

# ĮVAIRIAUS INTENSIVUMO AEROBINIO PRIEŠKRŪVIO POVEIKIS ŠIRDIES SUSITRAUKIMŲ DAŽNIO KAITAI KARTOTINIO NUOSEKLIAI DIDINAMO KRŪVIO METU

Loreta Dubininkaitė, Arvydas Stasiulis, Neringa Baranauskienė  
Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

**Loreta Dubininkaitė.** Biologijos magistrė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Taikomosios fiziologijos ir sveikatos ugdymo katedros asistentė. Mokslinių tyrimų kryptis — aerobinio pajėgumo rodiklių kaitos specifiskumas dėl trumpalaikio ir ilgalaikio fizinio krūvio poveikio.

## SANTRAUKA

*Tyrimo tikslas — nustatyti įvairaus intensyvumo aerobinio prieškrūvio poveikį širdies susitraukimų dažnio (ŠSD) kaitai kartotinio nuosekliai didinamo krūvio (KDK) metu.*

*Aštuoni fiziškai aktyvūs studentai (amžius — 22,5 (2,6) m., ūgis — 1,8 (0,3) cm, svoris — 69,6 (9,8) kg) buvo testuojami tris kartus. Vieną kartą tiriamieji „Monark 834E“ (Švedija) veloergometru atliko KDK testą, kurio metu buvo palaikomas pastovus mynimo dažnumas 70 k. / min, pirmo krūvio dydis — 50 W ir toliau didinamas po 25 W. Krūvio trukmė — 3 min, poilsio tarp krūvių — keturios. Atliekant KDK testą, pulso matuokliu „Polar S810“ (Suomija) 5 s intervalais buvo registruojamas ŠSD. Kai tiriamojo ŠSD pasiekdavo 80% maksimalaus, apskaičiuoto pagal jo amžių (220 – amžius), testas būdavo nutraukiamas. Individualus tiriamųjų laktato slenkstis (LaS) netiesioginiu būdu buvo nustatytas pagal ŠSD absoliučias reikšmes atsigavimo metu atliekant KDK testą (Stasiulis, 1997). Dar du kartus skirtingomis dienomis tiriamieji šį testą atliko praėjus penkioms poilsio minutėms po 30 min trukmės vidutinio arba didelio intensyvumo aerobinio prieškrūvio (atitinkamai VAP arba DAP). VAP dydis buvo 25 W mažesnis už individualų tiriamojo LaS, DAP — 25 W didesnis už LaS. Norint nustatyti tiriamųjų laktato koncentraciją (La), kapiliarinio kraujo mėginiai iš rankos piršto buvo imami tyrimo pradžioje, taip pat atliekant prieškrūvį 5-q, 10-q, 20-q ir 30-q min. Laktato koncentracija kraujyje buvo nustatoma naudojant modifikuotą analizatorių „Eksan-G“ (Kulis et al., 1988). ŠSD kaita buvo analizuojama „Microcal Origin“ programa taikant monoeksponentinio trendo lygtį. Skirtingomis testavimo sąlygomis gautų rodiklių vidurkiai buvo palyginami taikant neparametrinį Wilcoxon testą priklausomoms imtims.*

*Rezultatai rodo, kad tiriamųjų laktato koncentracija kraujyje po 30 min DAP buvo reikšmingai padidėjusi iki 2,85 (0,64) mmol / l ( $p < 0,05$ ), tačiau po tokios pat trukmės VAP nepakito (1,08 (0,81) mmol / l;  $p > 0,05$ ). Absoliučios ŠSD reikšmės trečios darbo minutės pabaigoje atliekant KDK po VAP buvo reikšmingai didesnės ( $p < 0,05$ ) visais krūvio atvejais, išskyrus tada, kai intensyvumas buvo 50 W didesnis už LaS. Ketvirtą atsigavimo minutę šis rodiklis taip pat reikšmingai padidėjo ( $p < 0,05$ ), kai intensyvumas buvo iki arba lygus LaS. Po DAP absoliučios ŠSD reikšmės buvo reikšmingai didesnės viso KDK testo metu ( $p < 0,05$ ). Atlikus ŠSD kaitos monoeksponentinio trendo rodiklių analizę nustatyta, kad nei po vidutinio, nei po didelio aerobinio prieškrūvio šio rodiklio kaitos dydžiai (amplitudė ir laiko konstanta) nepakito ( $p > 0,05$ ). Taigi ir lengvesnis, ir sunkesnis už laktato slenkstį (atitinkamai — vidutinio ir didelio intensyvumo) 30 min trukmės aerobinis prieškrūvis veikia absoliučias ŠSD reikšmes (jas padidina), bet nekeičia ŠSD kaitos santykinio greičio ir pokyčio dydžio atliekant kartotinį (3 min darbo ir 4 min poilsio) nuosekliai didinamą krūvį.*

