

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF VARIED SCHOOLBAG WEIGHT ON THE HEALTH OF PRIMARY STUDENTS: A QUANTITATIVE PLANTAR PRESSURE STUDY

STUDIUL INFLUENȚEI GREUTĂȚII VARIABLE A GHIOZDANULUI ASUPRA SĂNĂȚĂȚII ELEVILOR: O ANALIZĂ CANTITATIVĂ A PRESIUNII PLANTARE

Nan ZHOU, Jin ZHOU, Luming YANG, Wuyong CHEN*

National Engineering Laboratory for Clean Technology of Leather Manufacture, Sichuan University, Chengdu, 610065, China,
wuyong.chen@163.com

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF VARIED SCHOOLBAG WEIGHT ON THE HEALTH OF PRIMARY STUDENTS: A QUANTITATIVE PLANTAR PRESSURE STUDY

ABSTRACT. The aim of this study was to explore the effects of varied schoolbag weight on biomechanics of primary students in terms of planter pressure distribution, so as to clarify the threshold of the safety weight bearing for primary students. Sixty healthy children from primary school between the grade 1 to 6 were recruited and those with any scoliosis or foot injury were excluded. Changes of plantar pressure with weight bear increasing in terms of parameters of mean pressure (MP), contact area (CA), pressure-time integral (PTI) and Timecost were measured and the data were analyzed by model of ANOVA with significant level of 0.05 and confident interval of 95%. Our results show that pressure of 0% BW, 5% BW and 10% BW were significantly lower than those of 15% BW and 20% BW under the majority of foot regions, particularly at the medial forefoot and rearfoot. Thereby, our study suggested that the weight of primary students' bag should not exceed 15% BW.

KEY WORDS: primary students, school bag, foot biomechanics, safety weight bearing

STUDIUL INFLUENȚEI GREUTĂȚII VARIABLE A GHIOZDANULUI ASUPRA SĂNĂȚĂȚII ELEVILOR: O ANALIZĂ CANTITATIVĂ A PRESIUNII PLANTARE

REZUMAT. Scopul acestui studiu a fost de a explora influența ghiozdanelor de diferite greutăți asupra biomecanicii piciorului la elevii din învățământul primar, în ceea ce privește distribuția presiunii plantare, astfel încât să se clarifice pragul de siguranță al greutății pentru elevi. S-au recrutat șaiszeci de elevi sănătoși de clasele 1-6, iar cei cu scolioză sau leziuni la nivelul piciorului au fost excluși. S-au măsurat modificările presiunii plantare odată cu creșterea greutății în ceea ce privește următorii parametri: presiunea medie (MP), zona de contact (CA), integrala presiune-timp (PTI) și durata, iar datele au fost măsurate utilizând analiza de varianță unifactorială (ANOVA) cu nivelul de semnificație de 0,05 și intervalul de încredere de 95%. Rezultatele noastre arată că presiunea pentru grupele de 0% greutate corporală (BW), 5% BW și 10% BW a fost semnificativ mai mică decât cea pentru grupele 15% BW și 20% BW în majoritatea regiunilor piciorului, în special în zona medie a antepiciorului și la retropicior. Astfel, studiul nostru a sugerat că greutatea ghiozdanului elevilor din învățământul primar nu ar trebui să depășească 15% din greutatea corporală.

CUVINTE CHEIE: elevi de școală primară, ghiozdan, biomecanica piciorului, prag de siguranță al greutății

ÉTUDE DE L'INFLUENCE DU POIDS VARIABLE DU CARTABLE SUR LA SANTÉ DES ÉTUDIANTS: UNE ANALYSE QUANTITATIVE DE LA PRESSION PLANTAIRE

RÉSUMÉ. Le but de cette étude a été d'explorer l'influence des différents poids des cartables sur la biomécanique du pied aux élèves dans l'enseignement primaire, en termes de répartition de la pression plantaire afin de clarifier le seuil de poids de sécurité pour les étudiants. On a recruté soixante élèves en bonne santé de classes 1-6, et ceux avec des lésions du pied ou de la scoliose ont été exclus. On a mesuré les changements de la pression plantaire avec l'augmentation du poids par rapport aux paramètres suivants: la pression moyenne (MP), la région de contact (CA), l'intégrale pression-temps (PTI) et la durée, et les données ont été mesurées en utilisant une analyse de variance (ANOVA) avec le seuil de signification de 0,05 et l'intervalle de confiance à 95%. Nos résultats montrent que la pression de groupes de 0% du poids corporel (BW), 5% BW et 10% BW était significativement inférieure à celui pour les groupes 15% BW et 20% BW dans la plupart des régions du pied, en particulier dans la région moyenne de l'arrière-pied et l'avant-pied. Ainsi, notre étude suggère que le poids du cartable pour les élèves de l'école primaire ne doit pas dépasser 15% du poids corporel.

