

VEGETACINIŲ SISTEMŲ RODIKLIAI KARTOTINIO NUOSEKLIU DIDINAMO KRŪVIO METU PO ANAEROBINIO PRIEŠKRŪVIO

Loreta Dubininkaitė, Arvydas Stasiulis, Kristina Zaičėnkoviėnė

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 maksimaliojo anaerobinio prieškrūvio poveikį vegetacinių sistemų rodiklių ir laktato kaitai atliekant kartotinį nuosekliai didinamą krūvį (KDK) veloergometru. Septynios fiziškai aktyvios kūno kultūros akademijos studentės (amžius — 22,1 (1,5) m.; ūgis — 169,2 (6,6) cm; svoris — 57,7 (5,1) kg; maksimalusis deguonies suvartojimas — 41,9 (5,2) ml / kg / min) buvo testuojamos tris kartus. Vieną kartą jos atliko nenutrūkstamą nuosekliai didinamo krūvio testą iki negalėjimo, kitus du kartus — kartotinį nuosekliai didinamo krūvio testą, kol buvo peržengtas laktato kaupimosi slenkstis. Iš jų vienas buvo atliekamas praėjus 15 minučių po maksimalaus 30 sekundžių anaerobinio prieškrūvio (MAK), t. y. metabolinės acidozės sąlygomis. Norint nustatyti tiriamųjų dujų apykaitos rodiklius, nešiojamu dujų analizatoriumi „Oxycon Mobile“ (Vokietija) buvo registruojami kiekvieno kvėpavimo ciklo rodikliai: deguonies suvartojimas ($\dot{V}O_2$), anglies dioksido išskyrimo greitis ($\dot{V}CO_2$), plaučių ventilacija ($\dot{V}E$), kvėpavimo koeficientas (RER), O_2 ir CO_2 slėgis ore iškvėpimo pabaigoje ($P_{ET}O_2$ ir $P_{ET}CO_2$). Viso tyrimo metu 5 sekundžių intervalais buvo registruojamas širdies susitraukimų dažnis (ŠSD) pulso matuokliu „Polar S810“ (Suomija). Norint nustatyti tiriamųjų laktato (La) koncentraciją kraujyje, buvo imami kapiliarinio kraujo mėginiai iš rankos piršto. Kraujas imamas prieš kiekvieną tyrimą tiriamajai esant ramybės būsenai, taip pat atliekant kartotinį nuosekliai didinamą krūvį testo pabaigoje. Laktato koncentracija kraujyje buvo nustatoma naudojant modifikuotą analizatorių „Eksan-G“ (Kulis et al., 1988).

Gauti rezultatai rodo, kad po MAK laktato koncentracija kito KDK metu. Jau prieš KDK laktato rodikliai buvo statistiškai reikšmingai padidėję net iki 7,83 (1,36) mmol / l ($p < 0,05$). Didėjant darbo intensyvumui, La koncentracija kraujyje mažėjo (17 W — 6,05 (1,49); 50 W — 4,47 (1,36); 75 W — 3,18 (1,15); 100 W — 3,08 (1,08) mmol / l) ir nuo 100 W krūvio vėl pradėjo didėti (125 W — 3,92 (1,26) mmol / l; 150 W — 5,19 (1,59) mmol / l). Taigi po MAK testo La koncentracija kraujyje buvo statistiškai reikšmingai didesnė, kai darbo intensyvumas — 17, 50, 75, 100 W ($p < 0,05$). Po MAK ŠSD statistiškai reikšmingai padidėjo esant ramybės būsenai ($p < 0,05$) ir abiem atvejais didėjo priklausomai nuo KDK intensyvumo, tik jo reikšmės po MAK buvo reikšmingai didesnės, ypač pirmųjų lengvesnių krūvių metu. Reikšmingai sumažėjo $P_{ET}CO_2$ rodikliai visais krūvio intensyvumo atvejais ($p < 0,05$).

Taigi atliekant kartotinį nuosekliai didinamą fizinį krūvį veloergometru metabolinės acidozės, sukeltos 30 sekundžių maksimaliojo anaerobinio krūvio, sąlygomis, vegetacinių sistemų rodiklių priklausomybė nuo krūvio pakinta nevienodai. Anaerobinis prieškrūvis reikšmingai veikia tik La koncentraciją, ŠSD ir jo kaitą bei $P_{ET}CO_2$ dydį. Kitų rodiklių (CO_2 išskyrimo, O_2 suvartojimo, plaučių ventilacijos) absoliučios reikšmės ir priklausomybė nuo darbo intensyvumo išlieka panašios.

Raktažodžiai: kvėpavimo dujų apykaita, širdies susitraukimų dažnis, kraujo laktatas, darbo intensyvumas, metabolinė acidozė.

IVADAS

Fiziologinis atsakas į nuosekliai didinamo krūvio testus yra svarbus vertinant sergančių, nesportuojančių ir sportininkų funkcinį pajėgumą bei sudarant įvairias treniruotės programas (Whipp et al., 1981; Meyer et al., 1998; Wasserman et al., 1999). Dažniausiai tokių testų metu registruojami ir analizuojami šie dujų apykaitos rodikliai: plaučių ventilacija ($\dot{V}E$), deguonies suvartojimas ($\dot{V}O_2$), anglies dioksido išskyrimas ($\dot{V}CO_2$), širdies susitraukimų dažnis (ŠSD) ir laktato (La) koncentracija kraujyje.

