

FIZIŠKAI AKTYVIŲ ASMENŲ, GREIČIO IR IŠTVERMĖS ŠAKŲ SPORTININKŲ KVĖPAVIMO RODIKLIAI RAMYBĖS METU IR NUOSEKLIAI DIDINANT KRŪVĮ

Arvydas Stasiulis, Audrius Kilikevičius, Loreta Dubininkaitė,
Tomas Venckūnas, Sandra Raubaitė
Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Arvydas Stasiulis. Profesorius biomedicinos mokslų daktaras. Lietuvos kūno kultūros akademijos Taikomosios fiziologijos ir kineziterapijos katedros vedėjas. Mokslinių tyrimų kryptis — sportininkų aerobinio pajėgumo tyrimas.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — palyginti fiziškai aktyvių asmenų, greičio ir ištvermės šakų sportininkų kvėpavimo rodiklius ramybės būsenoje ir nuosekliai greitėjančio bėgimo metu.

Buvo tiriami 19–30 metų amžiaus fiziškai aktyvūs asmenys ($n = 11$, $\dot{V}O_{2max} = 49,95$ (7,53)), ištvermės ($n = 11$, $\dot{V}O_{2max} = 67,91$ (5,24)) ir greičio ($n = 11$, $\dot{V}O_{2max} = 56,53$ (5,10)) šakų sportininkai.

Kvėpavimo ir dujų apykaitos rodikliai buvo registruojami naudojant nešiojamą dujų analizatorių „Oxycon Mobile“ (Jaeger, Vokietija). Nuosekliai didinamas krūvis (NDK) buvo atliekamas bėgtakiu LE 200 CE (VIASYS, Vokietija). Po 3 min bėgimo 7 km/h greičiu bėgimo greitis kas 6 s buvo didinamas 0,1 km/h esant 1% takelio įkalnei. Pasiekus 20 km/h greitį kas 6 s toliau buvo didinama įkalnė po 0,05%. Tarp grupių kvėpavimo funkcijos rodiklių (gyvybinės plaučių talpos (GPT), forsuoto iškvėpimo talpos (FIT), maksimalios valingos ventiliacijos (MVV) ir kt.) ramybės metu reikšmingo skirtumo nebuvo. Visų grupių tiriamieji, pasiekę maksimalų kvėpavimo tūrį (KT) panaudodavo daugiau nei pusę FIT, atitinkamai fiziškai aktyvūs asmenys, ištvermės ir greičio šakų sportininkai — jų KT_{max} siekdavo 57,75 (9,68), 55,14 (11,53) ir 53,71 (9,46)% FIT. Krūvio metu didžiausias kvėpavimo dažnumas (KD) vidutiniškai siekdavo 57,33 (15,96), 58,13 (22,56) ir 54,13 (15,92)% KD, pasiekto 10 s trukmės MVV metu. NDK metu ištvermės šakų sportininkų santykinė plaučių ventiliacija ties ventiliaciniais slenksčiais ir $\dot{V}E_{max}$ didesnė ($p < 0,05$) negu fiziškai aktyvių asmenų. Tai jie pasiekia dažniau kvėpuodami ($p < 0,05$).

Tyrimo metu nustatyta, kad kvėpavimo funkcijos rodikliai ramybės metu tarp fiziškai aktyvių asmenų, ilgųjų ir trumpųjų nuotolių bėgikų nesiskiria, o ištvermės šakų sportininkų plaučių ventiliacijos ir kvėpavimo dažnio rodikliai didesni nuosekliai didinamo krūvio metu.

Raktažodžiai: plaučių ventiliacija, nuosekliai greitėjantis bėgimas, sporto treniruotės poveikis.

ĮVADAS

Seniai žinoma, kad atliekant fizinį krūvį plaučių ventiliacija (VE) padidėja. Tai leidžia suaktyvinti raumenų metabolizmą ir palankyti organizmo homeostazę (Dempsey et al., 1990; Haldane, Priestley, 1905). Didėjant fizinio darbo galingumui, VE taip pat didėja. Atliekant nuosekliai didinamo krūvio testus, pradžioje VE labiau kinta dėl kvėpuojamojo tūrio (KT) nei kvėpavimo dažnumo (KD) didėjimo, vėliau KT stabilizuojasi ar pradeda mažėti, todėl tolesnį VE didėjimą

palaido spartesnis KD (Younes, Kivinen, 1984). Nėra tiksliai žinoma, ar maksimalūs kvėpavimo funkcijos rodiklių ramybės būsenoje ir nuosekliai didinamo krūvio metu, plaučių ventiliacijos ir jos sudedamųjų dalių didėjimas priklauso nuo fizinio pajėgumo, treniruotumo ar jo specifikos (Folinsbee et al., 1983; Mahler et al., 1991; Lucia et al., 1999; Eastwood et al., 2001). Nustatyta, kad tik plaukikų santykiniai (ūgio atžvilgiu) kvėpavimo funkcijos rodikliai buvo reikšmingai didesni negu sausu-

