

# JAUNŲ IR VYRESNIOJO AMŽIAUS ŽMONIŲ PUSIAUSVYROS KONTROLĖS YPATUMAI

Laimutis Škikas, Kazimieras Muckus

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

**Laimutis Škikas.** Lietuvos kūno kultūros akademijos biomedicinos mokslų krypties doktorantas. Mokslinių tyrimų kryptis — čiurnos ir kelio sąnario sportinės traumos, jų poveikis blauzdos dvilypio raumens fiziologiniams, biomechaniniams ypatumams ir pusiausvyrai.

## SANTRAUKA

Vienas iš veiksnių, lemiančių vyresniojo amžiaus žmonių funkcinę nepriklausomybę ir gyvenimo kokybę, yra pusiausvyros stabilumas. Šio tyrimo tikslas — ištirti, ar brandaus darbingo amžiaus žmonių (30–45 m.) pusiausvyros kontrolės sistema veikia taip pat gerai, kaip ir jaunuų (20–25 m.)? Buvo tiriama septyniolika 20–24 metų jaunuų (9 merginos ir 8 vaikinai) ir dešimt 30–45 metų žmonių (6 vyrai ir 4 moterys), sistemingai kultivuojančių kūno kultūrą.

Tyrimo metu taikėme statinės stabilografijos metodą. Tiriemieji nuleidę rankas ir suglaudę kojas turėjo ramiai stovėti vieną minutę ant jėgos plokštės. Stabilogramą (slėgio centro koordinacių kitimo kreives strėlinėje ir skersinėje ašyje) registruojome jėgos plokštėje, kompiuterine įranga analizavome signalus. Registruojamo signalo diskretizacija 10 ms. Stabilogramos registravimo trukmė 60 s. Vertinome slėgio centro (SC) poslinkį skersinėje ir strėlinėje ašyje, SC svyravimo vidutinį greitį. Atlikdami SC dažninę analizę taikėme vilnelių metodą. Vyresniojo amžiaus žmonių SC svyravimų amplitudė skersinėje ir strėlinėje ašyje, vidutinis svyravimo greitis buvo reikšmingai didesni ( $p < 0,01$ ) nei jaunuų žmonių. Ir jaunuų, ir vyresnių žmonių SC svyravimų amplitudė skersinėje ašyje, vidutinis svyravimo greitis reikšmingai padidėja tiriamajam užsimerkus, tačiau mažai keičiasi svyravimų amplitudė strėlinėje ašyje. Vyresnių žmonių SC svyravimai skersinėje ašyje reikšmingai didesni aukštesnių dažnių srityje (0,312–1,25 Hz). Šis skirtumas labiau išreikštas užmerkus akis. Vyresnių atsimerkusių žmonių reikšmingai didesni lėti (0,078 ÷ 0,156 Hz) SC svyravimai strėlinėje ašyje. Užsimerkusio tiriamojo SC svyravimai reikšmingai didesni visame dažnių diapazone.

Išvados: a) 30–45 m. amžiaus žmonių pusiausvyros kontrolė yra mažiau veiksminga, lyginant su jaunais (20–24 m.); b) ir jaunuų, ir vyresnių žmonių SC svyravimų amplitudė skersinėje ašyje ir vidutinis svyravimo greitis reikšmingai padidėja užmerkus akis, tačiau mažai keičiasi svyravimų amplitudė strėlinėje ašyje. Tai rodo, kad rega svarbesnė SC svyravimams skersinėje, bet ne strėlinėje ašyje.

