

Orthopedische schoenen tegen voetulcera bij diabetes

Sicco A. Bus

Bij mensen met diabetes mellitus zijn voetulcera een ernstig probleem, omdat ze de kans op een voetinfectie en amputatie verhogen en de kwaliteit van leven verlagen.

Na genezing van een voetulcus is het risico op een recidief groot.

Orthopedische schoenen of steunzolen worden bij hoogrisicopatiënten vaak voorgeschreven en hebben onder andere als doel de mechanische druk onder de voet te verlagen.

Orthopedisch schoeisel dat aangepast is om de druk te verlagen is niet veel effectiever dan niet-aangepast orthopedisch schoeisel in de preventie van recidiverende voetulcera, tenzij de schoen wordt gedragen zoals is aanbevolen; in dat geval vermindert de kans op een recidief met 46%.

Patiënten met een eerder doorgemaakt voetulcus blijken hun orthopedische schoenen binnenshuis weinig te dragen, terwijl zij binnenshuis meer lopen dan buitenshuis.

Voetdrukmetingen zouden een standaard onderdeel moeten zijn van het voorschrijven en evalueren van orthopedische schoenen of steunzolen voor diabetespatiënten met een hoog risico op voetulcera.

Elke 30 seconden verliest iemand in de wereld een been als gevolg van diabetes mellitus.¹ Deze amputaties vormen een grote bedreiging voor de patiënt en een grote belasting voor de gezondheidszorg. Het begin van het probleem is meestal een voetulcus. Het ulcus geneest slecht of er treedt een infectie op, waarvan amputatie soms het onvermijdelijke gevolg is.² Preventie van voetulcera is dus belangrijk.

Om voetulcera bij diabetespatiënten te voorkomen zijn volgens de richtlijnen frequente voetscreening, voetzorg, patiënteducatie en adequate schoenen nodig.³ Ondanks deze maatregelen blijken veel patiënten na genezing opnieuw een ulcus te krijgen, vaak op dezelfde locatie.⁴ Dit artikel richt zich op het aandeel van de schoenen. De hoge recidiefkans op een ulcus roept de vraag op hoe effectief de schoenen zijn die diabetespatiënten dragen en of de effectiviteit verhoogd kan worden. Recent onderzoek in het Academisch Medisch Centrum (AMC) in Amsterdam geeft antwoord op deze vragen. Dit artikel bespreekt dat onderzoek in samenhang met de wetenschappelijke literatuur op dit gebied.

PATIËNTEN EN METHODE

Dit artikel richt zich op de diabetespatiënt met een hoog risico op een voetulcus. Deze patiënt heeft een sensibiliteitsstoornis als gevolg van perifere neuropathie, die bepaald kan worden met eenvoudige hulpmiddelen.⁵⁻⁷

Academisch Medisch Centrum, afd. Revalidatiegeneeskunde, Amsterdam.

Dr. S.A. Bus, bewegingswetenschapper (s.a.bus@amc.uva.nl).

