

**Asta Mockienė, Pranas Mockus**

**AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIS  
AEROBINIO PAJĖGUMO IR METABOLIZMO  
KOMPONENTAMS**

Mokomoji knyga



Vytauto Didžiojo universitetas  
Kaunas, 2011

Apsvarstyta ir rekomenduota išleisti Vytauto Didžiojo universiteto Sporto centro tarybos posėdyje 2011-01-18 (protokolas Nr. 16).

Recenzentai:

Prof. habil. dr. Algirdas ČEPULĖNAS

Doc. dr. Daiva VIZBARAITĖ

ISBN 978-9955-12-700-0

© Asta Mockienė, 2011

© Pranas Mockus, 2011

© Vytauto Didžiojo universitetas, 2011

## TURINYS

SUTRUMPINIMAI.....	4
ĮVADAS .....	5
1. Maksimaliojo deguonies suvartojimo pokytis dėl aerobinių pratybų poveikio.....	8
2. Anaerobinės apykaitos slenksčių kaita dėl aerobinių pratybų poveikio.....	16
3. Deguonies suvartojimo kinetikos kaita dėl aerobinių pratybų poveikio.....	23
4. Aerobinių pratybų poveikis darbo efektyvumui.....	26
5. Širdies ir kraujagyslių sistemos lėtoji adaptacija dėl aerobinių pratybų poveikio.....	29
6. Kvėpavimo sistemos lėtoji adaptacija dėl aerobinių pratybų poveikio.....	37
7. Lipidų metabolizmo pokyčiai dėl aerobinių pratybų poveikio .....	40
8. Pagrindinės energijos apykaitos pokyčiai dėl aerobinių pratybų poveikio.....	45
IŠVADOS.....	51
LITERATŪRA .....	52

## SUTRUMPINIMAI

<i>AKS</i>	– arterinis kraujo spaudimas
<i>ANS</i>	– autonominė nervų sistema
<i>AOM</i>	– aktyvus ortostatinis mėginys
<i>Bch</i>	– bendras cholesterolis
<i>CKK</i>	– cirkuliuojančio kraujo kiekis
<i>DTL-ch</i>	– didelio tankio lipoproteinų cholesterolis
<i>GPT</i>	– gyvybinė plaučių talpa
<i>KD</i>	– kvėpavimo dažnis
<i>KMI</i>	– kūno masės indeksas
<i>KŠS</i>	– kairysis širdies skilvelis
<i>KŠSd</i>	– kairiojo širdies skilvelio skersmuo diastolės pabaigoje
<i>KT</i>	– kvėpuojamasis tūris
<i>[La]</i>	– laktato koncentracija kraujyje
<i>LKS</i>	– laktato kaupimosi slenkstis
<i>LS</i>	– laktato slenkstis
<i>MŠT</i>	– minutinis širdies tūris
<i>MŠT<sub>maks.</sub></i>	– maksimalusis minutinis širdies tūris
<i>MTL-ch</i>	– mažo tankio lipoproteinų cholesterolis
<i>PEA</i>	– pagrindinė energijos apykaita
<i>RR</i>	– tarpsistolinis intervalas
<i>RS</i>	– raumens skaidulos
<i>ŠKL</i>	– širdies kraujagyslių ligos
<i>ŠSD</i>	– širdies susitraukimų dažnis
<i>ŠSD<sub>maks.</sub></i>	– maksimalusis širdies susitraukimų dažnis
<i>ŠSDV</i>	– širdies susitraukimų dažnio variabilumas
<i>TAG</i>	– triacilgliceroliai
<i>ṀV<sub>E</sub></i>	– plaučių ventiliacija
<i>ṀV<sub>E,max</sub></i>	– maksimalioji plaučių ventiliacija
<i>ṀCO<sub>2</sub></i>	– anglies dvideginio išskyrimas
<i>ṀO<sub>2</sub></i>	– deguonies suvartojimas
<i>ṀO<sub>2,max</sub></i>	– maksimalusis deguonies suvartojimas
<i>VS</i>	– ventiliacinis slenkstis
<i>VS1</i>	– pirmasis ventiliacinis slenkstis

## ĮVADAS

Žmonių gyvenimo sąlygos kinta priklausomai nuo mokslo ir technikos pažangos, ekonomikos lygio. Darbo ir buities mechanizavimas, transportas mažina fizinį aktyvumą. Daugėja žmonių, dirbančių protinį darbą. Protiškai įtemptas darbas sėdint nereikalauja fizinės veiklos.

Ypač intensyviai gyvenimo sąlygos kito pastaraisiais dešimtmečiais. Tuo tarpu žmogaus genetika susiformavo seniai ir nekinta jau kelis šimtus tūkstantmečių, todėl biologinė žmogaus prigimtis pradėjo konfliktuoti su šiuolaikinio gyvenimo ypatumais – tai pasireiškia įvairiomis ligomis, nelaimingais atsitikimais, ankstyvomis mirtimis. Manoma, kad iš protėvių paveldėtas genomus yra toks, kad organizmas geriausiai funkcionuoja, kiekvieną dieną dirbdamas fiziškai (Eaton, 2003).

Nemažai tyrimų rodo, kad pasyvus gyvenimo būdas ir žemas fizinio pajėgumo lygis yra susijęs su sergamumu širdies ir kraujagyslių sistemos ligomis (Alevizon, 2005), per dideliu cholesterolio kiekiu (Deen, 2004), nutukimu, II tipo diabetu, osteoporozė (Dishman et al., 2004), didesne rizika mirti nuo vėžinių susirgimų (Tardon et al., 2005). Pasaulinės sveikatos organizacijos ekspertai skelbia prognozes, kad jau 2020 metais daugiau nei 70 proc. visų susirgimų lems netinkamas žmogaus gyvenimo būdas, o labiausiai – nepakankamas fizinis aktyvumas.

Publikuojama vis daugiau moksliniais tyrimais pagrįstų įrodymų, jog dėl reguliarių aerobinių pratybų poveikio padidėja žmogaus organizmo fizinis pajėgumas (Jones, Cartier, 2000; Ziemann et al., 2010), sumažėja pavojus susirgti įvairiomis ligomis (Meyer et al., 2007; Kodama et al., 2008; Martinmäki et al., 2008; Ross, Bradshaw, 2009), pagerėja gyvenimo kokybė (Iellamo, 2001; Garatachea, 2009).

Daugeliu tyrimų, atliktų per pastaruosius 50 metų, buvo nustatytas reguliarių ištvėmės pratybų profilaktinis poveikis širdies ir kraujagyslių rizikos veiksniams (hipertenzijai, hiperlipidemijai, nutukimui ir kt.) (McDoniel, 2007; Kodama et al., 2008; Martinmäki et al., 2008; Ross, Bradshaw, 2009). Ištyrus 30 kolegijos studentų (vaikinių ir merginų) paaiškėjo, kad 47 proc. iš jų turėjo vieną ar daugiau širdies ir kraujagyslių sistemos rizikos veiksnių (Orri et al., 2010). Tyrimų duomenimis, 36,6 proc. vyresnių nei 20 metų moterų serga vienokia ar kitokia širdies

ir kraujagyslių sistemos ligos forma (Zoeller, 2008). Manoma, kad fizinis pasyvumas vaikystėje ir jaunystėje yra vienas iš veiksnių, galintis paskatinti atsirasti širdies ir kraujagyslių, medžiagų apykaitos sutrikimų (Meriwether et al., 2008). Lavinti aerobinį pajėgumą sveikatos požiūriu yra naudingiausia, nes tai lemia kompleksinius ilgalaikius fiziologinius širdies ir kraujagyslių, kvėpavimo, raumenų sistemos atsakus (Londeree, 1997; Meyer et al., 2007; Sloan, 2009).

Yra keturi rodikliai, pagal kuriuos galima nustatyti aerobinį pajėgumą: maksimalusis deguonies suvartojimas ( $\dot{V}O_{2\max}$ ), darbo ekonomiškas, deguonies suvartojimo ( $\dot{V}O_2$ ) kinetika ir laktato / ventiliacinis slenkstis ( $LS/VS$ ) (Jones, Carter, 2000; Burnley, Jones, 2007). Šie kinematieji yra svarbūs kontroliuojant adaptacijos prie fizinių pratimų poveikio eigą, o išvardytų rodiklių vertinimas gali padėti nustatyti veiksmingiausių aerobinių pratimų būdą (McNicol et al., 2008). Yra žinoma, kad dėl reguliarių aerobinių pratimų padidėja  $\dot{V}O_{2\max}$  (Joyner, Coyle, 2008; Ziemann et al., 2010), anaerobinės apykaitos slenksčiai (Weltman et al., 1992; Jones, Carter, 2000; McConnell, Sharpe, 2005), parasimpatinės nervų sistemos aktyvumas, kvėpavimo funkcinių rodiklių reikšmės (Mahler et al., 1991; Farid et al., 2005). Sportuojant keičiasi lipidų koncentracija kraujyje. Reguliarios aerobinės pratybos sukelia lipidų ir lipoproteinų koncentracijos kraujyje pokyčius, keisdamos fermentų, dalyvaujančių lipoproteinų sintezėje, aktyvumą (Oscari et al., 1990; Helge et al., 2008). Tačiau mokslinėje literatūroje vis dar diskutuojama dėl optimalių fizinio krūvio rodiklių pagal amžių, lytį, fizinį pajėgumą ir kitas individualiąsias ypatybes (Martinmäki et al., 2008).

Lėtosios adaptacijos metu vykstantys organizmo morfofunkciniai pokyčiai priklauso nuo fizinių pratimų pobūdžio, pratimų programos trukmės, pratimų intensyvumo, dažnio ir trukmės (Jones et al., 2000; Hawley, 2008; Meyer et al., 2007), taip pat nuo sportuojančių asmenų individualių ypatybių.

Norint padidinti anksčiau nesportavusių asmenų aerobinį pajėgumą, pakanka per pratimas suteikti fizinį krūvį, kurio intensyvumas neviršija  $LS$  (Londeree, 1997). Aerobinės pratybos ventiliacinio slenkščio ( $VS$ ) intensyvumu gali reikšmingai padidinti nesitreniruojančių, pagyvenusių žmonių aerobinį pajėgumą (Ahmadi et al., 1998). Nustatyta, kad anksčiau nesportavusių asmenų  $\dot{V}O_{2\max}$  ir aerobinės ištvermės padidėjimas po pratimų programos tiesiogiai priklauso nuo treniravimo

apimties (Jennings et al., 1991). Tačiau R. Sloano ir kt. (2009) tyrimai parodė, kad fiziškai neaktyvių žmonių aerobinio pajėgumo kaita nepriklauso nuo pratybų apimties – taigi turi būti nustatyti kiti veiksniai. Anot D. Hanseno ir kt. (2008), 40 ir 60 minučių trukmės vienodo intensyvumo aerobinės pratybos sąlygoja panašią kraujo lipidų ir aerobinio pajėgumo kaitą, būdingą asmenims, kurie serga širdies ir kraujagyslių sistemos ligomis. L. C. Dalleckas ir kt. (2009), ištyrę sveikas moteris, aptiko egzistuojant reikšmingą sąveiką tarp pratybų trukmės ir  $\dot{V}O_{2\max}$ , kūno masės, kūno kompozicijos, juosmens apimties ir *DTL-ch* kaitos dėl reguliarių aerobinių pratybų poveikio.

Šioje mokomojoje knygoje yra apžvelgiami moksliniai tyrimai apie aerobinių pratybų poveikį aerobinio pajėgumo ir metabolizmo komponentams. Mokomoji priemonė parengta remiantis įvairių užsienio ir Lietuvos autorių publikacijomis. Knyga skiriama studentams, studijuojantiems kūno kultūrą, fizinį aktyvumą ir sveikatos mokslą.

Nuoširdžiai dėkojame recenzentams – LKKA prof. habil. dr. A. Čepulėnui ir doc. dr. D. Vizbaraitei už vertingus patarimus ir pastabas rengiant šią knygą.

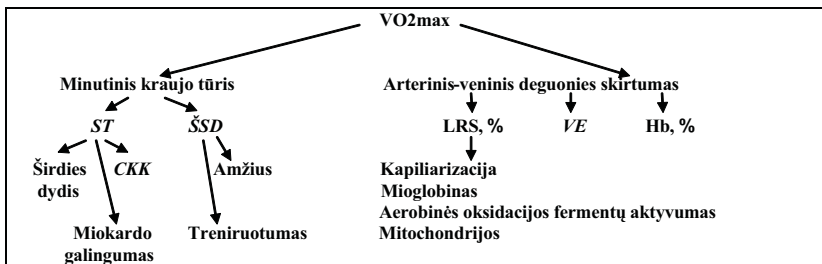
# 1. MAKSIMALIOJO DEGUONIES SUVARTOJIMO POKYTIS DĖL AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIO

Maksimalusis deguonies suvartojimas ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) yra vienas svarbiausių rodiklių, apibūdinančių aerobinį organizmo pajėgumą. Tai didžiausias deguonies kiekis, kurį žmogus, sunkiai dirbdamas, gali suvartoti.  $\dot{V}O_{2\max}$  labiausiai nulemia dviejų pagrindinių organizmo sistemų savybės. Tai kardiorespiratorinės (ypač širdies ir kraujagyslių) sistemos gebėjimas kiek galima daugiau deguonies tiekti dirbantiems raumenims, taip pat pačių dirbančių raumenų gebėjimas kiek galima daugiau energijos pasigaminti aerobinių procesų metu. Žemas  $\dot{V}O_{2\max}$  yra sveikatos rizikos veiksnys, susijęs su ankstyva mirtimi (Timmons et al., 2010). Mokslinėje literatūroje  $\dot{V}O_{2\max}$  rodiklis dažniausiai naudojamas vertinant fizinių pratybų poveikį (Levine, 2008).

$\dot{V}O_{2\max}$  yra siejamas su gerais ištvermės rezultatais įvairiose sporto šakose (Jones et al., 2000; Levine, 2008). Šis rodiklis atskleidžia širdies ir kraujagyslių sistemos, kvėpavimo sistemos ir raumenų aerobinį pajėgumą. Nustatyta, kad ištvermės pratybos yra veiksmingas būdas padidinti  $\dot{V}O_{2\max}$  rodiklį (Mermier et al., 2008). Yra duomenų, kad  $\dot{V}O_{2\max}$  didėjimą dėl reguliarių aerobinių pratybų poveikio lemia didesnis minutinis širdies tūris ( $M\dot{S}T$ ), sistolinis tūris ( $ST$  – širdies per vieną sistolę išstumiama kraujo kiekis), cirkuliuojančio kraujo kiekis ( $CKK$ ), širdies dydis, galingumas, širdies susitraukimų dažnis ( $\dot{S}SD$ ), griaučių raumenų, kapiliarų tankis, mitochondrijų kiekis raumenyse ir didesnis aerobinės oksidacijos fermentų aktyvumas (1 pav.) (Joyner et al., 2008).

Paaiškėjo, kad  $\dot{V}O_{2\max}$  labai reikšmingas maksimalusis minutinis širdies tūris ( $M\dot{S}T_{maks.}$ ) (Martinmäki et al., 2008). Aukštos  $\dot{V}O_{2\max}$  ir  $M\dot{S}T_{maks.}$  reikšmės, užregistruotos tiriant dideliu sportiniu meistriškumu pasižyminčius asmenis, turi sąsają su didelėmis  $ST$  reikšmėmis, kadangi sportininkų  $\dot{S}SD_{maks.}$  nelabai skiriasi nuo nesitreniruojančių žmonių  $\dot{S}SD_{maks.}$  (Spina et al., 1992). Dėl fizinių pratybų poveikio raumenims gali užtekti mažesnės kraujotakos, esant tam pačiam krūvio intensyvumui, kadangi padidėja arterinio / veninio deguonies skirtumas ( $aO_2 - vO_2$ ) (Jones et al., 2000). Dėl didesnio  $ST$ , kurį lemia didesnis kairysis skilvelis, miokardo kontraktiliškumas ir galinis diastolinis tūris, taip pat dėl sumažėjusio jautrumo katecholaminams (adrenalinui ir noradrenalinui) sumažėja  $\dot{S}SD$  dirbant submaksimaliu intensyvumu (Spina et al., 1992).





**1 pav.** Maksimalųjį deguonies suvartojimą ribojantys veiksniai  
 $\dot{V}O_{2\max}$  – maksimalusis deguonies suvartojimas; ST – sistolinis kraujo tūris;  
 CKK – cirkuliuojančio kraujo kiekis; ŠSD – širdies susitraukimų dažnis;  
 LRS, % – lėtų raumenų skaidulų procentas; VE – plaučių ventilacija;  
 Hb, % – kraujo hemoglobino koncentracija)

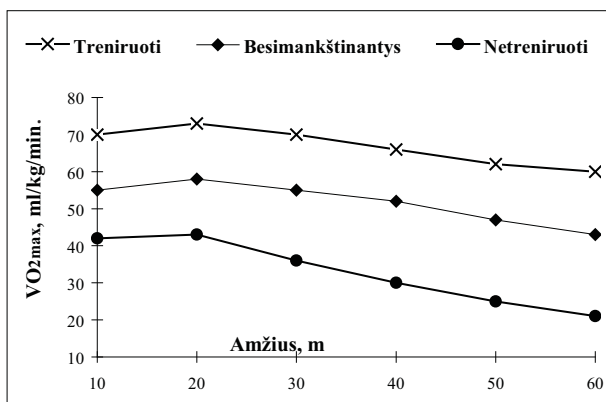
Didžiausių santykinį  $\dot{V}O_{2\max}$  pasiekia dideliu meistriškumu pasižymintys orientacininkai (vidutiniškai 69–89 ml/kg/min.), ilgųjų nuotolių bėgikai (apie 79–85 ml/kg/min.), triatlonininkai (apie 79 ml/kg/min.), profesionalūs plento dviratininkai (apie 79 ml/kg/min.), slidininkai ir irkluotojai (apie 6–7 l/min.) (Levine, 2008). Dideliu meistriškumu pasižyminčių sportininkų aukštą  $\dot{V}O_{2\max}$  ištvėmės sporto šakose lemia didelis miokardo galingumas ir didelės širdies kameros (Levine, 2008) (1 lentelė).

**1 lentelė.** Įvairių sporto šakų atstovų maksimaliojo deguonies suvartojimo rodikliai (Powers, Howley, 2004)

Sporto šaka	Absoliutūs $\dot{V}O_{2\max}$		Santykinis $\dot{V}O_{2\max}$	
	V	M	V	M
100–200 m bėgimas	3,9	3,0	52,9	52,9
400 m bėgimas	4,1	3,3	61,4	57,4
800–1500 m bėgimas	4,7	3,3	71,8	59,2
Maratono bėgimas	4,9		81,3	
Sportinis ėjimas	4,3		59,1	
Irklavimas	5,5	3,7	64,7	54,9
Boksas	3,9		64,7	
Futbolas	4,5		63,9	
Golfas	4,2		57,0	
Fechtavimasis	4,2		56,8	
Rankinis	4,7		57,2	
Šiuolaikinė penkiakovė	4,9	3,1	73,0	55,5
Stalo tenisas	4,1	2,9	58,0	53,0
Tinklinis	4,4	3,5	52,3	52,7
Krepšinis	4,9	4,0	58,0	57,2
Nesitreniruojantys	3,3	2,3	45,0	35,0

Pastaba. V – vyrai, M – moterys.

Nustatyta, kad  $\dot{V}O_{2\max}$  mažėja didėjant amžiui (2 pav.). L. Stathokostas ir kt. (2004) išsiaiškino, kad suaugusių vyrų  $\dot{V}O_2$  per 10 metų sumažėjo 14 proc., moterų – 7 proc. Per metus vyrų  $\dot{V}O_{2\max}$  sumažėjo 0,43 ml/kg/min., moterų – 0,19 ml/kg/min.  $\dot{V}O_{2\max}$  mažėjimą dėl amžiaus mokslininkai sieja su *MST* ir liesosios kūno masės mažėjimu. Moterų, kurios reguliariai daro aerobinius pratimus,  $\dot{V}O_{2\max}$  dėl amžiaus mažėja lėčiau nei nesportuojančių moterų. Moterų  $\dot{V}O_{2\max}$  reikšmės yra apie 10 proc. mažesnės nei vyrų (Joyner et al., 2008).

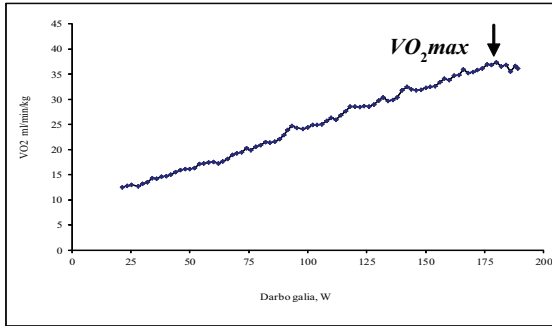


2 pav. Amžiaus ir treniruotumo veiksnių poveikis maksimaliojo deguonies suvartojimo kaitai (Physiology of Sport and Exercise, 1999)

Paveldimumo tyrimai rodo, kad 50 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$  priklauso nuo genetinių veiksnių (Levine, 2008). Jo santykinis dydis (ml/kg/min.) jau 10–12-os metų būna kaip ir suaugusių žmonių.  $\dot{V}O_{2\max}$  dėl ištvermę lavinančių treniruočių padidėja ne daugiau kaip 25–50 proc. Be to, B. Saltinas ir L. Rowellas (1980) pastebėjo: kuo mažesnis pradinis  $\dot{V}O_{2\max}$ , tuo didesnis būna jo prieaugis darant aerobines pratybas. Mokslininkai nenustatė menstruacinio ciklo fazių poveikio studentų  $\dot{V}O_{2\max}$ . Manoma, kad normalūs cikliniai estrogeno ir progesterono pokyčiai neturi reikšmingos įtakos šio rodiklio dydžiui.

