

KOJŲ ILGIO SKIRTUMO IR ŽMOGAUS PUSIAUSVYROS STABILUMO RYŠYS

Kazimieras Muckus, Vaida Šidlauskaitė, Vilma Juodžbalienė, Vida Česnaitienė
Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Kazimieras Muckus. Profesorius habilituotas daktaras. Lietuvos kūno kultūros akademijos Taikomosios fiziologijos ir kineziterapijos katedros profesorius. Mokslinių tyrimų kryptis — žmogaus judesių ir fizinių gebėjimų biomechaniniai ypatumai.

SANTRAUKA

Ar kojų ilgio skirtumas turi įtakos žmogaus pusiausvyros rodikliams, nėra vieningos nuomonės. Šio tyrimo tikslas — iširti, ar kojų ilgio skirtumas turi įtakos pusiausvyros stabilumui ir slėgio centro padėčiai. Būti tiriami sutiko 22 Lietuvos kūno kultūros akademijos studentai (10 vaikinių ir 12 merginų) nuo 21 iki 25 m. Tiriamieji suskirstyti į dvi grupes: kontrolinę grupę sudarė 5 tiriamieji. Jų kojų ilgis buvo vienodas. Eksperimentinę grupę sudarė 17 skirtingo kojų ilgio asmenų. Jų kojų ilgio skirtumas buvo nuo -28 mm (trumpesnė kairė) iki $+8$ mm (trumpesnė dešinė). Stabilogramą (slėgio centro koordinatų kitimo kreives strėlinėje ir skersinėje ašyse) registruojome jėgos plokšte ir kompiuterine įranga analizavome registruojamus signalus. Registruojamo signalo diskretizacija 10 ms. Stabilogramos registravimo trukmė 60 s. Vertiname slėgio centro (SC) poslinkį skersinėje (Δx) ir strėlinėje (Δx) ašyse, SC svyravimo vidutinį greitį (\bar{v}). Analizuodami SC dažnį taikėme vilnelių metodą.

Kontrolinės grupės tiriamųjų stabilogramą registruojome tiriamajam stovint 4 pozomis: ant abiejų suglaustų kojų atmerktomis akimis, nuleistomis rankomis; kūno svorį perkėlus ant dešinės kojos; kūno svorį perkėlus ant kairės kojos; po kaire koja padėjus 2 cm medinį padą. Eksperimentinės grupės tiriamųjų stabilogramą registruojome jiems stovint ant abiejų kojų atmerktomis ir užmerktomis akimis ir po trumpesne koja padėjus atitinkamo storio medinį padą.

Kontrolinės grupės tiriamųjų SC svyravimų dydžiai stovint skirtingomis pozomis reikšmingai nesiskyrė. Lyginant su įprasta stovėseną ant abiejų kojų, svorio centrą perkėlus ant dešinės ar kairės kojos, SC pasislenka link atraminės kojos. Eksperimentinės grupės tiriamųjų SC svyravimų dydžiai reikšmingai skyrėsi jiems stovint atmerktomis ir užmerktomis akimis, tačiau nepriklausė nuo kojų ilgio skirtumo. Kontrolinės ir eksperimentinės grupės stabilometrinių dydžių tiriamiesiems stovint atmerktomis akimis reikšmingai nesiskyrė.

Išvados: a) kojų ilgio skirtumas neturi įtakos žmogaus kūno slėgio centro svyravimams, t. y. pusiausvyros stabilumui; b) pado padėjimas po koja nesutrikdo pusiausvyros, bet paslenka SC link kitos kojos.

Raktažodžiai: kojų ilgio skirtumas, stabilografija, pusiausvyros stabilumas.

