

LIETUVOS SPORTO UNIVERSITETAS
SPORTO BIOMEDICINOS FAKULTETAS

TRENIRAVIMO SISTEMŲ STUDIJŲ PROGRAMA

AUDRIUS LIESIS

**INTERVALINĖS TRENIRUOTĖS PRATYBŲ POVEIKIS BĖGIKŲ RAUMENIMS BEI
ŠIRDIES FUNKCINEI BŪKLEI**

MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Darbo vadovai:
e.doc.p., dr. A. Buliuolis
prof., hab.dr. J. Poderys

KAUNAS 2013

PATVIRTINIMAS APIE ATLIKTO DARBO SAVARANKIŠKUMĄ

Patvirtinu, kad įteikiamas magistro baigiamasis darbas (*pavadinimas*).....

1. Yra atliktas mano paties/pačios;
2. Nebuvo naudotas kitame universitete Lietuvoje ir užsienyje;
3. Nenaudojau šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikiu visą naudotos literatūros sąrašą.

.....
(*data*)

.....
(*autorius vardas pavardė*)

.....
(*parašas*)

PATVIRTINIMAS APIE ATSAKOMYBĘ UŽ LIETUVIŲ KALBOS TAISYKLINGUMĄ **ATLIKTAME DARBE**

Patvirtinu lietuvių kalbos taisyklumą atliktame darbe.

.....
(*data*)

.....
(*autorius vardas pavardė*)

.....
(*parašas*)

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO VADOVO IŠVADOS DĖL DARBO GYNIMO

.....
.....

.....
(*data*)

.....
(*vadovo vardas pavardė*)

.....
(*parašas*)

Magistro baigiamasis darbas aprobuotas studijų programos komitete:

.....
(*aprobacijos data*)

.....
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus vardas, pavardė*)

.....
(*parašas*)

Magistro baigiamasis darbas yra patalpintas į ETD IS
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus parašas*)

Magistro baigiamojo darbo recenzentas:

.....
(*vardas, pavardė*)

.....
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus parašas*)

Magistro baigiamųjų darbų gynimo komisijos įvertinimas:

.....
(*data*)

.....
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus vardas, pavardė*)

.....
(*parašas*)

TURINYS

SANTRUMPOS	4
SANTRAUKA	5
SUMMARY	6
ĮVADAS	7
1. LITERATŪROS APŽVALGA	9
1.1. Anaerobiniai krūviai lavinant ištvermę, intervalinis treniruotės metodas	9
1.2. Raumenų nuovargis: nuovargio pasireiškimo ypatybės, fiziologinė, biocheminė charakteristika	11
1.3. Centrinės nervų sistemos nuovargis	14
1.4. Atsigavimas po fizinių krūvių ir jo vertinimo problema	16
1.5. Širdies funkcinės ypatybės	18
1.6. Širdies susitraukimų dažnio kitimai fizinio krūvio metu.....	21
1.7. Širdies metabolizmo ypatumai fizinio krūvio metu	22
2. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS	23
2.1. Tyrimo metodai	23
2.2. Tiriamieji ir tyrimo protokolas	23
2.3. Šuolių testai	24
2.4. ŠKS funkcinės būklės vertinimas	24
2.5. Tyrimo duomenų vertinimas	25
3. REZULTATAI	26
3.1. Raumenų darbingumo rodiklių kaita	26
3.1.1. Anaerobinio krūvio pratybų įtaka raumenų darbingumo rodiklių kaitai atliekant vienkartinius šuoliavimų testus	26
3.1.2. Raumenų darbingumo kaitos ypatybės atliekant maksimalaus anaerobinio krūvio mėginį normos ir nuovargio būsenose	28
3.2. ŠKS funkcinių rodiklių kaita	30
3.2.1. ŠKS funkcinių rodiklių kaitos ypatybės atliekant dozuoto aerobinio ir maksimalaus anaerobinio krūvio mėginius	30
3.2.2. Vienkartinio anaerobinio krūvio įtaka ŠKS funkcinių rodiklių kaitai atliekant dozuoto aerobinio krūvio mėginį	32
3.2.3. ŠKS funkcinių rodiklių mobilizacijos ypatybės atliekant dozuoto aerobinio ir maksimalaus anaerobinio krūvio mėginius normos ir nuovargio būsenose	34
3.2.4. Anaerobinio krūvio pratybų įtaka ŠKS funkcinių rodiklių kaitai atliekant dozuoto aerobinio ir maksimalaus anaerobinio krūvio mėginius	35
4. APTARIMAS	37
IŠVADOS	41
LITERATŪRA	42

