

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

Medicina (Kaunas) 2011;47(2):102-6

Trumpam sulaikomo kvėpavimo įtaka širdies ir kraujagyslių sistemai atliekant dozuoto fizinio krūvio mėginį*

Kristina Poderienė, Eugenijus Trinkūnas, Jonas Poderys, Albinas Grūnovas

Lietuvos kūno kultūros akademijos Kineziologijos laboratorija

Raktažodžiai: širdies ir kraujagyslių sistema, funkcinė būklė, fizinio krūvio mėginys.

Santrauka. Kvėpavimas yra refleksinis, o kartu ir valingas veiksmas, todėl kvėpavimo intensyvumo pokyčiai arba kvėpavimo sulaikymai gali turėti įtakos organizmo vegetacinėms funkcijoms ir jų pokyčiams fizinių krūvių metu.

Tyrimo tikslas. Nustatyti, ar nepakinta širdies ir kraujagyslių sistemos (ŠKS) funkcinės būklės rodikliai, kai tiriamieji krūvio pradžioje nevalingai arba valingai trumpam sulaiko kvėpavimą.

Metodika. Atlikti du tyrimai. Pirmojo tyrimo metu vertinta sveikų vyrų, pakviestų pirmą kartą atlikti fizinio krūvio mėginį, psichomotorinis tonusas ir išorinio kvėpavimo savybės. Tiriamieji atliko Ruffjė fizinio krūvio mėginį (30 pritūpimų per 45 sek., pritūpiant iki 90° per kelio sąnarį). Krūvio metu ir pirmąsias dvi atsigavimo minutes buvo registruojama 12-kos standartinių elektrokardiogramos derivacijų ir matuojamas arterinis kraujo spaudimas. Viso tyrimo metu buvo registruojamos kvėpavimo bangos. Antrojo tyrimo metu buvo vertinta trumpo valingo kvėpavimo sulaikymo įtaka ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiams atliekant dozuoto fizinio krūvio mėginį.

Rezultatai. Tyrimas parodė, kad padidėjusio psichomotorinio tonuso asmenys, atlikdami dozuoto fizinio krūvio mėginį, jo pradžioje dažniau nevalingai sulaiko kvėpavimą. Trumpas kvėpavimo sulaikymas dozuoto fizinio krūvio pradžioje pakeičia širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinius rodiklius: lėčiau didėja širdies susitraukimų dažnis, mažiau kinta elektrokardiogramos JT intervalas, sumažėja greitosios adaptacijos fiziniui krūviui greitis, turi tendenciją didėti arterinio kraujo spaudimo rodikliai ir reikšmingai sulėtėja rodiklių atsigavimas po krūvio.

Išvada. Atliekant dozuoto fizinio krūvio mėginius, santykinai dažnai pasitaikantis nevalingas kvėpavimo sulaikymas pakeičia širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinius rodiklius fizinio krūvio ir atsigavimo metu dėl to funkcinė būklė gali būti įvertinta neviseškai tiksliai.

Įvadas

Statistiškai pagrįsti duomenys, jog fiziškai neaktyvūs asmenys serga dažniau arba jų amžius yra trumpesnis, dar nereiškia, kad tinkamas bet koks fizinis aktyvumas. Padėti gali tik sveikatos būklę atitinkantis fizinis aktyvumas (1–4). Todėl, prieš pradedant kineziterapijos pratimus arba taikant kitas poveikio priemones, tarp jų ir fizinio krūvio pratimus, asmeniui atliekami būtini sveikatos būklės tyrimai (5). Sudarant poveikio planą, svarbu parinkti optimalų organizmo funkcinę būklę atitinkantį dirgiklį. Taip nepažeidžiami ir nesutrikdomi prisitaikymo prie dirgiklio mechanizmai, išvengiama pertempimų, persitreniravimo arba kitų neigiamų pasekmių (6, 7). Sudarytas planas vykdomas tam tikrą laikotarpį, per kurį pakinta paciento būklė. Praėjus planuotam laikotarpiui, vėl atliekami tyrimai ir iš naujo įvertinama asmens fizinė būklė bei koreguojamas poveikio planas (4, 5).