MOTS-CLÉS: étudiants d'école primaire, cartable, biomécanique du pied, seuil de poids de sécurité

INTRODUCTION

Excessive weight of schoolbag and its effect on the children's development were of interest to researchers. The human body can bear a certain weight and the weight significantly affects the way

INTRODUCERE

Greutatea excesivă a ghiozdanului și influența acesteia asupra dezvoltării copilului au prezentat interes pentru cercetători. Corpul uman poate suporta o anumită greutate, iar greutatea afectează în mod semnificativ încărcarea și

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

of loading and movement, such as obesity and body deformity. However, different from obesity, weight increasing caused by carrying bags, particularly for primary school students, is more harmful, since not only is the foot loading a higher plantar pressure, but also centre of body is modified, which could cause instability whilst walking, so as to hamper children's normal development. Thereby, schoolbag should be designed ergonomically and its influences on the child development should not be ignored.

Currently, studies were reported on the issue of the schoolbag and children's development. Studies have been conducted [1-3] on the physical reactions of children who walked with four varied school bag weights and their outcomes showed that the weight did not have a significant effect on gait, but a fifteen minute-walk with 20% body weight had a significant influence on children's body postures. Whereas, Troussier *et al.* [4] measured the biomechanics parameters of 1178 French students and they found that habitual or a long-term overweight might cause low back pain and musculoskeletal disorders. Similar findings could also be seen in the research of other experts [5-8]. Therefore, an American exercise physiologist [9] suggested that weight of schoolbag should be lower than 15% bodyweight and this criterion was widely adopted by most primary schools in the USA.

In terms of plantar pressure distribution, Meng Zhaoli *et al.* [10] studied the plantar pressure distribution of school-age children with different schoolbag weights, and their results implied that the peak pressure under 2nd and 3rd metatarsals increased with 4 kg bag weight bearing whilst normal walking and the center of pressure vibrated a lot in the medial-lateral direction; besides, they also narrated that possibility of *varus* or *valgus* deformity was high as the schoolbag weight was increasing. Although previous studies have indicated the effects of different weight bearing on walking posture, a systematic and quantitative study on primary students was rarely reported.

mişcarea, ducând la obezitate și la deformarea corpului. Cu toate acestea, în mod diferit de obezitate, greutatea crescută cauzată de purtarea ghiozdanului, în special pentru elevii de școală primară, a fost mai dăunătoare, deoarece pe lângă faptul că piciorul suportă o presiune plantară mai mare, centrul de greutate al corpului s-a modificat, ceea ce ar putea provoca instabilitate în timpul mersului, în așa măsură încât să împiedice dezvoltarea normală a copilului. Prin urmare, ghiozdanul trebuie proiectat ergonomic, iar influențele acestuia asupra dezvoltării copilului nu trebuie ignorate.

În prezent, s-au raportat studii cu privire la problemele legate de ghiozdan și dezvoltarea copiilor. S-au efectuat studii [1-3] privind reacțiile fizice ale copiilor care au mers pe jos purtând în spate patru ghiozdane cu greutate variată, iar rezultatele au arătat că greutatea nu a avut un efect semnificativ asupra mersului, însă cincisprezece minute de mers pe jos cu un surplus de greutate de 20% a avut o influență semnificativă asupra posturii corpului. Troussier și colab. [4] au măsurat parametrii biomecanici ai unui grup de 1178 de studenți francezi și au descoperit că purtarea obișnuită sau pe termen lung a unui exces de greutate ar putea duce la dureri în regiunea lombară și tulburări musculoscheletice. Rezultate similare au fost obținute și de alți specialiști [5-8]. Prin urmare, un fiziolog american [9] a sugerat că greutatea ghiozdanului trebuie să reprezinte mai puțin de 15% din greutatea corporală și acest criteriu au fost adoptat pe scară largă de majoritatea școlilor primare din SUA.

În ceea ce privește distribuția presiunii plantare, Meng Zhaoli și colab. [10] au studiat distribuția presiunii plantare la școlari cu ghiozdane de diferite greutăți, iar rezultatele lor au sugerat că presiunea maximă la al doilea și al treilea metatarsian a crescut la purtarea unor ghiozdane de 4 kg în timpul mersului pe jos normal, iar centrul de presiune a vibrat mult în direcția medial-lateral; în plus, au relatat, de asemenea, că posibilitatea de apariție a deformărilor în *varus* sau *valgus* a crescut odată cu greutatea ghiozdanului. Deși studii anterioare au indicat influențele diferitelor greutăți asupra posturii în timpul mersului, un studiu sistematic și cantitativ asupra elevilor a fost foarte rar raportat.

