

VPLIVI KLINASTEGA POVIŠKA NA SILE V SPREDNJEM DELU STOPALA MED HOJO

EFFECTS OF WEDGE-SHAPED SOLES ON FORCES IN THE FRONTFOOT DURING WALKING

Tomaž Štajer, dipl. inž. ort. in prot., prof. dr. Helena Burger, dr. med., doc. dr. Gaj Vidmar, univ. dipl. psih.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

Izvleček

Izhodišča:

Veliko žensk nosi čevlje z visokimi petami. V literaturi najdemo študije, ki opisujejo negativne učinke visokih pet na stopala. Namen naše študije je bil ugotoviti vpliv klinastega poviška na stopalne pritiske.

Metode:

Z merilnim sistemom F-scan, verzija 5.0 (Tekscan Inc., ZDA), smo petnajstim zdravim študentkam, ki pred tem niso imele poškodb na spodnjih udih, izmerili pritiske na stopalo med hojo. Hodile so bose ter z 2 in 5 cm visokimi klinastimi poviški.

Rezultati:

Pri hoji s poviški smo ugotovili statistično značilno povečanje pritiskov v predelu palca na obeh stopalih in opazno povečanje v predelu glavice I. stopalnice, ki pa je bilo statistično značilno le na desnem stopalu. Pritiski v predelu 2. do 5. glavice stopalnice so se počasi zmanjševali z naraščanjem višine pete klinastega poviška. Enako smo opazili tudi na peti levega stopala.

Zaključki:

Klinasti poviški, podobno kot visoke pete, povečajo pritiske na medialnem delu stopala spredaj, vendar morda manj kot čevlji z enako visokimi petami.

Ključne besede:

visoke pete, čevlji, razlika v dolžini spodnjih udov, poviški, pritiski na stopalo

Abstract

Background:

Many women wear high-heel shoes. Studies from the literature report many negative effects of high heels on feet. The aim of our study was to find out whether wedge-shaped soles have the same effect on plantar pressures as high heels.

Methods:

Using the F-scan 5.0 system (Tekscan Inc., USA), we measured plantar pressures during ground walking in 15 healthy female students with no history of previous lower limb injuries. They walked barefoot and using 2 and 5 cm high wedge-shaped soles.

Results:

Using the wedge-shaped soles, a statistically significant increase in pressure under the big toe was observed on both feet, while a notable increase in pressure under the first metatarsal joint was statistically significant only on the right foot. Pressure in the area from the second to the fifth metatarsal joint gradually decreased with increasing height of the wedge-shaped sole. The same effect was observed on the heel of the left foot.

Conclusion:

Like high heels, wedge-shaped soles increase pressure on the front median part of the foot, but perhaps less so than high-heel shoes.

Key words:

high heels, shoes, leg length discrepancy, foot pressures

UVOD

Čevlji z visokimi petami so poglavitni model ženskih čevljev. Vedno so modni in družbeno sprejemljivi (1). Vsak dan jih obuje od 37 do 69 odstotkov žensk (2). Številne študije opisujejo negativne učinke visokih pet na stopala (2-6) ter kinematiko in kinetiko hoje (7, 8). Povečani pritiski v prednjem delu stopala so dejavnik tveganja za bolečino pod glavicami stopalnic (metatarzalgijo) (1, 9), za nastanek otiščancev in sprememb na prednjem delu stopala.

Največ študij ugotavlja vpliv čevljev z različno visokimi petami na stopalne pritiske. Večina jih ugotavlja, da visoke pete povečajo pritiske medialno pod glavico prve stopalnice, nekatere pa tudi, da se le-ti povečajo pod palcem (tabela 1). Avtorji so uporabili čevlje z zelo različno visokimi petami. Visoke pete tudi zmanjšajo udobnost obutve (1, 10). Z ortopedskimi vložki s popolnim stikom pa lahko pritiske na prednjem delu stopala zmanjšamo in izboljšamo udobnost čevljev (1, 10).

Tabela 1: Pregled ugotovitev različnih študij o vplivu višine pete na stopalne pritiske.