Fizinio krūvio mėginiai plačiai taikomi vertinant

širdies ir kraujagyslių sistemos (ŠKS) funkcinių parengtumą ir funkcinę būklę, todėl tinkamas jų atlikimas yra svarbus veiksnys, turintis įtakos vertinimo rezultatams. Kvėpavimas yra refleksinis, o kartu ir valingas veiksmas, todėl kvėpavimo intensyvumo pokyčiai arba kvėpavimo sulaikymai gali turėti įtakos organizmo vegetacinėms funkcijoms ir jų pokyčiams fizinių krūvių metu (8–10). Šio tyrimo tikslas – nustatyti, ar nepakinta ŠKS funkcinės būklės rodikliai, jeigu tiriamieji krūvio pradžioje nevalingai arba valingai trumpam sulaiko kvėpavimą.

Medžiaga ir metodai

Atlikti du tyrimai. Pirmojo tyrimo metu vertinta pirmą kartą pakviestų atlikti fizinio krūvio mėginį tiriamųjų psichomotorinis tonusas ir kvėpavimo dažnio savybės. 27 studentai atliko Ruffjė fizinio krūvio mėginį (30 pritūpimų per 45 sek., pritūpiant iki 90° per kelio sąnarį), kurio metu buvo registruojama 12-kos standartinių derivacijų

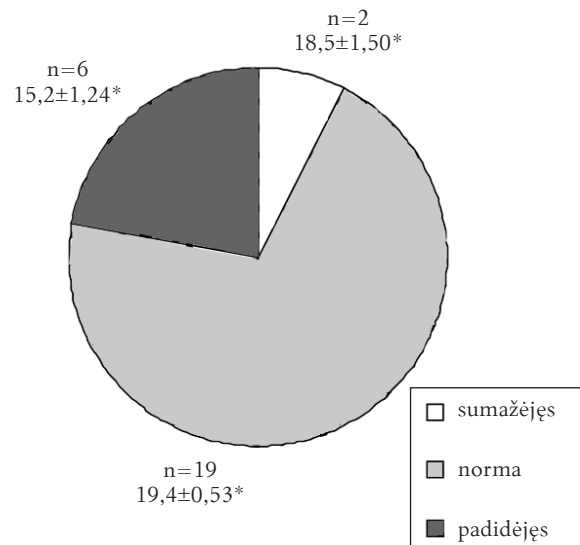
Adresas susirašinėti: K. Poderienė, Aušros 42–31, 44158 Kaunas EL. paštas: k.poderyte@lkka.lt

Correspondence to K. Poderienė, Aušros 42–31, 44158 Kaunas, Lithuania. E-mail: k.poderyte@lkka.lt

*The full-length article in English can be found at <http://medicina.kmu.lt>

elektrokardiograma (EKG) ir matuojamas arterinis kraujo spaudimas (AKS). Prieš fizinio krūvio mėginį tiriamieji atliko Miro-Lopeso miokinetinį testą. Atliekant fizinį krūvį, kandinėje įmontuotu šiluminiu jutikliu buvo registruojamos kvėpavimo bangos. Pagal Miro-Lopeso miokinetinį testą įvertintas tiriamųjų psichomotorinis tonusas suskirstant tiriamuosius į tris pogrupius: norma, padidėjusio ir sumažėjusio psichomotorinio tonuso pogrupiai. Pagal kompiuteriškai registruotą kvėpavimo kreivę buvo skaičiuojamas kvėpavimo ciklų skaičius per 45 sek., t. y. kol tiriamasis atlikdavo fizinį krūvį.