Sukaupta nemažai duomenų, kaip skirtingo intensyvumo ar pobūdžio prieškrūvis veikia $\dot{V}E$, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, ŠSD ir La kaitą įsidirbimo, pastovios būklės ir atsigavimo metu atliekant atskirą krūvį (Gerbino et al., 1996; MacDonald et al., 1997; Bearden, Moffatt, 2001; Koppo, Bouckaert, 2001; Scheuermann et al., 2001; Burnley et al., 2002; Fukuba et al., 2002; Tordi et al., 2003; Endo et al., 2004; Sanchis Moysi et al., 2005). Nustatyta, kad po sunkaus prieškrūvio (kai intensyvumas virš LaS) kraujyje susikaupę metabolitai

(H^+ , K^+ , laktatas) kito krūvio pradžioje padidina kraujotaką, o jauniems, sveikiems asmenims atliekant vidutinio intensyvumo darbą prieš tai atliktas sunkus prieškrūvis nepaveikia pagrindinio $\dot{V}O_2$ atsako laiko konstantos ir dydžio (Gerbino et al., 1996; MacDonald et al., 1997; Burnley et al., 2002). Visgi tiriamiesiems atliekant didelio intensyvumo darbą po sunkaus prieškrūvio $\dot{V}O_2$ kaita dažniausiai pagreitėja (Gerbino et al., 1996; MacDonald et al., 1997; Bearden, Moffatt, 2001; Koppo, Bouckaert, 2001; Scheuermann et al., 2001; Burnley et al., 2002; Fukuba et al., 2002).

Mūsų žiniomis, tirta, kaip atskiri rodikliai kinta nenutrūkstamo nuosekliai didinamo krūvio metu dėl metabolinės acidozės, sukeltos prieš tai atlikus vienos minutės maksimalaus anaerobinio intensyvumo krūvį (Schneider, Berwick, 1998), ar atliekant nuosekliai didinamo krūvio testą iki visiško nuovargio (Jones & Carter, 2004). Neaptikome duomenų, kaip prieškrūvis veikia minėtų rodiklių kitimą atliekant kartotinį nuosekliai didinamo krūvio testą. Iškėlėme hipotezę, kad anaerobinio prieškrūvio sukelta acidozė nevienodai paveiks atskirų kardiorespiratorinių rodiklių dydžius ir kaitą kartotinio nuosekliai didinamo krūvio metu. **Tyrimo tikslas** — įvertinti maksimalaus anaerobinio prieškrūvio poveikį vegetacinių sistemų rodiklių ir laktato kaitai kartotinio nuosekliai didinamo krūvio metu.

TYRIMO METODIKA IR KONTINGENTAS

Tiriamieji. Buvo tiriamos septynios fiziškai aktyvios Lietuvos kūno kultūros akademijos studentės (1 lent.). Trys tiriamosios tris kartus per savaitę po pusantros valandos lankė aerobikos, kitos ($n = 4$) — modernaus šokio pratybas. Testavimo išvakarėse buvo prašoma, kad tiriamosios neatliktų sunkaus fizinio krūvio, o testavimo dieną būtų visiškai nesimankštinusios ir valgiusios mažiausiai prieš dvi valandas iki tyrimų. Testavimas vyko visada tuo pačiu paros metu (dažniausiai ryte).

Tyrimams atlikti buvo taikomi šie metodai:

Spirometrija. Norint nustatyti tiriamųjų dujų apykaitos rodiklius, nešiojamu dujų analizatoriumi „Oxycon Mobile“ (Vokietija) buvo registruojami

kiekvieno kvėpavimo ciklo rodikliai: $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, \dot{V}_E , kvėpavimo koeficientas (RER), O_2 ir CO_2 slėgis ore iškvėpimo pabaigoje ($P_{ET}O_2$ ir $P_{ET}CO_2$). Užregistruotų rodiklių vidutinės reikšmės kas 5 sekundes buvo analizuojamos taikant „Microsoft Excel“ programą.

Pulsometrija. Viso tyrimo metu širdies susitraukimų dažnis buvo registruojamas 5 sekundžių intervalais pulso matuokliu „Polar S810“ (Suomija) ir toliau analizuojamas taikant „Microsoft Excel“ programą.

Biocheminė kraujo analizė. Norint nustatyti tiriamųjų laktato koncentraciją kraujyje, buvo imami kapiliarinio kraujo mėginiai iš rankos piršto. Kraujas imamas prieš kiekvieną tyrimą tiriamosioms esant ramybės būsenos, taip pat joms atliekant kartotinį nuosekliai didinamą testą kiekvieno krūvio pabaigoje. Laktato koncentracija kraujyje buvo nustatoma naudojant modifikuotą analizatorių „Eksan-G“ (Kulis et al., 1988).

