

Gregor Kavaš¹, Vilma Urbančič - Rovan², Matija Jezeršek³

Razvojna izhodišča za masovno prilagojeno obutev za bolnike s sladkorno boleznijo na osnovi tridimenzionalnih meritev stopal

Development Platform for Diabetic Footwear Mass Customization on the Basis of Three-Dimensional Foot Scanning

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: sladkorna bolezen, deformacije nog, neprimerna obutev

IZHODIŠČA. Neprimerna obutev je pomemben dejavnik tveganja za nastanek razjede na diabetični nogi, še zlasti pri bolnikih z deformiranimi nogami in senzorično nevropatijo. Z raziskavo smo želeli ovrednotiti metodo merjenja nog z laserskim tridimenzionalnim merilnim sistemom, zbrati podatke o velikosti in obliki nog v populaciji sladkornih bolnikov ter oceniti smiselnost trženja obutve v različnih dolžinskih in širinskih številkah za levo in desno nogo. **METODE.** 415 sladkornim bolnikom smo noge klinično pregledali in izmerili z laserskim tridimenzionalnim merilnim sistemom. Izračunali smo indekse krempljastih prstov in *hallux valgusa*, mejne vrednosti indeksov ter razlike v dimenzijah med levo in desno nogo. **REZULTATI.** Večina opazovancev je imela različno veliki nogi (absolutna razlika v dolžini $3,05 \pm 2,75$ mm – manj kot ena dolžinska številka). Vrednosti indeksov deformacij so se med bolniki s klinično ugotovljeno deformacijo in tistimi brez nje statistično značilno razlikovale ($p = 0,00$). Občutljivost metode za ugotavljanje krempljastih prstov je bila 70,7 %, *hallux valgusa* 64,0 %, specifičnost pa 73,5 % in 79,4 %. **ZAKLJUČKI.** Približno polovica sladkornih bolnikov ima deformirane in asimetrične noge. Smiselno bi bilo ponuditi na tržišče obutev v različnih dolžinskih in širinskih številkah za levo in desno nogo. Metoda merjenja z laserskim tridimenzionalnim merilnikom je uporabna za ugotavljanje deformacij nog.

ABSTRACT

KEY WORDS: diabetes, foot deformities, ill-fitting footwear

BACKGROUNDS. Ill-fitting footwear is an important risk factors for diabetic foot ulceration, especially in case of foot deformities and sensory neuropathy. The aims of the research were to investigate the validity of the three-dimensional foot scanning, to obtain data on the foot size and shape in the patients with diabetes, to evaluate the necessity of marketing shoes of different size for the left and the right foot. **METHODS.** In 415 patients with diabetes, clinical foot examination and three-dimensional laser foot scanning were performed. Foot deformity indexes, cut-off values and the differences between both feet were calculated. **RESULTS.** The

¹ Gregor Kavaš, štud. med., Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Vrazov trg 2, 1000 Ljubljana; kavas.gregor@gmail.com

² Doc. dr. Vilma Urbančič - Rovan, dr. med., Klinični oddelek za endokrinologijo, diabetes in presnovne bolezni, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana

³ Doc. dr. Matija Jezeršek, univ. dipl. inž., Katedra za optodinamiko in lasersko tehniko, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva cesta 6, 1000 Ljubljana; Alpina, tovarna obutve, Strojarska ulica 2, 4226 Žiri

size of the two feet was different in the majority of the subjects (absolute difference in length $3,05 \pm 2,75$ mm – less than 1 length size point). Foot deformity indexes in the patients with clinically confirmed deformities were significantly higher than in those without deformities ($p = 0,00$). The sensitivity of the method to detect claw toes and hallux valgus was 70,7% and 64,0%, the specificity 73,5% and 79,4%. CONCLUSIONS. Foot deformities and left/right asymmetry is found in about 50% of diabetic patients. The possibility to buy shoes of different length and width would make sense. Three-dimensional foot scanning is a useful method for the detection of foot deformities.

UVOD

Sladkorna bolezen in kronični zapeti

Sladkorna bolezen (SB) je skupina kroničnih presnovnih motenj, ki jim je skupna hiperglikemija zaradi nezadostnega izločanja inzulina ali zaradi njegovega nezadostnega delovanja ali zaradi obojega. Posledično pride do motenj presnove ogljikovih hidratov, beljakovin in maščob. Kronična hiperglikemija povzroči okvaro ali odpoved več organov, zlasti oči, ledvic, živcev, srca, možganov in žilja. SB delimo v štiri skupine (SB tipa 1, SB tipa 2, nosečnostno SB in druge tipe SB), ki se med seboj razlikujejo po kliničnih značilnostih in poteku (1, 2).

Diabetična noga

Pod izrazom diabetična noga razumemo bolezenske spremembe – okužbo, razjedo ali uničenje globokih tkiv noge (del spodnjega uda pod spodnjim skočnim sklepom) ob spremljajoči nevropatiji in/ali periferni žilni bolezni spodnjih okončin pri bolniku s SB. Bolezenske spremembe lahko privedejo do amputacije uda (3, 4).

Periferna motorična nevropatija povzroči atrofijo nožnih mišic, ki jih oživčujejo prizadeti živci. Posledica tega je hiperrekstenzija v metatarzofalangealnih sklepih in čezmerna fleksija v interfalangealnih sklepih, kar se kaže kot značilna deformacija – klavdivasti in krempljasti prsti. Ob tem se spremenita način hoje in razporeditev pritiskov na stopalo med hojo, na mestih največje obremenitve se tvori obilo trde kože – kalusa, pod katerim zaradi mehaničnega pritiska sčasoma nastaja

ne razjeda. V etiopatogenezo diabetične noge je vpletena tudi avtonomna nevropatija. Zaradi prizadetosti simpatičnega avtonomnega nitja je sekrecija iz žlez znojnic zmanjšana ali popolnoma odsotna. Koža je zato suha, nastajajo razpoke, ki so vstopna mesta za okužbo. V primeru periferne senzorične nevropatije je oslavljen občutek za dotik, bolečino, temperaturo in položaj noge (propriocepcija). Tak bolnik je ogrožen, ker zaradi odsotnosti bolečine ni dovolj pozoren na poškodbe oz. ob njih ne ukrepa ustrezno – govorimo o izgubi zaščitne občutljivosti (5, 6).