**Raktažodžiai:** širdies susitraukimų dažnis, prieškrūvis, laktatas, darbo intensyvumas.

## ĮVADAS

Fizinio krūvio metu žmogaus organizmas retai dirba pastovaus metabolizmo sąlygomis. Griaučių raumenų darbo pradžia, kurios metu vyksta organizmo įsidirbimas, ir darbo pabaiga, kai prasideda atsigavimo procesai, taip pat intensyvumo kaita dirbant yra susiję su poreikiu greitai pakeisti metabolizmo intensyvumą. Nustatyta, kad deguonies suvartojimo bei su juo susijusio širdies susitraukimų dažnio (ŠSD) kaita įsidirbimo ir atsigavimo metu rodo žmogaus aero-

binį pajėgumą ir jo adaptacijos prie fizinio krūvio galimybes (Jones, Carter, 2000). Greitis, kuriuo aerobinė ATP resintezė griaučių raumenyse prisitaiko prie naujo energijos poreikio, veikia tokias greitosios adaptacijos prie fizinio krūvio savybes kaip įsidirbimas, nuovargis ir atsigavimas. Greitesnė aerobinės oksidacijos adaptacija sumažina ląstelės ir organų homeostazės pokyčius darbo pradžioje ar pasikeitus intensyvumui (Grassi, 2001).

Šiuo metu dar neaišku, kiek deguonies suvartojimo kaita priklauso nuo deguonies tiekimo raumenims ir kiek nuo deguonies suvartojimo raumenyse, todėl per pastaruosius 20 metų tai labai kruopščiai tyrinėjama (Tschakovsky, Hughson, 1999). Jeigu ši kaita priklausytų nuo deguonies tiekimo, tai jį pagreitinus turėtų spartėti ir deguonies suvartojimo kaita. Manoma, kad paveikti deguonies tiekimą dirbančiam raumeniui galėtų prieš tai atliktas prieškrūvis. Tokiomis sąlygomis pakitusi deguonies tiekimą į raumenis galėtų rodyti ŠSD pokyčiai prieš darbą ir jo pradžioje. Manoma, kad ŠSD fizinio darbo ir atsigavimo metu rodo deguonies pernešimo į raumenis kaitą.

Vienodo intensyvumo fizinio darbo pradžioje ir iš karto po jo ŠSD kinta eksponentiškai (Davies et al., 1972) ir 3–5 min pasiekia pastovią būklę (Astrand, Rodahl, 1986). Įsidirbimo metu dėl simpatinio poveikio suaktyvėjimo ir parasimpatinio poveikio išnykimo ŠSD didėja, o atsigavimo metu priešingai — mažėja (Perini et al., 1989; Pierpoint et al., 2000). Svarbią reikšmę ŠSD kaitai taip pat turi hormoniniai ir vidiniai mechanizmai, ypač didelio intensyvumo darbo metu (Wallin et al., 1987). ŠSD kaitos reikšmės krūvio pradžioje ir atsigauant priklauso nuo darbo intensyvumo, catecholaminų kiekio kraujyje (Orizio et al., 1988; Perini et al., 1989).

**Tyrimo tikslas** — nustatyti įvairaus intensyvumo aerobinio prieškrūvio poveikį ŠSD kaitai atliekant kartotinį nuosekliai didinamą krūvį (KDK) veloergometru.

## TYRIMO METODIKA IR KONTINGENTAS

**Tiriamieji.** Sutiko būti tiriami aštuoni sveiki, nerūkantys, fiziškai aktyvūs studentai. Jų vidutinis amžius — 22,5 (2,6) m., ūgis — 1,8 (0,3) m, svoris — 69,6 (9,8) kg. Tiriamieji tris keturis kartus (po 2–3 h) per savaitę kultivavo įvairią fizinę veiklą. Testavimo išvakarėse buvo prašoma, kad tiriamieji neatliktų sunkaus fizinio krūvio, o testavimo dieną būtų visiškai nesimankštinę ir pavalgę mažiausiai dvi valandas prieš tyrimus. Skirtingų testavimų atlikimo laikas buvo derinamas, kad visada vyktų tuo pačiu paros metu (dažniausiai ryte) ir tarp testavimų buvo ne mažesnė kaip dviejų dienų pertrauka.

Tyrimams atlikti buvo taikomi tokie metodai:

**Pulsometrija.** Viso tyrimo metu širdies susitraukimų dažnis 5 s intervalais buvo registruoja-

mas pulso matuokliu „Polar S810“ (Suomija) ir toliau analizuojamas taikant „Microsoft Excel“ programą.

**Biocheminė kraujo analizė.** Norint nustatyti laktato koncentraciją kraujyje, kapiliarinio kraujo mėginiai iš rankos piršto buvo imami prieš kiekvieną tyrimą, tiriamajam esant ramybės būsenos, taip pat jam atliekant 30 min vidutinio arba didelio intensyvumo aerobinį krūvį 5-ą, 10-ą, 20-ą ir 30-ą min. Laktato koncentracija kraujyje buvo nustatoma naudojant modifikuotą analizatorių „Eksan-G“ (Kulis et al., 1988), kuriam įmontuota membrana su fermentu laktato oksidaze, galinčiu nustatyti nuo 0,8 iki 25,0 mmol / l laktato koncentraciją kraujyje.

