

Dominik Kocbek, dominik.kocb@gmail.com

*Dr. Miha Marinšek, Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta,
miha.marinsek@uni-mb.si*

Pomen dominantnosti okončin na porazdelitev pritiska po otroškem stopalu

Izvirni znanstveni članek

UDK 796.012.1-053.4

POVZETEK

Namen naše raziskave je bil preveriti, kako lateralna preferenca, odsotnost vidnih informacij in različni položaji stoje vplivajo na stabilnost stoje oporno na obeh nogah pri petletnih otrocih. V meritve smo vključili devetnajst $5,3 \pm 0,2$ leta starih otrok, 9 dečkov in 10 deklic. Šest od teh je imelo dominantno levo nogo. Stoj oporno so merjenci izvajali 60 sekund v štirih različnih položajih stopal (snožno, razkoračno, merno in predkoračno razkoračno) ter dveh različnih vidnih pogojih (oči odprte, oči zaprte). Med meritvami smo upoštevali dominantnost nog. Za izračun različnih spremenljivk središča pritiska smo uporabili stopalne vložke Parotec. Pridobljene podatke smo prenesli v program Excel in izračunali izbrane spremenljivke. Za ugotavljanje razlik med različnimi položaji stopal in vidnimi informacijami smo uporabili analizo variance. Razlike med dominantnim in nedominantnim stopalom smo ugotavljali s pomočjo parnega t-testa. Rezultati so pokazali, da so otroci v vseh položajih razen v položaju stoje snožno v povprečju bolj obremenjevali nedominantno kot dominantno nogo. Dominantna noga je opravila več korekcij ravnotežnega položaja kot nedominantna, to je vidno iz daljše poti centra pritiska dominantne noge v primerjavi z nedominantno nogo. V večini primerov so otroci uporabljali nedominantno nogo za premagovanje teže, dominantno pa za uravnavanje ravnotežnega položaja. Ugotovili smo tudi, da je za otrokovo stabilnost najbolj pomembna velikost podporne površine v lateralni smeri.

Ključne besede: vzpostavljjanje ravnotežja, lateralna preferenca, vidne informacije, podporna površina, dominantnost

The Importance of Limb Dominance for Foot Pressure Distribution in Children

ABSTRACT

The aim of our study was to test how lateral preference, visual deprivation, and different foot placements affected postural stability of five-year-olds. We studied nineteen children aged 5.3 ± 0.2 , of which 9 boys and 10 girls. Six were left-footed. Four foot positions (feet together, feet apart, tandem, step) and two visual conditions (eyes open, eyes closed) were tested during a 60-second quiet stance. Lateral preference was considered. We used Parotec foot insoles to measure various centre of pressure variables. The data was exported to an Excel spreadsheet file where chosen variables were calculated. The differences in foot positions and visual conditions were identified through variance analysis, while the differences between dominant and non-dominant foot were tested with the use of paired t-test. The results showed that children on average load their non-dominant foot more than their dominant one. The dominant foot utilized more corrections to enable stability of the body than the non-dominant foot, which can be seen from the longer path of the centre of pressure of the dominant foot in comparison to the non-dominant foot. In most of the cases, children used their non-dominant foot to bear the weight and their dominant foot for postural control during quiet stance. We also discovered that the reduction of the base of support in the lateral direction significantly decreased children's stability.

Key words: postural sway, lateral preference, visual information, support area, dominance

Uvod

Ljudje smo glede na svojo telesno zgradbo in zaradi dejstva, da stojimo na majhni podporni površini, precej nestabilen sistem. Zaradi tega moramo imeti dobro razvit nadzor nad našim ravnotežjem. Vzpostavljanje ravnotežnega položaja lahko definiramo kot zmožnost ohranjanja središča težnosti telesa znotraj podporne površine. Zmožnost ohranjanja ravnotežnega položaja znotraj podporne površine vključuje uporabo vidnih, vestibularnih in somatosenzoričnih informacij ter njihovega povezovanja z naprežanjem tistih mišic, ki so potrebne za vzdrževanje stoje (Kirby, Price in MacLeod, 1987; Carpenter, Frank, Winter in Peysar, 2001).

Pri različnih oblikah stoje na nogah se težišče telesa premika znotraj podporne površine, kar se opredeli kot zibanje oziroma nihanje pri drži. Zaradi nihanja telesa

se spremeni pritisk na obe stopali in po posameznem stopalu. Pod vsakim stopalom se nahaja središče pritiska, ki je definirano kot oprijemališče vektorja vertikalne sile reakcije podlage (Winter, 1995). Središče pritiska pod vsakim stopalom je neodvisno od težišča telesa (Doyle, Hsiao Weckslers, Ragan, in Rosengren, 2007; Murray Seireg in Scholz, 1967) in predstavlja trenutni podatek, ki jih ustvarjajo mišice, potrebne za vzpostavljanje ravnotežnega položaja.

