

## ŽMOGAUS PUSIAUSVYROS PARAMETRŲ TYRIMAS

Julius Griškevičius<sup>1</sup>, Edita Jarmalienė<sup>2</sup>, Inga Maskeliūnaitė<sup>3</sup>

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: <sup>1</sup>julius.griskevicius@vgtu.lt; <sup>2</sup>edita.jarmaliene@vgtu.lt; <sup>3</sup>biome@vgtu.lt

**Santrauka.** Straipsnyje nagrinėjama sveikų ir galvos smegenų insultą patyrusių savanorių kūno pusiausvyra ramiai stovint užmerktomis ir atmerktomis akimis. Tyrime dalyvavo 30 sveikų ir 15 galvos smegenų insultą patyrusių savanorių. Buvo atlikti 2 eksperimentiniai tyrimai vienu metu – pusiausvyros stebėjimas naudojant jėgos platformą ir žmogaus masės centro svyravimų stebėjimas naudojant pagreičių jutiklį. Nustatyta, kad savanorių, patyrusių galvos smegenų insultą, svyravimų amplitudė du kartus didesnė negu sveikų savanorių. Pastebėta, kad sveikų savanorių kairės ir dešinės kojų spaudimo santykis yra nuo 0,9 iki 1, o galvos smegenų insultą patyrusių savanorių – mažesnis nei 0,9. Tiriant pusiausvyrą užmerktomis akimis, svyravimų amplitudės padidėjo, o santykinis pasiskirstymas tarp dešinės ir kairės kojų buvo mažesnis.

**Reikšminiai žodžiai:** žmogaus kūno pusiausvyra, kojų spaudimo santykis, jėgos plokštė, insultas.

### Įvadas

Pusiausvyra – tai žmogaus gebėjimas išlaikyti stabilią statinę kūno padėtį arba reikiamą kūno padėtį atliekant įvairius judesius atskiromis kūno dalimis ir įvairiu greičiu judant visam kūnui (Winter 1990).

Pusiausvyrą valdo šios sistemos: vestibulinis aparatas, nustatantis kūno judėjimo kryptį ir pagreitį, veikiant žemės traukos jėgai; regos sistema, reguliuojanti kūno padėtį aplinkoje; somatosensorinė sistema, informuojanti apie atskirų kūno dalių tarpusavio padėtį (Duarte *et al.* 2000; Riccio *et al.* 2000).

Insultas yra didelė socialinė ir ekonominė problema. Žmonės, patyrę galvos smegenų insultą, susiduria su daugybe sutrikimų: izoliuotų valingų judesių generavimo, raumenų darbo koordinacijos, biomechaninių skeleto ir raumeninės sistemos struktūrų tarpusavio santykio, raumenų fiziologijos, regos ir vestibulinio aparato, psichologinių ir socialinių, taip pat patiria skausmą. Visi šie sutrikimai kiekvienas atskirai ar kartu su kitais turi įtakos pusiausvyrai (Olney *et al.* 2001; Juocevičius *et al.* 2007).

Sutrikusios pusiausvyros atstatymas ir jos lavinimas – sudėtingas ir ilgas procesas, reikalaujantis aktyvaus paciento darbo (Stokes *et al.* 2004; Jurgelevičienė *et al.* 2007).

Vienas dažniausiai taikomų instrumentinių statinės pusiausvyros tyrimo metodų – posturografija. Tai žmogaus kūno slėgio centro svyravimų kreivių registravimas ir jų analizė. Posturograma daroma tiriamam žmogui ramiai stovint ant jėgos plokštės, matuojančios slėgio cent-

ro svyravimus išilgine ir skersine kryptimis (Muckus 2006; Karpinsky *et al.* 2007; Vieira *et al.* 2008).

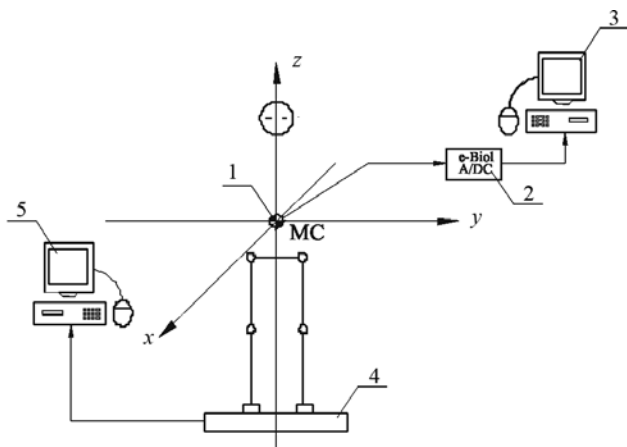
Pusiausvyros tyrimai atliekami pasitelkiant jėgos plokštę, kuri registruoja slėgio centro judėjimą. Naudojant vieną jėgos plokštę, registruojamas tik vienas slėgio centras. Norint nustatyti slėgio centro padėties pokyčius kiekvienos pėdos atramos plote, reikalingos dvi jėgos plokštės (Hæggström *et al.* 2006; Juras *et al.* 2008).