**Raktažodžiai:** stabilografija, pusiausvyros kontrolė, vilnelių transformacija.

## ĮVADAS

Žmogaus pusiausvyra ir jos išlaikymas itin sudėtingas procesas, kuriam apibūdinti vartojama be galo daug apibrėžimų. Kadangi žmogaus pusiausvyros pastovumas yra reliatyvus, iš esmės gali būti apibrėžiama tik pusiausvyros kontrolė. Vienu atveju teigiama, kad pusiausvyra yra fizinė ypatybė, gebėjimas išlaikyti santykiškai pastovią kūno padėtį įvairiomis pozomis, atliekant skirtingus judesius ar veiksmus, veikiant išorės jė-

goms (*Sporto terminų žodynas*, 1996), kitu — kad nuolatinis kūno padėties kitimas, norint nenukristi, nenugriūti (Duarte, Zatsiorsky, 2002), trečiu — gebėjimas reguliuoti kūno sunkio jėgos linijos padėtį atramos ploto atžvilgiu (Pollock et al., 2000). Tačiau visuomet pabrėžiama, kad pusiausvyra priklauso nuo gebėjimo integruoti gausią sensorinę informaciją ir reguliuoti daugiasegmentės biomechaninės sistemos padėtį.

Nekintamos padėties išlaikymas priklauso nuo trijų svarbiausių komponentų sąveikos (Nashner, 2001):

1. Informacijos apie kūno ir kūno segmentų orientaciją iš regos analizatoriaus, vidinės ausies vestibulinio aparato ir propriocepinių jūtimų, kylančių dėl kontakto su atrama, dermės.
2. Motorinių reakcijų, koordinuojančių pėdų, kojų ir liemens raumenų veiklą.
3. CNS funkcinių galimybių integruoti minėtus sensorinius ir motorinius procesus bei gebėjimo juos modifikuoti ir pritaikyti kintančioms aplinkos sąlygoms.

Didėjant senstančių gyventojų skaičiui ir ilgėjant gyvenimo trukmei, vis svarbiau palaikyti kūno judrumą, taigi ir funkcinę nepriklausomybę. Vienas iš veiksnių, lemiančių vyresniojo amžiaus žmonių funkcinę nepriklausomybę ir gyvenimo kokybę, yra pusiausvyros stabilumas (Spirduso, 1995; Jančova, 2008). Palaikyti ir stabilizuoti pusiausvyrą su amžiumi darosi vis sunkiau (Winter et al., 1996; Megrot et al., 2002). Kai susilpnėja regimųjų, vestibulinių ir somatosensorinių sistemų sąveika, mažiau stabili darosi stovėseną, be abejo, padidėja ir griuvimo rizika (MacKinnon, Winter, 1993; Horak, Diener, 1994). Pagyvenusių žmonių pusiausvyros kontrolės sistemos degeneracija (Wolley et al., 1996) ir svarbiausios patologijos privertė tyrėjus ir klinicistus labiau domėtis, kaip dirba sistema ir kaip įvertinti jos būseną. Daugelis tyrimų parodė, kad pusiausvyros stabilumo rodikliai gerai koreliuoja su griuvimų rizika (Jančova, 2008).

Nors vyresniojo ir senyvo amžiaus žmonių pusiausvyros tyrimų atlikta nemažai (Pyykko et al., 1990; Nakamura et al., 2001; Demura et al., 2005; Termoza et al., 200;), dauguma jų skirti vyresnių kaip 65 metų asmenų pusiausvyrai tirti. Be to, niekas iš autorių netyrinėjo slėgio centro (SC) svyravimų dažnio dedamųjų. Nors nemažai atlikta SC svyravimų dažnio tyrimų (Williams et al., 1997; Giacomini et al., 1998), dauguma jų paremti paprasta *Furje* signalų analize. Ankstesni mūsų (Muckus et al., 2009) ir kitų autorių tyrimai (Williams et al., 1997; Giacomini et al., 1998) rodo, kad SC svyravimų dažnio analizė svarbi atskleidžiant regos, vestibulinio aparato ir propriocepcijos reikšmę pusiausvyros kontrolei.

Mūsų tyrimo tikslas — ištirti, ar brandaus darbingo amžiaus žmonių (30—45 m.) pusiausvyros kontrolės sistema veikia taip pat gerai kaip ir jaunų (20—25 m.)?

