

RELIABILITA MERANÍ ZAŤAŽENIA NOHY PRI CHÔDZI

Lucia Bizovská, Zdeněk Svoboda, Miroslav Janura

Katedra přírodních věd v kinantropologii, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého

v Olomouci, Olomouc, Česká republika

Súhrn

Výšetrenie zaťaženia nohy je neoddeliteľnou súčasťou podiatrickej praxe, a to i za pomoci prístrojového vybavenia. Najčastejším prístrojovým vybavením rozumieme silové alebo tlakové plošiny, ktoré sú schopné zaznamenať výslednú reakčnú silu podložky alebo zaťaženie jednotlivých oblastí chodidla. Cieľom tejto práce bolo overiť reliabilitu parametrov, ktoré je možné získať počas krokového cyklu zo silových alebo tlakových plošín. Štúdie sa zúčastnilo 10 zdravých mužov vo veku $23,6 \pm 2,9$ rokov. Merané osoby absolvovali celkom 8 pokusov chôdze, 4 pokusy po chodníku s inštalovanými silovými plošinami a 4 pokusy po chodníku s inštalovanou dvojmetrovou tlakovou plošinou v dvoch meraniach týždeň po sebe. Reliabilita v rámci jedného dňa a medzi dňami bola hodnotená pre silové, tlakové, časové a impulzové charakteristiky stojnej fázy krokového cyklu. Výsledky ukázali, že všetky parametre zo silových plošín mali strednú až vysokú spoľahlivosť, s výnimkou dvoch časových charakteristik antero-posteriornej zložky reakčnej sily, kde bola spoľahlivosť nízka. Pre parametre z tlakových plošín bola spočítaná stredná až vysoká spoľahlivosť v oblastiach s všeobecne vyšším zaťažením (druhý metatarsus, päta), nízka spoľahlivosť bola zistená pre oblasti s nízkym zaťažením (stredonožie, piaty metatarsus).

Kľúčové slová

krokový cyklus, stojná fáza, spoľahlivosť, silová plošina, tlaková plošina

Abstract

Foot loading assessment is a topical measurement used by podiatrists. During the measurement, force and pressure plates are mostly used. The aim of this study was to examine reliability of parameters computed from the force and pressure plates during the stance phase of a gait cycle. Ten healthy young men (23.6 ± 2.9 years) participated in this study. Participants walked barefoot with their preferred walking speed 8 times, 4 times on a walkway with two installed force plates. Other half of the trials was measured on the walkway with installed pressure plate. The reliability was computed for force, pressure, temporal and impulse characteristics of a stance phase of a gait cycle. The results showed that parameters from the force plates had medium to high reliability, with the exception of the temporal characteristics of anterior-posterior component of the ground reaction force. The results for pressure parameters showed that medium to high reliability was found under the areas where the pressure is normally higher (for example second metatarsus, lateral and medial heel) and low reliability was found under less pressed areas (fifth metatarsus, midfoot).

Keywords

gait cycle, stance phase, reliability, force plate, pressure plate

Úvod

Chodidlo má počas chôdze dve základné funkcie – na začiatku krokového cyklu pasívnu funkciu, pri ktorej slúži ako odpruženie pri náraze dolnej končatiny na podložku, a potom aktívnu funkciu, kedy presúva vnútorné sily vyprodukované svalmi na podložku, aby počas odšliapu telo zrýchlilo vpred [1]. Na porozumenie týchto dejov prebiehajúcich v chodidle je nutné sledovanie rôznych charakteristik, ktoré sú nápomocné pri vyšetrení pacientov s neurologickými,

muskulo-skeletálnymi problémami, ale najčastejšie s diabetom, ďalej potom slúži k zhotovovaniu pomôcok na chôdzu alebo vložiek do topánok.

