

KOJŲ RAUMENŲ ĮTEMPIMO IR PUSIAUSVYROS STABILUMO RYŠYS

Kazimieras Muckus¹, Vilma Juodžbalienė¹, Algimantas Kriščiukaitis²,
Kazimieras Pukėnas¹, Judita Daratienė³, Laimutis Škikas¹

Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno medicinos universitetas², Kaunas, VšĮ Palangos reabilitacijos ligoninė³, Palanga, Lietuva

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

SANTRAUKA

Atliekant fizinius pratimus, kasdienės veiklos veiksmus, dažnai tam tikrą laiką kūnas turi išlaikyti statinę pusiausvyrą. Pusiausvyros stabilumas svarbus kai kuriomis neurologinėmis ligomis sergantiesiems, senyvo amžiaus žmonėms. Pusiausvyrą dažnai tenka išlaikyti įtempus raumenis.

Tyrimo tikslas — ištirti, kaip kinta pusiausvyros stabilumas ramiai stovint atpalaidavus ir įtempus kojų raumenis. Remiantis atvirkštinės svyruoklės modeliu, raumenų įtempimas turėtų padidinti pusiausvyros stabilumą.

Buvo tiriami 44 Lietuvos kūno kultūros akademijos studentai (18 vaikinių ir 26 merginų). Jų amžius — 22—26 m., ūgis — 174,9 ± 9,4 cm, svoris — 68,7 ± 13,8 kg. Naudojant MYOTON-3 prietaisą, miotonometrijos metu išmatuotas įtempio ir atpalaiduoto dvilypio blauzdos raumens vidinės galvos standumas. Vertintas raumens virpesių dažnis, virpesių logaritminis dekrementas ir standumo koeficientas (K). Naudojant serijinės gamybos jėgos plokštę MA-1 ir kompiuterinę įrangą registruojamiems signalams analizuoti, statinės posturografijos metodu užregistruota stabilograma tiriamajam stovint atpalaidavus ir įtempus kojų raumenis. Registruojamo signalo diskretizacija — 10 ms. Stabilogramos registravimo trukmė — 60 s. Vertintas slėgio centro (SC) didžiausias poslinkis skersinėje (Δx) ir strėlinėje ašyse (Δy), SC svyravimo vidutinis greitis (\bar{v}).

Kojų raumenų įtempimas reikšmingai ($p < 0,01$) padidino Δx nuo $22,14 \pm 1,04$ iki $26,00 \pm 1,28$ mm, Δy — nuo $25,53 \pm 1,60$ iki $34,86 \pm 2,41$, \bar{v} — nuo $11,49 \pm 0,39$ iki $18,88 \pm 0,86$ mm / s, K — nuo $333,29 \pm 11,16$ iki $471,24 \pm 16,93$ N / m. Stabilogramos signalo dekompozicijai nustatyti taikyta diskretinė vilnelių transformacija (buvo naudojamos Daubechie šeimos 4 eilės vilnelės). Išskirti 6 signalo sandai. Pastebėtas ryškus ir patikimas sando galios padidėjimas įtempus kojų raumenis esant aukštesniems dažniams (5,0—0,625 Hz). Tai rodo, kad įtempus kojų raumenis SC svyravimų dažnio spektras pasislinko aukštesnių dažnių link. Norėdami įvertinti ryšį tarp dvilypio blauzdos raumens standumo ir stabilometrinių dydžių, skaičiavome stabilometrinių ir miometrinių duomenų koreliacijos koeficientus. Pastebėtas gana stiprus — 0,651 ($p < 0,01$) koreliacinis ryšys tarp K ir \bar{v} rodiklių. Didelis determinacijos koeficientas ($r^2 \approx 0,9$) tarp sando galios ir \bar{v} nustatytas aukštesnių dažnių srityje (5,0—0,625 Hz). Šioje srityje pastebėtas taip pat gana stiprus koreliacinis ryšys tarp sando galios ir raumens standumo — $r \approx 0,6$.