V raziskavah o ravnotežnem položaju gibalno neoviranih merjencev sta najbolj pogosto raziskovana dejavnik vida in položaj stopal (Winter, 1995). Vendar pa te raziskave niso upoštevale dejavnika stransko usmerjenega delovanja možganov. Ena izmed možganskih polovic v delovanju navadno prevladuje v primerjavi z drugo, in sicer s ciljem, da prevzame vodilno vlogo pri vrsti gibalnih in zaznavnih dejavnosti. Poudarjeno delovanje posamezne možganske polovice daje podlago za razvoj dominantnosti okončin, ki se izrazi v obdobju od 3. do 5. leta starosti. Poudarjeno delovanje posamezne možganske polovice ima znaten vpliv na otrokovo gibalno vedenje (Coren, Porac in Duncan, 1981). Na podlagi tega dejstva lahko sklepamo, da je pri interpretaciji značilnosti ravnotežnega položaja v različnih pogojih stoje oporno potrebno upoštevati dominantnost nog.

Cliford in Holder Powel (2010) ugotavljata, da nedominantna noga uporablja strategijo gležnja, ki temelji na ohranjanju ravnotežnega položaja. Ugotovila sta tudi, da je pri zdravih posameznikih večji delež tistih, ki na nedominantni nogi nihajo, ko iščejo ravnotežje.

Metode

Namen naše raziskave je bil preveriti, kako odsotnost vidnih informacij in različni položaji stopal vplivajo na ravnotežni položaj v stoji oporno na nogah 5-letnih otrok. Poleg tega smo poskušali preveriti pomen dominantnosti nog na izvedbo opore stojno na nogah. Predpostavljamo, da bodo otroci bolj stabilni v pogojih, kjer bo podporna površina večja in v katerih bodo na voljo vidne informacije. Menimo, da bo obremenitev na obe nogi enaka.

Vzorec merjencev

V raziskavo smo vključili 19 merjencev obeh spolov, 9 dečkov in 10 deklic. Meritve smo izvedli s pisnim soglasjem njihovih staršev. Povprečna starost udeleženih otrok je bila $5,3 \pm 0,2$ leta (dečki: $5,4 \pm 0,3$ leta, deklice: $5,3 \pm 0,1$ leta), povprečna višina je znašala $113,2 \pm 6,8$ cm (dečki: $112,6 \pm 7,6$ cm; deklice: $113,8 \pm 6,5$ cm), njihova povprečna teža je bila $20,9 \pm 4,0$ kg (dečki: $20,1 \pm 4,3$ kg; deklice: $21,7 \pm 3,8$ kg). Šest otrok je imelo dominantno levo nogo.

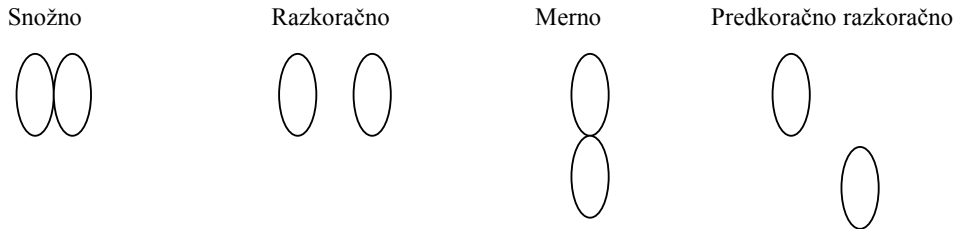
Merilni instrument

Podatke centra pritiska smo zbirali 60 sekund, medtem ko je otrok, ki smo ga testirali, stal pokončno z rokami v priročenju; pogled je bil usmerjen naprej. Podatke smo zbirali s stopalnimi vložki Parotec, s frekvenco 50 Hz. Merilna naprava Parotec se je izkazala kot učinkovito orodje pri pridobivanju informacij o vzpostavljanju ravnotežja s pomočjo poti centra pritiska (Zequera, Stephan in Paul, 2006). Senzorji sistema Parotec so pokazali merilno napako, manjšo od 2 % v območju med 0 in 400 kPa, in so nudili dosledne rezultate (Bauer, Cauraugh in Tillman, 2000); zanje menimo, da so sprejemljivi za našo raziskavo.

Vsak stopalni vložek ima 16 neodvisnih senzorjev za pritisk, ki so razdeljeni v tri skupine glede na območje podplata, kot jih predlaga proizvajalec naprave (Paromed, GmbH). Območje pete predstavljajo senzorji 1–4, srednji del podplata senzorji 5–14 in območje površine pod prsti senzorja 15–16.