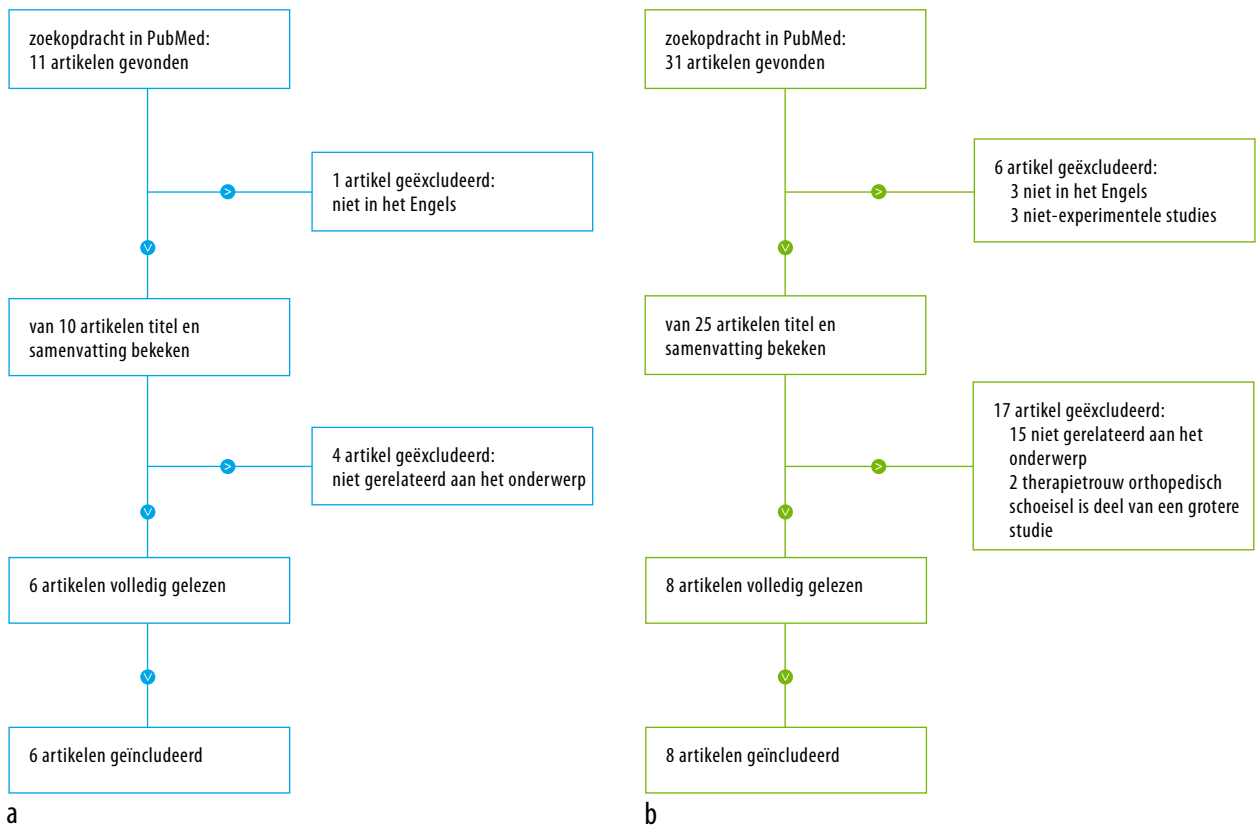
TABEL Classificatie voor het bepalen van het risico op voetulcera bij patiënten met diabetes mellitus,⁹ in Nederland bekend als de Simm-classificatie

(Simm-)klasse	definitie
0	sensibiliteit intact
1	sensibiliteitsverlies of tekenen van perifeer vaatlijden
2	sensibiliteitsverlies en ofwel perifeer vaatlijden, ofwel tekenen van lokaal verhoogde druk
3	voetulcus of amputatie in de voorgeschiedenis

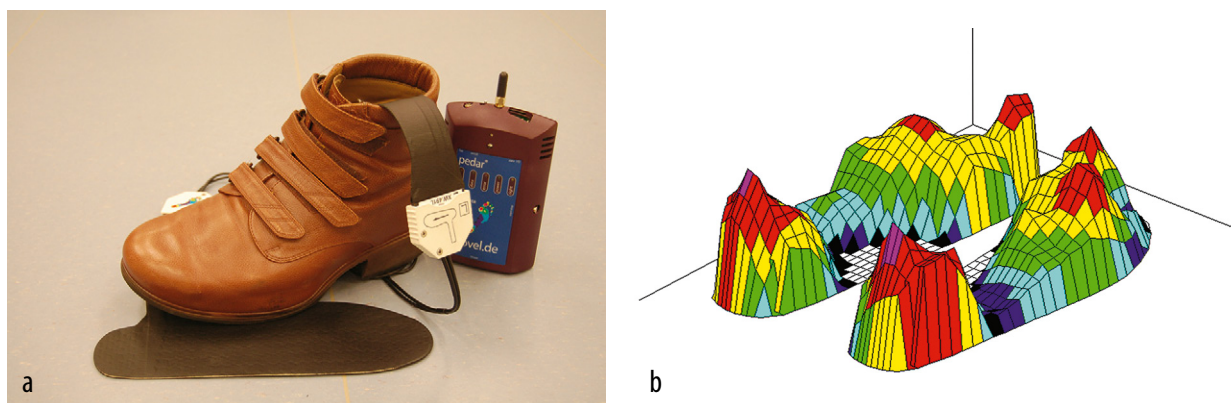
Ook heeft deze patiënt een gedeformeerde voet ((Simm-)klasse 2; tabel), of een ulcus in de voorgeschiedenis ((Simm-)klasse 3). Deze hoogrisicopatiënt krijgt vaak orthopedische schoenen of steunzolen voorgeschreven, die onder andere tot doel hebben de hoge mechanische druk onder de voet tijdens het lopen te verlagen. Omdat