ĮVADAS

Daugumos žmonių kojų ilgis skiriasi daugiau nei 6 mm. Aišku, jie prisitaiko prie tokio skirtumo ir nejaučia jokių ligos požymių. Deja, kai kuriems žmonėms kojų ilgio skirtumas gali būti nugaros ar kryžmens srities skausmo priežastis arba sukelti klubo, kelio ar pėdos problemų. Nors kai kurie žmonės prisitaiko prie kojų ilgio skirtumo (iki 20 mm), daugumai jau

penkių milimetrų skirtumas sukelia judėjimo nepatogumų (Gross, 2007). Žmogaus kūno segmentų nesimetrinė apkrova dėl skirtingo kojų ilgio gali sukelti nugaros ir kojų raumenų toninį susitraukimą (Abate et al., 2010). Kaip teigia B. Gurney (2002), kojų ilgio skirtumas veikia ėjimo ir bėgimo mechaninius ypatumus, stovėseną, laikysenos svyravimus, taip pat didina skoliozių, osteoartritų,

Sando Nr.	1	2	3	4	5	6
Dažnis, Hz	2,5 ÷ 5,0	1,25 ÷ 2,5	0,625 ÷ 1,25	0,312 ÷ 0,625	0,156 ÷ 0,312	0,078 ÷ 0,156

1 lentelė. SC padėties signalo dažnio charakteristikų sandai

kojų kaulų lūžių riziką. Asmenims, kurių kojų ilgio skirtumas yra didelis, siūloma pakelti kulną ar visą koją dėvint avalynę su pakulne.

Ar kojų ilgio skirtumas turi įtakos žmogaus pusiausvyros rodikliams, nėra vieningos nuomonės. R. K. Mahar ir kt. (1985) teigia, kad dirbtinis kojų ilgio skirtumas sutrikdo pusiausvyros kontrolę. Tuo tarpu P. Murrell ir kt. (1991) įrodė, kad tarp vienodo ir skirtingo kojų ilgio asmenų nėra pusiausvyros kontrolės skirtumo.

Šio tyrimo tikslas — ištirti, ar kojų ilgio skirtumas turi įtakos pusiausvyros stabilumui ir slėgio centro padėčiai.

TYRIMO METODIKA

Savo noru buvo tiriami 22 Lietuvos kūno kultūros akademijos studentai (10 vaikinų ir 12 merginų) nuo 21 iki 25 m. Tiriamieji suskirstyti į dvi grupes: kontrolinę sudarė 5 tiriamieji (jų kojų ilgis buvo vienodas), eksperimentinę — 17 skirtingo kojų ilgio asmenų (jų kojų ilgio skirtumas buvo nuo -28 mm (trumpesnė kairė) iki +8 mm (trumpesnė dešinė)). Tiriamųjų kojų ilgis buvo matuojamas centimetrine juoste. Atlikti trys vienos kojos matavimai ir išvedamas rezultatų vidurkis. Koją buvo matuojama nuo priekinio viršutinio klubakaulio dyglio iki vidinės kulkšnies.

Kontrolinės grupės tiriamųjų stabilogramą registruota tiriamajam stovint 4 pozomis:

- ant abiejų kojų atmerktomis akimis. Kojos suglaustos, rankos nuleistos (S 1);
- kūno svoris perkeltas ant dešinės kojos (S 2);
- kūno svoris perkeltas ant kairės kojos (S 3);
- po kairę koją padėtas 2 cm medinis padas (S 4).

Eksperimentinės grupės tiriamųjų stabilogramą registruota tokiomis pozomis:

- stovint ant abiejų kojų atmerktomis akimis — kojos suglaustos, rankos nuleistos;
- stovint ant abiejų kojų užmerktomis akimis;
- po trumpesnę koją padėtas atitinkamo storio medinis padas, akys atmerktos;
- tas pat, tik akys užmerktos.

Stabilograma (slėgio centro koordinacijų kitimo kreivės strėlinėje ir skersinėje ašyse) registruota jėgos plokšte bei registruojamų signalų analizės kompiuterine įranga (Muckus ir kt., 2009). Registruojamo signalo diskretizacija 10 ms. Stabilogra-

mos registravimo trukmė 60 s. Vertinome slėgio centro (SC) poslinkį skersinėje (Δx) ir strėlinėje (Δy) ašyje, SC svyravimo vidutinį greitį (\bar{v}).