Nenutrūkstamo nuosekliai didinamo krūvio testas. Prieš eksperimentinius tyrimus kiekviena tiriamoji atliko nenutrūkstamo nuosekliai didinamo krūvio testą, kuriuo buvo siekiama įvertinti jų aerobinį pajėgumą ir nustatyti ventiliacinius slenksčius. Tuo tikslu tiriamoji atliko keturių minučių pramankštą veloergometru „Monark 834E“ (Švedija), kai darbo galingumas buvo 50 W, mynimo dažnumas — 50 k. / min. Po pramankštos, pailsėjus penkias minutes, tiriamoji pradėdavo minti veloergometrą 50 k. / min dažnumu, kuris buvo išlaikomas iki testo pabaigos. Pirmą testo minutę darbo galingumas siekė 17 W, antrą — 50 W, toliau kas minutę krūvis buvo didinamas po 10 W. Testas atliekamas tol, kol tiriamoji visiškai pavargdavo, t. y. negalėdavo atlikti naujo vienos minutės krūvio nemažindama mynimo dažnumo. Po testo tiriamoji 5 minutes ilsėjosi gulėdama ant nugaros. Viso testo metu nešiojamu dujų analizatoriumi „Oxycon Mobile“ (Vokietija) buvo registruojami tiriamųjų dujų apykaitos rodikliai.

Kartotinio nuosekliai didinamo krūvio testas (KDK). Kartotinį nuosekliai didinamo krūvio testą tiriamoji atliko „Monark 834E“ (Švedija) veloergometru. Viso testo metu mynimo dažnumas buvo 50 k. / min. Pirmo krūvio metu darbo galingumas — 17 W, antro — 50 W, toliau krūvis didinamas po 25 W. Vieno krūvio

Amžius, m.	Ūgis, cm	Svoris, kg	$\dot{V}O_2$ max, l / min	$\dot{V}O_2$ max, ml / kg / min
22,1 (1,5)	169,2 (6,6)	57,7 (5,1)	2,3 (0,3)	41,9 (5,2)

1 lentelė. Tiriamųjų amžius, ūgis, svoris ir maksimalus deguonies suvartojimas ($\dot{V}O_2$ max)

Pastaba. Šalia aritmetinių vidurkių skliausteliuose pateikti standartiniai nuokrypiai.

trukmė — trys minutės. Po kiekvieno krūvio tiriamoji pasyviai išsėjosi tris minutes sėdėdama ant veloergometro. Prieš testą ir kiekvieno krūvio pabaigoje (likus 30 s) buvo imami kapiliarinio kraujo mėginiai ir nustatoma laktato koncentracija (mmol / l). Testas nutraukiamas tada, kai tiriamosios laktato koncentracija kraujyje maždaug nuo 4 mmol / l pradėdavo sparčiai didėti. Viso testo metu nešiojama dujų analizatoriumi „Oxycon Mobile“ (Vokietija) ir pulso matuokliu „Polar S810“ (Suomija) buvo registruojami tiriamųjų vegetacinių sistemų rodikliai. Norint išanalizuoti $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, \dot{V}_E , RER, $P_{ET}O_2$ ir $P_{ET}CO_2$ rodiklius, jų reikšmės buvo apskaičiuojamos per paskutines 30 kiekvieno krūvio sekundžių.

Maksimalusis 30 sekundžių anaerobinis prieškrūvis (MAK). Pradžioje tiriamoji „Monark 834E“ (Švedija) veloergometru, leidžiančiu matuoti darbo galingumą ir mynimo dažnumą viso testo metu 5 sekundžių intervalais, atliko penkių minučių pramankštą, kurios metu tolygiai mynė veloergometrą 50–100 W galingumu ir atliko keletą labai trumpų greitėjimų. Po pramankštos, esant nuliniam veloergometro pasipriešinimui ir kai tiriamoji pasiekdavo maksimalų mynimo dažnumą, mechaninis pasipriešinimas staiga padidinamas (uždedant ant veloergometro lėkštelės formos sunkmeną, atitinkančią 7,5% tiriamosios kūno svorio). Esant tokiam pasipriešinimui, tiriamoji, sėdėdama ant veloergometro, maksimaliomis pastangomis dirbo 30 sekundžių. Viso testo metu ji buvo skatinama palaikyti kuo didesnę mynimo dažnumą. Toliau tiriamoji dirbo 5 minutes esant nuliniam veloergometro pasipriešinimui.

Tyrimo organizavimas. Pradžioje kiekviena tiriamoji atliko nenutrūkstamo nuosekliai didinamo krūvio testą. Norint nustatyti, kaip MAK veikia vegetacinių sistemų rodiklių kaitą priklausomai nuo krūvio intensyvumo, kiekviena tiriamoji buvo testuojama du kartus. Vieną kartą tiriamoji atliko KDK, kitą (ne anksčiau kaip po dviejų dienų ir ne vėliau kaip po savaitės) — MAK ir po 15 minučių poilsio — KDK.

Matematinė statistika. Buvo apskaičiuojami analizuojamų rodiklių aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Kaip duomenų skirstinys atitinka normalųjį, buvo tikrinama neparametriniu Kolmogorovo—Smirnovu testu. Vegetacinių sistemų rodiklių kaita priklausomai nuo testavimo sąlygų ir krūvio intensyvumo buvo analizuojama naudojant dviejų veiksnių dispersinę analizę, tai-

komą priklausomoms imtims. Statistinių hipotezių patikimumui nustatyti pasirinkome reikšmingumo lygmenį $p < 0,05$. Duomenis analizavome kompiuterine programa „LAB Manager“, „Polar Precision Performance“, „Microsoft Excel“, „STATISTICA for Windows“.