## TYRIMO METODIKA

Buvo tiriama septyniolika 20—24 metų jaunų (9 merginos ir 8 vaikinai) ir dešimt 30—45 metų žmonių (6 vyrai ir 4 moterys), sistemingai kultivuojančių kūno kultūrą.

Tyrimo metu taikėme statinės stabilografijos metodą. Tiriamieji nuleidę rankas ir suglaudę kojas turėjo ramiai stovėti vieną minutę ant jėgos plokštės. Stabilogramą (slėgio centro koordinatinių kitimo kreives strėlinėje ir skersinėje ašyje) registruojame tiriamiesiems stovint atmerktomis ir užmerktomis akimis. Stabilogramą analizavome mūsų pačių sukurta signalų analizės programine įranga (Muckus et al., 2009). Registruojamo signalo diskretizacija 10 ms. Stabilogramos registravimo trukmė 60 s. Vertiname slėgio centro (SC) poslinkį skersinėje ( $\Delta x$ ) ir strėlinėje ( $\Delta y$ ) ašyje, SC svyravimo vidutinį greitį ( $\bar{v}$ ).

SC padėtį rodantis signalas yra stochastinis, tačiau žinomi atskirų bendrosios sistemos sandų veiklos signalo dedamųjų dažnio ypatumai. Todėl šio signalo laiko—dažnio rodikliai atskleidžia atskirų sistemos dalių veikimą. Diskretinė vilnelių transformacija, pasitelkiant *Daubechie* šeimos 4 eilės vilnelės (Mallat, 1999), naudota 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  $\infty$  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 2003*. Nulinė hipotezė apie vidurkių lygybę skirtingomis sąlygomis pagal dviejų veiksnių dispersinę analizę atmetama, kai p reikšmė mažesnė už nulį ( $p < 0,05$ ).

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

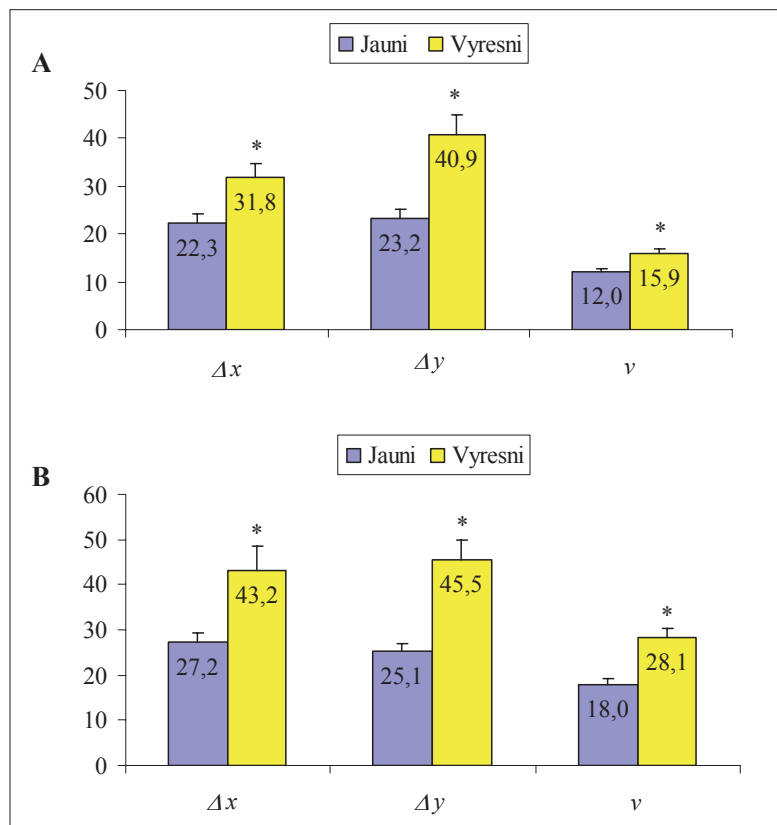
1 lentelė. SC padėties signalo dažnio charakteristikų sandai