**Kartotinio nuosekliai didinamo krūvio testas (KDK).** Kartotinį nuosekliai didinamą krūvį tiriamieji atliko „Monark 834E“ (Švedija) veloergometru, kai buvo palaikomas pastovus mynimo dažnumas 70 k. / min. Pirmo krūvio dydis — 50 W ir toliau didinamas po 25 W. Krūvio trukmė — 3 min. Po kiekvieno krūvio tiriamasis 3 min pasyviai ilsėjosi sėdėdamas ant veloergometro. Viso testo metu buvo registruojamas ŠSD, o testas nutraukiamas tada, kai tiriamojo ŠSD pasiekdavo 80% maksimalaus, apskaičiuoto pagal tiriamojo amžių (220 – amžius).

**Vidutinio arba didelio intensyvumo aerobinis prieškrūvis (VAP ir DAP).** Tiriamasis 30 min vidutinio arba didelio intensyvumo aerobinį krūvį atliko „Monark 834E“ (Švedija) veloergometru, palaikomas pastovus mynimo dažnumas — 70 k. / min. Kiekvieno tiriamojo vidutinio ir didelio intensyvumo krūviai buvo apskaičiuojami individualiai pagal jo pasiektą krūvį laktato slenksčio ribose. Laktato slenks-tis nustatytas pagal absoliučias ŠSD reikšmes atsigavimo metu atliekant KDK testą (Stasiulis, 1997). Taigi vidutinio intensyvumo krūvis buvo 25 W mažesnis už LaS, o didelio intensyvumo — 25 W didesnis už LaS.

**ŠSD kaitos analizė.** Norint įvertinti ŠSD kaitą darbo ir atsigavimo metu, šio rodiklio dydžiai (amplitudė ir laiko konstanta) „Microcal Origin“ programa buvo analizuojami taikant monoeksponentinę lygtį:

$$\text{ŠSD}(t) = \text{ŠSD}(b) \pm A \cdot (1 - e^{-t/\tau}),$$

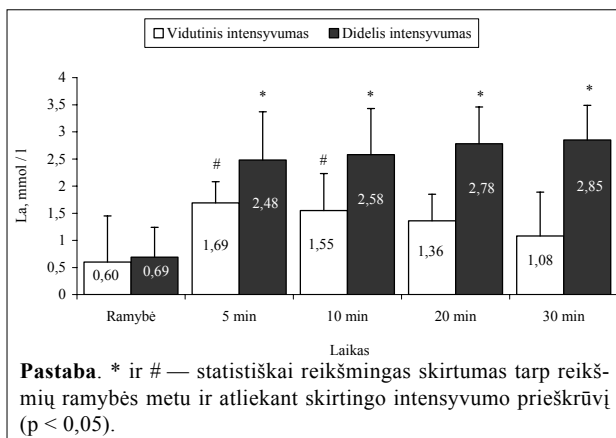
čia ŠSD (b) — ŠSD vidutinė pradinė reikšmė per paskutines 30 darbo arba poilsio sekundžių; A — amplitudė (tv. / min), rodanti ŠSD reikšmės pokyčio dydį;  $\tau$  — laiko konstanta (s), nusakanti ŠSD reikšmės pokyčio greitį; t — trukmė (s) nuo darbo arba poilsio intervalo pradžios.

**Tyrimo organizavimas.** Pradžioje kiekvienas tiriamasis atliko kartotinį nuosekliai didinamą krūvį, po kurio atsigavimo metu netiesioginiu būdu pagal ŠSD reikšmes buvo nustatytas individualus LaS (Stasiulis, 1997). Toliau, norint nustatyti vidutinio arba didelio intensyvumo aerobinio prieškrūvio poveikį ŠSD kaitai, kiekvienam tiriamajam buvo parenkamas vidutinio ir didelio intensyvumo krūvis. Antrą ir trečią kartą atvykę į laboratoriją tiriamieji pirmiausia atlikdavo 30 min vidutinio arba didelio intensyvumo aerobinį prieškrūvį ir pailsėję 5 min vėl pakartodavo KDK testą. Tarp testavimų buvo daromos ne mažesnės kaip dviejų dienų pertraukos ir testai atliekami atsitiktine tvarka.