Akcelerometrija – vienas iš naujausių pusiausvyros tyrimo metodų. Akcelerometrijai naudojami akcelerometrai, tvirtinami prie tiriamojo liemens ir galūnių, ir kompiuterinė įranga matuojamų signalų analizei apdoroti. Akcelerometrais nustatomi kūno segmentų judėjimo greičiai ir pagreičiai trimis ašimis: vertikalia, horizontalia ir skersine (Yu *et al.* 2008; Winter 1990).

Šio darbo tikslas – įvertinti bei palyginti sveikų ir galvos smegenų insultą patyrusių savanorių statinės pusiausvyros parametrus naudojant jėgos platformą ir akcelerometriją.

### Tyrimo metodika

Buvo atlikti 2 eksperimentiniai tyrimai vienu metu – per pirmą tyrimą buvo stebėta pusiausvyra naudojant jėgos platformą „MTD-balance“, sujungtą su kompiuteriu, per antrą tyrimą – žmogaus masės centro svyravimai naudojant pagreičių jutiklį (ADXL 320±5 g, 4×4×1,45 mm dydžio) kartu su kompiuteriniu elektrinių signalų įvesties ir valdymo įrenginiu „e-Biol“, skirtu įvesti analoginius ir skaitmeninius elektrinius signalus į PC kompiuterius, taip pat generuoti elektrinius signalus (1 pav.).



**1 pav.** Matavimo schema: 1 – pagreičių daviklis; 2 – valdymo įrenginys „e-Biol“; 3 – kompiuteris; 4 – jėgos plokštė; 5 – kompiuteris

**Fig. 1.** Measurement setup: 1 – accelerometer; 2 – data acquisition and transfer interface „e-Biol“; 3 – computer; 4 – balance platform; 5 – computer

Sveikų savanorių grupę sudarė 30 asmenų (16 vyrų ir 14 moterų, kurių amžiaus vidurkis = 25,97±3,88, ūgis = 175,37±3,88 cm, svoris = 73,67±15,67 kg). Nė vienas iš savanorių nebuvo patyręs raumenų ir kaulų sistemos traumų ar sužalojimų.

Galvos smegenų insultą patyrusių savanorių grupę sudarė 15 asmenų (13 vyrų ir 2 moterys, kurių amžiaus vidurkis = 69±6,04, ūgio vidurkis = 176,93±7,26 cm, svorio vidurkis = 88,13±12,36 kg). Visų pacientų reabilitacija po galvos smegenų insulto buvo įpusėjusi. Visi dalyviai buvo informuoti apie tyrimo eigą.

Kiekvienam savanoriui 30 s reikėjo 3 kartus ant jėgos plokštės pastovėti atmerktomis akimis ir 3 kartus užmerktomis akimis, pertrauka tarp bandymų buvo 2 minutės. Savanoriui stovint ant jėgos plokštės, masės centro srityje buvo pritvirtintas pagreičių daviklis. Jėgos plokštė fiksavo kojų spaudimo jėgą  $N$ , o pagreičių daviklis – žmogaus masės centro svyravimų amplitudę  $X$  ir  $Y$  plokštumoje.

## Rezultatai

Pagreičių daviklio ir jėgos plokštės duomenys buvo apdorojami „Matlab 7“ kompiuterine programa.

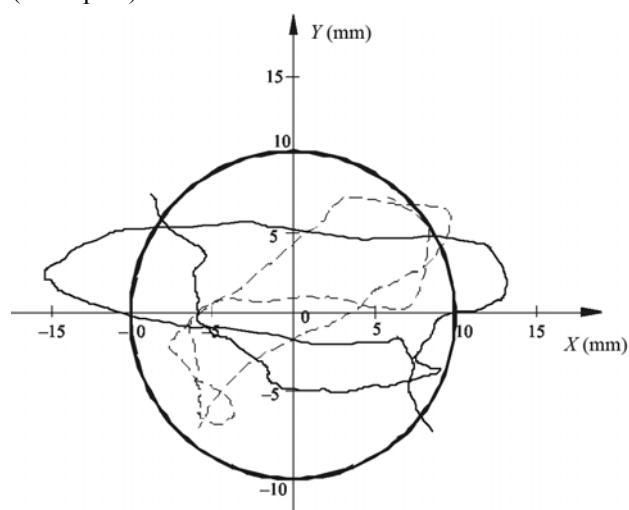
Tyrimo dalyvavusių savanorių antropometrinių duomenų įtaka kūno svyravimų amplitudei išreiškiama kūno masės indeksu, kuris skaičiuojamas taip:

$$I_{BM} = \frac{m}{h^2},$$

čia  $m$  – savanorio kūno masė;  $h$  – savanorio ūgis (Ferrera 2005).

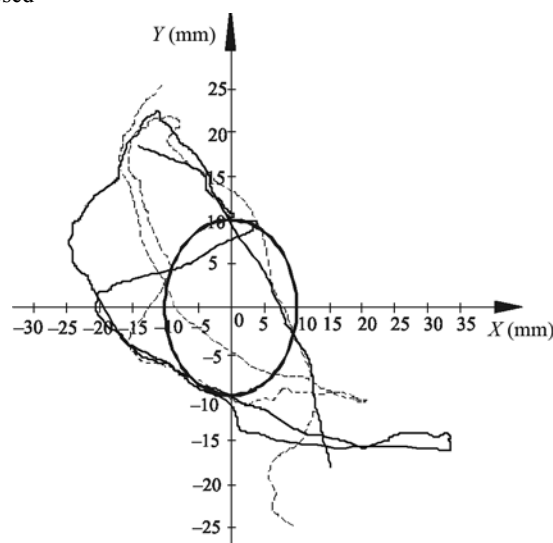
Atlikus pusiausvyros vertinimo tyrimus pastebėta, kad žmonių po smegenų insulto kūno masės centro (MC) svyravimai  $X$  ir  $Y$  ašimis yra 4 kartus didesni už sveikų savanorių kūno MC svyravimus. Sveikų savanorių kūno MC svyravimų maksimali amplitudė užsimerkus yra 1,5 karto didesnė nei atsimerkus, o patyrusių galvos smegenų insultą – 3,3 karto didesnė nei atsimerkus. Savanoriams, patyrusiems galvos smegenų insultą, atsimerkus dominavo svyravimai  $X$  ašimi (į priekį ir atgal), o užsimerkus pastebėtas svyravimų padidėjimas ir  $Y$  ašimi (į šonus).

Sveikų savanorių grupės kūno MC svyravimai lyginant su galvos smegenų insultą patyrusių savanorių duomenimis buvo stabilūs ir tilpo į 10 mm apskritimo ribas (2 ir 3 pav.).



**2 pav.** Sveikų savanorių posturograma: atsimerkus ----, užsimerkus —

**Fig. 2.** Healthy subjects posturogram: eyes opened ----, eyes closed —



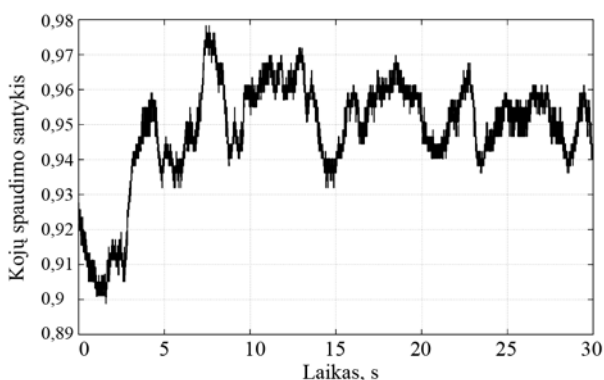
**3 pav.** Galvos smegenų insultą patyrusių savanorių posturograma: atsimerkus ----, užsimerkus —

**Fig. 3.** Subjects with stroke posturogram: eyes opened ----, eyes closed —

Analizuojant sveikų ir galvos smegenų insultą patyrusių savanorių kojų spaudimo santykius, pastebėta, kad žmonių, patyrusių galvos smegenų insultą, poslinkio amplitudės yra du kartus didesnės nei sveikų savanorių. Mokslininkai, atlikę kūno svyravimų tyrimus, nustatė, kad svyravimų amplitudės bėgant metams didėja.