Apibendrinant tyrimų duomenis galima teigti: a) kojų raumenų įtempimas sumažina žmogaus pusiausvyros stabilumą ramiai stovint; b) įtempus kojų raumenis, SC svyravimų spektre ima vyrauti aukšti dažniai.

Raktažodžiai: pusiausvyra, raumenų standumas, vilnelės.

ĮVADAS

Atliekant fizinius pratimus, kasdienės veiklos veiksmus, dažnai tam tikrą laiką kūnas turi išlaikyti statinę pusiausvyrą. Tai būtina užimant startines lengvosios atletikos, finalines sunkumų kilnojimo, tarpines gimnastikos padėtis ir pan. Pusiausvyros stabilumas svarbus kai kuriomis neurologinėmis ligomis sergantiesiems, senyvo amžiaus žmonėms (Jančova, 2008).

Žmogaus kūno pusiausvyros pastovumo biomechaninei analizei atlikti naudojamas apverstos švytuoklės modelis (Winter et al., 1998). Šiuo modeliu pusiausvyros kontrolė apibūdinama kaip santykis tarp slėgio centro (SC) ir masės centro (MC). SC — žemės reakcijos jėgos pradžios veikimo taškas. MC — taškas, per kurį eina sunkio jėgos linija, kartu tai bendro masių centro projek-

1 lentelė. SC padėties signalo dažnio rodiklių sandai

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

cija atramos plote. Mechaninė sistema išlaiko pusiausvyrą, kai jos SC yra atramos ploto ribose. SC svyravimai strėline ir skersine kryptimi paprastai registruojami naudojant jėgos plokštę.

Remiantis atvirkštinės švytuoklės modeliu, SC svyravimai, išlaikant statinę pusiausvyrą, priklauso nuo spyruoklės (blauzdos raumenų) elastingumo ir inercijos momento (Winter et al., 1998). Daugelis autorių tyrinėjo raumenų standumo poveikį pusiausvyros išlaikymui ramiai stovint (Winter et al., 2001; Morasso, Sanguineti, 2002; Padua, Blackburn, 2003). Visgi šie modeliniai tyrimai, vertinantys, kaip kojų raumenų standumas veikia pusiausvyros stabilumą, remiasi tik biomechaniniu atvirkštinės švytuoklės modeliu ir teigia, kad raumenų įtempimas turėtų padidinti stovėsenos stabilumą. Modeliniai tyrimai paremti tik teoriniais skaičiavimais, o centrinės nervų sistemos ir realybėje kintančio raumens įtempimo poveikio nepaisoma. Taip pat neteko aptikti eksperimentinių tyrimų duomenų, kaip pusiausvyros rodikliai priklauso nuo aktyvaus kojų raumenų įtempimo ir atpalaidavimo.

Atliekant fizinius pratimus ir kasdieninės veiklos veiksmus, pusiausvyrą dažnai tenka išlaikyti įtempus raumenis. Todėl svarbu ištirti, kaip kinta pusiausvyros stabilumo rodikliai skirtingai įtempus kojų raumenis.

Tyrimo tikslas — ištirti, kaip kinta pusiausvyros stabilumas ramiai stovint atpalaidavus ir įtempus kojų raumenis.

TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

Buvo tiriami 44 Lietuvos kūno kultūros akademijos studentai savanoriai (18 vaikinių ir 26 merginos). Jų amžius — 22—26 m., ūgis — $174,9 \pm 9,4$ cm, svoris — $68,7 \pm 13,8$ kg.

Miotonometrija. Raumenų standumas įvertintas naudojant MYOTON-3 sistemą (Tartu, Estija) (Vain, 1995). Buvo registruojami atpalaiduoto ir maksimaliai įtempto dvilypio blauzdos raumens vidinės galvos (*lot. m. gastrocnemius*) virpesiai. Tyrimas atliktas tiriamajam gulint ant pilvo ant kušetės ištiestomis kojomis, rankas priglaudus prie šonų. Prieš tyrimą buvo pažymimas dvilypio blauzdos raumens taškas, matuojama tris kartus toje pačioje vietoje, skaičiavimams atlikti naudotas rodiklių vidurkis. Miotonometru buvo matuojami ir analizuojami gęstantys raumens virpesiai

(Vain, 1995; Roja et al., 2006). Miotonometrija vertinamas raumens virpesių dažnis (f), virpesių logaritminis dekrementas (δ) ir standumo koeficientas (K). Išmatavus dvilypio blauzdos raumens virpesius, buvo registruojama stabilograma.