Antrojo tyrimo metu buvo vertinta trumpam valingo kvėpavimo sulaikymo įtaka ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiams atliekant dozuoto fizinio krūvio mėginį. Tyrime dalyvavo 12 sveikų aktyviai nesportuojančių studentų. Jie atliko du Rufjė fizinio krūvio mėginius, vienas jų – 15 sek. kvėpavimo sulaikymas pirmojoje krūvio pusėje. Mėginių seka buvo parenkama burtų būdu. Atliekant fizinį krūvį ir dvi pirmąsias atsigavimo minutes su kompiuterine EKG registravimo ir analizės sistema „Kaunas-krūvis“ buvo registruojama 12-kos standartinių EKG derivacijų ir matuojamas AKS. Vertinome širdies susitraukimų dažnį (ŠSD), elektrokardiogramos JT intervalo, intervalų JT/RR santykio ir AKS rodiklių pokyčius: sistolinio (S), diastolinio (D) ir santykinio pulsinio slėgio (S-D)/S). Atsigavimo greičiui po krūvio vertinti apskaičiavome rodiklių atsigavimo pusperiodžius ($_{1/2}T$), t. y. laiką, per kurį rodiklis atsigauna iki pusės įvykusio pokyčio.

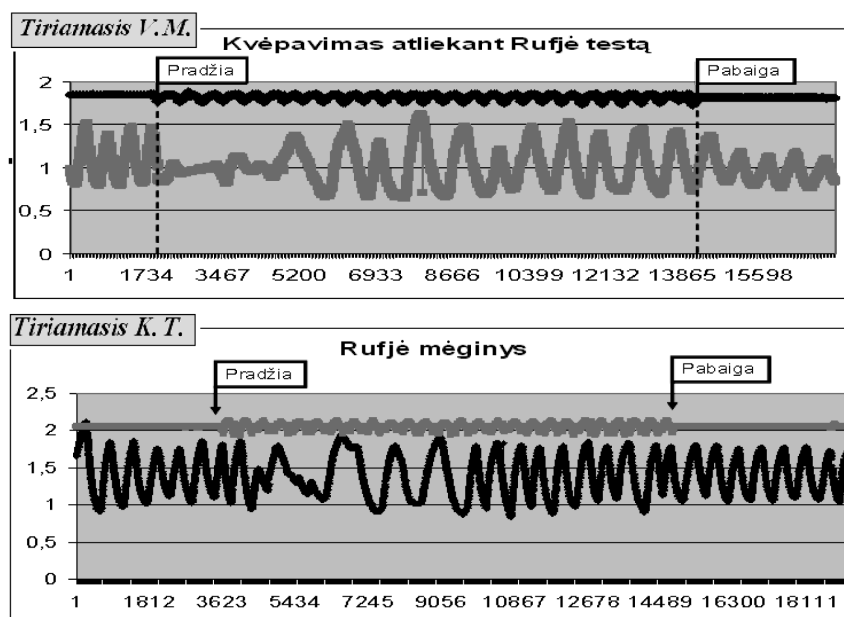


1 pav. Pirmą kartą pakviestų atlikti Rufjė fizinio krūvio mėginį, registruojant EKG, studentų psichomotorinio tonuso įvertinimas ir kvėpavimo dažnio rodikliai

*Kvėpavimų ciklų skaičius atliekant mėginį.

Rezultatai

Pirmojo tyrimo rezultatai. Pirmame paveiksle pateikiami pirmą kartą pakviestų atlikti Rufjė fizinio krūvio mėginį, kurio metu registruojama EKG, studentų psichomotorinio tonuso įvertinimas ir kvėpavimo dažnio rodikliai. Paveiksle pateikiami duomenys rodo, kad tirtoje grupėje padidėjusio psichomotorinio tonuso tiriamųjų buvo daugiau nei sumažėjusio tonuso, antra, pastarojo pogrupio tiriamiesiems būdingas kvėpavimo sulaikymas fizinio krūvio mėginio pradžioje (2 pav.). Kvėpavimo ciklų skaičius padidėjusio psichomotorinio tonuso pogrupio



2 pav. Kompiuteriškai registruotos dviejų tiriamųjų, kuriems būdinga padidėjęs psichomotorinis tonusas kvėpavimo bangos atliekant Rufjė fizinio krūvio mėginį