Hence, the aim of this study was to explore the effects of varied schoolbag weight on biomechanics of primary students in terms of plantar pressure distribution, so as to clarify the threshold of the safety weight bearing for primary students.

METHODS

Participants

Sixty elementary students between grade 1 and 6 (aged between 6 and 11) were recruited from a primary school in Sichuan Province. Subjects were excluded if they had any scoliosis or foot injury. The children's parents were aware of procedures and notes of experiment prior to test and their formal approval was given. This study was approved by the University's ethics committee and all the procedures of this study were confirmed with the principles of Helsinki declaration.

Measurement

Footscan force plate system (Rsscan, Belgium, 100 × 42 × 12 mm) was used for data collection. Five minutes warm up were provided before the measurement. Subjects were guided to walk through the force plate using the two steps protocol with a self-selected walk speed. Five groups of weight bearing were available: 0% body weight (BW) (the control condition), 5% BW, 10% BW, 15% BW and 20% BW and each group was randomly arranged by researchers. Three measurements were required and one minute rest was set between each measurement.

Data Processing

Footscan 7 gait 2nd generation (V7.97, Rsscan, Belgium) was used for statistical analysis. Foot plantar was divided into ten regions: hallux (T1), lesser toes (T2-5), 1st metatarsal (MTH1), 2nd metatarsal (MTH2), 3rd metatarsal (MTH3), 4th metatarsal (MTH4), 5th metatarsal (MTH5), midfoot (MF), medial heel (MH) and lateral heel (LH) and under each region, plantar pressure parameters

Prin urmare, scopul acestui studiu a fost de a explora influența ghiozdanelor de diferite greutate asupra biomecanicii elevilor din învățământul primar, în ceea ce privește distribuția presiunii plantare, astfel încât să se clarifice pragul de siguranță al greutății pentru elevi.

METODE

Participanți

Șaizeci de elevi din clasele 1-6 (cu vârstele cuprinse între 6 și 11 ani) au fost recrutați de la o școală primară din provincia Sichuan. Subiecții au fost excluși dacă au avut scolioză sau leziuni la picior. Părinții copiilor li s-au adus la cunoștință procedurile și condițiile experimentului înainte de testare și aceștia și-au dat apoi acordul oficial. Acest studiu a fost aprobat de către comitetul de etică al universității și toate procedurile acestui studiu au respectat principiile declarației de la Helsinki.

Măsurători

Pentru colectarea datelor s-a utilizat placa de forță Footscan (Rsscan, Belgia, 100 × 42 × 12 mm). S-au alocat cinci minute pentru încălzire înainte de măsurători. Subiecții au fost îndrumați să meargă pe placa de forță utilizând protocolul în două etape, cu o viteză de mers la alegere. S-au constituit cinci grupe de greutate: 0% greutate corporală (BW) (grupa martor), 5% BW, 10% BW, 15% și 20% BW și fiecare grupă a fost aranjată în mod aleatoriu de către cercetători. Au fost necesare trei măsurători și s-a alocat un minut de odihnă între măsurători.

Prelucrarea datelor

S-a utilizat programul Footscan 7 pentru sisteme de a 2-a generație (V7.97, Rsscan, Belgia) pentru analiza statistică. Zona plantară a fost împărțită în zece regiuni: haluce (T1), degetele mai mici (T2-5), primul metatarsian (MTH1), al doilea metatarsian (MTH2), al treilea metatarsian (MTH3), al patrulea metatarsian (MTH4), al cincilea metatarsian (MTH5), piciorul median (MF), partea mediană a călcâiului (MH) și partea laterală a

such as mean pressure (MP), contact area (CA), pressure time integral (PTI) and time cost were calculated.

Statistical Analysis

The mean of three trials of each subject was calculated first, and then result of 1-sample K-S test shows that all the data confirmed the normal distribution. The independent t-test was used to compare the variables between left foot and right foot. Since there were significant differences between left foot and right foot, only the data of left foot was selected for analysis. The effect of different weight on plantar pressure was analyzed by one-way ANOVA with significance level of $\alpha=0.05$ and confidence interval was 95%.

RESULTS

The gender ratio of subjects was 1:1, the mean height was 1.35 ± 0.10 m, and the mean body weight was 29.9 ± 7.0 kg. The basic information about subjects was shown in Table 1.

călcâiului (LH) și în fiecare regiune s-au calculat parametri precum presiunea medie (MP), zona de contact (CA), integrala presiune-timp (PTI) și durata.