Statinė posturografija. Stabilograma — SC koordinacių kitimo kreivės strėlinėje ir skersinėje ašyse — registruota serijinės gamybos jėgos plokštė MA-1 ir kompiuterine įranga registruojamų signalų analizei atlikti (Muckus, 2006). Registruojamo signalo diskretizacija — 10 ms. Stabilogramos registravimo trukmė — 60 s. Vertintas SC maksimalus poslinkis skersinėje (Δx) ir strėlinėje (Δy) ašyse, SC svyravimo vidutinis greitis (\bar{v}).

Stabilograma buvo registruojama tiriamajam stovint maksimaliai įtempus ir atpalaidavus kojų raumenis.

SC padėtį rodantis signalas yra stochastinis, tačiau žinomi ir atskirų bendros sistemos sandų veiklos signalo dedamųjų dažnių duomenys. Šio signalo laiko (dažnio) duomenys atskleidžia atskirų sistemos dalių veikimą. Diskretinė vilnelių transformacija tirta naudojant *Daubechie* šeimos 4 eilės vilneles (Mallat, 1999), esant SC padėties signalo dekompozicijai. 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 atskaitos taškas, M_s — šio sando vidurkis.

Raumenų standumo ir stabilogramos rodiklių ryšiai įvertinti buvo naudojama koreliacinė analizė, netiesinė regresija ir kartotinių bandymų dispersinė analizė. Tiesinė SC svyravimų vidutinio greičio ir raumenų įtempimo, sandų galios įvairiose diadinėse skalėse ir raumenų įtempimo priklausomybė buvo vertinama Pirsono koreliacijos koeficientu, netiesinė — įvairiose diadinėse skalėse. SC svyravimų vidutinio greičio priklausomybė buvo vertinama netiesinės regresijos determinacijos koeficientu r^2 . Nulinė hipotezė apie koreliacijos koeficiento lygybę nuliui ir vidurkių lygybę skirtingomis sąlygomis pagal dispersinę analizę atmetama, kai $p < 0,05$. Rezultatų statistinė analizė atlikta *SPSS Statistics 17.0* programų paketu.

REZULTATAI

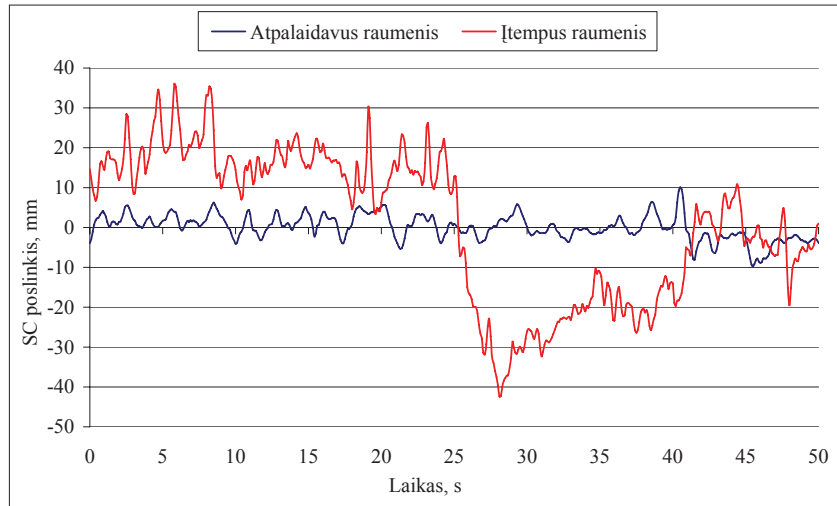
Lyginant SC svyravimus strėlinėje ašyje, kai tas pats tiriamasis stovi atpalaidavęs ir įtempęs kojų raumenis, matomas akivaizdus šių kreivių glotnumo ir amplitudžių skirtumas (1 pav.).