mos šakų sportininkų ar nesportuojančių asmenų (Doherty, Dimitriou, 1997). Tiriant profesionalius dviratininkus nustatyta, kad jų KT gali didėti viso nuosekliai didinamo krūvio metu (Lucia et al., 1999), o esant maksimaliai $\dot{V}E$ ($\dot{V}E_{max}$) kvėpuojama dažniau (Folinsbee et al., 1983). Manoma, kad padidinus kvėpavimo sistemos pajėgumą galima pagerinti sportinius rezultatus be reikšmingų maksimalaus deguonies suvartojimo ($\dot{V}O_{2max}$) pokyčių (Boutellier et al., 1992; Inbar et al., 2000). Pastebėta, kad dėl adaptacijos prie fizinių krūvių, esant tai pačiai $\dot{V}E$, KT padidėja, o KD sumažėja (Casaburi et al., 1987). P. R. Eastwood ir kt. (2001) teigimu, tokie $\dot{V}E$ ir jos komponentų pokyčiai gali būti susiję su padidėjusia kvėpavimo raumenų jėga ir ištvirme, mažesniu metaboliniu (acidozės) poveikiu. Šio tyrimo tikslas — palyginti fiziškai aktyvių asmenų, greičio ir ištvėrmės šakų sportininkų kvėpavimo rodiklius ramybės būsenoje ir nuosekliai greitėjančio bėgimo metu.

TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

Tiriamieji. Savanoriškai sutiko būti tiriami 33 vyrai, tarp jų 11 fiziškai aktyvių ir toks pat skaičius ištvėrmės (ilgųjų ir vidutinių nuotolių bėgimo, sportinio ėjimo, orientavimosi), greičio (trumpųjų nuotolių bėgimo, šuolių į tolį) šakų sportininkai (1 lent.). Maksimalaus deguonies suvartojimo rodikliai tarp grupių skyrėsi statistiškai reikšmingai ($p < 0,001$). Leidimas atlikti tyrimą buvo gautas iš Kauno regioninio bioetikos komiteto.

Tyrimo metodai. *Antropometrija.* Naudojant specialų ūgio matuoklį ir kūno kompozicijos analizatorių „TBF-300“ (Japonija) buvo nustatytas tiriamųjų ūgis ir kūno svoris.

Spirometrija ir kvėpavimo dujų apykaitos matavimas. Norint įvertinti tiriamųjų plaučių funkcinius (gyvybinės plaučių talpos (GPT)), forsuoto iškvėpimo talpos (FIT), maksimalios valingos ventiliacijos (MVV) ir kt.), kiekvieno kvėpavimo ciklo dujų apykaitos ($\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$) ir kvėpavimo rodiklius ($\dot{V}E$, KT, KD) ramybės būsenoje ir krūvio metu, naudotas nešiojamas dujų analizatorius „Oxycon Mobile“ (Jaeger, Vokietija). Prieš kiekvieną testavimą prietaisas buvo kalibruojamas

naudojant standartinę gamintojų procedūrą ir žinomos koncentracijos dujų mišinį.

Pulsometrija. Tyrimo metu visų tiriamųjų širdies susitraukimų dažnis (ŠSD) 5 sekundžių intervalais buvo registruojamas pulso matuokliu „Polar S810“ (Suomija).

Nuosekliai didinamo krūvio testas. Testo pradžioje pirmas 3 min tiriamieji bėgdavo pastoviu 7 km / h greičiu esant 1% įkalnei, paskui kas 6 s bėgtakio juostos sukimasis buvo nuosekliai didinamas po 0,1 km / h iki 20 km / h greičio. Kai tiriamasis pasiekdavo pastovų 20 km / h greitį, įkalnė pradėdama didinti (0,05% kas 6 s). Tiriamasis testą nutraukdavo, kai dėl nuovargio nebegalėdavo toliau bėgti.

Maksimalaus deguonies suvartojimo ir ventiliacinių slenksčių nustatymas. Pagal deguonies suvartojimo ($\dot{V}O_2$) ir darbo galingumo priklausomumą buvo nustatomas maksimalus deguonies suvartojimas. Juo buvo laikoma didžiausia 15-os krūvio sekundžių $\dot{V}O_2$ vidutinė reikšmė. Ventiliaciniai slenksčiai buvo nustatomi pagal ventiliacinių deguonies ($\dot{V}E / \dot{V}O_2$) ir anglies dioksido ekvivalentų ($\dot{V}E / \dot{V}CO_2$) bei parcialinių O_2 (PETO₂) ir O_2 (PETCO₂) slėgių iškvėpimo pabaigoje priklausomumą nuo darbo galingumo. Darbo galingumas, kai PETO₂, $\dot{V}E / \dot{V}O_2$ pradeda didėti, o PETCO₂, $\dot{V}E / \dot{V}CO_2$ nekinta, buvo laikomas pirmu ventiliaciniu slenksčiu (VeS₁), antru (VeS₂) — tas, kurį viršijus PETCO₂ pradeda mažėti, o $\dot{V}E / \dot{V}O_2$ — dar sparčiau didėti kartu didėjant $\dot{V}E / \dot{V}CO_2$ (Beaver et al., 1986; Whipp, Ward, 1991).

Santykinių reikšmių ir procentinio indėlio apskaičiavimas. Rezultatų analizės metu naudotos santykinės rodiklių reikšmės buvo gaunamos absoliučią rodiklio reikšmę padalijus iš tiriamojo kūno svorio.

