

EFFECT OF ARCH SUPPORT ON THE INSOLE PRESSURE DISTRIBUTION OF HEEL HEIGHTED SHOES

EFFECTUL SUPORTULUI PLANTAR ASUPRA DISTRIBUȚIEI PRESIUNII LA PANTOFII CU TOC ÎNALT

Jin ZHOU, Weiwen ZHANG, Bo XU, Wuyong CHEN*

National Engineering Laboratory for Clean Technology of Leather Manufacture, Sichuan University, Chengdu P. R. China, email:
rufuszhou.scu@gmail.com, wuyong.chen@163.com

EFFECT OF ARCH SUPPORT ON THE INSOLE PRESSURE DISTRIBUTION OF HEEL HEIGHTED SHOES

ABSTRACT. This study aimed at exploring the effect of arch support on the insole pressure distribution of ladies' shoes with 20 mm, 50 mm and 80 mm heel height. Foot arch of ten ages-, body weight- and height-matched girls in barefoot standing posture was scanned by 3D measure system. Three types of last were proposed based on the foot arch: control last (CL), higher last (HL) and lower last (LL). CL was designed according to the foot model, whereas HL and LL indicated 2.5 mm higher or lower than that of CL in the arch area. Pressure variables of peak pressure (PP), contact area (CA) and pressure-time integral (PTI) at hind, mid and fore foot were analyzed by paired-T test with the significant level of 0.05. The result shows that no significant differences were observed at mid foot between comparisons of HL and CL, and CL and LL in each heel height. However, HL demonstrated a significantly lower PP and PTI than CL at forefoot in the 20 mm and at hind foot in the 80 mm heel height respectively; while CL demonstrated a significantly smaller PP than that of LL at hind foot in 50 mm heel height. It can be concluded that the last with an appropriate arch support was helpful in ameliorating pressure concentration under forefoot and hind foot.

KEY WORDS: high heel shoe, insole pressure, arch shape.

EFFECTUL SUPORTULUI PLANTAR ASUPRA DISTRIBUȚIEI PRESIUNII LA PANTOFII CU TOC ÎNALT

REZUMAT. Acest studiu a avut ca scop explorarea efectului suportului plantar asupra distribuției presiunii pe talpa piciorului la pantofii de damă cu înălțimea tocului de 20 mm, 50 mm, respectiv 80 mm. Cu ajutorul unui sistem de măsurare 3D s-a scanat bolta piciorului a zece femei cu vîrstă, greutate corporală și înălțime apropriate în ortostatism. S-au propus trei tipuri de calapod în funcție de bolta piciorului: un calapod martor (CL), un calapod mai înalt (HL) și un calapod mai jos (LL). CL a fost proiectat conform modelului piciorului, iar HL și LL au avut 2.5 mm în plus, respectiv în minus față de CL în zona bolții piciorului. S-au analizat variabilele presiunii, cum ar fi presiunea maximă (PP), suprafața de contact (CA) și integrala presiune-timp (PTI) în zona posterioară, mediană și anteroară a piciorului, cu ajutorul unui test t cu eşantioane pereche cu nivel de semnificație de 0,05. Rezultatele arată că nu există diferențe semnificative la compararea valorilor HL cu CL și CL cu LL în zona mediană a piciorului pentru fiecare înălțime a tocului. Cu toate acestea, HL a prezentat o valoare semnificativ mai mică a PP și PTI decât CL în zona anteroară a piciorului la înălțimea tocului de 20 mm și în zona posterioară la înălțimea tocului de 80 mm, iar CL a prezentat o valoare semnificativ mai mică a PP decât cea a LL în zona posterioară a piciorului la înălțimea tocului de 50 mm. În concluzie, calapodul cu un suport plantar adecvat a fost de ajutor în ameliorarea concentrării presiunii în zona anteroară și posterioară a piciorului.

CUVINTE CHEIE: pantofi cu toc înalt, presiunea pe talpa piciorului, forma bolții piciorului.