Výšetrenie plosky nohy je neoddeliteľnou súčasťou podiatrickej praxe, a to či už pomocou klinických skúšok, alebo za využitia prístrojového vybavenia. Pri prístrojovom vyšetrení si podiater môže vybrať z veľkého množstva zariadení schopných zaznamenať silové alebo tlakové charakteristiky. Silové plošiny zaznamenávajú veľkosť vektoru reakčnej sily podložky v medio-laterálnom, antero-posteriornom a vertikálnom

smere a pohyb jeho pôsobiska. Nevýhodou je, že je zaznamenaná len výsledná pôsobiaca sila, nie je možné presne špecifikovať veľkosti síl pod rôznymi časťami chodidla. Tlakové plošiny zaznamenávajú zaťaženie chodidla pod celou ploškou nohy, ktorú je možné za pomoci rôznych softwarov rozdeliť na oblasti, ktoré sú predmetom záujmu. Oba typy zariadení sa s výhodou využívajú predovšetkým pri pozorovaní diabetickej nohy [2-4], kde bolo u pacientov zistené významne vyššie zaťaženie predovšetkým v strednej časti chodidla.

Reliabilitu meraní je možné zhodnotiť absolútne a relatívne. Absolútna reliabilita je vyjadrená napríklad pomocou smerodajnej odchýlky meraní, relatívnu reliabilitu popisujú korelačné koeficienty [5]. Pearsonov korelačný koeficient (r) sa používa často, jeho použitie je ale obmedzené len na dve sady testovacích meraní. Ďalšou nevýhodou je neschopnosť odhaliť systematickú chybu merania [5,6]. Pre použitie na vyšší počet testovacích meraní je nutné použitie vnútrotriednych korelačných koeficientov (ICC), ktoré na svoj výpočet využívajú výsledky z analýzy rozptylu. Podľa autorov Shrout a Fleiss [7] rozoznávame šesť druhov ICC označených dvomi číslicami rozdelenými čiarkou. Prvé značenie (1-3) popisuje všeobecný model, ktorý ukazuje, či sú komponenty pozorovanej hodnoty (skutočná hodnota a chyba) uvažované osobitne (modely 2 a 3) alebo spoločne (model 1) [8]. Platí, že ak v meraní nie je prítomná systematická chyba, ICC vypočítané podľa modelu 1 a 3 dosiahnu rovnaké hodnoty [5]. Druhé značenie (1 alebo k) popisuje, či ICC bude vypočítané z jedného (každého) merania, alebo z priemeru meraní. V takom prípade k značí počet meraní, z ktorých sa má priemerná hodnota vypočítať [8].

V literatúre je možné nájsť niekoľko štúdií rozoberajúcich spoľahlivosť parametrov získaných z tlakových plošín počas chôdze [9-11]. Všetky tieto štúdie sa zhodujú na strednej až vysokej spoľahlivosti pre parametre odvodené z oblastí chodidla, ktoré sú počas chôdze zaťažené vo vyššej miere, predovšetkým päta. Nízka spoľahlivosť bola nájdená pre parametre z oblastí s nízkym zaťažením, predovšetkým v oblasti prstov. Overenie reliability parametrov získaných zo silových plošín nie je štandardom, väčšinou sa skôr pracuje s časovo-priestorovými charakteristikami popisujúcimi stojnú fázu, krok alebo dvojkrok.

Cieľom tejto práce je porovnať spoľahlivosť veličín odvodených zo silových a tlakových zariadení, a to jednak ako konzistenciu medzi jednotlivými meraniami, jednak spoľahlivosť merania s časovým odstupom.

Materiál a metódy

Experimentálne skupina

Experimentálna skupina pozostávala z 10 mužov vo veku $23,6 \pm 2,9$ rokov, s výškou $182,7 \pm 4,4$ cm a hmotnosťou $78,0 \pm 7,7$ kg. Všetky osoby boli v čase merania bez akýchkoľvek neurologických alebo muskuloskeletálnych problémov, ktoré by mohli ovplyvniť prevedenie chôdze. Priebeh merania schválila etická komisia inštitúcie a účastníci predom podpísali informovaný súhlas.

