

RELIABILITY ANALYSIS OF FOOTSCAN PLATE SYSTEM IN MEASUREMENT OF PLANTAR PRESSURE OF SPASTIC DIPLEGIA CHILDREN

ANALIZA FIABILITĂȚII SISTEMULUI DE SCANARE A PICIORULUI LA MĂSURAREA PRESIUNII PLANTARE LA COPIII CU DIPLEGIE SPASTICĂ

Ting LI¹, Binqian LI¹, Wuyong CHEN¹, Jianxin WU², Bo XU¹, Jin ZHOU^{1,2*}

¹National Engineering Laboratory for Clean Technology of Leather Manufacture, Sichuan University; Chengdu, P. R. China

²Science Lab, Zhejiang Red Dragonfly Footwear Co., LTD., Zhejiang Province, Wenzhou 325100, P. R. China

RELIABILITY ANALYSIS OF FOOTSCAN PLATE SYSTEM IN MEASUREMENT OF PLANTAR PRESSURE OF SPASTIC DIPLEGIA CHILDREN

ABSTRACT. This study was aimed at evaluating the reliability of Footscan plate system when measuring pressure in spastic diplegia children (CP). Eighteen CP and 36 typical developed counterparts (TD) with similar age, height and weight were recruited and their plantar pressure was measured in at least five trials. Three-mask model was applied and plantar regions were divided into: forefoot, mid foot and hind foot, under which peak pressure (PP) (N/cm²), relative pressure time integral (PTIrel) (%) and relative contact area (CArel) (%) were calculated. Coefficient of variance (CoV) and intra class coefficient (ICC) were explored for each variable and region. Our outcomes show that in terms of CP, with the increasing of test times, ICC of PP increased, while those of PTIrel and CArel were lowered; additionally, ICC of TD of each pressure variable successively improved. A similar tendency was found for CoV. Considering entire feet of CP and five measurements, reliability of CArel was the best in the three areas; whereas PP and PTIrel were demonstrated to be less reliable, except for the midfoot area. In contrast, reliabilities of TD were shown to be good for all pressure variables under all three regions. Overall, reliability of Footscan plate system in the study of CP was moderate in most variables and under most plantar regions. Thereby, by increasing the test times to no less than five, this protocol could be applied in the clinical and scientific investigation of CP children.

KEY WORDS: spastic diplegia children, plantar pressure, reliability, intra class coefficient, coefficient of variance

ANALIZA FIABILITĂȚII SISTEMULUI DE SCANARE A PICIORULUI LA MĂSURAREA PRESIUNII PLANTARE LA COPIII CU DIPLEGIE SPASTICĂ

REZUMAT. Acest studiu a avut ca scop evaluarea fiabilității sistemului Footscan la măsurarea presiunii la copiii cu diplegie spastică (PC). S-au recrutat 18 subiecți cu PC și 36 de subiecți cu dezvoltare normală (TD), cu vârstă, înălțime și greutate similare și s-a măsurat presiunea plantară de cel puțin cinci ori. S-a aplicat modelul cu trei zone de analiză și regiunile plantare au fost împărțite astfel: antepicior, partea mediană și retropicior, unde s-au calculat presiunea maximă (PP) (N/cm²), integrala relativă presiune-timp (PTIrel) (%) și zona de contact relativă (CArel) (%). S-au explorat coeficientul de variație (CoV) și coeficientul intra-clasă (ICC) pentru fiecare variabilă și regiune. Rezultatele noastre arată că, în ceea ce privește subiecții cu PC, la mărirea numărului de măsurători, ICC al PP a crescut, în timp ce ICC al PTIrel și CArel a scăzut; în plus, ICC s-a îmbunătățit succesiv la subiecții din grupa TD la fiecare variabilă de presiune. O tendință similară s-a constatat pentru CoV. La analiza piciorului întreg la subiecții cu PC și la efectuarea măsurătorilor de cinci ori, fiabilitatea CArel a fost cea mai bună în cele trei regiuni, iar PP și PTIrel s-au dovedit a fi mai puțin fiabile, cu excepția regiunii mediane a piciorului. În schimb, valorile fiabilității la grupa TD s-au dovedit a fi bune pentru toate variabilele de presiune în toate cele trei regiuni. În general, fiabilitatea sistemului Footscan la studierea subiecților cu PC a fost moderată pentru majoritatea variabilelor și în majoritatea regiunilor plantare. Astfel, prin creșterea numărului de măsurători la nu mai puțin de cinci, acest protocol ar putea fi aplicat în investigația clinică și științifică a copiilor cu PC.