Avtor	Vključene osebe	Višine pet	Ugotovitve
Nyska [11]	10 žensk	Nizke pete: 1-2,5 cm Visoke pete: 4,5-8 cm	Visoke pete ↑ pritiske medialno spredaj in pod palcem.
Mandato [8]	35 žensk	Športni čevlji; 5,1 cm [2 palca]; 7,6 cm [3 palce]	Z višino pete se ↑ pritiski pod glavico prve stopalnice in pod palcem.
Hong [1]	20 žensk	1 cm; 5,1 cm; 7,6 cm	Z višino pete se ↑ pritiski pod glavico prve stopalnice, ortopedski vložki s popolnim stikom ↓ pritisk pod glavico prve stopalnice in pod peto ter ga ↓ v sredini stopala.
Lee [10]	10 žensk	1 cm; 5,1 cm; 7,6 cm	Z višino pete se ↑ pritiski medialno spredaj in občutek neudobja med hojo, vložek za peto (heel cup) ↓ pritisk pod peto, podpora za loke ↓ pritisk medialno spredaj, vložki s popolnim stikom najbolj učinkovito ↓ pritisk in izboljšajo udobnost čevljev.
Ko [12]	10 moških in 11 žensk	2 cm; 3 cm; 4 cm	Z višino pete se ↑ pritiski pod glavico prve in druge stopalnice.

V vseh študijah so uporabljali čevlje z visokimi petami. Pri osebah s krajšim ali daljšim spodnjim udom razliko navadno izenačimo s klinastim poviškom, ki je podoben visoki peti (nekatere visoke pete so narejene enako kot klinasti povišek). Namen naše študije je bil ugotoviti, ali ima klinasti povišek enak učinek na stopalne pritiske kot visoke pete.

METODE

Osebe

Za sodelovanje pri meritvah smo prosili 19 študentk Pedagoške fakultete v Ljubljani. V študiji jih je nato sodelovalo le 15, saj smo izključili vse, ki so imele:

1. v anamnezi poškodbe stopal;
2. bolezni, ki lahko vplivajo na stopalo (revmatoidni artritis, sladkorno bolezen, nevrološke bolezni);
3. klinično ugotovljene nepravilnosti (spuščen(e) stopalni(e) lok(e), deformacije prstov, otiščance, varus/valgus petnice večji od 5 stopinj).

Meritve

Z merilnim sistemom F-scan, verzija 5.0 (Tekscan Inc., ZDA), smo merili pritiske na stopalo med hojo. Merilni

vložki vsebujejo 960 merilnih senzorjev (25 mm² površine), ki so razporejeni v 21 vrstic in 60 stolpcev. Vložki so zelo tanki (debelina 0,18 mm), preiskovanca ne motijo in ne ovirajo hoje (slika 1). Natančnost merilnih vložkov se z večjim številom meritev zmanjšuje (13), zato smo za raziskavo uporabili nove merilne vložke (za vsako od sodelujočih nov par merilnih vložkov). Merilni vložek je povezan z zbiralnikom, ki smo ga namestili nad gleženj in ga s kablom povezali z osebnim računalnikom. Podatke, ki smo jih dobili z opisanimi meritvami, smo nato analizirali.



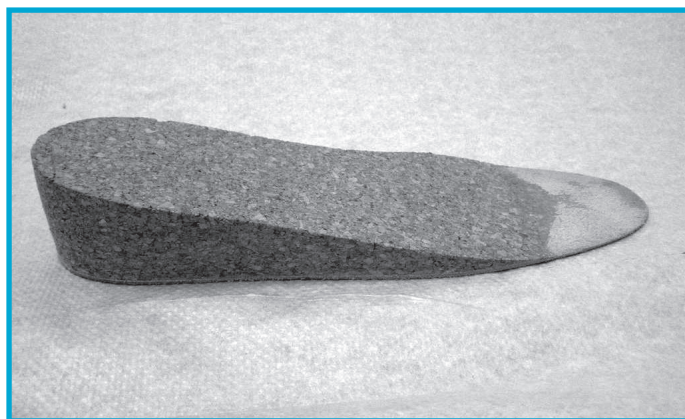
Slika 1: Merilni sistem F-scan.