L'EFFET DU SUPPORT PLANTAIRE SUR LA DISTRIBUTION DE LA PRESSION DANS LES CHAUSSURES À TALONS HAUTS

RÉSUMÉ. Cette étude visait à explorer l'effet du support planteaire sur la distribution de la pression dans les chaussures femme avec hauteur de talon 20 mm, 50 mm et 80 mm. On a scanné, à l'aide d'un système de mesure 3D, la voûte planteaire chez dix femmes avec l'âge, le poids corporel et la hauteur similaires en position debout à pieds nus. Trois types de formes ont été proposés à partir de la voûte planteaire: une forme de contrôle (CL), une forme plus haute (HL) et une forme plus basse (LL). CL a été conçue selon le modèle du pied, tandis qu'aux HL et LL on a ajouté 2,5 mm en plus ou en moins que celui de CL dans la zone de la voûte planteaire. On a analysé les variables de pression comme le pic de pression (PP), la zone de contact (CA) et l'intégration pression-temps (PTI) dans l'arrière, milieu et avant du pied par le test t apparié avec le niveau significatif de 0,05. Le résultat montre qu'il n'existe aucune différence significative au pied milieu entre les comparaisons de HL avec CL et de CL avec LL pour chaque hauteur du talon. Toutefois, HL a démontré un PP et PTI significativement plus faible que la CL à l'avant-pied pour le talon de 20 mm et au pied arrière pour la hauteur du talon de 80 mm respectivement, tandis que CL a démontré un PP significativement plus faible que celui de LL à l'arrière-pied pour la hauteur du talon de 50 mm. On peut en conclure que la forme avec un support planteaire approprié a été utile dans l'amélioration de la concentration de pression sous l'arrière-pied et l'avant-pied.

MOTS CLÉS: chaussures à talons hauts, pression sur la plante du pied, forme de la plante du pied.

INTRODUCTION

High-heeled shoes are considered a "bad" design for women, because they not only change their normal posture by shifting the centre of body mass forward, but they also significantly increase the vertical forces at

INTRODUCERE

Pantofii cu toc înalt sunt considerați un design „nepotrivit” pentru femei, deoarece nu numai că le schimbă poziția normală prin deplasarea centrului de masa corporală în față, dar duc și la o creștere

* Correspondence to: Wuyong CHEN, National Engineering Laboratory for Clean Technology of Leather Manufacture, Sichuan University, Chengdu 610065, P. R. China, email: wuyong.chen@163.com

forefoot [1, 2], by which lower limb pains or even the foot deformities might be triggered [1-3]. Influences of the high-heeled shoe on the kinematic and kinetic characteristics during walking have been seriously discussed [4-7]. However harmful effects on health reported by researchers did not override the advantages of making the lady more charming and elegant, by which this type of footwear prevailed through the history. Therefore the only work that can be done is to design shoes as comfortable as possible to diminish the negative effects, rather than persuading ladies not to use them.

Foot arch is a magic structure, because it functions as both force transmitter and force absorption during normal barefoot walking; while shod walking would be affected by the arch curve of last. Several literatures were reported concerning on this topic. Kouchi [5] studied the arch shape of foot when the heel was heighted and he suggested that the length of medial and lateral longitudinal arch was shortened. The shortened fascia made the foot too rigid to roll over, by which a higher plantar pressure could be observed. Indirect arch shape was changed by the application of inserts, such as metatarsal pad, total contact insole, arch supported insole [8-10]. Unfortunately these approaches were not designed based on the viewpoint of the last and the effect of arch shape of the last on insole pressure distribution was still not clear.

Therefore, this study aimed at exploring the effects of arch shape of the last on the insole pressure distribution of lady shoes with 20 mm, 50 mm and 80 mm heel height. As Hawes et al. [11] suggested, the more similar the last is to the foot, the more comfort whilst walking could be gained, one hypothesis assumed that the optimal insole pressure distribution could be observed when the arch shape of the last and the foot were matched.

MATERIALS AND METHODS

Subjects

Ten ages-, height- and body weight-matched female university students aged between 23-25 years old and with a foot length within 230 ± 5 mm were recruited. Subjects with deformities such as pes planus, pes cavus, and hallux valgus or with foot skin diseases

semnificativă a forțelor verticale de la antepicior [1, 2], putând declanșa dureri ale membrelor inferioare sau chiar deformări ale labelor picioarelor [1-3]. Influențele pantofilor cu toc înalt asupra caracteristicilor cinematice și cinetice în timpul mersului au fost tratate și discutate cu seriozitate [4-7]. Cu toate acestea, efectele dăunătoare asupra sănătății raportate de către cercetători nu au avut întâietate față de avantajele prin care acest tip de încălțăminte a predominat de-a lungul istoriei: farmecul și eleganța conferite femeilor. Prin urmare, singurul lucru care se poate face este acela de a concepe pantofi cât mai confortabili pentru a diminua efectele negative, mai degrabă decât de a convinge doamnele să renunțe la aceștia.

Bolta piciorului este o structură magică, pentru că transmite, dar și absoarbe forță în timpul mersului desculț normal, în timp ce mersul cu pantofi este afectat de cambrura calapodului. S-au raportat mai multe studii din literatura de specialitate cu privire la acest subiect. Kouchi [5] a studiat forma bolții piciorului în pantoful cu toc și a sugerat că lungimea arcului longitudinal median și lateral s-a redus. Fascia scurtată a făcut piciorul prea rigid pentru a rula, observându-se o presiune plantară mai mare. Forma necorespunzătoare a bolții a fost modificată prin aplicarea unor inserții precum pernițele metatarsiene, branțuri ortopedice, susținători plantari [8-10]. Din păcate, aceste abordări nu au fost concepute plecând de la calapod, iar efectul formei cambrurii calapodului asupra distribuției presiunii pe talpa piciorului nu a fost foarte clar.