$\dot{V}O_{2\max}$  gali būti nustatomas tiesioginiu ir netiesioginiu būdu. Pirmuoju atveju dažniausiai siekiama nuosekliai didėjančio fizinio krūvio vėloergometru, bėgtakiu arba natūraliomis sportinės veiklos sąlygomis (bėgant, slidinėjant, irkluojant, šokant ir kt.). Dujų analizatoriumi

tiriama iškvėpiamo oro sudėtis, nustatomas organizmo suvartoto deguonies kiekis. Suvartoto deguonies kiekio ir darbo galingumo priklausomybė atskleidžia  $\dot{V}O_{2\max}$  (3 pav.).



3 pav. Deguonies suvartojimo ir darbo galingumo priklausomybė

Tiesioginis  $\dot{V}O_{2\max}$  nustatymas yra procedūra, kuriai atlikti reikia sudėtingos aparatūros (4 pav.). Todėl  $\dot{V}O_{2\max}$  apytiksliai galima nustatyti netiesioginiu būdu. Todėl suteikamas vienas ar keli didelio ir submaksimalaus aerobinio intensyvumo krūviai, jų metu išmatuojamas širdies susitraukimų dažnis ir pagal formules, nomogramas arba grafiškai apskaičiuojamas  $\dot{V}O_{2\max}$ . Krūvis gali būti dozuojamas minant veloergometrą arba atliekant laipiojimo testą.  $\dot{V}O_{2\max}$  taip pat galima apytiksliai apskaičiuoti pagal ėjimo ar bėgimo rezultatus ar net fizinį aktyvumą. Absoliutusias  $\dot{V}O_{2\max}$  išreiškiamas l/min. Tačiau informatyvesnis yra santykinis  $\dot{V}O_{2\max}$ , išreiškiamas mililitrais  $O_2$  vienam kilogramui kūno masės per minutę (ml/kg/min.).

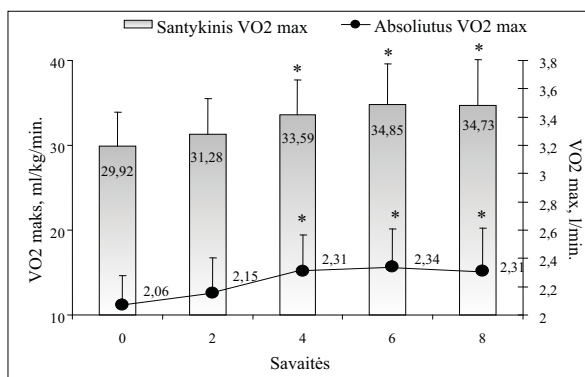


4 pav.  $\dot{V}O_{2\max}$  nustatymas tiesioginiu būdu atliekant nepertraukiamo, nuosekliai didinamo krūvio veloergometrinį testą

$\dot{V}O_{2\max}$  pokyčio dėl ištvėmės pratybų poveikio dydis priklauso ir nuo pratybų programos trukmės, pratybų dažnio, trukmės ir intensyvumo (Hawley, 2008; Levine, 2008). Amerikos sporto medicinos kolegija (ASMK) rekomenduoja minimalią aerobinių pratybų apimtį, galinčią padidinti neaktyvių žmonių  $\dot{V}O_{2\max}$ : trys kartai per savaitę po 20–60 min.

R. C. Hicksonas ir kt. (1981) nustatė, kad po devynių savaičių aerobinių pratybų  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo 23 proc., tačiau iš jų 14 proc. – jau per tris pirmąsias pratybų savaites. Toks spartus  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjimas gali būti susijęs su hipervolemija (ji padidina *ST*) ir didesniu organizmo atsparumu karščiui (Green et al., 1991).

H. Carter ir kt. (1999), ištyrę šešių savaičių 20–30 min. trukmės ištvėmės pratybų (penkis kartus per savaitę, *LS* intensyvumu) poveikį studentų aerobiniam pajėgumui, nustatė, kad tiriamųjų  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo vidutiniškai 10 proc. (nuo  $47,9 \pm 8,4$  iki  $52,2 \pm 2,7$  ml/kg/min.). Kituose tyrimuose (Franch et al., 1998)  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo 5–15 proc., nors pratybos truko dar trumpiau. Dėl reguliarių 60 min. trukmės aerobinių pratybų, atliekamų aštuonias savaites triskart per savaitę pirmojo ventiliacinio slenksčio intensyvumu, Vytauto Didžiojo universiteto studentų  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo 16,07 proc., darant nuosekliai didinamo krūvio veloergometrinę testą (Mockienė, 2010) (5 pav.).



\* Pastaba. Skirtumas yra statistiškai reikšmingas pirmojo tyrimo atžvilgiu, kai  $p < 0,05$ .

**5 pav.** Vytauto Didžiojo universiteto studentų  $\dot{V}O_{2\max}$  vidutinių reikšmių (suteikiant nepertraukiamą, nuosekliai didinamą krūvį) kaita per aštuonias reguliarių aerobinių pratybų savaites

A. Juocevičius ir T. Palšytė (2007) išsiaiškino, kad pusantro mėnesio, penkis kartus per savaitę po 15 min. trukusios pratybos (veloergometro mynimas), kurių intensyvumas – 50 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ , padidino studentų  $\dot{V}O_{2\max}$  25 proc. J. A. Daviso ir kt. (1979) tyrimų duomenimis, devynių prieš tai nesportavusių vidutinio amžiaus vyrų, kurie devynias savaites, keturis kartus per savaitę po 45 min. mynė veloergometrą,  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo reikšmingai – 25 proc. L. C. Dalleckas ir kt. (2009) aptiko reikšmingą sąveiką tarp pratybų trukmės ir  $\dot{V}O_{2\max}$ . Skirtingos trukmės aerobinės pratybos (30 ir 45 min.), atliekamos 50 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$  intensyvumu, reikšmingai padidino sveikų moterų  $\dot{V}O_{2\max}$  po menopauzės. Tačiau 45 min. trukmės pratybos lėmė didesnę  $\dot{V}O_{2\max}$  pokytį ( $0,41 \pm 0,10$  l/min.) negu 30 min. pratybos ( $0,20 \pm 0,21$  l/min.).

Įrodyta, kad  $\dot{V}O_{2\max}$  didėja priklausomai nuo fizinio krūvio intensyvumo pratybų metu (O'Donovan et al., 2005; McNicol et al., 2008; Gormley et al., 2008). ASMK nustatė, kad pratybos 40–50 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$  intensyvumu teigiamai veikia mažo fizinio pajėgumo žmones (American College of Sports Medicine, 1990). Intensyvinant pratybas, labiau didėja ir  $\dot{V}O_{2\max}$  (McNicol et al., 2008). I. Tabata ir kt. (1997) pažymi, kad labai intensyvios (80–100 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ) pratybos yra veiksmingesnės. Ištyrus 55 asmenis, kurie buvo suskirstyti į tris skirtingo intensyvumo pratybų grupes (I – 50 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ , II – 75 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ , III – 95 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ), nustatyta, kad po šešių aerobinių pratybų savaitių I grupės  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo 10 proc., II grupės – 14,3 proc., III grupės – 20,6 proc. (Gormley et al., 2008). Kito tyrimo metu vyresnio amžiaus tiriamieji buvo suskirstyti į didelio intensyvumo (apytiksliai 82 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ) ir mažo intensyvumo (apytiksliai 53 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ) pratybų grupes. Jos abi treniravosi du mėnesius, keturis kartus per savaitę po 30 min. Po pratybų programos abiejų grupių narių  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo vienodai – 7 proc. (Belman, Gaesser, 1991). Vis dėlto neaptikta reikšmingo skirtumo tarp vidutinio ir mažo intensyvumo 12 savaitių pratybų poveikio vidutinio amžiaus moterų  $\dot{V}O_{2\max}$  rodikliui, kai energijos sąnaudos pratybų metu nesiskyrė (Meyer et al., 2007). Vidutinio intensyvumo grupėje  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo 1,5 ml/kg/min., mažo intensyvumo grupėje – 1,7 ml/kg/min. Tarp skirtingo intensyvumo grupių reikšmingo  $\dot{V}O_{2\max}$  pokyčio skirtumo irgi neaptikta (McNicol et al., 2008). Pastarųjų autorių tyrimas parodė, kad šešias savaites trukusios bėgimo pratybos (tris kartus per savaitę) reikšmingai padidino  $\dot{V}O_{2\max}$  kintančio ( $p = 0,005$ ) ir pastovaus

intensyvumo ( $p = 0,001$ ) grupėse. Kintančio intensyvumo grupėje krūvis buvo didinamas po 0,1 km/h kiekvienų pratybų metu, pastovaus intensyvumo grupėje pratybų intensyvumas išliko toks pat (0,8 km/h) per visą eksperimentą. Tačiau kintančio intensyvumo grupėje  $\dot{V}O_{2\max}$  ties  $LS$  ir  $LS$  padidėjo labiau negu pastovaus intensyvumo grupėje (McNicol et al., 2008). G. O'Donovanas ir kt. (2005) taip pat nurodo, kad labai intensyvios aerobinės pratybos veiksmingiau didina  $\dot{V}O_{2\max}$ . Šių autorių tyrimai atskleidžia, kad po 24 savaitių aerobinių pratybų didelio intensyvumo grupėje (80 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ )  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo  $0,55 \pm 0,27$  l/min., vidutinio intensyvumo grupėje (60 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ) –  $0,38 \pm 0,14$  l/min., kai pratybos vyko tris kartus per savaitę ir vienerių pratybų metu buvo išiekvuojama 400 kcal. Tačiau ASMK (1998) apžvalgoje teigiama, kad  $\dot{V}O_{2\max}$  kaita bus panaši, jei pratybos truks ilgiau dirbant vidutiniu intensyvumu, palyginti su labai intensyviomis, bet trumpesnėmis pratybomis, jeigu išiekvotos energijos kiekis bus panašus. Tačiau labai intensyvių pratybų metu gali kilti tam tikra rizika susižaloti. D. Gossardas ir kt. (1986), lygindami  $\dot{V}O_{2\max}$  pokyčius didelio (63–81 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ) ir vidutinio (42–60 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ) intensyvumo pratybų grupėse, po 12 savaitių aerobinių pratybų, rengiamų penkis kartus per savaitę, vienerių pratybų metu išiekvojant po 350 kcal, nustatė, kad dideliu intensyvumu dirbusios grupės  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo 17 proc., vidutiniu intensyvumu – 8 proc. Iš W. Krauso ir kt. (2002) tyrimų sužinota, kad  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėjo  $0,16 \pm 0,15$  l/min. 40–50 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$  intensyvumu dirbusioje grupėje ir  $0,41 \pm 0,14$  l/min. – grupėje, dirbusioje 80 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ , kai energijos sąnaudos abiejose grupėse buvo apie 1200 kcal per savaitę. J. Ocelis ir kt. (2003) nustatė, kad pratybos mažesniu ir didesniu už  $LS$  intensyvumu reikšmingai pagerino  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}O_{2\max}$  ir  $LS$ ; reikšmingų skirtumų tarp skirtingo intensyvumo pratybų grupių neaptikta. Šie rezultatai yra panašūs į kitų tyrimų rezultatus (Casaburi et al., 1995). Kai kurie autoriai išsiaiškino, kad aerobinės pratybos, atliekamos  $VS$  intensyvumu nuo 30 iki 60 min., padidino  $\dot{V}O_{2\max}$  20 proc. (Ahmaidi et al., 1998). Jeigu pratybų intensyvumas yra apie 75 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ , tai  $\dot{V}O_{2\max}$  padidėja apie 20 proc., ir tai nepriklauso nuo tiriamo asmens amžiaus, lyties ir pradinės  $\dot{V}O_{2\max}$  reikšmės. Nesportuojančių asmenų aerobiniam pajėgumui įvertinti pateikta 2 lentelė.

**2 lentelė.** Įvairaus amžiaus žmonių aerobinio darbingumo lygio pagal  $\dot{V}O_{2\max}$  įvertinimas (Stasiulis ir kt., 2005)

Lytis	Amžius, metai	$\dot{V}O_{2\max}$ , ml/kg/min.				
		Labai geras	Geras	Vidutiniškas	Blogas	Labai blogas
Vyrai	<25	>55	49–54	39–48	33–38	<33
	25–34	>52	45–52	38–44	32–37	<32
	35–44	>50	43–50	36–42	30–35	<30
	45–54	>47	40–47	32–39	27–31	<27
	55–64	>45	37–45	29–36	23–28	<23
	>64	>43	33–43	27–32	20–26	<20
Moterys	<20	>44	38–44	31–37	24–30	<24
	20–29	>41	36–41	30–35	23–29	<23
	30–39	>39	35–39	28–34	22–27	<22
	40–49	>36	31–36	25–30	20–24	<20
	50–59	>34	29–34	23–28	18–22	<18
	>59	>32	27–32	21–26	16–20	<16

Yra duomenų, kad dėl reguliarių ištvermės pratimų poveikio  $\dot{V}O_{2\max}$  stabilizuojasi, o darbingumas toliau auga dėl tokių parametru kaip darbo ekonomiškas ir laktato slenksčio paaukštėjimas.

### KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Ką apibūdina maksimalusis deguonies suvartojimas ( $\dot{V}O_{2\max}$ )?
2. Kokie fiziologiniai veiksniai lemia  $\dot{V}O_{2\max}$  ?
3. Kokie veiksniai sąlygoja  $\dot{V}O_{2\max}$  pokyčio dydį dėl aerobinių pratimų poveikio?
4. Kokių sporto šakų atstovų  $\dot{V}O_{2\max}$  didžiausias?
5. Kokius žinote būdus nustatyti  $\dot{V}O_{2\max}$  ?
6. Kokie veiksniai lemia  $\dot{V}O_{2\max}$  mažėjimą dėl amžiaus?
7. Kokią aerobinių pratimų apimtį, galinčią padidinti neaktyvių žmonių  $\dot{V}O_{2\max}$ , rekomenduoja Amerikos sporto medicinos kolegija?

## 2. ANAEROBINĖS APYKAITOS SLENKSČIŲ KAITA DĖL AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIO

Vienas iš žmogaus aerobinį pajėgumą apibūdinančių rodiklių yra anaerobinės apykaitos slenksčiai (AAS), kuriuos galima nustatyti pagal kraujo laktato koncentracijos  $[La]$  ar kvėpavimo dujų apykaitos rodiklius, išmatuotus nuosekliai didinant krūvį (NDK). AAS žymi perėjimą nuo aerobinės prie anaerobinės ATF resintezės, nuosekliai didėjant krūviui (Skinner, McLellan, 1980). Dažniausiai išskiriami du šį perėjimą apibūdinantys rodikliai – laktato slenkstis (LS) ir laktato kaupimosi slenkstis (LKS) (Cabrera, Chizeck, 1996). LS yra toks darbo intensyvumo ar  $\dot{V}O_2$  lygis, kurį peržengus  $[La]$  viršija lygį, užfiksuotą ramybės sąlygomis ar esant lengvam fiziniam krūviui.

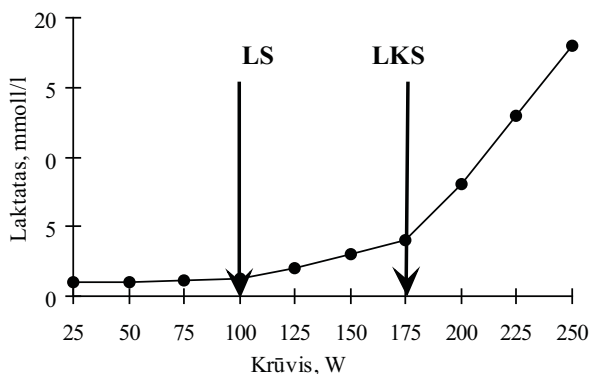
Laktatas, kaip tarpinis rūgštus anaerobinės glikolizės produktas, didina terpėje vandenilio jonų ( $H^+$ ) koncentraciją. Tačiau iš pradžių laktato kiekis raumenyse ir kraujyje didėja lėtai. Tik dėl tam tikro krūvio jo koncentracija ima didėti labai sparčiai. Tas krūvio dydis, kurį pasiekus  $[La]$  kraujyje labai sparčiai daugėja, vadinamas LKS. Žinant šiuos rodiklius galima įvertinti aerobinį pajėgumą ir dozuoti sveikatą stiprinančių žmonių bei sportininkų pratybų intensyvumą, reikalingą aerobinio pajėgumo pokyčiams paskatinti (Faude et al., 2009). LS kitimas geriausiai atskleidžia  $[La]$  apykaitos pokyčius, todėl yra rekomenduojamas aerobinę ištvermę lavinančių asmenų fizinių pratybų poveikiui nustatyti ir varžybų rezultatams prognozuoti.

Anaerobinės apykaitos slenksčiai gali būti nustatomi tiesiogiai – pagal laktato koncentracijos kraujyje priklausomybę nuo darbo intensyvumo (galingumo) (6 pav.) – arba netiesiogiai. Tam tikslui tiriamasis gauna laipsniškai didėjančio intensyvumo krūvį naudodamasis veloergometru, bėgtakiu arba natūraliomis sportinės veiklos sąlygomis (bėgdamas, važiuodamas dviračiu, irkludamas ir pan.). Kiekvienos krūvio pakopos trukmė – 1–4 minutės.

Jei slenksčiai nustatomi tiesiogiai, kiekvienos krūvio pakopos pabaigoje arba 3–5 min. po darbo (jei tarp kiekvienos krūvio pakopos daromos pertraukos) imama kraujo (dažniausiai kapiliarinio) ir matuojama laktato koncentracija kraujyje.



Nustatant slenksčius netiesiogiai, dažniausiai kiekvienos krūvio pakopos pabaigoje fiksuojami įvairūs spirometrijos rodikliai (plaučių ventilacija,  $O_2$  suvartojimas,  $CO_2$  išskyrimas ir kt.) ir (arba) širdies susitraukimų dažnis.



**6 pav.** Laktato slenksčio ir laktato kaupimosi slenksčio nustatymas pagal laktato koncentracijos kraujyje priklausomybę nuo darbo galingumo. Abu slenksčiai gali būti identifikuojami vizualiai pagal kraujo laktato koncentracijos pokyčius (Stasiulis ir kt., 2005)

Daugelis tyrimų patvirtina *LS* priklausomybę nuo ištvermės pratybų (Weltman et al., 1992). *AAS* padidėja dėl aerobinės ištvermės pratybų įtakos. *LS* kreivės poslinkis į dešinę didėjant darbo intensyvumui ar galingumui yra sėkmingų ištvermės pratybų rezultatas (Jones, Carter, 2000; McConnell, Sharpe, 2005; Faude et al., 2009). Tokia adaptacija leidžia dirbti didesniu absoliučiuoju (greičiu ar galingumu) ir santykiniu (proc.  $\dot{V}O_{2max}$ ) intensyvumu, kraujyje nesikaupiant [*La*]. Atsiranda pusiausvyra tarp [*La*] gamybos ir šalinimo, atitolinama acidozė (Myburgh, 2003). Mokslininkų nuomone, *LS* parodo optimalų fizinių pratimų intensyvumą siekiant pagerinti aerobinę ištvermę.

Ištirta, kad aerobinės ištvermės lavinimas sukelia ilgalaikius širdies ir kraujagyslių, kvėpavimo ir raumenų pokyčius (Londeree et al., 1997; Meyer, 2007). Aerobinių pratybų poveikis priklauso nuo jų intensyvumo, dažnio, trukmės ir sportuojančių asmenų pradinio trenirotumo (Londeree et al., 1997; Hawley, 2008). Paskelbta nemažai darbų apie fizinio krūvio intensyvumo poveikį *AAS* (Alison et al., 2005;

Meyer et al., 2007; McNicol et al., 2008). Siekiant pagerinti aerobinį pajėgumą ir sveikatą, dažniausiai rekomenduojama ištisinių aerobinių pratybų trukmė yra nuo 20 iki 60 minučių.

Daugelio eksperimentų metu buvo nustatyti *LS* pokyčiai atliekant ištvermės pratybas. Didžiausi jie būna pratybų programos pradžioje (Weltman et al., 1992). Mokslininkų tyrimų duomenimis, asmenų, dalyvavusių ištvermės pratybų programose, [*La*] koncentracija kraujyje buvo mažesnė nei nesitreniruojančių asmenų. Yra žinoma, kad treniruojantis tokiu intensyvumu, kuris artimas *LS* arba už jį truputį didesnis, nesitreniravusių asmenų rodiklis pagerėja (McNicol et al., 2008). Didesniu meistriškumu pasižymintiems ištvermės sporto šakų sportininkams veiksmingiausias yra laktato kaupimosi slenksčio intensyvumo pratybos.

[*La*] sumažėjimas dirbant tuo pačiu absoliučiuoju, arba santykiniu, intensyvumu ištvermės pratybose gali būti mažesnio [*La*] susidarymo greičio padarinys (galbūt dėl lėtesnio raumenų glikogeno eikvojimo arba spartesnės  $\dot{V}O_2$  kaitos) arba spartesnės [*La*] apykaitos ir [*La*] šalinimo iš kraujo rezultatas (McNicol et al., 2008). Mokslininkai aptiko glaudų ryšį tarp raumenyje vyraujančių raumeninių skaidulų (*RS*) tipo ir *LS* dydžio (McNicol et al., 2008). Pastebėta, kad dideliu meistriškumu pasižymintųjų ištvermės sporto šakų sportininkų treniruojamuose raumenyse vyrauja I tipo *RS* (Jones, Carter, 2000). Dėl ištvermės pratybų *RS* gali transformuotis iš IIb į IIa ir netgi iš IIa į I tipo *RS* (Sale et al., 1990). Tyrimai parodė, kad dėl ištvermės pratybų poveikio dirbančiuose griaučių raumenyse padaugėja kapiliarų, padidėja raumenų kraujotaka ir paviršiaus plotas, kuriame gali vykti dujų, substratų ir metabolitų apykaita tarp kraujo ir raumenų (Hawley et al., 2000).