Priebeh merania

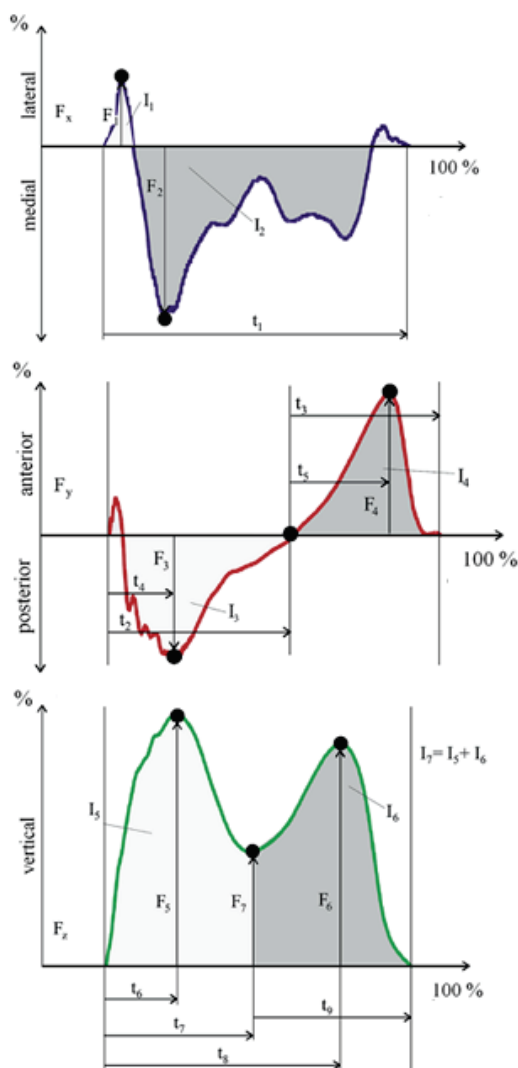
Merané osoby absolvovali celkom 8 pokusov chôdze naboso v prirodzenom tempe. 4 pokusy po chodníku dlhom 10 m s tlakovou plošinou umiestnenou v strede dráhy (Footscan, dĺžka 2 m, vzorkovacia frekvencia 126 Hz, RSscan International, Olen, Belgicko), ďalšie štyri pokusy po chodníku dlhom 8 m obsahujúcom dve za sebou umiestnené silové plošiny (Kistler typ 9286AA, vzorkovacia frekvencia 200 Hz, Kistler Instrumente, Winterthur, Švajčiarsko). Meracie plošiny boli umiestnené vždy v strede dráhy, aby bolo zabezpečené nasnímanie stojných fáz stredných krokových cyklov chôdze. Meranie za rovnakých podmienok bolo prevedené po týždni.

Analýza dát zo silových plošín Kistler

Pomocou silových plošín bola zaznamenaná reakčná sila podložky v jednotlivých okamžikoch stojnej fázy krokového cyklu osobitne pre každú končatinu. V prvom kroku bol signál pre každú zo zložiek filtrovaný Butterworthovým filtrom druhého rádu s dolnofrekvenčnou priepustnosťou. Hraničná frekvencia bola zvolená na 30 Hz. Stojné fázy boli identifikované individuálne ako časové intervaly, počas ktorých vertikálna zložka reakčnej sily presiahla 5 % vertikálnej zložky reakčnej sily podložky daného subjektu pri stojí. Na Obr. 1 sú vyznačené všetky pozorované silové a časové premenné. Veľkosti silových parametrov boli kvôli ďalšiemu porovnávaniu normalizované na priemernú veľkosť vertikálnej zložky reakčnej sily v stojí. Veľkosti časových parametrov boli z rovnakého dôvodu prepočítané na celkové trvanie stojnej fázy. Všetky úpravy a výpočty prebiehali v prostredí systému Matlab (verzia R2010b, MathWorks, Inc., Tulsa, OK, USA).

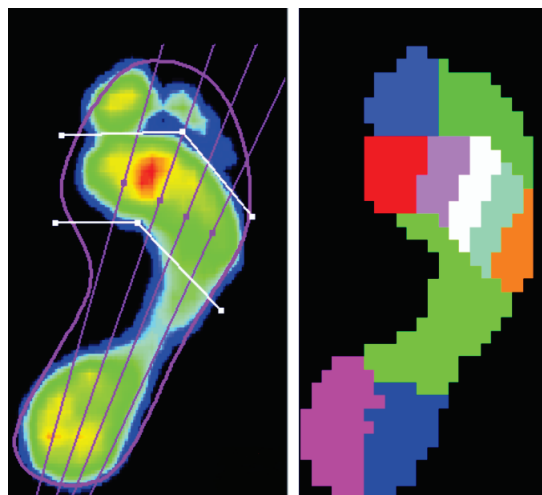
Analýza dát z tlakovej plošiny Footscan

Pomocou tlakovej plošiny bol zaznamenaný priebeh rozloženia tlaku pod ploškou nohy v čase. Chodidlo bolo pomocou software Footscan Gait (verzia 7.9, RScan International, Olen, Belgicko) rozdelené na 10 anatomických zón – laterálna (HL) a mediálna (HM) časť päty, prvý až piaty metatarsus (Meta 1 - 5), stredonožie (MF), palec (T1) a prsty (T2-5) (Obr. 2).