de druk mede veroorzaker is van het ulcus, zouden de voorgeschreven schoenen of zolen de kans op een ulcus moeten verkleinen. De meeste studies naar de preventie van ulcera richten zich op recidieven, omdat een ulcus in de voorgeschiedenis de belangrijkste risicofactor is voor een nieuw voetulcus. Er zijn mij geen studies bekend naar de rol van orthopedische schoenen bij de preventie van het eerste voetulcus.⁸

Om de effectiviteit van orthopedische schoenen te onderzoeken zijn in PubMed 2 zoekopdrachten uitgevoerd op 3 april 2014. Met de eerste zocht ik naar Engelstalige RCT's naar het effect van orthopedisch schoenen op het voorkómen van voetulcera bij diabetespatiënten. De zoekopdracht was: 'Diabetes AND (Footwear OR Shoes*[MeSH]) AND Ulcer Prevention AND Randomized Controlled Trial[Publication Type]'. Dit leverde 6 RCT's op voor analyse (figuur 1a).¹⁰⁻¹⁵ Met de tweede zoekopdracht werden Engelstalige artikelen gezocht over studies naar het gebruik van orthopedische schoenen of steunzolen door diabetespatiënten. De zoekopdracht



FIGUUR 1 Stroomdiagram van geïnccludeerde en geëxcludeerde artikelen bij de 2 zoekopdrachten in de literatuur. (a) Zoekstrategie bij het vinden van RCT's naar de effectiviteit orthopedisch schoeisel in de preventie van voetulcera bij diabetespatiënten. (b) Zoekstrategie bij het vinden van experimentele studies naar therapietrouw voor orthopedisch schoeisel door diabetespatiënten.



FIGUUR 2 Voetdrukmeting in de orthopedische schoen. (a) Meetapparatuur bij de orthopedische schoen en (b) weergave van de drukverdeling onder de voet in de orthopedische schoen, waarbij de warme kleuren in de hiel en de voorvoet een hogere voetdruk weergeven dan de koude kleuren.

was: ‘Diabetes AND (Footwear OR Shoes*[MeSH]) AND (Adherence OR Patient Compliance[MeSH] OR Patient Satisfaction[MeSH]) NOT “Review”[pt]’. Dit leverde 8 studies op voor analyse (figuur 1b).¹⁶⁻²³

EFFECT VAN ORTHOPEDISCHE SCHOENEN

Van de 6 geselecteerde RCT's uit de eerste zoekopdracht hebben mijn collega's en ik er 3 eerder besproken, in een systematische analyse van de literatuur in 2008. Uit die analyse bleek dat er geen eenduidig bewijs is voor de effectiviteit van orthopedische schoenen of steunzolen ter voorkoming van recidiverende voetulcera bij diabetespatiënten.⁸ Wisselende uitkomsten, zowel positief als negatief, liggen hieraan ten grondslag. De methodologische kwaliteit van deze studies is echter als relatief laag beoordeeld.^{8,24}