Postopki zbiranja podatkov

Vsak merjenec je bil testiran v več serijah, v katerih so se spreminjali pogoji testiranja. Uporabili smo spremembe v položaju stopal in prisotnost oziroma odsotnost vidne informacije, da bi ustvarili različne pogoje testiranja. Merjenci so izvedli meritve v štirih položajih stopal (stoja snožno – S, stoja razkoračno – R, stoja merno – M in stoja predkoračno razkoračno – K) ter v dveh pogojih, ki sta se nanašala na vidno informacijo (oči odprte – OO, oči zaprte – OZ). Da bi opredelili širino in razdaljo stopal v položajih stoje razkoračno ter v položaju stoje predkoračno razkoračno, smo prosili merjence, da zavzamejo postavitev, ki jim najbolj ustreza znotraj dodeljenega položaja. Glede na te rezultate in glede na raziskavo McLloya in Makija (1997) smo določili širino 15 cm v mediolateralni in 15 cm v anteroposteriorni smeri za vse merjence. Mediolateralna razdalja je bila določena kot širina med srednjima črtama obeh pet. Anteroposteriorna razdalja je bila določena kot razdalja med skrajnim koncem palca ter središčem pete. Položaj merno smo definirali kot položaj, pri katerem se je palec enega stopala dotikal pete drugega stopala. Vsi položaji razen položaja merno so bili izmerjeni najprej z odprtimi in nato z zaprtimi očmi. Položaj merno z zaprtimi očmi se je izkazal za preveč zahtevnega za otroke te starosti, zato ga nismo izmerili. Vrstni red položajev se je naključno spreminjal. Pred začetkom meritev smo opredelili, katera noga je dominantna. Za to smo uporabili metodo, ki so jo za mlajše otroke predlagali Coren idr. (1981). Metodo so razvili na podlagi podatkov 384 tri-, štiri- in petletnih otrok. Pred izdajo predloga so metodo potrdili z visoko stopnjo zanesljivosti in veljavnosti za predšolske otroke (Coren in Porac, 1978). Pri položajih merno in predkoračno razkoračno je 11 merjencev nalogo izvedlo z dominantno nogo spredaj, medtem ko jih je 8 nalogo izvedlo z nedominantno nogo spredaj.



Slika 1: Položaj stopal

Postopki obdelave podatkov

Vzpostavljane ravnotežnega položaja smo ocenili na podlagi položaja centra pritiska pod vsakim stopalom [x, y], razdalje centra pritiska v mediolateralni (M/L) smeri [mm], razdalje centra pritiska v anteroposteriorni (A/P) smeri [mm], skupne poti centra pritiska v času meritve [mm/60 s], pritiska na peto [N/cm²], pritiska na sredino stopala [N/cm²] in pritiska na površino pod prsti [N/cm²]. Podatke iz sistema Parotec smo prenesli v program Excel in izračunali želene spremenljivke.

Uporabljene spremenljivke:

- Snoo – snožno nedominantna noga, oči odprte
- Sdoo – snožno dominantna noga, oči odprte
- Snoz – snožno nedominantna noga, oči zaprte
- Sdoo – snožno dominantna noga, oči zaprte
- Rnoo – razkoračno nedominantna noga, oči odprte
- Rdoo – razkoračno dominantna noga, oči odprte
- Rnoz – razkoračno nedominantna noga, oči zaprte
- Rdoz – razkoračno dominantna noga, oči zaprte
- Mnoo – merno nedominantna noga, oči odprte
- Mdoo – merno dominantna noga, oči odprte
- Knoo – predkoračno razkoračno nedominantna noga, oči odprte
- Kdoo – predkoračno razkoračno dominantna noga, oči odprte
- Knoz – predkoračno razkoračno nedominantna noga, oči zaprte
- Kdoz – predkoračno razkoračno dominantna noga, oči zaprte

Razlike med dominantnim in nedominantnim stopalom smo ugotavljali s pomočjo parnega t-testa. Za ugotavljanje razlik med različnimi položaji stopal in vidnimi informacijami smo uporabili analizo variance in Tukeyev post hoc test. Uporabili smo statistični paket SPSS.

Rezultati

Razdalja centra pritiska je bila v razponu od $5,9 \pm 3,9$ mm do $24,2 \pm 8,9$ mm v M/L-smeri za dominantno nogo in od $5,4 \pm 4,7$ mm do $25,2 \pm 8,6$ mm za nedominantno nogo (preglednica 1). V A/P-smeri je bila razdalja centra pritiska od $45,7 \pm 29,0$ mm do $103,0 \pm 28,5$ mm za dominantno nogo in od $32,3 \pm 15,1$ mm do $89,4 \pm 26,2$ mm za nedominantno nogo. V razdalji centra pritiska v M/L- ali A/P-smeri nismo ugotovili statistično značilne razlike ($P > 0,05$) med dominantno in nedominantno nogo (preglednica 1).