2 lentelė. Stabilometriniai rodikliai tiriamiesiems stovint atsimerkus ir užsimerkus

Rodikliai	Jauni		Vyresni	
	Atsimerkus	Užsimerkus	Atsimerkus	Užsimerkus
$\Delta x$ , mm	22,3 ± 1,94	27,2 ± 2,13*	31,8 ± 2,86	43,2 ± 5,27*
$\Delta y$ , mm	23,2 ± 1,85	25,1 ± 1,75	40,9 ± 4,15	45,5 ± 4,23
$\bar{v}$ , mm / s	11,9 ± 0,73	18,0 ± 1,15*	15,9 ± 1,14	28,2 ± 2,05*

**Pastaba.** Pateikta: vidurkis ± standartinė paklaida. \* — rodiklis reikšmingai skiriasi ( $p < 0,01$ ), lyginant su rodikliais atmerktomis akimis.

1 pav. SC svyravimų rodikliai tiriamiesiems stovint atsimerkus (A) ir užsimerkus (B)



**Pastaba.**  $\Delta x$  — SC poslinkis skersinėje ašyje (mm);  $\Delta y$  — strėlinėje ašyje;  $\bar{v}$  — SC svyravimo vidutinis greitis (mm / s). Parodyta vidurkis ± standartinė paklaida. \* —  $p < 0,01$ , lyginant jaunų ir vyresnių tiriamųjų SC svyravimų rodiklius.

## REZULTATAI

1 paveiksle pateikti jaunų ir vyresniojo amžiaus žmonių SC svyravimų rodikliai tiriamiesiems atmerkus (A) ir užmerkus (B) akis. Vyresniojo amžiaus žmonių SC svyravimų amplitudė skersinėje ir strėlinėje ašyje, vidutinis svyravimo greitis reikšmingai didesni ( $p < 0,01$ ) nei jaunų. Kaip jaunų, taip ir vyresnių žmonių SC svyravimų amplitudė skersinėje ašyje ir vidutinis svyravimo greitis reikšmingai padidėja tiriamajam užmerkus akis, tačiau mažai keičiasi svyravimų amplitudė strėlinėje ašyje (2 lent.).

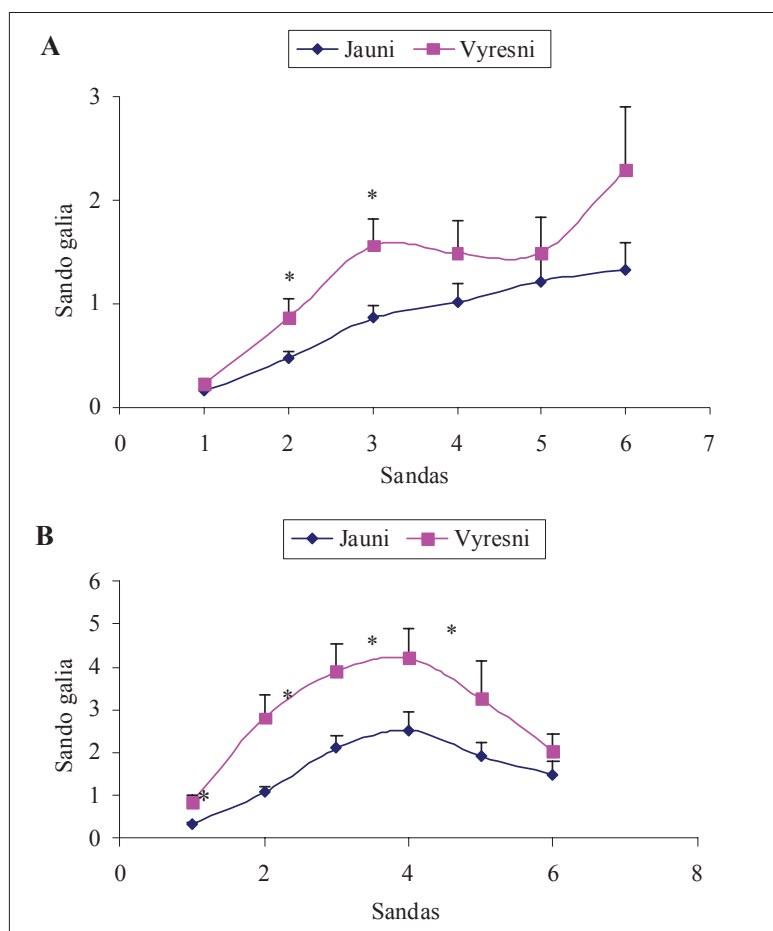
2 paveiksle parodyta jaunų ir vyresnių žmonių SC svyravimo skersinėje ašyje sandų galios kitimas tiriamiesiems stovint atmerktomis (A) ir užmerktomis (B) akimis. Vyresnių žmonių SC svyravimai reikšmingai didesni aukštesnių dažnių srityje (0,312—1,25 Hz). Šis skirtumas labiau