Stabilometriniai ir miometriniai duomenys rodo, kad kojų raumenų įtempimas labiau padidina SC maksimalųjį poslinkį skersinėje ir strėlinėje ašyse, SC vidutinį judėjimo greitį, dvi-

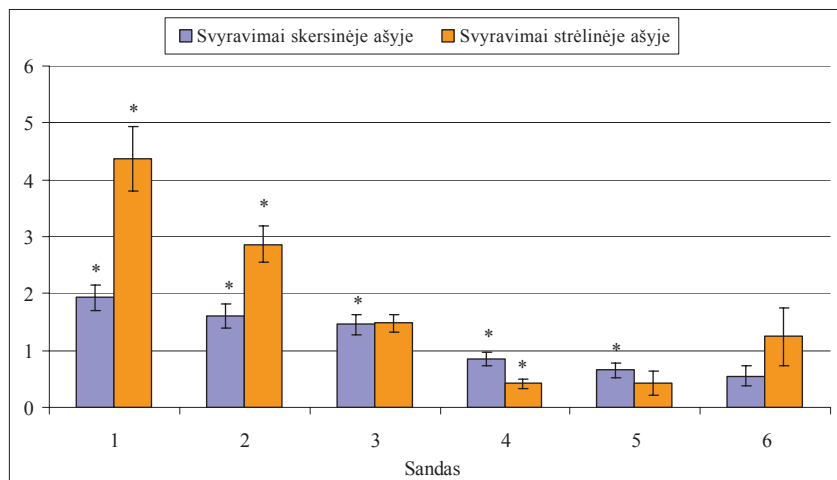
galvio blauzdos raumens virpesių dažnį ir standumą. Raumenų įtempimas labiausiai padidina SC vidutinį judėjimo greitį ir raumens standumą (2 lent.).

Norėdami išsiaiškinti SC svyravimų atskirų dažnių pokyčius, tiriamajam stovint atpalaidavus ir įtempus kojų raumenis, taikėme vilnelių metodą, suskaidydami signalą į 6 sandus. Sando galios kitimas SC svyravimų skersine ir strėline kryptimi parodytas 3 lentelėje, o santykinis kitimas —

1 pav. To paties tiriamojo slėgio centro (SC) svyravimai strėlinėje ašyje, tiriamajam stovint atpalaidavus ir įtempus kojų raumenis

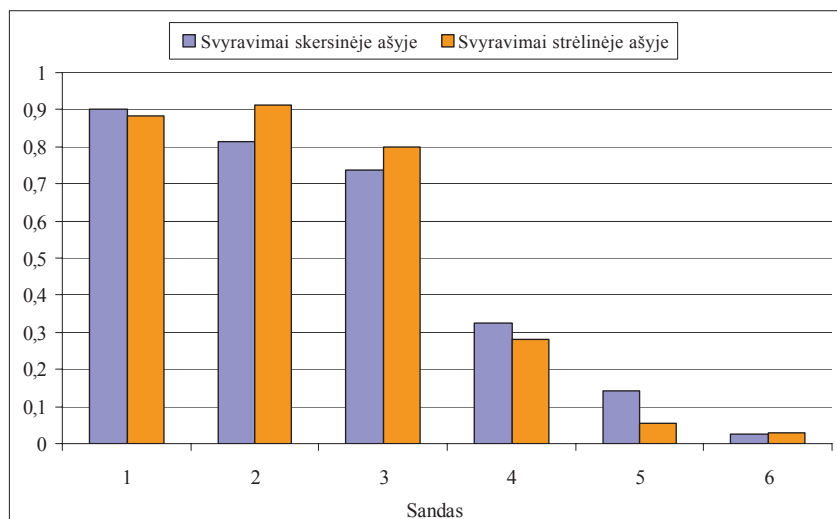


2 pav. Sando galios santykinis pokytis tiriamajam stovint įtempus ir atpalaidavus kojų raumenis



Pastaba. Pateiktas vidurkis \pm standartinė paklaida. * — skirtumas tarp dydžių, tiriamajam stovint atpalaidavus ir įtempus kojų raumenis, reikšmingas ($p < 0,01$).