CUVINTE CHEIE: copii cu diplegie spastică, presiune plantară, fiabilitate, coeficientul intra-clasă, coeficientul de variație

L'ANALYSE DE LA FIABILITÉ DU SYSTÈME FOOTSCAN EN MESURANT LA PRESSION PLANTAIRE CHEZ LES ENFANTS DIPLÉGIQUES SPASTIQUES

ABSTRACT. Cette étude a eu le but d'évaluer la fiabilité du système Footscan en mesurant la pression chez les enfants diplégiques spastiques (CP). On a recruté dix-huit sujets avec CP et 36 sujets développés normalement (TD) avec l'âge, le poids et la taille similaires et on a mesuré leur pression plantaire d'au moins cinq essais. On a appliqué le modèle à trois régions d'analyse et les régions plantaires ont été divisées comme suit: avant-pied, médio-pied et arrière-pied, où on a calculé la pression maximale (PP) (N/cm²), l'intégrale relative pression-temps (PTIrel) (%) et la zone de contact relative (CArel) (%). On a exploré le coefficient de variance (CoV) et le coefficient intra-classe (ICC) pour chaque variable et région. Nos résultats montrent que, en ce qui concerne les sujets avec CP, avec l'augmentation du nombre de mesures, l'ICC de PP est augmenté, tandis que l'ICC de PTIrel et CArel ont abaissé; en outre, l'ICC de chaque variable de pression chez les sujets TD est successivement amélioré. On a trouvé une tendance similaire pour CoV. En considérant le pied entier chez les sujets avec CP et en mesurant cinq fois, la fiabilité de CArel a été la meilleure dans les trois régions; tandis que le PP et PTIrel ont été moins fiables, sauf pour le médio-pied. D'autre part, la fiabilité chez les sujets TD a été bonne pour toutes les variables de pression dans les trois régions. Dans l'ensemble, la fiabilité du système Footscan dans l'étude de CP a été modérée dans la plupart des variables et dans la plupart des régions plantaires. Ainsi, en augmentant les mesures à pas moins de cinq, ce protocole pourrait être appliqué dans la recherche clinique et scientifique des enfants avec CP.

MOTS CLÉS: enfants diplégiques spastiques, pression plantaire, fiabilité, coefficient intra-classe, coefficient de variance

* Correspondence to: Jin ZHOU, National Engineering Laboratory for Clean Technology of Leather Manufacture, Sichuan University; Chengdu 610065, P. R. China; e-mail: zj_scu@qq.com

INTRODUCTION

Feet are the only part of the human body coming into contact with the ground and they transfer the ground reaction force to the bones and muscles of the lower and upper body, in order to generate enough moment and momentum to propulse the body moving forward [1]. Nowadays, the pressure plate system has been widely used in the study of foot biomechanics for plantar pressure measurement, in which ground vertical reaction forces were recorded [2, 3]. Since voluntary movement and irregular motion of children with cerebral palsy (CP) were commonly observed in their clinical inspection [4-7], those uncertainties might diminish the reliability and validity of outcomes of plantar pressure distribution of CP. Thereby effectiveness of Footscan plate system in measurement of plantar pressure of CP should be quantitatively evaluated.

Current literature shows that in terms of measuring healthy subjects, Novel and Tekscan plate system had been approved to be with a medium to good reliability and repeatability [1-3, 8]. Meanwhile, Low and Dixon [9] used Footscan insole system to measure and analyze the pressure distribution at fore and hind foot; then they confirmed that this insole system had a good repeatability. In addition, De Cock [10] also reported that Footscan plate system was a reliable protocol in the foot pressure acquisition. Moreover, Jin *et al.* [11-13] applied pressure plate for the study of the plantar pressure distribution of healthy children.

However, in terms of CP, the focus was set on the study of reliability of temporal-spatial protocols [6, 14, 15]. Further, only Jacques [16] studied the reliability of pressure measurement of typical developed children with foot deformity. But the foot deformities were only one of the factors affecting the gait stability, other abnormalities in terms of central nervous and muscular control were more critical. As a kind of CP, spastic diplegia (CP) influenced both lower limbs in terms of muscle control and coordination whilst walking, hence it was important to explore the features of CP in the issues of balance and mechanism of loading such as

INTRODUCERE

Picioarele reprezintă singura parte a corpului uman care intră în contact cu solul și transferă forța de reacție a solului la oasele și mușchii corpului inferior și superior, pentru a genera suficient moment și impuls de propulsie a corpului în mișcare [1]. În zilele noastre se utilizează pe scară largă placa de presiune pentru studiul biomecanicii piciorului prin măsurarea presiunii plantare, care înregistrează forțele de reacțiune verticale ale solului [2, 3]. Întrucât în inspecția clinică s-au observat frecvent mișcărilor involuntare și neregulate ale copiilor cu paralizie cerebrală (PC) [4-7], aceste incertitudini ar putea diminua credibilitatea și validitatea rezultatelor de distribuție a presiunii plantare la copiii cu PC. Prin urmare, trebuie să se evalueze cantitativ eficiența sistemului Footscan la măsurarea presiunii plantare la copiii cu PC.

Studiile actuale au arătat că, în ceea ce privește măsurarea subiecților sănătoși, sistemele cu placă de forță de tip Novel și Tekscan au fost aprobate, considerate cu fiabilitate și repetabilitate medii spre bune [1-3, 8]. Low și Dixon [9] au utilizat sistemul Footscan pentru a măsura și analiza distribuția presiunii la antepicior și retropicior, confirmând că acest sistem a avut o repetabilitate bună. În plus, De Cock [10] a raportat, de asemenea, fiabilitatea protocolului sistemului Footscan la măsurarea presiunii piciorului. Mai mult, Jin și colab. [11-13] au utilizat placa de presiune pentru studierea distribuției presiunii plantare la copii sănătoși.