Periferna arterijska okluzivna bolezen (PAOB) je hud zaplet SB. Zaradi pridružene diabetične polinevropatije bolniki pogosto ne občutijo značilne ishemične bolečine, t. i. in-termitentnih klavdikacij. Napredovanje ateroskleroze lahko kritično zmanjša pretok v arterijah (govorimo o kritični ishemiji uda), tako da se bolečina v nogi pojavlja že med mirovanjem. Če tako stanje traja dlje, lahko na udu pride do razjede ali (omejene) gangrene (2, 7).

Glede na prevladujoče bolezenske spremembe delimo diabetično nogo na dve osnovni obliki: nevropatična in neuroishemična noga. Pri nevropatični nogi so v ospredju znaki prizadetosti živčevja, medtem ko arterijska prekrvitev ni motena. Najpogostejši zapleti so nevropatska razjeda, fisure, nevropatska artropatija – imenovana tudi Charcotovo stopalo – in nevropatski edem. Pri neuroishemični nogi je ključnega pomena PAOB, z bolj ali manj izraženo spremljajočo nevropatijo. Najpogostejši zapleti so neuroishemična razjeda na robovih noge, nekroze prstov in gangrena prstov oz. noge. Klinična slika, terapevtska obravnava in zapleti se pri obeh oblikah

bistveno razlikujejo (4). Najpomembnejši, najpreprostejši in najcenejši ukrep za zmanjševanje zapletov na nogah in s tem števila amputacij je redno pregledovanje nog (8–10).

Pomen zgodnjega odkrivanja bolezenskih sprememb

Ocenjujejo, da kar 15–25% sladkornih bolnikov prej ali slej v življenju dobi razjedo na nogi, to pa je običajno prvi v seriji dogodkov, ki privedejo do amputacije. V razvitem svetu je več kot polovica netravmatskih amputacij napravljene pri bolnikih s SB, kar pomeni, da je tveganje za amputacijo pri sladkornih bolnikih od 15- do 30-krat večje kot v splošni populaciji (11–14).

Kljub zastrašujočim epidemiološkim podatkom so raziskave in klinične izkušnje pokazale, da lahko z ustreznimi preventivnimi ukrepi pri bolnikih s SB zmanjšamo pojavnost razjed na nogah in število amputacij zaradi diabetične gangrene. Preventivni ukrepi so dolgoročno tudi finančno ugodni (8–10).

Ključnega pomena v preventivi je aktivno iskanje bolnikov, ki so najbolj ogroženi za nastanek razjede na nogi. Splošni dejavniki tveganja so več kot deset let trajajoča SB, slaba presnova urejenost (vrednost glikiranega hemoglobina A1c večja od 9%), slab vid in okvara ledvic.

Specifični dejavniki tveganja so predhodne amputacije (najpomembnejši dejavnik tveganja za novo amputacijo), predhodne razjede, periferna nevropatija, deformacije, povečani plantarni pritiski in PAOB (15–17).

Za ugotavljanje izgube zaščitne občutljivosti se po veljavnih mednarodnih priporočilih uporablja test občutka za dotik s standardiziranim 10-gramskim *Semmes-Weinsteinovim* (S-W) monofilamentom. Pripomoček je sestavljen iz držala in najlonske niti, ki se upogne pri sili 10 gramov. Prospektivne raziskave so potr-

dile napovedno vrednost preiskave s S-W monofilamentom za nastanek razjede (18–21).

Čeprav je osnovna motnja pri SB presnova s posledično nevropatijo in aterosklerozo, pa je pri nastanku diabetične noge izredno pomemben tudi biomehanski dejavnik. V večini primerov poškodbe tkiva ne povzroči okužba ali ishemija, ampak mehanični stres, ki ga sladkorni bolnik z izgubo zaščitne občutljivosti ne zazna. Mehanični stres je lahko akuten, npr. poškodba z ostrim predmetom. Še pogosteje pa prihaja do poškodbe tkiva zaradi ponavljajočega se pritiska med hojo. Da bi preprečili nastanek razjede, moramo pravočasno odkriti tista področja na podplatu, ki so izpostavljena povečanim pritiskom. Zato iščemo pridobljene in prirrojene strukturne spremembe na nogi, za katere vemo, da povzročajo povečanje plantarnih pritiskov. Te spremembe so kalus, *hallux valgus*, kladivasti ali krempeljasti prsti, atrofija maščobne blazinice nad glavicami metatarzalnih kosti in Charcotovo stopalo (5, 22–26).

Na PAOB posumimo na podlagi anamneze intermitentne klavdikacije in kliničnega pregleda. Temeljna presejalna preiskava je tipanje pulzov arterije *dorsalis pedis* in arterije *tibialis posterior*. Če stopalni pulzi niso tipljivi, je potrebna nadaljnja diagnostika (7).

Bolnike s SB delimo glede na ogroženost za nastanek razjed na nogi v štiri rizične skupine (tabela 1). Ogroženost ocenjujemo na podlagi zaščitne občutljivosti, arterijske prekrvavitve, razjed ali predhodnih amputacij in deformacij nog (27).

Pomen obutve za bolnike s sladkorno boleznijo

Pri bolnikih s SB pravilno izbrana obutev v kombinaciji z drugimi ukrepi preprečuje nastanek bolezenskih sprememb na nogah.

Tabela 1. Rizične skupine glede na ogroženost za nastanek razjed na nogi. + – prisotno, – – odsotno.

Rizične skupine	Zaščitna občutljivost na nogah	Tipni stopalni pulzi	Že prisotne razjede na nogi	Deformacija	Amputacija
1. skupina	+	+	–	–	–
2. skupina	–	+	–	–	–
3. skupina	+	–	–	–	–
4. skupina	–	+/-	+/-	+	+/-

* V 4. skupini je poleg ostalih deformacij lahko prisotno še Charcotovo stopalo.

