

ŠIRDIES IR KRAUJAGYSLIŲ SISTEMOS RODIKLIŲ KAITOS YPATYBĖS ATLIEKANT KARTOTINIUS DOZUOTUS FIZINIUS KRŪVIUS

Kristina Poderienė, Birutė Miseckaitė, Nijolė Lagūnavičienė, Jonas Poderys

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Kristina Poderienė. Biomedicinos mokslų daktarė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Kineziologijos laboratorijos mokslo darbuotoja. Mokslinių tyrimų kryptis — sportuojančiųjų funkcinės būklės kompleksinis vertinimas, žmogaus sveikatos ir darbiningumo didinimo problema.

SANTRAUKA

Nė vienas kraujotakos reguliavimo mechanizmas neveikia atskirai, o tik sinergiškai sąveikaudamas su visuma ar kaip kitų reguliavimo mechanizmų dalis, veikdama pastarųjų jautrumą. Todėl svarbu pažinti šių sąveikų poreiškį fizinio krūvio metu. Tyrimo tikslas — nustatyti centrinių ir periferinių širdies ir kraujagyslių sistemos (ŠKS) reakcijų kaitos ypatybes atliekant kartotinius dozuoto fizinio krūvio mėginius.

Buvo tiriamos keturios grupės: pirmą — nesportuojančių merginų; antra — nesportuojančių vaikinių; trečia — greitumą lavinančių sportininkų; ketvirtą — išvermę lavinančių sportininkų. Visi tiriamieji atliko tris Ruffjė fizinio krūvio mėginius, darydami dviejų minučių atsigavimo pertrauką tarp jų. Tyrimo metu buvo registruojama 12 standartinių derivacijų elektrokardiograma (EKG, vertinant širdies susitraukimų dažnį, JT intervalo trukmės ir JT / RR intervalų santykio pokyčius). Deguonies išotinio kaita šlaunies raumenyje (StO₂) buvo registruojama neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu panaudojant Hutchinson technologinę įrangą (modelis 325).

Tyrimo rezultatai parodė, kad abiejose nesportuojančių asmenų grupėse kiekvieno kito dozuoto fizinio krūvio metu EKG rodikliai pakisdavo vis labiau, kai tuo tarpu sprinto ir išvermės grupėse tokio reikšmingo EKG rodiklių didėjimo nebuvo. StO₂ kaitos vertinimo rezultatai atskleidė, kad kartotinių krūvių efektas pasireiškė visose tirtose grupėse, tačiau didesnis krūvio sumavimosi efektais pastebėtas tarp nesportuojančiųjų. Taigi galima daryti išvadą, kad kas dvi minutes atliekant kartotinius Ruffjė fizinio krūvio mėginius daugumos ŠKS funkcinių rodiklių kaita rodo suminį fizinio krūvio efektą. Periferiniai ŠKS pokyčiai atsiranda pirmiau ir lemia centrinių ŠKS funkcinių rodiklių kaitą, kurios sinerginės ypatybės susijusios su adaptacija prie fizinių krūvių.

Raktažodžiai: dozuoto krūvio mėginys, širdies ir kraujagyslių sistema, deguonies išotinimas raumenyse. **ĮVADAS**

Atliekant fizinius pratimus, taip pat kasdienėje žmogaus veikloje yra gausybė situacijų, kai po ramybės raumenų energija turi greitai ir smarkiai padidėti. Suprasti, kaip organizmas geba taip greitai greitinti aerobinius metabolizmo procesus, buvo svarbu jau vien dėl to, kad tie patys procesai pagerina ar pablogina darbiningumą (Jones, Poole, 2007). Išskirtinė vieta šio proceso fiziologinių mechanizmų grandinėje tenka širdies ir kraujagyslių sistemai (ŠKS), kartu centrinių ir pe-