3 pav. Skirtingų sandų galios ir slėgio centro svyravimo vidutinio greičio determinacijos koeficientai (r^2)



Matuojami dydžiai		Atpalaidavus kojų raumenis	Įtempus kojų raumenis	Santykinis pokytis
Stabilometriniai dydžiai	Δx , mm	$22,14 \pm 1,04$	$26,00 \pm 1,28^*$	$0,238 \pm 0,045$
	Δy , mm	$25,53 \pm 1,60$	$34,86 \pm 2,41^*$	$0,506 \pm 0,094$
	\bar{v} , mm / s	$11,49 \pm 0,39$	$18,88 \pm 0,86^*$	$0,686 \pm 0,056$
Miometriniai dydžiai	f, Hz	$15,79 \pm 0,46$	$19,68 \pm 0,80^*$	$0,250 \pm 0,027$
	δ	$1,02 \pm 0,05$	$1,17 \pm 0,24$	$0,267 \pm 0,186$
	K, N / m	$333,29 \pm 11,16$	$471,24 \pm 16,93^*$	$0,439 \pm 0,033$

2 lentelė. Svarbiausieji stabilometriniai ir miometrinių dydžių tiriamajam stovint atpalaidavus ir įtempus kojų raumenis

Pastaba. Δx ir Δy — slėgio centro (SC) maksimalus poslinkis atitinkamai skersinėje ir strėlinėje ašyse; \bar{v} — SC judėjimo vidutinis greitis; f — raumens virpesių dažnis; δ — raumens virpesių logaritminis dekrementas; K — raumens standumas. Pateiktas vidurkis \pm standartinė paklaida. * — skirtumas tarp dydžių, tiriamajam stovint atpalaidavus ir įtempus kojų raumenis, reikšmingas ($p < 0,01$).

3 lentelė. Sando galios kitimas slėgio centro svyravimų skersine (x) ir strėline (y) kryptimi

Slėgio centro svyravimai		Sando galia					
		1	2	3	4	5	6
x kryptis	Atpalaidavus	$0,13 \pm 0,012$	$0,41 \pm 0,036$	$0,81 \pm 0,073$	$1,05 \pm 0,100$	$1,08 \pm 0,097$	$1,18 \pm 0,126$
	Įtempus	$0,31 \pm 0,031^*$	$0,87 \pm 0,083^*$	$1,63 \pm 0,138^*$	$1,68 \pm 0,162^*$	$1,42 \pm 0,145^*$	$1,29 \pm 0,121$
y kryptis	Atpalaidavus	$0,09 \pm 0,008$	$0,24 \pm 0,019$	$0,52 \pm 0,037$	$0,89 \pm 0,065$	$1,25 \pm 0,144$	$1,77 \pm 0,416$
	Įtempus	$0,42 \pm 0,060^*$	$0,81 \pm 0,091^*$	$1,17 \pm 0,093^*$	$1,10 \pm 0,088^*$	$1,27 \pm 0,147$	$2,09 \pm 0,367$

Pastaba. Pateiktas vidurkis \pm standartinė paklaida. * — skirtumas tarp dydžių, tiriamajam stovint atpalaidavus ir įtempus kojų raumenis, reikšmingas ($p < 0,01$).

	Δx	Δy	\bar{v}	f	δ
Δx	1				
Δy	0,326**	1			
\bar{v}	0,485**	0,525**	1		
f	0,263*	0,196	0,605**	1	
δ	0,039	-0,045	0,006	-0,031	1
K	0,286**	0,341**	0,651**	0,787**	-0,195

4 lentelė. Svarbiausiųjų stabilometrinių ir miometrinių duomenų Pirsono koreliacijos koeficientai

Pastaba. * — koreliacija reikšminga ($p < 0,05$); ** — $p < 0,01$.