Funkcionalno ustrežna obutev noge zaščiti, jim nudi oporo in razbremeni kritična mesta (28–32). Izbira funkcionalno ustrezne obutve temelji na merilih za izbiro obutve za bolnike s SB, ki jih je postavila delovna skupina za diabetično nogo v letu 1997, predpisovanje pa določajo pravila Zavoda za zdravstveno zavarovanje Slovenije. Pri pregledu nog ocenimo deformacije in stopnjo ogroženosti, na podlagi tega se odločimo, kakšno obutev potrebuje bolnik. To je lahko primerna navadna (serijsko izdelana) obutev, prilagojena navadna obutev, posebna (serijsko izdelana) obutev za bolnike s SB ali pa ortopedska obutev, narejena po meri (po mavčnem odlitku).

Asimetrija nog in vloga industrije

V literaturi ni najti veliko raziskav o razlikah v velikosti leve in desne noge pri odraslih ljudeh. Po nekaterih podatkih naj bi bilo ljudi, ki imajo po dolžini in širini različno velikost leve in desne noge, vsaj 25%. Taka odstopanja pomenijo, da ti ljudje v trgovinah z obutvijo zelo težko najdejo sebi primerno obuvalo. Zato se pogosto poslužujejo individualne izdelave obutve, ki je sicer udobna, a mnogo dražja od serijsko izdelane obutve in pogosto manj všečna.

Obutvena industrija si zato prizadeva, da bi s kombinacijo serijske proizvodnje in poslovnim modelom prilagodila obutev ljudem, ki imajo težave z nogami. Tovarna Alpina je v ta namen izvedla pilotski projekt uporabe tridimenzionalnih (3D) merilnikov nog v trgovini, razvoj obutve v različnih širinah za posamezno velikostno številko ter ponudila kupcem prilagojeno obutev na osnovi meritve nog. Kupci so lahko izbrali različno velikostno številko za levo in desno nogo in prilagodili velikost čevlja svoji nogi. Analiza podatkov, ki so jih ob tem dobili, kaže, da je imelo izmed skoraj 6.000 opazovanih oseb 15% razliko med dolžino leve in desne noge 6 mm ali več, kar 37% je imelo razliko 4 mm ali več, pri 38% je bila razlika do 2 mm in le 24% oseb je imelo enako levo in desno nogo (33–37).

NAMEN RAZISKAVE

Neprimerna obutev je pri bolnikih z diabetično nevropatijo pomemben dejavnik tveganja za nastanek razjede na nogi. Primerno

obutev še zlasti težko najdejo bolniki z deformacijami nog in tisti, pri katerih nogi po širini in dolžini nista povsem enako veliki. Serijsko izdelana obutev, različnih širin za posamezno dolžinsko številko in z možnostjo izbire različnih velikostnih številok za levo in desno nogo, lahko pomembno prispeva k preprečevanju razjed na nogah. Serijska proizvodnja prilagojene obutve temelji na rezultatih merjenja nog ciljne populacije.

Namen raziskave je bil zbrati podatke o velikosti, obliki in razlikah v velikosti leve in desne noge v populaciji sladkornih bolnikov, ki hodijo na redne preglede v Ambulanto za diabetično nogo Univerzitetnega kliničnega centra (UKC) Ljubljana. Na podlagi dobljenih rezultatov smo želeli oceniti uporabnost oz. ovrednotiti metodo laserskega 3D-merjenja nog in pripraviti izhodišča za serijsko izdelavo masovno prilagojene obutve za bolnike s SB. Zanimalo nas je, ali bi bilo na podlagi dobljenih podatkov smiselno ponuditi na tržišče obutev v različnih širinskih številkah in ali bi bilo smiselno ponuditi kupcem možnost nakupa levega in desnega čevlja različne velikosti.

METODE

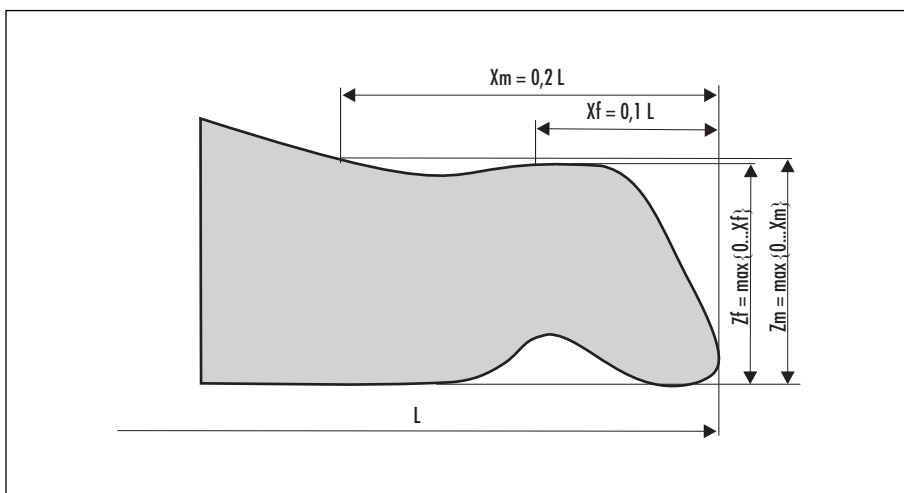
V raziskavi je sodelovalo 415 bolnikov s SB (183 moških, 232 žensk; povprečna starost $60,6 \pm 12,6$ let) brez odprtih razjed na nogah in brez predhodnih amputacij, ki smo jih povabili k sodelovanju ob rednem pregledu v Ambulanti za diabetično nogo UKC Ljubljana. Pri preiskovancih smo opravili klinični pregled nog (presejalni test) in z laserskim merilnikom izmerili 3D-obliko nog. Raziskavo je odobrila Komisija za medicinsko etiko. Vsi preiskovanci so prostovoljno pristali na sodelovanje v raziskavi.

V raziskavi smo z laserskim 3D-merilnikom *Foot scanner*, 2nd edition (FS2), ki so ga razvili strokovnjaki tovarne obutve Alpina Žiri in Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani, posneli deformacije nog pri preiskovancih (slika 1). Merilnik je osnovan na principu laserske triangulacije z linijskim osvetljevanjem in krožnim obhodom okrog obeh nog. Tako sočasno izmeri 3D-obliko obeh nog (38–40).