Nustatyta, kad dėl aerobinių pratybų poveikio vyksta spartesnė [*La*] kaita (Spencer, Gastin, 2001), todėl sportuojančių asmenų AAS didesni negu nesitreniruojančių. Esant tokiai adaptacijai, žmogus ne taip pavargsta atlikdamas intensyvesnes fizines užduotis, – tai priklauso nuo gebėjimo išlaikyti pusiausvyrą tarp [*La*] gamybos ir šalinimo (Myburgh, 2003). Be to, po pratybų pasikeičia laktato dehidrogenazės (*LDH*) fermento izoformos: padaugėja *LDH1-2* (širdies tipo) izoformų, sumažėja *LDH4-5* (griaučių raumenų tipo) izoformų (Karlsson et al., 1975), todėl [*La*] lengviau virsta piruvatu. Didesnis malato-aspartato šaudyklės pajėgumas perduoti *NADH* elektronus iš citozolio į mitochondrijas, regis, lėtina [*La*] susidarymo vyksmą.

J. Holloszy'io ir E. Coyle'io (1984) tyrimas atskleidžia, kad  $[La]$  susidarymo vyksmas priklauso nuo daugelio kintamųjų, įskaitant mitochondrijų kiekį raumenyse. Dėl ištvermės pratybų poveikio mitochondrijų raumenyse gali padaugėti 50–100 proc., todėl pasikeičia medžiagų apykaitą kontroliuojančių metabolinių signalų koncentracija (Dudley et al., 1987) ir mažiau aktyvėja anaerobinė glikolizė, dirbant daugiau energijos pagaminama iš lipidų, taigi susidaro mažiau  $[La]$  (Holloszy, Coyle, 1984).

Anksčiau nesportavusių asmenų aerobinės ištvermės pagerėjimas po pratybų programos tiesiogiai priklauso nuo pratybų apimties (Jennings et al., 1991). Kad pratybos paveiktų ŠKS morfofunkciją, reikia treniruotis apie 4 valandas per savaitę (Fagard, 2003). Tyrimai rodo, kad griaučių raumenų mitochondrijos labiausiai adaptuojasi dėl ištvermę lavinančių krūvių, jeigu kasdieninės pratybos trunka 1–2 valandas (Åstrand, 1994). Raumenų mitochondrijų kiekis tampa pastovus apytiksliai po 4–5 pratybų savaitių (Terjung, 1979). S. Ahmaidi ir kt. (1998) tyrimų duomenimis, pratybos, rengiamos nuo 30 iki 60 minučių VS intensyvumu, padidino pagyvenusių žmonių VS 20 proc.

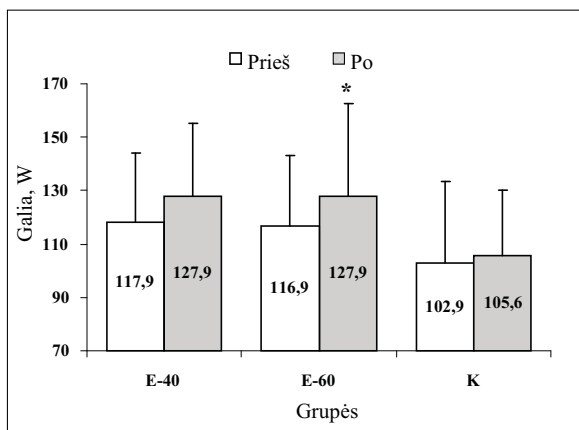
Mokslininkai aptiko stiprų ryšį tarp ištvermės lavinimo ir pratybų intensyvumo. Norint padidinti anksčiau nesportavusių asmenų  $LS$  rodiklį, pakanka per pratybas naudoti fizinę krūvį, kurio intensyvumas neviršija  $LS$ . Norint, kad dideliu meistriškumu pasižyminčių, ištvermę lavinančių sportininkų treniravimosi poveikis būtų didesnis, reikia naudoti  $LS$  viršijantį intensyvumo fizinę krūvį (Londeree, 1997).

Mokslininkai pastebėjo kokybinį pokytį tarp pratybų intensyvumo ir  $[La]$  po keturių pratybų savaitių (Alison et al., 2005). J. V. Ocelis ir kt. (2003), ištyrę šešių savaitių dviračio mynimo įtaką aerobinio pajėgumo komponentams, nustatė, kad dviračio mynimas dideliu intensyvumu 25 minutes buvo veiksmingesnis  $LS$  negu vidutinio intensyvumo 60 minučių trukmės pratybos. Po devynių savaitių dviračio mynimo pratybų (keturis kartus po 45 minutes per savaitę) anksčiau nesportavusių vidutinio amžiaus vyrų absoliutusias  $LS$  reikšmingai padidėjo 44 proc. (Davis et al., 1979). H. Goldenas ir P. Vaccaro (1984), ištyrę 18 nesportuojančių studentų, kurie aštuonias savaites po 30 min. mynė dviratį skirtingu intensyvumu ( $LS$ , tarp  $LS$  ir  $\dot{V}O_{2max}$ ), išsiaiškino, kad pratybos reikšmingai nepakeitė nė vienos grupės tiriamųjų  $LS$  rodiklių. Dideliu meistriškumu pasižyminčių slidininkų  $LS$  reikšmės padidino tik labai

intensyvios (80–90 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ) penkių mėnesių trukmės pratybos, o vidutinio intensyvumo (60–70 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ) ir tokios pat trukmės pratybos darbingumo nepakeitė (Evertsen et al., 2001). Vyrų, kurie treniravosi du mėnesius, keturis kartus per savaitę po 30 min., mažu (53 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ , arba 72 proc. *LS*) ir dideliu (82 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ , arba 121 proc. viršijant *LS*) intensyvumu, *LS* reikšmingai padidėjo abiejose grupėse po 10–12 proc. (Belmen, Gaesser, 1991).

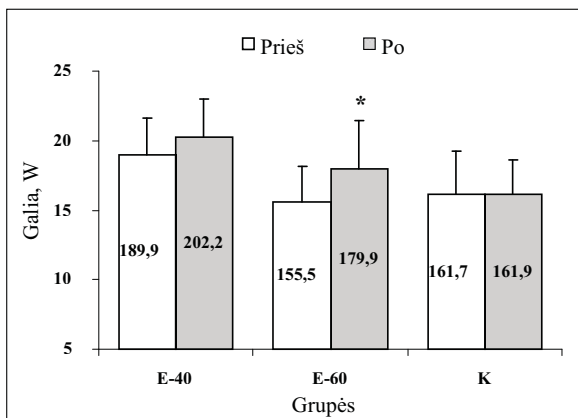
A. McNicol ir kt. (2008) tyrimų duomenimis, šešių savaičių trukmės ištvermės pratybos pastoviu ir didėjančiu intensyvumu, po 20 min. tris kartus per savaitę reikšmingai padidino bėgimo greitį ties *LS*. Tačiau intensyvėjančios pratybos labiau paveikė bėgimo greitį ties *LS* ir  $\dot{V}O_2$  ties *LS*. C. Denis ir kt. (1982) nustatė, kad po 40 savaičių veloergometro mynimo pratybų programos (tris kartus per savaitę po 60 min., kai krūvio intensyvumas buvo 80–85 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ ) atitinkamai reikšmingai padidėjo *VS* (10 proc.) ir *LS* (15 proc.).

Paiškėjo, kad tik 60 min. trukmės aerobinės pratybos, atliekamos *LS* intensyvumu aštuonias savaites triskart per savaitę, reikšmingai padidino merginų AAS, o 40 min. trukmės pratybos reikšmingo poveikio neturėjo (Mockienė ir kt., 2009) (7, 8 pav.).



\* Pastaba. Skirtumas yra statistiškai reikšmingas pirmojo tyrimo atžvilgiu, kai  $p < 0,05$ .

7 pav. Tiriamųjų grupių (E-40 grupės pratybų trukmė – 40 min., E-60 – 60 min.) laktato slenkstis prieš aštuonių savaičių aerobines pratybas ir po jų



\* Pastaba. Skirtumas yra statistiškai reikšmingas pirmojo tyrimo atžvilgiu, kai  $p < 0,05$ .

**8 pav.** Tiriamųjų grupių (E-40 grupės pratybų trukmė – 40 min., E-60 – 60 min.) laktato kaupimosi slenkstis prieš aštuonių savaitių aerobines pratybas ir po jų

G. Smekalas ir kt. (2007) pastebėjo, kad *LS* reikšmingai padidėjo 12,8 proc. po 60 min. trukmės aerobinių pratybų, *LKS* – 37 proc., po 40 min. trukmės aerobinių pratybų *LS* padidėjo 11,7 proc., o *LKS* – 23,28 proc. Pasak autorių, didesni AAS įrodo raumenų oksidacinio galin-gumo pokyčius dėl išvermės pratybų poveikio. 3 lentelėje yra nurodomi veiksniai, nuo kurių priklauso anaerobinės apykaitos slenksčių dydis.

**3 lentelė.** Veiksniai, nuo kurių priklauso anaerobinės apykaitos slenksčių dydis

ŠIRDIES IR KRAUJAGYSLIŲ SISTEMA	KVĖPAVIMO SISTEMA	DIRBANTYS RAUMENYS
<b>1. Sistolinis kraujo tūris</b>	<b>1. Plaučių ventiliacija</b>	<b>1. Lėtųjų RS kiekis</b>
1.1. Širdies dydis	1.1. Gyvybinė plaučių talpa (GPT)	<b>2. Mioglobinas</b>
1.2. Miokardo galin-gumas	<b>2. Difuzinės plaučių savybės</b>	<b>3. Aerobinės oksidacijos fermentai</b>
1.3. Diastolinis kraujo tūris		<b>4. Mitochondrijos</b>
<b>2. Širdies susitraukimų dažnis</b>		
2.1. Amžius		
2.2. Treniruotumas		
<b>3. Cirkuliuojančio kraujo kiekis</b>		
<b>4. Hemoglobino koncentracija</b>		
<b>5. Raumenų kapiliarizacija</b>		

## KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Kokia yra praktinė AAS nustatymo reikšmė?
2. Pagal kokius rodiklius nustatomi AAS?
3. Kokiais būdais gali būti nustatomi AAS?
4. Kuo skiriasi *LS* ir *LKS*?
5. Nuo kokių veiksnių priklauso AAS dydis?

### 3. DEGUONIES SUVARTOJIMO KINETIKOS KAITA DĖL AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIO

$\dot{V}O_2$  pagal Ficko lygtį yra lygus  $M\dot{S}T$  ir  $aO_2-vO_2$  sandaugai.  $M\dot{S}T$  priklauso nuo  $ST$  ir  $\dot{S}SD$ . Arterinio kraujo  $O_2$  koncentracija yra susijusi su kraujo hemoglobino koncentracija ir kraujo prisotinimu deguonimi.  $aO_2-vO_2$  skirtumas parodo, kiek deguonies, esančio arteriniame kraujyje, pateko į audinius. Tas kiekis lemia oksidacinio fosforilinimo greitį ląstelių mitochondrijose.  $\dot{V}O_2$  audiniuose priklauso nuo deguonies perdavimo į audinius ir deguonies įsavinimo greičio.

Nemažai mokslininkų tyrė  $\dot{V}O_2$  kaitą įsidirbus ir atsigaunant (Burnley, Jones, 2007).  $\dot{V}O_2$  reakcija į skirtingo intensyvumo (mažo–vidutinio–didelio) pratimus yra trijų fazių: I fazė – kardiodynaminis komponentas; II fazė – pirminis, pagrindinis, arba greitis, komponentas; III fazė – pastovi būklė, arba lėtasis komponentas (Burnley, Jones, 2007). Kai darbo intensyvumas nesiekia laktato slenksčio,  $\dot{V}O_2$  kaitą perteikia monoekspontinė funkcija, kurią atspindi dvi fazės. Pirmoji, arba kardiodynaminė, fazė pasireiškia dėl didesnio veninio kraujo kiekio, kurio dalis periferijoje susikaupia prieš dirbant (Casaburi et al., 1989). Manoma, kad  $\dot{V}O_2$  kaita atitinka oksidacinio metabolizmo raumenyse greitį, kuris yra susijęs su laisvojo kreatino kiekiu, gautu darbo pradžioje skylant kreatinfosfatui (Grassi, 2000). Antroji fazė, arba greitis komponentas, pasireiškia tada, kai dar nėra pasiekta pastovioji būklė, o  $\dot{V}O_2$  plaučiuose sparčiai didėja (Carter et al., 2000). Nustatyta, kad greitojo komponento fazėje  $\dot{V}O_2$  plaučiuose apie 90 proc. parodo  $O_2$  suvartojimą dirbančiuose raumenyse. Atsigaunant po vidutinio intensyvumo darbo (t. y. nepasiekus  $LS$ ) ir įsidirbus  $\dot{V}O_2$  kaita apibūdinama monoekspontine funkcija, turinčia amplitudę (žymi  $\dot{V}O_2$  dydį) ir laiko konstantą (žymi kaitos greitį) (Linnarsson, 1974). Nustatyta, kad, įsidirbus didžiausiu intensyvumu,  $\dot{V}O_2$  kinta gerokai lėčiau negu dirbant vidutiniu intensyvumu. B. Grassi ir kt. (2000) teigia, kad didesnis deguonies perdavimas spartina  $\dot{V}O_2$  įsidirbimo kaitą. J. Pringle ir kt. (2003) tyrimo duomenimis,  $\dot{V}O_2$  greitojo komponento dydis koreliuoja su aerobiniu pajėgumu, kai darbo aerobinis intensyvumas yra didelis. Be to, tyrimai atskleidė, kad II fazės  $\dot{V}O_2$  laiko konstanta gali būti

sumažinta iki 50 proc. jau po 4–6 savaičių ištvėmės pratybų (Berger et al., 2006). Manoma, kad, dirbant vidutinio sunkumo darbą,  $\dot{V}O_2$  greitojo komponento laiko konstanta žymi oksidacinio metabolizmo greitį griaučių raumenyse.

Keletas tyrimų parodė, kad lėtasis  $\dot{V}O_2$  komponentas smarkiai sumažėja jau po kelių savaičių ištvėmės pratybų (Berger et al., 2006). Tačiau  $\dot{V}O_2$  kaitos lėtojo komponento fiziologiniai mechanizmai nėra aiškūs. Vis dėlto tiesioginiai oksihemoglobino prisotinimo šlaunies venoje matavimai ir  $\dot{V}O_2$  matavimai dideliu intensyvumu dirbant kojoms atskleidė, kad  $\dot{V}O_2$  lėtasis komponentas daugiausia yra susijęs su  $\dot{V}O_2$  raumenyse pokyčiais. Dažniausiai lėtojo komponento mechanizmas siejamas su motorinių vienetų rekrutavimo pokyčiais. Remiantis S. E. Bearden ir kt. (2004) gautais duomenimis, tokią mechanizmą galima paaiškinti kaip ilgai ir sunkiai dirbant atsiradusį nuovargį, dėl kurio yra pastoviai pasitelkiamos naujos motorinių vienetų grupės.

Siekiant įvertinti ištvėmės pratybų poveikį  $\dot{V}O_2$  kaitai, esant velogometriniams krūviui buvo atlikta keletas tyrimų. Nustatyta, kad pastoviosios būklės metu atliekant tą patį vidutinio intensyvumo pratimą  $\dot{V}O_2$  nesikeičia dėl ištvėmės pratybų poveikio (Davis et al., 1979), nors darbo pradžioje paspartėja greitis eksponentinio  $\dot{V}O_2$  padidėjimo komponentas. Tyrimai parodė, kad  $\dot{V}O_2$  kaita įsidirbus ir esant tam pačiam absoliučiojo, arba santykinio, krūvio intensyvumui buvo greitesnė asmenų, kurių  $\dot{V}O_{2\max}$  didesnis, grupėje (Chilibeck et al., 1996). Greitesnė  $\dot{V}O_2$  kaita fizinio darbo pradžioje, kai greičiau pasiekama pastovioji  $\dot{V}O_2$  būklė, gali būti svarbi mažinant pradinį deguonies trūkumą ir apribojant pradinį laktato augimą. Spartesnė  $\dot{V}O_2$  kaita gali padėti greičiau nusistovėti vidinei ląstelių terpei ir taip užtikrinti geresnę metabolinę kontrolę vėlesnio krūvio metu (Koppo et al., 2004). Mokslininkai dar diskutuoja, ar  $\dot{V}O_2$  kaitos darbo pradžioje spartėjimas yra susijęs su didesnio deguonies kiekio perdavimu raumenims arba su mažesne ląstelių vidaus metaboline inercija. Ištvėmės pratybos sumažina  $\dot{V}O_2$  lėtojo komponento dydį (apibrėžiamo kaip  $\dot{V}O_2$  padidėjimas nuo 3 iki 6 darbo minučių), dirbant tuo pačiu absoliučioju intensyvumu. Po šešių savaičių ištvėmės pratybų bėgimo greitis labai padidėjo, kartu sumažėjus  $MLSS$  ir  $\dot{V}O_2$  (labai) lėtojo komponento amplitudei (vidutiniškai nuo 321 iki 217 ml/min.), kai absoliutusias bėgimo greitis tas pats. Nors sumažėjęs  $[La]$  lygis,  $VE$ ,  $\dot{S}SD$  bei plazmos katecholaminų koncentracija



iš dalies gali paaiškinti mažesnes deguonies sąnaudas patiriant sunkų submaksimalų krūvį, atrodo, kad vidiniai raumenų pokyčiai ir galimi motorinių vienetų rekrutavimo pokyčiai gali būti dar svarbesni (Barstow et al., 1996). Šiuo požiūriu įdomu tai, kad santykinis  $\dot{V}O_2$  lėtojo komponento indėlis į bendrą  $\dot{V}O_2$  pokytį neigiamai koreliuoja su aerobiniu pajėgumu (kaip  $\dot{V}O_{2\max}$ ) arba su I tipo RS santykiu dirbančiuose raumenyse (Barstow et al., 1996).

### KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Ką parodo  $aO_2-vO_2$  skirtumas?
2. Kodėl svarbi greitesnė  $\dot{V}O_2$  kaita darbo pradžioje?
3. Su kuo yra susijęs lėtojo komponento mechanizmas?
4. Kokia yra  $\dot{V}O_2$  reakcija į įvairaus intensyvumo pratimus?
5. Kada  $\dot{V}O_2$  kaita bus greitesnė įsidirbus?

#### 4. AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIS DARBO EFEKTYVUMUI

Yra žinoma, kad tinkamas fizinių pratybų trukmės, intensyvumo ir dažnio derinys, naudojamas ilgą laikotarpį, lemia ne tik tokių aerobinio pajėgumo rodiklių kaip  $\dot{V}O_{2\max}$ ,  $LS/VS$ ,  $\dot{S}SD$  kinetika, bet ir darbo efektyvumo pokyčius (Burnley, Jones, 2007).

Ilgos trukmės ištvermės pratybų padarinys yra didesnis darbo efektyvumas (ekonomiškumas), t. y. mažesnis  $\dot{V}O_2$  vartojimas esant tam pačiam absoliučiajam bėgimo greičiui ar pratimo intensyvumui (Coyle, 2005). Efektyvumas vertinamas pagal  $\dot{V}O_2$  ir atliekamo darbo santykį. Aerobinio darbo efektyvumą ir  $\dot{V}O_{2\max}$  galima nustatyti įveikiant pastovaus intensyvumo krūvio serijas arba suteikiant nepertraukiamą, nuosekliai didinamą krūvį, kuris tolydžiai didinamas, kol tiriamasis visiškai nuvargsta. Didesnis darbo ekonomiškumas yra pranašumas ištvermės sporto šakose, nes suvartojamas mažesnis deguonies procentas nuo  $\dot{V}O_{2\max}$ , kai darbas yra įvairaus intensyvumo. Išryškėja dideli skirtumai, lyginant suvartojamą deguonies kiekį, kai darbo intensyvumas submaksimalus net tų asmenų grupėje, kuriems būdingas panašus aerobinis pajėgumas ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) (Morgan, Craib, 1992). Mokslininkai įrodė, kad dideliu meistriškumu pasižymintys dviratininkai, dirbdami tuo pačiu galingumu, suvartoja skirtingą deguonies kiekį. Mažiau deguonies vartojančių sportininkų raumenyse nustatytas didesnis I tipo  $RS$  kiekis (Horowitz et al., 1994).

Tyrimai rodo, kad darbo efektyvumas priklauso nuo žmogaus amžiaus, lyties ir treniruotumo (Woo et al., 2006). Vyresniame amžiuje sumažėja darbo efektyvumas, padidėja  $\dot{V}O_2$  dirbant fizinį darbą, ir dėl šių reiškinų mažėja fizinis pajėgumas (Woo et al., 2006). J. Woo ir kt. (2006) pažymi, kad jaunesniems (20–33 metų) asmenims būdingas 42 proc. didesnis pradinis  $\dot{V}O_2$  (ml/kg/min.,  $p < 0,0001$ ), 21 proc. didesnis  $\dot{S}SD_{maks}$  ( $p < 0,0001$ ) ir 14 proc. didesnis maksimalusis deguonies pulsas negu vyresniems (65–79 metų) asmenims ( $p = 0,0002$ ). Jaunesni asmenys įgijo 28 proc. didesnę galingumą (W/kg,  $p < 0,0001$ ), palyginti su vyresniais. Bendrasis  $\dot{V}O_2$  fizinio darbo metu buvo 11 proc. didesnis vyresniųjų grupėje ( $p = 0,02$ ) negu jaunesniųjų. Taip pat nustatyta lėtesnė

vyresnių asmenų  $\dot{V}O_2$  ir  $\dot{V}CO_2$  atsigavimo po darbo laiko konstanta ( $\tau$ ) nei jaunesnių ( $p < 0,0001$ ). Tačiau po aerobinių pratybų programos 21 proc. padidėjo vyresnių asmenų darbo efektyvumas ( $p = 0,0003$ ), jaunesnių – 6 proc. ( $p = 0,09$ ). Kai kuriuose tyrimuose vis dėlto nurodoma, kad amžius neturi įtakos darbo efektyvumui (Babcock et al., 1992; Gissane et al., 1991).