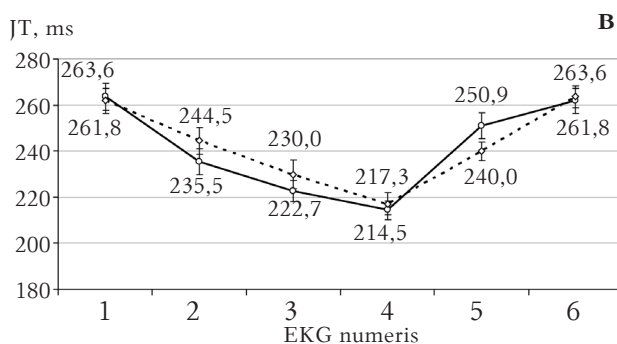
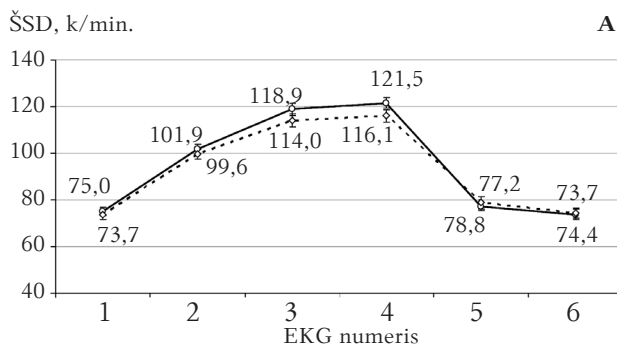
*Užrašai „Pradžia“ ir „Pabaiga“ žymi laiko intervalą, kai buvo atliekami pritūpimai.

pyje buvo mažiausias, vidutiniškai – $15,2 \pm 1,24$ ciklo, o kitų dviejų pogrupių reikšmės buvo didesnės ir tarpusavyje reikšmingai nesiskyrė (1 pav.).

Antrojo tyrimo rezultatai. Trečiajame paveiksle pateikiami ŠSD ir elektrokardiogramos JT intervalo pokyčiai. Šio tyrimo rezultatai rodo, kad tais atvejais, kai testo metu tiriamasis trumpam sulaiko kvėpavimą, tai, nepaisant to, kad krūvio pradžioje ŠSD pokyčiai yra tokie pat kaip ir laisvai kvėpuojant viso testo metu, jau po 15 sek. ŠSD didėjimas sumažėja, o krūvio pabaigoje registruojamos reikšmingai mažesnės ŠSD reikšmės. Taigi, ŠSD krūvio pabaigoje padidėjo vidutiniškai iki $121,5 \pm 2,3$ k./min., kai tiriamieji sulaikydavo kvėpavimą krūvio pradžioje – iki $116,1 \pm 2,6$ k./min. (skirtumas statistiškai patikimas, $p < 0,05$).

Tyrimo rezultatai rodo, kad buvo reikšmingų skirtumų ($p < 0,05$) tarp elektrokardiogramos JT intervalo pokyčių fizinio krūvio metu. JT intervalas kito lėčiau, kai trumpam buvo sulaikomas kvėpavimas, tačiau krūvio pabaigoje jau nebuvo reikšmingo skirtumo tarp registruotų JT intervalo reikšmių (3 pav.). Elektrokardiogramos JT intervalo atsigavimas buvo lėtesnis po fizinio krūvio mėginio, kai kvėpavimas trumpam buvo sulaikomas.

AKS rodiklių pokyčiai pateikiami lentelėje. Jie rodo, kad trumpas kvėpavimo sulaikymas nedideliu laipsniu padidino sistolinio slėgio rodiklius dėl fizinio krūvio, tačiau reikšmingesnių AKS pokyčių užfiksuota atsigavimo po krūvio metu. Ketvirtame paveiksle pateikiamos registruotų rodiklių atsigavimo pusperiodžių trukmės rodo, kad atsigavimo procesai po dozavimo fizinio krūvio vyksta lėčiau, kai trumpam sulaikomas kvėpavimas. Taigi, JT/RR intervalų santykio atsigavimo pusperiodis po Rufjė fizinio krūvio mėginio buvo $24,8 \pm 1,8$ sek., kai buvo trumpam sulaikomas kvėpavimas – $30,8 \pm 1,5$ sek. ŠSD atsigau-davo taip pat lėčiau: $31,4 \pm 1,8$ sek. ir $35,4 \pm 2,1$ sek., atitinkamai. JT intervalo atsigavimo pusperiodis taip pat buvo ilgesnis po mėginio, kai trumpam sulaikomas kvėpavimas – $55,0 \pm 5,4$ sek. ir $57,8 \pm 6,2$ sek., atitinkamai. Didžiausias atsigavimo greičio sumažėjimas