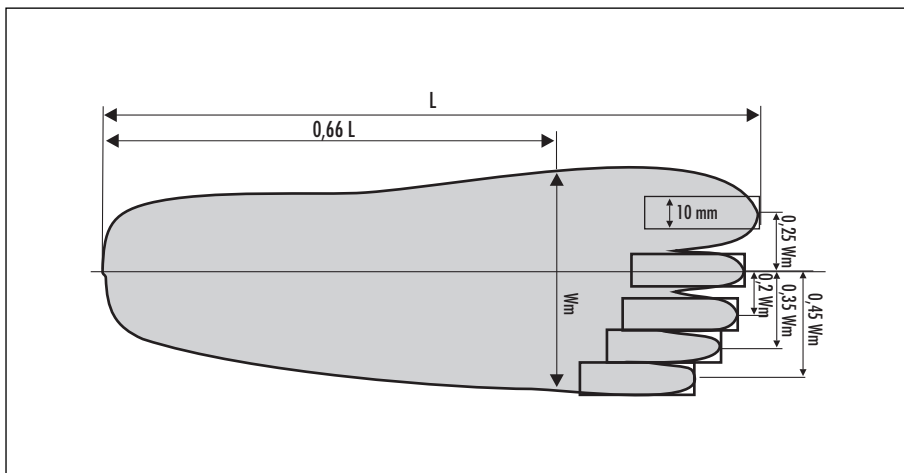
Indeks krempljastih prstov je razmerje višin vrha prsta (Zf) (do 10% dolžine noge od pričetka posameznega prsta proti peti – Xf)



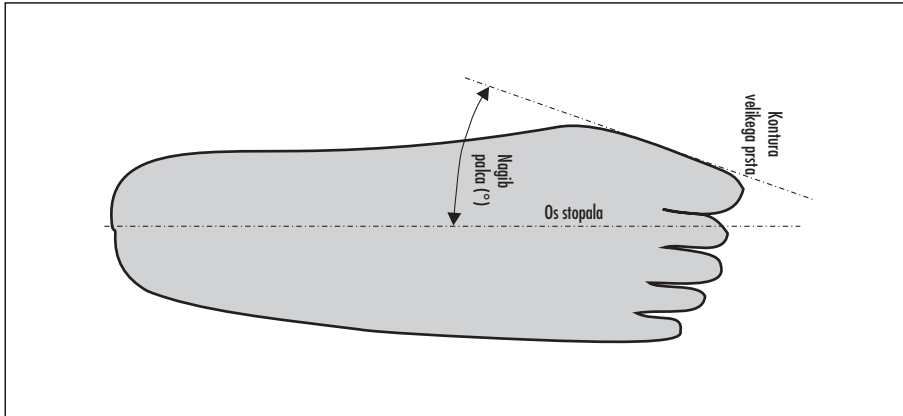
Slika 1. Prikaz merjenja z laserskim merilnikom.



Slika 2. Shematski prikaz določanja indeksa krepiljastih prstov. L – dolžina stopala, X_f – 10% dolžina noge od pričetka posameznega prsta proti peti, X_m – 20% dolžina noge od pričetka posameznega prsta proti peti, Z_f – višina vrha prsta, Z_m – višina vrha metatarzofalangealnega sklepa posameznega prsta.



Slika 3. Shematski prikaz določanja položajev prstov. L – dolžina stopala, W_m – širina členskega dela.



Slika 4. Shematski prikaz merjenja indeksa deformacije hallux valgusa.

in višine vrha metatarzofalangealnega sklepa posameznega prsta (Zm) (20% dolžine noge od pričetka posameznega prsta proti peti – Xm) (slika 2). Krempljavnost smo ugotavljali na 2., 3. in 4. prstu obeh nog.

Položaji prstov so glede na os noge definirani z razmerjem širine členskega dela (Wm) (slika 3). Zaradi možnosti odstopanja od predpostavljenih položajev je za vsak prst upoštevan pas širine ± 5 mm, znotraj katerega se iščejo maksimalne višine prstov oz. členskega dela. Indeks deformacije *hallux valgus* je izražen kot kot med notranjo tlorisno konturo velikega prsta in osjo noge (slika 4).

Geometrijsko analizo 3D-meritev smo izvedli s pomočjo programa FS2.exe, ki je del programske opreme merilnika FS2. Rezultate in podatke presejalnega testa smo vnesli v Excelovo datoteko. Za statistično analizo smo uporabili programski paket SPSS for Windows 10.1.0. Za primerjavo rezultatov 3D-meritev in presejalnega testa smo uporabili preizkus skupin (angl. *t-test groups*) in diskriminantno analizo. Uporabili smo tudi

analizo variance (ANOVA). Kot statistično značilne smo šteli vrednosti $p < 0,05$.

Na podlagi presejalnega testa smo preiskovance razvrstili v dve skupini (skupina s klinično ugotovljeno deformacijo in skupina brez klinično ugotovljene deformacije) in za vsako proučevano spremenljivo primerjali aritmetični sredini skupin. Kot mejno vrednost indeksov za deformacije (krempljasti prsti, *hallux valgus*) smo definirali tehtano aritmetično sredino grupnih aritmetičnih sredin skupine s klinično ugotovljeno deformacijo in skupine brez nje. Za analizo indeksov krempljastih prstov smo uporabili diskriminantno analizo.

REZULTATI

Rezultati presejalnega testa so prikazani v tabelah 2 in 3.

V tabeli 4 so podane dimenzije nog, izmerjene s 3D-laserskim merilnikom. Izračunane so normirana širina in dolžina ter absolutne razlike.

Tabela 2. Razvrstitev bolnikov v skupine glede na ogroženost.

	Število bolnikov
1. skupina	143
2. skupina	172
3. skupina	2
4. skupina	98

Tabela 3. Število sladkornih bolnikov z različnimi deformacijami nog.