SANTRUMPOS

ADP – adenozino difosfatas;

ATP – adenozino trifosfatas;

CNS – centrinė nervų sistema;

EKG – elektrokardiograma;

JT – elektrokardiogramos intervalas nuo jungties J iki T bangos pabaigos;

JT/RR santykis – elektrokardiogramos JT ir RR intervalų santykis;

KP – kreatinfosfatas;

MKT – minutinis kraujo tūris;

RR – elektrokardiogramos intervalas tarp dviejų gretimų R bangų;

ST – sistolinis tūris;

ŠKS – širdies ir kraujagyslių sistema;

ŠSD – širdies susitraukimų dažnis;

SANTRAUKA

INTERVALINĖS TRENIRUOTĖS PRATYBŲ POVEIKIS BĖGIKŲ RAUMENIMS BEI ŠIRDIES FUNKCINEI BŪKLEI

Raktažodžiai: atsigavimas, funkcinė būklė, elektrokardiograma, anaerobinis krūvis.

Darbo tikslas: Nustatyti intervalinės treniruotės metodu atliktų pratybų įtaką bėgikų raumenims bei širdies funkcinei būklei.

Darbo uždaviniai: 1. Nustatyti intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų įtaką raumenų darbingumo rodiklių pasikeitimui, atliekant vertikalių šuolių užduotis. 2. Palyginti raumenų darbingumo kaitos ypatybės, atliekant maksimalaus anaerobinio krūvio mėginį normos ir nuovargio būsenose. 3. Nustatyti intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų įtaką širdies funkcinį rodiklių kaitai atliekant dozuoto aerobinio krūvio mėginį. 4. Nustatyti intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų įtaką širdies funkcinį rodiklių kaitai atliekant dozuoto aerobinio ir maksimalaus anaerobinio krūvio mėginius.

Tyrimo objektas: Raumenų ir širdies funkcinį rodiklių reakcija į intervaliniu treniruotės metodu atliktas pratybas. Tyrime dalyvavo dvylika vidutinio meistriškumo vidutinių nuotolių bėgikai (LSU studentai), kurie prieš intervalinio treniruotės metodu atliktu pratybų ir praėjus 15 min. po jų LSU Kineziologijos laboratorijoje dalyvavo fizinės ir funkcinės būklės vertinime. Šių vertinimų metu tiriamieji atliko vertikalius šuolių testus ant Tenzo plokštės: šuolis į aukštį pritūpiant 90^0 kampui, šuolis į aukštį iš fiksuotos 90^0 kampui padėties, šuolis į aukštį nuo 10 cm pakylės (Drop jump), taip pat Rufje fizinio krūvio mėginį (*dozuoto fizinio krūvio mėginys*), 30 s vertikalaus šuoliavimo testą ir po penkių minučių – dar kartą atliko Rufje mėginį. Pagrindiniai krūvio pratybose parametrai buvo 5x200m (28,0–29,0) [2:00].