REZULTATAI

Tiriamosioms atliekant KDK testą, kol darbo intensyvumas buvo nedidelis, La koncentracija nesiskyrė nuo ramybės rodiklių (ramybės — 1,49 (1,10); 17 W — 0,76 (0,61); 50 W — 0,70 (0,5); 75 W — 0,99 (0,52) mmol / l) (1 pav., 2 lent.). Nuo 75 W didėjant darbo intensyvumui La koncentracija pradėjo didėti (100 W — 1,73 (0,7); 125 W — 2,73 (0,87); 150 W — 5,01 (1,07) mmol / l). Atliekant KDK testą po MAK, La koncentracija kito ir priklausė nuo darbo intensyvumo. Jau prieš KDK laktato koncentracija buvo statistiškai reikšmingai padidėjusi net iki 7,83 (1,36) mmol / l ($p < 0,05$), nors po MAK testo buvo 15 minučių pailsėta. Didėjant darbo intensyvumui, La koncentracija kraujyje mažėjo (17 W — 6,05 (1,49); 50 W — 4,47 (1,36); 75 W — 3,18 (1,15); 100 W — 3,08 (1,08) mmol / l), o nuo 100 W krūvio vėl pradėjo didėti (125 W — 3,92 (1,26) mmol / l; 150 W — 5,19 (1,59) mmol / l). Taigi po MAK testo laktato koncentracija kraujyje buvo statistiškai reikšmingai didesnė, kai darbo intensyvumas buvo 17, 50, 75, 100 W ($p < 0,05$).

Nustatėme, kad didėjant darbo intensyvumui $\dot{V}O_2$ kito tiesiškai, esant skirtingoms testavimo sąlygoms. Po MAK $\dot{V}O_2$ statistiškai reikšmingai padidėjo esant ramybės būsenai, taip pat dirbant 17, 50, 75 W intensyvumu (atitinkamai: 37,6; 31,7; 16,5; 14,2 tv. / min). Kai darbo intensyvumas buvo 100, 125 ir 150 W, $\dot{V}O_2$ abiem testavimo atvejais nesiskyrė ($p > 0,05$) (2 pav., 2 lent.).

$\dot{V}O_2$ priklausomai nuo kartotinio nuosekliai didinamo krūvio intensyvumo abiem atvejais kito tiesiškai ir absoliučios jo reikšmės po MAK beveik nepakito ($p > 0,05$) (3 pav., 2 lent.).

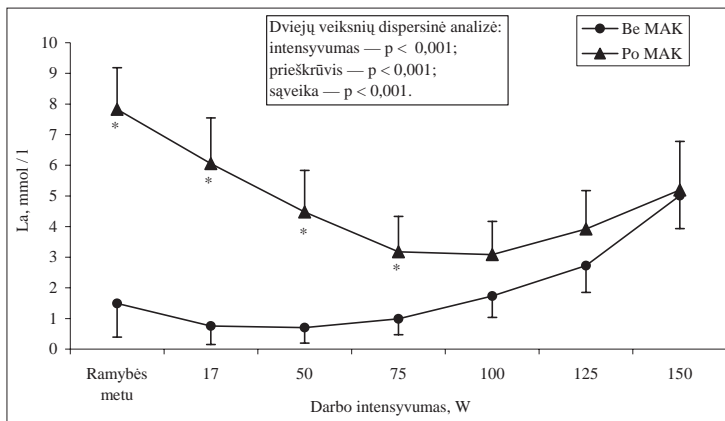
Abiem tyrimo atvejais, didėjant darbo intensyvumui, $P_{ET}CO_2$ pradžioje didėjo, paskui — stabilizavosi, vėliau pradėjo mažėti. Po anaerobinio prieškrūvio šis rodiklis sumažėjo visais atliekamo krūvio intensyvumo atvejais (4 pav., 2 lent.).

Po MAK \dot{V}_E statistiškai reikšmingai padidėjo esant ramybės būsenai ir kai darbo intensyvumas buvo 17 W ($p < 0,05$), nors \dot{V}_E kaita kartotinio nuosekliai didinamo krūvio metu nesiskyrė (2 lent.).