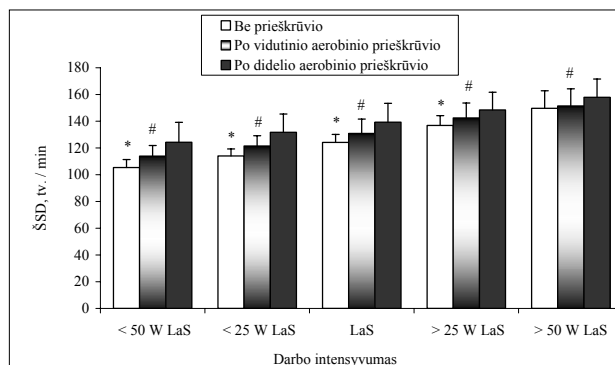
**Matematinė statistika.** Apskaičiuoti analizuojamų rodiklių aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Ar duomenų skirstinys atitinka normalųjį, nustatyta taikant Kolmogorovo—Smirnov testą. ŠSD kaitos rodiklių vidurkiai skirtingomis testavimo sąlygomis palyginti taikant neparametrinį *Wilcoxon* testą priklausomoms imtims. Statistinių hipotezių patikimumui įvertinti pasirinktas reikšmingumo lygmuo, kai  $p < 0,05$ . Duomenų skaičiavimams atlikti naudotos kompiuterinės programos „Polar Precision Performance“, „Microsoft Excel“, „STATISTICA for Windows“.

## REZULTATAI

Nustatyta, kad tiriamųjų laktato koncentracijos kraujyje (La) vidutinės reikšmės atliekant 30 min vidutinio intensyvumo aerobinį prieškrūvį (VAP) po pradinio padidėjimo 5-ą darbo minutę ( $p < 0,05$ ; 1 pav.), vėliau viso krūvio metu mažėjo ir darbo pabaigoje buvo nepakitusi ( $p > 0,05$ ). Didelio

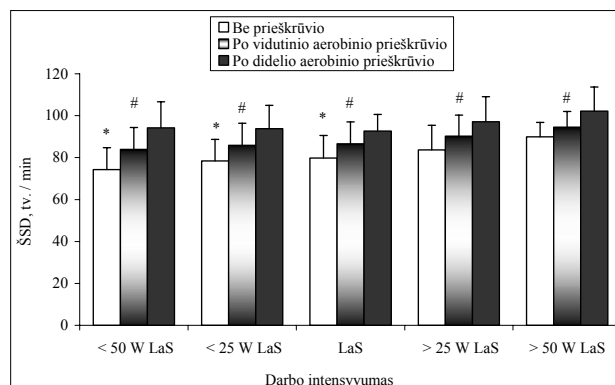


1 pav. Tiriamųjų laktato koncentracijos kraujyje vidutinės reikšmės atliekant 30 min trukmės vidutinio ir didelio intensyvumo aerobinį prieškrūvį



**Pastaba.** \* — statistiškai reikšmingas skirtumas ( $p < 0,05$ ) tarp reikšmių atliekant testą be prieškrūvio ir po vidutinio aerobinio prieškrūvio; # — statistiškai reikšmingas skirtumas ( $p < 0,05$ ) tarp reikšmių atliekant testą be prieškrūvio ir po didelio aerobinio prieškrūvio; — krūvis, kai intensyvumas lygus laktato slenksčiui; < 25 W LaS ir < 50 W LaS — krūviai, kai intensyvumas mažesnis už laktato slenksčių; > 25 W LaS ir > 50 W LaS — krūviai, kai intensyvumas didesnis už laktato slenksčių.

2 pav. ŠSD trečios darbo minutės pabaigoje atliekant KDK testą skirtingomis testavimo sąlygomis



**Pastaba.** \* — statistiškai reikšmingas skirtumas ( $p < 0,05$ ) tarp reikšmių atliekant testą be prieškrūvio ir po vidutinio aerobinio prieškrūvio; # — statistiškai reikšmingas skirtumas ( $p < 0,05$ ) tarp reikšmių atliekant testą be prieškrūvio ir po didelio aerobinio prieškrūvio; LaS — krūvis, kai intensyvumas lygus laktato slenksčiui; < 25 W LaS ir < 50 W LaS — krūviai, kai intensyvumas mažesnis už laktato slenksčių; > 25 W LaS ir > 50 W LaS — krūviai, kai intensyvumas didesnis už laktato slenksčių.

3 pav. ŠSD ketvirtą atsigavimo minutę atliekant KDK testą skirtingomis testavimo sąlygomis

intensyvumo aerobinio prieškrūvio (DAP) pradžioje La taip pat reikšmingai padidėjo (5-ą min;  $p < 0,05$ ) ir iki darbo pabaigos šiek tiek didėjo. Todėl atlikus 30 min DAP laktato koncentracija kraujyje buvo reikšmingai didesnė ( $p < 0,05$ ), nei atlikus VAP.

Neparametriniu *Wilcoxon* metodu nustatyta, kad atliekant KDK testą po VAP absoliučios ŠSD reikšmės trečios krūvio minutės pabaigoje reikšmingai padidėjo visais darbo intensyvumo atvejais ( $p < 0,05$ ; 2 pav.), išskyrus tada, kai jis buvo 50 W didesnis už LaS ( $p < 0,05$ ). Po DAP šis rodiklis išliko reikšmingai didesnis viso kartotinio nuosekliai didinamo krūvio metu ( $p < 0,05$ ; 2 pav.).