	Snožno OO	Snožno OZ	Razkoračno OO	Razkoračno OZ	Merno OO	Predkoračno razkoračno OO	Predkoračno razkoračno OZ
nedomi- nantno M/L	$11,9 \pm 8,7$ (4,5 – 36,4)	$9,7 \pm 7,5$ (2,3 – 31,8)	$5,4 \pm 4,7$ (1,8 – 23,7)	$7,3 \pm 6,8$ (1,2 – 28,7)	$25,2 \pm 8,6^1$ (5,4 – 38,4)	$9,9 \pm 6,8$ (4,7 – 33,9)	$11,1 \pm 8,0$ (3,5 – 34,1)
dominantno M/L	$11,5 \pm 8,9$ (1,8 – 35,8)	$9,4 \pm 6,5$ (2,0 – 26,2)	$5,9 \pm 3,9$ (1,8 – 17,6)	$7,4 \pm 5,5$ (1,8 – 21,0)	$24,2 \pm 8,9^2$ (12,7 – 42,0)	$12,8 \pm 9,2$ (2,2 – 43,0)	$15,9 \pm 9,1$ (2,5 – 33,0)
nedomi- nantno A/P	$60,0 \pm 31,3$ (19,9 – 129,1)	$54,6 \pm 28,6$ (16,5 – 122,4)	$32,3 \pm 15,1^3$ (14,2 – 69,9)	$48,3 \pm 26,7^3$ (11,1 – 134,9)	$89,4 \pm 26,2^4$ (36,0 – 128,1)	$63,4 \pm 34,0$ (8,5 – 134,3)	$81,9 \pm 32,4$ (18,3 – 137,9)
dominantno A/P	$56,8 \pm 28,3$ (24,5 – 118,9)	$50,9 \pm 21,5$ (21,2 – 85,4)	$45,7 \pm 29,0^5$ (10,0 – 132,9)	$51,3 \pm 27,0^5$ (10,5 – 139,2)	$103,0 \pm 28,5^6$ (19,2 – 131,1)	$79,6 \pm 37,1$ (22,5 – 157,0)	$96,8 \pm 30,9$ (21,8 – 147,7)

Preglednica 1: Razdalja centra pritiska v mediolateralni (M/L) in anteroposteriorni (A/P) smeri za dominantno in nedominantno stopalo

Legenda:

Podatki so aritmetična sredina $\pm$ standardni odklon (najmanjša vrednost – največja vrednost).

¹ Statistično značilno večja razdalja pri položaju merno v primerjavi z vsemi drugimi položaji ($P < 0,05$)

² Statistično značilno večja razdalja pri položaju merno v primerjavi z vsemi drugimi položaji ($P < 0,05$)

³ Statistično značilno manjša razdalja pri položajih razkoračno OO, OZ v primerjavi z vsemi drugimi položaji ($P < 0,05$)

⁴ Statistično značilno večja razdalja pri položaju merno v primerjavi z vsemi drugimi položaji ($P < 0,05$; $n = 19$)

⁵ Statistično značilno manjša razdalja pri položajih razkoračno OO, OZ v primerjavi z vsemi drugimi položaji ($P < 0,05$)

⁶ Statistično značilno večja razdalja pri položaju merno v primerjavi z vsemi drugimi položaji ($P < 0,05$)

Razdalja centra pritiska je bila v razponu od $5,4 \pm 4,7$ mm do $25,2 \pm 8,6$ mm v M/L-smeri in od $32,3 \pm 15,1$ mm do $103,0 \pm 28,5$ mm v A/P-smeri za stoje z vidno informacijo ter od $7,3 \pm 6,8$ mm do $15,9 \pm 9,1$ mm v M/L-smeri in od $48,3 \pm 26,7$ mm do $96,8 \pm 30,9$ mm v A/P-smeri za stoje brez vidne informacije (preglednica 1). V razdalji centra pritiska med stojami z vidno informacijo in stojami brez vidne informacije nismo ugotovili statistično značilne razlike ($P > 0,05$).

Rezultati so pokazali, da ima položaj stopala velik vpliv na razdaljo centra pritiska v M/L- in A/P-smereh (preglednica 1). Razdalja centra pritiska v stoji merno je večja v primerjavi z vsemi drugimi položaji v M/L- in A/P-smeri za dominantno in nedominantno nogo ($P < 0,05$). Razdalja centra pritiska v položaju stoje razkoračno je manjša v primerjavi z vsemi drugimi položaji v M/L- in A/P-smeri za dominantno in nedominantno nogo ($P < 0,05$).

Skupna pot centra pritiska je bila v razponu od $405,2 \pm 149,6$ mm do $963,3 \pm 363,2$ mm za dominantno nogo in od $351,9 \pm 162,7$ mm do $906,3 \pm 257,8$ mm za nedominantno nogo (preglednica 2). V skupni poti centra pritiska nismo ugotovili statistično značilne razlike med dominantno in nedominantno nogo ($P > 0,05$).

	Snožno OO	Snožno OZ	Razkoračno OO	Razkoračno OZ	Merno OO	Predkoračno razkoračno OO	Predkoračno razkoračno OZ
nedominantno	$526,4 \pm 214,3$ (229,0 – 1002,8)	$528,8 \pm 273,8$ (238,9 – 1431,7)	$351,9 \pm 162,7$ (136,7 – 689,7)	$394,8 \pm 135,3$ (170,7 – 762,6)	$906,3 \pm 257,8^1$ (590,8 – 1416,3)	$501,5 \pm 215,2$ (280,2 – 1085,1)	$640,8 \pm 294,3^2$ (148,5 – 1479,7)
dominantno	$510,1 \pm 204,3$ (191,3 – 944,7)	$482,3 \pm 179,1$ (255,6 – 885,6)	$405,2 \pm 149,6$ (213,9 – 699,8)	$492,2 \pm 266,5$ (160,7 – 1372,9)	$963,3 \pm 363,2^3$ (334,3 – 1735,7)	$598,9 \pm 235,6$ (179,1 – 1063,3)	$814,2 \pm 316,0^4$ (236,5 – 1412,2)

Preglednica 2: Skupna pot [mm] centra pritiska za dominantno in nedominantno stopalo

Legenda:

Podatki so aritmetična sredina $\pm$ standardni odklon (najmanjša vrednost – največja vrednost).