Rodiklis	MAK	Ramybės metu	17 W	50 W	75 W	100 W	125 W	150 W
ŠSD, tv. / min	Be	75,1 (10,5)	92,8 (7,5)	115,4 (6,8)	130,6 (7,4)	151,0 (4,9)	166,4 (4,6)	179,9 (5,5)
	Po	112,7 (11,0)	124,5 (7,9)	131,9 (6,2)	144,8 (6,5)	155,5 (5,4)	167,5 (6,2)	178,2 (5,6)
VO ₂ , ml / min	Be	279,6 (35,0)	552,9 (108,6)	971,6 (81,3)	1195,6 (90,4)	1456,0 (95,5)	1735,3 (93,2)	2002,3 (85,0)
	Po	374,7 (79,7)	631,2 (98,0)	932,8 (91,1)	1190,5 (79,5)	1452,8 (69,3)	1732,7 (99,5)	2050,8 (89,1)
VCO ₂ , ml / min	Be	234,3 (34,6)	443,1 (90,5)	800,6 (104,8)	1057,5 (78,6)	1380,6 (101,5)	1724,4 (143,4)	2066,3 (176,6)
	Po	356,5 (95,3)	517,4 (103,2)	667,1 (72,3)	974,7 (70,2)	1282,7 (47,3)	1649,5 (98,4)	2053,4 (158,7)
V _E , l / min	Be	10,2 (1,3)	16,5 (3,1)	25,1 (4,2)	33,4 (4,1)	41,4 (5,3)	50,1 (6,4)	63,4 (8,9)
	Po	17,1 (3,3)	22,6 (4,5)	25,8 (3,2)	34,1 (4,3)	42,9 (4,4)	52,0 (5,8)	65,3 (7,0)
RER	Be	0,83 (0,06)	0,80 (0,09)	0,82 (0,09)	0,91 (0,07)	0,96 (0,08)	1,00 (0,09)	1,05 (0,08)
	Po	0,94 (0,07)	0,80 (0,08)	0,72 (0,05)	0,84 (0,06)	0,90 (0,04)	0,97 (0,03)	1,01 (0,03)
P _{ET} O ₂ , kPa	Be	14,87 (0,57)	14,08 (0,58)	13,55 (0,91)	13,82 (0,71)	13,98 (0,79)	14,25 (0,79)	14,78 (0,66)
	Po	15,85 (0,23)	15,09 (0,56)	14,07 (0,49)	14,13 (0,62)	14,32 (0,55)	14,60 (0,60)	15,00 (0,54)
P _{ET} CO ₂ , kPa	Be	4,19 (0,44)	4,74 (0,30)	5,36 (0,47)	5,49 (0,41)	5,60 (0,47)	5,52 (0,47)	5,25 (0,47)
	Po	3,69 (0,30)	3,92 (0,31)	4,53 (0,46)	4,89 (0,46)	5,02 (0,50)	5,06 (0,55)	4,87 (0,55)
La, mmol / l	Be	1,49 (1,10)	0,76 (0,61)	0,70 (0,50)	0,99 (0,52)	1,73 (0,70)	2,73 (0,87)	5,01 (1,07)
	Po	7,83 (1,36)	6,05 (1,49)	4,47 (1,36)	3,18 (1,15)	3,08 (1,08)	3,92 (1,26)	5,19 (1,59)

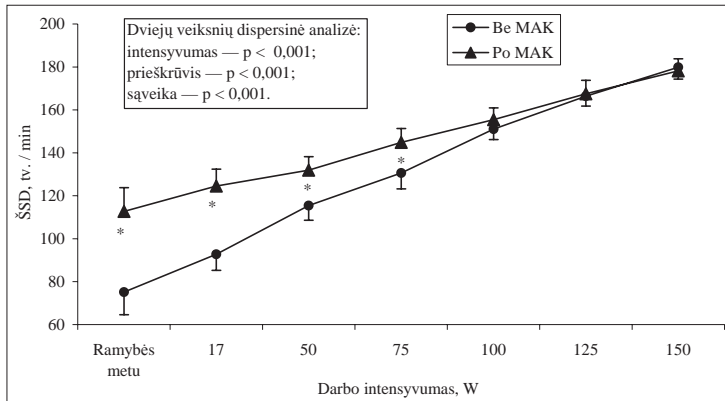
2 lentelė. Vegetacinių sistemų rodikliai atliekant kartotinį nuosekliai didinamo krūvio testą skirtingomis sąlygomis

Pastaba. Šalia aritmetinių vidurkių skliausteliuose pateikti standartiniai nuokrypiai.



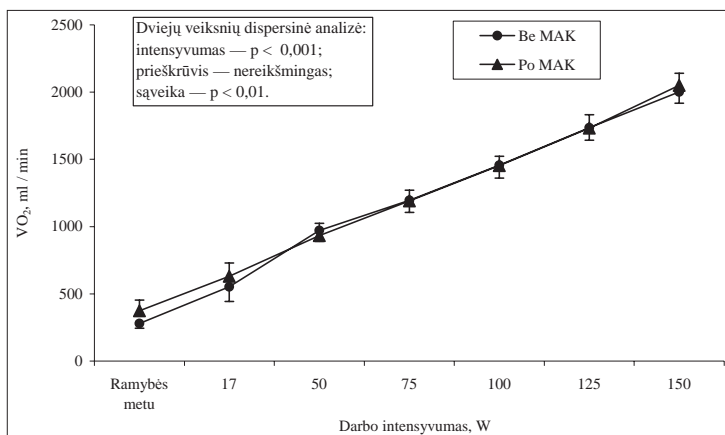
1 pav. Kraujo laktato koncentracijos kaitos priklausomybė nuo darbo intensyvumo skirtingomis testavimo sąlygomis

Pastaba. * — testavimo sąlygų skirtumas statistiškai reikšmingas (p < 0,05).



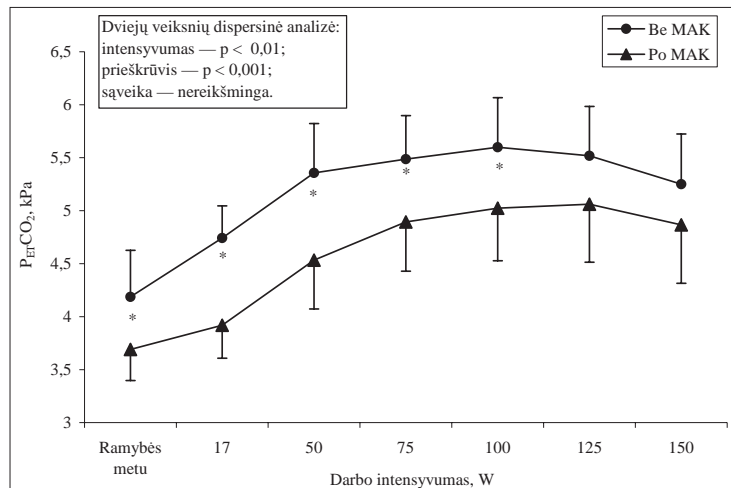
2 pav. Širdies susitraukimų dažnio (ŠSD) kaitos priklausomybė nuo darbo intensyvumo skirtingomis testavimo sąlygomis

Pastaba. * — testavimo sąlygų skirtumas statistiškai reikšmingas (p < 0,05).