Manoma, kad moterų darbo efektyvumas yra mažesnis nei vyrų (Woo et al., 2006) dėl mažesnio  $\dot{V}O_{2\max}$  ir  $ST$ . J. Woo ir kt. (2006) nustatė, kad vyrų ramybės  $\dot{V}O_2$  (ml/kg) buvo 8 proc. didesnis (dėl didesnio jų svorio) nei moterų ( $p < 0,0001$ ). Moterų ramybės  $\dot{V}O_2$  buvo 8 proc. didesnis ( $p = 0,03$ ), deguonies pulsas ( $\dot{V}O_2/\dot{V}SSD$ ) 40 proc. didesnis ramybės sąlygomis ( $p < 0,0001$ ) ir 99 proc. didesnis patiriant didžiausią aerobinę krūvį negu vyrų.

Nors žinoma, kad besitreniruojantiems asmenims būdingas didesnis darbo ekonomiškumas negu nesitreniruojančių, tačiau išvermės pratybų poveikio darbo ekonomiškumui tyrimais buvo nustatyti nevienareikšmiai rezultatai. Priežastis gali būti ta, kad tyrimai (paprastai 6–12 savaičių) truko per trumpai, kad būtų pasiekta pastebimų pokyčių didinant ekonomiškumą, ypač besitreniruojančių asmenų atveju. Būtų galima spėti, kad geras darbo ekonomiškumas yra susijęs su treniravimosi stažu, nes ekonomiškiausi yra didesniu meistriškumu pasižymintys sportininkai (Jones, 1998). Viename penkerių metų trukmės tyrimų, kurio tiriamoji buvo didelio meistriškumo bėgikė, nustatyta, kad kiekvienais metais jos bėgimo ekonomiškumas sparčiai didėjo (Jones, 1998). Pavyzdžiui,  $\dot{V}O_2$  bėgant 16 km/h greičiu sumažėjo nuo 53,0 ml/kg/min. 1992 metais iki 47,6 ml/kg/min. 1995 metais. Tačiau manoma, kad ekonomiškumas gali padidėti ir po trumpalaikės pratybų programos (Jones et al., 1999). A. Jonesas ir kt. (1999) nustatė, kad šešias savaites trukusios pratybos padidino 16-os laisvalaikio sportuojančių asmenų bėgimo ekonomiškumą: bėgant 12 km/h greičiu,  $\dot{V}O_2$  sumažėjo nuo 39 iki 36 ml/kg/min. J. Franchas ir kt. (1998) taip pat pastebėjo, kad ekonomiškumą galima padidinti pasitelkus šešių savaičių išvermės pratybų programą. Autorių tyrimo duomenimis, submaksimalaus intensyvumo  $\dot{V}O_2$  mažėjimą siejo koreliacinis ryšys su  $\dot{V}E$  mažėjimu. Buvo spėjama, kad bėgimo ekonomiškumą galima padidinti lavinant lankstumą, tačiau tokia hipotezė nepasitvirtino (Jones et al., 2000).

Manoma, kad darbas gali tapti ekonomiškėmis treniruojant ištvėmę tuomet, kai padidėja raumenų aerobinės oksidacijos talpa ir pakinta motorinių vienetų rekrutavimo ypatumai, be to, kai sumažėja  $\dot{V}E$  ir  $\dot{S}SD$ , esant tam pačiam darbo intensyvumui (Franch et al., 1998) ir patobulėjus sportinei technikai.

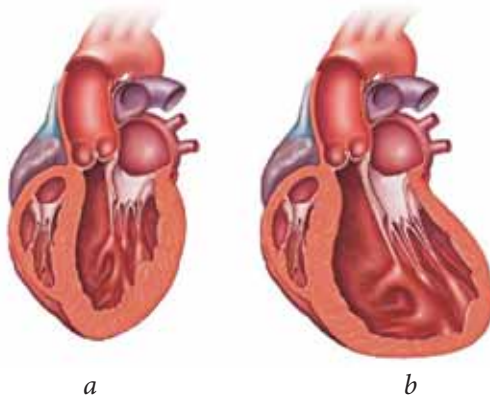
### KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Kuo svarbus darbo efektyvumas?
2. Pagal kokius rodiklius vertinamas darbo efektyvumas?
3. Kaip nustatomas darbo efektyvumas?
4. Kokie veiksniai nulemia darbo efektyvumą?
5. Kokio tipo skaidulos vyrauja ekonomiškėsių sportininkų raumenyse?

## 5. ŠIRDIES IR KRAUJAGYSLIŲ SISTEMOS LĖTOJI ADAPTACIJA DĖL AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIO

Širdies ir kraujagyslių sistema (ŠKS), jos funkcinis pajėgumas yra labai svarbūs veiksniai, lemiantys organizmo greitosios ir lėtosios adaptacijos prie fizinių krūvių ypatybes (Poškaitis ir kt., 2007). Gera ŠKS būklė yra svarbus gyvenimo kokybės, širdies ir kraujagyslių ligų atsiradimo bei mirtingumo nuo šių ligų faktorius (Warburton et al., 2006). Reguliarios ištvermę lavinančios pratybos didina ŠKS pajėgumą (Ventura-Clapier, 2009) ir mažina ŠKS ligų riziką (Martinmäki et al., 2008). Dėl reguliarių pratybų poveikio atsiranda funkcinų ir morfologinių ŠKS pokyčių (Steding et al., 2010). Širdis yra svarbiausia organizmo adaptavimosi grandis dėl ištvermės fizinio krūvio, nes ji yra energijos tiekimo raumenims sistemos centras.

Mokslininkai, tiriantys aerobinę ištvermę lavinančius sportininkus, nustatė, kad jų širdis yra didesnė už sveikų nesportuojančių asmenų ir nepriklauso nuo kūno masės (Whyte et al., 2004) (9 pav., a ir b). Kuo didesnė širdis (kairiojo skilvelio galinis diastolinis skersmuo), tuo mažesnis maksimalus ŠSD (Martinelli et al., 2005). Dažniausiai širdies padidėjimo priežastimi laikomas ertmių išsiplėtimas (dilatacija) ir sienelių sustorėjimas (hipertrofija). Aerobinę ištvermę lavinančių sportininkų širdies tūris didėja – besitreniruojančio žmogaus širdies tūris gali siekti 1200–1300 ml. Reguliarios aerobinės pratybos padidina dirbančių raumenų kraujo indų skaičių ir kraujo kiekį raumenyse ne tik dėl pakitusios širdies morfofunkcijos, bet ir pasireiškiant lėtajai adaptacijai kitose ŠKS grandyse ir padidėjus arterijų skersmeniui, kapiliarų tankiui bei arteriolėms labiau gebant atsipalaiduoti (Shephard et al., 1999).



9 pav. Širdis: a) normalaus dydžio, b) padidėjusi dėl reguliarių fizinių pratybų

Tyrimai rodo, kad struktūrinių miokardo pokyčių atsiranda tik po gana ilgų, intensyvių ir dažnų aerobinę ištvermę lavinančių pratybų. Minimalus fizinis krūvis, galintis sukelti anatominius širdies pokyčius, yra apie keturios valandos per savaitę (Pluim et al., 2000).

Dėl reguliarių aerobinių pratybų ramybės  $\dot{V}O_2$  ir  $\dot{V}O_{2\max}$  sumažėja apie 12 k./min. (Arena et al., 2008). Nustatyta, kad sportuojantys žmonės pasižymi didesniu sistoliniu tūriu ( $ST$ ) tiek ramybės būsenoje, tiek patiriant fizinį krūvį: ramybės sąlygomis siekia 70–100 ml, fizinio krūvio metu – 200 ml ir daugiau. Dvylikos savaičių trukmės pratybos padidina anksčiau nesportavusiųjų  $\dot{V}O_{2\max}$ , minutinį širdies tūrį ( $M\dot{S}T$ ) ir  $ST$  bei miokardo masę (Spina et al., 1992). Daugelis autorių teigia, kad, padidėjus  $M\dot{S}T$ , raumenys geriau aprūpinami krauju. Aerobinę ištvermę lavinantys sportininkai, patirdami didžiausią fizinį krūvį, pasiekia didesnį  $M\dot{S}T$ , ir tai labiausiai priklauso nuo didesnio  $ST$ , o pastarasis – nuo didesnio kairiojo širdies skilvelio ( $K\dot{S}S$ ) skersmens diastolės gale ( $K\dot{S}Sd$ ) ir proporcingai storesnės  $K\dot{S}S$  sienelės (Charlton, Crawford, 1997). Taip pat nustatyta, kad per dešimties savaičių reguliarias aerobinę ištvermę lavinančias pratybas prieš tai nesportavusių asmenų  $K\dot{S}S$  masė padidėja maždaug 15 proc. (Hickson et al., 1985).

Normaliomis fiziologinėmis sąlygomis sveikiems asmenims ramybės būsenoje būdinga tam tikra autonominės širdies ritmo reguliacijos pusiausvyra, vyraujant parasimpatinei nervų sistemai. Sveikų asmenų  $\dot{V}O_2$  prisitaiko prie kintančių kraujotakos poreikių, vykstant autoreguliacijai

ir neurohumoralinei vegetacinei reguliacijai (Brožaitienė, Bovina, 2001). Nervinis kraujotakos funkcijos reguliavimas daugiausia priklauso nuo simpatinio ir parasimpatinio aktyvumo sąveikos, kuri toniniu ir faziniu būdu keičiasi dėl įvairiausių priežasčių (Buchheit, Gindre, 2006). Širdies ritmo toninių reguliavimą atspindi banginė širdies ritmo struktūra ir leidžia išmatuoti širdies susitraukimo dažnio variabilumo (ŠSDV) rodikliai (Brožaitienė, Bovina, 2001).

ŠSD matavimais neinvaziniu būdu yra įvertinama autonominė ŠSD kontrolė (Borresen, Lambert, 2008). Autonominė nervų sistema (ANS) yra susijusi su daugeliu kitų fiziologinių sistemų, todėl tyrimai, vertinantys vegetacinės nervų sistemos gebėjimą palaikyti organizmo homeostazę, gali suteikti naudingos informacijos (Borresen, Lambert, 2008). ŠSDV terminas vartojamas kitimams laiko intervale tarp širdies dūžių aprašyti. ŠSDV dažniausiai buvo naudojamas vertinti autonominę širdies ritmo kontrolę ramybės sąlygomis (Martinelli et al., 2005), tačiau pastaruoju metu daug dėmesio yra skiriama širdies darbo autonominei reguliacijai patiriant fizinį krūvį ir organizmo atsigavimui po fizinių pratimų (Buchheit, Gindre, 2006).

Pastarąjį dešimtmetį nemažai mokslininkų tyrė ištvermės pratybų poveikį ŠSDV (Aubert et al., 2003; Borresen, Lambert, 2008). Buvo aptiktas glaudus ryšys tarp ŠSDV rodiklių ir fizinio pajėgumo (Winker et al., 2005; Buchheit et al., 2007). Ištvermės pratybos pagerina autonominę širdies ritmo kontrolę ramybės sąlygomis ir autonominę ŠSD reakciją į ištvermės pratimus. Pastarieji gali būti taikomi kaip gydomoji priemonė sutrikusiai autonominei nervų sistemos funkcijai atgauti (Ventura-Clapier, 2009). Pagal ŠSDV rodiklius galima vertinti žmogaus organizmo adaptaciją naudojant fizinį krūvį (Brožaitienė, Bovina, 2001). Iš ŠSDV galima spręsti apie persitreniravimo reiškinius, širdies ir kraujagyslių sistemos sutrikimus (Montano et al., 2009). Sumažėjęs ŠSDV yra susijęs su didesne vainikinių širdies arterijų ligų, skilvelių aritmijos ir staigios mirties nuo miokardo infarkto rizika (LaRovere et al., 1998).

Didelį aerobinį pajėgumą lemia geras ANS funkcionavimas ramybės būsenoje ir patiriant fizinį krūvį (Aubert et al., 2003). Tačiau su amžiumi aerobinis pajėgumas mažėja, ANS funkcionuoja vis prasčiau. Naudojant fizines pratybas aerobinis pajėgumas gali mažėti lėčiau ir neleisti taip sparčiai blogėti dėl amžiaus ANS funkcionavimui (Aubert et al., 2003).

Ilgalaikiai fiziniai krūviai daro įtaką  $\dot{V}SD$ , todėl svarbu nustatyti, kaip dėl lėtosios adaptacijos poveikio kinta  $\dot{V}SDV$ , esant įvairiai pratybų trukmei, intensyvumui ar fizinių pratybų pobūdžiui. Sinusinė bradikardija ramybės sąlygomis ir lėtesnis  $\dot{V}SD$  didėjimas patiriant submaksimalaus intensyvumo fizinį krūvį priklauso nuo simpatinės nervų sistemos klajoklio nervo pusiausvyros pokyčių ir parasimpatinių nervų įtakos (Seals, Chase, 1989). Fizinių krūvių atvejais  $\dot{V}SD$  reguliuoja padidėjęs simpatinės nervų sistemos aktyvumas ir sumažėjęs parasimpatinės nervų sistemos aktyvumas (Persson, 1996). Tai varijuoja priklausomai nuo paveldėjimo (dešiniojo skilvelio dydžio), pratybų pobūdžio (ištvermės ar jėgos pratybos), fizinio pajėgumo ir sportinių įgūdžių (ekonomiškumo).  $\dot{V}SDV$  atsaką taip pat keičia emocinė būseną (McCraty et al., 1995), hormonų koncentracija (McCole et al., 2000), kūno padėtis (gulėjimas, sėdėjimas, stovėjimas) (Mangin et al., 2001). Nustatyta, kad fizinės pratybos sukelia daugybę  $\dot{V}KS$  pokyčių: tachikardiją, periferinio pasipriešinimo sumažėjimą ir kt. Šie pokyčiai yra susiję su  $\dot{V}KS$  reguliaciniu mechanizmu. Pastarasis, kaip ir arterijų baroreceptorių refleksas, daro reikšmingą poveikį skirtingam atsakui į fizinius krūvius. Fizinio aktyvumo poveikį  $\dot{V}SD$  galima analizuoti ir pagal ramybės  $\dot{V}SD$  periodinę struktūrą. Šiam tikslui pasiekti pastaruoju metu dažnai naudojamas aktyvusis ortostatinis mėginys (*AOM*) (Winker et al., 2005).

Nemažai tyrėjų analizavo sportuojančių ir nesportuojančių asmenų  $\dot{V}SDV$  rodiklius. Vieni teigia, kad ištvermingų sportininkų  $\dot{V}SD$  variabilumo spektro galia yra didesnė (Yamamoto et al., 2001), kitų manymu,  $\dot{V}SDV$  didėjimui įtakos turi lėtųjų dažnumų komponentė, o tai rodo didesnę simpatinės nervų sistemos aktyvumą (Furlan et al., 1993). Atliekant spektrinės galios tyrimus pastebėta, kad  $\dot{V}SDV$  aukštųjų dažnumų komponentė yra susijusi su klajoklio nervo aktyvumu, kuris sportuojančių ir nesportuojančių asmenų grupėse nesiskiria. Šių asmenų lėtųjų dažnumų komponentė taip pat nesiskiria, kaip ir lėtųjų bei aukštųjų dažnumų komponentių santykis, rodantis simpatinio ir parasimpatinio poveikių pusiausvyrą (Pagani et al., 1986). F. Macoras ir kt. (1996) nustatė, kad dviratininkų aukštųjų dažnumų komponentė yra didesnė negu nesitreniruojančių asmenų.

M. Kamathas ir kt. (1991), palyginę fiziškai neaktyvių žmonių ortostatinio mėginio ir veloergometrinio krūvio (50 proc.  $\dot{V}O_{2max}$ ) rezultatus, pastebėjo, kad lėtųjų dažnumų komponentė statistiškai reikšmingai



sumažėjo patiriant fizinių krūvių ir padidėjo ortostatinio mėginio atveju. Anot tyrėjų, humoraliniai veiksniai, tokie kaip cirkuliuojančių katecholaminų kiekis, atlieka svarbesnį vaidmenį palaikant tachikardiją fizinių krūvių metu negu neurogeninė reguliacija, kuri yra aktyvesnė ortostatinio mėginio atveju.

Širdies ir kraujagyslių sistemos adaptacija dėl ištvermės fizinių krūvių poveikio priklauso ne tik nuo pratybų intensyvumo, dažnio ir trukmės (Hosseini et al., 2009), bet ir nuo asmenų individualių charakteristikų, tokių kaip amžius, lytis, atliekamų pratybų pobūdis ir genetika (Sloan et al., 2009). Amžius yra vienas iš veiksnių, darančių įtaką ŠSDV pokyčiams, kurie atsiranda dėl fizinių pratybų poveikio (Boutcher, Stein, 1995). Normalus žmonių senėjimo procesas yra susijęs su variabilumo rodiklių ir variabilumo spektrinio galingumo sumažėjimu (Vuksanović, Gal, 2005). Šiuos pokyčius lemia prastėjantis ANS funkcionavimas, širdies ir kraujagyslių sistemos funkciniai ir struktūriniai pokyčiai. Ištirta, kad, vykdant atitinkamai parengtas ištvermės programas, vyresnio amžiaus asmenų ŠSD ramybės sąlygomis ir patiriant krūvių sumažėjo panašiai kaip ir tarp jaunesnio amžiaus žmonių (Seals et al., 1994). Tyrimų rezultatai parodė egzistuojant teigiamą ryšį tarp ŠSDV rodiklių ir aerobinio pajėgumo. Palyginti su nesportuojančiais asmenimis, pagyvenusių sportininkų ŠSDV ir parasimpatinės nervų sistemos aktyvumas buvo didesni. Manoma, kad ŠSDV rodikliai su amžiumi mažėja iš dalies ir dėl gyvenimo būdo. T. Banachas ir kt. (2000) taip pat išsiaiškino, kad vidutinio amžiaus sportininkų ŠSDV rodikliai yra didesni negu nesportuojančių asmenų, o sportininkų ANS aktyvumas nesikeičia dėl amžiaus iki 60-tųjų gyvenimo metų. Tačiau mažėjančio ŠSDV priežastis gali būti ne tik amžius, bet ir dėl amžiaus mažėjantis aerobinis pajėgumas. Vyresnių sportininkų tyrimai atskleidė, kad reguliarios aerobinės pratybos, palaikančios vyresnių asmenų maksimalųjį aerobinį pajėgumą, padeda išlaikyti aukštus ŠSDV rodiklius ramybės sąlygomis (Aubert et al., 2003).

Tyrėjai yra nustatę, kad moterų ŠSDV yra mažesnis nei vyrų (Rossy, Thayer, 1998). R. Sloano ir kt. (2009) tyrimai parodė, kad tik po aerobinių pratybų programos (bet ne po jėgos pratybų programos) reikšmingai sumažėjo jaunų vyrų ŠSD ir padidėjo RR intervalų spektro aukštųjų dažnumų komponentė.

Yra žinoma, kad menstruacijų ciklas gali sumažinti ŠSDV rodiklius – tai skiriamasis lyčių požymis. Menstruacinio ciklo metu vykstantys

kiaušidžių hormonų pusiausvyros pokyčiai gali nulemti širdies autonominį aktyvumą. Parasimpatinės nervų sistemos aktyvumas yra vyraujantis kiaušinėlio brendimo fazėje.

Kai kurie tyrėjai lygino  $\dot{V}SDV$  atsaką į fizinių krūvi tarp grupių, kurių aerobinis pajėgumas skyrėsi. Pasitelkdami didėjantį krūvį, M. Tulppo ir kt. (1998) nustatė, kad didelio aerobinio pajėgumo asmenų (palyginti su žemo aerobinio pajėgumo žmonėmis)  $\dot{V}SD$  buvo žemesnis, o aukštųjų dažnumų komponentės reikšmė esant submaksimaliam krūvio intensyvumui – didesnė. M. Buchheitas ir C. Gindre (2006) neaptiko reikšmingo  $\dot{V}SDV$  rodiklių skirtumo tarp nevienodo pajėgumo moterų grupių, tačiau didesnio pajėgumo moterų  $\dot{V}SD$  rodiklis buvo mažesnis. Kiti tyrimai parodė, kad, nepaisant didesnio (dėl fizinių pratybų)  $\dot{V}O_{2max}$  poveikio,  $\dot{V}R$  aukštųjų dažnumų komponentė poilsio metu reikšmingai nepakito (Perini et al., 2002).

ŠKS ligos yra laikomos pagrindine sergamumo ir mirties priežastimi, todėl nėra keista, kad įvairios fizinės veiklės – vieno svarbiausių širdį ir kraujagysles veikiančių faktorių – poveikis ne tik sveikų asmenų, bet ir ligonių ŠKS labai intensyviai tyrinėjamas. R. S. Tayloras ir kt. (2004), apžvelgę 48 tyrimus, nustatė, kad ligonių, kurie reguliariai darė fizinius pratimus, mirčių dažnis reikšmingai sumažėjo. Apie 1600 kcal energijos sąnaudos fiziniam aktyvumui per savaitę reikšmingai sustabdė progresuojančią vainikinių kraujagyslių ligą, o 2200 kcal savaitinės sąnaudos pagerino ligonių, sergančių širdies ligomis, būklę. Minimalus krūvio intensyvumas, darantis poveikį ŠKS ligomis sergantiems ligoniams, yra 45 proc. nuo  $\dot{V}SD_{maks.}$

R. Winkeris ir kt. (2005) pastebėjo, kad daugelio eksperimente dalyvavusių kareivių, kuriems būdavo būdingas ortostatinis nepakantumas (stovėdami alpavo), būklė po ištvermės pratybų programos pasikeitė – alpimo atvejų sumažėjo. M. Tulppo ir kt. (2003), tyrę aerobinių pratybų apimties įtaką nesportuojančių asmenų  $\dot{V}RV$  dinamikai, išsiaiškino, kad aštuonių savaičių, 30 ir 60 minučių per savaitę (intensyvumas – 80–90 proc.  $\dot{V}SD_{maks.}$ ) pratybos vienodai sumažino abiejų grupių tiriamųjų klajoklio nervo poveikį  $\dot{V}R$  reguliavimui.