	Leva noga	Desna noga
Krempljasti prsti	128	132
<i>Hallux valgus</i>	115	113
Charcotovo stopalo	2	3

Tabela 4. Dimenzije in razlike v dimenzijah leve in desne noge sladkornih bolnikov. D – desna noga, L – leva noga.

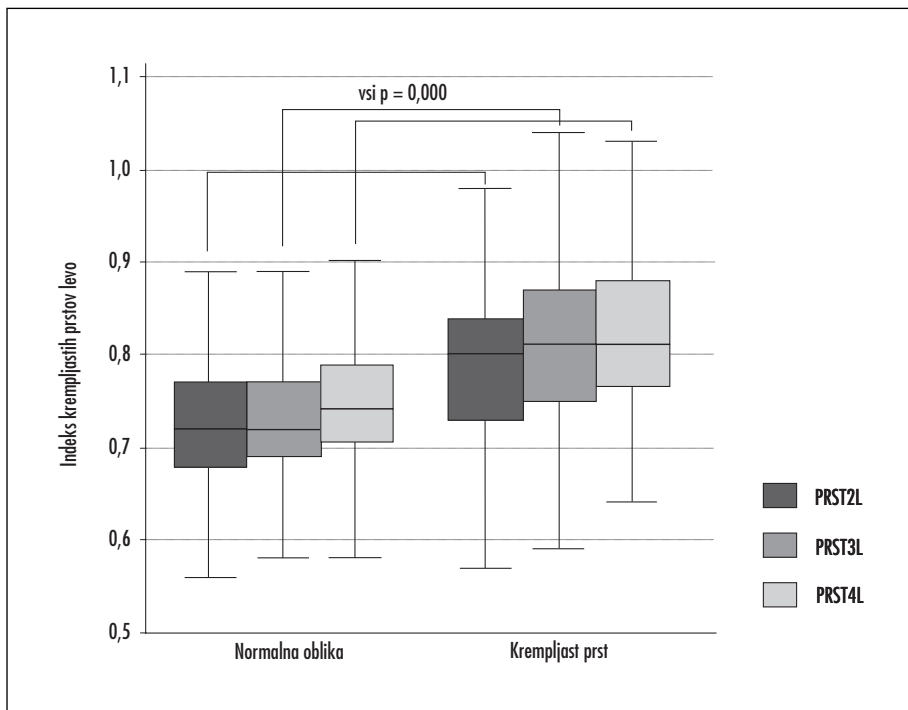
Dimenzije (mm)	Sladkorni bolniki			
	L	D	Razlika absolutno	Minimum/maksimum razlike
Dolžina	255,99 ± 16,54	256,84 ± 16,41	3,05 ± 2,75	0/17,8
Širina	96,06 ± 6,72	95,62 ± 6,76	1,72 ± 1,35	0/8
Normirana širina	99,02 ± 4,91	98,38 ± 4,96	1,89 ± 1,52	0/9,38
Obseg	237,67 ± 16,61	237,23 ± 16,84	3,32 ± 2,6	0/15,7
Normirani obseg	245,00 ± 12,29	244,04 ± 12,42	4,09 ± 3,22	0/22

Indeksi krempljastih prstov in *hallux valgus* leve in desne noge pri sladkornih bolnikih

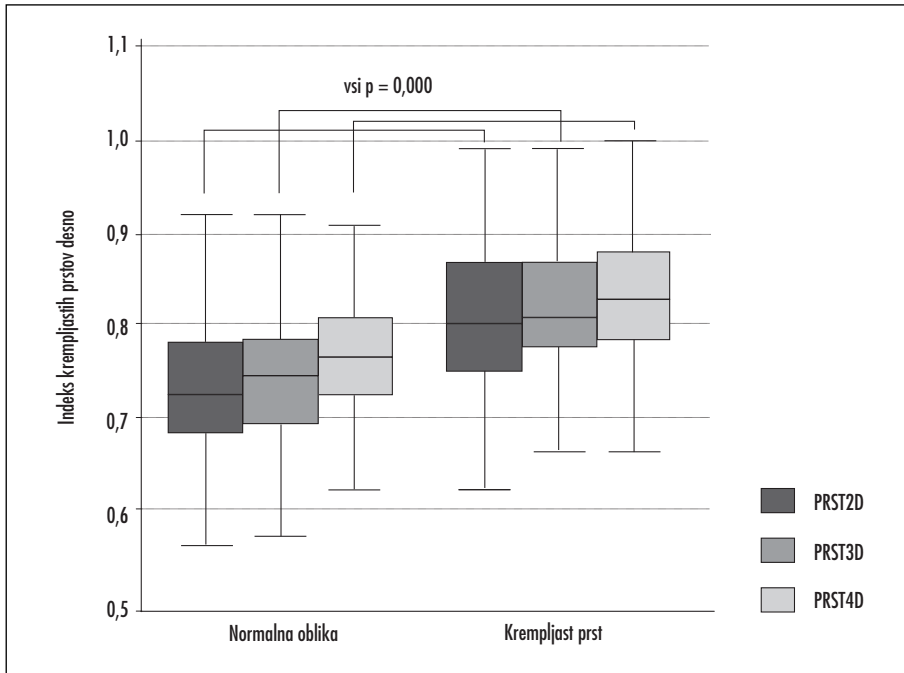
Na podlagi meritev laserskega 3D-merilnika so izračunani indeksi krempljastih prstov in *hallux valgus* leve in desne noge, ki so prikazani na sliki 5, sliki 6 in sliki 7.