3 pav. Deguonies suvartojimo (VO₂) kaitos priklausomybė nuo darbo intensyvumo skirtingomis testavimo sąlygomis

4 pav. CO₂ slėgio iškėpimo pabaigoje (P_{ET}CO₂) kaitos priklausomybė nuo darbo intensyvumo skirtingomis testavimo sąlygomis



Pastaba. * — testavimo sąlygų skirtumas statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$).

Dispersinė analizė parodė, kad anaerobinio prieškrūvio poveikis RER, $\dot{V}O_2$ ir P_{ET}O₂ rodikliams buvo nereikšmingas (2 lent.). Visi minėti rodikliai ramybės metu buvo didesni po MAK.

REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimo rezultatai rodo, kad atliekant kartotini nuosekliai didinamą fizinį krūvį veloergometru metabolinės acidozės, sukeltos maksimaliojo anaerobinio 30 sekundžių krūvio, sąlygomis, vegetacinių sistemų rodiklių priklausomybė nuo krūvio kinta nevienodai. Anaerobinis prieškrūvis reikšmingai veikia tik La koncentraciją, ŠSD ir jo kaitą bei P_{ET}CO₂ dydį. Kitų rodiklių ($\dot{V}CO_2$, $\dot{V}O_2$, \dot{V}_E) absoliučios reikšmės ir priklausomybė nuo darbo intensyvumo išlieka panašios.

Taigi KDK metu, praėjus 15 minučių po maksimaliojo anaerobinio 30 sekundžių prieškrūvio, La koncentracija pastebimai kinta. Mūsų rezultatai atitiko H. A. Davis ir G. C. Gass (1981) gautuosius: atliekant nuosekliai didinamo krūvio testą, dėl acidozės laktato kreivei būdinga „U“ raidės forma. Manoma, kad, kol darbas vyksta nedideliu intensyvumu (iki laktato slenkščio), vyrauja laktato likvidavimo procesai (Rieu et al., 1990), o peržengus tą slenkštį suaktyvėja laktato susidarymas. Spėjama, kad atliekant nuosekliai didinamo krūvio testą po maksimaliojo anaerobinio krūvio laktato susidarymo procesai gali prasidėti anksčiau dėl padidėjusios katecholaminų ir piruvato koncentracijos atsigavimo metu po sunkaus darbo, taip pat dėl ankstesnio greitųjų motorinių vienetų rekrutavimo (Carter et al., 1999). Tiesa, ventiliacinis slenkstis, dirbant laktato sukeltos acidozės sąlygomis, nepakinta (Davis, Gass, 1981). Tyrimo metu laktato koncentracija kraujyje po anaerobinio prieškrūvio pradėjo didėti, kai krūvis buvo intensyvesnis, taigi laktato slenkstis

kreivėje galbūt pasislinko į dešinę (1 pav., 2 lent.). \dot{V}_E ir P_{ET}CO₂ reikšmės, iš kurių kaitos dažnai identifikuojamas ventiliacinis slenkstis, kito panašiai abiem testavimo atvejais, todėl ventiliacinis slenkstis nepasikeitė. Atlikto tyrimo rezultatai sutapo su D. Schneider ir J. Berwick (1998) pateiktais duomenimis — P_{ET}CO₂ reikšmės po anaerobinio prieškrūvio sumažėjo. Tai rodo, kad metabolinės acidozės sukelta hiperventiliacija sumažino anglies dioksido koncentraciją arteriniame kraujyje visais atliekamo krūvio intensyvumo atvejais. Paprastai, kol didinamo krūvio intensyvumas neviršija LaS, arterinio kraujo CO₂ koncentracija nekinta (Wasserman, 1978). Atliekant nuosekliai didinamo krūvio testą, CO₂ apykaitos greitis plaučiuose padidėja, kai darbo intensyvumas yra susijęs su metaboline (dažniausiai laktatine) acidoze. Kai yra toks darbo intensyvumas, dėl protonų (H⁺) jungimosi reakcijos HCO₃⁻ papildomai susidaro CO₂. Vadinasi, kuo greičiau kraujyje didėja laktato koncentracija, o HCO₃⁻ koncentracija mažėja, tuo labiau padidėja $\dot{V}CO_2$, dėl kurio ir $\dot{V}CO_2$, ir RER rodikliai yra kur kas didesni, kai laktato koncentracija kraujyje padidėja (Whipp, Ward, 1991). Atliekant vidutinio intensyvumo darbą, daugeliu tyrimų nustatytas \dot{V}_E , ir $\dot{V}O_2$, reikšmių kaitos glaudus ryšys (Casaburi et al., 1978; Caiozzo et al., 1987; McLellan, Gass, 1989). Kai kurie tyrimai parodė, kad jei eksperimento metu fizinis darbas atliekamas skirtingomis sąlygomis, pavyzdžiui, po prieš tai atlikto krūvio (Bouno, Roby, 1982), \dot{V}_E dėl $\dot{V}CO_2$ didėja neproporcingai. D. Schneider ir J. Berwick (1998) \dot{V}_E ir $\dot{V}CO_2$ priklausomybę ištyrė po vienos minutės maksimaliojo fizinio krūvio nuolat jį didindami ir nustatė, kad \dot{V}_E ir $\dot{V}CO_2$ rodikliai reikšmingai padidėjo.