Pastovaus intensyvumo fizinio darbo pradžioje  $\dot{V}SD$  kinta eksponentiškai ir tampa pastovus 3–5 minutę (Sietsema et al., 1989). Atliekant skirtingo intensyvumo darbą,  $\dot{V}SD$  kaita gali būti nevienoda. Adekvatus širdies kraujagyslių sistemos prisitaikymas yra svarbus veiksnys, siekiant

patenkinti dirbančių raumenų poreikius, kurie atsiranda prieš patiriant fizinį krūvį. Kai dirbama vidutiniu intensyvumu (iki  $LS$ ),  $\dot{SSD}$  kaita apibūdinama kaip monoeksponentiška su greitąja laiko konstanta, kurios laiko pastovioji yra apie 10 s (Hughson, Morrissey, 1983). Dirbant didesniu už  $LS$  intensyvumu, pastebėta biekspONENTINĖ  $\dot{SSD}$  kaita. Galima išskirti jos greitąjį ir lėtąjį komponentus (Linnarson, 1974). Greitasis komponentas, kurio laiko pastovioji yra apie 10 s, žymi parasimpatinės, širdies ritmą lėtinančios nervų sistemos įtakos nutraukimą ir priklauso nuo širdies ritmo ( $\dot{SR}$ ) autonominio reguliavimo būklės ramybės sąlygomis (Perini et al., 1993). Lėtasis komponentas, kurio laiko pastovioji yra apie 100 s, žymi simpatinio aktyvumo didėjimą ir, krūviui intensyvėjant –  $\dot{SSD}$  dažnėjimą. Manoma, kad  $\dot{SSD}$  eksponentinio dažnėjimo laiko konstanta kinta priklausomai nuo amžiaus, širdies ir kraujotakos sistemos funkcinės būklės, autonominio reguliavimo ir fizinio pajėgumo (Lauer et al., 1999).  $\dot{SSD}$  mažėjimą ir greitesnę atsigavimą po intensyvaus darbo D. Linnarsson (1974) apibūdina kaip monoeksponentišką su trumpa laiko konstanta ( $\tau$  mažiau nei 20 s), kuri priklauso nuo darbo intensyvumo ir trukmės; kuo didesnis krūvis, tuo daugiau reikia laiko atsigauti (Yoshida, Whipp, 1994).  $\dot{SSD}$  kaitą reguliuoja nerviniai, hormoniniai ir vidiniai mechanizmai (Darr et al., 1988). Yra žinoma, kad dėl fizinių pratybų sukeltos adaptacijos  $\dot{SSD}$  kinta greičiau tiek absoliučiuju, tiek santykinu fizinių krūvių metu.

Iš literatūros analizės matyti, kad mokslininkų atliktų tyrimų rezultatai yra nevienareikšmiai. Iki šiol nėra aiškūs visi sportuojančiojo širdies ir kraujagyslių būklę lemiantys veiksniai ir tų veiksnių tarpusavio sąsaja. Nustatyta, kad ne tik paveldimumas, lytis, bet ir fizinių pratybų pobūdis, intensyvumas, trukmė, dažnis yra susiję su širdies ir kraujagyslių struktūra ir funkcija (Hosseini et al., 2009). Ilgą laiką tyrus, koks turėtų būti fizinių pratybų intensyvumas ir fizinių pratybų stimulus (intensyvumas, dažnis, trukmė), kad pratybos darytų poveikį autonominei širdies adaptacijai, vis dar negaunama aiškių rezultatų (Martinmäki et al., 2008). Informacijos apie mažiausią ištvermės krūvio kiekį, reikalingą autonominei pusiausvyrai ir fiziniam pajėgumui gerinti, labai mažai, todėl ji nepraranda aktualumo.

## KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Kokį poveikį širdies ir kraujagyslių sistemai daro fizinės pratybos?
2. Dėl kokių priežasčių besitreniruojančių žmonių *MŠT* yra didesnis?
3. Ką parodo *ŠSDV*?
4. Su kokiais sveikatos rizikos veiksniais yra susijęs sumažėjęs *ŠSDV*?
5. Kokie veiksniai turi įtakos širdies ir kraujagyslių sistemos adaptacijai?

## 6. KVĖPAVIMO SISTEMOS LĖTOJI ADAPTACIJA DĖL AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIO

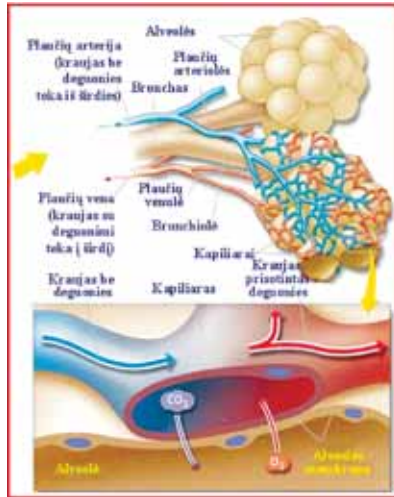
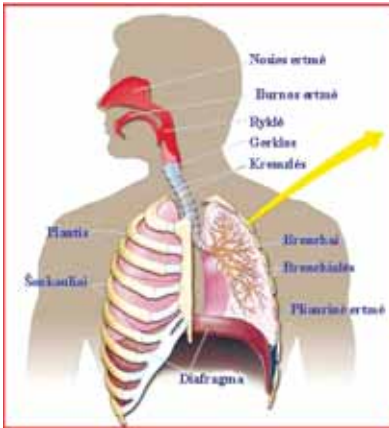
Daugelio tyrimų (Folinsbee et al., 1983; Mahler et al., 1991) duomenys atskleidžia, kad dėl reguliarių ištvermės pratybų gerėja kvėpavimo funkcija: padidėja kvėpavimo raumenų jėga ir galingumas, gyvybinė plaučių talpa (*GPT*), maksimalioji ventiliacija ( $\dot{V}E_{\max}$ ), susidaro palankesnės sąlygos raumenų darbui, gali padidėti kvėpuojamasis tūris (*KT*), o kvėpavimo dažnis (*KD*) – sumažėti, jei  $\dot{V}E$  lygis vienodas (Mahler et al., 1991). Mokslininkai nustatė teigiamą ištvermės pratybų poveikį astma sergančių žmonių kvėpavimo funkciniams rodikliams (Farid et al., 2005). Tvirtinama, kad nuo *KD* ir *KT* fizinio krūvio metu gali priklausyti darbingumas (McConnell, Romer, 2004). Dideliu meistriškumu pasižyminčioms irkluotojoms, kaip paaikšėjo, būdingas gilesnio kvėpavimo modelis negu mažiau besitreniruojančioms sportininkėms (Mahler et al., 1991). Tačiau M. Ramonatxo (1989), L. Folinsbee (1983) ir kt. nepastebėjo *KT* ir *KD* pokyčių, kuriuos sąlygotų ištvermės pratybos. L. Folinsbee ir kt. (1983) nustatė, kad sportininkai pasiekia didesnę  $\dot{V}E_{\max}$  didėjant *KD*. Ištirta, kad dideliu meistriškumu pasižymintiems sportininkams būdingas mažesnis ventiliacinis atsakas į tokį patį fizinį krūvį (Ramonatxo et al., 1989). C. McParlandas ir kt. (1992) neaptiko reikšmingo poveikio sveikų nesportuojančių asmenų kvėpavimo funkciniams rodikliams po penkių savaitių trukmės ištvermės pratybų, atliekamų 40 minučių 70 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$  intensyvumu. Tiriant ilgos trukmės ištvermės pratybų poveikį ramybės kvėpavimo funkciniams rodikliams, reikšmingų pokyčių neaptiko ir kiti autoriai (Lucia et al., 2001; Kippelen et al., 2005). Nustatyta, kad maratono bėgikai (palyginti su nesportuojančiais žmonėmis) kvėpuoja rečiau ir giliau, kai krūvis didėja (Eastwood et al., 2001). Manoma, kad tokie *KT* ir *KD* pokyčiai gali būti susiję su didesne kvėpavimo raumenų jėga ir ištverme, taip pat su mažesniu medžiagų apykaitos veiksnių (acidozės) poveikiu (Eastwood et al., 2001). Tyrėjų nuomone, dideliu meistriškumu pasižyminčių sportininkų didesnis anglies dvideginio šalinimo poreikis patenkinamas didesniu *KD*, kuris pasiekiamas sumažinant įkvėpimo ir iškvėpimo trukmę, bet ne didesniu *KT*, kuris būdingas mažiau besitreniruojantiems sportininkams (Folinsbee et al., 1983).

Kai kurių tyrimų rezultatai rodo, kad dėl reguliarių fizinių pratybų poveikio didėja *GPT* ir forsuito iškvėpimo (*DIG*) bei įkvėpimo (*DIG*) greitis. Fiziškai aktyvių asmenų forsuito iškvėpimo talpa (*FIT*) ir forsuito iškvėpimo tūris per 1 s (*FIT1*) yra didesni negu sveikų, fiziškai neaktyvių asmenų. Tai laikoma prisitaikymo prie fizinių krūvių padariniu. Kiti  $\dot{V}E$  rodikliai (maksimalioji valinga ventilacija (*MVV*), *DIG* ir *DIG*), nors jie ir yra didesni fiziškai aktyvių asmenų nei fiziškai neaktyvių, tačiau statistiškai reikšmingai nesiskiria. J. Kift ir E. Williamso (2008) duomenimis, *FIT1* reikšmės priklauso nuo tiriamojo ūgio. Didėsni fiziškai aktyvių asmenų kvėpavimo funkcijos rodikliai patiriant fizinį krūvį nustatomi, kai *GPT* yra didesnė (Andziulis, 2002).

Manoma, kad sportininkų, kurių santykinis maksimalusis deguonies suvartojimas ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) yra didesnis už 65 ml/kg/min., kvėpavimo sistema yra darbingumą ribojantis veiksnys (Demsey et al., 1990), o padidinus jos pajėgumą galima pagerinti sportinius rezultatus be reikšmingų  $\dot{V}O_{2\max}$  pokyčių (Inbar et al., 2000).

C. Rong ir kt. (2008) aptiko reikšmingą koreliacinę ryšį tarp kvėpavimo funkcinių rodiklių ir tiriamųjų amžiaus, lyties, ūgio, kūno masės ir sportinės specializacijos. Lyginant skirtingų šakų sportininkus, didžiausia *GPT* pasižymi plaukikai. Plaukikų, palyginti su ištvermės sporto šakų sportininkais ar nesportuojančiais asmenimis, *GPT* yra didesnė dėl platesnės krūtinės ląstos, didesnio alveolių kiekio (Armour et al., 1993).

*MVV* rezultatų vertinimas rodo jų sąsają su ūgiu ir kūno padėtimi (Kift, Williams, 2008). Pastebėta, kad dirbant fizinį darbą nesportuojančių asmenų  $\dot{V}E_{\max}$  siekia 60–80 proc. *MVV* (Blackie et al., 1991; Habedank et al., 1998), profesionalių sportininkų – 85–90 proc. *MVV* (Folinsbee et al., 1983; Lucia et al., 1999). Tačiau tai lemia ne *MVV* rezultatų skirtumai, bet didesnė sportininkų  $\dot{V}E$  patiriant krūvį (Kift, Williams, 2008). A. Stasiulis ir kt. (2009) nustatė, kad maksimalūs kvėpavimo funkcijos rodikliai ramybės sąlygomis tarp fiziškai aktyvių asmenų, ištvermės ir greičio sporto šakų atletų nesiskiria, o nepertraukiamo, nuosekliai didėjančio krūvio testo metu ištvermės sporto šakų sportininkų  $\dot{V}E$  ir *KD* yra didesni. Kvėpavimo sistemos organai pa-vaizduoti 10 paveiksle.



10 pav. Kvėpavimo sistema

## KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Kokie veiksniai turi įtakos kvėpavimo funkcijos rodikliams?
2. Kokios pratybos gerina kvėpavimo funkciją?
3. Kokia yra aerobinių pratybų prevencija kvėpavimo ligoms?
4. Nuo ko labiausiai priklauso *GPT* dydis?

## 7. LIPIDŲ METABOLIZMO POKYČIAI DĖL AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIO

Vienas svarbiausių aterosklerozės progresavimo veiksnių – kraujo riebalai, arba lipidai, kurių pagrindinis yra cholesterolis. Mažesnė už normą kraujo didelio tankio lipoproteinų cholesterolio (*DTL-ch*) ir padėjusi mažo tankio lipoproteinų cholesterolio (*MTL-ch*) bei triacilglicerolių (*TAG*) koncentracija yra širdies ir kraujagyslių sistemos ligų (*ŠKL*) rizikos veiksniai (George et al., 2004). 4 lentelėje (žr. toliau) yra pateiktos cholesterolio ir lipidų tyrimų vertinimo normos.

Cholesterolis cirkuliuoja kraujyje ir, susijungęs su baltymais, sudaro lipoproteinus. Daugiausiai cholesterolio yra mažo tankio lipoproteinuose. Tai aterogeniškiausia lipoproteinų frakcija. *MTL-ch*, ypač pakitęs dėl oksidacijos, patenka į arterijų sieneles ir sukelia aterosklerozinius pokyčius. *DTL-ch* vadinami antiaterogeniniais, nes iš periferinių audinių paima panaudotą cholesterolį ir perduoda į kepenis, kur atsiskykęs cholesterolis yra naudojamas tulžies rūgščių sintezei arba pašalinamas iš organizmo.

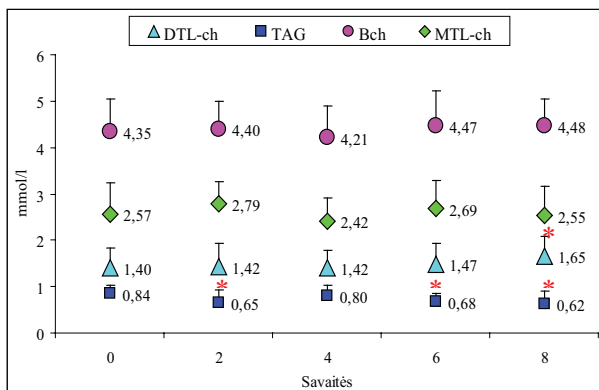
Dažniausiai aterosklerozė pasireiškia ir progresuoja dėl sutrikusio lipidų ir lipoproteinų metabolizmo. Įvertinus lipidų koncentraciją kraujyje galima prognozuoti aterosklerozės pasireiškimo galimybę.

Pasaulyje atliekama daug tyrimų, kuriais siekiama ieškoti veiksmingų *DTL-ch* koncentraciją didinančių, *MTL-ch* ir *TAG* koncentraciją mažinančių priemonių, susijusių su gyvensenos įpročiais. Yra žinoma, kad sisteminga fizinė veikla daro įtaką daugeliui *ŠKL* rizikos veiksnių. Ištvėrėms pratybos rekomenduojamos kaip riebiųjų medžiagų apykaitos skatinimo priemonė (Meyer et al., 2007; Arena, 2008). Daugelis tyrėjų nustatė, kad besitreniruojantys asmenys pasižymi geresniu lipoproteinų profiliu negu nesitreniruojantys. Manoma, kad aerobiniai pratimai sumažina *ŠKL* pavojų, didindami *DTL-ch* kraujyje lygį (Kodama et al., 2008). Nemažai tyrimų pagrindė, kad *DTL-ch* koncentracija moterų kraujo serume yra didesnė negu vyrų. Manoma, kad *DTL-ch* koncentracijos skirtumas vyrų ir moterų kraujo serume yra tiesiogiai susijęs su lytinių hormonų poveikiu lipidų metabolizmui (Fransson et al., 2003). Daroma prielaida, kad didesnė moterų *DTL-ch* koncentracija, palyginti su vyrų, yra tiesiogiai susijusi su mažesne moterų mirtingumo nuo *ŠKL* rizika. Kadangi moterų *DTL-ch* koncentracija yra reikšmingai didesnė



negu vyrų, pastaraisiais metais nustatyti skirtingi vyrų ir moterų mažos *DTL-ch* koncentracijos, susijusios su *ŠKL* rizika, kriterijai. Pagal Pasaulinės sveikatos organizacijos (*PSO*) ir Nacionalinės cholesterolio edukacinės programos (*NCEP*) ekspertų rekomendacijas, maža *DTL-ch* koncentracija vyrų atveju laikoma  $<1,04$  mmol/l ( $<40$  mg/dl), o moterų –  $<1,3$  mmol/l ( $<50$  mg/dl) (Vaičaitienė ir kt., 2005).

Tyrimas (Stasiulis ir kt., 2010) parodė, kad dėl aerobinių krūvių poveikio (aštuonias savaites minant dviratį – 60 min. tris kartus per savaitę *VSI* intensyvumu) reikšmingai sumažėjo tiriamų 18–24 metų studentų kūno masė (1,5 proc.), kūno masės indeksas (6,2 proc.), kūno riebalų masė (6 proc.). Taip pat reikšmingai sumažėjo studentų *TAG* (26 proc.) ir padidėjo *DTL-ch* koncentracija kraujyje (17,9 proc.). Bendrojo kraujo cholesterolio (*Bch*) ir *MTL-ch* koncentracijos kraujyje per visą tyrimo laikotarpį išliko panašios. Tirtų rodiklių reikšmingų pokyčių laiko seka skyrėsi. *TAG* sumažėjo po dviejų, šešių ir aštuonių savaičių, *DTL-ch* padidėjo po aštuonių savaičių (Stasiulis ir kt., 2010) (11 pav.).



\* Pastaba. Skirtumas yra statistiškai reikšmingas pirmojo tyrimo atžvilgiu, kai  $p < 0,05$ .

**11 pav.** Eksperimentinės grupės tiriamųjų bendro cholesterolio (*Bch*), mažo tankio lipoproteinų cholesterolio (*MTL-ch*), didelio tankio lipoproteinų cholesterolio (*DTL-ch*) ir triacilglicerolio (*TAG*) koncentracijos kraujo plazmoje duomenų vidutinės reikšmės prieš eksperimentą, po jo ir kas antrą eksperimento savaitę

Asmenims, reguliariai darantiems aerobinius pratimus, būdinga didesnė kraujo *DTL-ch* koncentracija negu pasyviems asmenims. S. Kodama ir kt. (2008) nurodo, kad minimali savaitinė fizinių pratimų trukmė,

kai gali padidėti *DTL-ch* koncentracija kraujyje, turi būti 120 minučių arba savaitinės fizinio aktyvumo energetinės sąnaudos – 900 kcal. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad kiekvienos papildomos dešimt pratybų minučių padidina *DTL-ch* koncentraciją kraujyje apie 0,036 mmol/l (Kodama et al., 2008). Naudojant įvairias fizinės veiklos programas, buvo stebimas *Bch*, *TAG* ir *MTL-ch* mažėjimas, *DTL-ch* didėjimas (National Cholesterol Education Program, National Health, 2002). Tačiau keletas tyrėjų nustatė tik nereikšmingus lipidų ir lipoproteinų pokyčius po treniravimosi programos (Manning et al., 1991).

Kai kurie tyrimai parodė, kad *DTL-ch* koncentracija padidėjo nepriklausomai nuo kūno masės, kūno masės indekso ir kūno riebalų mažėjimo (Kelley et al., 2006), tuo tarpu kiti autoriai nurodo, kad *DTL-ch* padidėjimas yra susijęs būtent su tuo (Katzel et al., 1995). S. Branthas ir kt. (2006) pastebėjo, kad vyrų, kurių fizinis aktyvumas buvo 120 minučių penkis kartus per savaitę, apie 40 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$  reikšmingai nepaveikė lipidų koncentracijos kraujyje. Mokslininkai mano, kad net jei fizinių pratybų metu išnaudojama daug energijos, bet nesikeičia kūno masė, tuomet kūno kompozicijai ir  $\dot{V}O_{2\max}$  būdingas nedidelis kraujo lipidų pokytis. A. Kin Isler ir kt. (2001) tyrė aštuonių savaičių, 60–70 proc. nuo  $\dot{SSD}_{maks}$  intensyvumo, 45 min. trukmės aerobinio šokio ir žingsnelių aerobikos poveikį pasyvių koledžo studentų kraujo lipidams ir lipoproteinams. Po eksperimento tarp trijų grupių – aerobinio šokio, žingsnelių aerobikos ir kontrolinės – nebuvo pastebėta jokių reikšmingų kūno masės, *TAG* ir *MTL-ch* pokyčių, tačiau *Bch* reikšmingai sumažėjo aerobinio šokio ir žingsnelių aerobikos grupėse, palyginti su kontroline grupe. Žingsnelių aerobikos pratybos labai padidino *DTL-ch* lygį (Kin Isler et al., 2001).

A. E. Hardman ir A. Hudson (1994) pastebėjo, kad vidutinio amžiaus moterų *DTL-ch* kiekis smarkiai padidėjo po 12-os savaičių greito ėjimo. Kiti tyrėjai nustatė, kad po keturių mėnesių greito ėjimo ar jogos padidėjo vidutinio amžiaus vyrų *DTL-ch* koncentracija, tačiau *Bch* koncentracija nepakito (Marti et al., 1990). Po šešių pratybų savaičių labai sumažėjo vidutinio amžiaus vyrų *Bch*, *TAG*, tačiau *DTL-ch* ir *MTL-ch* koncentracija kraujyje nepasikeitė (Ferrauti et al., 1997). W. Kraussas ir kt. (2002), tirdami mažo, vidutinio ir didelio intensyvumo, vienodos apimties fizinių pratybų poveikį, aptiko nedidelius lipoproteinų dydžio kaitos skirtumus. Tačiau tiriamieji, dalyvavę didelio intensyvumo programoje, padidino savo  $\dot{V}O_{2\max}$ , o tiriamieji, dalyvavę mažo ir vidutinio intensyvumo programoje, sumažino savo kūno masę.