Cu toate acestea, în ceea ce privește PC, accentul s-a pus pe studiul fiabilității protoalelor temporal-spațiale [6, 14, 15]. Mai mult, doar Jacques [16] a studiat fiabilitatea de măsurare a presiunii la copii dezvoltați normal cu deformări la nivelul piciorului. Însă deformările picioarelor au reprezentat doar unul dintre factorii care afectează stabilitatea mersului, alte anomalități privind sistemul nervos central și controlul mușchilor fiind mai critice. Ca un tip de PC, diplegia spastică (PC) influențează ambele membre inferioare în ceea ce privește controlul muscular și coordonarea în timpul mersului, prin urmare, a fost important să se exploreze caracteristicile PC în probleme de echilibru și

the pressure distribution and gait cycle. Unfortunately, few studies were concerned with reliability of plantar pressure measurement of CP, and the lack of such basic information might hamper the explicit comprehension of the mechanism of loading for those subjects.

Thereby, our study was aimed at systemically evaluating the reliability of Footscan plate system in the pressure measurement of children with CP. According to literature, three hypotheses were proposed for CP: 1) as the number of tests increased, reliability of plantar pressure measurement would be improved gradually; 2) reliability would vary with the plantar regions, where pressure distribution at mid and forefoot would be more reliable than that at hindfoot; 3) reliability would vary with the pressure variables, where contact area would be better than peak pressure and pressure time integral.

MATERIALS AND METHODS

Subjects

Eighteen spastic diplegia children (CP) and 36 typical developed counterparts (TD) with similar age, height and weight were recruited. The inclusion criteria were shown below: (1) Gross Motor Function Classification System (GMFCS) level less than 3; (2) walking independently without support including orthopedic instrument; (3) cooperating in the whole test and completing all the measurements; (4) at least 5 trials being successfully recorded. Subjects' demographic information is given in Table 1. GMFCS was evaluated by an experienced clinician. The aims and methods of this test were first explained to patients' parents and a formal approval was obtained before the test. Furthermore, this study was approved by the ethics committee of university and the whole procedure followed the principles of Helsinki Declaration.

mecanism de încărcare, cum ar fi distribuția presiunii și ciclul de mers. Din păcate, s-au efectuat foarte puține studii cu privire la fiabilitatea de măsurare a presiunii plantare la persoane cu PC, lipsa acestor informații de bază putând împiedica înțelegerea explicită a mecanismului de încărcare la acești subiecți.

Astfel, studiul nostru a avut ca scop evaluarea sistemică a fiabilității sistemului Footscan la măsurarea presiunii piciorului la copiii cu PC. Conform literaturii, s-au propus trei ipoteze pentru PC: 1) pe măsură ce se mărește numărul de teste, fiabilitatea măsurării presiunii plantare se îmbunătățește treptat; 2) fiabilitatea variază în funcție de regiunile plantare, distribuția presiunii la antepicior și în partea mediană a piciorului fiind mai fiabilă decât la retropicior; 3) fiabilitatea variază în funcție de variabilele de presiune, zona de contact fiind mai bună decât presiunea maximă și integrala timp-presiune.

MATERIALE ȘI METODE

Subiecți

S-au recrutat optsprezece copii cu diplegie spastică (PC) și 36 de subiecți dezvoltati normal (TD), cu vârstă, înălțime și greutate similare. Criteriile de includere sunt prezentate mai jos: (1) gradul de clasificare a funcției motorii grosiere (GMFCS) mai mic decât 3; (2) capacitatea de a merge în mod independent, fără sprijin, inclusiv fără instrumente ortopedice; (3) cooperarea pe tot parcursul testului și finalizarea tuturor măsurătorilor; (4) înregistrarea cu succes a cel puțin 5 teste. Datele demografice ale subiecților sunt prezentate în Tabelul 1. GMFCS a fost evaluat de către un clinician cu experiență. Obiectivele și metodele acestui test au fost explicate în primul rând părinților pacienților și s-a obținut o aprobare oficială din partea acestora înainte de test. Mai mult decât atât, acest studiu a fost aprobat de către comitetul de etică al Universității și toate procedurile au respectat principiile declarației de la Helsinki.

Table 1: Demographic information of subjects

Tabelul 1: Date demografice ale subiecților

| | TD | CP PC |
|-------------------------------------|------------------------|---|
| N | 36 | 18 |
| Age <i>Vârstă</i> | 6.4±2.4 | 6.6±3.0 |
| Gender <i>Sex</i> | M=18 F=18 | M=12 F=6 |
| Height (m) <i>Înălțime (m)</i> | 1.1±1.7 | 1.1±1.6 |
| Weight (kg) <i>Greutate (kg)</i> | 22.8±7.7 | 21.2±7.7 |
| BMI <i>IMC</i> | 16.8±2.4 | 17.0±3.5 |
| GMFCS | None <i>Niciuna</i> | Level I = 4 <i>Nivelul I = 4</i> Level II = 8 <i>Nivelul II = 8</i> Level III = 6 <i>Nivelul III = 6</i> |

Pressure Measurement

Children's plantar pressure was measured by Footscan pressure plate (one meter plate, RSscan Int., Belgium). The scanning frequency of this system is 250 Hz, pressure sensor density is 4/cm², and the range of measure is 0-200N/cm². A two-step initial protocol was performed by the children and they were guided walking with their selected speed through the pressure plate which was located in the middle of six-meter-long track [16]. The protocol of two-steps has been proved to effectively reduce the times of trial and at the same time to improve the repeatability of the gait [17]. Before the measurement, the system was calibrated; and then three to five minutes warm up was provided. At least five successful measurements for each side of foot were also required.