Lentelė. ŠSD kaitos monoeksponentinio trendo rodiklių vidurkiai atliekant KDK testą be skirtingo intensyvumo aerobinio prieškrūvio ir po jo

Rodikliai	Krūvis	Įsidirbimas			Atsigavimas		
		Be prieškrūvio	Po VAP	Po DAP	Be prieškrūvio	Po VAP	Po DAP
Amplitudė, tv. / min	< 50 W LaS	27,2 (12,7)	29,1 (13,1)	28,2 (13,8)	31,7 (11,5)	30,2 (13,7)	31,6 (12,4)
	< 25 W LaS	37,2 (13,4)	36,0 (10,7)	34,6 (13,2)	37,8 (11,1)	35,6 (13,4)	39,7 (10,4)
	LaS	46,8 (15,3)	45,0 (13,9)	45,8 (10,9)	48,2 (12,5)	45,4 (13,6)	47,6 (13,6)
	> 25 W LaS	56,1 (14,1)	55,2 (12,9)	55,4 (12,5)	58,3 (12,9)	55,1 (12,8)	55,1 (16,9)
	> 50 W LaS	63,4 (13,4)	57,9 (8,3)	59,1 (10,2)	60,8 (9,3)	58,4 (8,9)	58,3 (11,2)
Laiko kon- stanta, s	< 50 W LaS	18,3 (10,6)	16,3 (4,3)	21,3 (8,6)	22,3 (6,9)	31,1 (10,4)	38,5 (18,1)
	< 25 W LaS	21,2 (13,9)	17,1 (10,0)	29,6 (13,2)	26,1 (9,1)	24,0 (11,5)	33,4 (19,0)
	LaS	31,0 (16,5)	26,3 (13,1)	32,0 (12,6)	30,0 (12,7)	31,3 (9,3)	38,6 (14,5)
	> 25 W LaS	26,2 (12,0)	26,8 (10,2)	31,0 (11,5)	31,2 (10,3)	30,2 (5,1)	42,2 (18,1)
	> 50 W LaS	38,5 (13,2)	32,8 (12,4)	32,4 (5,4)	41,9 (6,1)	40,6 (10,3)	48,7 (11,8)

**Pastaba.** Skliausteliuose pateikti rodiklių standartiniai nuokrypiai. LaS — krūvis, kai intensyvumas lygus laktato slenkščiui; < 25 W LaS ir < 50 W LaS — krūviai, kai intensyvumas mažesnis už laktato slenkstį; > 25 W LaS ir > 50 W LaS — krūviai, kai intensyvumas didesnis už laktato slenkstį; VAP — vidutinio intensyvumo aerobinis prieškrūvis; DAP — didelio intensyvumo aerobinis prieškrūvis.

Kiekvieno atsigavimo ketvirtą minutę absoliučios ŠSD reikšmės po VAP nustatytos reikšmingai didesnės ( $p < 0,05$ ; 3 pav.), kai darbo intensyvumas buvo mažesnis arba lygus LaS. Visgi po DAP šis rodiklis reikšmingai padidėjo visais intensyvumo atvejais ( $p < 0,05$ ; 3 pav.).

ŠSD kaitos monoeksponentinio trendo rodiklių analizė rodo, kad atliekant KDK testą skirtingomis testavimo sąlygomis nei po VAP, nei po DAP ŠSD kaitos rodikliai (amplitudė ir laiko konstanta) nepakito ( $p > 0,05$ ) (žr. lent.).

## REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimu nustatyta, kad ir lengvesnis, ir sunkesnis už laktato slenkstį (atitinkamai vidutinio ir didelio intensyvumo) 30 min aerobinis prieškrūvis paveikė absoliučias ŠSD reikšmes tiriamajam atliekant kartotinę (3 min darbo ir 4 min poilsio) nuosekliai didinamą krūvį. Viso testo metu nepastebėta nei lengvesnio, nei sunkesnio aerobinio prieškrūvio poveikio ŠSD kaitos santykiniam greičiui ir pokyčio dydžiui.

Senokai pastebėta, kad ŠSD darbo pradžioje kinta eksponentiškai ir per maždaug 3—5 min pasiekia pastovią būklę (Astrand, Rodahl, 1986). Tačiau dirbant skirtingo intensyvumo darbą ŠSD kaita gali skirtis. Kai dirbama vidutiniu intensyvumu (iki LaS), ŠSD kaita yra monoeksponentinė (Orizio et al., 1983). Dirbant didesniu intensyvumu už LaS, pastebėtas biekspontentinis ŠSD kitimas, kuriam esant galima išskirti greituosius ir lėtuosius komponentus (Linnarson, 1974). Žinodami, kad ŠSD kaitos greitoji fazė pasireiškia per pirmas darbo minutes, o lėtoji prasideda tik nuo

trečios ar ketvirtos (tiriamieji atliko tik 3 min trukmės krūvius), ŠSD kaitą analizavome taikydami monoeksponentinio trendo lygtį.