2 paveiksle. Pastebimas ryškus ir patikimas sando galios padidėjimas esant aukštesniems dažniams (1–3 sandų), kai kojų raumenys įtempti. Šie duomenys rodo, kad įtempus kojų raumenis padidėja SC svyravimai aukštesnių dažnių srityje.

Įvertinant ryšį tarp blauzdos raumenų standumo ir stabilometrinių dydžių, buvo skaičiuoti koreliacijos koeficientai tarp stabilometrinių ir miometrinių duomenų. Nustatyta, kad tarp matuojamų dydžių — sando galios ir SC svyravimo vidutinio greičio — yra netiesinė priklausomybė. Tarp kitų dydžių — tiesinė priklausomybė. Tarp dvilypio blauzdos raumens standumo ir SC judėjimo vidutinio greičio aptiktas stiprus — 0,651 ($p < 0,01$) — koreliacinis ryšys (4 lent.).

Duomenų analizė parodė, kad priklausomybė tarp žemesnių sandų galios ir SC judėjimo vidu-

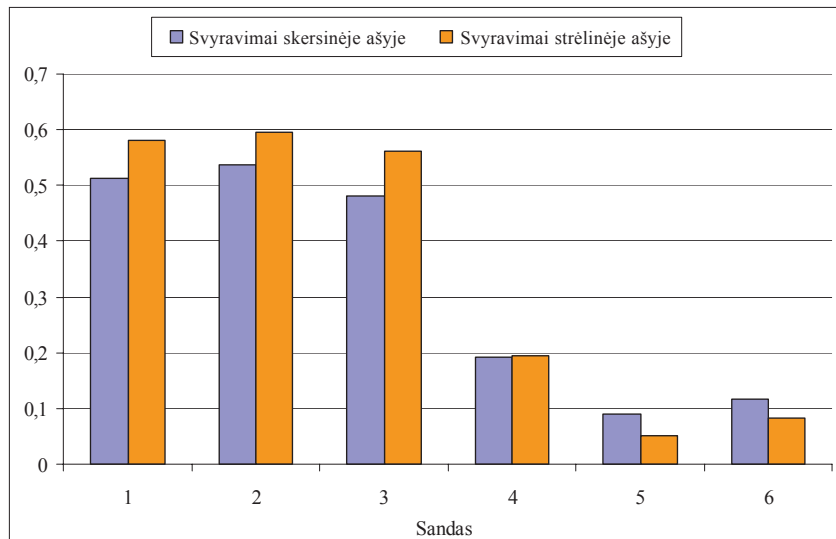
tinio greičio artima kvadratinei. Remiantis harmoningo svyravimo lygtimis nesunku įrodyti, kad svyravimo energija proporcinga svyravimo vidutinio greičio kvadratui:

$$E = \frac{m\pi^2}{8} \bar{v}^2$$

Vadinasi, aukštų dažnių srityje galima taikyti harmoningų svyravimų teoriją. Tuo tarpu esant žemesniems dažniams ši laipsninė priklausomybė kinta. Bendroju atveju determinacijos koeficientas nustatytas pagal netiesinės regresijos modelį $y = A + Bx^C$. Koeficientai A, B, C nustatomi kiekvienu atveju pagal geriausią kreivės ir esamų duomenų atitikimą.

3 paveiksle pateikti skirtingų sandų galios ir SC svyravimo vidutinio greičio determinacijos

4 pav. Sando galios ir dvilypio blauzdos raumens standumo koreliacijos koeficientai



koeficientai (r^2). Ypač didelis r^2 pastebimas aukštesnių dažnių srityje (1–3 sandų). Šioje srityje nustatytas stiprus koreliacinis ryšys tarp sando galios ir dvilypio blauzdos raumens standumo — $r \approx 0,6$ (4 pav.). Šie duomenys patvirtina teiginį, kad raumens įtempimas padidina SC svyravimus aukštesnių dažnių srityje.