išreikštas tiriamiesiems užsimerkus. Tuo tarpu strėlinėje ašyje atsimerkusių vyresnių žmonių reikšmingai didesni lėti (0,078 ÷ 0,156 Hz) SC svyravimai (3A pav.). Tiriamiesiems užmerkus akis, SC svyravimai reikšmingai didesni visame dažnių diapazone (3B pav.).

## REZULTATŲ APITARIMAS

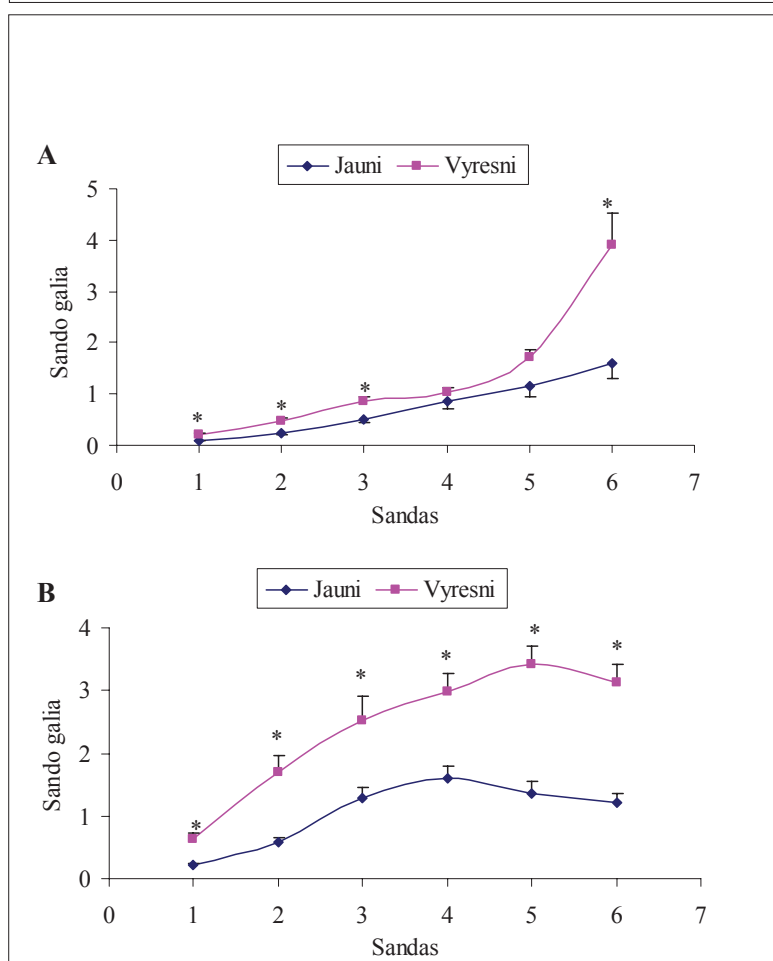
Atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad vyresnių žmonių SC svyravimai didesni nei jaunų atsimerkus ir užsimerkus. Ir jaunų, ir vyresnių žmonių SC svyravimų amplitudė skersinėje ašyje, vidutinis svyravimo greitis reikšmingai padidėja užmerkus akis, tačiau svyravimų amplitudė mažai keičiasi strėlinėje ašyje (2 lent.). Vadinasi, rega svarbesnė SC svyravimams skersinėje, bet ne strėlinėje ašyje.