K. E. Sietsema ir kt. (1989) nustatė reikšmingą ryšį tarp ŠSD kaitos įsidirbimo fazėje ir darbo intensyvumo. K. Baum ir kt. (1992) teigė, kad ŠSD kaitos laiko konstanta pirmoje ir antroje įsidirbimo fazėje nepriklauso nuo intensyvumo. Mūsų duomenimis, nuosekliai didėjant darbo intensyvumui, ŠSD kaitos monoeksponentinio trendo rodikliai (laiko konstanta ir pokyčio amplitudė) reikšmingai didėjo. Šis prieštaravimas gali atsirasti dėl skirtingų matematinės analizės būdų taikymo. Be to, analizavome krūvius, artimesnius LaS. Kaip nustatė daugelis mokslininkų, šis slenkstis pasireiškia tada, kai darbo intensyvumas siekia apie 40—60% (Skinner, McLellan, 1980). Taigi, atliekant šį tyrimą, kai kurių krūvių metu buvo viršyta ta riba, iki kurios ŠSD didėja monofaziškai.

Manoma, kad fizinio darbo pradžioje ŠSD reguliuoja neurogeniniai veiksniai, kurių esmė — komandos iš nervinių centrų ir raumenų refleksai (Mitchell et al., 1983). Pastarajame dalyvauja III ir IV tipo nervinės skaidulos, atitinkamai reaguojančios į mechaninį poveikį ir cheminius pokyčius raumenyse (Rybichi et al., 1985). Eferentinę šių refleksų dalį sudaro parasimpatinės ir simpatinės širdį inervuojančios skaidulos. Greitą ŠSD kitimą lengvo darbo pradžioje kaip tik gali lemti centrinės nervų sistemos komandos ir III tipo nervinių skaidulų aktyvumas. Parasimpatinio aktyvumo išnykimas darbo pradžioje taip pat sukelia greitą ŠSD didėjimą (apie 30 tv. / min) (Robinson et al.,

1966). Kaip teigia B. C. Maciel ir kt. (1986), parasimpatinės nervų sistemos blokada reikšmingai sulėtina ŠSD kitimą pačioje įsidirbimo pradžioje, o simpatinės nervų sistemos blokada paveikia tik lėtosios fazės kaitą, ypač dirbant didesniu intensyvumu. Esant didesniam intensyvumui, ŠSD reguliuoja kraujo katecholaminai, padidėja simpatinis poveikis ir širdies ritmo vedlio skaidulų temperatūra (Wallin et al., 1987). D. A. Schneider ir kt. (2002) nustatė, kad ŠSD kaitos laiko konstanta, dirbant kojomis ir rankomis krūvio pradžioje, kol ŠSD pasiekia 100 tv. / min, nesiskiria. Tai rodo, kad vienodu intensyvumu dirbant ir rankomis, ir kojomis nervo klajoklio slopinimo greitis nesiskiria. Tačiau atliekant darbą rankomis dėl mažesnės simpatinės širdies stimuliacijos ŠSD kaita lėtesnė, negu dirbant kojomis. G. K. Savard ir kt. (1989) įrodė, kad plazmos noradrenalino koncentracijos padidėjimas fizinio darbo metu yra susijęs su dirbančių raumenų mase. Taikytų krūvių metu ŠSD kaitos amplitudė visada buvo didesnė nei 30 tv. / min, todėl ŠSD kaitą galėjo paveikti ir nerviniai, ir humoraliniai bei vidiniai organizmo mechanizmai. Tą rodo užfiksuotos didelės laiko konstantos reikšmės.

Neaptikta darbų, kuriuose būtų analizuojamas VAP ir DAP poveikis ŠSD kaitai atliekant skirtingo intensyvumo krūvį. Kur kas daugiau tyrinėtas tokių prieškrūvių poveikis deguonies suvartojimo ( $\dot{V}O_2$ ) kaitai. Nustatyta, kad vidutinio intensyvumo prieškrūvis nepagreitina  $\dot{V}O_2$  kaitos nei vidutinio, nei didelio intensyvumo darbo pradžioje. Be to, nei vidutinio, nei didelio intensyvumo prieškrūvis neveikia minėtos kaitos atliekant vidutinio intensyvumo krūvį (Gerbino et al., 1996). Tai leidžia iš dalies paaiškinti, kodėl tyrimo metu po vidutinio intensyvumo aerobinio prieškrūvio nepakito ŠSD kaita dirbant nei didesniu, nei mažesniu už LaS intensyvumu — nepakitęs deguonies suvartojimas nereikalavo didesnio deguonies pernašos sistemų aktyvumo.