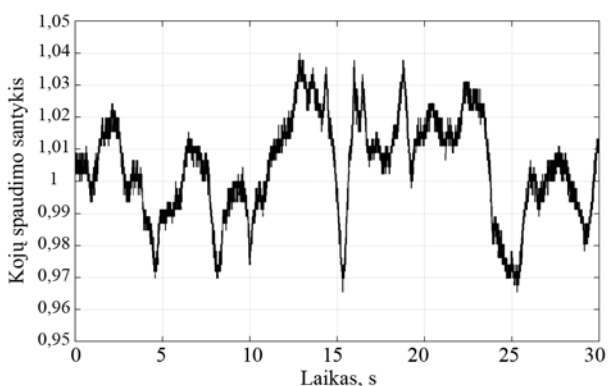
Užsimerkus poslinkio amplitudės didėja, taigi galima teigti, kad vizualinis suvokimas turi įtakos žmogaus pusiausvyrai.

4–7 paveiksluose pavaizduoti sveikų savanorių kojų spaudimo santykių vidurkiai (4, 5 pav. kojų spaudimo santykio vidurkis  $\pm SD = 0,9599 \pm 0,03$  atsimerkus, kojų spaudimo santykio vidurkis  $= 0,9581 \pm 0,03$  užsimerkus) ir galvos smegenų insultą patyrusių savanorių (6, 7 pav. kojų spaudimo santykio vidurkis  $\pm SD = 0,8393 \pm 0,128$  atsimerkus, kojų spaudimo santykio vidurkis  $= 0,8367 \pm 0,127$  užsimerkus). Dešinės ir kairės kojų spaudimo santykių reikšmės, artėjančios prie 1, rodo, kad žmogus stovi stabiliai, o žemos santykių reikšmės rodo judėjimo funkcijos sutrikimus.



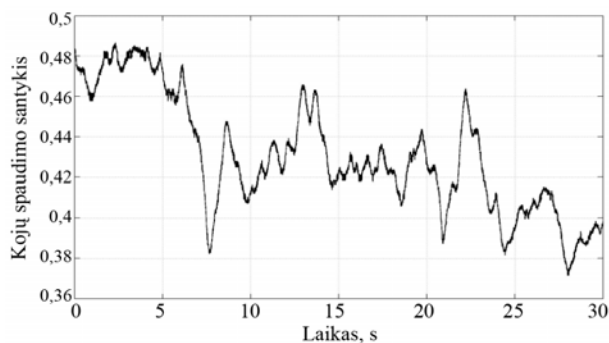
4 pav. Sveikų savanorių kairės ir dešinės kojų spaudimo vidurkis atsimerkus

Fig. 4. Left and right foot pressure average of healthy subjects with eyes opened



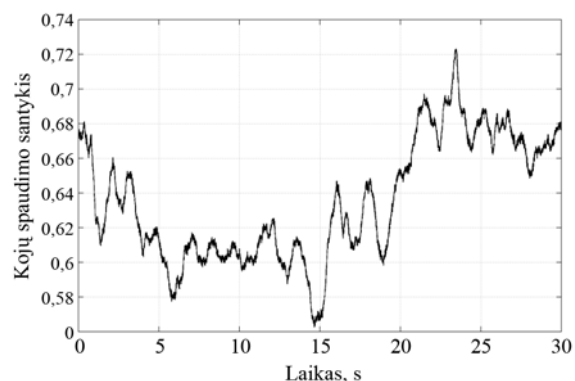
5 pav. Sveikų savanorių kairės ir dešinės kojų spaudimo vidurkis užsimerkus

Fig. 5. Left and right foot pressure average of healthy subjects with eyes closed



6 pav. Galvos smegenų insultą patyrusių savanorių kairės ir dešinės kojų spaudimo vidurkis atsimerkus

Fig. 6. Left and right foot pressure average of subjects with stroke with eyes opened



7 pav. Galvos smegenų insultą patyrusių savanorių kairės ir dešinės kojų spaudimo vidurkis užsimerkus

Fig. 7. Left and right foot pressure average of subjects with stroke with eyes closed

## Išvados

1. Pagreičių matuokliu tiesiogiai matuojant masės centro svyravimus galima įvertinti žmogaus pusiausvyrą horizontaliojoje plokštumoje. Atlikus tyrimus pastebėta, kad savanorių, patyrusių galvos smegenų insultą, svyravimų amplitudė du kartus didesnė negu sveikų savanorių.
2. Didesnės svyravimų amplitudės patvirtina ir platformos duomenų analizė. Sveikų savanorių kairės ir dešinės kojų spaudimo santykis yra tarp 0,9 ir 1, o galvos smegenų insultą patyrusių savanorių – mažesnis nei 0,9.
3. Vizualinis aplinkos suvokimas turi įtakos žmogaus pusiausvyros stabilumui. Tiriant pusiausvyrą užmerkтомis akimis, svyravimų amplitudės padidėjo, o santykinis svorio pasiskirstymas tarp dešinės ir kairės kojų buvo mažesnis.
4. Pusiausvyros sutrikimams įtakos turi ne tik laikysenos ar sveikatos sutrikimai, bet ir kiekvieno žmogaus antropometriniai duomenys. Didelis kūno masės indeksas lemia dažnesnius žmogaus kūno svyravimus.