SC padėtį nusakantis signalas yra stochastinis, tačiau žinomi ir atskirų bendrosios sistemos sandų veiklos signalo dedamųjų dažniniai ypatumai. Todėl šio signalo laiko ir dažnio rodikliai rodo atskirų sistemos dalių veikimą. Diskretinė vilnelių transformacija, naudojant *Daubechie* šeimos 4 eilės vilneles (Mallat, 1999), taikyta SC padėties signalo dekompozicijai nustatyti. Išskirti 6 skirtingų dažnių spektro juostų signalo sandai (1 lent.).

SC padėties signalas, kaip ir jo sandai, anot B. P. Mulgrew ir kt. (1998), yra galios signalas (jo integralas intervalu nuo $-\infty$ iki ∞ yra begalinis). Todėl kiekvieno sando galia buvo lygi:

$$P_s = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} |s_i - M_s|^2,$$

čia s_i — eilinis S sando atskaitymas, M_s — šio sando vidurkis.

Analizuodami duomenis naudojome programinį paketą *MS Office EXCEL 2000*. Kojų ilgio skirtumo ir SC poslinkio tiesinė priklausomybė buvo vertinama Pirsono (*Pearson*) koreliacijos koeficientu. Nulinė hipotezė apie koreliacijos koeficiento lygybę nuliui ir vidurkių lygybę skirtingomis sąlygomis pagal dviejų veiksmų dispersinę analizę atmetama, kai $p < 0,05$.

REZULTATAI

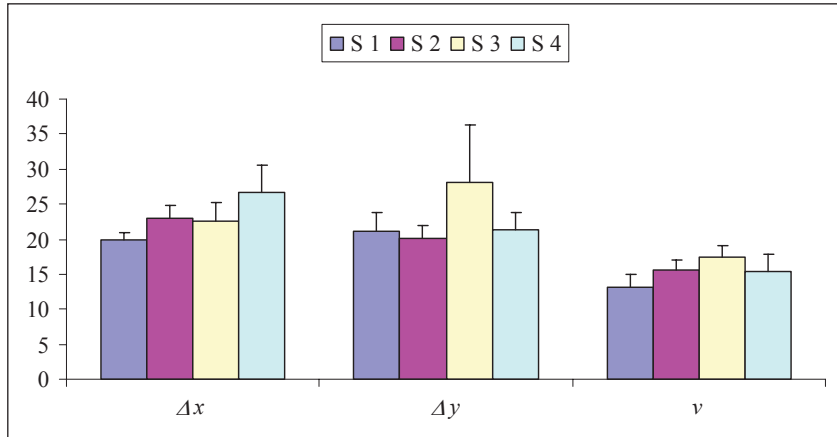
Kontrolinės grupės SC svyravimų dydžiai tiriamiesiems stovint skirtingomis pozomis parodyta 1 paveiksle. SC svyravimų dydžių vertė reikšmingai nesiskyrė registruojant stabilogramą tiriamajam stovint skirtingomis pozomis.

2 A paveiksle parodytas SC svyravimų skersinėje ašyje sando galios kitimas, 2 B — strėlinėje ašyje. Kaip matyti iš pateiktų rezultatų, SC svyravimų rodikliai reikšmingai nesiskiria, kai stabilograma registruojama tiriamajam stovint skirtingomis pozomis.