riferinių reguliavimo mechanizmų sąsajoms (Saltin et al., 1998; Delp, 1999; Jones, Pole, 2007). Norint garantuoti deguonies tiekimą, didėjant organizmo metaboliniams poreikiams, daugelis ŠKS reakcijų prasideda beveik tuo pačiu metu (Hughson, 2007). Dar 1913 m. A. Krogh ir J. Lindhard (Krogh, Lindhard, 1913) pirmieji pradėjo aiškinti tokios greitos ŠKS reakcijos mechanizmą, vėliau pavadintą „centrinių komandų“ terminu (Rowell, 1997). Iš didžiųjų smegenų žievės motorinių centrų motoriniai

signalai (kartu su impulsais raumenims) siunčiami ir autonominei nervų sistemai, kuri sumažina širdies parasimpatinį slopinimą ir ŠSD didėja pradėjus pratimą jau nuo kito širdies tvinksnio. Visgi šio mechanizmo veikimas yra ribotas (ŠSD gali padidėti apytiksliai iki 100 tv. / min), o tolesnį ŠSD didėjimą lemia simpatinės aktyvacijos didėjimas (Hughson, 2007). Labiausiai kraujotakos aktyvėjimą fizinių krūvių metu lemia aktyviųjų raumenų metabolizmas (Schmidt, Thews, 1996; Hughson, 2007).

Kadangi nėra vienas kraujotakos reguliavimo mechanizmas neveikia atskirai, o tik sinergiškai sąveikaudamas su visuma ar kaip kitų reguliavimo mechanizmų dalis, veikdama pastarųjų jautrumą, svarbu pažinti šių sąveikų poreiškius fizinių krūvių metu. Tyrimo tikslas — nustatyti centrinių ir periferinių ŠKS reakcijų kaitos ypatybes, atliekant kartotinius dozuoto fizinio krūvio mėginus.

TYRIMO METODIKA

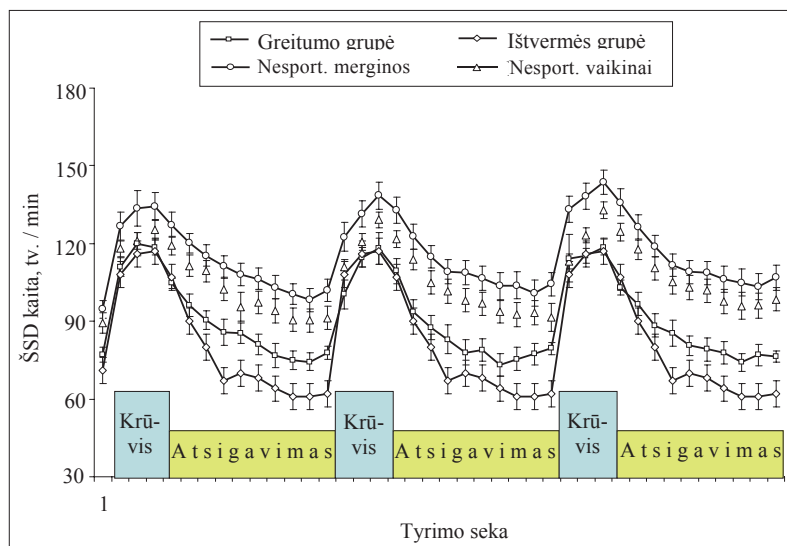
Buvo tiriami jauni suaugę ir sveiki asmenys, kurių amžius — 19—24 m. Sudarytos keturios tiriamųjų grupės: 1 — nesportuojančių merginų (amžius — $21,0 \pm 0,73$ m., $n = 15$); 2 — nesportuojančių vaikinių (amžius — $21,4 \pm 0,81$ m., $n = 15$); 3 — greitumą lavinančių sportininkų (amžius — $21,4 \pm 0,68$ m., $n = 15$) ir 4 — ištvermę lavinančių sportininkų (amžius — $22,4 \pm 0,74$ m., $n = 12$). Visi tiriamieji atliko tris Rufjė fizinio krūvio mėginus (30 pritūpimų per 45 s, per kelio sąnarį pritūpiančiam iki 90°) darydami 2 minučių pertrauką tarp jų. Viso tyrimo metu kompiuterine EKG registravimo ir analizės sistema „Kaunas—krūvis“ buvo registruojama 12 standartinių derivacijų elektrokardiograma (EKG). EKG analizės sistema apskaičiuodavo ŠKS funkcinių rodiklių visų 12

EKG atvadų per 10 s registravimo intervalo reikšmių vidurkius. Buvo analizuojami šie rodikliai: širdies susitraukimų dažnis (ŠSD), JT intervalo trukmė ir JT / RR intervalų santykis.