## Padėka

Dėkojame doc. dr. Andželai Šešok už pagalbą rengiant straipsnį.

## Literatūra

- Duarte, M.; Harvey, W.; Zatsiorsky, V. M. 2000. Stabilographic analysis of unconstrained standing, *Ergonomics* 43 (11): 1824–1839. doi:10.1080/00140130050174491
- Ferrera, L. A. 2005. *Body Mass Index And Health*. New York: Nova Science Publishers, Inc. 241 p.
- Hæggström, E.; Forsman, P.; Wallin, A.; Toppila, E.; Pyykkö, I. 2006. Evaluating sleepiness using force platform posturography, *IEEE Transactions on biomedical engineering* 53 (8): 1578–1585. doi:10.1109/TBME.2006.878069
- Yu, E.; Abe, M.; Masani, K.; Kawashima, N.; Eto, F.; Haga, N.; Nakazawa, K. 2008. Evaluation of Postural Control in Quiet Standing Using Center of Mass Acceleration: Comparison Among the Young, the Elderly, and People With Stroke, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 89: 1133–1139. doi:10.1016/j.apmr.2007.10.047
- Juocevičius, A.; Zigmantavičiūtė, I.; Janonienė, D. 2007. A comparison of comprehensive rehabilitation and comprehensive rehabilitation with feed-back balance training for acute stroke patients, *Journal of Vibroengineering* 9 (3): 55–57.
- Juras, G.; Słomka, K.; Fredyk, A.; Sobota, G.; Bacik, B. 2008. Evaluation of the limits of stability (LOS) balance test, *Journal of Human Kinetics* 19: 39–52. doi:10.2478/v10078-008-0003-0
- Jurgelevičienė, D.; Janonienė, D.; Juocevičius A. 2007. Physical capacity and balance ability after lower limb amputation, *Journal of Vibroengineering* 9 (3): 62–64.
- Karpinsky, M.; Kizilova, N. 2007. Computerized posturography for data analysis and mathematical modeling of postural sway during different two-legged and one-legged human stance, *Journal of Vibroengineering* 9 (3): 118–124.
- Muckus, K. 2006. *Biomechanikos pagrindai*. Kaunas: Lietuvos kūno kultūros akademija. 304 p.

- Olney, S. T.; Griffin, M. P.; Monga, T. N.; McBride, I. 1991. Work and power in gait of stroke patients, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 72: 309–314.
- Riccio, G. E.; McDonald, V. 1998. Methods for investigating adaptive postural control, in *Proceedings of the Satellite meeting to the Society for Neuroscience: Identifying control mechanisms for postural behaviors*, 6–7, November, Los Angeles, CA.
- Stokes, M.; Mosby, T. 2004. *Neurologicalphysiotherapy*. London: Mosby. 211 p.
- Vieira, T. M. M.; Oliveira, de L. F.; Nadal, J. 2009. An overview of age-related changes in postural control during quiet standing tasks using classical and modern stabilometric descriptors, *Journal of Electromyography and Kinesiology* 19 (6): 513–519. doi:10.1016/j.jelekin.2008.10.007
- Winter, D. A. 1990. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons. 277 p.

## RESEARCH OF HUMAN POSTURAL BALANCE PARAMETERS

**J. Griškevičius, E. Jarmalienė, I. Maskeliūnaitė**

### Abstract

In present article postural balance between subjects with stroke and healthy subjects, is being investigated with eyes opened and eyes closed. In the research participated 30 healthy subjects and 15 subjects with stroke. At the same time two experimental measurements were performed – postural balance was measured using balance platform and oscillations of the centre of mass were observed using two-axial accelerometer. It was noted, that amplitudes of subjects with stroke were larger almost two times than control group's of healthy subjects. It was find out, that ratios of pressure distribution on both left and right legs are in range from 1 to 0.9 for healthy subjects, and ratios below 0.9 are common for subjects with stroke. When subjects were standing with eyes closed, sway amplitudes were higher and the ratios of load distribution on left and right legs were lower.

**Keywords:** human postural balance, foot pressure ratio, balance platform, stroke.