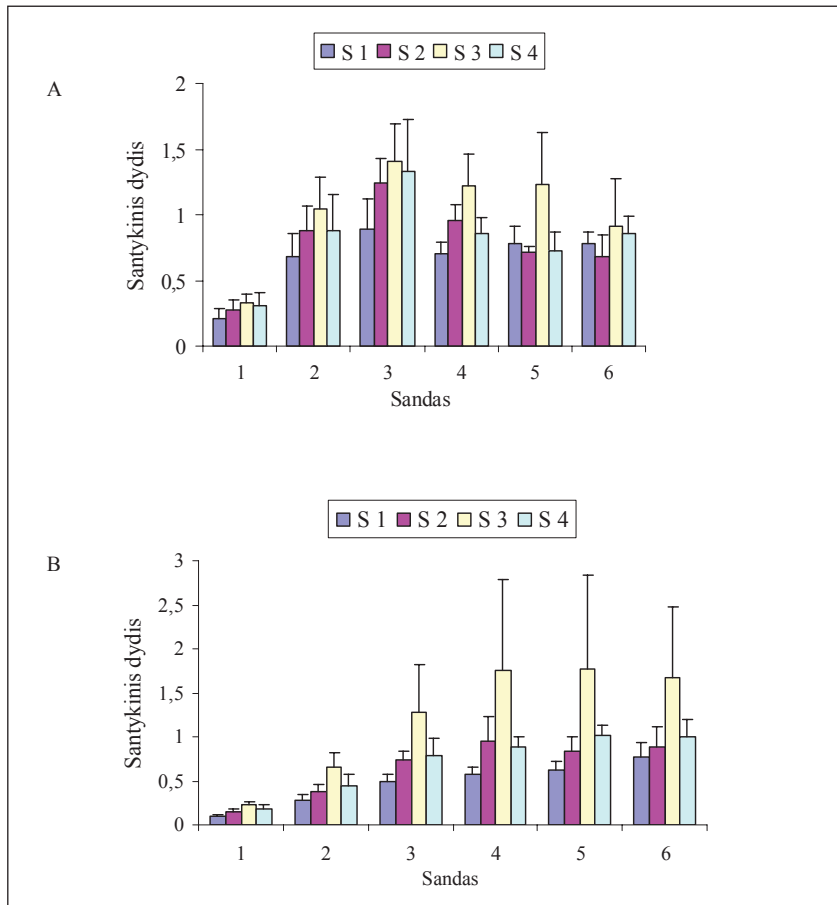
Eksperimentinės grupės SC svyravimų dydžiai tiriamiesiems stovint skirtingomis pozomis parodyta 3 paveiksle. Tiriamajam laisvai stovint užmerktomis akimis, reikšmingai padidėjo SC poslinkis skersinėje ašyje nuo $22,3 \pm 22,34$ iki $27,2 \pm 2,13$ mm ir SC judėjimo vidutinis greitis nuo

1 pav. Kontrolinės grupės tiriamųjų SC svyravimų dydžiai

Pastaba. Δx — SC poslinkis skersinėje ašyje (mm), Δy — strėlinėje ašyje, \bar{v} — SC svyravimo vidutinis greitis (mm / s). S 1 — stovėseną ant abiejų kojų, S 2 — kūno svoris ant dešinės kojos, S 3 — svoris ant kairės kojos, S 4 — 2 cm padas po kairę koją. Parodyta: vidurkis \pm standartinė paklaida.



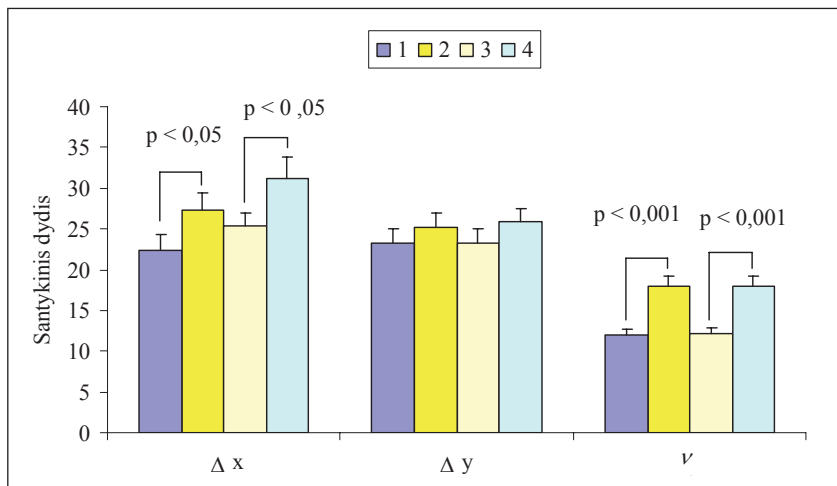
2 pav. Kontrolinės grupės SC svyravimų skersinėje (A) ir strėlinėje (B) ašyje sandų galia stabilogramą registruojant tada, kai tiriamasis stovi skirtingomis pozomis