KT procentinis indėlis į $\dot{V}E$ buvo apskaičiuojamas padidėjusio KT ir pradinio KT skirtumą padauginus iš padidėjusio KD, ir visa tai padalijus iš ventiliacinio prieaugio ir padauginus iš šimto. Šimto procentų skirtumas su gautu rezultatu atitiko KD procentinį indėlį. Vertinant KT ir KD indėlių nuo 3-ios minutės iki VeS₁, pradinėmis reikšmėmis buvo laikomas 3-ios minutės paskutinių 30 s rodiklių vidurkis, o padidėjusias reikšmes atitiko 30 s vidurkis ties VeS₁. Skaičiuojant indėlį tarp

Tiriamųjų grupė	Amžius, m.	Svoris, kg	Ūgis, cm	$\dot{V}O_{2max}$ ml / kg / min	ŠSD _{max} tv. / min
Kontrolinė	25,82 (3,57)	81,15 (14,37)†	183,45 (7,80)	49,95 (7,53)	194,64 (9,57)
Ištvėrmės	24,27 (3,95)	67,35 (3,84)	180,64 (6,23)	67,91 (5,24)*	192,06 (11,59)
Greičio	22,82 (2,48)	74,67 (5,80)	182,91 (5,41)	56,53 (5,10)#	192,96 (9,29)

1 lentelė. Tiriamųjų charakteristika

Pastaba. Pateikti aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. * — $p < 0,001$, lyginant su kontrolinės ir greičio, # — $p < 0,05$, lyginant su kontrolinės, † — $p < 0,01$, lyginant su ištvėrmės grupių rodikliais.

ventiliacinių slenksčių, pradiniu buvo laikomas vidurkis ties VeS1, o padidėjusios rodiklių reikšmės atitiko vidurkį ties VeS2.

Tyrimo organizavimas. Pirmiausia visi tiriamieji buvo išsamiai supažindinami su tyrimo protokolu ir gautas raštiškas sutikimas dalyvauti jame. Skirtingų grupių tiriamieji buvo testuojami atsitiktine tvarka, jiems fiziškai darbingiausių paros metu. Prieš testą tiriamųjų buvo prašoma mažiausiai 12 valandų nesportuoti, pakankamai pailsėti ir pavalgyti ne vėliau kaip prieš dvi tris valandas iki testavimo. Viso tyrimo metu laboratorijoje buvo palaikoma 22–24°C oro temperatūra, 56% santykinis oro drėgnumas.

Testavimų pradžioje buvo atliekama 4–5 min pramankšta LE 200 CE (VIASYS, Vokietija) bėgtakiu esant pastoviam 7 km / h greičiui ir 1% įkalnei.

Prieš nuosekliai didinamo krūvio (NDK) testą buvo atliekami standartiniai plaučių funkcijos tyrimo testai sėdint. Jų metu užregistruota gyvybinė plaučių talpa (GPT), forsuito iškvėpimo, įkvėpimo rodikliai ir maksimali valinga ventiliacija (MVV). Norint nuosekliai didinamo krūvio metu nustatyti plaučių ventiliacijos (VE) ir jos komponentų (KT, KD) pokyčius tarp fiziškai aktyvių asmenų, išvermės ir greičio šakų sportininkų, buvo atliekamas NDK testas bėgtakiu, kol tiriamasis visiškai nuvargdavo. Viso NDK testo ir pasyvaus atsigavimo (5 min) po jo metu buvo registruojami dujų apykaitos ir kvėpavimo rodikliai.

Matematinė statistika. Buvo apskaičiuojami duomenų aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Rodiklių reikšmės tarp grupių paly-

gintos taikant vieno veiksnio dispersinę analizę. Pasirinktas statistinio reikšmingumo lygmuo $p < 0,05$.

REZULTATAI

Pritaikius vieno veiksnio dispersinę analizę nustatyta, kad pagrindiniai kvėpavimo funkcijos rodikliai (2 lent.), užregistruoti prieš krūvį, tarp tiriamųjų grupių statistiškai reikšmingai nesiskyrė ($p > 0,05$). Santykinės rodiklių reikšmės (vienam kg kūno svorio) taip pat nesiskyrė ($p > 0,05$). Nuosekliai didinamo krūvio metu maksimalios (absoliučios ir santykinės) tiriamųjų ventiliacijos rodiklių (KT, KD) reikšmės nesiskyrė ($p > 0,05$). Visų grupių tiriamieji, pasiekę maksimalų kvėpavimo tūrį (KT), panaudodavo daugiau nei pusę FIT, o didžiausias fiziškai aktyvių asmenų išvermės ir greičio šakų sportininkų kvėpavimo dažnumas (KD) atitinkamai siekdavo 57,33 (15,96), 58,13 (22,56) ir 54,13 (15,92)% kvėpavimo dažnumo, pasiekto 10 s trukmės MVV metu (3 lent.).