Obr. 1: Pozorované silové a časové premenné získané z priebehu reakčnej sily podložky počas stojnej fáze krokového cyklu [15]. t_1, t_2, t_3 – čas trvania stojnej, brzdiacej a akceleračnej fáze; t_4, t_5, t_6, t_8 – čas dosiahnutia maximálnej sily v brzdiacej a akceleračnej fáze; t_7, t_9 – čas dosiahnutia lokálneho minima vertikálnej zložky; $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$ – maximálna sila v mediálnom a laterálnom smere, v brzdiacej a akceleračnej fáze; F_7 – minimálna sila vo podfáze stredného a konečného stoja; $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$ – silový impulz v mediálnom a laterálnom smere, v brzdiacej a akceleračnej fáze; I_7 – celkový silový impulz vertikálnej zložky reakčnej sily podložky.

Po rozdelení chodidla na oblasti pomocou software bola prevedená manuálna korekcia. V každej z týchto oblastí bol vypočítaný čas kontaktu danej oblasti s podložkou vzhľadom k trvaniu stojnej fáze (CT), tlakový impulz (I), maximálny tlak (Pmax) a časový okamžik, kedy maximálny tlak nastáva (t).



Obr. 2: Vľavo – odtlačok plošky nohy viditeľný po chôdzi po tlakovej plošine, vpravo – rozdelenie plošky nohy na 10 anatomických zón.

Štatistické spracovanie

Na overenie normálneho rozloženia dát bol využitý Kolmogorov-Smirnov test normality. Na výpočet reliability boli využité vnútrotriedne korelačné koeficienty ICC(1,1) a ICC(3,1) zo štyroch predvedených pokusov na každom meracom zariadení. Výpočty prebiehali v prostredí systému Matlab (verzia R2010b, MathWorks, Inc., Tulsa, OK, USA). Na výpočet reliability medzi jednotlivými meraniami s časovým odstupom jedného týždňa boli využité Pearsonove korelačné koeficienty aplikované na priemerné hodnoty zo štyroch pokusov z prvého a druhého merania. Výpočty prebiehali pomocou software Statistica (verzia 12.0, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Rozlíšenie kategórií spoľahlivosti prebiehalo na základe odporúčenia pre klinické aplikácie podľa Fleiss [12] nasledovne: < 0,4 nízka; 0,4 - 0,75 stredná; > 0,75 vysoká spoľahlivosť.

Výsledky

Výsledky spoľahlivosti parametrov odvodených z meraní na silových plošinách sú zhrnuté v Tab. 1. Podľa týchto výsledkov vykazujú silové charakteristiky vysokú spoľahlivosť jednak medzi po sebe nasledujúcimi meraniami, jednak medzi meraniami s časovým odstupom. Silové impulzy z laterálnej a vertikálnej zložky vykázali strednú až vysokú spoľahlivosť, u antero-posteriornej zložky bola nájdená vysoká

spoľahlivosť. Časové charakteristiky vykazovali strednú úroveň spoľahlivosti medzi po sebe nasledujúcimi meraniami. Medzi meraniami s časovým odstupom bola nájdená nízka hodnota u časových charakteristik z antero-posteriornej zložky, u ostatných zložiek bola zaznamenaná stredná až vysoká spoľahlivosť.

Reliabilita časových charakteristik získaných z tlakovej plošiny je zhrnutá v Tab. 2. Pre čas kontaktu jednotlivých oblastí s podložkou bola zistená stredná až vysoká spoľahlivosť s výnimkou oblasti piateho metatarsu, kde bola spoľahlivosť nízka. Reliabilita času, za ktorý nastáva maximálne zaťaženie bola nízka až stredná, s výnimkou v oblastiach mediálnej časti päty a druhého metatarsu, kde bola pre konzistenciu medzi meraniami s časovým odstupom zistená vysoká hodnota. Čo sa týka tlakového impulzu v jednotlivých oblastiach, s výnimkou prvého a piateho metatarsu a stredonožia bola zistená stredná až vysoká spoľahlivosť meraní (Tab. 3). Podobná situácia nastala pre maximálne zaťaženie, kde v oblastiach piateho