Išvados: Raumenų darbingumo pokyčius po intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų atspindi vertikalių šuolių metu registruojami rodikliai, liudijantys kad sulėtėjęs raumens susitraukimo greitis yra kompensuojamas gilesniu pritūpimu (*pailgėjusia atsispyrimo trukme*) bei santykinai didesniu jėgos komponento įnašu šuolio rezultatui. ŠSD ir JT/RR santykio reikšmės ramybės būsenoje, o taip pat jų didžiausios reikšmės, registruotos atliekant dozuoto krūvio mėginį, liudija apie pasikeitusią širdies funkcinę būklę, tačiau šių rodiklių kaita atliekant maksimalaus anaerobinio krūvio mėginį nėra informatyvi. Po pratybų stebima elektrokardiogramos ST-segmento depresijos padidėjimo tendencija, tačiau netgi pagal šio rodiklio suvidurkintus tiriamųjų grupės duomenis vienareikšmės išvados apie funkcinį išeminių reiškinių padidėjimą daryti negalima.

SUMMARY

IMPACT OF INTERVAL TRAINING ON MUSCLES AND THE CARDIAC FUNCTIONAL STATE

Keywords: recovery, functional condition, electrocardiography, anaerobic load.

The aim of this study was to establish the impact of interval training session on muscles and cardiac functional state.

The **following tasks** were set: 1- Determine the influence of anaerobic interval training session on the muscular performance during the vertical jump tasks. 2 – Compare the muscle work capacity after and before anaerobic interval training on 30 seconds vertical jump test. 3 – Determine the influence of anaerobic work-load on dynamics of cardiac indices while performing a dosed exercise test. 4 – Determine the influence of interval anaerobic training on cardiac indices while performing a dosed and maximal exercise tests.

Methods. The study subjects were healthy and physical active students (men, $n = 12$). Before and after the anaerobic type training session performed by method of interval training were tested on physical and functional condition tests. To find out physical conditional were used vertical jump tasks. To asses the vertical jump the force plate with the jump height and take-off time measurer was used. Function condition tests were Roufier test and the 30 second vertical jump test, and after 5 minutes Roufier test was repeated. Main parameters of anaerobic interval training were 5x200m (28,0–29,0) [2:00] or some more repetition.

The results obtained during the study showed that muscular changes can be described by registered parameters of vertical jumps indicating that the same result of the jump could be achieved by use if compensatory abilities, i.e. slower muscular contraction compensated by deeper squat and increase the strength component. Changes in heart rate and the ratio of JT/RR during the relative rest and their changes while performing a dosed exercise test provide the information about cardiac functional state. The episodes of functional ischemic nature can be observed in some cases but the averaged data did not allow making the conclusion that this physiological mechanism prevails at all cases.

IVADAS

Atliekant bet koki fizinį darbą labai svarbų vaidmenį vaidina darbo trukmė, intensyvumas, bei poilsio pauzės. Yra skiriami penki fizinio krūvio komponentai: krūvio intensyvumas, trukmė, poilsio intervalų pobūdis ir poilsio pobūdis. Palyginti seniai pastebėta ir moksliniais tyrimais nustatyta, kad ŠKS adaptaciniai pokyčiai sportuojant priklauso nuo fizinių krūvių pobūdžio ir pratybų stažo (Shapiro, 1997). Poilsio intervalų pobūdis taip pat labai įtakoja organizme vykstančių procesų pobūdį ir taip lemia adaptacinius efektus. Taigi, reikšmingiausi krūvio komponentai poilsio intervalų trukmė ir pobūdis lemia vidinį fizinio krūvio pobūdį, bei tiesioginio treniruotės efekto ypatybes (Poderys, 2000; Bompa, 2001, ir kt.). Būtent krūvio pobūdis lemia įvairių organų ir funkcijų dalyvavimą atliekamame darbe, t. y. mobilizacijos, laipsnį, o atsigavimo vyksmo metu registruojama funkcinių rodiklių kaita parodo nuovargio dydį, organizmo individualias ypatybes (Smith, Norris, 2002; Poderys et al., 2006). Dėl nuovargio laikinai sumažėja darbingumas, fizinis aktyvumas, veiklos našumas.