Prin urmare, acest studiu are ca scop explorarea efectelor formei cambrurii calapodului asupra distribuției presiunii la pantofii de damă cu înălțimea toculei de 20 mm, 50 mm, respectiv 80 mm. După cum au sugerat Hawes și colab. [11], cu cât este mai apropiată forma calapodului de forma piciorului, cu atât este mai mare confortul la mersul pe jos; astfel s-a propus ipoteza că distribuția optimă a presiunii ar putea avea loc atunci când forma cambrurii calapodului și cea a piciorului sunt identice.

MATERIALE ȘI METODE

Subiecți

S-au ales zece studente cu vîrstă, greutate corporală și înălțime apropiate, cu vîrste cuprinse între 23-25 de ani și cu lungimea piciorului de aproximativ 230 ± 5 mm. Subiecții de sex feminin cu diiformități, cum ar fi pes planus, pes cavus și hallux valgus sau cu boli de

were excluded by visual inspection. Aims and methods were explained and subjects have given their approvals. Besides, the study was supervised by the ethics committee of the University and the procedures followed the Helsinki declarations.

Foot Measurement and Last Design

Only right foot was measured in barefoot standing position by a three dimensional laser scanning system (INFOOT USB: Standard type, I-Ware Laboratory Co., Ltd, Japan). Postures with heel height of 20mm, 50mm and 80mm were measured. Key points of foot, such as the hallux, first/fifth metatarsophalangeal joints, cuboids and heel were marked manually and they were identified by an analysis tool (INFOOT measurement interface V2.9, I-Ware Laboratory Co., Ltd, Japan). The system was calibrated prior to the measurement.

Sagittal profile along with foot longitudinal axis (the foot longitudinal axis is the line passing through the end of heel to the centre of second toe, based on this axis, the foot is divided into medial and lateral part) was extracted from the marked foot model in 3D software (Powershape, Delcam Co., Ltd, UK) (Figure 1a). The arch curve was defined as the part of profile between the first metatarsophalangeal joint to the position of the heel contact (red line in Figure 1a); and then it was equally cut by 10 perpendicular lines and produced 10 joints [5] in which coordinates of each joint were recorded (Figure 1b). Process of average was made for each coordinate and an average foot arch section was constructed.

piele au fost excluți prin inspecție vizuală. Subiecții și-au dat acordul după ce li s-au explicitat obiectivele și metodele. În plus, studiul a fost supravegheat de către comitetul de etică al Universității, iar procedurile s-au desfășurat conform declarației de la Helsinki.

Măsurarea piciorului și proiectarea calapodului

S-a măsurat doar piciorul drept desculț în ortostatism, cu ajutorul unui sistem de scanare tridimensională cu laser (INFOOT USB: de tip standard, I-Ware Laboratory Co., Ltd, Japonia). S-au măsurat poziții cu o înălțime a tocului de 20 mm, 50 mm și 80 mm. S-au marcat manual punctele cheie ale piciorului, cum ar fi halucele, prima/a cincea articulație metatarsofalangiană, osul cuboid și călcâiul și au fost apoi identificate printr-un instrument de analiză (interfață de măsurare INFOOTV2.9, I-Ware Laboratory Co., Ltd, Japonia). Sistemul a fost calibrat înainte de măsurători.

Profilul sagital împreună cu axa longitudinală a piciorului (axa longitudinală a piciorului este linia care unește marginea călcâiului cu centrul celui de-al doilea deget; pe baza acestei axe, piciorul este împărțit în partile mediană și laterală) au fost extrase din modelul piciorului în software-ul 3D (Powershape, Delcam Co., Ltd, Regatul Unit) (Figura 1a). Curba bolții a fost definită ca partea profilului situată între prima articulație metatarsofalangiană și poziția de contact a călcâiului (linia roșie din Figura 1a), apoi s-a divizat în 10 linii perpendiculare, rezultând 10 puncte de intersecție [5], înregistrându-se coordonatele fiecărui punct (Figura 1b). S-a făcut media fiecărei coordonate și s-a construit o secțiune medie a bolții piciorului.