Dauguma vyresniojo ir senyvo amžiaus žmonių pusiausvyros tyrimų atlikti tarp vyresnių kaip



2 pav. SC svyravimo skersinėje ašyje sando galios kitimas tiriamiesiems stovint atsimerkus (A) ir užsimerkus (B).

**Pastaba.** Parodyta: vidurkis ± standartinė paklaida. \* —  $p < 0,01$ , lyginant jaunų ir vyresnių tiriamųjų SC svyravimo rodiklius.



3 pav. SC svyravimo strėlinėje ašyje sando galios kitimas tiriamiesiems stovint atsimerkus (A) ir užsimerkus (B).

**Pastaba.** Parodyta: vidurkis ± standartinė paklaida. \* —  $p < 0,01$ , lyginant jaunų ir vyresnių tiriamųjų SC svyravimo rodiklius.

65 metų amžiaus žmonių (Pyykko et al., 1990; Nakamura et al., 2001; Demura et al., 2005; Termoza et al., 2008). Mūsų tyrimai rodo, kad jau 30–45 metų amžiaus žmonės blogiau kontroliuoja pusiausvyrą nei jauni.

Vyresniojo amžiaus žmonių pusiausvyros stabilumas tiesiogiai susijęs su regėjimo aštrumu. 65 metų ir vyresnių asmenų, turinčių regėjimo sutrikimu, funkcinė pusiausvyra buvo tiriama naudojant *Berg* pusiausvyros skalę. Tyrimų rezultatai parodė, kad pusiausvyros rodikliai blogėja mažėjant regėjimo aštrumui (Lee, Scudds, 2003).

H. C. Diener ir kt. (1982) analizavo pusiausvyros palaikymą posturografijos bei elektromiografijos metodu ir pastebėjo, kad žmogui užsimerkus pusiausvyra stabilizuojama kojų raumenimis, tačiau veiksmingiausia pusiausvyros stabilizacija yra dalyvaujant regai — tada geriausiai suderinami tarpsegmentiniai galvos, liemens ir kojų judesiai.

Y. Katayama ir kt. (2004) ištyrė, kad regimosios informacijos neturėjimas stovint suglaustomis kojomis lemia 1,5 karto didesnę svyravimų amplitudę, o stovint ant vienos kojos — net 3 kartus didesnius svyravimus.

Tam tikrą informaciją apie pusiausvyros kontrolės mechanizmus suteikia SC svyravimų dažnio analizė. Nors nemaža tyrimų atlikta analizuojant SC svyravimų dažnį (Williams et al., 1997; Giacomini et al., 1999;), dauguma jų paremti paprasta *Furje* signalų analize. Ankstesni mūsų (Muckus et al., 2009) ir kitų autorių tyrimai (Williams et

al., 1997; Giacomini et al., 1998) rodo, kad SC svyravimų dažnio analizė yra svarbi atskleidžiant regos, vestibulinio aparato ir propriocepcijos indėlių pusiausvyros kontrolei.