Določitev mejnih vrednosti indeksov deformacij

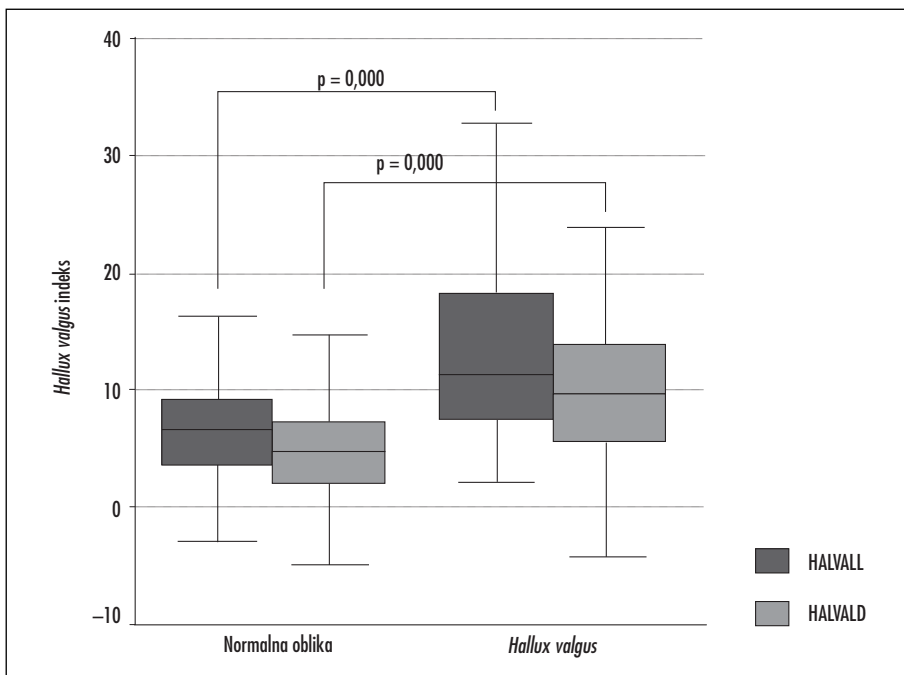
Kot mejno vrednost (angl. *cut off*) indeksov za deformacije (krempljasti prsti, *hallux valgus*) smo definirali tehtano aritmetično sredino grupnih aritmetičnih sredin skupine s klinično ugotovljeno deformacijo in skupine brez



Slika 5. Indeksi krempljastih prstov 2., 3. in 4. prsta leve noge bolnikov brez krempljastih prstov in bolnikov s krempljastimi prsti. PRST2L – 2. prst leve noge, PRST3L – 3. prst leve noge, PRST4L – 4. prst leve noge.



Slika 6. Indeksi krempljastih prstov 2., 3. in 4. prsta desne noge bolnikov brez krempljastih prstov in bolnikov s krempljastimi prsti. PRST2D – 2. prst desne noge, PRST3D – 3. prst desne noge, PRST4D – 4. prst desne noge.



Slika 7. Indeks hallux valgus levo in desno pri bolnikih brez klinično izraženega hallux valgusa in tistih z njim. HALVALD – hallux valgus desno, HALVALL – hallux valgus levo.

Tabela 5. *Mejne vrednosti indeksov krempljastih prstov.*

Indeks krempljastih prstov	Leva noga	Desna noga
2. prst	0,7451	0,7619
3. prst	0,7565	0,7753
4. prst	0,7688	0,7889

Tabela 6. *Mejne vrednosti indeksov hallux valgusa.*

	Leva noga	Desna noga
Indeks hallux valgusa	8,375	6,201

Tabela 7. *Odstotki bolnikov z deformacijami.*

	Hallux valgus		Krempljavost prstov	
	1. prst	2. prst	3. prst	4. prst
Leva noga	42,9%	45,6%	45,8%	48,2%
Desna noga	42,7%	44,8%	47,7%	50,8%

nje (tabela 5 in tabela 6). Na podlagi mejnih vrednosti smo pri sladkornih bolnikih ugotavljali, v kakšnih odstotkih se deformacija pojavlja na posameznem prstu na levi in desni nogi (tabela 7).

Občutljivost, specifičnost, pozitivna in negativna napovedna vrednost laserskih meritev

Diskriminantna analiza je vključila kot pomembne diskriminantne spremenljivke vse tri proučevane indekse krempljastih prstov (drugega, tretjega in četrtega) in pokazala, da se ugotavljanje deformacij na podlagi 3D-meritev ujema z ugotovitvami presejalnega testa v 71,1 do 75,9%. Občutljivost, specifičnost, pozitivno in negativno napovedno vrednost metode 3D-merjenja prikazuje tabela 8.

RAZPRAVLJANJE

Metoda tridimenzionalnega laserskega merjenja nog

Neprimerna obutev je eden izmed pomembnih dejavnikov tveganja za nastanek razjede na nogi. Serijsko izdelana obutev običajno ni oblikovana tako, da bi bila primerna za deformirane noge (30). Dosedanje raziskave o obutvi za sladkorne bolnike so se večinoma osredotočale na zvišane plantarne pritiske in načine razbremenitve le-teh (30–34). Merjenje velikosti in oblike nog s pomočjo laserskega 3D-merilnika predstavlja nov pristop, ki sladkornim bolnikom olajša izbiro obutve, obutveni industriji pa daje uporabne podatke, na podlagi katerih lahko ponudi na tržišče serijsko izdelano obutev tudi za kupce z deformiranimi ali asimetričnimi nogami. V literaturi nismo našli nobene raziskavo

Tabela 8. *Občutljivost, specifičnost, pozitivna in negativna napovedna vrednost metode tridimenzionalnega merjenja krempljastih prstov in hallux valgusa na levi in desni nogi.*

	Občutljivost	Specifičnost	Pozitivna napovedna vrednost	Negativna napovedna vrednost
Krempljasti prsti leve noge	72,65%	74,91%	56,36%	89,58%
Krempljasti prsti desne noge	68,94%	72,08%	53,52%	83,26%
Hallux valgus leve noge	60,86%	79,67%	53,43%	84,15%
Hallux valgus desne noge	67,26%	79,14%	54,68%	86,59%

o uporabi te metode pri sladkornih bolnikih, prav tako nismo našli nobenih podatkov o asimetriji med levo in desno nogo pri sladkornih bolnikih (35–37).

Preventivni pregled nog – presejalni test v diabetoloških ambulantah v Ljubljani se rutinsko izvaja že od leta 1996 dalje. Po veljavnih smernicah za oskrbo bolnikov s SB je treba vsakemu sladkornemu bolniku pregledati noge najmanj enkrat letno (27). Za prvi pregled so zbrani podatki za 9.749 bolnikov, od katerih jih kar 2.720 (28,9 %) spada v visoko ogroženo skupino 4. V našo raziskavo smo vključili 415 bolnikov, izmed katerih jih 98 (23,6 %) spada v najbolj ogroženo skupino 4.