REZULTATŲ APTARIMAS

Žmogaus kūno pusiausvyros išlaikymo biomechaninės analizės metu naudojamas apverstos švytuoklės modelis (Winter et al., 1998). Tokio kūno pusiausvyra iš esmės negali būti stabili. Norint garantuoti pusiausvyros stabilumą, turi veikti papildomos jėgos. Žmogus vertikalią savo kūno padėtį išlaiko veikiant raumenų jėgai. Biomechaninė stabilumo analizė pasidaro dar sudėtingesnė, nes išilgai švytuoklės ašies išsidėsto daugybė jungčių. Mechaninė sistema išlaiko pusiausvyrą, kol jos SC neišeina iš atramos ploto ribų. Taigi norint garantuoti sistemos pusiausvyrą būtina tiksliai jungčių judesių sąveika.

Pusiausvyra kontroliuojama esant koordinuotam raumenų veikimui (Johansson, Magnusson, 1991). Palaikant kūno pusiausvyrą, ypač svarbus čiurnos, kelio ir klubo sąnarių valdančių raumenų aktyvumas. Čiurnos standumas, kurį reguliuoja CNS, aktyvuodama atitinkamus blauzdos raumenis, garantuoja sistemos stabilumą stovint (Winter et al.,

1998). Kiti tyrėjai siūlo taikyti aktyvų pusiausvyros stabilizavimo mechanizmą ramiai stovint — tada ypač svarbūs blauzdos raumenys ir pėdos odos receptoriai (Morasso, Schieppati, 1999).

Atliekant fizinius ar sportinius pratimus, pusiausvyrą išlaikyti dažnai tenka įtempus raumenis. Atliktu tyrimu kėlėme tikslą išsiaiškinti, kaip SC svyravimai kinta įtempus kojų raumenis. Pagal apverstos švytuoklės modelį turėtų padidėti svyravimų dažnis, bet sumažėti jų amplitudė. Atliktas eksperimentas patvirtina mūsų pirmą teiginį: įtempus kojų raumenis, SC svyravimų dažnių spektre nustatyti aukštesni dažniai. Tuo tarpu svyravimų amplitudė, priešingai teorinėms prielaidoms, padidėja.

Raumenų įtempimas yra papildomas krūvis CNS, dėl to pakinta CNS kontroliuojamos dinaminės pusiausvyros palaikymo sistemos, pagrįstos grįžtamuoju ryšiu, svyravimai darosi staigesni, jų amplitudė išauga. Esant staigesnių svyravimų spektrui, svarbesni aukšti dažniai, ir tai rodo padidėjusi vilnelių dekompozicijos aukštesnio dažnio skalių galia.

IŠVADOS

1. Kojų raumenų įtempimas sumažina žmogaus pusiausvyros stabilumą ramiai stovint.
2. Įtempus kojų raumenis, SC svyravimų spektre ima vyrėti aukšti dažniai.

LITERATŪRA

Jančova, J. (2008). Measuring the balance control system—review. *Acta medica (Hradec Kralovė)*, 51 (3), 129–137. Prieiga internetu: http://www.lfhk.cuni.cz/Data/files/Casopisy/2008/2008_129.pdf

Johansson, R., Magnusson, M. (1991). Human postural dynamics. *Biomedicine Engineering*, 18, 413–437.

Mallat, S. G. (1999). *A Wavelet Tour of Signal Processing*. Academic Press.

Morasso, P. G., Sanguineti, V. (2002). Ankle muscle stiffness alone cannot stabilize balance during quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, 88, 2157–2162.