Analiza statistică

Mai întâi s-a calculat media a trei încercări pentru fiecare subiect, apoi rezultatul testului K-S cu o singură probă arată că toate datele respectă distribuția normală. Testul t independent a fost utilizat pentru a compara variabilele dintre piciorul stâng și piciorul drept. Deoarece au existat diferențe semnificative între piciorul stâng și piciorul drept, doar datele obținute de la piciorul stâng au fost selectate pentru analiză. Influența diferitelor greutateți asupra presiunii plantare a fost analizată prin analiza de varianță unifactorială cu nivelul de semnificație $\alpha = 0,05$ și intervalul de încredere de 95%.

REZULTATE

Raportul de gen al subiecților a fost de 1:1, înălțimea medie a fost $1,35 \pm 0,10$ m, iar greutatea medie a fost de $29,9 \pm 7.0$ kg. Informațiile de bază ale subiecților sunt prezentate în Tabelul 1.

Table 1: General characteristics of participants
Tabelul 1: Caracteristicile generale ale participanților

Grade Clasa	1	2	3	4	5	6
Age (years) Vârsta (ani)	7.1±0.3	7.9±0.3	8.9±0.3	9.5±0.5	10.6±0.5	11.5±0.7
Height (m) Înălțime (m)	1.25±0.06	1.28±0.04	1.31±0.04	1.33±0.07	1.46±0.09	1.48±0.07
Weight (kg) Greutate (kg)	25.5±5.2	24.7±2.6	25.7±1.4	25.9±3.8	36.7±8.2	40.8±7.2
BMI IMC	15.9±1.81	14.9±0.9	14.9±0.5	14.4±0.94	16.8±1.9	18.5±3.05

The effect of age and weight were evaluated independently by the one-way ANOVA, and only the weight was approved to be important in the change of plantar pressure, where significant variations were observed within each weight bearing for the

Influența vârstei și greutateii au fost evaluate în mod independent prin ANOVA unifactorială și s-a confirmat că doar greutatea este importantă la modificarea presiunii plantare, observându-se variații semnificative la purtarea diferitelor greutateți pentru

parameters of MP ($P = 0.002 < 0.05$), PTI ($P = 0.001 < 0.05$) and Timecost ($P = 0.006 < 0.05$).

As the weight of bag increased, plantar pressure increased in all ten regions, particularly MP ($P = 0.034 < 0.05$) and PTI ($P = 0.007 < 0.05$) at HM; besides, Timecost at MTH1 ($P = 0.049 < 0.05$) and MP at MTH3 ($P = 0.039 < 0.05$) and MTH4 ($P = 0.006 < 0.05$) were demonstrated to be significantly affected by the weight increasing.

Comparing within weight groups, at the HM area, MP of 0% BW was significantly lower than that of 15% BW ($P = 0.03 < 0.05$) and 20% BW ($P = 0.002 < 0.05$); meanwhile, PTI of 0% BW and 5% BW at this region was apparently smaller than those of 15% BW ($P = 0.006$ for 0% BW, $p = 0.005$ for 5% BW) and 20% BW ($P = 0.011$ for 0% BW, $P = 0.01$ for 5% BW), respectively. Similarly, in terms of MP at MTH3 and MTH4, 0% BW and 5% BW at this region was apparently lower than those of 15% BW ($P = 0.04$ for 0% BW of MTH3, $p = 0.004$ for 0% BW of MTH4, $P = 0.037$ for 5% BW of MTH3, $p = 0.017$ for 5% BW of MTH4) and 20% BW ($P = 0.017$ for 0% BW of MTH3, $p = 0.005$ for 0% BW of MTH4, $P = 0.015$ for 5% BW of MTH3, $p = 0.018$ for 5% BW of MTH4) individually.

parametrii MP ($P = 0,002 < 0,05$), ITP ($p = 0,001 < 0,05$) și durata ($p = 0,006 < 0,05$).

Pe măsură ce crește greutatea ghiozdanului, presiunea plantară crește în toate cele zece regiuni, în special MP ($p = 0,034 < 0,05$) și PTI ($P = 0,007 < 0,05$) la MH; în plus, durata la MTH1 ($P = 0,049 < 0,05$) și MP la MTH3 ($P = 0,039 < 0,05$) și MTH4 ($P = 0,006 < 0,05$) s-au dovedit a fi afectate în mod semnificativ de greutatea în creștere.