Skirtingais nuosekliai didinamo krūvio etapais įvertinus panaudotą kvėpavimo rezervą (KR) nustatyta, kad ties pirmu ventiliaciniu slenksčiu visos trys grupės panaudoja panašią KR dalį. Toliau didinant krūvį, išvermės šakų sportininkai daugiau panaudoja KR nei kiti tiriamieji. Greičio šakų sportininkų KR skirtingais krūvio etapais panaudotas artimas kontrolinės grupės reikšmėms (1 pav.).

Vertinant plaučių ventiliacijos ir jos komponentų (KT, KD) pokyčius NDK pradžioje, ties VeS1, VeS2 ir $\dot{V}E_{max}$, buvo analizuojamos absoliučios ir santykinės (vienam kg kūno svorio) rodiklių

2 lentelė. Maksimalūs kvėpavimo funkcijos rodikliai tiriamiesiems sėdint

Kvėpavimo funkcijos rodikliai	Tiriamųjų grupės		
	Kontrolinė	Išvermės	Greičio
GPT, l	6,35 (0,62)	6,22 (1,17)	6,51 (1,15)
FVC, l	5,79 (0,44)	5,52 (0,70)	6,15 (1,02)
FEV1, l	5,25 (0,39)	5,04 (0,50)	5,39 (0,82)
FEV1%PVC	90,98 (8,13)	91,69 (4,28)	88,02 (6,83)
PEF, l / s	10,86 (1,20)	10,06 (1,51)	10,56 (1,49)
PIF, l / s	10,62 (1,84)	9,71 (1,81)	8,93 (2,34)
MVV, l / min	216,2 (24,25)	206,19 (32,16)	202,11 (29,88)
KT MVV, l	2,13 (0,53)	1,91 (0,73)	1,90 (0,63)
KD MVV, l / min	107,94 (31,30)	119,85 (37,85)	113,52 (25,86)

Pastaba. Pateikti aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai.

3 lentelė. KT_{max} ir KD_{max} plaučių funkcijos rodiklių atžvilgiu

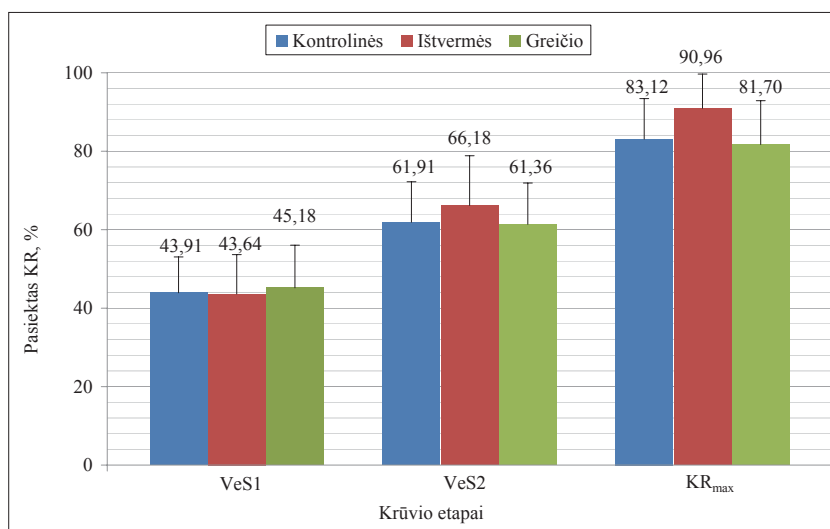
Rodikliai	Tiriamųjų grupės		
	Kontrolinė	Išvermės	Greičio
$VT_{max} \% FEV1$	64,36 (15,07)	59,90 (10,34)	60,87 (12,24)
$VT_{max} \% VC_{max}$	52,75 (8,83)	49,03 (7,54)	50,99 (7,92)
$VT_{max} \% FVC$	57,75 (9,68)	55,14 (11,53)	53,71 (9,46)
VT_{max} / VT MVV, kartai	0,64 (0,43)	0,81 (0,79)	0,81 (0,58)
VT_{max} / VT (ramybės), kartai	2,98 (0,98)	3,28 (1,49)	2,72 (0,94)
$BF_{max} \% BF$ MVV	57,33 (15,96)	58,13 (22,56)	54,13 (15,92)
BF_{max} / BF (ramybės), kartai	2,82 (1,45)	3,40 (1,48)	2,80 (0,93)

Pastaba. Pateikti aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai.