Tab. 1: Korelačné koeficienty pre časové, silové a impulzové premenné získané zo silových plošín.

veličina	ICC(1,1)	ICC(3,1)	r
F1	0,983	0,982	0,993
F2	0,986	0,986	0,972
F3	0,901	0,898	0,792
F4	0,919	0,917	0,885
F5	0,875	0,875	0,913
F6	0,912	0,911	0,907
F7	0,854	0,849	0,873
I1	0,634	0,654	0,856
I2	0,871	0,875	0,946
I3	0,840	0,833	0,626
I4	0,910	0,907	0,843
I5	0,821	0,839	0,898
I6	0,692	0,699	0,709
I7	0,678	0,669	0,554
t1	0,701	0,692	0,544
t2	0,564	0,560	0,312
t3	0,564	0,560	0,312
t4	0,600	0,594	0,890
t5	0,621	0,608	0,427
t6	0,650	0,682	0,812
t7	0,651	0,691	0,851
t8	0,689	0,687	0,924
t9	0,651	0,691	0,851

Legenda: ICC – vnútrotriedne korelačné koeficienty, r – Pearsonov korelačný koeficient, pre popis veličín vid' Obr. 1.

metatarsu a stredonožia boli pozorované nízke hodnoty spoľahlivosti (Tab. 3).

Diskusia

Spoľahlivosť parametrov odvodených z tlakových a silových plošín je kľúčová pre správnu diagnostiku ochorení spojených s poruchami na chodidle. Spoľahlivosť tlakových charakteristik bola v literatúre preskúmaná za využitia rôzneho prístrojového vybavenia, a to či už tlakových plošín [9, 10] alebo senzorov vložených do obuvi [11]. Pre reliabilitu silových parametrov je počet týchto výstupov nízky, väčšinou sa autori sústredili na prácu s časovo-priestorovými charakteristikami chôdze, prípadne sa zaujímali o lokálne maximá vertikálnej zložky reakčnej sily [13, 14].

V našej štúdii sme sledovali reliabilitu časových charakteristik, silových charakteristik a silových impulzov u všetkých troch zložiek reakčnej sily podložky. Taktiež bolo našim cieľom porovnať reliabilitu silových a tlakových parametrov.

Tab. 2: Korelačné koeficienty pre časové premenné získané z tlakovej plošiny.

veličina, oblasť	ICC(1,1)	ICC(3,1)	r
CT HL	0,714	0,708	0,850
CT HM	0,758	0,750	0,870
CT Meta 1	0,653	0,640	0,669
CT Meta 2	0,804	0,805	0,919
CT Meta 3	0,782	0,779	0,881
CT Meta 4	0,730	0,759	0,772
CT Meta 5	0,267	0,297	0,411
CT MF	0,645	0,637	0,769
CT T1	0,314	0,310	0,656
CT T2-5	0,807	0,806	0,690
t HL	0,457	0,473	0,696
t HM	0,537	0,530	0,823
t Meta 1	0,646	0,696	0,360
t Meta 2	0,639	0,631	0,829
t Meta 3	0,618	0,609	0,255
t Meta 4	0,327	0,333	0,560
t Meta 5	0,448	0,444	0,686
t MF	0,556	0,561	0,518
t T1	0,149	0,164	0,633
t T2-5	0,428	0,461	0,235

Legenda: ICC – vnútrotriedne korelačné koeficienty, r – Pearsonov korelačný koeficient, pre popis veličín vid' sekciu Materiál a metódy.

Podľa našich zistení dosiahli reakčné sily merané pomocou silových plošín najvyššie hodnoty spoľahlivosti ($> 0,85$) pre všetky zložky. Stredné a vysoké hodnoty spoľahlivosti boli zistené pre všetky ostatné skupiny parametrov. Celkovo môžeme povedať, že reliabilita parametrov získaných zo silových plošín je stredná až vysoká, s výnimkou časových charakteristík popisujúcich antero-posteriornú zložku reakčnej sily.