*Bch* kiekis kraujyje labiau mažėjo tų tiriamųjų grupėje, kurių *Bch* koncentracija buvo didesnė eksperimento pradžioje (Kodama et al., 2008). Tyrimų duomenimis, *MTL-ch* koncentracija yra mažesnė išvermę lavinančių žmonių kraujyje (Paffenberg et al., 1982).

M. Linda ir kt. (2000) nustatė, kad *TAG* reikšmingai sumažėjo tarp fiziškai neaktyvių universiteto studentų po 16-os savaitių aerobinių pratybų (dviračio mynimas, irklavimas ergometru, ėjimas ir bėgimas), o 70–85 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$ . *DTL-ch* lygio didėjimas buvo tiriamas po aštuonių savaitių treniravimosi, tačiau ryškūs pokyčiai pastebėti 16-tą savaitę (28 proc. padidėjimas, palyginti su pradiniu lygiu). *Bch* sumažėjo iki 10 proc., *MTL-ch* – iki 6 proc. Daugelio tyrimų duomenimis, vidutinis fizinis krūvis gali sumažinti *TAG* koncentraciją, tačiau svarbiausias veiksnys, lemiantis *TAG* koncentracijos sumažėjimą, yra energija, išnaudota per pratybas (Gill, Malkova, 2006). A. George ir kt. (2004), apibendrinęs aerobinių pratimų poveikio moterų lipidų ir lipoproteinų koncentracijai 27 tyrimų rezultatus, pastebėjo sumažėjus *Bch*, *MTL-ch* ir *TAG* (atitinkamai 2, 3 ir 5 proc.) ir 3 proc. padidėjus *DTL-ch*. *Bch* sumažėjimą mokslininkai sieja su kūno masės ir kūno riebalų pokyčiais. Statistiškai reikšmingas pokytis pastebėtas tarp *DTL-ch* ir  $\dot{V}O_{2\max}$ . Padidėjęs  $\dot{V}O_{2\max}$  galėjo lemti tai, kad padidėjo ir *DTL-ch* (Kelley, Kelley, 2004). P. W. Grandjeanas ir kt. (2000) nustatė, kad moterų *TAG* koncentracija kraujyje po pratybų programos sumažėjo labiau nei vyrų, kurie, kaip ir moterys, per fizinės pratybas išėikvojo 500 kcal.

Manoma, kad aerobinės pratybos sukelia lipidų ir lipoproteinų koncentracijos kraujyje pokyčius, pakeisdamos fermentų, veikiančių lipoproteinų sintezės, transporto ir katabolizmo procesuose, aktyvumą (Helge et al., 2008). Pagrindiniai fermentai, kurių aktyvumas kinta dėl fizinių pratybų, yra lipoproteinlipazės (*LPL*), kepenų lipazės ir lecitincholesterolaciltransferazė, *CETP* (cholesterolio esterį perduodantis proteinas). Anot S. Sady'io (1986), po 18 valandų maratono lipidai aktyviau šalinami iš cirkuliacijos, ir kartu 46 proc. padidėja *LPL* aktyvumas. Ilgos trukmės fizinių pratybų metu raumeninio audinio *TAG* yra svarbus energetinis substratas (Oscai et al., 1990).

Kai kurie mokslininkai tyrė lipidų metabolizmo pokyčius nutraukus fizinės pratybas. Pasak K. Mankowitz (1992), nutraukus pratybas, po 14–22 dienų kepenų lipazės aktyvumas sumažėjo 21 proc. ir 41 proc. padidėjo cirkuliuojančių lipidų aktyvumas. N. Nelson (1994) ir S. Herd (1995), tyrę trumpą laikotarpį, t. y. praėjus 12 valandų, dvi ir septynias

ar devynias dienas nutraukus pratybas, neaptiko jokių reikšmingų absorbcinės lipemijos pokyčių. Tačiau abiem atvejais pastebėta lipidų koncentracijos kraujo plazmoje didėjimo po riebaus maisto testo tendencija. Šie rezultatai atskleidžia, kad sportininkų lipidų utilizacija iš cirkuliacijos absorbcinės būsenos sąlygomis kur kas spartesnė negu nesportuojančių, ir tai lemia didėjantis raumenų *LPL* aktyvumas.

Ilgai trunkančių fizinių pratimų metu pagrindinis energijos šaltinis yra angliavandeniai ir riebalai. Intensyvėjant pratimams, didėja angliavandenių metabolizmas, o lipidų metabolizmas didėja, ilgėjant pratimo trukmei. Yra duomenų apie *TAG* ir *DTL-ch* pokyčius net po vienerių aerobinių pratybų.

#### 4 lentelė. Cholesterolio ir lipidų koncentracijos kraujyje matavimų vertinimas

Cholesterolio koncentracijos kraujyje matavimų vertinimo normos	Lipidų koncentracijos kraujyje matavimų vertinimo normos
<5 mmol/l – norma	<b>MTL-ch</b> $\geq 3,3$ mmol/l – padidėjusi koncentracija
5,1–6,4 mmol/l – padidėjusi koncentracija	<b>DTL-ch</b> vyrų: <1,04 mmol/l – sumažėjusi koncentracija moterų: <1,3 mmol/l – sumažėjusi koncentracija
$\geq 6,5$ mmol/l – labai padidėjusi koncentracija	<b>Triacilgliceroliai</b> >2,3 mmol/l – padidėjusi koncentracija

### KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Kokia lipoproteinų frakcija yra aterogeniškesnė?
2. Kokį vaidmenį atlieka *DTL-ch*?
3. Kokią reikšmę turi lipidų koncentracijos įvertinimas?
4. Kokios yra priežastys, sukeliančios lipidų ir lipoproteinų koncentracijos kraujyje pokyčius?
5. Kokia fizinių pratybų rūšis labiausiai paveikia lipidų ir lipoproteinų metabolizmą?
6. Kokios yra *MTL-ch*, *DTL-ch* ir *TAG* koncentracijos kraujyje normos?

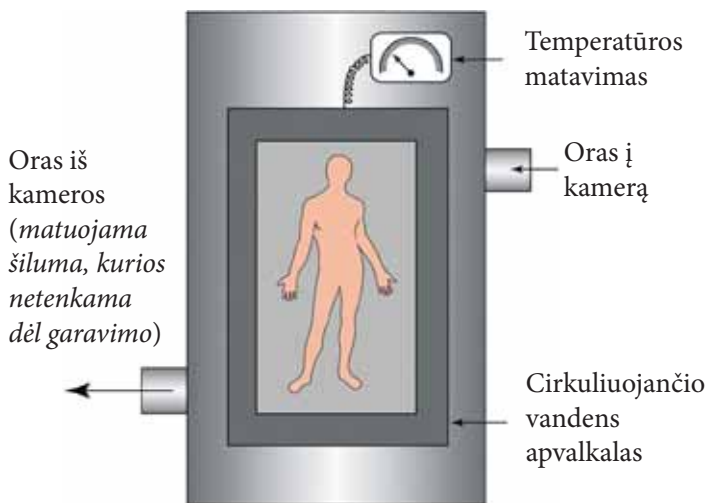
## 8. PAGRINDINĖS ENERGIJOS APYKAITOS POKYČIAI DĖL AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIO

Pagrindinė energijos apykaita (*PEA*) – tai mažiausias energijos kiekis, reikalingas organizmo gyvybinėms funkcijoms palaikyti, ląstelių, audinių medžiagų apykaitai, širdies, kvėpavimo sistemoms, kraujo apykaitai bei procesams inkstuose ir virškinamajame kanale palaikyti. Net ir skersaruožiai raumenys ramybės sąlygomis naudoja energiją savo funkcinei parengties būklei palaikyti (jonų siurbliai, morfologinis vientisumas ir kt.). Ramybės sąlygomis praktiškai visoms organizmo ląstelėms reikalinga energija. *PEA* sudaro 60–80 proc. visos paros energijos sąnaudų, todėl ji labai svarbi kontroliuojant kūno masę (Santa-Clara et al., 2006). Energijos kiekiu išreikštos sąnaudos per 24 valandas nurodomos 5 lentelėje.

**5 lentelė.** Bendrųjų energijos sąnaudų sudedamosios dalys (Žmogaus fiziologija, 2006)

Fiziniam aktyvumui naudojama energija – 15–30 proc.
Termogeninis maisto efektas – 10 proc.
Pagrindinė medžiagų apykaita – 60–75 proc.

Žmogui esant ramiam, energijos sąnaudos dažniausiai matuojamos dviem būdais – tiesioginės ir netiesioginės kalorimetrijos metodais. Tiesioginės kalorimetrijos metodas yra grindžiamas išsiskyrusios šilumos kiekio matavimu bei rodo energetinių procesų intensyvumą, taigi ir energetinių medžiagų suvartojimą. Tiesiogiai nustatyti energetines medžiagas yra fiziškai nelengvą, sudėtingos aparatūros reikalaujanti procedūra, nes reikia specialios hermetinės kameros, kurioje įtaisytais vamzdeliais pastoviu greičiu teka vanduo. Žmogaus išskiriama šiluma sušildo vandenį, todėl, žinant vandens kiekį, tekantį pro kamerą, ir vandens sušilimo laipsnį, galima nustatyti šilumos kiekį, kurį išskyrė žmogaus organizmas (12 pav.). Netiesioginės kalorimetrijos (*NK*) metodas yra grindžiamas organizmo energijos naudojimo greičio apskaičiavimu pagal  $\dot{V}O_2$  ir kalorinį deguonies ekvivalentą (Snellen et al., 1983; Scott et al., 2006).  $\dot{V}O_2$  bei kiti kvėpavimo ir dujų apykaitos rodikliai *NK* metodu registruojami pasitelkiant dujų analizatorių (13 pav.).



12 pav. Tiesioginė kalorimetrija



13 pav. Netiesioginė kalorimetrija

Įvairių asmenų *PEA* yra nevienoda. Pagrindinei energijos apykaitai įtaką daro daugybė veiksnių: amžius, lytis, kūno masė, kūno sudėtis, fizinis aktyvumas, aerobinis pajėgumas, aplinkos temperatūra, hormonai,

vaistai, stresas, dieta bei ligos (Donahoo et al., 2004). Stipriausia koreliacija buvo nustatyta tarp fizinio aktyvumo, asmens liesosios kūno masės ir *PEA* (Krems et al., 2005).

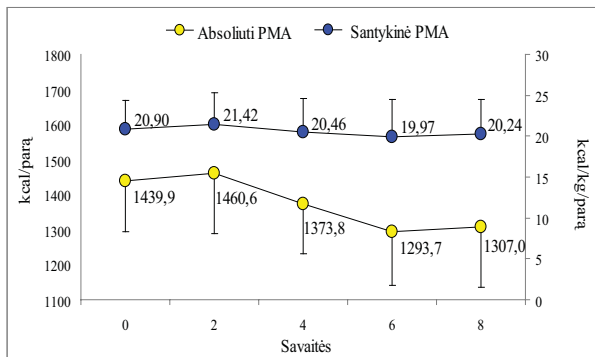
Mokslininkų duomenys apie fizinių pratybų įtaką *PEA* skiriasi. Publikuota nemažai darbų, kuriuose nustatyta, kad fizinės pratybos (aerobinės ir (ar) jėgos) gali padidinti *PEA* (Jamurtas et al., 2004; Hunter et al., 2006), tačiau yra ir mokslininkų, nenustačiusių reikšmingo ilgalaikio *PEA* pokyčio po reguliarių aerobinių ir (ar) jėgos pratybų programos (Santa-Clara et al., 2006; Mockienė ir kt., 2010). Kai kuriuose tyrimuose po jėgos ir (ar) aerobinių pratybų programos buvo nustatyta, kad *PEA* sulėtėjo (Goran, Poehlman, 1992; Meijer, 1999).

Pasak E. Poehlmano ir kt. (2002), šešių mėnesių ištvermės pratybos (tris kartus per savaitę po 25–45 minutes) reikšmingai nepakeitė jaunų, iki tyrimo nesportavusių merginų *PEA*. Reikšmingo poveikio *PEA* nenustatyta ir 18–24 metų merginų grupėje po 60 min. trukmės aerobinių pratybų, rengtų du mėnesius, triskart per savaitę, pirmojo ventiliacinio slenksčio intensyvumu (Mockienė ir kt., 2010). Apie *PEA* sulėtėjimą po 26 savaičių jėgos ir aerobinių pratybų programos rašė P. D. Thompsonas ir kt. (1997). B. Dolezalis ir J. Potteigeris (1998), tyrę jaunų vyrų *PEA*, kūno masę, kūno riebalų kaitą dėl ištvermės pratybų poveikio, nustatė, kad po dešimties savaičių *PEA* sulėtėjo nuo 7231 iki 7029 kJ/d., riebalinė kūno masė sumažėjo nuo 11,8 iki 9,5 proc. Fizinės pratybos, kurių metu stebėta spartėjanti *PEA*, buvo labai intensyvios ir ilgos trukmės (Treuth et al., 1996). Anot E. Poehlmano ir kt. (1991), *PEA* nepasižymės ilgalaikiu spartėjimu, jeigu pratybos bus neintensyvios arba vidutiniškai intensyvios. *PEA* po ištvermės pratybų paspartėjo, kai pratybų intensyvumas buvo didesnis nei 70 proc.  $\dot{V}O_{2\max}$  (Poehlman et al., 1991), o pratybų trukmė buvo didesnė arba lygi 50 minučių (LaForgia et al., 2006). E. Poehlmano ir kt. (2002) nuomone, gali būti sunku paspartinti *PEA* asmenų, kurių fizinio pajėgumo lygis yra žemas. Nustatyta, kad vyrų, pasižyminčvų aukštesniu  $\dot{V}O_{2\max}$ , *PEA* yra greitesnė. Manoma, kad didelį aerobinį galingumą lemia spartesnė *PEA*, nesusijusi su kūno sandara (Sullo et al., 2004). E. Poehlmanis ir kt. (2002) nurodo, kad, nepaisant padidėjusio  $\dot{V}O_{2\max}$ , šešių mėnesių ištvermės pratybos, vykusios tris kartus per savaitę po 25–45 minutes, nepakeitė jaunų, iki tyrimo nesportavusių merginų *PEA* (Poehlman et al., 2002).

Daugelis mokslininkų stebėjo dėl fizinių pratybų poveikio spartėjančią *PEA* (Jamurtas et al., 2004; Hunter et al., 2006). Dėl fizinių pratybų išaugusias *PEA* sąnaudas gali lemti kelios priežastys (Withers et al., 1998). Paros energijos sąnaudos laikinai padidėja dėl tiesioginio fizinių pratimų poveikio. Taip pat teigiama, kad reguliarios fizinės pratybos (lavinančios ištvermę ir (ar) jėgą) gali ilginiui padidinti energijos sąnaudas ramybės sąlygomis, nepriklausomai nuo tiesioginių energijos sąnaudų pratybų metu (Withers et al., 1998; Jamurtas et al., 2004; Hunter et al., 2006), jeigu dėl fizinio aktyvumo pasikeičia kūno sudėtis, nes liesoji kūno masė yra metaboliškai aktyvesnė (Withers et al., 1998). Tačiau kai kurie tyrėjai neaptiko reikšmingo *PEA* pokyčio, kurį sąlygotų jėgą ar ištvermę lavinančios pratybos (Santa-Clara et al., 2006; Scharhag-Rosenberger et al., 2010). Mokslininkų nuomone, paros energijos sąnaudų padidėjimas dėl ištvermę lavinančių pratybų yra trumpalaikis ir labiausiai priklauso nuo tiesioginių energijos sąnaudų fizinių pratybų ir atsigavimo po jų laikotarpiu, o ne dėl ilgalaikio *PEA* paspartėjimo (Poehlman et al., 2002). Manoma, kad didesnis jautrumas insulinui ir simpatinės nervų sistemos aktyvumas po aerobinių pratybų gali būti susiję su paspartėjusia *PEA* (Hunter et al., 2006), o po sunkių jėgos pratybų – su padidėjusia liesąja kūno mase (Jamurtas et al., 2004).

Subrendusių moterų ir vyrų *PEA* sulėtėjimui įtakos turi pakitusi kūno sudėtis (padidėja riebalinė kūno masė) (Going et al., 1995). Asmenys, kurių *PEA* lėtesnė, turi didesnę atsvario tikimybę (Grillol et al., 2005) nei asmenys, kurių *PEA* spartesnė. Suaugusių vyrų *PEA* yra 5–10 proc. greitesnė nei moterų. Moterų *PEA* yra lėtesnė nei vyrų dėl mažesnės liesosios kūno masės. Liesoji kūno masė senėjant mažėja dėl mažėjančio fizinio aktyvumo (Ruggiero, Ferrucci, 2006; Aubertin-Leheudre et al., 2008). Kai kurie autoriai tvirtina, kad liesosios kūno masės pokyčiai labiausiai lemia *PEA* spartėjimą (Krems et al., 2005; Aubertin-Leheudre et al., 2008). K. Westerterpas ir kt. (1992) nurodo, kad, nepaisant to, jog padidėjo liesoji kūno masė (1–6 kg ir vyrų, ir moterų) ir sumažėjo riebalinė kūno masė (3–8 kg vyrų ir 2 kg moterų), po 44 savaičių bėgimo pratybų *PEA* sulėtėjo. To priežastys vis dar nėra aiškios (Speakman, Selman, 2003). A. Mockienė ir kt. (2010) nustatė, kad tiriamųjų studentų santykinė liesoji kūno masė po reguliarių aštuonių savaičių aerobinių pratybų reikšmingai padidėjo (2,9 proc.), riebalinė kūno masė sumažėjo (5,3 proc.), tačiau *PEA* reikšmingai nepakito (14 pav.).





**14 pav.** Eksperimentinės grupės tiriamųjų pagrindinės energijos apykaitos vidutinės reikšmės prieš eksperimentą, po jo ir kas antrą eksperimento savaitę

Prieštarigus aerobinių pratybų poveikio *PEA* tyrimų duomenis būtų galima aiškinti kaip skirtingų metodų taikymo pasekmę. Dauguma tyrėjų, vertindami fizinių pratybų poveikį *PEA*, rėmėsi fizinio aktyvumo klausimynais, akselerometrais, žingsniamačiais ir kt. priemonėmis, rodančiomis abejotinas paros energijos sąnaudas (Starling et al., 1999). Mokslininkų darbuose egzistuoja ūmaus ir lėtinio poveikio energijos apykaitai painiava.

Tai reiškia, kad daugelyje atliktų tyrimų (Poehlman, Danforth, 1991; Treuth et al., 1996) energijos sąnaudos buvo matuojamos iškart po pratybų programos (per 24 valandas), – tokiu atveju nenustatomas ilgalaikis poveikis *PEA* (jis matuojamas praėjus 72 valandoms po fizinių pratybų) (Tremblay et al., 1988). G. Hunteris ir kt. (2006), tyrinėję *PEA* kaitą dėl aerobinių pratybų poveikio, išsiaiškino, kad energijos sąnaudos ramybės sąlygomis buvo reikšmingai didesnės tik praėjus 19 valandų po pratybų, o po 43 ir 67 valandų reikšmingo pokyčio neaptikta. Suaugusių žmonių 70–80 proc. energijos naudoja organai, sudarantys tik 5 % viso kūno svorio (6 lentelė).

**6 lentelė.** Suaugusių žmonių organuose naudojamos energijos kiekis  
(Žmogaus fiziologija, 2006)

<b>Organai</b>	<b>Naudojamos energijos kiekis (proc.)</b>
Kepenys	29
Smegenys	19
Griaučių raumenys (ramybės sąlygomis)	18
Inkstai	7
Širdis	10
Kiti organai	17
Iš viso	100

### **KONTROLINIAI KLAUSIMAI**

1. Ką parodo *PEA*?
2. Kiek paros energijos sąnaudų sudaro *PEA*?
3. Kokius žinote būdus nustatyti *PEA*?
4. Kodėl skiriasi vyrų ir moterų *PEA*?
5. Kokia yra *PEA* nustatymo praktinė reikšmė?

## IŠVADOS

Aerobinės pratybos sąlygoja adaptacinius pokyčius širdies ir kraujagyslių, kvėpavimo, raumenų, endokrininėje, metabolinėje ir kt. sistemose. Šias adaptacijas atspindi geresni aerobinio pajėgumo parametrai. Dėl šių parametru teigiamos kaitos padidėja ištvermė, vėliau apima nuovargis dirbant fizinį darbą, ir tai lemia geresnę gyvenimo kokybę.