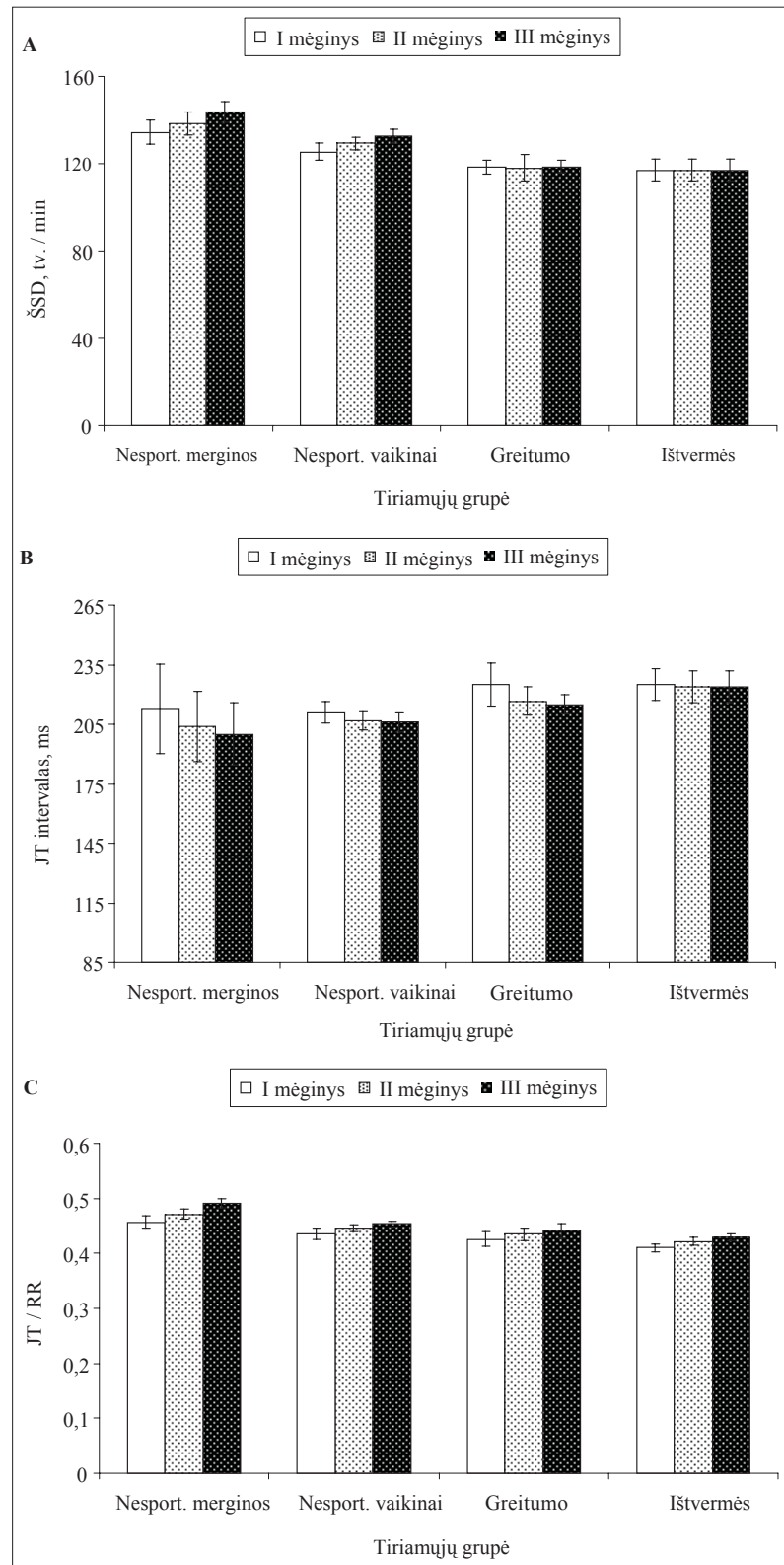
Atliekant fizinius krūvius, t. y. krūvio metu ir po jo, deguonies išotinio kaita raumenyje buvo vertinama neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu, naudojant fotojutiklį (*Hutchinson Technology*, Hutchinson, Minnesota USA). Jutiklis buvo tvirtinamas ant šlaunies keturgalvio raumens lateralinės galvos (m. *vastus lateralis*). Deguonies išotinio (StO_2) laipsnis registruotas nenutrūkstamai (suvidurkinti matavimo duomenys prietaiso ekrane pateikiami kas 2,5 s) viso tyrimo metu.