Spreminjanje pritiskov med meritvijo spremljamo v obliki dvo- ali tridimenzionalnega prikaza na zaslonu računalnika. Meritev shranimo v obliki filma in izmerjene podatke kasneje pregledamo in analiziramo. Pred prvo meritvijo smo vložke obrezali na velikost stopal, pri čemer smo izgubili do 20 % merilnih senzorjev. Sistem je po navodilih proizvajalca treba pred vsako meritvijo umeriti na težo preiskovanca (13). Med meritvijo so preiskovanci hodili po ravnem hodniku s svojo običajno hitrostjo, vsakič smo zabeležili najmanj pet korakov. Metoda se je v raziskavah že izkazala za zanesljivo pri bolnikih s sladkorno boleznijo in pri zdravih preiskovancih (14, 15). V ločeni raziskavi pa so dokazali veliko zanesljivost metode pri bolnikih z revmatoidnim artritisom (16).

Poseg

Za uporabo v študiji smo naredili par klinastih poviškov iz plute in usnja, ki so bili pod petnim delom visoki 2 in 5 cm (naklon 5° in 11°) ter enakomerno speljani na 0 cm pod prsti (slika 2).

Osebe so najprej hodile bose, tako da smo senzorje vstavili v nogavice in pritrjili z lepilnim trakom. Drugo meritev



Slika 2: Klinasti povišek.



Slika 3: Namestitve merilnega sistema.

smo opravili z 2 cm visokim poviškom, ki smo ga na stopalo pritrjili z lepilnim trakom. Tretjo meritev smo opravili s 5 cm visokim poviškom, ki je bil pritrjen na enak način (slika 3).

S pomočjo programske opreme (Timing Analysis Modul – TAM) smo ocenjevali povprečne največje pritiske na sedmih mestih na stopalih:

- blazinica palca;
- glavica I. stopalnice;
- glavica II. stopalnice;
- glavica III. in IV. stopalnice;
- glavica V. stopalnice;
- srednji lateralni del stopala;
- peta.

Vse meritve je odčital prvi avtor prispevka. Po navodilih proizvajalca smo iz analize izključili prvi in zadnji korak, program je izračunal povprečje pritiskov preostalih korakov (13).

Statistična analiza

Povprečne vrednosti pritiskov na petih opazovanih mestih smo med seboj primerjali s parnim testom *t*. Mejo statistične značilnosti smo postavili pri $\alpha=0,05$.

REZULTATI

Tabela 2 in slika 4 prikazujeta povprečne vrednosti (in standardne odklone) plantarnih pritiskov na opazovanih mestih brez poviška, z 2 cm in 5 cm visokim poviškom, posebej za levo in desno stopalo (ter ustrezne vrednosti *p*).