## LITERATŪRA

1. Ahmaidi, S., Masse-Biron, J., Adam, B. et al. (1998). Effects of Interval Training at the Ventilatory Threshold on Clinical and Cardiorespiratory Responses in Elderly Humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 78 (2), 170–176.
2. Alevizos, A., Lentzas, J., Kokkoris, S., Mariolis, A., Korantzopoulos, P. (2005). Physical Activity and Stroke Risk. *International Journal of Clinical Practice*, 59 (8), 922–930.
3. McConnell, A. K., Sharpe, G. R. (2005). The Effect of Inspiratory Muscle Training upon Maximum Lactate Steady-state and Blood Lactate Concentration. *Journal of Applied Physiology*, 94, 277–284.
4. American College of Sports Medicine (1990). Position Stand: “The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Fitness in Healthy Adults”. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 265–274.
5. American College of Sports Medicine (1998). Position Stand: “The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness and Flexibility in Health Adults”. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 975–991.
6. Andziulis, A. (2002). Sportininkų plaučių ventiliacijos funkcijos rodikliai ramybės sąlygomis. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2 (43).
7. Arena, R., Myers, J., Guazzi, M. (2008). The Clinical Significance of Aerobic Exercise Testing and Prescription: From Apparently Healthy to Confirmed Cardiovascular Disease. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 2, 519–536.
8. Armour, J., Donnelly, P. M., Bye, P. T. (1993). The Large Lungs of Elite Swimmers: An Increased Alveolar Number? *European Respiratory Journal*, 6, 237–247.
9. Åstrand, P. O. (1994). Age, Physical Fitness and Health. *Sborník lékařský*, 95 (2), 59–63.
10. Aubert, A. E., Seps, B., Beckers, F. (2003). Heart Rate Variability in Athletes. *Sports Medicine*, 33, 889–919.
11. Aubertin-Leheudre, M., Goulet, E. D., Dionne, I. J. (2008). Enhanced Rate of Resting Energy Expenditure in Women Using Hormone-Replacement Therapy: Preliminary Results. *Journal of Aging and Physical Activity*, 16 (1), 53–60.
12. Babcock, M. A., Paterson, D. H., Cunningham, D. A. (1992). Influence of Ageing on Aerobic Parameters Determined from a Ramp Test. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65, 138–143.

13. Banach, T., Zoladz, J. A., Kolasinska-Kloch, W. et al. (2000). The Effect of Aging on the Activity of the Autonomic Nervous System in Long Distance Runners. *Folia Medica Cracoviensia*, 41, 113–120.
14. Barstow, T. J., Jones, A. M., Nguyen, P. H., Casaburi, R. (1996). Influence of Muscle Fiber Type and Pedal Frequency on Oxygen Uptake Kinetics of Heavy Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 81 (4), 1642–1650.
15. Bearden, S. E., Moffatt, R. J. (2001). VO<sub>2</sub> and Heart Rate Kinetics in Cycling: Transitions from an Elevated Baseline. *Journal of Applied Physiology*, 90, 2081–2087.
16. Bellman, M. J., Gaesser, G. A. (1991). Exercise Training below and above the Lactate Threshold in the Elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 562–568.
17. Berger, N. J., Tolfrey, K., Williams, A. G., Jones, A. M. (2006). Influence of Continuous and Interval Training on Oxygen Uptake On-kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 504–512.
18. Blackie, S. P., Fairbairn, M. S., McElvaney, N. G., Wilcox, P. G., Morrison, N. J., Pardy, R. L. (1991). Normal Values and Ranges for Ventilation and Breathing Pattern at Maximal Exercise. *Chest*, 100, 136–142.
19. Borresen, L., Lambert, M. (2008). Autonomic Control of Heart Rate during and after Exercise: Measurements and Implications for Monitoring Training Status. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38 (8), 633–646.
20. Boutcher, S. H., Stein, P. (1995). Association between Heart Rate Variability and Training Response in Sedentary Middle-Aged Men. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70, 75–80.
21. Branth, S., Sjödin, A., Forslund, A., Hambraeus, L., Holmbäck, U. (2006). Minor Changes in Blood Lipids after 6 Weeks of High-Volume Low-Intensity Physical Activity with Strict Energy Balance Control. *Journal of Applied Physiology*, 96, 315–321.
22. Brožaitienė, J., Bovina, E. (2001). Adaptacijos fiziniam krūviui vertinimas pagal širdies ritmo kinetikos komponentes. *Biomedicina*, 2, 82–87.
23. Buchheit, M., Gindre, C. (2006). Cardiac Parasympathetic Regulation: Respective Associations with Cardiorespiratory Fitness and Training Load. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 291, H451–H458.
24. Buchheit, M., Platat, C., Oujaa, M., Simon, C. (2007). Habitual Physical Activity, Physical Fitness and Heart Rate Variability in Preadolescents. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 204–210.
25. Burnley, M., Jones, A. M. (2007). Oxygen Uptake Kinetics as Determinant of Sports Performance. *European Journal of Sport Science*, 7 (2), 63–79.

26. Cabrera, M., Chizeck, H. (1996). On the Existence of Lactate Threshold during Incremental Exercise: A Systems Analysis. *Journal of Applied Physiology*, 80 (5), 1819–1828.
27. Carter, H., Jones, A. M., Barstow, T. J., Burnley, M. Williams, C. A., Doust, J. H. (2000). Oxygen Uptake Kinetics in Treadmill Running and Cycle Ergometry: A Comparison. *Journal of Applied Physiology*, 89, 899–907.
28. Casaburi, R., Daly, J., Hensen, J. E., Effros, R. M. (1989). Abrupt Changes in Mixed Venous Blood Gas Composition after the Onset of Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 67, 1106–1112.
29. Casaburi, R., Storer, T. W., Sullivan, C. S. et al. (1995). Evaluation of Blood Lactate Elevation as an Intensity Criterion for Exercise Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 852–862.
30. Charlton, G. A., Crawford, M. H. (1997). Physiologic Consequences of Training. *Clinics Cardiology*, 15 (3), 345–354.
31. Chilibeck, P. D., Paterson, D. H., Petrella, R. J., Cunningham, D. A. (1996). The Influence of Age and Cardiorespiratory Fitness on Kinetics of Oxygen Uptake. *Journal of Applied Physiology*, 21 (3), 185–196.
32. Coyle, E. F. (2005). Improved Muscular Efficiency Displayed as Tour de France Champion Matures. *Journal of Applied Physiology*, 98, 2191–2196.
33. Dalleck, L. C., Allen, B. A., Hanson, B. A., Borresen, E. C., Erickson, M. E., De Lap, S. L. (2009). Dose-Response Relationship between Moderate-Intensity Exercise Duration and Coronary Heart Disease Risk Factors in Postmenopausal Women. *Journal of Women's Health*, 18 (1), Larchmont, N. Y., 105–113.
34. Darr, K. C., Bassett, D. R., Morgan, B. J., Thomas, D. P. (1988). Effects of Age and Training Status on Heart Rate Recovery after Peak Exercise. *American Journal of Physiology*, 254, 340–343.
35. Davis, J. A., Frank, M. H., Whipp, B. J., Wasserman, K. (1979). Anaerobic Threshold Alterations Caused by Endurance Training in Middle-Aged Men. *Journal of Applied Physiology*, 46 (6), 1039–1046.
36. Deen, D. (2004). Metabolic Syndrome: Time for Action. *American Family Physician*, 69 (12), 2875–2882.
37. Denis, C., Fouquet, R., Poty, P., Geysant, A., Lacour, J. R. (1982). Effect of 40 Weeks of Endurance Training on the Anaerobic Threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 3 (4), 208–214.
38. Dishman, R. K., Washburn R. A., Heath, G. W. (2004). *Physical Activity Epidemiology*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
39. Dolezal, B. A., Potteiger, J. A. (1998). Concurrent Resistance and Endurance Training Influence Basal Metabolic Rate in Nondietering Individuals. *Journal of Applied Physiology*, 85 (2), 695–700.

40. Donahoo, W. T., Levine, J. A., Melanson, E. L. (2004). Variability in Energy Expenditure and Its Components. *Current Opinion Clinical Nutrition Metabolic Care*, 7 (6), 599–605.
41. Dudley, G. A., Tullson, P. C., Terjung, R. L. (1987). Influence of Mitochondrial Content on the Sensitivity of Respiratory Control. *Journal of Biological Chemistry*, 262, 9109–9114.
42. Eastwood, P. R., Hillman, D. R., Finucane, K. E. (2001). Inspiratory Muscle Performance in Endurance Athletes and Sedentary Subjects. *Respiratory*, 6, 95–104.
43. Eaton, S. B., Eaton, S. B. (2003). An Evolutionary Perspective on Human Physical Activity: Implications for Health. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 136 (1), 153–159.
44. Evertsen, F., Medbo, J. I., Bonen, A. (2001). Effect of Training on Muscle Lactate Transporters and Lactate Threshold of Cross-country Skiers. *Journal Scandinavian Physiological Society*, 173 (2), 195–205.
45. Fagard, R. H. (2003). Athlete's Heart. *Heart*, 89, 1455–1461.
46. 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. *Iranian Journal of Allergy, Asthma Immunology*, 4 (3), 133–138.
47. Faude, O., Kindermann, W., Meyer, T. (2009). Lactate Threshold Concepts: How Valid Are They? *Sports Medicine*, 39 (6), 469–490.
48. Ferrauti, A., Weber, K., Strüder, H. K. (1997). Effects of Tennis Training on Lipid Metabolism and Lipoproteins in Recreational Players. *British Journal of Sports*, 31, 322–327.
49. Folinsbee, L. J., Wallace, E. S., Bedi, J. F., Horvath, S. M. (1983). Exercise Respiratory Pattern in Elite Cyclists and Sedentary Subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 503–509.
50. Franch, J., Madsen, K., Djurhuus, M. S. et al. (1998). Improved Running Economy Following Intensified Training Correlates with Reduced Ventilatory Demands. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1250–1256.
51. Fransson, E. I., Alfredsson, L. S., de Faire, U. K., Knutsson, A., Westerholm, P. J. (2003). Leisure Time, Occupational and Household Physical Activity, and Risk Factors for Cardiovascular Disease in Working Men and Women: The WOLF Study. *Scandinavian Journal of Public Health*, 31 (5), 324–333.
52. Furlan, R., Piazza, S., Dell'Orto, S. et al. (1993). Early and Late Effects of Exercise and Athletic Training on Neural Mechanisms Controlling Heart Rate. *Cardiovascular Research*, 27, 482–488.

53. Garatachea, N., Molinero, O., Martínez-García, R., Jiménez-Jiménez, R., González-Gallego, J., Márquez, S. (2009). Feelings of Well-being in Elderly People: Relationship to Physical Activity and Physical Function. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 48 (3), 306–312.
54. Gill, J. M., Malkova, D. (2006). Physical Activity, Fitness and Cardiovascular Disease Risk in Adults: Interactions with Insulin Resistance and Obesity. *Clinical Science*, 110, 409–425.
55. Gissane, C., Corrigan, D. L., White, J. A. (1991). Gross Efficiency Responses to Exercise Conditioning in Adult Males of Various Ages. *Journal of Sports Sciences*, 9, 383–391.
56. Going, S., Williams, D., Lohman, T. (1995). Aging and Body Composition: Biological Changes and Methodological Issues. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 23, 411–458.
57. Golden, H. P., Vaccaro, P. (1984). The Effects of Endurance Training Intensity on the Anaerobic Threshold. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 24 (3), 205–211.
58. Goran, M. I., Poehlman, E. T. (1992). Endurance Training does not Enhance Total Energy Expenditure in Healthy Elderly Persons. *American Journal of Physiology*, 263 (5), E950–E957.
59. Gormley, S. E., Swain, D. P., High, R. et al. (2008). Effect of Intensity of Aerobic Training on VO<sub>2</sub> max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40 (7), 1336–1343.
60. Gossard, D., Haskell, W. L., Taylor, C. B., Mueller, J. K., Rogers, F., Chandler, M. (1986). Effects of Low- and High-Intensity Home-Based Exercise Training on Functional Capacity in Healthy Middle-Aged Men. *The American Journal of Cardiology*, 57, 446–449.
61. Grandjean, P. W., Crouse, S. F., Rohack, J. J. (2000). Influence of Cholesterol Status on Blood Lipid and Lipoprotein Enzyme Responses to Aerobic Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 89, 472–480.
62. Grassi, B. (2000). Skeletal Muscle VO<sub>2</sub> On-kinetics: Set by VO<sub>2</sub> Delivery or by VO<sub>2</sub> Utilization? New Insight into an Old Issue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 108–116.
63. Green, H. J., Sutton, J. R., Coates, G. et al. (1991). Response of Red Cell and Plasma Volume to Prolonged Training in Humans. *Journal of Applied Physiology*, 70, 1810–1815.
64. Grillo, L. P., Siqueira, A. F., Silva, A. C., Martins, P. A., Verreschi, I. T., Sawaya, A. L. (2005). Lower Resting Metabolic Rate and Higher Velocity of Weight Gain in a Prospective Study of Stunted vs Nonstunted Girls Living in the Shantytowns of Sao Paulo, Brazil. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59, 835–842.



65. Habedank, D., Reindl, I., Vietzke, G. et al. (1998). Ventilatory Efficiency and Exercise Tolerance in 101 Healthy Volunteers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77, 421–426.
66. Hansen, D., Berger, J., Dendale, P., De Rybel, R., Meeusen, R. J. (2009). Effect of Exercise Session Duration. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 29 (3), 179–182.
67. Hansen, D., Dendale, P., Berger, J., Onkelinx, S., Reyckers, I., Hermans, A. et al. (2008). Importance of Exercise Training Session Duration in the Rehabilitation of Coronary Artery Disease Patients. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 15 (4), 453–459.
68. Hardman, A. E., Hudson, A. (1994). Brisk Walking and Serum Lipid and Lipoprotein Variables in Previously Sedentary Women-Effect of 12 Weeks of Regular Brisk Walking Followed by 12 Weeks of Detraining. *British Journal of Sports Medicine*, 28 (4), 261–266.
69. Hawley, J. A. (2008). Specificity of Training Adaptation: Time for a Rethink? *The Journal of Physiology*, 586, 1–2.
70. Hawley, J. A., Burke, L. M., Angus, D. J., Fallon, K. E., Martin, D. T., Febbraio, M. A. (2000). Effect of Altering Substrate Availability on Metabolism and Performance during Intense Exercise. *British Journal of Nutrition*, 84 (6), 829–838.
71. Helge, J. W., Damsgaard, R., Overgaard, K. et al. (2008). Low-Intensity Training Dissociates Metabolic from Aerobic Fitness. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18, 86–94.
72. Herd, S. L., Cairns, C. J., Moore, K. S., Hardman, A. E., Boobis, L. H. (1995). The Effect of 13 Weeks' Endurance Running Training Followed by 9 Detraining on Fasting and Postprandial Triacylglycerol Concentrations. *Proceedings of the Nutrition Society*, 54, 143A.
73. Hickson, R. C., Hagberg, J. M., Ehsani, A. A., Holloszy, J. O. (1981). Time Course of the Adaptive Responses of Aerobic Power and Heart Rate to Training. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13 (1), 17–20.
74. Hickson, R. C., Foster, C., Pollock, M. L., Galassi, T. M., Rich, S. (1985). Reduced Training Intensities and Loss of Aerobic Power, Endurance and Cardiac Growth. *Journal of Applied Physiology*, 58 (2), 492–499.
75. Holloszy, J. O., Coyle, E. F. (1984). Adaptations of Skeletal Muscle to Endurance Exercise and Their Metabolic Consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56, 831–838.
76. Horowitz, J. F., Sidossis, L. S., Coyle, E. F. (1994). High Efficiency of Type I Muscle Fibers Improves Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 152–157.

77. Hosseini, M., Pi, M., Alinejad, H. (2009). Effect of Endurance, Resistance and Concurrent Trainings on the Heart Function in Female Students. *14th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Oslo/Norway, June 24th.
78. Hughson, R. L., Morrissey, M. A. (1983). Delayed Kinetics of  $VO_2$  in the Transition from Prior Exercise. Evidence for  $O_2$  Transport Limitation of  $VO_2$  Kinetics: A Review. *International Journal of Medicine*, 4, 31–39.
79. Hunter, G. R., Byrne, N. M., Gower, B. A., Sirikul, B., Hills, A. P. (2006). Increased Resting Energy Expenditure after 40 Minutes of Aerobic but not Resistance Exercise. *Obesity*, 14 (11), 2018–2025.
80. Iellamo, F. (2001). Neural Control of the Cardiovascular System during Exercise. *Italian Heart Journal*, 2 (3), 200–212.
81. 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, 1233–1237.
82. Yamamoto, K., Miyachi, M., Saitoh, T., Yoshioka, A., Onodera, S. (2001). Effects of Endurance Training on Resting and Post-exercise Cardiac Autonomic Control. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1496–1502.
83. Yoshida, T., Whipp, B. J. (1994). Dynamic Asymmetries of Cardiac Output Transients in Response to Muscular Exercise in Man. *The Journal of Physiology*, 480, 355–359.
84. Jamurtas, A. Z., Koutedakis, Y., Paschalis, V. et al. (2004). The Effects of a Single Bout of Exercise on Resting Energy Expenditure and Respiratory Exchange Ratio. *European Journal of Applied Physiology*, 92 (4–5), 393–398.
85. Jennings, G. L., Deakin, G., Korner, P., Meredith, I., Kingwell, B., Nelson, L. (1991). What Is the Dose-Response Relationship between Exercise Training and Blood Pressure? *Annals of Medicine*, 23 (3), 313–318.
86. Jones, A. M. (1998). A 5-Years Physiological Case Study of an Olympic Runner. *British Journal of Sports Medicine*, 32, 39–43.
87. Jones, A. M., Carter, H. (2000). The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *The Journal of Sports Medicine*, 29 (6), 73–86.
88. Jones, A. M., Carter, H., Doust, J. H. (1999). Effect of Six Weeks of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, S1379.
89. Joyner, M. J., Coyle, E. F. (2008). Endurance Exercise Performance: The Physiology of Champions. *The Journal of Physiology*, 586, 35–44.
90. Juocevičius, A., Palšytė, T. (2007). Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto studentų aerobinių galių įvertinimas ir aerobinių pratybų įtaka aerobiniam pajėgumui. *Sveikatos mokslai*, 6, 1284–1288.

91. Kamath, M. V., Fallen, E. L., McKelvie, R. (1991). Effects of Steady State Exercise on the Power Spectrum of Heart Rate Variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (4), 428–434.
92. Karlsson, J., Sjodin, B., Thorstensson, A., Hulten, B., Frith, K. (1975). LDH Isozymes in Skeletal Muscles of Endurance and Strength Trained Athletes. *Acta Physiologica Scandinavica Journal*, 93 (2), 150–156.
93. Katznel, L. I., Bleecker, E. R., Colman, E. G., Rogus, E. M., Sorkin, J. D., Goldberg, A. P. (1995). Effects of Weight Loss vs Aerobic Exercise Training on Risk Factors for Coronary Disease in Healthy, Obese, Middle-Aged and Older Men. A Randomized Controlled Trial. *The Journal of the American Medical Association*, 4, 1915–1921.
94. Kelley, G. A., Kelley, K. S. (2006). Aerobic Exercise and HDL2-C: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Atherosclerosis*, 184 (1), 207–215.
95. Kelley, G. A., Kelley, K. S. (2004). Aerobic Exercise and Lipids and Lipoproteins in Women: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Women's Health*, 10, 1148–1162.
96. Kift, J., Williams, E. (2008). Ventilatory Capacity and Its Utilisation During Exercise. *Lung*, 186, 345–350.
97. Kin Isler, A., Kosar, S. N., Korkusuz, F. (2001). Effects of Step Aerobics and Aerobic Dancing on Serum Lipids and Lipoproteins. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41, 3.
98. Kippelen, P., Caillaud, C., Robert, E., Connes, P., Godard, P., Prefaut, C. (2005). Effect of Endurance Training on Lung Function: A One Year Study. *British Journal of Sports Medicine*, 39 (9), 617–621.
99. Kodama, S., Tanaka, S., Saito, K. et al. (2008). Effect of Aerobic Exercise Training on Serum Levels of High-Density Lipoprotein Cholesterol: A Meta-analysis. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 18 (1), 107–108.
100. Koppo, K., Bouckaert, J., Jones, A. M. (2004). Effects of Training Status and Exercise Intensity on Phase II VO<sub>2</sub> Kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 225–232.
101. Kraus, W. E., Houmard, J. A., Duscha, B. D. et al. (2002). Effects of the Amount and Intensity of Exercise on Plasma Lipoproteins. *The New England Journal of Medicine*, 347, 1483–1492.
102. Krems, C., Luhrmann, P. M., Straburg, A., Hartmann, B., Neuhauser-Berthold, M. (2005). Lower Resting Metabolic Rate in the Elderly May not Be Entirely due to Changes in Body Composition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59 (2), 255–262.
103. LaForgia, J., Withers, R. T., Gore, C. J. (2006). Effects of Exercise Intensity and Duration on the Excess Post-exercise Oxygen Consumption. *Journal of Sports Sciences*, 24 (12), 1247–1264.

104. LaRovere, M. T., Bigger, J. T., Marcus, F. I., Mortara, A., Schwartz, P. J. (1998). Baroreflex Sensitivity and Heart-Rate Variability in Prediction of Total Cardiac Mortality after Myocardial Infarction. ATRAMI (Autonomic Tone and Reflex After Myocardial Infarction) Investigators. *Lancet*, 351, 478–484.
105. Lauer, M. S., Francis, G. S., Okin, P. M., Pashkow, F. S. et al. (1999). Impaired Chronotropic Response to Exercise Stress Testing as a Predictor of Mortality. *The Journal of the American Medical Association*, 281 (2), 524–529.
106. Levine, B. D. (2008). VO2 Max: What do We Know, and What do We Still Need to Know? *The Journal of Physiology*, 586, 25–34.
107. Lieshout, J. (2003). Exercise Training and Orthostatic Intolerance: A Paradox? *The Journal of Physiology*, 551 (2), 401.
108. Linda, M., LeMura, Serge, P. et al. (2000). Lipid and Lipoprotein Profiles, Cardiovascular Fitness, Body Composition, and Diet during and after Resistance, Aerobic and Combination Training in Young Women. *Journal of Applied Physiology*, 821, 451–458.
109. Linnarsson, D. (1974). Dynamics of Pulmonary Gas Exchange and Heart Rate Changes at Start and of Exercise. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 415, 1–68.
110. Londree, B. R. (1997). Effect of Training on Lactate/Ventilatory Thresholds: A Meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29 (6), 837–843.
111. 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, 512–521.
112. Lucia, A., Hoyos, J., Pardo, J., Chicharro, J. L. (2001). Effects of Endurance Training on Breathing Pattern of Professional Cyclists. *The Japanese Journal of Physiology*, 51, 133–141.
113. Macor, F., Fagard, R., Amery, A. (1996). Power Spectral Analysis of RR Interval and Blood Pressure Short-term Variability at Rest and during Dynamic Exercise: Comparison between Cyclists and Controls. *International Journal of Sports Medicine*, 17, 175–181.
114. Mahler, D. A., Shuhart, C. R., Brew, E., Stukel, T. A. (1991). Ventilatory Responses and Entrainment of Breathing during Rowing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 186–192.
115. Mangin, L., Kobeissi, A., Lelouche, D. et al. (2001). Simultaneous Analysis of Heart Rate Variability and Myocardial Contractility during Head-up Tilt in Patients with Vasovagal Syncope. *The Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 12 (6), 639–644.
116. Mankowitz, K., Siep, R., Semenkovich, C. F., Daugherty, A., Schonfeld, G. (1992). Short-term Interruption of Training Affects both Fasting and Post-prandial Lipoproteins. *Atherosclerosis*, 95, 181–189.