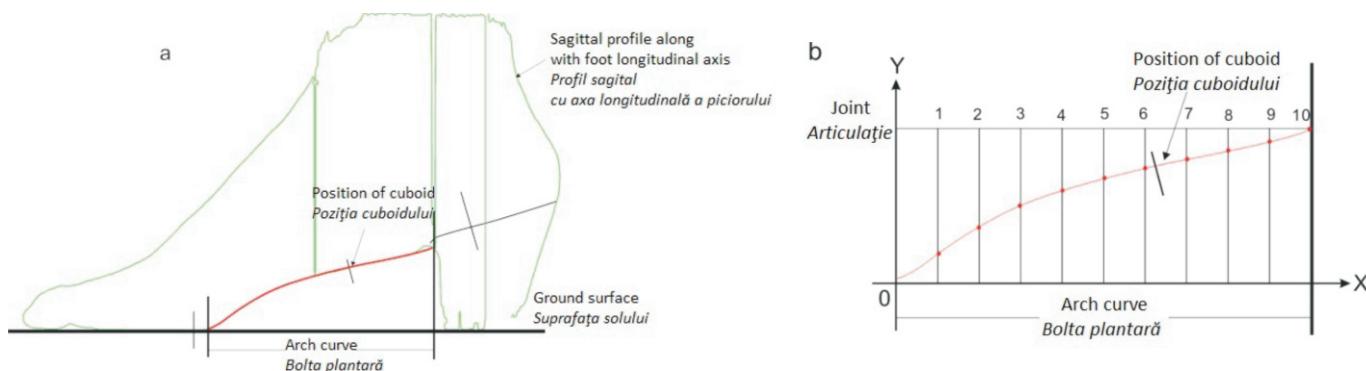


Figure 1. Analysis of the arch area
Figura 1. Analiza regiunii plantare

Three types of last were provided (Figure 2): control last (CL) (red line) was the one that applied the averaged foot arch as the arch curve of last; while the higher last (HL) (dash-dot black line) was the one that the arch section was modified by 2.5 mm higher than the control last in the position of cuboids; similarly, the lower last (LL) (dash blue line) was that of 2.5 mm lower. The 2.5 mm reduction in the height of cuboids implies a 3.5 mm decreasing in instep girth. This difference is usually considered to be enough to result the unfit perception. Except the arch shape, other part of last was kept unchanged and all of the last used in this study were hand-made by the same last engineer.

S-au analizat trei tipuri de calapod (Figura 2): calapodul martor (CL) (linia roșie) a servit ca punct de referință pentru bolta medie a piciorului; la calapodul mai înalt (HL) (linia punctată neagră), s-a înălțat secțiunea bolții cu 2,5 mm față de calapodul martor în regiunea osului cuboid; în mod similar, la calapodul mai jos (LL) (linia întreruptă albastră), secțiunea bolții s-a redus cu 2,5 mm. Reducerea înălțimii osului cuboid cu 2,5 mm presupune o reducere a circumferinței căpătei cu 3,5 mm. Se consideră că această diferență este suficientă pentru a fi percepță o nepotrivire. Cu excepția formei bolții, celelalte părți ale calapodului au rămas neschimbate; toate calapoadele utilizate în acest studiu au fost realizate manual de către același inginer.

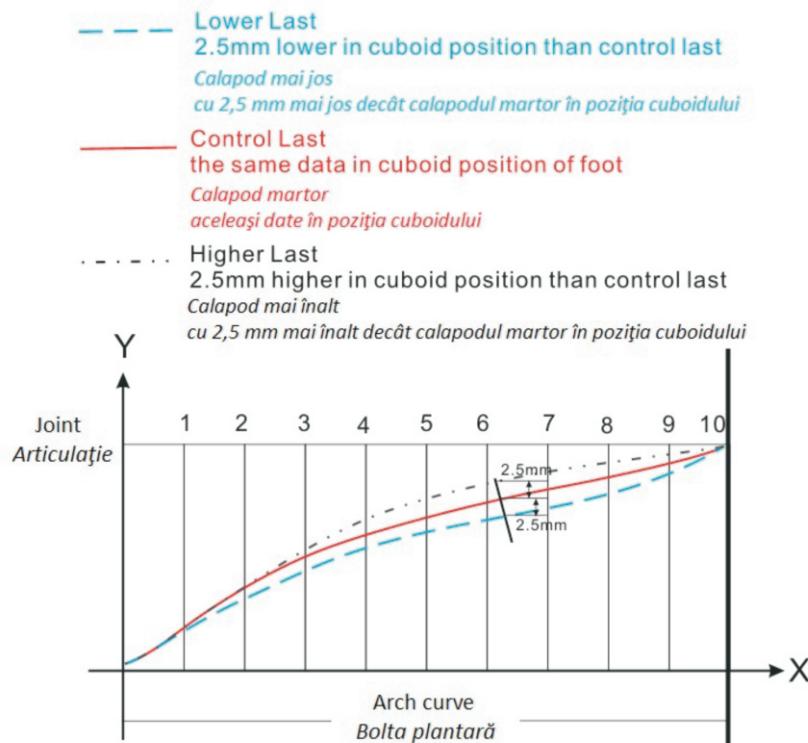


Figure 2. Three types of arch shape used in the last design
Figura 2. Trei tipuri de formă plantară utilizate la proiectarea calapodului