REZULTATAI

ŠSD kaita atliekant tris Rufjė fizinio krūvio mėginus pateikta pirmame paveiksle. Iš jo matyti, kad nesportuojančių merginų ŠSD reikšmės skiriasi nuo kitų tirtų grupių tiek tiriamajam esant santykinės ramybės (prieš krūvį) būsenoje, tiek atliekant visus tris fizinio krūvio mėginus. Prieš atliekant fizinius krūvius, nesportuojančių merginų grupėje vidutiniškas ŠSD buvo $94,6 \pm 3,35$ tv. / min; nesportuojančių vaikinių — $89,4 \pm 4,06$ tv. / min; sprinto grupėje — $77,2 \pm 2,93$ tv. / min, ištvermės grupėje — $71,2 \pm 3,01$ tv. / min. Pirmo fizinio krūvio pabaigoje ŠSD padidėjo iki $134,3 \pm 5,04$ tv. / min nesportuojančių merginų; iki $125,4 \pm 3,31$ tv. / min nesportuojančių vaikinių, $118,6 \pm 3,91$ tv. / min — sprinto ir iki $117,2 \pm 3,00$ tv. / min ištvermės grupėse. Atliekant antrą ir trečią fizinį krūvį išliko tokia pati tendencija vertinant absoliučias ŠSD reikšmes tarp grupių, tačiau tirtų grupių rodikliai skyrėsi tarpusavyje nuovargio sumavimosi požiūriu. Antro paveikslo A dalyje pa-

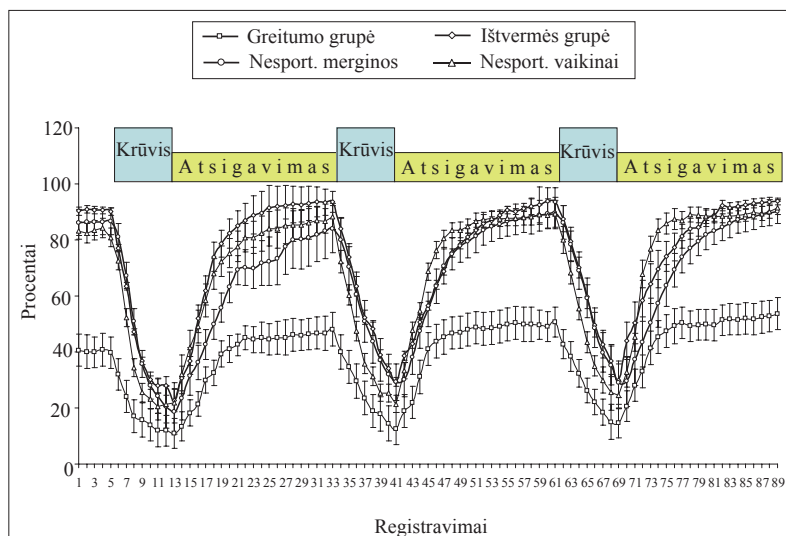
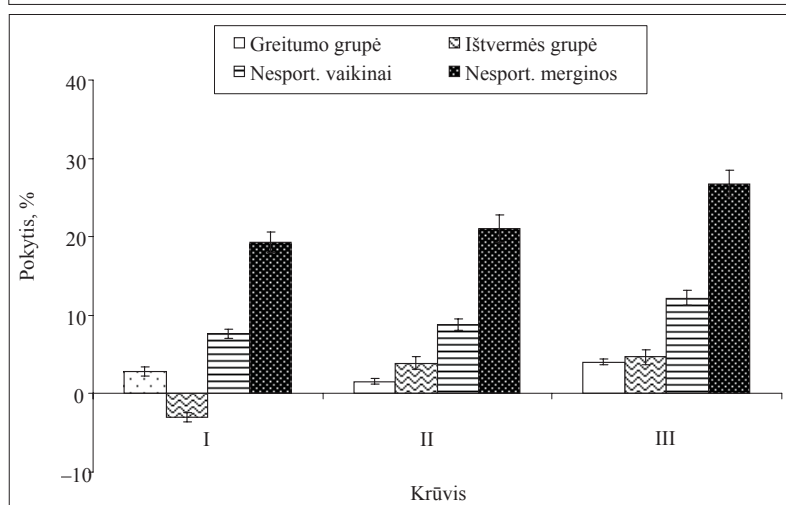