Măsurarea presiunii

Presiunea plantară a copiilor a fost măsurată utilizând placa de presiune Footscan (placă de un metru, RSscan Int., Belgia). Frecvența de scanare a acestui sistem este de 250 Hz, densitatea senzorului de presiune este de 4/cm², iar gama de măsurare este 0-200 N/cm². Copiii au urmat un protocol inițial în două etape și au fost îndrumați să meargă cu o viteză la alegere pe placa de presiune, care a fost poziționată în mijlocul pistei de șase metri lungime [16]. Protocolul în două etape a redus efectiv durata procesului și, în același timp, a îmbunătățit repetabilitatea mersului [17]. Înainte de măsurare, sistemul a fost calibrat, apoi s-au alocat trei până la cinci minute de încălzire. De asemenea, a fost nevoie de cel puțin cinci măsurători reușite pentru fiecare zonă a piciorului.

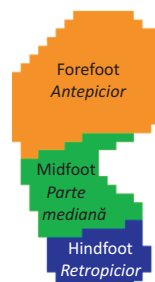


Figure 1. Three-mask model for plantar pressure analysis
 Figura 1. Modelul cu trei zone pentru analiza presiunii plantare

Data Processing

Three-mask model was applied and plantar regions were redefined by software of the system: forefoot (including five toes and five metatarsals), mid foot and hind foot. Then parameters of peak pressure (PP) (N/cm^2), pressure time integral (PTI) ($S*N/cm^2$) and contact area (CA) (cm^2) were calculated under each area. In order to compare within the group, a normalization process was carried out for CA and PTI: Relative CA (CArel) = $100 \times (CA(Xi)/\Sigma CA(Xi))$; relative PTI (PTIrel) = $100 \times (PTI(Xi)/\Sigma PTI(Xi))$, where Xi indicates one of plantar regions.

Statistical Analysis

First of all, Q-Q Plot showed that all data tested followed the normal distribution; meanwhile results of independent T test confirmed that no significant differences existed, so data of both two feet were combined for analysis. Suggested by Hopkins, typical error and re-test reliability needed to be calculated, where the typical error needed to be normalized in order to compare within groups. Then the coefficient of variance (CoV) was calculated by dividing the typical error by mean value of the group. Test-retest reliability was evaluated by Intraclass correlation coefficient (ICC). The ICC's evaluation standard is that if $ICC < 0.5$, reliability is poor; if $0.5 < ICC < 0.75$, reliability is medium; if $ICC > 0.75$, reliability is good. Reliabilities were calculated for three groups individually: three trials, four trials and five trials. All the statistical models were operated under the SPSS software with significant level of 0.05 and confidence interval of 95%.

RESULTS

In terms of CP, with the increase of test times, ICC of PP increased while those of PTIrel and CArel were lowered; in terms of TD, ICC of each pressure variable successively improved. A similar tendency was found for CoV (Figure 2).

In terms of entire feet of CP, outcomes of five measurements showed that ICC of CArel was the highest ($ICC = 0.990$, $CoV = 9.4\%$, $p = 0.000$), then was the PP ($ICC = 0.760$, $CoV = 48.9\%$, $p = 0.000$) and the PTIrel ($ICC = 0.714$, $CoV = 44.5\%$, $p = 0.000$); whereas, CP also showed that with exception of ICC of CArel under each region was found to be higher than 0.8 ($p =$

Prelucrarea datelor

S-a aplicat modelul cu trei zone și regiunile plantare au fost redefinite de software-ul sistemului: antepiciorul (inclusiv cele cinci degete și cinci metatarsiene), zona mediană a piciorului și retropiciorul. Apoi s-au calculat parametri precum presiunea maximă (PP) (N/cm^2), integrala timp-presiune (PTI) ($S*N/cm^2$) și zona de contact (CA) (cm^2) în fiecare zonă. Pentru a face comparații în cadrul grupului, s-a efectuat o prelucrare de normalizare pentru CA și PTI: CA relativă (CArel) = $100 \times (CA(Xi)/\Sigma CA(Xi))$; PTI relativă (PTIrel) = $100 \times (PTI(Xi)/\Sigma PTI(Xi))$, unde Xi indică una dintre regiunile plantare.

Analiza statistică

Mai întâi, reprezentarea grafică Q-Q a arătat că toate datele testate au urmat distribuția normală; rezultatele testului t independent au confirmat că nu au existat diferențe semnificative, astfel încât s-au combinat pentru analiză datele ambelor picioare. Potrivit lui Hopkins, a fost necesară calcularea erorii tipice și a fiabilității retestării, unde eroarea tipică trebuia normalizată pentru a face comparații în cadrul grupurilor. Apoi s-a calculat coeficientul de variație (CoV) prin împărțirea erorii tipice la valoarea medie a grupului. Fiabilitatea testare-retestare a fost evaluată prin coeficientul de corelație intra-clasă (ICC). Standardul de evaluare a ICC indică faptul că la $ICC < 0,5$, fiabilitatea este slabă; la $0,5 < ICC < 0,75$, fiabilitatea este medie; la $ICC > 0,75$, fiabilitatea este bună. Fiabilitatea a fost calculată individual pentru trei grupe: trei teste, patru teste și cinci teste. Toate modelele statistice au fost prelucrate cu software-ul SPSS cu nivel de semnificație de 0,05 și interval de încredere de 95%.