Italiaanse onderzoekers vergeleken in 2012 bij 298 diabetespatiënten het effect van orthopedische schoenen die volgens een bepaalde systematiek werden voorgeschreven, met zorg waarbij geen orthopedische schoenen werden voorgeschreven.¹⁴ De cumulatieve incidentie van voetulcera na 1, 3 en 5 jaar was in de orthopedische-schoengroep met respectievelijk 12, 18 en 24% veel lager dan in de controlegroep (respectievelijk 39, 61 en 72%). Deze studie blijkt echter geen gerandomiseerde trial te zijn, maar een vergelijking met een historisch patiëntencohort. Daarmee is niet bewezen dat het effect uitsluitend toe te schrijven is aan de orthopedische schoenen.

In 2012 bestudeerden Amerikaanse onderzoekers het effect op preventie van voetulcera van steunzolen die specifiek ontwikkeld waren om schuifkrachten te reduceren door materialen met een lage frictiecoëfficiënt te

gebruiken. Bij 299 hoogrisicopatiënten toonden zij aan dat de controlegroep met traditioneel vervaardigde steunzolen een 3,5 maal hogere kans heeft op een ulcus dan de interventiegroep.¹⁵

Drukverlaging door orthopedische schoenen: de DIAFOS-trial

Het nadeel van de hiervoor beschreven studies is dat zij geen bewijs leveren dat de orthopedische schoenen of steunzolen de druk onder de voet daadwerkelijk verlagen ten opzichte van de meestal niet-orthopedische controleschoenen. Daarnaast rapporteerde slechts 1 studie hoeveel de schoenen gedragen werden.¹⁰ Een goede drukverdeling en therapietrouw lijken belangrijke factoren voor de effectiviteit. Om deze te onderzoeken zetten mijn collega's en ik vanuit het AMC de ‘Diabetic foot orthopedic shoe’(DIAFOS)-trial op.¹³ In deze multicentrische trial in 10 Nederlandse ziekenhuizen werden 171 diabetespatiënten met perifere neuropathie en een recent doorgemaakt ulcus op de voetzoolzijde gerandomiseerd tussen (a) een interventiegroep, die orthopedische schoenen kreeg waarvan de drukverlagende eigenschappen werden geoptimaliseerd door de schoen aan te passen op geleide van drukmetingen (figuur 2); of (b) een controlegroep, die de gebruikelijke zorg kreeg voor hoogrisicopatiënten met een voetulcus in de voorgeschiedenis, bestaande uit orthopedische schoenen die niet werden aangepast op geleide van drukmetingen.

In de aangepaste schoenen waren de piekdrukken onder de voet ongeveer 20% lager dan in de niet-aangepaste schoenen. Na een follow-upduur van 18 maanden was er slechts een klein, niet-significant effect van de interventie op het percentage patiënten dat opnieuw een ulcus had: 38 versus 44% in de controlegroep. Uit een secundaire analyse van de 79 patiënten die therapietrouw

waren bleek echter dat de kans op een ulcusrecidief met de aangepaste schoenen significant lager (46%) was dan met de niet-aangepaste schoenen. Wij beschouwden patiënten als therapietrouw als zij > 80% van de dagelijkse stappen zetten in orthopedische schoenen. Het aanmeten van een adequate, drukverdelende orthopedische schoen heeft op zichzelf dus slechts een beperkt preventief effect, maar is in combinatie met het consequent dragen ervan van belangrijke klinische waarde.

THERAPIETROUW

Orthopedische schoenen worden weinig gedragen door diabetespatiënten; de therapietrouw is laag. Uit 4 studies blijkt dat slechts 22-57% van de patiënten hun orthopedische schoenen altijd,^{18,20} of ten minste > 80% van de tijd draagt.^{17,21} In een andere studie droeg 60% van de patiënten bij voetcontrole hun orthopedische schoenen.²² Een Amerikaanse onderzoeksgroep liet zien dat patiënten met een ulcus in de voorgeschiedenis die werden gerekruteerd voor een trial < 10% van de tijd aangepaste schoenen droegen,²³ terwijl dezelfde onderzoeksgroep in een andere studie een therapietrouw van 88% vaststelde.¹⁹ De oorzaak van dit grote verschil is niet duidelijk.