1 pav. ŠSD kaita atliekant tris Rufjė mėginus

2 pav. EKG rodikliai, registruoti krūvio pa-
baigoje atliekant tris Ruffjė mėginius

rodyta, kaip kito didžiausios ŠSD reikšmės darant 30 pritūpimų ir pailsint dvi minutes. Pateikti duomenys rodo, kad abiejose nesportuojančių asmenų grupėse (ir merginų, ir vaikinų) kiekvieno kito dozuoto fizinio krūvio metu ŠSD padidėdavo vis labiau, kai tuo tarpu sprinto ir ištvėrmės grupėse jis padidėdavo panašiai, t. y. krūvio sumavimosi efekto, vertinamo pagal didžiausias ŠSD reikšmes,

nebuvo. Lygiai tokius pat dėsningumus atskleidė ir vertinamas EKG JT intervalas (2 pav. B). JT intervalas vis labiau sutrumpėdavo po kiekvieno kito fizinio krūvio abiejose nesportuojančiųjų grupėse ir nebuvo reikšmingų skirtumų tarp sprinto ir ištvėrmės tiriamųjų (skirtumas tarp trumpiausių JT intervalo reikšmių, atliekant tris fizinio krūvio mėginis, nebuvo statistiškai reikšmingas — $p > 0,05$).

3 pav. Deguonies įsotrinimo (StO₂) kaita atliekant tris Ruffjė mėginius4 pav. Deguonies įsotrinimo (StO₂) lygmuo šlaunies raumenyje praėjus 2 min po Ruffjė fizinio krūvio mėginio

EKG intervalų JT / RR santykio maksimalios reikšmės užregistruotos atliekant tris Ruffjė mėginus (2 pav. C). Pateikti duomenys liudija, kad abiejose nesportuojančių asmenų grupėse (ir merginų, ir vaikinų) kiekvieno kito dozuto fizinio krūvio metu JT / RR padidėdavo vis labiau, kai tuo tarpu sprinto ir ištvermės tiriamųjų grupės krūvio sumavimosi efekto, vertinamo pagal didžiausias JT / RR reikšmes, nebuvo abiejose nesportuojančiųjų grupėse, taip pat nebuvo reikšmingo rodiklių skirtumo sprinto ir ištvermės grupėse (skirtumas tarp didžiausių JT / RR reikšmių, atliekant tris fizinio krūvio mėginus, nebuvo statistiškai reikšmingas — $p > 0,05$).