Tab. 3: Korelačné koeficienty pre impulz a maximálny tlak získané z tlakovej plošiny.

veľičina, oblasť	ICC(1,1)	ICC(3,1)	r
I HL	0,727	0,717	0,520
I HM	0,727	0,718	0,838
I Meta 1	0,323	0,348	0,787
I Meta 2	0,554	0,540	0,807
I Meta 3	0,723	0,733	0,871
I Meta 4	0,542	0,565	0,767
I Meta 5	0,276	0,274	0,669
I MF	0,326	0,314	0,446
I T1	0,475	0,470	0,888
I T2-5	0,538	0,538	0,803
Pmax HL	0,554	0,542	0,525
Pmax HM	0,595	0,594	0,780
Pmax Meta 1	0,480	0,482	0,829
Pmax Meta 2	0,551	0,544	0,725
Pmax Meta 3	0,670	0,700	0,858
Pmax Meta 4	0,542	0,575	0,731
Pmax Meta 5	0,132	0,128	0,660
Pmax MF	0,372	0,371	0,489
Pmax T1	0,670	0,661	0,883
Pmax T2-5	0,437	0,420	0,848

Legenda: ICC – vnútrotriedne korelačné koeficienty, r – Pearsonov korelačný koeficient, pre popis veličín viď sekciu Materiál a metódy.

Pri pozorovaní parametrov z tlakových plošín ukázalo najnižšie hodnoty spoľahlivosti maximálne zaťaženie pod piatym metatarsom (0,13) a čas, za ktorý bolo dosiahnuté maximum zaťaženie pod palcom (0,15 - 0,16). Zaujímavosťou ale je, že u všetkých prípadov, kde bola zistená nízka spoľahlivosť pre po sebe sa opakujúce pokusy, boli pri meraní s časovým odstupom dosiahnuté stredné hodnoty spoľahlivosti ($> 0,40$). V tomto prípade môžeme teda tvrdiť, že konzistencia medzi jednotlivými meraniami je slabá, na druhú stranu pre merania s časovým odstupom je spoľahlivosť dobrá. Takýto výsledok by mohol byť spôsobený nízkym zaťažením týchto oblastí počas

krokového cyklu, preto pri porovnávaní jednotlivých pokusov bola zaznamenaná inkonzistencia. Na druhej strane po spriemerovaní niekoľkých pokusov a takto práci len s priemernou hodnotou už sa meranie zdá byť spoľahlivejšie. Navrhujeme teda pre hodnotenie zaťaženia nohy pracovať z priemernými hodnotami zo 4 až 5 pokusov.

Opačná situácia nastala pre čas, za ktorý bolo dosiahnuté maximum zaťaženia v oblastiach prvého a tretieho metatarsu a prstov. V týchto prípadoch bola zistená dobrá spoľahlivosť pre po sebe nasledujúce merania, na druhú stranu opakované meranie s časovým odstupom ukázalo nízke hodnoty korelačných koeficientov. Dôvodom je zrejme opäť nízke zaťaženie daných oblastí počas krokového cyklu, kedy maximum tlaku môže nastávať v závislosti na predvedení chôdze v rôznych okamžikoch stojnej fáze. V oblastiach s vyšším zaťažením, predovšetkým druhý metatarsus a laterálna i mediálna časť päty boli zaznamenané stredné až vysoké hodnoty korelačných koeficientov vo všetkých prípadoch, teda i v okamžiku, kedy nastáva maximum tlaku. Výsledky naznačujú, že v týchto prípadoch je priebeh tlaku pre dané osoby charakteristický.

Naše výsledky ukazujúce na nízku reliabilitu parametrov z tlakových plošín pod oblasťami s nízkym zaťažením sú v zhode s výsledkami štúdií [9-11]. I keď predošlé štúdie ukázali podobné výsledky, dôvody ktoré by mohli viesť k takejto situácii, nie sú v literatúre rozpracované. Jednou z možností, by mohli byť technické parametre meracieho zariadenia – predovšetkým hustota a citlivosť senzorov použitých v meracej plošine. Nízka reliabilita po nízkom zaťažení by potom mohla znamenať nedostatočnú hodnotu zaťaženia senzoru v danej oblasti plošiny, tým pádom nedostatočný elektrický signál a preto nespoľahlivé alebo nereprodukované výsledky. V silových plošinách sa uvažuje až výsledná reakčná sila, preto pri spočítaní čiastkových príspevkov z jednotlivých snímačov plošiny situácia s nízkym zaťažením nemôže nastať. Výsledky sú potom v porovnaní s tlakovou plošinou spoľahlivejšie.