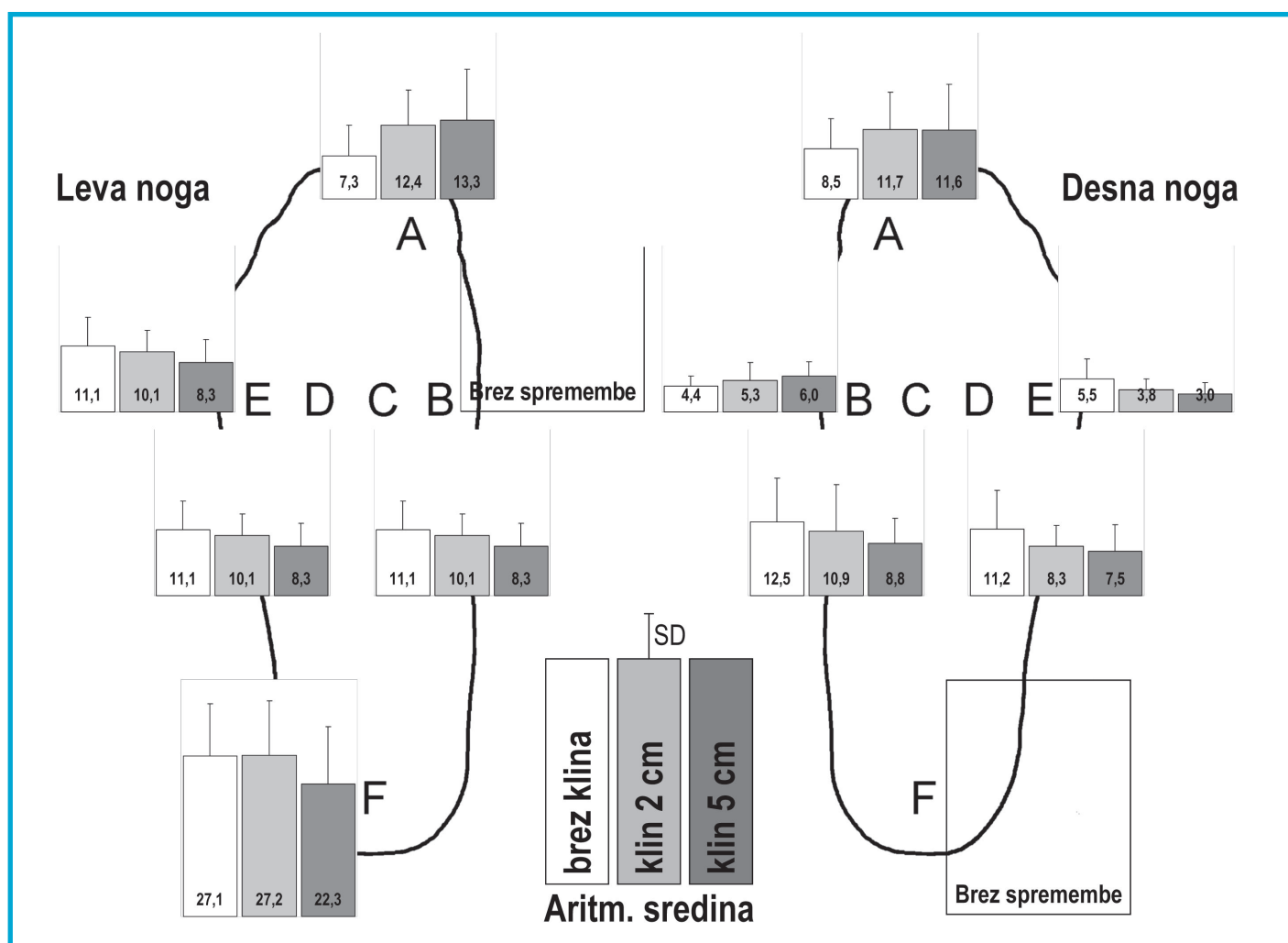
Iz tabele 2 in slike 4 lahko razberemo, da je povečanje pritiskov v predelu palca statistično značilno, opazno povečanje v predelu glavice prve stopalnice pa je statistično značilno le na desnem stopalu. Pritiski v predelu glavice druge do pete stopalnice se počasi, a statistično značilno zmanjšujejo z naraščanjem višine pete klinastega poviška. Enako lahko opazimo tudi na peti levega stopala.

RAZPRAVA

Pričakovali smo, da bo z dvigovanjem pete s klinastim poviškom prišlo do povečanih obremenitev v prednjem delu stopala in zmanjšanja obremenitev pod peto, kar smo tudi ugotovili na levem stopalu, medtem ko smo na desnem stopalu ugotovili povečanje pritiskov le pod palcem. Podobnih študij v literaturi nismo našli. V vseh študijah, ki so jih doslej naredili, so uporabili čevlje z visoko peto. Avtorji teh študij poročajo o povečanih pritiskih v predelu palca in glavice prve stopalnice (8, 11, 17, 18), podobno kot smo

Tabela 2: Povprečne vrednosti meritev in rezultati primerjave med različnimi višinami poviškov.

		Povprečna vrednost (standardni odklon) [KPa]			Vrednost <i>p</i>		
		brez poviška	2 cm poviška	5 cm poviška	brez vs. 2 cm	brez vs. 5 cm	brez vs. 5 cm
Levo stopalo	palec	7,3 (5,1)	12,4 (6,0)	13,3 (8,6)	0,009	0,015	0,098
	2. MT sklep	11,1 (4,8)	10,1 (3,7)	8,3 (3,9)	0,173	0,076	0,465
	3.-4. MT sklep	9,8 (4,0)	9,9 (3,5)	4,7 (3,9)	0,154	0,057	0,199
	5-MT sklep	5,1 (2,8)	4,2 (2,3)	2,8 (1,4)	0,076	0,046	0,028
	peta	27,1 (8,8)	27,2 (9,2)	22,3 (9,7)	<0,001	0,006	0,001
Desno stopalo	palec	8,5 (5,0)	11,7 (6,3)	11,6 (7,7)	0,011	0,002	0,001
	1. MT sklep	4,4 (1,6)	5,3 (3,0)	6,0 (2,5)	0,010	0,001	0,010
	2. MT sklep	12,5 (7,3)	10,9 (7,8)	8,8 (4,3)	0,002	0,044	0,001
	3.-4. MT sklep	11,2 (6,6)	8,3 (3,5)	7,5 (4,5)	0,076	0,096	0,001
	5. MT sklep	5,5 (3,4)	3,8 (1,7)	3,0 (2,0)	0,015	<0,001	0,009