Nors nėra aiškiai įrodyta, kokio dažnio SC svyravimus lemia regimoji, vestibulinė ir somatosensorinė informacija, manoma, kad vestibulinis aparatas lemia lėtus (< 0,7 Hz), rega — vidutinio dažnio (0,7—1,0 Hz), somatosensorinė sistema — aukštesnio dažnio (> 1,0 Hz) svyravimus (Giacomini et al., 1998).

Normalų senėjimo procesą paprastai lydi įvairūs nervų ir raumenų sistemos pokyčiai. Su amžiumi silpnėja raumenys, sumažėja odos jautrumas, nusilpsta propriocepcija, sumažėja nervinio impulso sklidimo greitis (Collins et al., 1995). Tai tikriausiai ir yra vyresniojo amžiaus žmonių pusiausvyros kontrolės sutrikimų priežastys.

## IŠVADOS

30–45 m. amžiaus žmonių pusiausvyra kontroliuojama prasčiau, lyginant su jaunais žmonėmis (20–24 m.).

Ir jaunų, ir vyresnių žmonių SC svyravimų amplitudė skersinėje ašyje, vidutinis svyravimo greitis reikšmingai padidėja jiems užmerkus akis, tačiau mažai keičiasi svyravimų amplitudė strėlinėje ašyje. Tai rodo, kad rega svarbesnė SC svyravimams skersinėje, bet ne strėlinėje ašyje.

## LITERATŪRA

- Collins, J. J., De Luca, C. J., Burrows, A., Lipsitz, L. A. (1995). Age-related changes in open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Experimental Brain Research*, 104 (3), 480–92.
- Demura, Sh., Kitabayashi, T., Kimura, A., Matsuzawa, J. (2005). Body sway characteristics during static upright posture in healthy and disordered elderly. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 24 (5), 551–555.
- Diener, H. C., Dichgans, J., Bruzek, W., Selinka, H. (1982). Stabilization of human posture during induced oscillations of the body. *Experimental Brain Research*, 45 (1), 126–132.
- Duarte, M., Zatsiorsky, V. M. (2002). Effects of body lean and visual information on the equilibrium maintenance during stance. *Experimental Brain Research*, 146, 60–69.
- Giacomini, P., Sorace, F., Margini, A. (1998). Alterations in postural control: The use of spectral analysis in stability measurement. *Acta Otorhinolaryngol*, 18 (2), 83–87.
- Horak, F. B., Diener, H. C. (1994). Cerebellar control in postural scaling and central set in stance. *Journal of Neurophysiology*, 2, 479–490.
- Jančova, J. (2008). Measuring the balance control system — review. *Acta medica (Hradec Kralové)*, 51 (3), 129–137. Prieiga internetu: [http://www.lfhk.cuni.cz/Data/files/Casopisy/2008/2008\\_129.pdf](http://www.lfhk.cuni.cz/Data/files/Casopisy/2008/2008_129.pdf)
- Katayama, Y., Senda, M., Hamada, M. et al. (2004). Relationship between postural balance and knee and toe muscle power in young woman. *Acta Medica Okayama*, 58 (4), 189–195.
- Lee, H. K., Scudds, R. J. (2003). Comparison of balance in older people with and without visual impairment. *Age and Ageing*, 32 (6), 643–649.
- MacKinnon, C. D., Winter, D. A. (1993). Control of whole body balance and posture in the frontal plane during walking. *Journal of Biomechanics*, 26, 633–644.
- Mallat, S. G. (1999). *A Wavelet Tour of Signal Processing*. Academic Press.
- Megrot, F., Bardy, B. G., Dietrich, G. (2002). Dimensionality and the dynamics of human unstable equilibrium. *Journal of Motor Behavior*, 34, 323–328.
- 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. P., Grant, Thompson, J. et al. (1998). *Digital Signal Processing Concepts & Applications*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Nakamura, H., Tsuchida, T., Mano, Y. (2001). The assessment of posture control in the elderly using the displacement of the center of pressure after forward platform translation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11 (6), 395—403.
- Nashner, L. M. (2001). Computerized dynamic posturography. *Practical Management of the Dizzy Patient*, 143—170.
- Pyykko, I., Jantti, P., Aalto, H. (1990). Postural control in elderly subjects. *Age and Ageing*, 19 (3), 215—221.
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14, 402—406.
- Spirduso, W. W. (1995). *Physical Dimensions of Aging*. Human Kinetics Publisher.
- Sporto terminų žodynas*. (1996). Sud. S. Stonkus. T 1. P. 675.
- Termoza, N., Halilidayb, S. E., Winterc, D. A. et al. (2008). The control of upright stance in young, elderly and persons with Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 27 (3), 463—470.
- Williams, H. G., McClenaghan, B. A., Dickerson, J. (1997). Spectral characteristics of postural control in elderly individuals. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78, 737—744.
- Winter, D. A., Prince, F., Frank, J. S., Powel, C., Zabjek, K. F. (1996). Unified theory regarding the a/p and m/l balance in quiet stance. *Journal of Neurophysiology*, 75, 2334—2343.
- Wolley, S., McCarter, J., Randolph, B. (1996). An assesment of foam support surfaces used in static stabilometry. *Gait and Posture*, 4, 110.