De belangrijkste beperking van de hierboven beschreven studies is dat onderzoekers het schoengebruik bepaalden aan de hand van interviews met de patiënt, vragenlijsten of zelfrapportage. Deze methoden zijn subjectief en gevoelig voor fouten. Daarnaast maken deze studies en methoden niet het belangrijke onderscheid tussen actief zijn, als schoenen gedragen moeten worden, en inactief zijn. Verder zijn deze studies enigszins gedateerd en niet Nederlands, waardoor de resultaten mogelijk niet representatief zijn voor de huidige Nederlandse situatie. Recent zijn objectieve methoden ontwikkeld, waarbij schoengebruik gemeten wordt over meerdere dagen via een temperatuursensor in de schoen. Dit wordt afgezet tegen het aantal stappen dat de patiënt dagelijks zet, gemeten met een stappenteller.²⁵

Via deze meetmethode toonden Nederlandse onderzoekers aan dat diabetespatiënten met een ulcus in de voorgeschiedenis bij gemiddeld 71% van de stappen die ze zetten hun orthopedische schoenen dragen.¹⁶ De overige stappen worden in confectieschoenen of blootsvoets gezet. Via een logboek registreerden patiënten de tijdsmomenten dat ze buitenshuis waren. De therapietrouw bleek binnenshuis veel lager te zijn dan buitenshuis: 61 versus 87%. En dat terwijl dezelfde studie liet zien dat patiënten binnen veel meer stappen zetten dan buiten, omdat ze meer tijd binnen dan buiten doorbrengen. Veel stappen worden dus onbeschermd gezet. Gezien het hoge risico op voetulcera bij deze groep patiënten is therapieontrouw in het dragen van orthopedische schoenen daarmee een relevant probleem.

AANGRIJPINGSPUNTEN VOOR VERBETERING

VERBETERING VAN ORTHOPEDISCHE SCHOENEN

Orthopedische schoenen of steunzolen kunnen op geleide van voetdrukmetingen in de schoen aangepast en verbeterd worden. Uit onderzoek blijkt dat via deze methode een drukverlaging onder de voet van minimaal 17 tot maximaal 52% haalbaar is; er was een significante drukverlaging bij alle patiënten.²⁶ Dat betekent 100% succes en toont gelijk aan dat orthopedische schoenen de druk nog onvoldoende verlagen op het moment dat ze worden afgeleverd. De DIAFOS-trial bevestigde deze uitkomsten en liet ook zien dat drukverlaging in stand gehouden kan worden door tijdens 3-maandelijke controles drukmetingen te doen en de schoenen aan te passen als dat nodig is.^{13,27} Een andere manier om betere orthopedische steunzolen te krijgen is door deze te ontwerpen op basis van kwantitatieve blootsvoetse drukmetingen van het lopen en een driedimensionale voetscan. Deze aanpak geeft een drukverlaging van 30% ten opzichte van traditioneel vervaardigde steunzolen.²⁸ Concluderend leidt het gebruik van drukmetingen tot betere orthopedische schoenen en steunzolen.

VERHOOGING VAN DE THERAPIETROUW VAN PATIËNTEN

Het verhogen van de therapietrouw wordt steeds belangrijker in de preventieve diabetische voetzorg. De therapietrouw is laag, zelfs in de hoogste risicogroep, en speelt een rol in het ontstaan van voetcomplicaties. Er is echter geen bewijs voor interventies die de therapietrouw in het dragen van orthopedische schoenen verhogen. Op basis van eigen onderzoek deden wij de aanbeveling om speciale drukverlagende schoenen te vervaardigen voor gebruik binnenshuis.¹⁶ Deze schoenen worden gemaakt op de leest van de orthopedische schoenen en bevatten dus een drukverlagende steunzool en onderwerk, maar hebben makkelijker te verwerken materialen in het bovenwerk. Ze zijn hierdoor makkelijker aan en uit te doen, lichter in gewicht en hebben een hielcontrefort, en vormen daarmee voor binnenshuis een gebruiksvriendelijke en relatief goedkope variant van de orthopedische schoen. Enkele zorgverzekeraars vergoeden zo'n tweede schoen voor binnenshuis.