Nustatyta, kad absoliučios ŠSD reikšmės įsidirbimo ir atsigavimo pabaigoje buvo padidėjusios, ypač po sunkesnio prieškrūvio. Negalima atmesti galimybių, kad atliekant nuosekliai didinamo krūvio testą po prieškrūvio laktato susidarymo procesai galėjo prasidėti anksčiau dėl padidėjusios katecholaminų (Vincent et al., 2004) ir piruvato koncentracijos atsigavimo metu po sunkaus darbo, taip pat dėl ankstyvesnio greitųjų motorinių vienetų rekrutavimo (Tegtbur et al., 1993). Įrodyta, kad po intensyvaus darbo ŠSD eksponentiškai mažėja iki tokio lygio, kuris yra aukštesnis, negu buvęs prieš fizinį krūvį. Tai priklauso nuo krūvio intensyvumo ir trukmės. Po sunkesnio ir ilgesnio fizinio krūvio reikia daugiau laiko atsigauti (Perini et al., 1989; Baum et al., 1992). Visgi lėtojo ŠSD atsigavimo mechanizmai yra neaiškūs. Žinoma, kad vykstant acidozės procesams, kai atliekamas nuosekliai didinamo krūvio testas, laktato koncentracijos kreivei būdinga „U“ raidės forma (Davis, Gass, 1981). Lengvo krūvio metu vyrauja laktato likvidavimo procesai, o viršijus laktato pastoviosios būklės slenkstį — laktato susidarymo procesai. Kadangi po DAP laktato koncentracija buvo reikšmingai padidėjusi dar prieš testą ir ŠSD padidėjimas pastebimas dirbant įvairiu intensyvumu, tai galėjo turėti įtakos ŠSD reikšmingam padidėjimui atsigavimo pabaigoje, ypač lengvesnių krūvių metu.

## IŠVADA

Ir lengvesnis, ir sunkesnis už laktato slenkstį (atitinkamai, vidutinio ir didelio intensyvumo) 30 min trukmės aerobinis prieškrūvis veikia absoliučias ŠSD reikšmes (jas padidina), bet nepaveikia ŠSD kaitos santykinio greičio ir pokyčio dydžio atliekant kartotinį (3 min darbo ir 4 min poilsio) nuosekliai didinamą krūvį.

## LITERATŪRA

- Astrand, P. O., Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology*. New York: McGraw-Hill. P. 299, 359—360.
- Baum, K., Eßfeld, D., Leyk, D., Stegemann, J. (1992). Blood pressure and heart rate during rest-exercise and exercise-rest transitions. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 134—138.
- Davies, C. T. M., di Prampero, P. E., Cerretelli, P. (1972). Kinetics of cardiac output and respiratory gas exchange during exercise and recovery. *Journal of Applied Physiology*, 32, 618—625.
- Davis, H. A., Gass, G. C. (1981). The anaerobic threshold as determined before and during lactic acidosis. *European Journal of Applied Physiology*, 47, 141—149.
- Gerbino, A., Ward, S. A., Whipp, B. J. (1996). Effects of prior exercise on pulmonary gas-exchange kinetics during high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 80, 99—107.
- Grassi, B. (2001). Regulation of oxygen consumption at the onset of exercise. Is it really controversial? *Exercise and Sports Science Review*, 29, 134—138.

- Jones, A., Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29, 373—386.
- Kulis, Y. Y., Laurinavichyus, V. S. A., Firantas, S. G. A. et al. (1988). Determination of lactic acid with an Exan-G analyser. *Journal of Analytic Chemistry of USSR*, 43 (7), 1521—1523.
- Linnarsson, D. (1974). Dynamics of pulmonary gas exchange and heart rate changes at start and of exercise. *Acta Physiologica Scandinavica (Suppl.)*, 415, 1—68.
- Maciel, B. C., Gallo, L. Jr., Neto, J. A., Filho, E. C., Martins, L. E. (1986). Autonomic nervous control of the heart rate during dynamic exercise in normal man. *Clinical Science*, 4, 457—460.
- Mitchell, J. H., Kaufman, M. L., Iwamoto, G. A. (1983). The exercise pressor reflex: Its cardiovascular effects, afferent mechanism, and central pathways. *Annual Review of Physiology*, 45, 229—242.
- Orizio, C., Comande, S., Margonato, V., Veicsteinas, V. (1983). Kinetics of heart rate increase with exercise in different athletes. *IRCS Medical Science*, 11, 329—330.
- Orizio, C., Perini, R., Comande, A. et al. (1988). Plasma catecholamines and heart rate at the beginning of muscular exercise in man. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 644—651.
- Perini, R., Orizio, C., Comande, A. et al. (1989). Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in men. *European Journal of Applied Physiology*, 58, 879—883.
- Pierpoint, M. D., Stolpman, M. D., Gornick, M. D. (2000). Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. *Journal of the Autonomous Nervous System*, 80, 169—174.
- Robinson, B. F., Epstein, S. E., Beiser, G. D., Braunwald, E. (1966). Control of heart rate by the autonomic nervous system. *Circulatory Research*, 19, 400—411.
- Rybichi, K. J., Waldrop, T. G., Kaufman, M. P. (1985). Increasing gracilis muscle interstitial potassium concentrations stimulate group III and IV afferents. *Journal of Applied Physiology*, 58, 936—941.
- Savard, G. K., Richter, E. A., Strange, S. et al. (1989). Norepinephrine spillover from skeletal muscle during exercise in humans: Role of muscle mass. *American Journal of Physiology*, 256 (6), 1812—1818.
- Schneider, D. A., Wing, A. N., Morris, N. R. (2002). Oxygen uptake and heart rate kinetics during heavy exercise: A comparison between arm cranking and leg cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 100—106.
- Sietsema, K. E., Daly, J. A., Wasserman, K. (1989). Early dynamics of  $O_2$  uptake and heart rate as affected by exercise work rate. *Journal of Applied Physiology*, 67 (6), 2535—2541.
- Skinner, J. S., McLellan, H. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly of Exercise and Sports*, 51 (1), 234—248.
- Stasiulis, A. (1997). The relationship between heart rate recovery level and lactate threshold during intermittent exercise. *Pflügers Archiv. European Journal of Applied Physiology*, 433, 131.
- Tegtbur, U., Busse, M. W., Braumann, K. M. (1993). Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 620—627.
- Tschakovsky, M. E., Hughson, R. L. (1999). Interaction of factors determining oxygen uptake at the onset of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 86 (4), 1101—1113.
- Vincent, S., Berthon, P., Zouhal, H. et al. (2004). Plasma glucose, insulin and catecholamine responses to a Wingate test in physically active women and men. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 15—21.
- Wallin, B., Morlin, C., Hjiemdahl, P. (1987). Muscle sympathetic activity and venous plasma noradrenaline concentrations during static exercise in normotensive and hypertensive subjects. *Acta Physiologica Scandinavica*, 129, 489—497.