Trečią darbo minutę gauti ŠSD rezultatai patvirtino A. Stasiulio ir kt. (2001) tyrimo rezultatus, kuriais nustatyta, kad didėjant darbo intensyvumui

ŠSD statistiškai reikšmingai didesnis po tokio paties anaerobinio prieškrūvio, kai darbo intensyvumas buvo iki arba lygus laktato slenksčiui. Gauti ŠSD kaitos duomenys rodo, kad, kai darbo intensyvumas yra didesnis negu laktato slenkstis, tiesioginė širdies nervų kontrolė (simpatinė ir parasimpatinė) nepakinta, lyginant su darbo intensyvumu, mažesniu negu laktato slenkstis, ir kad viena iš ŠSD pokyčio priežasčių po maksimaliojo anaerobinio krūvio greičiausiai yra padidėjęs katecholaminų kiekis. Šitam procesui gali turėti įtakos ir periferiniai refleksai, kurie stimuliuoja minutės kraujo tūrį, kai sumažėja raumenų pH. Negalima atmesti ir padidėjusios kūno temperatūros poveikio ŠSD nuosekliai didinamo krūvio pradžioje.

Nustatėme, kad deguonies suvartojimas trečią darbo minutę didėjo priklausomai nuo nuosekliai didinamo kartotinio krūvio intensyvumo ir po MAK nepakito, išskyrus tai, kad ramybės metu buvo didesnis ($p < 0,05$). Deguonies suvartojimo padidėjimas esant ramybės būsenai po prieš tai atlikto krūvio gali būti susijęs su kūno temperatūros ir katecholaminų kiekio padidėjimu, substratų panaudojimo pokyčiais arba laktato metabolizmu.

Yra nustatyta, kad sunkus krūvis padidina ne tik dirbančių, bet ir kitų raumenų temperatūrą (Knuttgen et al., 1982). M. Endo ir kt. (2004) nustatė, kad, kai darbas atliekamas peržengus laktato slenkstį, prieš tai atlikto sunkaus krūvio poveikio kitam $\dot{V}O_2$ atsakui nebūna, tai ypač pastebima tarp jaunų ir vidutinio amžiaus žmonių. Mūsų gautų ir kitų autorių ankstesnių tyrimų duomenys iš esmės sutampa (Germino et al., 1996; MacDonald et al., 1997; Burnley et al., 2002; Fukuba et al., 2002; Endo et al., 2004).

IŠVADA

Po maksimaliojo anaerobinio prieškrūvio atliekant kartotinį nuosekliai didinamą fizinį krūvį veloergometru (metabolinės acidozės sąlygomis), vegetacinių sistemų rodiklių priklausomybė nuo krūvio kinta skirtingai. Anaerobinis prieškrūvis reikšmingai veikia tik La koncentraciją, ŠSD ir jo kaitą bei $P_{ET}CO_2$ dydį ($p < 0,05$). Kitų tirtų rodiklių ($\dot{V}CO_2$, $\dot{V}O_2$, \dot{V}_E) absoliučios reikšmės ir priklausomybė nuo darbo intensyvumo išlieka panašios.

LITERATŪRA

- Bearden, S. E., Moffatt, R. J. (2001). VO_2 and heart rate kinetics in cycling: transitions from an elevated baseline. *Journal of Applied Physiology*, 90, 2081—2087.
- Buono, M. J., Roby, F. B. (1982). Acid-base, metabolic and ventilatory responses to repeated bouts of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 53, 436—439.
- Burnley, M., Doust, J. H., Ball, D., Jones, A. M. (2002). Effects of prior exercise on VO_2 kinetics during the on-transient of heavy exercise are related to changes in muscle activity. *Journal of Applied Physiology*, 93, 167—174.
- Caiozzo, V. J., Davis, J. A., Berriman, D. J., Vandagriff, R. B., Prietto, C. A. (1987). Effect of high-intensity exercise on the V_E — VCO_2 relationship. *Journal of Applied Physiology*, 62, 1460—1464.
- Carter, H., Jones, A. M., Doust, J. H. (1999). Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 837—845.
- Casaburi, R., Whipp, B. J., Koyal, S., Wasserman, K. (1978). Coupling of ventilation to CO_2 production during constant load ergometry with sinusoidally varying pedal rate. *Journal of Applied Physiology*, 44, 97—103.
- 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.
- Endo, M., Usui, S., Fukuoka, Y. et al. (2004). Effects of priming exercise intensity on the dynamic linearity of the pulmonary VO_2 response during heavy exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 545—554.
- Fukuba, Y., Hayashi, N., Koga, S., Yoshida, T. (2002). VO_2 kinetics in heavy exercise is not altered by prior exercise with a different muscle group. *Journal of Applied Physiology*, 92, 2467—2474.
- Germino, 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.
- Jones, A. M., Carter, H. (2004). Oxygen uptake-work rate relationship during two consecutive ramp exercise tests. *International Journal of Medicine*, 36, 1643—1550.
- Knuttgen, H. G., Nadel, E. R., Pandolf, K. B., Patton, J. F. (1982). Effects of training with eccentric muscle contraction on exercise performance, energy expenditure and body temperature. *International Journal of Sports Medicine*, 3, 13—17.
- Koppo, K., Bouckaert, J. (2001). The effect of prior high-intensity cycling exercise on the VO_2 kinetics during high-intensity cycling exercise is situated at the additional slow component. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 21—26.
- 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 Analytical Chemistry of USSR*, 43 (7), 1521—1523.
- MacDonald, M., Pedersen, P. K., Hughson, R. L. (1997). Acceleration of VO_2 kinetics in heavy submaximal exercise by hyperoxia and prior high-intensity exercise. *Journal of Applied Physiology*, 83, 1318—1325.
- McLellan, T., Gass, G. (1989). The relationship between the ventilation and thresholds following normal, low and high carbohydrate diets. *European Journal of Applied Physiology*, 58, 568—576.