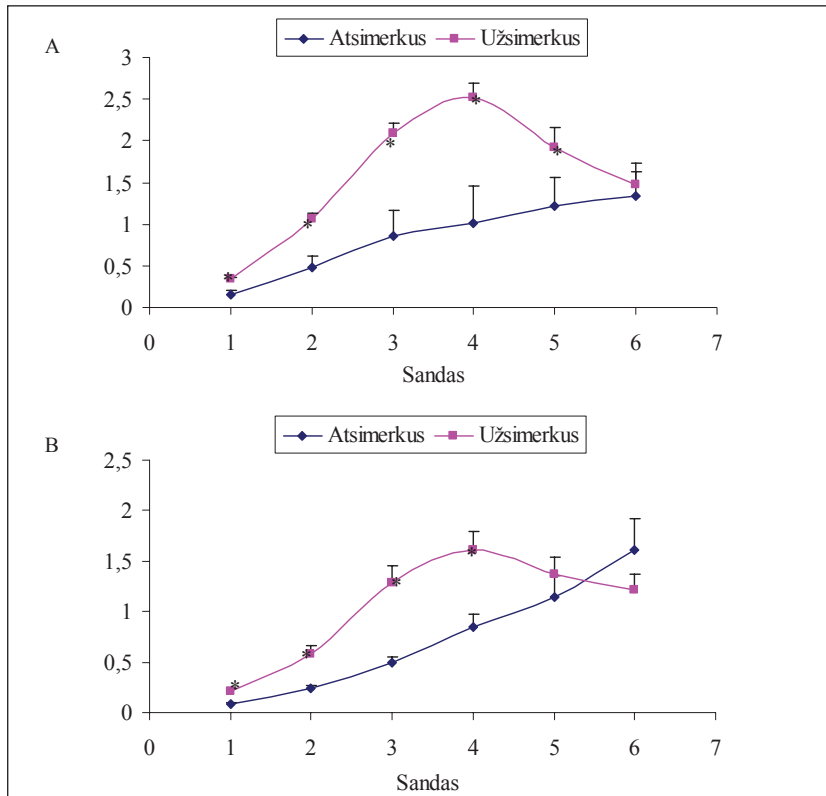


Pastaba. Žymėjimai kaip 1 pav.

3 pav. Eksperimentinės grupės SC svyravimų dydžiai tiriamiesiems stovint skirtingomis pozomis

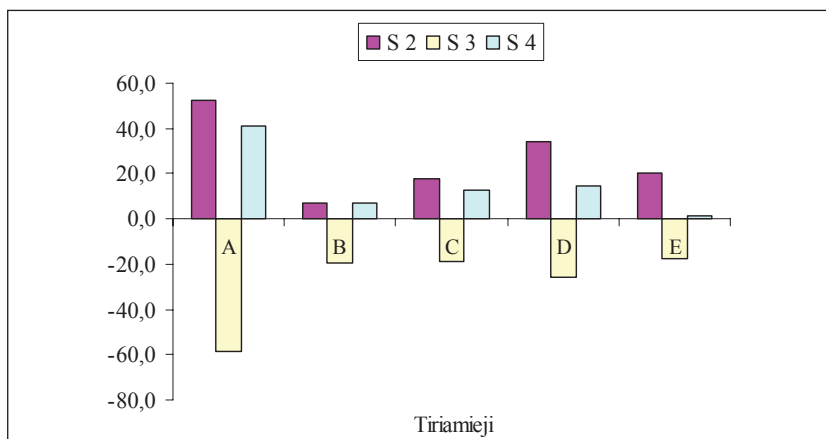
Pastaba. 1 — akys atmerktos; 2 — akys užmerktos; 3 — akys atmerktos, po trumpesne koja padėtas padas; 4 — akys užmerktos, po trumpesne koja padėtas padas. Parodyta: vidurkis \pm standartinė paklaida.