¹ Statistično značilno večja pot pri merno v primerjavi z vsemi drugimi položaji ($P < 0,05$)

² Statistično značilno večja pot pri predkoračno razkoračno OZ v primerjavi z razkoračno OO, EC ($P < 0,05$)

³ Statistično značilno večja pot pri merno v primerjavi z vsemi drugimi položaji razen predkoračno razkoračno OZ ($P < 0,05$)

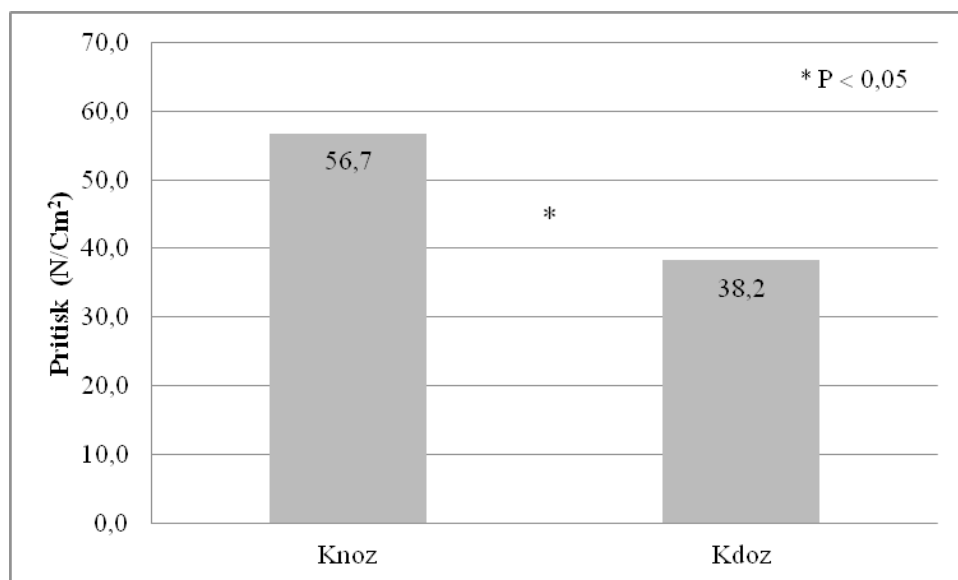
⁴ Statistično značilno večja pot pri predkoračno razkoračno OZ v primerjavi s snožno OO, EC in razkoračno OO, EC ($P < 0,05$)

Ugotovili smo statistično značilno razliko ($P < 0,05$) v skupni poti centra pritiska med stojo predkoračno razkoračno OO in predkoračno razkoračno OZ. Stoja

predkoračno razkoračno OZ je pokazala daljšo skupno pot centra pritiska kot stoja predkoračno razkoračno OO, za dominantno ($814,2 \pm 316,0$ mm; $598,9 \pm 235,6$ mm) in nedominantno nogo ($640,8 \pm 294,3$ mm; $501,5 \pm 215,2$ mm) (preglednica 2).

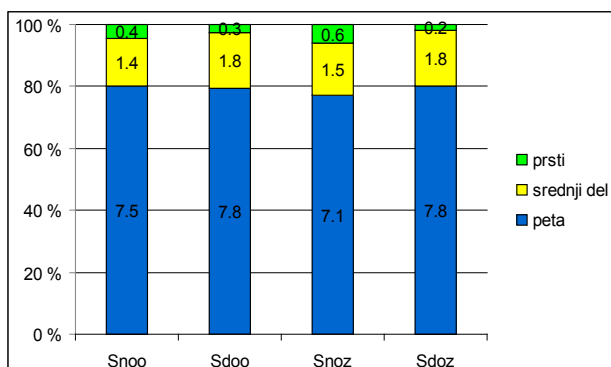
Center pritiska dominantne in nedominantne noge je opravil najdaljšo pot v položaju merno (dominantno: $963,3 \pm 363,2$ mm, nedominantno: $906,3 \pm 257,8$ mm) in položaju predkoračno razkoračno OZ (dominantno: $814,2 \pm 316,0$ mm, nedominantno: $640,8 \pm 294,3$ mm) v primerjavi z drugimi položaji ($P < 0,05$) (preglednica 2). Center pritiska obeh nog je opravil najkrajšo razdaljo v položajih razkoračno (OO dominantno: $405,2 \pm 149,6$ mm; OO nedominantno: $351,9 \pm 162,7$ mm; OZ dominantno: $492,2 \pm 266,5$ mm; OZ nedominantno: $394,8 \pm 135,3$ mm), čeprav je v položaju predkoračno razkoračno podporna površina večja.