Slika 4: Povprečne vrednosti sprememb pritiskov na opazovanih mestih stopala v KPa (A – palec, B – glavica prve stopalnice, C – glavica druge stopalnice, D – glavici 3. in 4. stopalnice, E – glavica pete stopalnice, F – peta).

tudi mi ugotovili na desnem stopalu in levem palcu. V naši študiji so se pritiski počasneje oziroma manj povečali, kot o tem poročajo avtorji (8,11,17,18), ki so v svojih študijah uporabljali čevlje z visokimi petami, kar je s kliničnega vidika ugodno in v prid klinastim poviškom. Za potrditev le-tega bi bilo potrebno opraviti študijo z večjim številom

oseb ter izmeriti pritiske med hojo v čevljih z visoko peto in pri hoji s klinastim poviškom.

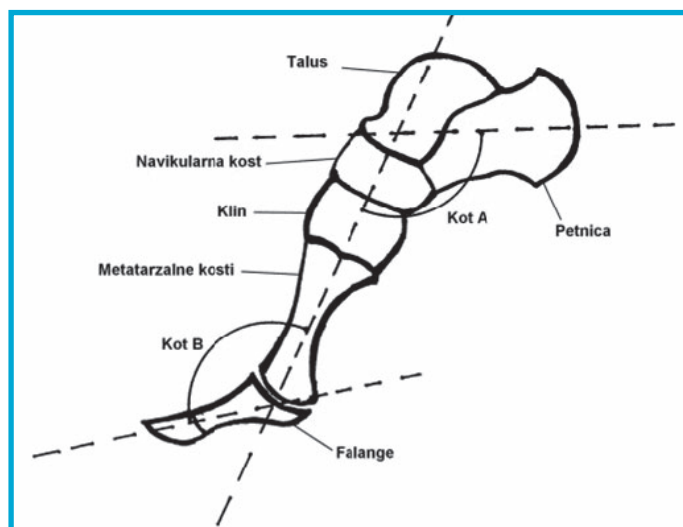
Klinaste poviške pogosto uporabljamo pri osebah, ki imajo krajši en spodnji ud. Mnenja o tem, kdaj prikrajšavo enega spodnjega uda izenačiti z dolžino drugega, so med različnimi

strokovnjaki različna, podatkov o tem pa v dostopni literaturi ni. Specialisti fizikalne in rehabilitacijske medicine večinoma menimo, da je potrebno izenačiti že razlike 5 mm ali večje kot 5 mm. To potrjujejo tudi ugotovitve Defrina s sod. (19), ki je v randomizirani kontrolirani študiji pri ljudeh s kronično bolečino v križu zaradi prikrajšave enega spodnjega uda do 1 cm ugotovil, da se je pri njih zmanjšala bolečina po desetih tednih uporabe vložkov za izenačevanje dolžine spodnjih udov. Vendar pa je študij o tem malo.

Po pravilniku o medicinsko tehničnih pripomočkih Zavoda za zdravstveno zavarovanje (20) so do ortopedskih čevljev upravičeni zavarovanci, če imajo en spodnji ud krajši vsaj za 2,5 cm (otroci za 1,5 cm). Manjše prikrajšave poskušamo reševati s klinastimi vložki za izenačevanje ali kombinirano s klinastim vložkom in poviškom pete. V serijsko izdelane čevlje lahko vstavimo klinasti povišek, visok od 1-1,5 cm, odvisno od višine čevljev. Pri večjih razlikah v dolžini spodnjih udov uporabljamo ortopedске čevlje s poviškom. Ljudje večinoma želijo, da sta čevlja na pogled čim bolj podobna (enaka), zato niso zadovoljni s poviški, narejenimi po celem podplatu ali z majhno razliko med višino poviška pod peto in sprednjim delom stopala. Zato so poviški praviloma klinaste oblike. Če je povišek del ortopedskega čevlja, praviloma oblikujemo tudi podpore za stopalne loke, potrebne zaradi razbremenitve, kar po mnenju nekaterih enakomerneje razporedi pritiske na stopalu, zmanjša reakcijsko silo podlage in izboljša udobnost čevlja (10, 21).