In-shoe Pressure Measurement

Novel insole system (Pedar-X, Novel GmbHgmbh, Germany) was applied in data collection. This system contains 99 pressure sensors and it has been confirmed to be reliable in pressure measurement [12]. A warm up process was provided for each subject and their natural walking speed was selected whilst walking. Ten meter's walking path was used and three successful measure of

Măsurarea presiunii din încălțăminte

Pentru colectarea datelor s-a utilizat software-ul pentru branțuri Novel (Pedar-X, Novel GmbHgmbh, Germania). Acest sistem conține 99 de senzori de presiune și s-a confirmat că este fiabil la măsurarea presiunii [12]. Fiecare subiect a efectuat o încălzire, iar viteza normală de mers a fiecăruia a fost selectată în timpul mersului. S-a utilizat o pistă de mers de zece

right foot was required. The sole region was divided by Novel multimask (Novel Multimask software, Novel GmbHgmbh, Germany) into 3 main parts: heel, mid foot, forefoot (Figure 3) under which pressure variables of peak pressure (PP) (kPa), contact area (cm²) (CA) and the pressure-time integral (kPa*s) (PTI) were calculated.

metri și a fost nevoie de trei măsurători ale piciorului drept. Regiunea tălpii a fost împărțită cu software-ul Novel Multimask (Novel Multimask, Novel GmbHgmbh, Germania) în 3 părți principale: călcâi, zona mediană, antepicior (Figura 3) la care s-au calculat variabilele: presiunea maximă (PP) (kPa), suprafața de contact (cm²) (CA) și integrala presiune-timp (kPa*s) (PTI).

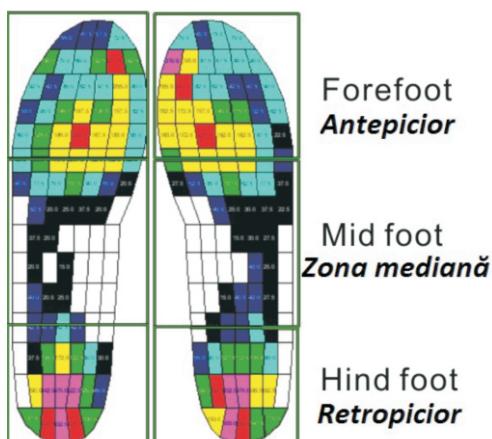


Figure 3. Three masks model for insole pressure analysis
Figura 3. Trei modele pentru analiza presiunii pe talpa piciorului

Statistical Analysis

First of all, the three times data was averaged within the individual and then among the group; then the normal distribution of the data was checked by Q-Q plot. For each region and heel height, Paired-t test was chose to compare the difference between the CL and LL and CL and HL. All the analysis was operated under SPSS (v.16.0; SPSS Inc, Chicago, USA) with significant level $\alpha=0.05$.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Results

The mean age of ten healthy female subjects is 24(0.2) years old, mean height is 1.60 (0.04) m, mean body weight is 49.8(4.4) Kg, mean foot length is 230(2.4) mm and mean width is 87.7 (2.4) mm. All the data follows the normal distribution.

Analiza statistică

În primul rând, s-a făcut media celor trei valori obținute pentru fiecare individ și apoi pentru întregul grup; apoi distribuția normală a datelor a fost verificată prin diagrama de tip Q-Q. Pentru fiecare regiune și înălțime a tocului, s-a ales un test t cu eșantioane pereche pentru a compara diferența dintre CL și LL și dintre CL și HL. Toate analizele s-au efectuat cu programul SPSS (v.16.0, SPSS Inc, Chicago, SUA), cu un nivel de semnificație = 0,05.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Rezultate

Vârsta medie a celor zece subiecți sănătoși de sex feminin este de 24 (0,2) ani, înălțimea medie este de 1,60 (0,04) m, greutatea medie este de 49,8 (4,4) kg, lungimea medie a piciorului este de 230 (2,4) mm și lățimea medie este de 87,7 (2,4) mm. Toate datele sunt obținute în urma distribuției normale.

Table 1: Result of in-shoe plantar pressure measurement and the comparison between the three types of last
Tabelul 1: Rezultatul măsurării presiunii plantare din încălțăminte și comparație între cele trei tipuri de calapoade