Záver

Táto štúdia bola zameraná na porovnanie reliability parametrov získaných zo silových a tlakových plošín z po sebe nasledujúcich meraní a meraní s odstupom jedného týždňa. Bolo zistené, že najvyššie hodnoty spoľahlivosti vykazujú zložky normalizovanej reakčnej sily podložky. Ďalšie parametre získané zo silových plošín vykázali strednú až vysokú spoľahlivosť, s výnimkou časových charakteristík antero-posteriornej zložky, kde bola spoľahlivosť nízka. Parametre získané z tlakovej plošiny vykázali vo väčšine prípadov strednú hodnotu spoľahlivosti, nízka reliabilita bola zaznamenaná pre parametre z oblastí s celkovo nižším zaťažením počas krokového cyklu. Navrhujeme pre

hodnotenie zaťaženia nohy pracovať s priemernými hodnotami zo 4 až 5 pokusov.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporená výskumným grantom Grantovej agentúry Českej republiky s číslom 15-13980S).

Literatúra

- [1] Rosenbaum D., Becker H.-P. *Plantar pressure distribution measurements. Technical background and clinical applications.* Foot and Ankle Surgery, 1997, vol 3, p. 1-14.
- [2] Bacarin T. A., Sacco I. C. N., Hennig E. M. *Plantar pressure distribution patterns during gait in diabetic neuropathic patients with a history of foot ulcers.* Clinics, 2009, vol. 64, no. 2, p. 113-120.
- [3] Akashi P. M. H., Sacco I. C. N., Watari R., Hennig E. M. *The effect of diabetic neuropathy and previous foot ulceration in EMG and ground reaction forces during gait.* Clinical Biomechanics, 2008, vol. 23, no. 5, p. 584-592.
- [4] Mueller M. J., Minor S. D., Sahrman S. A., Schaaf J. A., Strube M. J. *Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls.* Physical Therapy 1994, vol. 74, p. 299-308.
- [5] Hendl J. *Přehled statistických metod : analýza a metaanalýza dat.* Praha : Portál, 2012. 734 s.
- [6] Henriksen M., Luind H., Moe-Nilssen R., Bliddal H., Danneskiold-Samsøe B. *Test-retest reliability of trunk accelerometric gait analysis.* Gait and Posture 2004, vol 19, no. 3, p. 288-297.
- [7] Shrout P. E., Fleiss J. L. *Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability.* Psychological Bulletin 1979, vol. 86, no. 2, p. 420-428.
- [8] Vincent W. J., Weir J. P. *Statistics in kinesiology.* Champaign, Ill. : Human Kinetics, 2012, 378 s.
- [9] Gurney J. K., Kersting U. G., Rosenbaum D. *Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population.* Gait and Posture 2008, vol. 27, no. 4, p. 706-709.
- [10] Cousins S. D., Morrison S. C., Drechsler W. I. *The reliability of plantar pressure assessment during barefoot level walking in children aged 7-11 years.* Journal of Foot and Ankle Research 2012, vol. 5:8.
- [11] Godi M., Turcato A. M., Schieppati M., Nardone A. *Test-retest reliability of an insole plantar pressure system to assess gait along linear and curved trajectories.* Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2014, vol. 11:95.
- [12] Fleiss, J. L. *Design and analysis of clinical experiments.* New York : Wiley, 1986. 432 s.
- [13] Reed L. F., Urry S. R., Wearing S. C. *Reliability of spatiotemporal and kinetic gait parameters determined by a new instrumented treadmill system.* BMC Musculoskeletal Disorders 2013, vol 14:249.
- [14] Faude O., Donath L., Roth R., Fricker L., Zahner L. *Reliability of gait parameters during treadmill walking in community-dwelling healthy seniors.* Gait and Posture 2012, vol. 36, no. 3, p. 444-448.
- [15] Vaverka F., Elfmark M., Svoboda Z., Janura M. *System of gait analysis based on ground reaction force assessment* Acta Gymnica 2015. In press.

Mgr. Lucia Bizovská
Katedra prírodných vied v kinantropológii
Fakulta telesnej kultúry
Univerzita Palackého v Olomouci
tř. Míru 117, CZ-771 11 Olomouc

E-mail: lucia.bizovska@gmail.com
tel.: +420 777 830 724