Krūvio etapai	Rodikliai	Tiriamųjų grupės					
		Kontrolinė		Ištvermės		Greičio	
		Absoliučios	Padidėjimas	Absoliučios	Padidėjimas	Absoliučios	Padidėjimas
3'	PV	53,93 (13,33)	2,97 (0,85)	41,91* (5,30)	3,14 (1,92)	49,60 (8,87)	2,74 (1,13)
	KT	2,07 (0,52)	1,46 (0,78)	1,36# (0,25)	0,95 (0,75)	1,83 (0,23)	1,18 (0,51)
	KD	27,14 (6,14)	0,73 (0,53)	30,65 (5,62)	1,12 (0,62)	27,88 (6,00)	0,77 (0,49)
VeS ₁	PV	76,85 (12,93)	4,73 (1,15)	78,94 (9,80)	6,87 (3,90)	81,39 (13,83)	5,10 (1,62)
	KT	2,59 (0,73)	2,07 (1,03)	2,05* (0,27)	1,91 (0,87)	2,27 (0,26)	1,71 (0,61)
	KD	31,67 (8,10)	1,07 (0,90)	39,30 (7,11)	1,70 (0,76)	36,52 (8,35)	1,33 (0,71)
VeS ₂	PV	109,52 (17,91)	7,15 (1,51)	118,24 (9,10)	10,66 (4,82)*	115,15 (17,83)	7,60 (2,17)
	KT	2,91 (0,63)	2,49 (1,11)	2,58 (0,17)	2,67 (1,11)	2,68 (0,30)	2,18 (0,69)
	KD	38,70 (7,55)	1,59 (1,04)	46,03 (3,67)	2,25 (1,07)	43,88 (8,90)	1,79 (0,75)
PV _{max}	PV	155,44 (23,57)	10,54 (1,72)	163,74 (16,78)	15,27 (7,41)#	152,12 (15,62)	10,34 (2,35)
	KT	2,74 (0,45)	2,26 (0,74)	2,65 (0,31)	2,84 (1,50)	2,78 (0,28)	2,32 (0,79)
	KD	56,89 (8,74)	2,73 (1,36)	61,88 (9,67)	3,32 (1,47)	55,39 (9,01)	2,55 (0,90)

4 lentelė. PV, KT ir KD absoliučios reikšmės ir padidėjimas (kartais) ramybės atžvilgiu

Pastaba. Pateikti aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. * — $p < 0,05$, lyginant su kontrolinės, # — $p < 0,05$, lyginant su kontrolinės ir greičio grupių rodikliais.



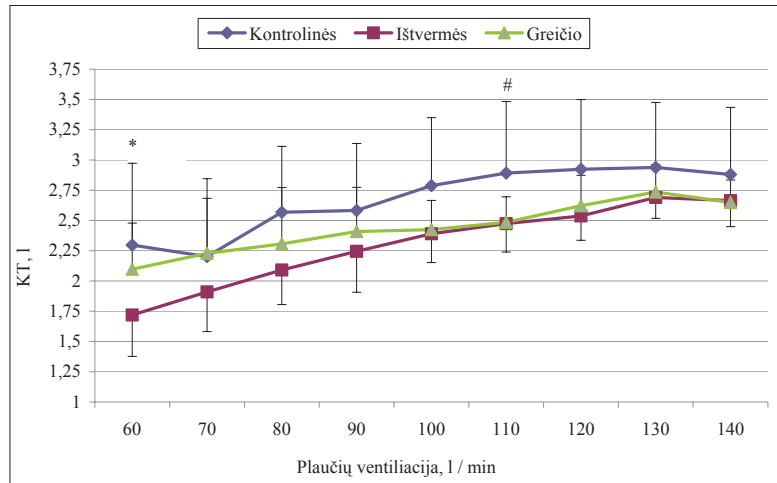
1 pav. Kontrolinės, ištvermės ir greičio grupių tiriamųjų kvėpavimo rezervas (KR) skirtingais krūvio etapais

reikšmės (4 lent.). Nustatyta, kad ištvermės šakų sportininkų plaučių ventilacija didesnė ties pirmu ($p < 0,01$), antru ($p < 0,01$) ventiliaciniu slenksčiu, lyginant rodiklius su kontroline grupe, ir didesnė ties $\dot{V}E_{max}$ ($p < 0,01$), lyginant su kontroline grupe ir greičio šakų sportininkais. KT buvo panašus, bet kvėpavimo dažnumas reikšmingai didesnis ($p < 0,05$) ištvermės šakų sportininkų. Palyginus tiriamųjų absoliučias KT ir KD reikšmes, esant vienodai $\dot{V}E$ (2 ir 3 pav.), nebuvo nustatyta reikšmingų skirtumų ($p > 0,05$).

Nuosekliai didinamo krūvio metu tarp tiriamųjų grupių pastebimas skirtingas KT ir KD procentinio

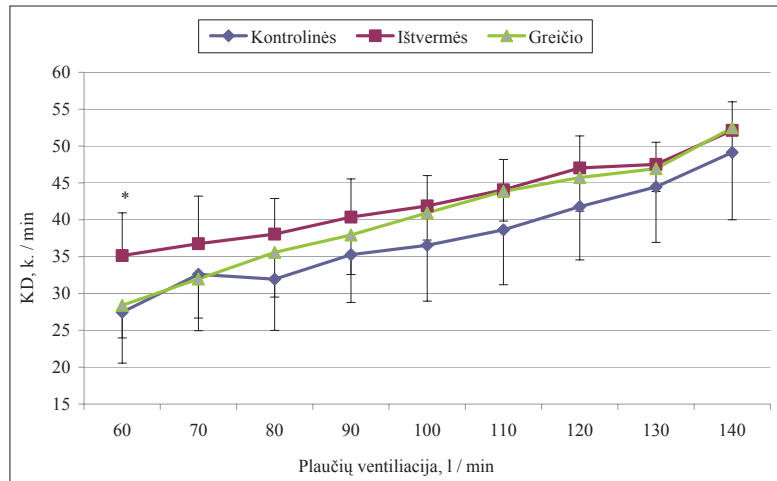
indėlio į $\dot{V}E$ didėjimą kitimo modelis (4 pav.). Nuo trečios krūvio minutės iki VeS₁ kontrolinės grupės tiriamųjų plaučių ventilacija didėja KT sąskaita, tarp ventiliacinių slenksčių šių rodiklių indėlis yra maždaug vienodas, o nuo VeS₂ iki $\dot{V}E_{max}$ ventiliacija didėja dėl didėjančio KD. Greičio grupėje ventiliacijos komponentų procentinis indėlis išlieka panašus (KT — 48,87%, KD — 51,12%) iki VeS₂ ir tik nuo šio slenksčio KD pradeda labiau veikti $\dot{V}E$ kitimą. Ištvermės šakų sportininkai daugiau KT išnaudoja (apie 63,67%) iki VeS₂, o toliau, kaip ir kitų tiriamųjų, ventiliacija didėja KD sąskaita.