Variable Variabilă	Region of last Zonă calapod	20 mm heel height Înălțime toc 20 mm		50 mm heel height Înălțime toc 50 mm		80 mm heel height Înălțime toc 80 mm	
		Mean (SD) Medie (deviația standard)	P value Valoare P		P value Valoare P		P value Valoare P
CA(cm ²)	FF-HL	40.3(1.0)	0.27a	40.3(1.9)	0.76a	39.2(1.6)	0.70a
	FF-CL	39.7(1.6)	0.58b	40.2(2.1)*	0.02b	39.5(2.9)*	0.04b
	FF-LL	40.0(1.4)		40.9(1.6)		38.4(3.6)	
	MF-HL	33.1(3.9)	0.57a	27.7(4.5)	0.97a	20.6(4.4)	0.18a
	MF-CL	32.9(3.9)	0.73b	27.7(4.9)	0.07b	21.3(4.0)*	0.00b
	MF-LL	32.6(5.3)		26.5(4.5)		18.1(4.9)	
	HF-HL	26.90(0.4)	0.40a	26.2(0.8)	0.26a	25.9(1.4)	0.94a
	HF-CL	26.8(0.7)*	0.01b	26.4(0.8)	0.60b	25.9(1.1)	0.66b
	HF-LL	26.1(1.0)		26.2(1.1)		25.7(1.7)	
PP(kPa)		242.4(59.6)*	0.03a	239.0(45.1)	0.32a	274.3(102.2)	0.92a
		260.9(68.0)	0.46b	251.9(69.6)	0.38b	275.1(94.9)	0.41b
		253.3(90.5)		264.1(76.8)		297.9(70.7)	
		164.0(32.6)	0.57a	162.1(47.1)	0.67a	177.5(101.5)	0.51a
		166.5(33.7)	0.23b	157.0(54.7)	0.82b	184.8(89.1)	0.81b
		177.1(26.3)		154.5(56.3)		190.1(88.5)	
		182.4(30.8)	0.28a	127.6(23.4)	0.99a	103.7(15.1)*	0.01a
		174.9(24.1)	0.08b	127.5(16.9)*	0.00b	116.3(19.9)	0.09b
		163.3(23.9)		145.7(24.9)		123.1(23.5)	
PTI(s*kPa)		70.1(16.5)*	0.01a	91.2(12.9)	0.30a	126.5(48.8)	0.07a
		80.1(22.7)	0.77b	85.8(21.1)	0.29b	109.9(28.3)	0.12b
		81.1(28.6)		90.2(23.6)		123.1(24.2)	
		61.9(11.6)	0.55a	72.5(16.2)	0.25a	83.6(47.2)	0.66a
		63.9(12.9)	0.21b	69.6(18.5)	0.39b	80.6(30.9)	0.97b
		67.6(12.3)		66.9(18.1)		81.0(38.5)	
		65.2(14.3)	0.18a	57.3(10.5)	0.20a	51.2(8.1)*	0.02a
		59.7(12.8)	0.81b	59.8(10.3)	0.21b	58.4(10.2)	0.13b
		58.7(15.6)		62.8(13.0)		62.3(14.4)	

* Significant level < 0.05. FF: forefoot, MF: mid foot; HF: hind foot; HL: higher last, CL: control last; LL: lower last. "a" implies the comparison between HL and CL; "b" implies the comparison between CL and LL.

* Nivel de semnificație < 0.05. FF: antepicior, MF: picior median; HF: retrropicior; HL: calapod mai înalt, CL: calapod martor; LL: calapod mai jos. "a" reprezintă comparația dintre HL și CL; "b" reprezintă comparația dintre CL și LL.

As the arch heightened, more mid foot contact was found (Table 1). But only significant differences were recorded at mid foot between the CL and LL in 80 mm heel height ($p=0.00$); besides, a significant larger CA was also observed under forefoot ($p=0.04$) between these two types of last. No significant differences were shown between CL and HL in all three heel height groups. In terms of 20 mm heel height, CA of CL was significantly larger than LL at hind foot ($p=0.01$).

No significant PP reduction in mid foot was recorded as more mid foot contacted with the insole. But in the 20 mm heel height, the PP of HL was significantly smaller than that of CL at forefoot ($p=0.03$) as well as at hind foot in 80 mm heel height ($p=0.01$). PP of CL was significantly decreased by 12%, when compared with LL in the 50 mm heel height ($p=0.00$).

A trend of decreasing of PTI under mid foot was found as the arch height elevated in each heel height, but they were not statistically significant. Whereas, at the region of forefoot in 20 mm heel height ($p=0.01$) and under hind foot in 80 mm heel height ($p=0.02$), the PTI of HL was significantly smaller than that of CL.

Discussion

This study compared the insole pressure distribution of three types of last with 20, 50 and 80 mm heel height, where one last was designed based on the foot and the other two lasts were modified to be higher or lower in the arch area. Results showed that for each heel height, the higher last obtained a preferable insole pressure distribution than others.

To improve the comfort perception of high-heeled shoes, Hawes et al. [11] suggested that the last should be constructed as close as possible to the foot. Following this principle, methods were devised to minimize the space between the shoe and foot. Hong et al. [10] recommended a type of total contact insert and their outcomes showed that this insert was more effective on reducing the insole pressure of high heel

Pe măsură ce s-a înălțat bolta piciorului, s-a observat un contact mai mare a zonei mediane (Tabelul 1). Însă în zona mediană s-au înregistrat diferențe semnificative doar între CL și LL la înălțimea tocului de 80 mm ($p = 0,00$); în plus, o valoare semnificativ mai mare a CA s-a observat, de asemenea, la antepicior ($p = 0,04$) la aceste două tipuri de calapod. Nu s-au observat diferențe semnificative între CL și HL, la niciuna dintre cele trei înălțimi de toc. În ceea ce privește înălțimea tocului de 20 mm, valoarea CA a CL a fost semnificativ mai mare decât cea a LL la retropicior ($p = 0,01$).