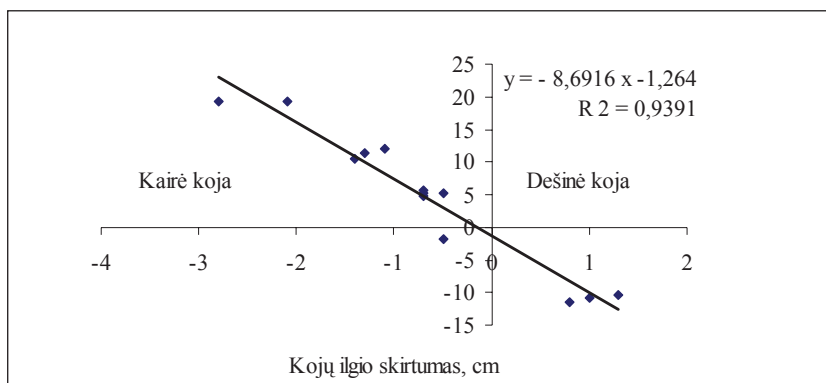
4 pav. Eksperimentinės grupės SC svyravimo skersinėje (A) ir strėlinėje (B) ašyje sando galios kitimas tiriamiesiems stovint atmerktomis ir užmerktomis akimis

Pastaba. Parodyta: vidurkis ± standartinė paklaida. * — $p < 0,001$.



5 pav. Kontrolinės grupės tiriamųjų (A, B, C, D, E) SC pasislinkimas skersinėje ašyje (mm), lyginant su įprasta stovėseną ant abiejų kojų, svorį paskirsčius tolygiai

Pastaba. S 2 — svoris ant dešinės kojos, S 3 — ant kairės kojos, S 4 — 2 cm padas po kaire koja.



6 pav. Ordinačių ašyje — SC pasislinkimas skersinėje ašyje, padėjus atitinkamo storio padą po trumpesne tiriamojo koja

12,0 ± 0,73 iki 18,0 ± 1,15 mm / s (1 ir 2 pozos). Kai po trumpesne koja padėtas atitinkamo storio medinis padas, pokyčiai tiriamajam užmerkus akis yra panašūs: Δx reikšmingai padidėjo nuo 25,4 ± 1,45 iki 31,24 ± 2,59 mm, \bar{v} — nuo 12,1 ± 0,67 iki 17,92 ± 1,20 mm / s (3 ir 4 pozos). Svyravimai

strėlinėje ašyje tiriamajam esant atmerktomis ir užmerktomis akimis reikšmingai nesiskyrė.

SC svyravimų dažnių analizė parodė, kad svyravimai skersinėje ir strėlinėje ašyje tiriamajam užsimerkus daugiausia padidėja 0,312—1,25 Hz dažnių juostoje (3, 4 sandai) (4 pav.). Tai rodo,

2 lentelė. Kontrolinės ir eksperimentinės grupės stabilometriniai rodikliai tiriamiesiems stovint atmerktomis akimis

Grupė Rodikliai	Kontrolinė	Eksperimentinė
Δx , mm	19,89 ± 1,049	22,35 ± 1,945
Δy , mm	21,08 ± 2,660	23,23 ± 1,848
\bar{v} , mm / s	13,13 ± 1,804	11,96 ± 0,732
X_1 SG	0,21 ± 0,068	0,16 ± 0,022
X_2 SG	0,68 ± 0,175	0,48 ± 0,061
X_3 SG	0,89 ± 0,229	0,86 ± 0,122
X_4 SG	0,70 ± 0,094	1,02 ± 0,174
X_5 SG	0,78 ± 0,136	1,22 ± 0,240
X_6 SG	0,78 ± 0,083	1,33 ± 0,255
Y_1 SG	0,10 ± 0,024	0,09 ± 0,013
Y_2 SG	0,27 ± 0,076	0,23 ± 0,031
Y_3 SG	0,49 ± 0,077	0,49 ± 0,057
Y_4 SG	0,58 ± 0,069	0,85 ± 0,130
Y_5 SG	0,63 ± 0,099	1,15 ± 0,204
Y_6 SG	0,78 ± 0,164	1,61 ± 0,310