## POSTURAL CONTROL PECULIARITIES OF YOUNG AND OLDER PEOPLE

Laimutis Škikas, Kazimieras Muckus

*Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania*

### ABSTRACT

With the increase in aging population and with increased life expectancy of the elderly, the importance of maintaining mobility, and consequently functional independence, is becoming more and more important. One of factors which determines functional independence is postural stability in the sense of maintaining the upright posture. The aim of this study was to determine the age, when the disorders of postural control expose. Is the postural control of mature, *able-bodied population* (30—45 years) as good as that of the young (20—25 years) people? The study included 17 young persons (9 girls and 8 boys, age 20 to 24 years) and 10 older persons (6 men and 4 women, 30—45 years old), engaged in systematic physical training. The force plate and software for analysis of the signals was used for static posturography. The sampling rate of the signal was 10 ms. The duration of the stabilogram recording was 60 s. The center of pressure (COP) dislocation amplitude in transverse and sagittal direction, the mean velocity of COP sways were estimated. Multiresolution analysis based on discrete wavelet transform using 4th order Daubechie family wavelets was used for COP signal decomposition. In older people population, COP dislocation in transverse and sagittal directions, and the mean velocity of COP sways were significantly higher ( $p < 0.01$ ) than in young people. In both groups COP dislocation in transverse axis and the mean velocity of COP sways significantly rose when eyes were closed, but COP dislocation did not vary in sagittal axis. Older persons' COP dislocation in transverse axis was significantly higher in higher frequencies ( $0.312 \div 1.25$ ). This difference was more pronounced with eyes closed. Meanwhile, older people with eyes opened in sagittal axis showed significantly higher slow ( $0.078 \div 0.156$  Hz) COP dislocation. The COP dislocation was significantly higher over the whole frequency range with eyes closed.

Conclusions: a) 30—45 years-old people's postural control is less effective compared to young people (20—24 years). b) Both in young and as in older people COP dislocation in transversal axis and the average fluctuation rate significantly rise with eyes closed, but fluctation amplitude in sagittal axis does not vary. This indicates that vision is more important for COP dislocation in transversal axis, but not in sagittal axis.

**Keywords:** stabilography, postural control, wavelet transform.

Gauta 2010 m. vasario 1 d.  
Received on February 1, 2010

Priimta 2010 m. balandžio 1 d.  
Accepted on April 1, 2010

Kazimieras Muckus  
Lietuvos kūno kultūros akademija  
(Lithuanian Academy of Physical Education)  
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas  
Lietuva (Lithuania)  
Tel +370 37302635  
E-mail k.muckus@lkka.lt