Metodo merjenja velikosti in oblike nog z laserskim 3D-merilnikom smo primerjali z rezultati kliničnega pregleda (presejalnega testa). Vrednosti indeksov deformacij (krempljasti prsti in *hallux valgus*), ki smo jih dobili s 3D-merilnikom, smo primerjali pri skupini bolnikov s klinično izraženo deformacijo in pri skupini bolnikov brez klinično izražene deformacije. Pri vseh opazovanih spremembah smo ugotovili statistično značilne razlike. Iz tega sklepamo, da merjenje z laserskim 3D-merilnikom daje uporabne rezultate, ki se skladajo s kliničnimi ugotovitvami, in zato lahko služi kot pomoč pri izbiri obutve, še posebej bolnikom, ki se zaradi senzorične nevropatije pri pomerjanju novih čevljev ne morejo zanesti na občutek, ali jih čevlji tiščijo ali ne. Metoda je še zlasti uporabna v trgovini, če je merilnik povezan z bazo podatkov o modelih obutve, ki so na voljo.

Deformacije se pri bolnikih pojavljajo v visokih odstotkih, zato bi bila za njih možnost izbire med več širinskimi številkami (hkrati se poveča tudi prostornina čevlja) dobrodošla. Bolniki s širšimi stopali sicer običajno problem preozkega čevlja rešujejo z nabavo večje dolžinske številke.

Asimetrija nog

Podatkov o asimetriji v literaturi skorajda ni na voljo. Avtorja Rys in Konz sta ugotovila, da se leva in desna noga statistično značilno ne razlikujeta v nobeni dimenziji, dolžini, širini, obsegu in prostornini (35). Analizi

podatkov, ki smo ju opravili v naši raziskavi in v prodajalnah tovarne obutve Alpina Žiri, kažeta na to, da tako v zdravi kot v populaciji sladkornih bolnikov razlike v dolžini nog obstajajo, zato bi bili smiselno ponuditi na tržišče obutev v različnih dolžinskih številkah za levo in desno nogo (36, 37). Še posebno bi bilo to smiselno za sladkorne bolnike, kajti noga z zmanjšano oz. odsotno zaščitno občutljivostjo potrebuje ustrezen čevlj.

Po kriterijih, ki jih je sprejela Delovna skupina za diabetično nogo leta 1997 in ki jih priznava tudi Zavod za zdravstveno zavarovanje Slovenije, so ti bolniki upravičeni do posebne obutve – bodisi serijsko izdelane s po meri izdelanim vložkom ali pa obutve, izdelane v celoti po meri na podlagi mavčnega odlitka. Serijsko izdelani čevlji, ki bi se prilegali deformirani nogi, bi bili za te bolnike dobrodošla novost (41).

ZAKLJUČKI

1. Metoda merjenja z laserskim 3D-merilnikom je uporabna metoda za ugotavljanje deformacij na nogah.
2. Pri sladkornih bolnikih so deformacije (*hallux valgus*, krempljasti prsti) tako pogoste, da bi bilo smiselno ponuditi na tržišče obutev v različnih širinskih številkah.
3. Pri sladkornih bolnikih se pojavlja asimetrija nog, zato bi bilo smiselno ponuditi na tržišče obutev v različnih dolžinskih številkah za levo in desno nogo.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Vilmi Urbančič - Rovani, dr. med., za strokovno pomoč, svetovanje in uvajanje v raziskovalno delo ter somentorju doc. dr. Matiji Jezerški za strokovno pomoč pri obdelavi podatkov. Prav tako se zahvaljujem podjetju Alpina za izposoj FS2-merilnika. Za pomoč pri statistični obdelavi podatkov se zahvaljujem prof. dr. Jožetu Rovanu, dipl. ekon., z Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani. Za izvajanje meritev v Ambulanti za diabetično nogo UKC Ljubljana se zahvaljujem medicinskima sestrami Miri Slak in Meliti Hohnjec.