Morasso, P. G., Schieppati, M. (1999). Can muscle stiff-

- ness alone stabilize upright standing? *Journal of Neurophysiology*, 83, 1622—1626.
- Muckus, K. (2006). *Biomechanikos pagrindai*. Kaunas: LKKA.
- Mulgrew, B., Grant, P. et al. (1998). *Digital Signal Processing, Concepts & Applications*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Padua, D. A., Blackburn, J. T. (2003). Muscle stiffness and biomechanical stability. *Athletic Therapy Today*, 8 (6), 45—47.
- Roja, Z., Kalkis, V., Vain, A., Kalkis, H., Eglite, M. (2006). Assessment of skeletal muscle fatigue of road maintenance workers based on heart rate monitoring and myotonometry. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 1, 20. Prieiga internetu: <http://www.occup-med.com/content/1/1/20>
- Vain, A. (1995). Estimation of the Functional State of Skeletal Muscle. In P. H. Veltink, H. B. K. Boom (Eds.), *Control of Ambulation Using Functional Neuromuscular Stimulation*. Enschede: University of Twente Press. P. 51—55.
- Winter, D. A., Patla, A. E., Prince, F., Ishac, M., Gielo-Perczak, K. (1998). Stiffness control of balance in quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, 80, 1211—1221.
- Winter, D. A., Patla, A. E., Rietdyk, Sh., Ishac, M. G. (2001). Ankle muscle stiffness in the control of balance during quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, 85, 2630—2633.

INFLUENCE OF THE LEG MUSCLE STIFFNESS ON POSTURAL STABILITY

Kazimieras Muckus¹, Vilma Juodžbalienė¹, Algimantas Kriščiukaitis², Kazimieras Pukėnas¹,
Judita Daratienė³, Laimutis Škikas¹

Lithuanian Academy of Physical Education¹, Kaunas University of Medicine², Kaunas, Palanga
Rehabilitation Hospital³, Palanga, Lithuania

ABSTRACT

The human body should be kept in static postures for certain period of time during physical performance or everyday activities. The postural stability is important for neurological or geriatric patient too. The leg muscles are kept contracted during the maintenance of the static postures. Aim of the study: to assess the dependence of postural stability on leg muscle stiffness parameters. Leg muscle stiffness should increase the postural stability with reference to inverted pendulum model. 44 students (18 males and 26 females) from Lithuanian Academy of Physical Education voluntarily participated in the study. Age of the subjects 22—26 yr., height — 174.9 ± 9.4 cm, weight — 68.7 ± 13.8 kg. The stiffness of medial head of the relaxed and actively maximum contracted gastrocnemius muscle was measured during myotonometry with MYOTON-3 device. The frequency of oscillations of the tissue, logarithmic decrement of damping and stiffness coefficient (K) were estimated. The stabilogram was registered during quiet standing with relaxed and actively maximum contracted leg muscles. The force plate of serial manufacturing “MA-1” and software for analysis of the signals was used for static posturography. The discretization of the signal was 10 ms. The duration of the stabilogram registration was 60 s. The maximal length of center of pressure (COP) dislocation in transverse (Δx) and sagittal (Δy) direction, the velocity of COP oscillations (\bar{v}) were estimated.

The contraction of the leg muscles significantly increased Δx from 22.14 ± 1.04 to 26.00 ± 1.28 mm, Δy — from 25.53 ± 1.60 to 34.86 ± 2.41, \bar{v} — from 11.49 ± 0.39 to 18.88 ± 0.86 mm / s, K — from 333.29 ± 11.16 to 471.24 ± 16.93 N / m. Multiresolution analysis based on discrete wavelet transform using 4th order Daubechie family wavelets was used for COP signal decomposition. The signal was decomposed into 6 components of different frequency scales. The power of component of higher frequency (5.0—0.625 Hz) significantly increased with active maximum contraction of the leg muscles. Therefore, COP oscillation frequency tends to be higher when subject actively contracts leg muscles. The correlation was estimated between gastrocnemius stiffness and stabilometric parameters. The correlation between K and \bar{v} was 0.651 ($p < 0.01$). High R-square — coefficient of determination was established between power of component and \bar{v} in high frequency scale (5.0—0.625 Hz). The correlation between muscle stiffness and power of the component was $r \approx 0.6$. It can be maintained that active leg muscle contraction decreases human postural stability during quiet stance; it also increases COP oscillations in high frequency scales.

Keywords: postural stability, muscle stiffness, wavelets.

Gauta 2009 m. gegužės 4 d.
Received on May 4, 2009

Priimta 2009 m. gegužės 26 d.
Accepted on May 26, 2009

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