2 pav. Tiriamųjų kvėpavimo tūris (KT) esant vienodai plaučių ventilacijai



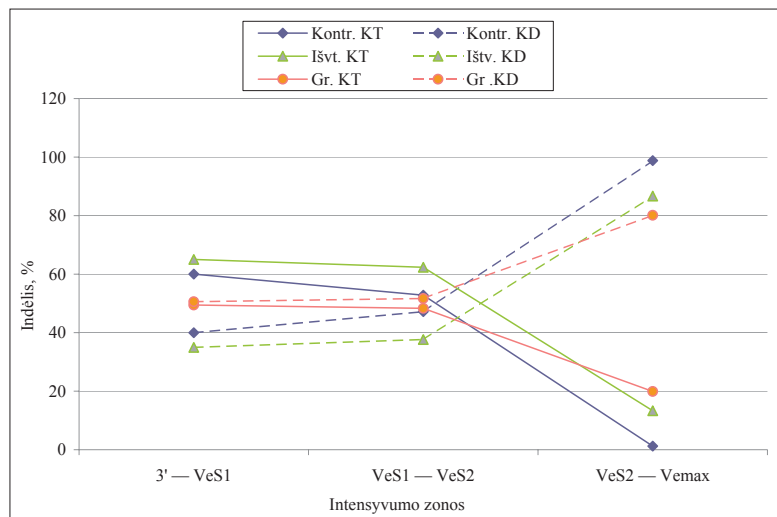
Pastaba. * — $p < 0,05$, lyginant su ištvermės, # — $p < 0,05$, lyginant su ištvermės ir greičio sportininkų rodikliais.

3 pav. Tiriamųjų kvėpavimo dažnumas (KD) esant vienodai plaučių ventilacijai



Pastaba. * — $p < 0,05$, lyginant su kontrolinės ir greičio grupių rodikliais.

4 pav. Kvėpuojamojo tūrio (KT) ir kvėpavimo dažnumo (KD) procentinis indėlis įVE skirtingose intensyvumo zonose



REZULTATŲ APTARIMAS

Šiuo tyrimu nustatyta, kad maksimalūs kvėpavimo funkcijos rodikliai ramybės metu tarp fiziškai aktyvių asmenų, ištvermės ir greičio šakų sportininkų nesiskiria, o nuosekliai didinamo krūvio metu ištvermės sportininkų plaučių ventilacija ir kvėpavimo dažnumas didesni.

C. Rong su kolegomis (2008) nustatė, kad kvėpavimo funkcijos rodikliai reikšmingai koreliuoja su sporto šaka, amžiumi, lytimi, ūgiu ir svoriu. J. Kift

ir E. Williams (2008) duomenimis, FIT1 reikšmės priklauso nuo tiriamojo ūgio. Atlikto tyrimo metu nebuvo nustatyta reikšmingo ($p > 0,05$) kvėpavimo funkcijos rodiklių skirtumo tarp fiziškai aktyvių asmenų ir sportininkų. Tikėtina, kad C. Rong ir kt. (2008) tyrimu reikšmingas kvėpavimo funkcijos rodiklių skirtumas tarp skirtingų šakų sportininkų nustatytas dėl kompleksinio antropometrinių ir kitų rodiklių poveikio, o ne dėl sporto šakos treniruočių specifikos. Mūsų tyrimo metu tik kontrolinės grupės asmenų kūno svoris buvo reikšmingai ($p < 0,01$)

didesnis nei ištvėrmės šakų sportininkų, o kiti antropometriniai rodikliai, galintys paveikti kvėpavimo funkciją, reikšmingai nesiskyrė ($p > 0,05$). Visgi palyginus santykinės (padalytas iš kūno svorio) kvėpavimo funkcijos rodiklių reikšmes reikšmingo skirtumo tarp grupių nebuvo nustatyta ($p > 0,05$). Tikėtina, kad net ilgalaikės greičio ar ištvėrmės treniruotės nepakeičia sveikų žmonių kvėpavimo funkcijos rodiklių ramybės metu. Tiesa, pastebimas teigiamas ištvėrmės treniruotės poveikis astma sergančių žmonių plaučių funkciniams rodikliams (Farid et al., 2005). Tik plaukikų santykiniai (ūgio atžvilgiu) kvėpavimo funkcijos rodikliai buvo reikšmingai didesni negu sausumos šakų sportininkų ar nesportuojančių asmenų (Doherty, Dimitriou, 1997).