REZULTATE

La copiii cu PC, odată cu mărirea numărului de teste, ICC al PP a crescut în timp ce ICC al PTIrel și CArel a scăzut; la copiii cu TD, ICC al fiecărei variabile de presiune s-a îmbunătățit succesiv. O tendință similară s-a constatat pentru CoV (Figura 2).

În ceea ce privește analiza piciorului întreg la copiii cu PC, rezultatele a cinci măsurători au arătat că ICC al CArel a avut valoarea cea mai mare ($ICC = 0,990$, $CoV = 9,4\%$, $p = 0,000$), apoi au urmat PP ($ICC = 0,760$, $CoV = 48,9\%$, $p = 0,000$) și PTIrel ($ICC = 0,714$, $CoV = 44,5\%$, $p = 0,000$); de asemenea, la copiii cu PC, cu excepția faptului că ICC al CArel în fiecare regiune s-a

0.000), those of PP and PTIrel were proved to be forefoot < hindfoot < midfoot; meanwhile CoV of those two variables were higher than 50%, particularly under hindfoot area. Similar outcomes were observed at TD group, where reliability sequences were Carel (ICC = 0.994, CoV = 9.4%, p = 0.000) > PTIrel (ICC = 0.900, CoV = 23.3%, p = 0.000) > PP (ICC = 0.880, CoV = 23.9%, p = 0.000); besides, three pressure variables under each area were demonstrated to be good to excellent as well, and CoV values were also in a reasonable range (CoV < 30%) (Table 2).

Overall, reliability of CP was recorded to be moderate (ICC > 0.5, CoV < 50%, p = 0.000 for all parameters); further, those of TD were good to excellent (ICC > 0.8, CoV < 25%, p = 0.000 for all parameters).

dovedit a fi mai mare decât 0,8 (p = 0,000), secvența valorilor ICC la PP și PTIrel a fost antepicior < retropicior < partea mediană; CoV al acestor două variabile a fost peste 50%, mai ales în zona retropiciorului. Rezultate similare au fost observate la grupa de copii TD, unde secvențele de fiabilitate au fost Carel (ICC = 0,994, CoV = 9,4%, p = 0,000) > PTIrel (ICC = 0,900, CoV = 23,3%, p = 0,000) > PP (ICC = 0,880, CoV = 23,9%, p = 0,000); în plus, cele trei variabile de presiune în fiecare zonă au fost bune spre excelente, iar CoV a fost, de asemenea, într-un interval rezonabil (CoV < 30%) (Tabelul 2).

În general, fiabilitatea PC a fost moderată (ICC > 0,5, CoV < 50%, p = 0,000 pentru toți parametrii); mai mult, valorile grupei TD au fost bune spre excelente (ICC > 0,8, CoV < 25%, p = 0,000 pentru toți parametrii).

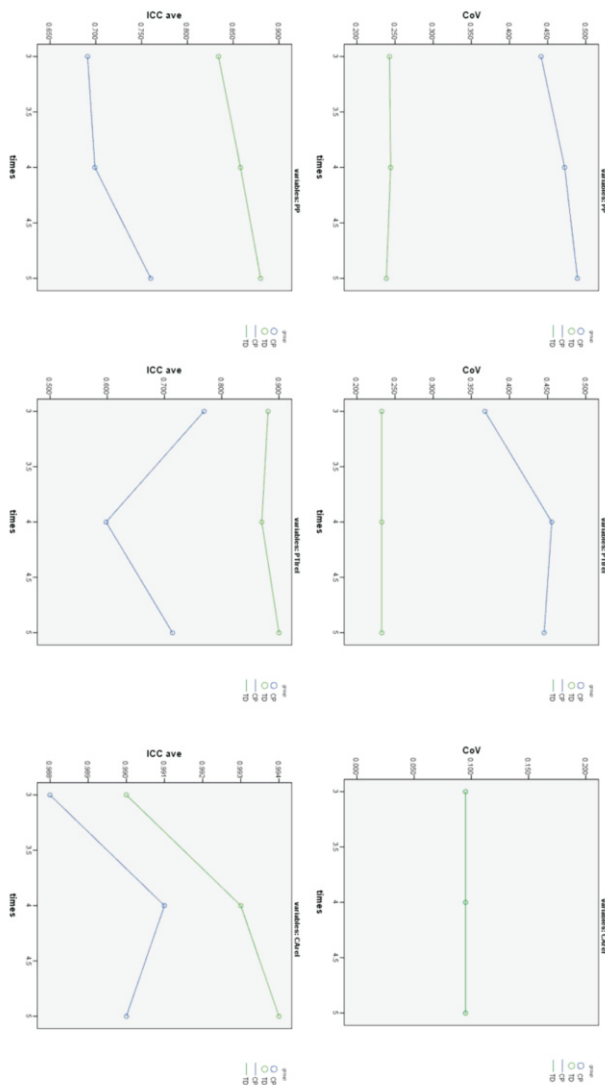


Figure 2. Changes of CoV and ICC in three, four, five measurements
 Figura 2. Modificările CoV și ICC în urma măsurătorilor efectuate de trei, patru și cinci ori