Iz rezultatov lahko razberemo, da so standardni odkloni vrednosti poti centra pritiska v obeh smereh in skupne poti centra pritiska relativno visoki. Menimo, da je vzrok lahko velika variabilnost telesne višine vzorca otrok. Ko smo določali razdaljo med stopali, v merskem protokolu pri postavitvi stopal nismo upoštevali telesne višine merjenca; razdaljo smo določili enotno glede na vse merjence. In prav neupoštevanje telesne višine pri določanju razdalje med stopali se je verjetno odrazilo v veliki variabilnosti rezultatov. V prihodnje predlagamo, da se v raziskavah razdalja med stopali ne določi enotno za vse otroke, ampak v odvisnosti od telesne višine.

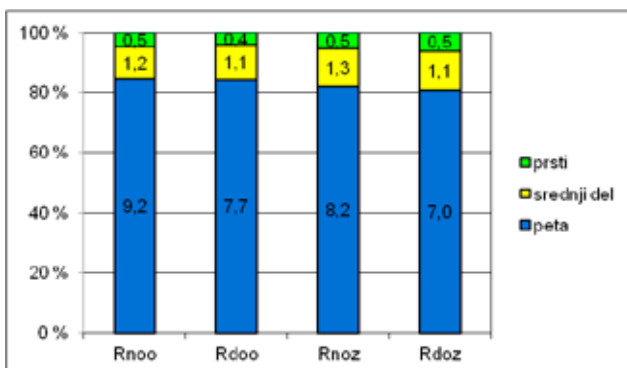


Graf 1: Razlika v skupnem pritisku med dominantno in nedominantno nogo v stoji predkoračno razkoračno z zaprtimi očmi

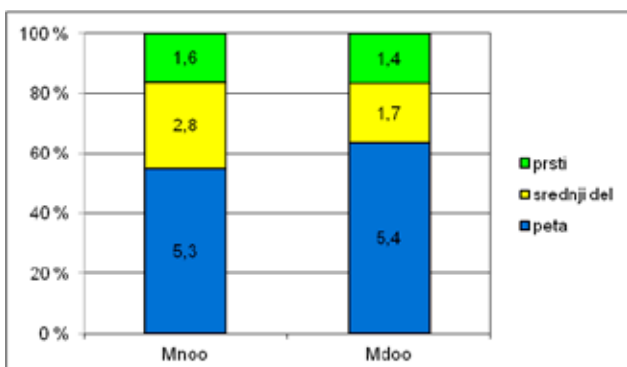
V vseh položajih razen v položaju stoje snožno je bila nedominantna noga bolj obremenjena kot dominantna. Razlike so bile v razponu med 4 in 20 %. Pri položaju stoje predkoračno razkoračno OZ smo ugotovili, da je bil celoten pritisk na nedominantno nogo ($56,7 \pm 7,5$ N/cm²) statistično značilno večji ($P < 0,05$) kot pritisk na dominantno nogo ($38,2 \pm 6,6$ N/cm²). Nedominantna noga je 20 % bolj obremenjena kot dominantna (graf 1).



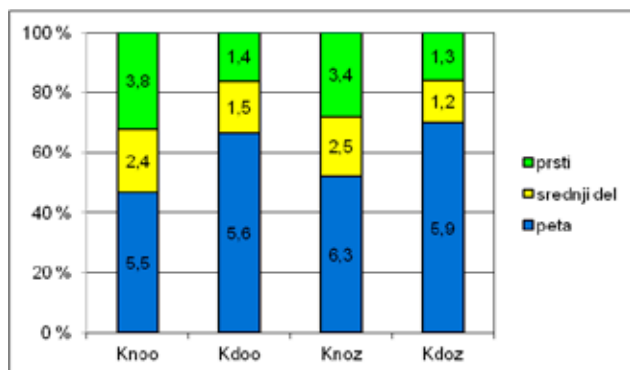
A)



B)



C)



D)

Graf 2: Porazdelitev pritiska po dominantnem in nedominantnem stopalu za A) stojo snožno z odprtimi in zaprtimi očmi, B) stojo razkoračno z odprtimi in zaprtimi očmi, C) stojo merno z odprtim očmi in D) stojo predkoračno razkoračno z odprtimi in zaprtimi očmi. Podatki so aritmetične sredine pritiska, izražene v odstotkih oziroma v N/cm².

V nobeni od dinamičnih spremenljivk nismo ugotovili razlik med različnimi vidnimi pogoji ($P > 0,05$). Porazdelitev in vrednost pritiska se ni spreminjala pri različnih vidnih pogojih. Razpon pritiska na dominantno nogo je bil v območju med $38,2 \pm 6,6$ N/cm² in $49,3 \pm 11,4$ N/cm² za meritev z zaprtimi očmi ter med $39,6 \pm 5,2$ N/cm² in $49,2 \pm 10,0$ N/cm² za meritev z odprtimi očmi (graf 2). Pritisk na nedominantno nogo je bil v območju med $45,0 \pm 10,7$ N/cm² in $56,7 \pm 7,5$ N/cm² pri meritvi z zaprtimi očmi ter med $45,1 \pm 9,3$ N/cm² in $53,8 \pm 6,5$ N/cm² pri meritvi z odprtimi očmi (graf 2). Pritisk na peto je znašal $6,9 \pm 4,2$ N/cm² za meritve z odprtimi očmi ter $7,2 \pm 3,8$ N/cm² za meritve z zaprtimi očmi. Pritisk na srednji del stopala je znašal $2,0 \pm 1,6$ N/cm² pri stojah z odprtimi očmi ter $1,7 \pm 1,3$ N/cm² pri stojah z zaprtimi očmi, medtem ko je pritisk na površino pod prsti znašal pri stojah z odprtimi očmi $1,6 \pm 3,2$ N/cm² ter $1,5 \pm 4,0$ N/cm² pri stojah z zaprtimi očmi (graf 2).