Witana s sodelavci (22) je opozoril tudi na pomen petnega kota, to je kot nagnjenosti petnice (slika 5). Čim manjši je petni kot (A), tem večji so pritiski na sprednji del stopala. Petni kot lahko manjšamo z višino poviška, če ta nima oblikovanega naslona za peto, ampak je speljan naravnost, kot so bili naši vložki. Na takem vložku stopalo lažje drsi naprej, teža in obremenitev pa se lažje premakneta na prednji del stopala, kar lahko dodatno povzroči tudi občutek, da so čevlji prekratki. Kljub temu v naši študiji nismo opazili večjih pritiskov, o kakršnih poročajo avtorji, ki so uporabljali čevlje z visoko peto (8). Petni kot se pri enaki višini poviška spreminja z dolžino čevlja – čim daljši je čevljev, tem manjši je kot. Zanimivo bi bilo primerjati povezanost med petnim kotom (A), velikostjo stopala, težo in višino bolnika in indeksom telesne teže ter preučiti, kako na pritiske v prednjem delu stopala vpliva kot med stopalnicami (metatarzalnimi kostmi) in falangami prstov (B). Na obremenitev prednjega dela stopala najverjetneje vplivata tudi velikost in oblika petnega naslona. Večina čevljev z visoko peto ima petni plato bolj raven kot srednji del čevlja, ki se strmo spušča do glavic stopalnic, kjer se izravna. Teža v fazi dostopa in obremenitve na celo stopalo se delno prenese na peto in teža telesa se povsem prestavi na prednji del stopala le v fazi odziva.

Za merjenje smo uporabljali sistem F-scan, ki ga tako kot drugi (14, 23, 24) redno uporabljamo za preverjanje stopalnih pritiskov in ustreznosti predpisanih prilagoditev predvsem



Slika 5: *Kosti stopala in kote med njimi – petni kot (A) in kot med falangami in metatarzalnimi kostmi (B).*

pri ljudeh, ki imajo motnje zaznavanja ali težje nepravilnosti stopal. Merjenje z njim je zanesljivo (16). Vendar pa nam ne omogoča razdelitve stopala in izračuna pritiskov na enakih področjih kot drugi merilni sistemi. Zato so bolj natančne primerjave z drugimi študijami nemogoče. Tako kot večina drugih študij, smo tudi mi v raziskavo vključili le ženske, izbrana poviška pa sodita med nizke in visoke pete.

Glavni pomanjkljivosti naše študije sta, da smo vanjo vključili razmeroma majhno število oseb in da nismo naredili primerjave s pritiski v čevljih z enako visokimi petami (le tako bi lahko dejansko ugotovili, ali so učinki enaki ali različni, vendar bi to zelo podražilo raziskavo oziroma le-ta ne bi bila izvedljiva, ker bi vse udeleženske morale imeti enak model čevljev) in vložki, ki bi imeli dodane podpore za stopalne loke ali ki bi bili narejeni po meri za enakomerno porazdelitev pritiskov po celih podplatih (ko predpisujemo klinaste poviške, imajo ti vedno tudi potrebne dodatne podpore za stopalne loke ali celo naredimo vložke po meri, če je to potrebno. Podpore za stopalne loke le-tem nudijo podporo pri obremenitvah in zmanjšujejo pritiske na glavice stopalnic (25)).

ZAKLJUČEK

Zaključimo lahko, da klinasti poviški sicer povečajo pritiske v medialnem delu stopala spredaj, a morda manj kot čevlji z enako visokimi petami.

Literatura:

- Hong WH, Lee YH, Chen HC, Pei YC, Wu CY. Influence of heel height and shoe insert on comfort perception and biomechanical performance of young female adults during walking. *Foot Ankle Int* 2005; 26(12): 1042-8.