Een andere optie is gerichte educatie aan de patiënt over het nut en het belang van het dragen van orthopedische schoenen. Uit onze eigen analyses blijkt dat de meerwaarde die de patiënt ziet in de orthopedische schoen een belangrijke voorspellende factor is voor een goed gebruik van de schoen.²⁹ Patiëntinformatie en -educatie moeten zich dus hierop richten. Hoe dat het beste kan, is niet duidelijk. Het effect van specifieke, evidencebased technieken zoals motiverende gespreksvoering wordt momenteel op kleine schaal onderzocht.

CONSEQUENTIES VOOR DE KLINISCHE PRAKTIJK

De resultaten uit het recente onderzoek geven ondersteuning voor het gebruik van voetdrukmetingen bij het voorschrijven, produceren en evalueren van orthopedische schoenen of steunzolen voor diabetespatiënten met een hoog risico op voetulcera. Dit kan door verwijzing van patiënten naar een gespecialiseerd schoenbedrijf of ziekenhuis waar deze metingen gedaan worden. Zoals bloedrukmetingen het effect van antihypertensiva meten en het beloop in de tijd monitoren, zo zouden voetdrukmetingen het effect van orthopedische schoenen moeten meten en monitoren. Drukmetingen vereisen een investering in apparatuur en tijd van personeel, maar zijn naar verwachting kosteneffectief als zij de kans op voetulcera en dure behandeling voor deze ulcera verlagen. De vraag of de schoen de druk adequaat verdeelt wordt dan beantwoord door de drukmeting en niet door het oordeel van de arts of schoentechnicus of door af te wachten of er wel of niet een voetulcus ontstaat.

Hoewel sterk bewijs niet voorhanden is, lijkt het zinvol om meer nadruk te leggen op de communicatie met de patiënt over de meerwaarde van de orthopedische schoen en om patiënteducatie een vast onderdeel te maken van het spreekuur, met als doel het schoengebruik te verhogen. Er zijn speciale educatietechnieken voorhanden om de behandelaar hierin te ondersteunen. Ook een schoentechnische oplossing, namelijk het voorschrijven van drukverlagende schoenen speciaal voor binnenshuis, kan de therapietrouw misschien verbeteren.

CONSEQUENTIES VOOR ONDERZOEK

Toekomstige RCT's moeten bevestigen of orthopedische schoenen die worden aangepast op geleide van drukmetingen inderdaad een significant lager risico geven op ulcusrecidieven bij therapietrouwe patiënten, zoals uit de secundaire uitkomsten van de DIAFOS-trial blijkt. In die toekomstige RCT's moet het gaan om de effecten van interventies die een optimale drukverdeling en hoge therapietrouw waarborgen.

De DIAFOS-trial richtte zich vooral op patiënten met een gedeformeerde voet met een hoog ulcusrisico. Vanwege dat hoge risico krijgen zij meestal volledig op maat gemaakte orthopedische schoenen voorgeschreven. Voor patiënten met minder gedeformeerde voeten bestaat de oplossing vaak uit orthopedische steunzolen, die zij in verbrede en verdiepte confectieschoenen dragen. Het effect van deze semi-orthopedische schoen is in meerdere van de besproken RCT's onderzocht, maar de drukverlagende werking van deze steunzolen is nog niet aangetoond. Drukverlaging – en daarmee drukmeting – is ook bij deze steunzolen belangrijk, omdat patiënten die ze dragen eveneens een verhoogd risico hebben op