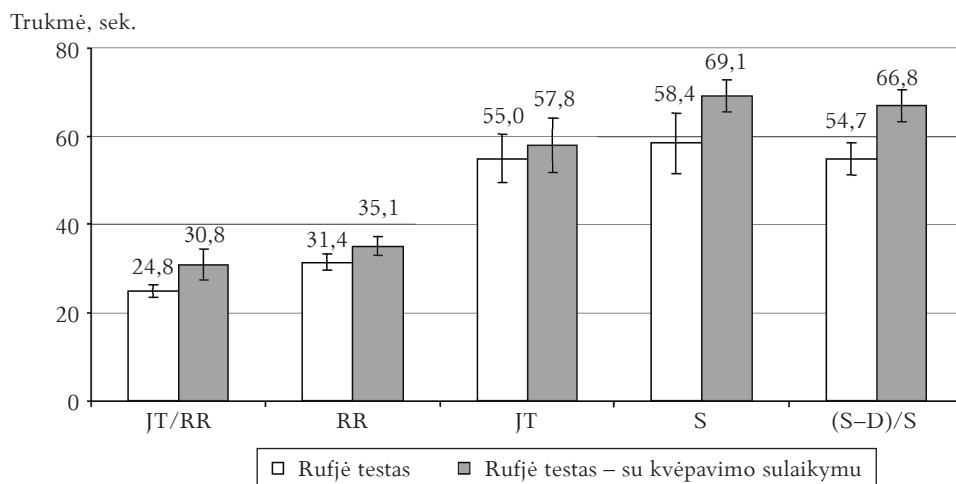
3 pav. ŠSD (A) ir elektrokardiogramos JT intervalo (B) kaita atliekant Rufjė krūvio mėginį

1 EKG – prieš mėginį; 2–4 EKG – atliekant pritūpimus;
5 EKG – po 1 min.; 6 EKG – po 2 min.

Lentelė. AKS kaita atliekant Rufjė fizinio krūvio mėginį

AKS	Prieš krūvį	Po krūvio	Atsigavimas	
			po 1 min.	po 2 min.
Sistolinis, mm Hg	$124,5 \pm 1,4$ $125,0 \pm 1,3$	$150,4 \pm 1,6$ $155,0 \pm 2,2$	$137,2 \pm 1,3$ $140 \pm 1,9$	$125,0 \pm 1,3$ $125,0 \pm 1,9$
Diastolinis, mm Hg	$79,3 \pm 1,5$ $78,7 \pm 1,3$	$53,1 \pm 2,1$ $54,5 \pm 3,3$	$76,0 \pm 1,7$ $69,3 \pm 3,2$	$78,7 \pm 1,3$ $77,0 \pm 1,5$

Skaitiklyje – kai tiriamasis laisvai kvėpuoja, vardiklyje – kai tiriamasis 15 sek. sulaiko kvėpavimą.



4 pav. ŠKS rodiklių atsigavimas po Rufjė fizinio krūvio mėginio

užregistruotas vertinant santykinio pulsinio slėgio (S-D)/S pokyčius – $54,7 \pm 3,6$ sek. ir $66,1 \pm 3,6$ sek., atitinkamai. Skirtumai statistiškai patikimi, $p < 0,05$.

Diskusija

Atliekant funkcinės būklės vertinimus, reikšmingas veiksnys yra tyrėjo ir tiriamojo tarpusavio supratimas (11–13). Tiriamasis turi žinoti tyrimo procedūros esmę ir tikslus, nebijoti atlikti tyrimo užduotis. Remiantis šio tyrimo duomenimis, pirmą kartą dalyvaujant funkcinės būklės tyrime, kai EKG registruoti prie kūno tvirtinama 10 elektrodų, segama manžetė AKS matuoti ir tyrimo patalpoje yra keli tyrėjai – visa tai turi įtakos tiriamojo būklei. Pastebėta, kad, atliekant lengvus fizinius krūvius, kartais krūvio pradžioje tiriamasis sulaiko kvėpavimą (*tiriamasis per daug atidus testo atlikimui, susikaupia ir sulaiko kvėpavimą*), o tai pakeičia širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinis rodiklius.