LITERATURA

1. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Report of a WHO Consultation. Geneva: WHO; 1999.
2. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes – 2009. *Diabetes Care*. 2009; 32 Suppl 1: 13–61.
3. Slovenski medicinski terminološki e-slovar [internet]. Ljubljana: Lek; [citirano 2011 April 20]. Dosegljivo na: <http://www.lek.si/si/skrb-za-zdravje/medicinski-slovar/>
4. Pendsey SP. Understanding diabetic foot. *Int J Diabetes Dev Ctries*. 2010; 30 (2): 75–9.
5. Papanas N, Maltezos E. The diabetic foot: a global threat and a huge challenge for Greece. *Hippokratia*. 2009; 13 (4): 199–204.
6. Bowering CK. Diabetic foot ulcers. Pathophysiology, assessment, and therapy. *Can Fam Physician*. 2001; 47: 1007–16.
7. American Diabetes Association. Peripheral arterial disease in people with diabetes. *Diabetes Care*. 2003; 26 (12): 3333–41.
8. Habershaw GM. Outcomes of preventive care in a diabetic foot specialty clinic. *J Foot Ankle Surg*. 1999; 38 (1): 81.
9. Mason J, O'Keefe C, McIntosh A, et al. A systematic review of foot ulcer in patients with Type 2 diabetes mellitus. I: prevention. *Diabet Med*. 1999; 16 (10): 801–12.
10. Ollendorf DA, Kotsanos JG, Wishner WJ, et al. Potential economic benefits of lower-extremity amputation prevention strategies in diabetes. *Diabetes Care*. 1998; 21 (8): 1240–5.
11. Reiber GE. The epidemiology of diabetic foot problems. *Diabet Med*. 1996; 13 Suppl 1: 6–11.
12. Lavery LA, Armstrong DG, Wunderlich RP, et al. Diabetic foot syndrome: evaluating the prevalence and incidence of foot pathology in Mexican Americans and non-Hispanic whites from a diabetes disease management cohort. *Diabetes Care*. 2003; 26 (5): 1435–8.
13. Siitonen OI, Niskanen LK, Laakso M, et al. Lower-extremity amputations in diabetic and nondiabetic patients. A population-based study in eastern Finland. *Diabetes Care*. 1993; 16 (1): 16–20.
14. Trautner C, Haastert B, Giani G, et al. Incidence of lower limb amputations and diabetes. *Diabetes Care*. 1996; 19 (9): 1006–9.
15. Lavery LA, Armstrong DG, Vela SA, et al. Practical criteria for screening patients at high risk for diabetic foot ulceration. *Arch Intern Med*. 1998; 158 (2): 157–62.
16. Buoyko EJ, Ahroni JH, Stensel V, et al. A prospective study of risk factors for diabetic foot ulcer. The Seattle Diabetic Foot Study. *Diabetes Care*. 1999; 22 (7): 1036–42.
17. Frykberg RG, Arora S, Pomposelli FB Jr, et al. Functional outcome in the elderly following lower extremity amputation. *J Foot Ankle Surg*. 1998; 37 (3): 181–5.
18. Armstrong DG, Lavery LA, Vela SA, et al. Choosing a practical screening instrument to identify patients at risk for diabetic foot ulceration. *Arch Intern Med*. 1998; 158 (3): 289–92.
19. Armstrong DG. The 10-g monofilament: the diagnostic divining rod for the diabetic foot? *Diabetes Care*. 2000; 23 (7): 887.
20. Rith-Najarian SJ, Stolusky T, Gohdes DM. Identifying diabetic patients at high risk for lower-extremity amputation in a primary health care setting. A prospective evaluation of simple screening criteria. *Diabetes Care*. 1992; 15 (10): 1386–9.
21. Pham H, Armstrong DG, Harvey C, et al. Screening techniques to identify people at high risk for diabetic foot ulceration: a prospective multicenter trial. *Diabetes Care*. 2000; 23 (5): 606–11.
22. American Diabetes Association. Consensus Development Conference on Diabetic Foot Wound Care: 7–8 April 1999, Boston, Massachusetts. *Diabetes Care*. 1999; 22 (8): 1354–60.
23. Murray HJ, Young MJ, Hollis S, et al. The association between callus formation, high pressures and neuropathy in diabetic foot ulceration. *Diabet Med*. 1996; 13 (11): 979–82.
24. Rajbhandari SM, Jenkins RC, Davies C, et al. Charcot neuroarthropathy in diabetes mellitus. *Diabetologia*. 2002; 45 (8): 1085–96.
25. Ledoux WR, Shofer JB, Smith DG, et al. Relationship between foot type, foot deformity, and ulcer occurrence in the high-risk diabetic foot. *J Rehabil Res Dev*. 2005; 42 (5): 665–72.
26. Brash PD, Foster J, Vennart W, et al. Magnetic resonance imaging techniques demonstrate soft tissue damage in the diabetic foot. *Diabet Med*. 1999; 16 (1): 55–61.
27. Urbančič V. Diabetična noga. In: Medvešček M, Mrevlje F, eds. Slovenske smernice za zdravstveno oskrbo bolnikov s sladkorno boleznijo tipa 2. Ljubljana: Združenje endokrinologov Slovenije, Diabetes forum in Klinični oddelek za endokrinologijo, diabetes in presnovne bolezni, Interna klinika, Univerzitetni klinični center; 2008. p. 101–3.
28. Harrison SJ, Cochrane L, Abboud RJ, et al. Do patients with diabetes wear shoes of the correct size? *Int J Clin Pract*. 2007; 61 (11): 1900–4.
29. 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 (19): 2552–8.
30. Praet SF, Louwerens JW. The influence of shoe design on plantar pressures in neuropathic feet. *Diabetes Care*. 2003; 26 (2): 441–5.

31. 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: 162–80.
32. Bus SA. Foot structure and footwear prescription in diabetes mellitus. *Diabetes Metab Res Rev.* 2008; 24 Suppl 1: 90–5.
33. Levy J, Levy JM. Human lateralization from head to foot: sex-related factors. *Science.* 1978; 200 (4347): 1291–2
34. Kanchana T, Menezesa RG, Moudgil R. Stature estimation from foot dimensions. *Forensic science international.* 2008; 179 (2–3): 1–241.
35. Rys M, Konz S. Adult foot dimensions. In: Mital A, ed. *Advances in industrial ergonomics and safety 1.* London: Taylor & Francis; 1989. p. 189–92.
36. Jezeršek M, Novak B, Zupan I. Strateški ekspertni sistem za razvoj in analizo deformacij obutve na osnovi optodinamike in laserske tehnike: zaključno poročilo. Žiri: Alpina, tovarna obutve, 2008.
37. Jezeršek M, Novak B, Zupan I. Fitshoe – shoe that fits: Eureka projekt: zaključno poročilo. Žiri: Alpina, tovarna obutve; 2010.
38. Jezeršek M, Možina J. High-speed measurement of foot shape based on multiple-laser-plane triangulation. *Opt Eng.* 2009; 48 (11). 113604.
39. Jezeršek M, Bračun D, Možina J. Laserski merilnik oblike stopal. 12. slovensko srečanje o uporabi fizike; 2007 Nov 9; Podčetrtek, Slovenija. Ljubljana: Društvo matematikov, fizikov in anstronomov; 2003.
40. Jezeršek M, Možina J. Laserska merilnika 3D oblike stopal. In: Kosec M, Perne J, Šorli I, eds. *Konferenca SEMTO 2008 Senzorji in aktuatorji*; 2008 Jun 4–5; Ljubljana, Slovenija. Ljubljana: Institut Jožef Stefan in Zavod TC.SEMTO; 2008. p. 13.
41. Pravice sladkornih bolnikov iz obveznega zdravstvenega zavarovanja 19. 10. 2009. [internet]. Ljubljana: Zavod za zdravstveno zavarovanje Slovenije; c2009 [citirano 2011 Apr 30]. Dosegljivo na: <http://www.zzzs.si>

Prispelo 28. 5. 2011