
36. Ferber R, Webber T, Everett B, Groenland M. Validation of plantar pressure measurements for a novel in-shoe plantar sensory replacement unit. *J Diabetes Sci Technol*. 2013;7(5):1167-1175. Published 2013 Sep 1. doi:10.1177/193229681300700535
37. Hasan R, Firwana B, Elraiyah T, et al. A systematic review and meta-analysis of glycemic control for the prevention of diabetic foot syndrome. *J Vasc Surg*. 2016;63(2 Suppl):22S-28S.e2. doi:10.1016/j.jvs.2015.10.005
38. Alshammari M, Windle R, Bowskill D, Adams, G. The role of nurses in diabetes care: a qualitative study. *Open Journal of Nursing*. 2021;11(8):682-695.
39. Nikitara M, Constantinou CS, Andreou E, Diomidous M. The role of nurses and the facilitators and barriers in diabetes care: a mixed methods systematic literature review. *Behavioral sciences*. 2019; 9(6):61. doi: 10.4236/ojn.2021.118058
40. Aalaa M, Malazy OT, Sanjari M, Peimani M, Mohajeri-Tehrani M. Nurses' role in diabetic foot prevention and care; a review. *J Diabetes Metab Disord*. 2012;11(1):24. Published 2012 Nov 21. doi:10.1186/2251-6581-11-24