Table 2: Reliability of pressure variables under each region of CP and TD based on five times test
 Tabelul 2: Fiabilitatea variabilelor de presiune în fiecare regiune din grupele PC și TD pe baza celor cinci măsurători

| Variables Variabile | Group Grupă | Regions Regiuni | Mean Medie | Residual mean square Media pătrată a reziduurilor | CoV | ICC ave ICC mediu | Lower bound Limită inferioară | Upper bound Limită superioară | F test | sig |
|------------------------|----------------|-----------------------------|---------------|--|-------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|---------|
| PP | CP | Forefoot Antepicior | 3.204 | 1.267 | 35.1% | 0.389 | -0.168 | 0.728 | 1.638 | 0.068 |
| PP | CP | Midfoot Parte mediană | 3.12 | 1.467 | 38.8% | 0.671 | 0.371 | 0.853 | 3.041 | 0.000** |
| PP | CP | Hindfoot Retropicior | 4.637 | 7.063 | 57.3% | 0.74 | 0.504 | 0.0884 | 3.853 | 0.000** |
| PTIrel | CP | Forefoot Antepicior | 0.399 | 0.026 | 40.4% | 0.526 | 0.092 | 0.788 | 2.108 | 0.012* |
| PTIrel | CP | Midfoot Parte mediană | 0.318 | 0.013 | 35.9% | 0.849 | 0.711 | 0.933 | 6.614 | 0.000** |
| PTIrel | CP | Hindfoot Retropicior | 0.283 | 0.027 | 58.1% | 0.593 | 0.222 | 0.819 | 2.458 | 0.003* |
| CArel | CP | Forefoot Antepicior | 0.538 | 0.001 | 5.9% | 0.854 | 0.721 | 0.935 | 6.867 | 0.000** |
| CArel | CP | Midfoot Parte mediană | 0.312 | 0.002 | 14.3% | 0.86 | 0.731 | 0.937 | 7.12 | 0.000** |
| CArel | CP | Hindfoot Retropicior | 0.15 | 0.001 | 21.1% | 0.868 | 0.747 | 0.941 | 7.551 | 0.000** |
| PP | TD | Forefoot Antepicior | 4.038 | 0.383 | 15.3% | 0.805 | 0.628 | 0.913 | 5.14 | 0.000** |
| PP | TD | Midfoot Parte mediană | 4.287 | 0.483 | 16.2% | 0.874 | 0.759 | 0.944 | 7.94 | 0.000** |
| PP | TD | Hindfoot Retropicior | 5.659 | 2.825 | 29.7% | 0.845 | 0.703 | 0.931 | 6.435 | 0.000** |
| PTIrel | TD | Forefoot Antepicior | 0.405 | 0.007 | 20.7% | 0.833 | 0.681 | 0.926 | 5.999 | 0.000** |
| PTIrel | TD | Midfoot Parte mediană | 0.285 | 0.004 | 22.2% | 0.867 | 0.746 | 0.941 | 7.52 | 0.000** |
| PTIrel | TD | Hindfoot Retropicior | 0.31 | 0.007 | 27.0% | 0.905 | 0.818 | 0.958 | 10.498 | 0.000** |
| CArel | TD | Forefoot Antepicior | 0.575 | 0.000 | 0.0% | 0.924 | 0.855 | 0.966 | 13.214 | 0.000** |
| CArel | TD | Midfoot Parte mediană | 0.282 | 0.001 | 11.2% | 0.862 | 0.736 | 0.938 | 7.242 | 0.000** |
| CArel | TD | Hindfoot Retropicior | 0.143 | 0.001 | 22.1% | 0.784 | 0.586 | 0.904 | 4.624 | 0.000** |

*significant differences were lower than 0.05

*diferențele semnificative au fost mai mici decât 0,05

**significant differences were lower than 0.001

**diferențele semnificative au fost mai mici decât 0,001

DISCUSSION

In our study, 18 CP and 36 TD counterparts were recruited and their plantar pressure distribution was measured by Footscan plate system; then the reliability of pressure variables under each region was evaluated. Our outcomes show that at first, in terms of CP, with the increasing of test times, ICC of PP increased while those of PTIrel and CArel were lowered; in terms of TD, ICC of each pressure variable was successively improved; afterwards, in aspect of entire feet of CP and based on five times measurement, reliability of CArel was the best in the three areas; whereas PP and PTIrel were demonstrated to be less reliable and they were proved to be relatively repeatable at MF area. At last, reliability of TD group was shown to be good for all pressure variables under all three regions.

In terms of CP, Chen *et al.* [14] investigated the reliability of time-spatial parameters of 45 CP children (26 hemiplegia and 19 diplegia); their results demonstrated that ICC of each parameter were higher than 0.9, when five trials for hemiplegia and four trials for diplegia were measured. Anne Brit Sorsdahl [6] analyzed reliability of the electronic walkway in the application of gait pattern of CP children; they also showed that 70% parameters were recorded with good reliability. Another similar study concerning subjects with foot deformity, Jacques Riad *et al.* [16] summarized that although a good reliable outcome could be obtained for the subjects without motion limit, those with limited motion or CP children required more trials in order to obtain a more reliable outcome.