Kitų autorių tyrimų rezultatai rodo, kad nuosekliai didinamo krūvio metu treniruotų asmenų (ypač ištvėrmės šakų sportininkų) $\dot{V}E_{max}$ yra didesnė nei nesportuojančių sveikų tiriamųjų (Folinsbee et al., 1983). Todėl reikšmingai nesiskiriant maksimalios valingos plaučių ventilacijos (MVV) testo rezultatams didžiausias panaudotas kvėpavimo rezervas nuosekliai didinamo krūvio metu tarp nesportuojančių asmenų siekia 60–80% (Folinsbee et al., 1983; Blackie et al., 1991), o profesionalių sportininkų — 85–90% (Folinsbee et al., 1983; Lucia et al., 2001). Dėl didesnės ištvėrmės šakų sportininkų $\dot{V}E$, didėjant darbo galingumui, pastebimas vis didesnis KR panaudojimas nei kitų tiriamųjų. Tuo tarpu greičio šakų sportininkų panaudotas KR skirtingais nuosekliai didinamo krūvio etapais artimas kontrolinės grupės rodikliams.

Kvėpavimo modelis ($\dot{V}E$, KT, KD) fizinio krūvio metu nepriklauso nuo skirtingo aerobinio pajėgumo (Ramonatxo et al., 1989) ar metinio treni-

ruočių ciklo etapo (Lucia et al., 2001). Nuosekliai didinamo krūvio metu daugelio sveikų žmonių, taip pat ir sportininkų, $\dot{V}E$ didelio intensyvumo zonoje toliau didėja dėl KD didėjimo, kai tuo tarpu mažėja ar stabilizuojasi KT (Folinsbee et al., 1983; Younes, Kivinen, 1984). Didelio meistriškumo sportininkų KT didėja viso krūvio metu (Lucia et al., 1999). Yra duomenų, kad dėl reguliarių fizinių krūvių kvėpavimas darosi retesnis ir gilesnis esant vienodai plaučių ventilacijai (Folinsbee et al., 1983). Atlikto tyrimo metu nustatyta priešingai — ištvėrmės šakų sportininkai kvėpuoja dažniau nei fiziškai aktyvūs asmenys ($p < 0,05$). P. Bernasconi ir kt. (1995) teigimu, bėgimo treniruotės neveikia kvėpavimo dažnumo ir bėgimo greičio tarpusavio ryšio. Didesnis, mūsų manymu, kvėpavimo dažnumas skirtingais krūvio etapais gali būti susijęs su didesniu žingsnių dažniu — ištvėrmės šakų sportininkai ventilacinius slenksčius pasiekia esant didesniam bėgimo greičiui nei mažiau sportuojantys. Tyrimų rezultatai rodo, kad didėjant bėgimo greičiui didėja žingsnių ilgis ir dažnis (Cavanagh, Kram, 1990). Kvėpavimo dažnumas koreliuoja su žingsnių dažniu. L. J. Folinsbee ir bendraautorių teigimu (1983), didelio meistriškumo sportininkai, padidėjus poreikiui pašalinti CO_2 , padidina kvėpavimo dažnumą sumažindami įkvėpimo ir iškvėpimo trukmę nesukeldami reikšmingų KT pokyčių.

IŠVADA

Maksimalūs kvėpavimo funkcijos rodikliai ramybės metu tarp fiziškai aktyvių asmenų, ištvėrmės ir greičio šakų sportininkų nesiskiria, o nuosekliai didinamo krūvio metu ištvėrmės sportininkų plaučių ventilacija ir kvėpavimo dažnumas didesni.

LITERATŪRA

- Beaver, W. L., Wasserman, K., Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology*, 60, 2020–2027.
- Bernasconi, P., Biirki, P., Biihrer, A., Koller, E. A., Kohl, J. (1995). Running training and co-ordination between breathing and running rhythms during aerobic and anaerobic conditions in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 387–393.
- Blackie, S. P., Fairbairn, M. S., McElvaney, N. G. et al. (1991). Normal values and ranges for ventilation and breathing pattern at maximal exercise. *Chest*, 100 (1), 136–142.
- Boutellier, U., Büchel, R., Kundert, A., and Spengler, Ch. (1992). The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65 (4), 347–353.
- Cavanagh, P., Kram, R. (1990). Stride length in distance running: Velocity, body dimensions, and added mass effects. In P. R. Cavanagh (Ed.), *Biomechanics of Distance Running* (pp. 35–63). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Casaburi, R., Storer, T. W., Wasserman, K. (1987). Mediation of reduced ventilator response to exercise after endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 63, 1533–1538.
- Dempsey, J. A., Johnson, B. D., Saupe, K. W. (1990). Adaptations and Limitations in the Pulmonary System during Exercise. *Chest*, 97, S 81–87.
- Doherty, M., Dimitriou, L. (1997). Comparison of lung volume in Greek swimmers, land based athletes, and sedentary controls using allometric scaling. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 337–341.
- Eastwood, P. R., Hillman, D. R., Finucane, K. E. (2001). Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. *Respirology*, 6 (2), 95–104.
- Farid, R., Azad, F. J., Atri, A. E. et al. (2005). Effect of aerobic exercise training on pulmonary function and tolerance of activity in asthmatic patients. *Iran Journal of Allergy Asthma Immunology*, 4 (3), 133–138.
- Folinsbee, L. J., Wallace, E. S., Bedi, J. F., Horvath, S. M. (1983). Exercise respiratory pattern in elite cyclists and sed-