## INFLUENCE OF PRIOR AEROBIC EXERCISE OF DIFFERENT INTENSITY ON HEART RATE KINETICS DURING INTERMITTENT INCREASING CYCLING EXERCISE

**Loreta Dubininkaitė, Arvydas Stasiulis, Neringa Baranauskienė**  
*Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania*

### ABSTRACT

This study was aimed to determine the influence of prior aerobic exercise of different intensity on heart rate (HR) kinetics during intermittent increasing cycling exercise (ICE). Eight healthy, non-smoking, physically active male students (age — 22.5 (2.6) years, height — 1.8 (0.3) m, weight — 69.6 (9.8) kg) volunteered to participate in the study. Each subject was tested three times on separate days. During the first visit the ICE was performed on the mechanically braked cycle ergometer (Monark 834E, Monark-Crescent AB, Sweden) and the pedaling rate was 70 rpm. The test consisted of 3 min repeated work and 4 min passive rest intervals. No special warm-up was performed. The work rate of the first work period was

set to 50 W. Thereafter the intensity was increased by 25 W during each consecutive work period. The HR was continuously monitored and recorded using short-range telemetry "Polar S810" (Finland). The ICE test was continued until the subjects' HR achieved over 80% age predicted HR maximum. The lactate threshold (LT) was estimated by indirect method using absolute values of HR at recovery period during ICE (Stasiulis, 1997). During the second and third visits the subjects randomly performed moderate exercise (25 W below LT) (ME) or heavy exercise (25 W above LT) (HE) for 30 min and after 5 min of rest repeated ICE protocol. At rest, at 5<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> min of ME or HE fingertip blood samples were collected into capillary tubes and subsequently analyzed for blood lactate concentration as described previously (Kulis et al., 1988). Lactate concentration in the blood was established by means of Eksan-G analyzer using a membrane with enzyme lactoxidase. The HR during on- and off-transitions were assessed by fitting mono-exponential function. Comparisons of parameters between different testing conditions were conducted using Wilcoxon nonparametric matched pairs test.

After 30 min of HE the blood lactate concentration was significantly increased by 2.85 (0.64) mM ( $P < 0.05$ ) but remained unchanged after ME of the same duration (1.08 (0.81) mM;  $P > 0.05$ ). The mean values of HR during 3<sup>rd</sup> min of work periods were significantly increased after both ME and HE. This increase tended to be higher after prior HE. After prior HE the mean values of HR during 4<sup>th</sup> min of recovery were significantly increased at all intensities while after prior ME they were higher only at intensities equal to or below LT. Neither prior moderate nor heavy aerobic exercises had effect on the HR on- and off-kinetics parameters (amplitude and time constant) ( $P > 0.05$ ).

It was concluded that the prior both light and heavy aerobic exercise had influence on the absolute values of HR during intermittent increasing cycling exercise without any effect on HR on- and off-kinetics.

**Keywords:** heart rate, prior load, blood lactate, cycling.

Gauta 2007 m. vasario 12 d.  
Received on February 12, 2007

Priimta 2007 m. balandžio 24 d.  
Accepted on April 24, 2007

Loreta Dubininkaitė  
Lietuvos kūno kultūros akademija  
(Lithuanian Academy of Physical Education)  
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas  
Lietuva (Lithuania)  
Tel +370 616 91414  
E-mail l.dubininkaite@lkka.lt