Periferinių sistemų reakcijos į atliekamus dozuto krūvio mėginus rodiklis yra StO₂. Šie duomenys pateikti trečiame paveiksle. Nesportuojančių merginų grupėje buvo mažesnės pradinės StO₂ reikšmės ir mažesnės StO₂ reikšmės viso tyrimo metu. Tai galima įvardyti kaip tam tikrą matavimo metodikos artefaktą (tai atsitinka dėl didesnio podinio riebalinio sluoksnio). Dėl šios priežasties, toliau vertinant šio rodiklio kaitą, pradiniai visų grupių duomenys buvo prilyginti 100 procentų

ir toliau vertinama rodiklio kaita. Ketvirtame paveiksle pateiktas StO₂ lygmuo šlaunies raumenyje, praėjus dviem minutėm po Ruffjė fizinio krūvio mėginio. Gauti rezultatai liudija, kad kartotinių krūvių efektas pasireiškė visose keturiose tirtose grupėse. Labiausiai šis krūvių sumavimosi efektas pasireiškė nesportuojančių merginų grupėje: po pirmo krūvio — $17,2 \pm 2,7\%$, po antro — $21,6 \pm 3,1\%$, po trečio — $27,4 \pm 3,2\%$. Mažiausias nuovargio sumavimosi efektas buvo ištvermės grupėje: po pirmo krūvio padidėjimo nebuvo — $3,0 \pm 0,7\%$; po antro — $3,9 \pm 1,4\%$; po trečio — $4,7 \pm 1,6\%$

REZULTATŲ APTARIMAS

Palyginti seniai pastebėta ir moksliniais tyrimais nustatyta, kad ŠKS adaptaciniai pokyčiai sportuojant priklauso nuo fizinių krūvių pobūdžio ir pratybų stažo (Карпман и др., 1978; Shapiro, 1997). Skirtingą ŠSD ir jo kaitą, atliekant tris dozuto fizinio krūvio mėginus, reikia vertinti kaip treniruotumo ir skirtingo pratybų pobūdžio rezultatą. Didžiausią širdį tarp sportininkų turi atletai,

lavinantys aerobinę ištvermę (Карпман и др., 1978; Fagard, 1997; Urhausen et al., 1997). Kuo didesnė širdis (kairiojo skilvelio galinis diastolinis skersmuo), tuo mažesnis maksimalus ŠSD (Карпман et al., 1978; Martinelli et al., 2005). Greitumą ir jėgą lavinančios pratybos iš esmės nėra labai stiprus dirgiklis miokardui hipertrofuoti net ir tais atvejais, kai jos trunka keletą valandų per dieną (Haykowsky et al., 1998). Taigi būtent šie adaptacijos prie fizinių krūvių ypatumai ir gali paaiškinti pastebėtus ŠSD ir kitų EKG rodiklių kaitos skirtumus tarp grupių.

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad kas dvi minutes atliekant kartotinius Rujė fizinio krūvio mėginis daugumos ŠKS funkcinių rodiklių kaita rodo suminį fizinio krūvio efektą. Vis didesni registruojamų centrinių (EKG rodiklių) ir periferinių sistemų (StO₂) pokyčiai dėl dozuoto fizinio krūvio buvo pastebėti abiejose nesportuojančiųjų grupėse ir didelė dalis rodiklių — greitumo grupėje. Išskirtina tai, kad ištvermės grupėje nebuvo nė vieno EKG rodiklio reikšmingo skirtumo, atliekant visus tris fizinio krūvio mėginis. Šioje grupėje tik EKG JT / RR santykis nereikšmingai didėjo. Vadinasi, šios tiriamųjų grupės 30 pritūpimų sukėti ŠKS pokyčiai buvo maži ir dviejų atsigavimo minučių pakanka, kad kartojimo metu nebūtų reikšmingo suminio nuovargio efekto.