Položaj stopala je imel pomemben učinek na porazdelitev pritiska vzdolž podplata (graf 2). Pritisk pri položaju snožno (peta: $7,29 \pm 3,90$ N/cm², srednji del stopala: $1,49 \pm 0,78$ N/cm², površina pod prsti: $0,50 \pm 0,99$ N/cm²) in razkoračno (peta: $8,70 \pm 4,37$ N/cm², srednji del: $1,20 \pm 0,65$ N/cm², prsti: $0,53 \pm 1,23$ N/cm²) je znatneje porazdeljen proti peti, medtem ko je pritisk pri stoji merno (peta: $5,31 \pm 3,05$ N/cm², srednji del: $2,78 \pm 1,87$ N/cm², prsti: $1,56 \pm 1,82$ N/cm²) in predkoračno razkoračno (peta: $5,89 \pm 3,50$ N/cm², srednji del: $2,45 \pm 1,85$ N/cm², prsti: $3,58 \pm 5,90$ N/cm²) močnejše porazdeljen po srednjem delu stopala in površini pod prsti ($P < 0,05$) (graf 2).

Razprava

V raziskavi smo ugotavljali, kako različni pogoji in dominantnost nog vplivajo na stabilnost ravnotežnega položaja. Stabilnost ravnotežnega položaja smo proučevali s pomočjo merjenja središča centra pritiska v stoji oporno na obeh nogah. Izračunali smo razdaljo poti centra pritiska v M/L- in A/P-smeri, skupno pot centra pritiska in porazdelitev pritiska po podplatu v stoji, ki je trajala 60 sekund. Merjenci so izvajali stojo pod spremenljivimi pogoji. Položaj stopala in prisotnost oziroma odsotnost vidnih informacij so bili kriteriji za ustvarjanje različnih pogojev izvedbe.

Samo ena spremenljivka v položaju predkoračno razkoračno OZ je pokazala statistično značilno razliko med dominantno in nedominantno nogo. V tem položaju je bila nedominantna noga bolj obremenjena v primerjavi z dominantno. Podobna opažanja vidimo v vseh položajih stoje, razen pri položaju snožno, vendar pa brez statistično značilnih razlik. Razlika v pritisku je bila v razponu od 4 do 20 % v korist nedominantne noge. Ti rezultati so na prvi pogled presenetljivi, saj velikokrat pričakujemo, da bo pritisk na dominantno nogo višji od pritiska na nedominantno nogo. Dominantna noga je praviloma močnejša in po našem razmišljanju naj bi prevzela nalogo premagovanja večine telesne teže. Glede na izračunane podatke pa se zdi, da otroci pri petih letih starosti močnejše obremenjujejo svojo nedominantno nogo, dominantno pa uporabljajo za nadzorovanje stoje oziroma ravnotežnega položaja. V sklopu razprave je potrebno poudariti, da je dominantnost okončin v smislu motorične kontrole specifična glede na funkcijo položaja ali gibanja, ki ga analiziramo. V našem primeru je bil bolj kot premagovanje telesne teže pomemben nadzor nad ravnotežnim položajem. Funkcijo nadzora ravnotežnega položaja je s finimi in zelo natančnimi gibi prevzela dominantna noga, medtem ko je nedominantna prevzela funkcijo nudenja opore. Proces takšne diferenciacije funkcij je v predšolskem obdobju naraven.

Za podkrepitev te hipoteze lahko uporabimo podatke o skupni poti centra pritiska. Skupna pot centra pritiska je bila večja pri nogi, ki je bila manj obremenjena. V primeru položaja snožno je bila skupna pot večja za nedominantno nogo, pri vseh drugih položajih stoje pa je bila skupna pot večja za dominantno nogo. Območje poti centra pritiska manj obremenjene noge je bilo večje tako v M/L- kot v A/P-smeri kakor območje poti centra pritiska bolj obremenjene noge. Pot centra pritiska obeh nog priča o tem, da je manj obremenjena noga z večjimi spremembami pritiska po podplatu skrbela za korekcije pri vzpostavljanju ravnotežnega položaja.