Pastaba. X_i SG — SC svyravimų skersinėje ašyje sando galia; Y_i SG — SC svyravimų strėlinėje ašyje sando galia; i — sando numeris. Pateikta: vidurkis ± standartinė paklaida.

kad rega atsakinga už SC svyravimus būtent šioje dažnių juostoje.

Kontrolinės ir eksperimentinės grupės stabilometriniai rodikliai tiriamiesiems stovint atmerktomis akimis reikšmingai nesiskyrė (2 lent.).

Tyrėme, kaip kinta kontrolinės grupės tiriamųjų SC padėtis kūno svorį perkėlus ant kairės ir dešinės kojos, po viena koja padėjus 2 cm padą. Lyginant su įprasta stovėseną ant abiejų kojų, svorio centrą perkėlus ant dešinės ar kairės kojos. SC pasislenka link atraminės kojos (5 pav.). Įdomu tai, kad po kaire koja padėjus 2 cm storio padą SC pasislenka dešinės kojos link panašiai tiek pat, kaip ir kūno svorį perkėlus ant dešinės.

6 paveiksle parodyta kojų ilgio skirtumo ir SC pasislinkimo skersinėje ašyje koreliacinė priklausomybė, po trumpesne koja padėjus atitinkamo storio padą. Matyti, kad padėjus padą SC pasislenka link ilgesnės kojos.

REZULTATŲ APTARIMAS

Kojų ilgio skirtumas veikia ėjimo ir bėgimo mechanines savybes, stovėseną, laikysenos svyravimus, taip pat padidina skoliozių, osteoartritų, kojų kaulų lūžių riziką (Gurney, 2002). Kojų ilgio skirtumo poveikis žmogaus pusiausvyrai nėra įrodytas. R. K. Mahar ir kt. (1985) ištyrė 14 savanorių, kurių stabilograma buvo registruojama tiriamiesiems stovint standartine poza ir po viena iš kojų padėjus 1, 2, 3 ir 4 cm padą. Rezultatai parodė, kad padėjus padą SC pasislenka link ilgesnės (po kuria nėra paaukštinimo) kojos, statistiškai

patikimai padidėja SC poslinkis skersinėje ašyje, bet nesikeičia strėlinėje.

P. Murrell ir kt. (1991) tyrė 20 savanorių, iš kurių vienuolikos kojų ilgio skirtumas buvo didesnis nei 9,5 mm, devynių kojos buvo vienodo ilgio. Kontrolinės ir eksperimentinės grupės tiriamųjų pusiausvyros rodikliai nesiskyrė, tačiau jie patikimai skyrėsi tiriamiesiems stovint atmerktomis ir užmerktomis akimis.

Išsamiau mes tyrėme pusiausvyrą. Matavome ne tik SC poslinkį skersinėje ir strėlinėje ašyje, vidutinį judėjimo greitį, bet ir SC svyravimų dažnį. Tyrimas parodė, kad tarp nevienodo ir vienodo kojų ilgio asmenų nėra pusiausvyros kontrolės skirtumų. SC svyravimų dažnio analizė atskleidė, kad svyravimai skersinėje ir strėlinėje ašyje tiriamiesiems užsimerkus daugiausia padidėja 0,312—1,25 Hz dažnių juostoje (3, 4 sandai) (4 pav.). Vadinasi, rega yra atsakinga už SC svyravimus būtent šioje dažnių juostoje. Nors nėra išsamios SC svyravimų dažnio analizės, kai kurie autoriai nurodo, kad svyravimus 0,7—1 Hz dažnių juostoje lemia regimoji informacija (Giacomini et al., 1998). Mūsų taikytas vilnelių metodas patvirtina minėtas prielaidas.