- entary subjects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 15 (6), 503—509.
- Haldane, J. S., Priestley, J. G. (1905). The regulation of the lung ventilation. *Journal of Physiology*, 32, 225—266.
- Inbar, O., Weiner, P., Azgad, Y., Rotstein, A., Weinstein, Y. (2000). Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (7), 1233—1237.
- Kift, J., Williams, E. (2008). Ventilatory capacity and its utilisation during exercise. *Lung*, 186, 345—350.
- Lucia, A., Carvajal, A., Calderon, F. J., Alfonso, A., Chicharro, J. L. (1999). Breathing pattern in highly competitive cyclists during incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 79 (6), 512—521.
- Lucia, A., Hoyos, J., Chicharro, J. L. (1999). Heart rate response to professional road cycling: The Tour de France. *International Journal of Sports Medicine*, 20, 167—172.
- Lucia, A., Hoyos, J., Pardo, J., Chicharro, J. L. (2001). Effects of endurance training on breathing pattern of professional cyclists. *Japanese Journal of Physiology*, 51, 133—141.
- Mahler, D. A., Shuhart, C. R., Brew, E., Stukel, T. A. (1991). Ventilatory responses and entrainment of breathing during rowing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23, 186—192.
- McParland, C., Krishnan, B., Lobo, J., Gallagher, C. G. (1992). Effect of physical training on breathing pattern during progressive exercise. *Respiratory Physiology*, 90 (3), 311—323.
- Ramonatxo, M., Mercier, J., Prefaut, C. (1989). Relationship between aerobic physical fitness and ventilatory control during exercise in young swimmers. *Respiratory Physiology*, 78 (3), 345—356.
- Rong, C., Bei, H., Yun, M., Yuzhu, W., Mingwu, Z. (2008). Lung function and cytokine levels in professional athletes. *Journal of Asthma*, 45 (4), 343—348.
- Whipp, B. J., Ward, S. A. (1991). Coupling of ventilation to pulmonary gas exchange during exercise. In B. J. Whipp, K. Wasserman (Eds.), *Exercise: Pulmonary Physiology and Pathophysiology* (pp. 271—307). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Younes, M., Kivinen, G. (1984). Respiratory mechanics and breathing pattern during and following maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 57, 1773—1782.

RESPIRATORY PARAMETERS AT REST AND DURING GRADED EXERCISE TEST IN ENDURANCE ATHLETES, SPRINTERS AND PHYSICALLY ACTIVE PERSONS

Arvydas Stasiulis, Audrius Kilikevičius, Loreta Dubininkaitė,
Tomas Venckūnas, Sandra Raubaitė
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of this study was to compare respiratory function variables between physically active subjects, endurance and sprint athletes at rest and during incremental running exercise. 19—30 year-old physically active males ($n = 11$, $\dot{V}O_{2max} = 49.95$ (7.53)), endurance ($n = 11$, $\dot{V}O_{2max} = 67.91$ (5.24)) and sprint ($n = 11$, $\dot{V}O_{2max} = 56.53$ (5.10)) athletes were involved as subjects in this study. Spirometric and pulmonary gas exchange variables were measured using portable gas analyzer “Oxycon Mobile” (Jaeger, Germany). The subjects performed incremental running test until exhaustion on a LE 200 CE treadmill (VIASYS, Germany). After a 3 min stable (7 km / h) running period the load was increased incrementally (0.1 km / h per 6 s) to maximum 20 km / h speed, then the slope was raised (0.05% per 6 s) until the subject stopped the treadmill due to fatigue. Respiratory function measures (vital capacity (VC), forced vital capacity (FVC), maximum voluntary ventilation (MVV) etc.) were not significantly different between groups. All subjects used more than half of their FVC at maximum tidal volume (VT), VT was 57.75 (9.68), 55.14 (11.53) and 53.71 (9.46)% of FVC in sedentary, endurance and sprint groups, respectively. Maximal breathing frequency (BF) was 57.33 (15.96), 58.13 (22.56) and 54.13 (15.92)% of their BF reached during 10 s MVV. Endurance athletes showed significantly higher ($p < 0.05$) relative $\dot{V}E$ at ventilation thresholds and higher maximal $\dot{V}E$ during incremental load than physically active subjects. That was associated with higher BF ($p < 0.05$).

It was concluded that respiratory function at rest was not different between subjects, whereas endurance athletes demonstrated higher relative ventilation and higher BF during incremental running test.

Keywords: pulmonary ventilation, graded running test, influence of training.

Gauta 2009 m. balandžio 24 d.
Received on April 24, 2009

Priimta 2009 m. birželio 1 d.
Accepted on June 1, 2009

Arvydas Stasiulis
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302671
E-mail a.stasiulis@lkka.lt