Ištvermės grupėje nebuvo reikšmingo nė vieno EKG rodiklio pokyčio, ir pastebėta tik nereikšminga JT / RR intervalų santykio kaitos didėjimo tendencija. Tai patvirtina kitų tyrėjų duomenys, įrodantys, kad pastarasis rodiklis yra vienas iš jautriausių ir reikšmingų ŠKS funkcinių rodiklių (Бочков, 1986; Vainoras, 2002; Poderys ir kt., 2005). Būtent miokardo sistolės ir atsipalaidavimo santykis yra esminis ŠKS funkcinis rodiklis (Бочков, 1988). Ideali šio rodiklio reikšmė ramybės būsenoje yra 0,368, o esant maksimaliai miokardo, kartu ir ŠKS mobilizacijai — 0,632. Fiziologinė šio rodiklio prasmė yra širdies apkrovos rodiklis. Jeigu minėtą santykį padaugintume iš 60, tai sužinotume, kiek sekundžių per minutę miokardas susitraukinėja ir kiek ilsisi.

Organizmo kompleksiskumas suprantamas kaip jo funkcinių elementų kooperacija, kaip jų veiklos sinerginė sąveika įvairiomis situacijomis (Baranger, 2000; Vainoras, 2002; Skurvydas, 2008). Raumenų kraujotakos tikslas — aprūpinti raumenis krauju, ir tai vyksta centriniams ir periferiniams kraujotaką reguliuojantiems mechanizmomis sąveikaujant. Neaišku, kurie, centriniai ar periferiniai, mechanizmai yra pirmesni ir kurie lemia kitus ŠKS pokyčius. ŠKS reakcijų eiliškumo pažinimas yra svarbus todėl, kad šiuose procesuose glūdi ir pagerėjusio ar pablogėjusio darbingumo priežastys (Jones, Poole, 2007), taip pat ir metodologinis požiūris, kam turi būti skiriamas dėmesys lavinant funkcionalumą (Shapiro, 1997; Vainoras, 2002; Платонов, 2004). Taigi antra reikšminga šiuo tyrimu patvirtinta mintis ta, kad periferiniai pokyčiai (mūsų tyrime StO₂ rodiklio kaita) įvyksta pirmiau ir lemia kitų centrinių ŠKS funkcinių rodiklių (EKG rodikliai) kaitą. Tyrimo rezultatai taip pat atskleidė, kad kas dvi minutes atliekant Rujė fizinio krūvio mėginį, netreniruotų asmenų ŠKS centriniai pokyčiai buvo reikšmingai didesni nei sportininkų, o ištvermę lavinančių sportininkų grupėse reikšmingų pokyčių nenustatyta. Tuo tarpu periferiniai krūvio sumavimosi efektai pastebėti visose keturiose tiriamųjų grupėse. Faktas, kad didžiausi periferiniai pokyčiai buvo nesportuojančių asmenų grupėse, mažesni — greitumo ir mažiausi — ištvermės, liudija tai, kad centrinių ŠKS funkcinių rodiklių ir sinerginės kaitos ypatybės reikšmingai susijusios su adaptacija prie fizinių krūvių.

IŠVADOS

1. Kas dvi minutes atliekant kartotinius Rujė fizinio krūvio mėginis, daugumos tiriamųjų ŠKS funkcinių rodiklių kaita rodo suminį fizinio krūvio efektą.
2. Periferiniai ŠKS pokyčiai atsiranda pirmiausia ir lemia centrinių ŠKS funkcinių rodiklių kaitą, kurios sinerginės ypatybės susijusios su adaptacija prie fizinių krūvių.

LITERATŪRA

Baranger, M. (2000). *Chaos, Complexity and Entropy. New England Complex Systems Institute, Cambridge, MA 02138, USA, MIT-CTR-3112.*

Delp, M. D. (1999). Control of skeletal muscle perfusion at the onset of dynamic exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31 (7), 1011—1018.

Fagard, R. H. (1997). Impact of different sports and training on cardiac structure and function. *Clinical Cardiology*, 15 (3), 397—412.

Haykowsky, M. J., Chan, S., Bhambhani et al. (1998). Effects of combined endurance and strength training on left ventricular morphology in male and female rowers. *Canadian Journal of Cardiology*, 14 (3), 387—391.

Hughson, R. L. (2007). Regulation of VO₂ on kinetics by O₂ delivery. In *Oxygen Uptake Inetics in Sport, Exercise and Medicine* (pp. 185—211). London and New York: Routledge.