Comparând grupele de greutate, în regiunea HM, MP la 0% BW a fost semnificativ mai mică decât cea de la 15% BW ($p = 0,03 < 0,05$) și 20% BW ($p = 0,002 < 0,05$); între timp, PTI la 0% BW și 5% BW în această regiune a fost aparent mai mică decât la 15% BW ($P = 0,006$ pentru 0% BW, $p = 0,005$ pentru 5% BW), respectiv la 20% BW ($P = 0,011$ pentru 0% BW, $P = 0,01$ pentru 5% BW). În mod similar, în ceea ce privește MP în regiunile MTH3 și MTH4, la 0% BW și 5% BW a fost aparent mai mică decât la 15% BW ($P = 0,04$ pentru 0% BW la MTH3, $p = 0,004$ pentru 0% BW la MTH4, $P = 0,037$ pentru 5% BW la MTH3, $p = 0,017$ pentru 5% BW la MTH4) și 20% BW ($P = 0,017$ pentru 0% BW la MTH3, $p = 0,005$ pentru 0% BW la MTH4, $P = 0,015$ pentru 5% BW la MTH3, $p = 0,018$ 5% BW la MTH4).

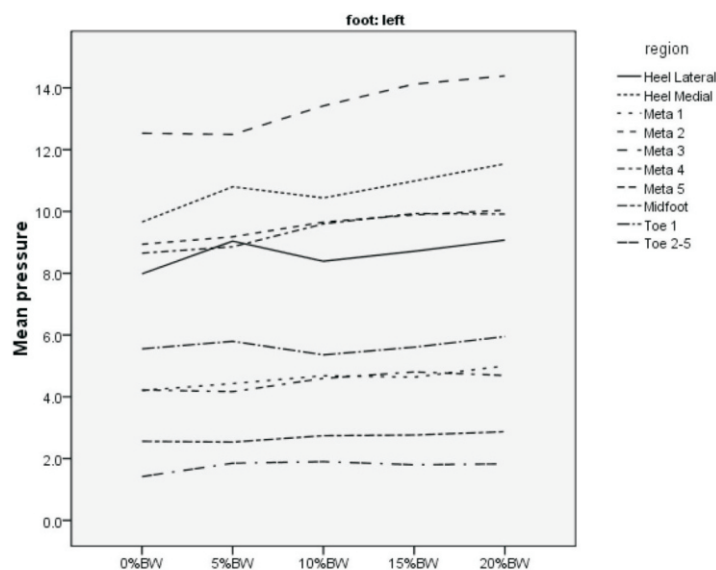


Figure 1. The variation of mean pressure in different school bags' weight for each region (N/cm^2)
 Figura 1. Variația presiunii medii la utilizarea ghiozdanului cu diferite greutăți pentru fiecare regiune (N/cm^2)

Table 2: The mean pressure values in different school bags' weight for each region (N/cm²)
 Tabelul 2: Valorile presiunii medii la utilizarea ghiozdanelor cu diferite greutateți pentru fiecare regiune (N/cm²)

Region Regiune	0%BW	5%BW	10%BW	15%BW	20%BW
T1	5.6±2.2	5.8±2.6	5.4±2.4	5.6±2.3	5.9±2.3
T2-5	1.4±0.9	1.8±1.4	1.9±1.7	1.8±1.7	1.7±1.2
MTH1	4.2±2.1	4.4±2.1	4.7±2.0	4.6±2.0	5.0±2.1
MTH2	8.9±2.7	9.2±2.5	9.7±2.7	9.9±2.9	10.0±2.9
MTH3	12.5±3.8	12.5±4.2	13.4±4.5	14.1±4.3	14.4±4.3
MTH4	8.7±2.3	8.9±2.4	9.6±2.4	9.9±2.6	9.9±2.5
MTH5	4.2±1.6	4.2±1.7	4.6±1.8	4.8±1.9	4.7±2.1
MF	2.6±0.8	2.5±0.8	2.7±0.8	2.8±0.8	2.9±0.8
MH	9.7±2.2	10.1±2.2	10.4±2.2	11.0±2.4	11.5±2.4
LH	8.0±1.6	8.3±1.9	8.4±1.8	8.7±2.0	9.1±2.1