Regarding other pressure systems, Gurney [8] reported a study which measured plantar pressure of nine subjects over five successive days and their CoV and ICC showed that in the higher loading areas, such as forefoot and hindfoot area, pressure outcomes were reliable and repeatable; whereas, under the toe and mid foot, where lower loading was obtained, reliability and repeatability were inferior. This finding was confirmed with Zammit *et al.* [3]; additionally, Zammit *et al.* implied that as the hallux functioned as

DISCUȚII

În studiul nostru, s-au recrutat 18 subiecți cu PC și 36 subiecți dezvoltați normal și s-a măsurat distribuția presiunii plantare utilizând sistemul Footscan; apoi s-a evaluat fiabilitatea variabilelor de presiune în fiecare regiune. Rezultatele noastre arată că la început, la subiecții cu PC, la creșterea numărului de măsurători, ICC al PP a crescut, în timp ce ICC al PTIrel și CArel a scăzut; la subiecții dezvoltați normal, ICC pentru fiecare variabilă de presiune s-a îmbunătățit succesiv; după aceea, în ceea ce privește analiza piciorului întreg la subiecții cu PC în urma celor cinci măsurători, fiabilitatea CArel a fost cea mai bună în cele trei regiuni; PP și PTIrel au fost mai puțin fiabile și s-au dovedit a fi relativ repetabile în zona MF. În cele din urmă, fiabilitatea grupei TD s-a dovedit a fi bună pentru toate variabilele de presiune în toate cele trei regiuni.

În ceea ce privește subiecții cu PC, Chen și colab. [14] au investigat fiabilitatea parametrilor temporal-spațiali la 45 de copii cu PC (26 cu hemiplegie și 19 cu diplegie), iar rezultatele lor au demonstrat că valoarea ICC obținută pentru fiecare parametru a fost mai mare decât 0,9, atunci când s-au efectuat cinci măsurători pentru hemiplegie și patru măsurători pentru diplegie. Anne Brit Sorsdahl [6] a analizat fiabilitatea plăcii electronice la analiza tiparului de mers la copiii cu PC, raportând că 70% din parametri s-au înregistrat cu fiabilitate bună. Un alt studiu similar privind subiecții cu deformări ale piciorului, Jacques Riad și colab. [16] au relatat că, deși s-ar putea obține un rezultat de încredere pentru subiecți fără limitări de mișcare, cei cu limitări de mișcare sau copiii cu PC necesită mai multe măsurători pentru a obține rezultate mai fiabile.

În ceea ce privește alte sisteme de măsurare a presiunii, Gurney [8] a raportat un studiu în care a măsurat presiunea plantară a nouă subiecți timp de cinci zile consecutive, iar valorile CoV și ICC au arătat că, în zona cu încărcare mai mare, cum ar fi antepiciorul și retropiciorul, rezultatele presiunii au fost fiabile și repetabile; la degete și în zona mediană s-a obținut o încărcare mai mică, iar fiabilitatea și repetabilitatea au fost inferioare. Această constatare a fost confirmată de Zammit și colab. [3]; în plus, aceștia au sugerat că

pushing off, this area was received as a moderate CoV and ICC; Nevertheless, opposite outcomes were also reported in the study of Ramanathan, A.K. [1], whose finding showed that results of hallux area were unstable.

In our study, according to the outcomes of comparison within three, four, and five measurements, with the test trials increasing and exception of PTIrel, reliability of PP and CArel of CP increased. We suggested that as both the contact time and loading force were unstable, PTIrel was unreliable. Thereby our outcomes confirmed our first hypothesis, where reliability of two variables was found to increase upon increasing the test times. Further, our finding was also consistent with that of Chen *et al.*

Since gait pattern of CP varied for each subject, such as footflat and forefoot contact, some plantar areas did not participate in the gait cycle, three-mask model strategies were adopted and reliability of those areas were considered in our study. Our results indicated that the best reliable data were obtained for CArel in all three areas; while the reliability of PP and PTIrel under heel and forefoot were poor, this might be caused by the unstable gait patterns. Hence, our second and third hypotheses were partially confirmed.

At last, although ICC and CoV of CP varied with various regions, 44.4% ICC items were larger than 0.75, 33.3% of those were higher than 0.5, and 77.8% CoV items were lower than 50%, thereby, we suggested that Footscan pressure plate was reliable in the study of CP subjects in terms of plantar pressure distribution.

Although positive outcomes were obtained, limitations still existed and need to be comprehended with caution: 1) subjects were asked to walk with their own selected speed and the factor of speed was potentially correlated with PP and PTIrel; 2) a small sample strategy was adopted in this study and this might contribute to a larger vibration range of data.

halucele ar funcționa ca mecanism de împingere, această regiune a avut valori moderate pentru CoV și ICC. Cu toate acestea, rezultate opuse au fost raportate în studiul lui Ramanathan, A.K. [1], care a constatat că rezultatele zonei halucelui au fost instabile.