2. Frey C, Thompson F, Smith J, Sanders M, Horstman H. American Orthopaedic Foot and Ankle Society women's shoe survey. *Foot Ankle* 1993; 14(2): 78-81.
3. Dawson J, Thorogood M, Marks SA, Juszczak E, Dodd C, Lavis G, et al. The prevalence of foot problems in older women: a cause for concern. *J Public Health Med* 2002; 24(2): 77-84.
4. Dawson J, Juszczak E, Thorogood M, Marks SA, Dodd C, Fitzpatrick R. An investigation of risk factors for symptomatic osteoarthritis of the knee in women using a life course approach. *J Epidemiol Community Health* 2003; 57(10): 823-30.
5. Kerrigan DC, Todd MK, Riley PO. Knee osteoarthritis and high-heeled shoes. *Lancet* 1998; 351(9113): 1399-401.
6. Snow RE, Williams KR. High heeled shoes: their effect on center of mass position, posture, three-dimensional kinematics, rearfoot motion, and ground reaction forces. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75(5): 568-76.
7. Esenyel M, Walsh K, Walden JG, Gitter A. Kinetics of high-heeled gait. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003; 93(1): 27-32.
8. Mandato MG, Nester E. The effects of increasing heel height on forefoot peak pressure. *J Am Podiatr Med Assoc* 1999; 89(2): 75-80.
9. Kang JH, Chen MD, Chen SC, Hsi WL. Correlations between subjective treatment responses and plantar pressure parameters of metatarsal pad treatment in metatarsalgia patients: a prospective study. *BMC Musculoskelet Disord* 2006; 7: 95.
10. Yung-Hui L, Wei-Hsien H. Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. *Appl Ergon* 2005; 36(3): 355-62.
11. Nyska M, McCabe C, Linge K, Klenerman L. Plantar foot pressures during treadmill walking with high-heel and low-heel shoes. *Foot Ankle Int* 1996; 17(11): 662-6.
12. Ko PH, Hsiao TY, Kang JH, Wang TG, Shau YW, Wang CL. Relationship between plantar pressure and soft tissue strain under metatarsal heads with different heel heights. *Foot Ankle Int* 2009; 30(11): 1111-6.
13. F-scan users manual. Tekscan Inc., 2001.
14. Randolph AL, Nelson M, Akkapeddi S, Levin A, Alexandrescu R. Reliability of measurements of pressures applied on the foot during walking by a computerized insole sensor system. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81(5): 573-8.
15. Ahroni JH, Boyko EJ, Forsberg R. Reliability of F-scan in-shoe measurements of plantar pressure. *Foot Ankle Int* 1998; 19(10): 668-73.
16. Vidmar G, Novak P. Reliability of in-shoe plantar pressure measurements in rheumatoid arthritis patients. *Int J Rehabil Res* 2009; 32(1): 36-40.
17. McBride ID, Wyss UP, Cooke TD, Murphy L, Phillips J, Olney SJ. First metatarsophalangeal joint reaction forces during high-heel gait. *Foot Ankle* 1991; 11(5): 282-8.
18. Rodgers MM, Cavanagh PR. Pressure distribution in Morton's foot structure. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21(1): 23-8.
19. Defrin R, Ben Benyamin S, Aldubi RD, Pick CG. Conservative correction of leg-length discrepancies of 10mm or less for the relief of chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86(11): 2075-80.
20. Pravica do medicinsko tehničnih pripomočkov. Zavod za zdravstveno zavarovanje Slovenije, 2010. Dostopno na: <http://www.zzzs.si/zzzs/internet/zzzs.nsf/o/B846D92-B19FF348EC1256E8D002C0D06>
21. Goske S, Erdemir A, Petre M, Budhabhatti S, Cavanagh PR. Reduction of plantar heel pressures: insole design using finite element analysis. *J Biomech* 2006; 39(13): 2363-70.
22. Witana CP, Goonetilleke RS, Au EY, Xiong S, Lu X. Footbed shapes for enhanced footwear comfort. *Ergonomics* 2009; 52(5): 617-28.
23. Imamura M, Imamura ST, Salomao O, Pereira CA, De Carvalho AE, Neto RB. Pedobarometric evaluation of the normal adult male foot. *Foot Ankle Int* 2002; 23(9): 804-10.
24. Young CR. The F-SCAN system of foot pressure analysis. *Clin Podiatr Med Surg* 1993; 10(3): 455-61.
25. Mojica M. Foot orthoses. In: Hsu JD, Michael JW, Fisk JR, eds. *AAOS atlas of orthoses and assistive devices*. 4th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier, cop. 2008: 338.