IŠVADOS

Kojų ilgio skirtumas neturi įtakos žmogaus kūno slėgio centro svyravimams, t. y. pusiausvyros stabilumui.

Pado padėjimas po koja nesutrikdo pusiausvyros, bet paslenka SC link kitos kojos.

LITERATŪRA

- Abate, M., Di Carlo, L., Di Romualdo, S. et al. (2010). Postural adjustment in experimental leg length difference evaluated by means of thermal infrared imaging. *Physiological Measurement*, 31 (1) 35—43.
- Giacomini, P., Sorace, F., Margini, A. (1998). Alterations in postural control: The use of spectral analysis in stability measurement. *Acta Otorhinolaryngol*, 18 (2), 83—7.
- Gross, A. B. (2007). *Low Back Pain and Leg Length Inequality*. Prieiga internetu: <http://gwheellift.com/leg-length-inequality.html>
- Gurney, B. (2002). Leg length discrepancy. *Gait & Posture*, 15 (2), 195—206.
- Mahar, R. K., Kirby, R. L., MacLeod, D. A. (1985). Simulated leg-length discrepancy: Its effect of mean center-of-pressure position and postural sway. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 66, 822—824.
- Mallat, S. G. (1999). *A Wavelet Tour of Signal Processing*. Academic Press.
- Muckus, K., Juodžbalienė, V., Kriščiukaitis, A., Pukėnas, K., Škikas, L. (2009). The gastrocnemius muscle stiffness and human balance stability. *Mechanika*, 6 (80), 18—22.
- Mulgrew, B., Grant, P., Thompson, J. et al. (1998). *Digital Signal Processing, Concepts & Applications*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Murrell, P., Cornwall, M. W., Doucet, S. K. (1991). Leg-length discrepancy: Effect on the amplitude of postural sway. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72, 646—648.

RELATION BETWEEN DIFFERENCE IN LEG LENGTH AND POSTURAL STABILITY

Kazimieras Muckus, Vaida Šidlauskaitė, Vilma Juodžbalienė, Vida Česnaitienė
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

There are a many different views, how the difference in leg length influences the postural stability. The aim of this study was to investigate whether the difference in leg length affects the postural stability and the position of the center of pressure (COP). Twenty two volunteers (10 males, 12 females) between the ages of 21 and 25 years participated in the trial. Five subjects with no measurable leg length discrepancy constituted the control group. The experimental group consisted of seventeen subjects. Their leg length discrepancy was between -28 mm (shorter left leg) to +8 mm (shorter right leg). For the analysis of the signals the force plate and software was used to estimate the static posturography. The sampling rate of the signal was 10ms. The duration of the stabilogram recording was 60s. The COP dislocation amplitude in transverse and sagittal direction, the mean velocity of COP sways were estimated too.

In the control group each subject stood barefoot on a force platform with their feet together. The subjects stood with their eyes opened and then with their eyes closed, weight transferred on the right foot, weight transferred on the left foot, and with a lift of 2 cm under their left feet. In the experimental group each subject stood barefoot on a force platform with their feet together. They stood with their eyes opened and then with their eyes closed, and with a lift under the shorter leg. The postural sway data standing in different poses were not significantly different in the control group. Compared to the upright standing on both feet, as the center of gravity was moved in the right or left foot, COP moved toward the bearing leg. COP postural sway values of the experimental group subjects were significantly different standing with eyes opened and with eyes closed, but independent by of leg length difference. There were no significant difference in stabilometric data in standing with eyes opened and eyes closed between the control and the experimental groups.

It may be occluded that: a) subjects with a leg length difference do not have more postural sway than those without any difference in leg length, b) lift placement of the foot did not disturb the balance, but transferred COP toward other leg.

Keywords: difference in leg length, stabilography, postural stability.

Gauta 2009 m. lapkričio 11 d.
Received on November 11, 2009

Priimta 2010 m. vasario 4 d.
Accepted on February 4, 2010

Kazimieras Muckus
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302635
E-mail k.muckus@lkka.lt