- Meyer, K., Schwaibold, M., Hajric, R. et al. (1998). Delayed $\dot{V}O_2$ kinetics during ramp exercise: a criterion for cardiopulmonary exercise capacity in chronic heart failure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 643—648.
- Rieu, M., Ferry, A., Martin, M. C., Duvallet, A. (1990). Effect of previous supramaximal work on lacticaemia during supra-anaerobic threshold exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61 (3—3), 223—229.
- Sanchis Moysi, J., Garcia-Romero, J. C., Alvero-Cruz, J. R. et al. (2005). Effects of eccentric exercise on cycling efficiency. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 30 (3), 259—275.
- Scheuermann, B. W., Hoelting, B. D., Noble, M. L., Barstow, T. J. (2001). The slow component of $\dot{V}O_2$ uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. *Journal of Physiology (London)*, 531, 245—256.
- Schneider, D., Berwick, J. (1998). \dot{V}_E and $\dot{V}CO_2$ remain tightly coupled during incremental cycling performed after a bout high-intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 72—76.
- Stasiulis, A., Dubininkaitė L., Aleksandravičienė, R. (2001). Anaerobinio prieškrūvio poveikis ŠSD kaitai įsidirbimo fazėje priklausomai nuo darbo intensyvumo. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2, 47—54.
- Tordi, N., Perrey, S., Harvey, A., Hughson, R. L. (2003). Oxygen uptake kinetics during two bouts of heavy cycle separated by fatiguing sprint exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 94, 533—541.
- Wasserman, K. (1978). Breathing during exercise. *New England Journal of Medicine*, 298, 780—785.
- Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Whipp, B. J., Casaburi, R. (1999). *Principles of exercise testing and interpretation* (3rd ed.). Philadelphia, USA: Lea & Febiger.
- Whipp, B. J., Davis, J. A., Torres, F., Wasserman, K. A. (1981). A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 50, 217—221.
- Whipp, B. J., Ward, S. A. (1991). The coupling of ventilation to pulmonary gas exchange during exercise. In B. J. Whipp, K. Wasserman (Eds.), *Pulmonary Physiology and Pathophysiology of Exercise*. New York: Dekker. P. 271—307.

CARDIORESPIRATORY SYSTEM PARAMETERS DURING INTERMITTENT INCREASING CYCLING EXERCISE AFTER PRIOR ANAEROBIC LOAD

Loreta Dubininkaitė, Arvydas Stasiulis, Kristina Zaičėnkoviėnė
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

This study was aimed to determine the influence of prior anaerobic load on the cardio-respiratory system and blood lactate parameters during intermittent increasing cycling exercise. Seven female students from the Lithuanian Academy of Physical Education (age — 22.1 (1.5) years, height — 169.2 (6.6) cm, weight — 57.7 (5.1) kg, maximal oxygen consumption — 41.9 (5.2) ml·kg·min⁻¹) performed the continuous increasing test until exhaustion and two intermittent increasing tests (IT) on Monark ergometer. One of the IT was conducted 15 min after maximal anaerobic 30 s load (MAL), e.g. under conditions of metabolic acidosis. Pulmonary gas exchange was measured breath-by-breath throughout all tests. Maximal oxygen consumption ($\dot{V}O_{2max}$) was determined as the highest value in 20 s period before the subjects' volitional termination of the continuous increasing test. The heart rate (HR) was continuously recorded using „Polar S810“ HR monitor (Finland). Blood samples were collected from the finger tip for immediate analysis of blood lactate concentration („Eksan-G“, Kulis et al., 1988). The samples were taken before and at the end of each load phase of IT.

The dynamics of blood lactate (La) concentration during IT was changed after MAL. After decreasing at initial loads (before test 7.83 (1.36); 17 W — 6.05 (1.49); 50 W — 4.47 (1.36); 75 W — 3.18 (1.15); 100 W — 3.08 (1.08) mmol / l), it started increasing at the intensities near the lactate threshold (125 W — 3,92 (1,26) mmol / l; 150 W — 5,19 (1,59) mmol / l). Under both conditions the HR was linearly increasing as the function of work intensity, but was significantly higher at lower intensities after MAL. The values of peak end tidal CO_2 pressure ($P_{ET}CO_2$) were significantly decreased at all intensities in comparison with control values. The dynamics and values of oxygen uptake, CO_2 output and pulmonary ventilation did not significantly change under conditions of metabolic acidosis.

Keywords: pulmonary gas exchange, heart rate, blood lactate, cycling intensity, metabolic acidosis.

Gauta 2006 m. sausio 16 d.
Received on January 16, 2006

Priimta 2006 m. gegužės 25 d.
Accepted on May 25, 2006

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