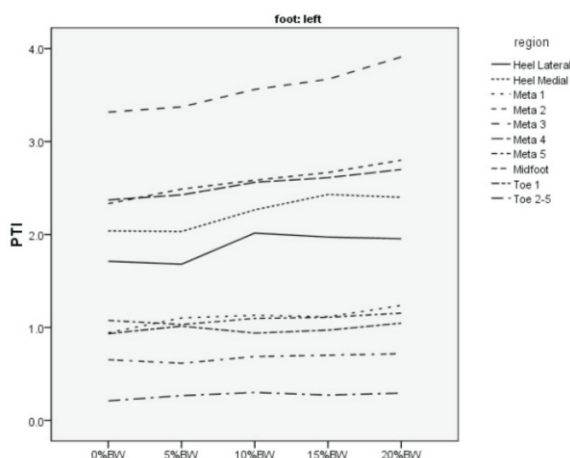


Figure 2. The variation of relative PTI in different school bags' weight for each region (%)
 Figura 2. Variația PTI relative la utilizarea ghiozdanelor cu diferite greutateți pentru fiecare regiune (%)

Table 3: The relative PTI values in different school bags' weight for each region (%)
 Tabelul 3: Valorile PTI relative la utilizarea ghiozdanelor cu diferite greutateți pentru fiecare regiune (%)

Region Regiune	0%BW	5%BW	10%BW	15%BW	20%BW
T1	0.9±0.4	1.0±0.5	0.9±0.5	1.0±0.5	1.0±0.4
T2-5	0.2±0.2	0.3±0.2	0.3±0.3	0.3±0.3	0.3±0.3
MTH1	0.9±0.5	1.1±0.6	1.1±0.6	1.1±0.5	1.2±0.6
MTH2	2.3±0.9	2.5±0.9	2.6±1.0	2.7±1.0	2.8±1.0
MTH3	3.3±1.2	3.4±1.3	3.6±1.4	3.7±1.3	3.9±1.4
MTH4	2.4±0.8	2.4±0.8	2.6±0.8	2.6±0.9	2.7±0.9
MTH5	1.1±0.5	1.0±0.5	1.1±0.5	1.1±0.5	1.2±0.6
MF	0.7±0.3	0.6±0.3	0.7±0.3	0.7±0.3	0.7±0.3
MH	2.0±0.7	2.0±0.8	2.3±0.7	2.4±0.9	2.4±0.8
LH	1.7±0.6	1.7±0.7	2.0±1.6	2.0±0.7	2.0±0.6

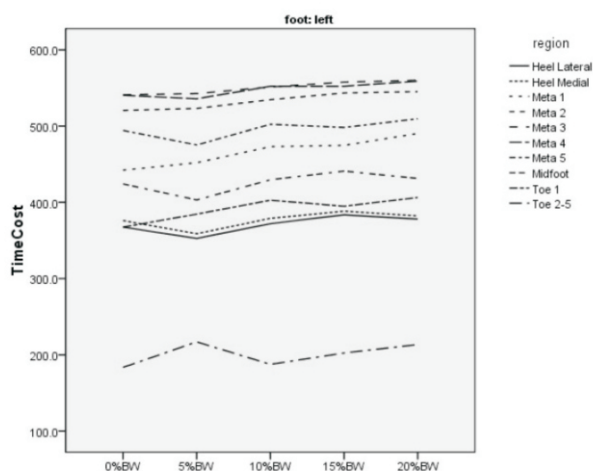


Figure 3. The variation of timecost in different school bags' weight for each region (%)
 Figura 3. Variația duratei la utilizarea ghiozdanelor cu diferite greutăți pentru fiecare regiune (%)

Table 4: The timecost values in different school bags' weight for each region (%)
 Tabelul 4: Valorile duratei la utilizarea ghiozdanelor cu diferite greutăți pentru fiecare regiune (%)

Region Regiune	0%BW	5%BW	10%BW	15%BW	20%BW
T1	367.5±104.3	384.6±92.2	402.8±105.6	394.9±106.7	406.4±101.0
T2-5	183.5±125.0	217.0±125.3	187.5±127.7	202.4±132.4	213.5±107.3
MTH1	442.3±106.8	452.0±84.0	473.1±95.4	474.7±102.0	490.3±87.8
MTH2	520.5±81.6	523.2±73.5	534.7±79.1	543.5±82.2	545.2±70.7
MTH3	540.9±72.0	542.7±69.7	551.3±75.7	557.8±75.4	560.0±68.0
MTH4	540.4±72.7	535.9±71.1	552.3±71.3	552.3±81.3	559.0±70.9
MTH5	494.3±95.4	475.3±110.3	502.5±87.7	498.2±94.0	509.6±91.6
MF	424.1±86.6	403.2±86.7	429.6±82.2	441.0±91.9	431.3±85.3
MH	376.1±83.9	358.9±86.0	379.0±83.5	388.5±92.3	382.3±84.5
LH	367.6±82.2	352.6±84.8	372.1±84.4	383.6±91.7	378.0±84.6