- Elke 30 seconden verliest iemand in de wereld zijn of haar been als gevolg van diabetes mellitus.
- Amputaties worden bijna altijd voorafgegaan door een voetulcus. Preventie van voetulcera is daarom van groot belang, vooral bij patiënten met een voetulcus in de voorgeschiedenis.
- Orthopedische schoenen of steunzolen zijn de behandeling van eerste keuze in de preventie van voetulcera bij hoogrisicopatiënten.
- Diabetespatiënten met een hoog risico op voetulcera dragen hun orthopedische schoenen binnenshuis weinig, terwijl ze binnenshuis meer lopen dan buitenshuis.
- Op geleide van voetdrukmetingen in de schoen kan orthopedisch schoeisel aangepast worden om de drukverdeling effectief te verbeteren.
- Verbetering van de drukverdeling in orthopedische schoenen is niet veel effectiever in het voorkomen van recidiverende voetulcera ten opzichte van orthopedische schoenen waarin de drukverdeling niet verbeterd is, tenzij de schoenen worden gedragen zoals aanbevolen. In dat geval halveert de kans op een voetulcus.

voetulcera. Het preventieve effect van deze semi-orthopedische schoenen dient daarom verder onderzocht te worden.

Verder zou onderzoek effectieve interventies moeten opleveren die de therapietrouw in het dragen van orthopedische schoenen verhogen. Dit kunnen zowel educatieve als schoentechnische oplossingen zijn. Het objectief meten van de therapietrouw is nu mogelijk en zou bij voorkeur in elke toekomstige studie naar het effect van orthopedische schoenen op ulcuspreventie geïmplementeerd moeten worden.

CONCLUSIE

De orthopedische schoentechniek is traditioneel een ambacht dat sterk gestoeld is op de ervaring en technische vaardigheden van de voorschrijver en schoentechnicus. Wetenschappelijk onderzoek van goede kwaliteit kan het vakgebied verdere onderbouwing geven. In dit artikel zijn recente studies besproken die meer bewijs leveren voor de effectiviteit van orthopedische schoenen in het voorkómen van voetcomplicaties bij diabetes. Ook geven zij bewijs voor verdere toepassing van objectieve meetmethoden, zoals voetdruk- en therapietrouwmeting, bij het voorschrijven en evalueren van orthopedische schoenen voor diabetespatiënten met voetproblemen.