Šio tyrimo metu gauti rezultatai, t. y. ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiai, nėra visiškai nauji duomenys. Atlikta daug tyrimų, kurių metu vertinti ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiai įvairių kvėpavimo pratimų metu (10, 14), atliekant kvėpavimo sulaikymo mėginius (15–17) arba kitas situacijas, vertinančias ŠKS ir kvėpavimo sistemų sąsajas (3, 18, 19). Pavyzdžiui, nustatyta, kad ŠSD reikšmingai mažėja, kai sulaikomas kvėpavimas. Reikšmingą ŠSD pokytį, sulaikant kvėpavimą, yra užregistravę daug tyrėjų (9, 20–22), tačiau daugiausia juos tyrinėjo povandeninio sporto atstovai (8, 9, 23). Širdis gali būti refleksiskai paveikta iš įvairių organų, ypač iš interoreceptorių. Aortos lanke yra daug presoreceptorių, iš kurių į centrą eina *n. depressor*. Nurodoma, kad presoreceptoriai veikia ŠSD kaitą, t. y. kuo didesnis kraujospūdis aortoje, tuo stipriau dirginami aortos presoreceptoriai. Impulsai iš *n. depressor* veikia *n. vagi* centrą jaudinami, o simpatinį širdies centrą slopinami (24).

Atsigavimo metu po fizinio krūvio užfiksuotas palaipsnis funkcinis rodiklių normalėjimas iki pradinio lygmens. Vertinant atsigavimo proceso ypatybes, dažnai naudojamas organizmo funkcinės būklės

vertinimo modelis, t. y. vertinant tyrimo rezultatus, išskiriami trys funkciniai elementai: fizinio aktyvumo metu veikianti raumenų grupė, reguliacinė sistema, apimanti CNS, autonominio bei humoralinio valdymo elementus bei širdies ir kraujagyslių sistema, aprūpinamoji sistema, atsakinga už centrinę hemodinamiką (25). Daugelio tyrėjų įrodyta, kad, atlikus fizinį krūvį, pirmiausia atkuriamas reguliuojamųjų ir aprūpinamųjų sistemų santykis (greičiausiai atsi-gauna JR/RR), tada atsi-gauna reguliuojamųjų (RR intervalas), o vėliausiai – aprūpinamųjų sistemų (JT intervalas) rodikliai (26, 27). Šio tyrimo duomenys tik patvirtino minėtų autorių išvadą – funkcinis rodiklių atsigavimo seka nepakito, tačiau dėl fizinio krūvio pradžioje trumpam sulaikomo kvėpavimo reikšmingai sulėtėjo rodiklių atsigavimas.

Apibendrinus tyrimo duomenis, galima teigti, kad Rujė fizinio krūvio mėginys yra dozuoto fizinio krūvio mėginys ir jo atlikimas nesunkus, todėl krūvio pradžioje pasitaiko atvejų, kai tiriamieji nevalingai arba valingai (*galbūt, dėl per didelio jų atidumo tyrimo užduoties atlikimui*) trumpam sulaiko kvėpavimą. Todėl, atliekant dozuoto fizinio krūvio mėginius, būtina sąlyga – tiksliai instruktuoti tiriamąjį, kad jis, atlikdamas fizinį krūvį, nesulaikytų kvėpavimo.

Išvados

Asmenys, kurių psichomotorinis tonusas yra padidėjęs, atlikdami dozuoto fizinio krūvio mėginį, jo pradžioje dažniau nevalingai trumpam sulaiko kvėpavimą.

Atliekant dozuoto fizinio krūvio mėginius, santykinai dažnai pasitaikantis nevalingas kvėpavimo sulaikymas turi įtakos ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiams fizinio krūvio ir atsigavimo metu, dėl to funkcinė būklė gali būti įvertinta nevisiškai tiksliai.