În studiul nostru, în conformitate cu rezultatele comparației celor trei, patru și cinci măsurători, la creșterea numărului de măsurători, cu excepția PTIrel, fiabilitatea PP și CArel la subiecții cu PC a crescut. Noi am sugerat că, întrucât atât timpul de contact, cât și forța de încărcare au fost instabile, valorile PTIrel nu au fost fiabile. Astfel rezultatele noastre au confirmat prima ipoteză, în care fiabilitatea a două variabile a crescut cu mărirea numărului de măsurători. Mai mult, constatarea noastră a fost, de asemenea, în concordanță cu aceea a lui Chen și colab.

Întrucât tiparul de mers al subiecților cu PC a variat de la unul la altul, cum ar fi faza de sprijin și contactul antepiciorului, și unele zone plantare nu au participat la ciclul de mers, s-a adoptat modelul cu trei zone și s-a studiat fiabilitatea acestor zone. Rezultatele noastre au indicat că cele mai bune date fiabile au fost obținute pentru CArel în toate cele trei regiuni; în timp ce fiabilitatea PP și PTIrel la călcâi și antepicior a fost slabă, acest lucru putând fi cauzat de tiparul instabil al mersului. Prin urmare, a doua și a treia noastră ipoteză au fost parțial confirmate.

În cele din urmă, deși ICC și CoV la subiecții cu PC au variat în diverse regiuni, 44,4% din elementele ICC au fost mai mari decât 0,75, 33,3% dintre acestea au fost mai mari decât 0,5, și 77,8% din elementele CoV au fost mai mici decât 50%; astfel, am sugerat că placa de presiune Footscan a fost de încredere în studiul subiecților cu PC în ceea ce privește distribuția presiunii plantare.

Deși s-au obținut rezultate pozitive, au existat și limitări și acestea trebuie să fie luate în considerare cu precauție: 1) subiecții au fost rugați să meargă cu o viteză la alegere, iar factorul de viteză a fost corelat potențial cu PP și PTIrel; 2) în acest studiu s-a adoptat o strategie pentru un eșantion mic și acest lucru ar putea contribui la mai mare variabilitate a datelor.

CONCLUSION

Overall, reliability of Footscan plate system in the study of CP patients was moderate in most variables and under most plantar regions. Thereby, by increasing the test times to no less than five, this protocol could be applied in the clinical and scientific investigation of CP children.

Acknowledgement

The authors appreciate all the children and their parents participating in this study; meanwhile we also acknowledge the financial support from the funding of national postdoctoral project (150620) and "Fund for Young Researchers" (2014SCU11029) of Sichuan University.

CONCLUZII

Per ansamblu, fiabilitatea sistemului Footscan la studierea pacienților cu PC a fost moderată în cazul majorității variabilelor și în majoritatea regiunilor plantare. Astfel, prin creșterea numărului de testări la nu mai puțin de cinci, acest protocol ar putea fi aplicat în investigația clinică și științifică a copiilor cu PC.

Mulțumiri

Autorii doresc să mulțumească tuturor copiilor și părinților care au participat la acest studiu; în același timp ne exprimăm recunoștința pentru sprijinul financiar din cadrul proiectului național postdoctoral (150620) și programului „Fonduri pentru cercetători tineri” (2014SCU11029) din cadrul Universității Sichuan.

REFERENCES

1. Ramanathan, A.K., Kiran, P., Arnold, G.P., Wang, W., Abboud, R.J., *Foot Ankle Surg*, **2010**, 16, 2, 70-73.
2. Maetzler, M., Bochsansky, T., Abboud, R.J., *Gait Posture*, **2010**, 32, 3, 391-394.
3. Zammit, G.V., Menz, H.B., Munteanu, S.E., *J Foot Ankle Res*, **2010**, 3, 11.
4. Jiong, Y., Nian, L., Qingsong, Z., *Chinese Journal of Practical Pediatrics*, **2007**, 22, 231-233.
5. Xiaofeng, J., Xueyan, H., *Chin J Rehabil Theory Pract*, **2009**, 15, 65-66.
6. Sorsdahl, A.B., *Gait Posture*, **2008**, 27, 43-50.
7. Hai, H., Anyan, Z., Dongfeng, H. et al., *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine*, **2007**, 22, 44-47.
8. Gurney, J.K., Kersting, U.G. et al., *Gait Posture*, **2008**, 27, 706-709.
9. Low, D.C., *Gait Posture*, **2010**, 32, 664-666.
10. De Cock, A., Vanrenterghem, J., et al., *Gait Posture*, **2008**, 27, 669-675.
11. Zhou, J., Song, Y., Xu, B., Chen, W., *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2014**, 14, 3, 135-146.
12. Zhou, J., Zhang, Y., Chen, W., Xu, B., *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2014**, 14, 4, 205-214.
13. Zhou, J., Li, T., Xu, B., Chen, W., *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2015**, 15, 1, 3-14.
14. Longwei, C., Shuwei, L., Jue, W., Lei, S., *Chin J Sports Med*, **2012**, 31, 303-307.
15. Bus, S.A., *Clinical Biomechanics*, **2005**, 20, 892-899.
16. Jacques Riad, S.C., Henley, S., Miller, F., *Gait Posture*, **2006**, 24S, S98-S289.
17. Hopkins, W.G., *Sports Medicine*, **2000**, 30, 1-15.

Article received/Data primirii articolului: 08.07.2015

Accepted/Acceptat la data: 19.11.2015