Jones, A. M., Poole, D. C. (2007). *Oxygen Uptake Inetics*

- in *Sport, Exercise and Medicine*. London and New York: Routledge.
- Krogh, A., Lindhard, J. (1913). The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. *Journal of Physiology*, 47, 112—1236.
- Martinelli, F. S., Chacon-Mikahil, M. P., Martins, L. E. et al. (2005). Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38 (4), 639—647.
- Poderys, J., Buliuolis, A., Poderytė, K., Sadzevičienė, R. (2005). Mobilization of cardiovascular function during the constant-load and all-out exercise tests. *Medicina (Kaunas)*, 41 (12), 1048—1053.
- Rowell, L. B. (1997). Neural control of muscle blood flow: Importance during dynamic exercise. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 24, 117—125.
- Saltin, B., Radegran, G., Koskolou, M. D., Roach, R. C. (1998). Skeletal muscle blood flow in humans and its regulation during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162 (3), 421—436.
- Schmidt, R. F., Thews, G. (1996). *Human Physiology*. London.
- Shapiro, L. M. (1997). The morphologic consequences of systemic training. *Clinical Cardiology*, 15 (3), 373—379.
- Skurvydas, A. (2008). *Senasis ir naujasis mokslas: paradigmos, metodologijos, teorijos, dėsniai, principai, politika*. Kaunas: LKKA.
- Urhausen, A., Monz, T., Kindermann, W. (1997). Echocardiographic criteria of physiological left ventricular hypertrophy in combined strength- and endurance-trained athletes. *International Journal of Cardiac Imaging*, 13 (1), 43—52.
- Vainoras, A. (2002). Functional model of human organism reaction to load — evaluation of sportsman training effect. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3, 88—93.
- Бочков, В. Г. (1986). *Многовариантность регулирования в биологических системах и новые физиологические константы: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата биологических наук*. Киев.
- Карпман, В. Л., Хрушев, С. В., Борисова, Ю. А. (1978). *Сердце и работоспособность спортсмена*. Москва: ФИС.
- Платонов, В. Н. (2004). *Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте: общая теория и её практические приложения*. Киев: Олимпийская литература.

PECULIARITIES OF CENTRAL AND PERIPHERAL CHANGES AT ONSET OF DOSED EXERCISE TEST

Kristina Poderienė, Birutė Miseckaitė, Nijolė Lagūnavičienė, Jonas Poderys
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

No regulatory mechanism of the cardiovascular system acts alone but only in a synergy interaction with the whole body functioning as a part of other mechanisms or influencing to their sensitivity. Theis it is important to investigate this interaction and the manifestation of this interaction while performing physical loads. The aim of this study was to compare central and peripheral changes of the cardiovascular system while performing a dosed exercise test in a repetitive manner. Four target groups took part in the study: the first — women not engaged in sports; the second — men not engaged in sports; the third — sportsme-sprinters; the fourth — sportsmen-endurance group. The participants of the study performed three Roufier exercise tests with two-minutes intervals between the workloads. The 12-leads ECG was registered continuously and the changes of heart rate (HR), JT interval and ratio JT / RR were analyzed. Near-Infrared Spectroscopy (*Hutchinson Technology device*, Model 325) was employed for continuous registration of the changes in oxygen desaturation (StO₂).

The results obtained during the study showed a increasingly changing ECG indices while performing exercise loads in both non-athletes' groups but there was no such significant increase in both athletes groups. The assessment of dynamics in StO₂ showed that the influence of repetitive workload was observed in all four groups, but greater changes were in non-athletes groups. In conclusion, many cardiovascular indices indicated about the summing effects of fatigue while repeatedly performing a Roufier Test with two-minutes rest between exercising. The peripheral changes started firstly and it impacted the central cardiovascular changes witch were related to the type of adaptation to exercise.

Keywords: dosed exercise test, cardiovascular system, oxygen desaturation.

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

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

Kristina Poderienė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Lietuva (Lithuania)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Tel +370 37 302650
E-mail k.poderyte@lkka.lt