LITERATUUR

- 1 Time to act: diabetes and foot care. International Diabetes Federation en International Working Group on the Diabetic Foot; zonder jaar [2005].
- 2 Jeffcoate WJ, Harding KG. Diabetic foot ulcers. *Lancet*. 2003;361:1545-51.
- 3 Bakker K, Apelqvist J, Schaper NC. Practical guidelines on the management and prevention of the diabetic foot 2011. *Diabetes Metab Res Rev*. 2012;28(Suppl 1):225-31.
- 4 Pound N, Chipchase S, Treece K, Game F, Jeffcoate W. Ulcer-free survival following management of foot ulcers in diabetes. *Diabet Med*. 2005;22:1306-9.
- 5 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;23:606-11.
- 6 Meijer JW, Bosma E, Lefrandt JD, et al. Clinical diagnosis of diabetic polyneuropathy with the diabetic neuropathy symptom and diabetic neuropathy examination scores. *Diabetes Care*. 2003;26:697-701.
- 7 Meijer JW, Smit AJ, Lefrandt JD, van der Hoeven JH, Hoogenberg K, Links TP. Back to basics in diagnosing diabetic polyneuropathy with the tuning fork! *Diabetes Care*. 2005;28:2201-5.
- 8 Bus SA, Valk GD, van Deursen RW, et al. The effectiveness of footwear and offloading interventions to prevent and heal foot ulcers and reduce plantar pressure in diabetes: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev*. 2008;24(Suppl 1):S162-80.
- 9 Apelqvist J, Bakker K, Van Houtum WH, Nabuurs-Franssen MH, Schaper NC. International consensus on the diabetic foot. The international consensus on the diabetic foot. Amsterdam: International Working Group on the Diabetic Foot; 1999, p. 67.
- 10 Reiber GE, Smith DG, Wallace C, et al. Effect of therapeutic footwear on foot reulceration in patients with diabetes: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2002;287:2552-8.
- 11 Uccioli L, Faglia E, Monticone G, et al. Manufactured shoes in the prevention of diabetic foot ulcers. *Diabetes Care*. 1995;18:1376-8.
- 12 Litzelman DK, Slemenda CW, Langefeld CD, et al. Reduction of lower extremity clinical abnormalities in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med*. 1993;119:36-41.
- 13 Bus SA, Waaijman R, Arts M, de Haart M, Busch-Westbroek T, Van Baal J et al. Effect of custom-made footwear on foot ulcer recurrence in diabetes: a multicenter randomized controlled trial. *Diabetes Care*. 2013;36:4109-16.
- 14 Rizzo L, Tedeschi A, Fallani E, et al. 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;11:59-64.
- 15 Lavery LA, LaFontaine J, Higgins KR, Lanctot DR, Constantinides G. Shear-reducing insoles to prevent foot ulceration in high-risk diabetic patients. *Adv Skin Wound Care*. 2012;25:519-24.
- 16 Waaijman R, Keukenkamp R, de haart M, Polomski WP, Nollet F, Bus SA. Adherence to wearing prescription custom-made footwear in patients with diabetes at high risk for plantar foot ulceration. *Diabetes Care*. 2013;36:1613-8.
- 17 Macfarlane DJ, Jensen JL. Factors in diabetic footwear compliance. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2003;93:485-91.
- 18 McCabe CJ, Stevenson RC, Dolan AM. Evaluation of a diabetic foot screening and protection programme. *Diabet Med*. 1998;15:80-4.
- 19 Reiber GE, Smith DG, Boone DA, et al. Design and pilot testing of the DVA/Seattle Footwear System for diabetic patients with foot insensitivity. *J Rehabil Res Dev*. 1997;34:1-8.
- 20 Knowles EA, Boulton AJ. Do people with diabetes wear their prescribed footwear? *Diabet Med*. 1996;13:1064-8.
- 21 Chantelau E, Haage P. An audit of cushioned diabetic footwear: relation to patient compliance. *Diabet Med*. 1994;11:114-6.
- 22 Breuer U. Diabetic patient's compliance with bespoke footwear after healing of neuropathic foot ulcers. *Diabetes Metab*. 1994;20:415-9.
- 23 Reiber GE, Smith DG, Wallace CM, et al. Footwear used by individuals with diabetes and a history of foot ulcer. *J Rehabil Res Dev*. 2002;39:615-22.
- 24 Cavanagh PR, Boulton AJ, Sheehan P, Ulbrecht JS, Caputo GM, Armstrong DG. Therapeutic footwear in patients with diabetes. *JAMA*. 2002;288:1231.
- 25 Bus SA, Waaijman R, Nollet F. New monitoring technology to objectively assess adherence to prescribed footwear and assistive devices during ambulatory activity. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93:2075-9.
- 26 Bus SA, Haspels R, Busch-Westbroek TE. Evaluation and optimization of therapeutic footwear for neuropathic diabetic foot patients using in-shoe plantar pressure analysis. *Diabetes Care*. 2011;34:1595-600.
- 27 Waaijman R, Arts ML, Haspels R, Busch-Westbroek TE, Nollet F, Bus SA. Pressure-reduction and preservation in custom-made footwear of patients with diabetes and a history of plantar ulceration. *Diabet Med*. 2012;29:1542-9.
- 28 Owings TM, Woerner JL, Frampton JD, Cavanagh PR, Botek G. Custom therapeutic insoles based on both foot shape and plantar pressure measurement provide enhanced pressure relief. *Diabetes Care*. 2008;31:839-44.
- 29 Arts ML, de Haart M, Bus SA, Bakker JP, Hacking HG, Nollet F. Perceived usability and use of custom-made footwear in diabetic patients at high risk for foot ulceration. *J Rehabil Med*. 2014;46:357-62.