Trumpam sulaikomas kvėpavimas dozuoto fizinio krūvio pradžioje turi įtakos širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinis rodiklių pokyčiams: lėčiau didėja ŠSD, mažiau kinta elektrokardiogramos JT intervalas, sumažėja greitosios adaptacijos fiziniam krūviui greitis, turi tendenciją didėti arterinio kraujo spaudimo rodikliai, sulėtėja rodiklių atsigavimas po krūvio.

Influence of Short Breathing Stop on the Cardiovascular System During Exercise Testing

Kristina Poderienė, Eugenijus Trinkūnas, Jonas Poderys, Albinas Grūnovas

Laboratory of Kinesiology, Lithuanian Academy of Physical Education, Lithuania

Key words: cardiovascular system; functional state; exercise testing.

Summary. Breathing is both a voluntary and an involuntary action, and the changes in breathing intensity or breathing stops has an influence on vegetative functions of the body during exercise. The aim of this study was to determine the possible changes in cardiovascular parameters when patients shortly stopped to breath at the beginning of exercise testing.

Material and Methods. Two series of investigation were performed. During the first investigation, the psychomotor tonus was assessed, and the breathing frequency during exercising was monitored in the cohort of 27 healthy adult males who were recruited for the first time to be participants of exercise testing. All

the participants performed the Roulf exercise test (30 squats per 45 s). A 12-lead electrocardiogram was continuously recorded during exercise and first two minutes of recovery, and arterial blood pressure was measured at each minute of experiment. During the second investigation, the influence of short breathing stop for 15 s on the changes in cardiovascular functional parameters during exercise test was evaluated.

Results. The results obtained during the study showed that patients who had increased psychomotor tonus stopped the breathing involuntary more frequently at the beginning of exercise testing. An involuntary or voluntary breathing stop at the beginning of exercising had an influence on the dynamics of cardiovascular parameters during exercise and recovery: heart rate increased more slowly; lesser changes in the JT interval of electrocardiogram, a trend toward an increase in the arterial blood pressure, and a significantly slower recovery of cardiovascular parameters were documented.

Conclusion. An involuntary breathing stop caused the changes in cardiovascular parameters during exercise and recovery; therefore, functional status might be assessed not so accurately.