DISCUSSION

This study measured 60 healthy primary students' plantar pressure distribution with varied weight bearing and then systematically explored the relationship between the weight bearing and plantar pressure in terms of parameters of MP, CA, PTI and Timecost; finally a safety weight bearing threshold was proposed. Our outcomes show that when the

DISCUȚII

Acest studiu a măsurat distribuția presiunii plantare la 60 de elevi sănătoși la purtarea unor greutăți diferite și apoi s-a explorat sistematic relația dintre greutate și presiunea plantară prin intermediul parametrilor MP, CA, PTI și durata, iar în cele din urmă a fost propus un prag de siguranță al greutății. Rezultatele noastre arată că, atunci când greutatea a

weight exceeded 15% BW, MP, PTI and Timecost increased dramatically. Thereby, our study suggested that the weight of primary students' bag should not exceed 15% BW.

According to the tendency of plantar pressure with the weight bearing increasing, pressure at forefoot and rear foot rose fast, particularly at the MTH3 and MH. This finding implied that if child carries the bag for a long time, the heavy school bag might influence the child's forefoot and medial heel most, which could cause the collapse of transverse arch and make the foot in a posture of eversion. Additionally, from the result of CA, where the CA increased at arch, it suggested that eversion happened in order to keep balance whilst waling.

Studies [10-15] also reported that a larger plantar pressure loaded on forefoot could cause an increased possibility of *varus* or *valgus* deformity when children walked carrying schoolbag. Whereas, Meng Zhaoli *et al.* [10] studied the plantar pressure distribution of school-aged children with different schoolbag weights, and their results implied that the peak pressure under 2nd and 3rd metatarsals increased with 4 kg bags weight bearing whilst normal walking and the center of pressure vibrated a lot in the medial-lateral direction; besides, they also suggested that possibility of *varus* or *valgus* deformity was high as the schoolbag weight increased. The results of our study were consistent with the above ones.

In our study, an important finding of a threshold value of safety weight bearing for primary students was obtained and our ANOVA analysis significantly showed that pressure of the 0% BW, 5% BW and 10% BW was significantly lower than those of 15% BW and 20% BW. In addition, in the group of younger students, 5% BW weight bearing made the pressure shift from the rear foot to the forefoot, but the same change happened for elder students at 15% BW. This result also implied that a heavy bag was more harmful to the younger students.

Although positive results were found in our study, limitations such as walking velocity still existed and should be read with caution, since the velocity was selected by the children themselves and it might affect the way of gait and foot loading. Further, influence of

depășit 15% BW, MP, PTI și durata au crescut dramatic. Astfel, studiul nostru a sugerat că greutatea ghiozdanelor elevilor din învățământul primar nu ar trebui să depășească 15% din greutatea corporală.

Conform tendinței presiunii plantare de a crește odată cu greutatea, presiunea în zonele antepiciorului și retropiciorului a crescut rapid, în special la MTH3 și MH. Această constatare a sugerat că, dacă elevul poartă ghiozdanul un timp îndelungat, greutatea acestuia ar putea influența cel mai mult zona antepiciorului și partea mediană a călcâiului, ceea ce ar putea provoca lăsarea boltei transversale și eversia piciorului. În plus, pornind de la rezultatul obținut pentru CA, creșterea CA în zona bolții a sugerat că eversia a avut loc pentru a menține echilibrul în timpul mersului.

Unele studii [10-15] au raportat, de asemenea, că o presiune plantară mai mare la nivelul antepiciorului ar putea mări șansele de apariție a deformărilor de tip *varus* sau *valgus* atunci când copiii merg cu ghiozdanul în spate. Meng Zhaoli și colab. [10] au studiat distribuția presiunii plantare la copii de vârstă școlară cu ghiozdane de diferite greutăți, iar rezultatele lor au sugerat că presiunea maximă la al 2-lea și al 3-lea metatarsian a crescut la purtarea unui ghiozdan cu greutatea de 4 kg, în timpul mersului normal, iar centrul de presiune a vibrat mult în direcția medial-laterală; în plus, aceștia au sugerat că posibilitatea apariției deformărilor de tip *varus* sau *valgus* a crescut odată cu creșterea greutății ghiozdanului. Rezultatele studiului nostru au fost în concordanță cu cele de mai sus.

Prin intermediul studiului nostru, am obținut valoarea limită de greutate a ghiozdanului pentru elevii de școală primară, iar analiza ANOVA a arătat că presiunea pentru 0% BW, 5% BW și 10% BW a fost redusă în mod semnificativ față de cea pentru 15% BW și 20% BW. În plus, în grupa elevilor mai mici, greutatea de 5% BW a deplasat presiunea de la retropicior la antepicior, aceeași schimbare având loc la elevii mai mari la greutatea de 15% BW. Acest rezultat a sugerat, de asemenea, că ghiozdanul cu greutate mai mare este dăunător elevilor mai mici.