117. Manning, J. M., Dooly-Manning, C. R., White, K. et al. (1991). Effects of a Resistive Training Program on Lipoprotein-Lipid Levels in Obese Women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (11), 1222–1226.
118. Marti, B., Suter, E., Riesen, W. F., Tschopp, A., Wanner, H. U., Gutschwiller, F. (1990). Effects of Long-term, Self-monitored Exercise on the Serum Lipoprotein and Apolipoprotein Profile in Middle-Aged Men. *Atherosclerosis*, 81, 19–31.
119. Martinelli, F. S., Chacon-Mikahil, M. P., Martins, L. E. et al. (2005). Heart Rate Variability in Athletes and Nonathletes at Rest and during Head-up Tilt. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38 (4), 639–647.
120. Martinmäki, K., Häkkinen, K., Mikkola, J., Rusko, H. (2008). Effect of Low-Dose Endurance Training on Heart Rate Variability at Rest and during an Incremental Maximal Exercise Test. *European Journal of Applied Physiology*, 104, 541–548.
121. McCole, S. D., Brown, M. D., Moore, G. E. et al. (2000). Enhanced Cardiovascular Hemodynamics in Endurance-Trained Postmenopausal Women Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1073–1079.
122. McConnell, A. K., Romer, L. M. (2004). Dyspnoea in Health and Obstructive Pulmonary Disease: The Role of Respiratory Muscle Function and Training. *Sport Medicine*, 34, 117–132.
123. McConnell, A. K., Sharpe, G. R. (2005). The Effect of Inspiratory Muscle Training upon Maximum Lactate Steady-state and Blood Lactate Concentration. *European Journal of Applied Physiology*, 94, 277–284.
124. McCraty, R., Atkinson, M., Tiller, W. A. et al. (1995). The Affects of Emotions on Short-term Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability. *American Journal of Cardiology*, 76 (14), 1089–1093.
125. McDoniel, S. O. (2007). Systematic Review on Use of a Handheld Indirect Calorimeter to Assess Energy Needs in Adults and Children. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17 (5), 491–500.
126. McNicol, A. J., O'Brien, B. J., Paton, C. D., Knez, L. (2008). The Effects of Increased Absolute Training Intensity on Adaptations to Endurance Exercise Training. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 1–5.
127. McParland, C., Krishnan, B., Lobo, J., Gallagher, C. G. (1992). Effects of Physical Training on Breathing Pattern during Progressive Exercise. *Respiratory Physiology*, 90, 311–323.
128. Meijer, E. P., Westerterp, K. R., Verstappen, F. T. (1999). Effect of Exercise Training in Total Daily Physical Activity in Elderly Humans. *European Journal Applied Physiology*, 80 (1), 16–21.
129. Meriwether, R. A., Lobelo, F., Pate, R. R. (2008). Clinical Interventions to Promote Physical Activity in Youth. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 2 (1), 7–12.

130. Mermier, C., Gately, A., Legler, A., Barrett, W. (2008). VO2 Maximum of College Athletes. *Medical Student Research Papers*, 1–14.
131. Meyer, T., Auracher, M., Heeg, K., Urhausen, A., Kindermann, W. (2007). Effectiveness of Low-Intensity Endurance Training. *International Journal Sports Medicine*, 28 (1), 33–39.
132. Mockienė, A. (2010). *Studentų aerobinio pajėgumo ir metabolizmo lėtoji adaptacija dėl aerobinių pratybų poveikio*. Daktaro disertacija. Kaunas: Lietuvos kūno kultūros akademija.
133. Mockienė, A., Stasiulis, A., Mockus, P. (2009). Dviejų mėnesių aerobinių pratybų poveikis merginų pagrindinei medžiagų apykaitai. *Sporto mokslas*, 1 (60), 49–53.
134. Montano, N., Porta, A., Cogliati, C. et al. (2009). Heart Rate Variability Explored in the Frequency Domain: A Tool to Investigate the Link between Heart and Behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33 (2), 71–80.
135. Morgan, D., Craib, M. (1992). Physiological Aspects of Running Economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 456–461.
136. Myburgh, K. H. (2003). What Makes an Endurance Athlete World-Class? Not Simply a Physiological Conundrum. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 136 (1), 171–190.
137. National Cholesterol Education Program, National Health (2002). Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) Final Report. *Circulation*, 106, 3143.
138. Nelson, N. D., Tsetsonis, N. V., Hardman, A. E. (1994). Influence of Short-term Cessation of Endurance Training on Postprandial Lipaemia in Man. *Proceedings of the Nutrition Society*, 53, 220A.
139. O'Donovan, G., Owen, A., Bird, S. R., Kearney, E. M., Nevill, A. M., Jones, D. W. (2005). Changes in Cardiorespiratory Fitness and Coronary Heart Disease Risk Factors Following 24 wk of Moderate- or High-Intensity Exercise of Equal Energy Cost. *Journal of Applied Physiology*, 98, 1619–1625.
140. Ocel, J. V., Miller, L. E. et al. (2003). Adaptation of Pulmonary Oxygen Consumption Slow Component Following 6 Weeks of Exercise Training above and below the Lactate Threshold in Untrained Men. *American College of Chest Physicians*, 124, 2377–2383.
141. Orri, J. C., Carter, S. R., Howington, E. B. (2010). Gender Comparison of C-reactive Protein and Cardiovascular Disease Risk in College Students and Intercollegiate Athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50 (1), 72–78.

142. Oscai, I. B., Essig, D. A., Palmer, W. K. (1990). Lipase Regulation of Muscle Triglyceride Hydrolysis. *Journal of Applied Physiology*, 69, 1571–1577.
143. Paffenberg, R. S., Wing, A. L., Hyde, R. T. (1982). Chronic Disease in for Men College Students. Physical Activity as an Index of Heart Attack Risk in College. *The American Journal of Epidemiology*, 108, 161–175.
144. Pagani, M., Furlan, R., Dell'Orto, S. et al. (1986). Continuous Recording of Direct High Fidelity Arterial Pressure and Electrocardiogram Inambulant Patients. *Cardiovascular Research*, 20 (5), 384–388.
145. Perini, R., Fisher, N., Veicsteinas, A., Pendergast, D. R. (2002). Aerobic Training and Cardiovascular Responses at Rest and during Exercise in Older Men and Women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 700–708.
146. Perini, R., Orizio, C., Gamba, A. et al. (1993). Kinetics of Heart Rate and Catecholamines during Exercise in Human. *European Journal of Applied Physiology*, 66 (2), 500–506.
147. Persson, P. B. (1996). Modulation of Cardiovascular Control Mechanism and Their Interaction. *Physiological Reviews*, 76, 193–244.
148. Pluim, B. M., Zwinderman, A. H., van der Laarse, A., van der Wall, E. E. (2000). The Athletes Heart. A Meta-analysis of Cardiac Structure and Function. *Circulation*, 25, 101 (3), 336–344.
149. Poehlman, E. T., Danforth, E. J. (1991). Endurance Training Increases Metabolic Rate and Norepinephrine Appearance Rate in Older Individuals. *American Journal of Physiology*, 261 (2), E233–E239.
150. Poehlman, E. T., Denino, W. F., Beckett, T. et al. (2002). Effects of Endurance and Resistance Training on Total Daily Energy Expenditure in Young Women: A Controlled Randomized Trial. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 87 (3), 1004–1009.
151. Poehlman, E. T., Goran, M. I., Fonong, T., Toth, M. J., Gardner, A. W. (1996). Prescribing Exercise to Enhance Metabolic Fitness in the Elderly. In A. Anger, H. Anderson, C. Bouchard, D. Lau, L. Leiter, R. Mendelson (Eds.), *Progress in Obesity Research*, 7. London: John Libbey, Company Ltd., 693–699.
152. Poehlman, E. T., Melby, C. L., Goran, M. I. (1991). The Impact of Exercise and Diet Restriction on Daily Energy Expenditure. *Sports Medicine*, 11 (2), 78–101.
153. Poškaitis, V., Miseckaitė, B., Venskaitytė, E., Poderys, J., Vainoras, A. (2007). Deguonies išotimimo raumenyse ir funkcinių išeminių reiškinių miokarde kitimo ypatybės atliekant pakopomis didėjančią krūvį veloergometru. *Medicina*, Kaunas, 43 (5), 385–389.

154. Pringle, J. S., Doust, J. H., Carter, H., Trolfrey, K., Campbell, I. T., Jones, A. M. (2003). Oxygen Uptake Kinetics during Moderate, Heavy and Severe Intensity 'Submaximal' Exercise in Humans: The Influence of Muscle Fibre Type and Capillarisation. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 289–300.
155. Ramonatxo, M., Mercier, J., Prefaut, C. (1989). Relationship between Aerobic Physical Fitness and Ventilatory Control during Exercise in Young Swimmers. *Respiratory Physiology*, 78, 345–356.
156. Rong, C., Bei, H., Yun, M., Yuzhu, W., Mingwu, Z. (2008). Lung Function and Cytokine Levels in Professional Athletes. *Journal of Asthma*, 45, 343–348.
157. Ross, R., Bradshaw, A. J. (2009). The Future of Obesity Reduction: Beyond Weight Loss. *Nature Reviews Endocrinology*, 5, 319–326.
158. Rossy, L. A., Thayer, J. F. (1998). Fitness and Gender-Related Differences in Heart Period Variability. *Psychosomatic Medicine*, 60, 773–781.
159. Ruggiero, C., Ferrucci, L. (2006). The Endeavor of High Maintenance Homeostasis: Resting Metabolic Rate and the Legacy of Longevity. *The Journal of Gerontology. Biological Sciences and Medical Sciences*, 61 (5), 466–471.
160. Sady, S. P., Thompson, P. D., Cullinane, E. M., Kantor, M. A., Domagala, E., Herbert, P. N. (1986). Prolonged Exercise Augments Plasma Triglyceride Clearance. *The Journal of the American Medical Association*, 256, 2552–2555.
161. Sale, D. G., MacDougall, J. D., Jacobs, I. et al. (1990). Interaction between Concurrent Strength and Endurance Training. *Journal of Applied Physiology*, 68, 260–270.
162. Saltin, B., Rowell, L. B. (1980). Functional Adaptations to Physical Activity and Inactivity. *Federation Proceedings*, 39, 1506–1513.
163. Santa-Clara, H., Szymanski, L., Ordille, T., Fernhall, B. (2006). Effects of Exercise Training on Resting Metabolic Rate in Postmenopausal African American and Caucasian Women. *Metabolism Clinical and Experimental*, 55 (10), 1358–1364.
164. Scharhag-Rosenberger, F., Meyer, T., Walitzek, S., Kindermann, W. (2010). Effects of One Year Aerobic Endurance Training on Resting Metabolic Rate and Exercise Fat Oxidation in Previously Untrained Men and Women. *International Journal Sports Medicine*, 4, 29.
165. Seals, D. R., Chase, P. B. (1989). Influence of Physical Training on Heart Rate Variability and Baroreflex Circulatory Control. *Journal of Applied Physiology*, 66, 1886–1895.
166. Seals, D. R., Taylor, J. A., Ng, A. V., Esler, M. D. (1994). Exercise and Aging: Autonomic Control of the Circulation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 568–576.
167. Shephard, R. J., Balady, G. J. (1999). Exercise as Cardiovascular Therapy. *Circulation*, 99, 963–972.



168. Sietsema, K. E., Daly, J. A., Wasserman, K. (1989). Early Dynamics of O<sub>2</sub> Uptake and Heart Rate as Affected by Exercise Work Rate. *Journal of Applied Physiology*, 67 (6), 2535–2541.
169. Skinner, J. S., McLellan, T. H. (1980). The Transition from Aerobic to Anaerobic Metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 234–248.
170. Sloan, R. P., Shapiro, P. A., DeMeersman, R. E. et al. (2009). The Effect of Aerobic Training and Cardiac Autonomic Regulation in Young Adults. *American Public Health Association*, 921–928.
171. Smekal, G., von Duvillard, S. P., Frigo, P., Tegelhofer, T., Pokan, R., Hofmann, P. N. (2007). Menstrual Cycle: No Effect on Exercise Cardiorespiratory Variables or Blood Lactate Concentration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39 (7), 1098–1106.
172. Speakman, J. R., Selman, C. (2003). Physical Activity and Resting Metabolic Rate. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62 (3), 621–634.
173. Spencer, M. R., Gastin, P. B. (2001). Energy System Contribution during 200- to 1500-m Running in Highly Trained Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 (1), 157–162.
174. Spina, R. J., Ogawa, T., Martin, W. H. et al. (1992). Exercise Training Prevents Decline in Stroke Volume during Exercise in Young Healthy Subjects. *Journal of Applied Physiology*, 72 (6), 2548–2562.
175. Starling, R. D., Matthews, D. E., Ades, P. A., Poehlman, E. T. (1999). Assessment of Physical Activity in Older Individuals: A Doubly Labeled Water Study. *Journal of Applied Physiology*, 86 (6), 2090–2096.
176. Stasiulis, A., Kilikevičius, A., Dubininkaitė, L., Venckūnas, T., Raubaitė, S. (2009). Fiziškai aktyvių asmenų, greičio ir ištvermės šakų sportininkų kvėpavimo rodikliai ramybės metu ir nuosekliai didinant krūvį. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2 (73).
177. Stasiulis, A., Mockienė, A., Vizbaraitė, D., Mockus, P. (2010). Merginų kūno sandaros ir kraujo lipidų pokyčiai, sąlygoti aerobinių pratimų poveikio. *Medicina*, 2 (46), 129–134.
178. Stasiulis, A., Dubininkaitė, L., Venckūnas, T. (2005). *Sporto ir pratimų fiziologijos laboratoriniai darbai*. Studijų knyga. LKKA.
179. Stathokostas, L., Jacob-Johnson, S., Petrella, R. J., Paterson, D. H. (2004). Longitudinal Changes in Aerobic Power in Older Men and Women. *Journal of Applied Physiology*, 97, 781–789.
180. Steding, K., Engblom, H., Buhre, T. et al. (2010). Relation between Cardiac Dimensions and Peak Oxygen Uptake. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 12 (1), 1–9.

181. Sullo, A., Cardinale, P., Brizzi, G., Fabbri, B., Maffulli, N. (2004). Resting Metabolic Rate and Post-prandial Thermogenesis by Level of Aerobic Power in Older Athletes. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 31 (4), 202–206.
182. Tabata, I., Irisama, K., Kouzaki, M. et al. (1997). Metabolic Profile of High Intensity Intermittent Exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 390–395.
183. Tardon, A., Lee, W. J., Delgado-Rodriguez, M., Dosemeci, M., Albanes, D., Hoover, R., Blair, A. (2005). Leisure-Time Physical Activity and Lung Cancer: A Meta-analysis. *Cancer Causes Control*, 16 (4), 389–397.
184. Taylor, R. S., Brown, A., Ebrahim, S. et al. (2004). Exercise-Based Rehabilitation for Patients with Coronary Heart Disease: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *The American Journal of Medicine*, 116, 682–692.
185. Terjung, R. L. (1979). The Turnover of Cytochrome C in Different Skeletal-Muscle Fibre Types of the Rat. *Biochemical Journal*, 178, 569–574.
186. Thompson, P. D., Yurgalevitch, S. M., Flynn, M. M. et al. (1997). Effect of Prolonged Exercise Training without Weight Loss on High-Density Lipoprotein Metabolism in Overweight Men. *Metabolism*, 2, 217–223.
187. Timmons, J. A., Knudsen, S., Rankinen, T. et al. (2010). Using Molecular Classification to Predict Gains in Maximal Aerobic Capacity Following Endurance Exercise Training in Humans. *Journal of Applied Physiology*, 2, 4.
188. Tremblay, A., Nadeau, A., Fournier, G., Bouchard, C. (1988). Effect of a Three-Day Interruption of Exercise-Training on Resting Metabolic Rate and Glucose-Induced Thermogenesis in Trained Individuals. *International Journal of Obesity*, 12 (2), 163–168.
189. Treuth, M. S., Hunter, G. R., Williams, M. (1996). Effects of Exercise Intensity on 24-h Energy Expenditure and Substrate Oxidation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1138–1143.
190. Tulppo, M. P., Hautala, A. J., Makikallio, T. H., Laukkanen, R. T., Nissila, S., Hughson, R. L. (2003). Effects of Aerobic Training on Heart Rate Dynamics in Sedentary Subjects. *Journal of Applied Physiology*, 95, 364–372.
191. Tulppo, M. P., Mäkikallio, T. H., Seppänen, T., Laukkanen, R. T., Huikuri, H. V. (1998). Vagal Modulation of Heart Rate during Exercise: Effects of Age and Physical Fitness. *American Journal of Physiology*, 274, H424–H429.
192. Vaičaitienė, R., Lukšienė, D. I., Černiauskiene, L. R., Margevičienė, L. (2005). An Influence of Physical Activity on High Density Lipoprotein Cholesterol Level in Blood Serum of Healthy Persons Aged 25-54 Years. *Medicinos teorija ir praktika*, 1 (41), 27–29.

193. Ventura-Clapier, R. (2009). Exercise Training, Energy Metabolism, and Heart Failure. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34 (3), 336–339.
194. Vuksanović, V., Gal, V. (2005). Analysis of Heart Rhythm Variability by Linear and Non-linear Dynamics Methods. *Vojnosanitetski Pregled Journal*, 62 (9), 621–627.
195. Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., Bredin, S. S. D. (2006). Health Benefits of Physical Activity: The Evidence. *Canadian Medical Association Journal*, 174 (6), 800–809.
196. Weltman, A., Seip, R., Snead, D. et al. (1992). Exercise Training at and above the Lactate Threshold in Previously Untrained Women. *International Journal Sports Medicine*, 13, 257–263.
197. Westerterp, K. R., Meijer, G. A. L., Janssen, E. M. E., Saris, W. H. M., Hoor, F. T. (1992). Long-Term Effect of Physical Activity on Energy Balance and Body Composition. *British Journal of Nutrition*, 68 (1), 21–30.
198. Whyte, G. P., George, K., Sharma, S., Firoozi, S., Stephens, N., Senior, R. et al. (2004). The Upper Limit of Physiological Cardiac Hypertrophy in Elite Male and Female Athletes: The British Experience. *European Journal of Applied Physiology*, 92 (4–5), 592–597.
199. Winker, R., Barth, A., Bidmon, D., Ponocny, I., Weber, M., Mayr, O. D. et al. (2005). Endurance Exercise Training in Orthostatic Intolerance: A Randomized, Controlled Trial. *Hypertension*, 45, 391–398.
200. Withers, R. T., Smith, D. A., Tucker, R. C., Brinkman, M., Clark, D. G. (1998). Energy Metabolism in Sedentary and Active 49- to 70-yr-old Women. *Journal of Applied Physiology*, 84 (4), 1333–1340.
201. Woo, J. S., Derleth, C., Stratton, J. (2006). The Influence of Age, Gender, and Training on Exercise Efficiency. *Journal of the American College of Cardiology*, 47 (5), 1049–1057.
202. Ziemann, E., Grzywacz, T., Luszczuk, M., Laskowski, R., Olek, R. A., Gibson, A. L. (2010). Aerobic and Anaerobic Changes with High-Intensity Interval Training in Active College-Aged Men. *National Strength and Conditioning Association*. July 23.
203. Zoeller, R. F. (2008). Lifestyle and the Risk of Cardiovascular Disease in Women: Is Physical Activity an Equal Opportunity Benefactor? *American Journal of Lifestyle Medicine*, 2 (3), 219–226.

**Mockienė, Asta; Mockus, Pranas**

Aerobinių pratybų poveikis aerobinio pajėgumo ir metabolizmo komponentams. Mokomoji knyga / Asta Mockienė, Vytauto Didžiojo universitetas; Pranas Mockus, Lietuvos kūno kultūros akademija. – Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas, 2011. – 68 p.

ISBN 978-9955-12-700-0

Mokomojoje knygoje pateikiama žinių apie aerobinių pratybų poveikį žmogaus sveikatai ir praktinės rekomendacijos, kaip aerobinio poveikio pratimus taikyti svorio kontrolei, žmogaus fiziniam darbingumui didinti ir sveikatai stiprinti. Knyga skiriama studentams, siekiantiems įgyti teorinių žinių apie žmogaus sveikatingumą ir fizinę aktyvumą.

Asta Mockienė, Pranas Mockus  
AEROBINIŲ PRATYBŲ POVEIKIS AEROBINIO PAJĖGUMO  
IR METABOLIZMO KOMPONENTAMS

Mokomoji knyga

Redaktorė Simona Grušaitė  
Maketuotoja Irena Sabaliauskaitė

Išleido Vytauto Didžiojo universiteto leidykla  
S. Daukanto g. 27, LT-44249 Kaunas