Naši rezultati kažejo, da ni razlik v ravnotežju med stojo z vidnimi informacijami ali brez njih. Otroci so pokazali enako stabilnost drže ob odprtih oziroma zaprtih očeh – razporeditev in vrednost pritiska kakor tudi razpon in pot centra pritiska se med vidnimi pogoji niso statistično značilno razlikovali. Rezultati so presenetljivi,

saj so druge raziskave (Nichols, Glenn in Hutchinson, 1995; Redfern, Yardley in Bronstein, 2001; Cliford in Holder Powell, 2010) potrdile pomembno vlogo vidnih informacij na učinkovitost vzpostavljanja ravnotežnega položaja

Pomen vidnih informacij pri vzpostavljanju ravnotežnega položaja se spreminja s starostjo. Hytönen, Pyykkö, Aalto in Starck (1993) so ugotovili, da je vidni sistem za vzdrževanje ravnotežja pomembnejši pri starejših kot pri otrocih. Glede na njihova dognanja so informacije proprioreceptorjev in taktilne informacije za nadzorovanje drže pri otrocih pomembnejše kot pa vidne informacije. Naši rezultati to ugotovitev potrjujejo in nakazujejo, da je pri otrocih, starih pet let, odsotnost vidne informacije manj pomemben dejavnik kot položaj nog. Kljub vsemu bi za takšno trditev morali spremljati več spremenljivk o delovanju čutnozaznavnega in gibalnega sistema. Na podlagi pridobljenih podatkov v tej raziskavi ne moremo potrditi domnev, da je položaj stopal za stabilnost stoje na obeh nogah bolj pomemben kot prisotnost vidnih informacij.

Stabilnost v različnih ravnotežnih položajih je odvisna od trdnostnega kota, ta pa je odvisen od velikosti podporne površine in višine težišča telesa. Večji kot je trdnostni kot, bolj smo stabilni. S pomočjo naših rezultatov smo ugotovili razlike v stabilnosti drže med različnimi položaji nog in potrdili splošno veljavno teorijo. Otroci so bili najbolj stabilni v položaju stoje razkoračno. Manj stabilni so bili v položajih stoje snožno in predkoračno razkoračno, najmanj pa v položaju merno. Naši rezultati so pokazali, da ima zmanjšanje podporne površine v M/L smeri velik pomen za stabilnost stoje mlajših otrok, medtem ko ima velikost podporne površine v A/P smeri manjši pomen. Pomen lateralne stabilnosti predšolskih otrok lahko vidimo tudi v primeru hoje. Ko začnejo otroci hoditi, je podporna površina zaradi široke postavitve stopal povečana, pa tudi prste stopal obračajo navzven. Z izboljšanjem motorične kontrole in ravnotežja se podporna površina manjša, postavitve stopal pa se poravna.

Pridobljeni podatki so razkrili nekatere zanimive značilnosti vzpostavljanja ravnotežnega položaja pet let starih otrok. Veliko vprašanj o značilnostih in strategijah vzpostavljanja ravnotežnega položaja predšolskih otrok, na katere bi bilo vredno odgovoriti, ostaja odprtih. Zaradi velike variabilnosti telesne višine vzorca otrok v naši raziskavi predlagamo, da se v prihodnjih raziskavah razdalja med stopali ne določi enotno za vse otroke, ampak v odvisnosti od telesne višine. Razmerje med telesno višino in širino postavitve stopal ima namreč neposreden vpliv na trdnostni kot in s tem na stabilnost otrok.

LITERATURA

- Bauer, J. A., Cauraugh, J. H. in Tillman, M. D. (2000). An insole pressure measurement system: Repeatability of postural data. *Foot & ankle international*, 21 (3), 221–226.
- Carpenter, M. G., Frank, J. S., Winter, D. A. in Peysar, G. W. (2001). Sampling duration effects on centre of pressure summary measures. *Gait & Posture*, 13 (1), 35–40.
- Cliford, A. M. in Holder Powell, H. (2010). Postural control in healthy individuals. *Clinical biomechanics*, 25, 546–551.
- Coren, S. in Porac, C. (1978). The validity and reliability of self-report items for the measurement of lateral preference. *British Journal of Psychology*, 69, 207–211.
- Coren, S., Porac, C. in Duncan, P. (1981). Lateral preference behaviours in preschool children and young adults. *Child Development*, 52, 443–450.
- Doyle, R. J., Hsiao Wecksler, E. T., Ragan, B. G. in Rosengren, K. S. (2007). Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. *Gait Posture*, 25, 166–171.
- Hytönen, M., Pyykkö, I., Aalto, H. in Starck, J. (1993). Postural Control and Age. *Acta Otolaryngologica Advanced Search*, 113 (1–2), 119–122.
- Kirby, R. I., Price, N. A. in MacLeod, D. A. (1987). The influence of foot position on standing balance. *Journal of Biomechanics*, 20, 423–427.
- McLloy, W. E. in Maki, B. E. (1997). Preferred placement of the feet during quiet stance: development of a standardized foot placement for balance testing. *Clinical Biomechanics*, 12 (1), 66–70.
- Murray, M. P., Seireg, A. in Scholz, R. C. (1967). Centre of gravity, centre of pressure and supportive forces during human activities. *J Appl Physiol*, 23, 831–838.
- Nichols, D. S., Glenn, T. M. in Hutchinson, K. J. (1995). Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. *Physical Therapy*, 75 (8), 699–704.
- Redfern, M. S., Yardley, L. in Bronstein, A. M. (2001). Visual influences on balance. *J Anxiety Disord*, 15, 81–94.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3, 193–214.
- Zequera, M., Stephan, S. in Paul, J. (2006). The “parotec” foot pressure measurement system and its calibration procedures. V *28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (str. 5212–5216). New York, NY.