Deși s-au obținut rezultate pozitive, încă există limitări, cum ar fi viteza mersului, și trebuie luate în considerare cu atenție, deoarece viteza a fost aleasă de către copil și ar putea afecta, la rândul ei, mersul și încărcarea picioarelor. Mai mult, trebuie discutate în

weight bearing on the gait cycle, the center of pressure trajectory, the angle between foot and the axes should be further discussed.

CONCLUSION

Overall, our study summarized that 15% BW was a threshold of a safety weight bearing for children and school bag's weight of primary students should be limited to less than 15% BW.

Acknowledgments

This study was funded by Guangzhou Huadu Science and Technology Plan Projects (2012, HD12CXY-G0016). We thank Sichuan University with study design and coordination of data collection.

REFERENCES

- Hong, Y., Cheung, C.K., Gait and posture responses to backpack load during level walking in children, *Gait and Posture*, **2003**, 17, 28-33.
- Foiasi, T., Pantazi, M., Children's Footwear – Health, Comfort, Fashion, *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2010**, 10, 4, 45-60.
- Malcoci, M., Darii, D., Influence Study of Satchels' Weight on Children's Health, *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2008**, 8, 3, 53-60.
- Troussier, B., Davoine, P., Gaudemaris, R.D. *et al.*, Back pain in school children a study among 1178 pupils, *Scand J Rehabil Med*, **1994**, 26, 3, 143-146.
- Johnson, R.F., Knapik, J.J., Symptoms during load carrying effects of mass and load distribution during a 20 km road march, *Percept Motor Skills*, **1995**, 81, 1, 331-338.
- Zhou, J., Li, T., Xu, B., Chen, W., Investigation of Children's Plantar Pressure Distribution with Varied Angle of Hallux, *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2015**, 15, 1, 3-14.
- Zhou, J., Song, Y., Xu, B., Chen, W., Features of Plantar Pressure Distribution of Chinese Children Aged between Two and Eleven, *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2014**, 14, 3, 135-146.
- Zhou, J., Zhang, Y., Chen, W., Xu, B., Investigation of Children's Foot Arch Based on the Variation Between Static and Dynamic Footprint, *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2014**, 14, 4, 205-216.
- Forjuoha, S.N., Schuchmann, J.A., Lane, B.L., Correlates of heavy backpack use by elementary school children, *Public Health*, **2004**, 118, 7, 532-535.
- Meng, Z., Yuan, W., Distribution of Planter Pressure in School Children during Walking with Different Loads on Their Backs, *J Biomed Eng*, **2008**, 25, 4, 852-855.
- Chen, H., Liu, H., Zhang, J. *et al.*, Study on Plantar Pressure Distribution of People Walking with Different Backpack Load, *J Biomed Eng*, **2013**, 30, 3, 525-529.
- Zhou, L., Jiang, W., Liu, Q., Effect of different load on planter Pressure in Children during walking, *Hebei Medicine*,

continuare influența greutății asupra ciclului mersului, traiectoria centrului de presiune, unghiul dintre picior și axe.

CONCLUZII

Per ansamblu, în urma studiului nostru, am ajuns la concluzia că pragul de greutate de 15% BW reprezintă unul sigur pentru copii, iar greutatea ghiozdanului elevilor ar trebui să se limiteze la mai puțin de 15% BW.

Mulțumiri

Acest studiu a fost finanțat de Autoritatea privind Proiectele Științifice și Tehnologice Guangzhou Huadu (2012, HD12CXY-G0016). Mulțumim Universității Sichuan pentru designul de studiu și coordonarea colectării datelor.

2014, 20, 7, 1173-1176.

13. An, D.H., Yoon, J.Y., Yoo, W.G. *et al.*, Comparisons of the gait parameters of young Korean women carrying a single-strap bag, *Nurs Health Sci*, **2010**, 12, 87-93.
 14. Garciaguirre, J.S., Adolph, K.E., Shrout, P.E., Baby Carriage: Infants Walking With Loads, *Child Dev*, **2007**, 78, 2, 664-680.
 15. Gelalis, I.D., Ristanis, S., Nikolopoulos, A. *et al.*, Load rate patterns in scoliotic children during gait: the impact of the schoolbag carriage and the importance of its position, *Eur Spine J*, **2012**, 21, 1936-1941.
-

Article received/Data primirii articolului: 22.05.2015

Accepted/Acceptat la data: 21.08.2015