Literatūra

1. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med* 2003;33(12):889-919.
2. Pober DM, Braun B, Freedson PS. Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(7):1140-8.
3. Poškaitis V, Miseckaitė B, Venskaitytė E, Poderys J, Vainoras A. Deguonies įsotinimo raumenyse ir funkcinio išeminių reiškinių miokarde kitimo ypatybės atliekant pakopomis didėjančių krūvių велоergometru. (Characteristics of changes in oxygen saturation in muscular tissue and ischemic episodes in cardiac muscle during the bicycle ergometry.) *Medicina (Kaunas)* 2007;43(5):385-9.
4. Vainoras A. Kompleksinės sistemos modelio vertinimams taikomos metodikos ir dydžiai. (Methods and indices applied for assessment in the model of complex assessment of functional state.) *Kineziologija. Poderys J, red. Kaunas: Vitae Litera; 2008. p. 21-4.*
5. Žumbakytė R. Sportininkų medicininė pedagoginė kontrolė treniruočių ar varžybų metu. (Medical check-up and pedagogical control during training and competition.) *Sporto medicinos pagrindai. Žumbakytė R, Kajėnienė A, red. Kaunas: Vitae Litera; 2008. p. 85-6.*
6. Grunovas A, Šilinskas V, Poderys J, Trinkūnas E. Peripheral and systemic circulation after local dynamic exercise and recovery using passive foot movement and electro stimulation. *J Sports Med Phys Fitness* 2007;47(3):335-43.
7. Vitiello B. Understanding the risk of using medications for attention deficit hyperactivity disorder with respect to physical growth and cardiovascular function. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am* 2008;17(2):459-74.
8. Pendergast DR, Lindholm P, Wylegala J, Warkander D, Lundgren CE. Effects of respiratory muscle training on respiratory CO₂ sensitivity in SCUBA divers. *Undersea Hyperb Med* 2006;33(6):447-53.
9. Wylegala JA, Pendergast DR, Gosselin LE, Warkander DE, Lundgren CE. Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *Eur J Appl Physiol* 2007;99(4):393-404.
10. Poderytė K, Miseckaitė B, Grūnovas A, Poderys J, Trinkūnas E. Deguonies įsotinimo kaita raumenyse atliekant kvėpavimo pratimus. (Dynamics of oxygen desaturation during the breathing exercise.) *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas* 2008;3(70):62-8.
11. Santillan-Doherty P, Cabral-Castañeda A, Soto-Ramírez L. Informed consent in clinical practice and medical research. *Rev Invest Clin* 2003;55(3):322-38.
12. Neff MJ. Informed consent: what is it? Who can give it? How do we improve it? *Respir Care* 2008;53(10):1337-41.
13. Casap N, Alterman M, Sharon G, Samuni Y. The effect of informed consent on stress levels associated with extraction of impacted mandibular third molars. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66(5):878-81.
14. Hughson RL. Regulation of VO₂ on kinetics by O₂ delivery. *Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine. London and New York: Routledge; 2007. p. 185-211.*
15. Jasiukevičienė L, Vasiliauskas D. Sportininkų hiperventiliacijos po fizinių krūvių korekcija. (Correction of hyperventilation after physical loads in sportsmen's cohort.) *Kaunas: KMA; 1998.*
16. Poderys J, Grūnovas A, Poderytė K, Miseckaitė B, Šilinskas V. Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinio rodiklio kaita atliekant kvėpavimo pratimus. (Acute response of cardiovascular system to repeated breathing exercise.) *Physical Culture and Sport in Universities: International Conference, Palanga, Lithuania, 26 May 2007. Kaunas: Technologija; 2007. p. 121-3.*
17. Polle DC, Jones AM. Towards an understanding of the mechanistic bases of VO₂ kinetics: summary of key points raised in chapters 2-11. *Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine. London and New York: Routledge; 2007. p. 294-328.*
18. Polle DC, Kindig CA, Behnke BJ. VO₂ kinetics in different disease states. *Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine. London and New York: Routledge; 2007. p. 353-72.*
19. Katz LM, Bayly WM, Roeder MJ, Hines MT. Effects of training on maximum oxygen consumption of ponies. *Am J Vet Res* 2000;61:986-91.
20. Sherman D, Eilender E, Shefer A, Kerem D. Ventilatory and occlusion-pressure responses to hypercapnia in divers and non-divers. *Undersea Biomed Res* 1980;7(1):61-74.
21. Sonetti DA, Wetter TJ, Pegelow DF, Dempsey JA. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respir Physiol* 2001;127(2-3):185-99.
22. Guenette JA, Martens AM, Lee AL, Tyler GD, Richards JC, Foster GE, et al. Variable effects of respiratory muscle training on cycle exercise performance in men and women. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006;31(2):159-66.
23. Heusser K, Dzamonja G, Tank J, Palada I, Valic Z, Bakovic, et al. Cardiovascular regulation during apnea in elite divers. *Hypertension* 2009;53(4):719-24.
24. Schmidt RF, Thews G. *Human physiology. New York: Springer Verlag; 1996.*
25. Vainoras A, Ašeriškytė D, Poderys J, Navickas Z. Fractal dimensions in evaluation in heart function parameters during physical investigations. *Education, Physical Training, Sport* 2005;3(57):61-6.
26. Buliuolis A, Trinkūnas E, Miseckaitė B, Grūnovas A. Sportininkų organizmo atsigravimo vyksmo po kartotinių anaerobinių alaktatinių ir laktatinių krūvių ypatybės. (Peculiarities in recovery after performance of repetitive anaerobic lactic and anaerobic alactic workouts.) *Sporto mokslas* 2007;2(48):40-4.
27. Ežerskis M, Poderys J. Graikų-romėnų imtynininkų raumenų darbingumo bei širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinio rodiklio kaitos ypatybės taikant koncentruotus greitumo jėgos krūvius. (Dynamics of muscle performance and cardiovascular changes under influence of concentrated training loads.) *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas* 2008;2(69):34-9.

Straipsnis gautas 2009 05 08, priimtas 2011 02 08

Received 8 May 2009, accepted 8 February 2011

Medicina (Kaunas) 2011;47(2)