Nu s-a înregistrat nicio reducere semnificativă a PP în zona mediană, întrucât această zonă a piciorului a intrat în contact mai mare cu branțul. Însă la înălțimea tocului de 20 mm, valoarea PP a HL a fost semnificativ mai mică decât cea a CL la antepicior ($p = 0,03$), precum și la retropicior, la înălțimea tocului de 80 mm ($p = 0,01$). Valoarea PP a CL a fost redusă semnificativ, cu 12%, în comparație cu cea a LL la înălțimea tocului de 50 mm ($p = 0,00$).

S-a constatat o tendință de scădere a PTI în regiunea mediană pe măsură ce a crescut înălțimea bolții la fiecare înălțime a tocului, dar nu a fost semnificativă din punct de vedere statistic. Pe de altă parte, în regiunea antepiciorului, la înălțimea tocului de 20 mm ($p = 0,01$) și în regiunea retropiciorului la înălțimea tocului de 80 mm ($p = 0,02$), valoarea PTI a HL a fost semnificativ mai mică decât cea a CL.

Discuție

Prin acest studiu s-a comparat distribuția presiunii pe trei tipuri de calapod cu înălțimea tocului de 20, 50, respectiv 80 mm, unul din calapoade fiind conceput plecând de la forma piciorului, iar la celelalte două modificându-se bolta la o înălțime mai mare sau mai mică față de calapodul martor. Rezultatele au arătat că pentru fiecare înălțime de toc în parte, la calapodul mai înalt s-a obținut o distribuție a presiunii mai bună decât la celelalte.

Pentru a îmbunătăți percepția confortului la pantofii cu toc înalt, Hawes și colab. [11] au sugerat că forma calapodului ar trebui să fie cât mai apropiată de cea a piciorului. Conform acestui principiu, s-au conceput metode pentru minimizarea spațiului dintre pantof și picior. Hong și colab. [10] au recomandat un

shoes than being used in low heel or flat shoes. Additionally, insoles with heel cup and arch support were also reported to be helpful for the pressure redistribution at heel and medial foot [9]. But the approaches above did not follow the shape of last, so that when the inserts were used, in-shoe space would be decrease and undesirable comfort perception would appear. Hence the design of arch shape in the viewpoint of last would positively resolve this problem.

In our study, although the arch of last was elevated, no significant differences in terms of pressure variables were shown between CL and HL and CL and LL in each heel height. However, HL in the 20 mm and 80 mm heel height demonstrated a significantly lower PP and PTI than CL under forefoot and hind foot respectively. Moreover, when comparing with LL, CL demonstrated a significant higher CA at mid foot in the 80 mm heel height and a significant lower PP of hind foot were gained in the 50 mm heel height. Outcomes above indicated that an appropriate arch support was beneficial in lowering the pressure concentration at forefoot and hind foot and this found was supported by the Cong et al. [13] who concluded that as the depth of shank increased, the mid foot obtained more loading and PTI at forefoot decreased. Therefore, the assumed hypothesis was partially approved.

Limitations of this study should be considered when interpreting the results. At first, although the difference of 2.5 mm indicated a half size change in instep girth, this change was not enough to result significant differences. Secondly, the results should not be generalized to other female populations, because this study was based on the foot of young female students whose foot length was within 230 ± 5 mm. Confounding variables such as pathologies have significantly influences on the pressure distribution. The future studies need to continue to explore the relation between the arch shape and the insole pressure distribution, where the arch height should be

tip de inserție pentru contact total, iar rezultatele lor au arătat că această inserție a fost mai eficace în reducerea presiunii la pantofii cu toc înalt față de utilizarea acesteia în pantofi cu toc mic sau fără toc. În plus, s-a raportat că branțurile cu talonete sau suport plantar au fost, de asemenea, de ajutor la redistribuirea presiunii în zona călcâiului și în zona mediană [9]. Însă abordările menționate nu au urmărit forma calapodului, astfel că, atunci când s-au utilizat inserțiile, spațiul din interiorul pantofului a scăzut și a apărut o senzație de disconfort. Prin urmare, proiectarea formei bolții din punctul de vedere al calapodului ar rezolva această problemă.

În studiul nostru, deși bolta calapodului a fost înălțată, nu s-au observat diferențe semnificative în ceea ce privește variabilele de presiune între CL și HL și între CL și LL la fiecare înălțime de toc. Cu toate acestea, la înălțimea tocului de 20 mm și 80 mm, HL a prezentat valori semnificativ mai mici ale PP și PTI decât cele ale CL la antepicior, respectiv la retropicior. Mai mult decât atât, la compararea cu LL, CL a prezentat o valoare semnificativ mai mare a CA în zona mediană, la înălțimea tocului de 80 mm și o valoare semnificativ mai mică a PP la retropicior la înălțimea tocului de 50 mm. Rezultatele de mai sus au indicat faptul că suportul plantar adecvat a fost benefic pentru scăderea concentrării presiunii la antepicior și la retropicior, acest rezultat fiind susținut de Cong și colab. [13], care au concluzionat că, pe măsură ce a crescut adâncimea glenclului, zona mediană a fost încărcată mai mult, iar valoarea PTI la antepicior a scăzut. De aceea, ipoteza propusă a fost parțial confirmată.

La interpretarea rezultatelor trebuie să se ia în considerare limitările acestui studiu. La început, deși diferența de 2,5 mm a indicat o modificare a circumferinței căpătei cu o jumătate de mărime, această modificare nu a fost suficientă pentru a determina diferențe semnificative. În al doilea rând, nu ar trebui să se generalizeze rezultatele la alte persoane de sex feminin, deoarece acest studiu s-a bazat pe forma picioarelor unor studente tinere a căror lungime a piciorului a fost de 230 ± 5 mm. Variabilele necunoscute, cum ar fi patologiile, influențează semnificativ distribuția presiunii. Studiile viitoare trebuie să continue să

modified by a much larger value, such as 5 mm or even 7.5 mm.

CONCLUSIONS

The main findings could be concluded as follows: proper mid foot contact was helpful for attenuating the pressure concentration at forefoot and hind foot in the heel height between 20 to 80 mm. Especially for the higher heel height, more contact would be required for the purpose of improving the comfort of shoe wearing.

Acknowledgements

We would like to appreciate all the students engaged in this study and the financial support from the project of "New leathers and furs with microbiological resistance for medical use" (2009DFA42850) and the Agency of Science and Technology of Sichuan Province for financial support (No. 2009HH0004).

exploreze relația dintre forma bolții și distribuția presiunii, modificând înălțimea bolții cu o valoare mult mai mare, cum ar fi 5 mm sau chiar 7,5 mm.

CONCLUZII

Principalele constatări ar putea fi concluzionate după cum urmează: contactul total în zona mediană a fost util la atenuarea presiunii la antepicior și la retropicior, la înălțimea tocului între 20 și 80 mm. Mai ales la înălțimea mai mare a tocului, ar fi necesar un contact mai mare în scopul de a îmbunătăți confortul la purtarea pantofilor.

Mulțumiri

Dorim să mulțumim tuturor studenților implicați în acest studiu și Agenției pentru Știință și Tehnologie din provincia Sichuan pentru sprijin finanțier (nr. 2009HH0004), precum și pentru sprijinul finanțier din proiectul „Noi piei și blănuri cu rezistență microbiologică pentru uz medical” (2009DFA42850).

REFERENCES

1. Ebbeling, C.J., Hamill, J., Crussemeyer, J.A., *J. Orthop. Sports. Phys. Ther.*, **1994**, 19, 4, 190-196.
2. Lee, C.M., Jeong, E.H., Freivalds, A., *Int. J. Ind. Ergonomics*, **2001**, 28, 6, 321-326.
3. Stephens, M.M., *Phys. Sportsmed.*, **1992**, 20, 4, 87-8.
4. Stefanishyn, D.J. et al., *J. Appl. Biomech.*, **2000**, 16, 3, 309-319.
5. Kouchi, M., Tsutsumi, E., *Anthropol. Sci.*, **2000**, 108, 4, 331-343.
6. Speksnijder, C. et al., *The Foot*, **2005**, 15, 1, 17-21.
7. Cho, W.H., Choi H.K., Advances in Fracture and Strength, 1-4, Trans Tech Publications, Y.J. Kim and H.D. Bae, Editors, **2005**, 2303-2307.
8. Cole, C., Seto C., Gazewood J., *Am. Fam. Physician*, **2005**, 72, 11, 2237-2242.
9. Yung-Hui, L., Wei-Hsien, H., *Appl. Ergon.*, **2005**, 36, 3, 355-62.
10. Hong, W.H. et al., *Foot Ankle Int.*, **2005**, 26, 12, 1042-1048.
11. Hawes, M.R. et al., *Ergonomics*, **1994**, 37, 1, 187-196.
12. Putti, A.B. et al., *Gait Posture*, **2007**, 25, 3, 401-5.

13. Cong, Y., Luximon, Y., Zhang, M., 7th Asian-Pacific Conference on Medical and Biological Engineering, Y. Peng and X. Weng, Editors, **2008**, 500-502.