Raumenų darbingumą užtikrina daugybės grandžių sistema (Poderys, 2000; Gailiūnienė ir Milašius, 2001; Šilanskienė, 2003). Darbingumo sumažėjimą gali sukelti nepakankamas nervų sistemos ir kitų grandžių (kvėpavimo sistemos, širdies darbo, sekrecijos liaukų ir kt.) darbas. Todėl raumenų nuovargis pirmiausiai siejasi su įvairių organizmo funkcijų pasikeitimu keliose iš organizmo sistemų. Sportinės treniruotės metu organizmas netenka pastoviosios fizinės būklės (homeostazės), todėl priverstas adaptuotis, t. y. įvairios jo funkcijos ir struktūros turi prisitaikyti prie psichofizinių krūvių, kad organizmas galėtų patikimai veikti. Organizmo adaptabilumas priklauso nuo greitosios ir lėtinės adaptacijos mechanizmų. Daug kartų naudojant fizinius krūvius dėl ilgalaikės adaptacijos fenomeno susidaro ilgalaikė adaptacija, kuriai būdingas ne tik funkcinis, bet ir struktūrinis pokytis.

Atliekant fizinius krūvius suaktyvėja daugelio organizmo funkcinių sistemų veikla. Norint garantuoti deguonies tiekimą, didėjant organizmo metaboliniams poreikiams, daugelis ŠKS reakcijų prasideda beveik tuo pačiu metu (Hughson, 2007). Apie vidinio fizinio krūvio pusę dažniausiai yra bandoma spręsti pagal širdies susitraukimų dažnio (ŠSD) kitimus. Kadangi nėvienas kraujotakos reguliavimo mechanizmas neveikia atskirai, o tik sinergiškai autoriai (Vainoras, 2005; Thompson et al., 2006; ir kt.) pažymi, kad ŠSD, tam tikra prasme, yra kaip reguliacinis signalas ir jis yra patogiausias, bet jokių būdu ne tiksliausias širdies apkrovos rodiklis. Raumenų bei širdies ir kraujagyslių sistemos vykstančių vyksmų pažinimas yra aktualus vertinant organizmo adaptaciją prie fizinių krūvių ir atsigavimo vyksmo ypatybes.

Darbo tikslas – Nustatyti intervalinės treniruotės metodu atliktų pratybų įtaką bėgikų raumenims bei širdies funkciniai būklei.

Uždaviniai:

1. Nustatyti intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų įtaką raumenų darbingumo rodiklių pasikeitimui, atliekant vertikalių šuolių užduotis.
2. Palyginti raumenų darbingumo kaitos ypatybės, atliekant maksimalaus anaerobinio krūvio mėginį normos ir nuovargio būsenose.
3. Nustatyti intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų įtaką širdies funkcinį rodiklių kaitai atliekant dozuoto aerobinio krūvio mėginį.
4. Nustatyti intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų įtaką širdies funkcinį rodiklių kaitai atliekant dozuoto aerobinio ir maksimalaus anaerobinio krūvio mėginius.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Anaerobiniai krūviai lavinant ištvermę, intervalinis treniruotės metodas

Šiuolaikinės sportinės treniruotės bruožas yra fizinių krūvių taikymo specifiškumas, fiziologiniu požiūriu tai yra atskirų fiziologinių mechanizmų lavinimui taikomi specifiniai treniruotės metodai. Lygiai taip pat lavinant ištvermę yra naudojami ne tik aerobiniai, bet ir anaerobiniai krūviai (Bompa, 1999; Karoblis, 2005). Anaerobinė medžiagų apykaita negali trukti ilgai, todėl šiuos krūvius sportininkai, dažniausiai, atlieka kartotiniu metodu (Baldari, 2005). Taigi, be krūvio intensyvumo labai reikšmingi tampa ir kiti krūvio komponentai. Atliekant bet kokią fizinę darbą labai svarbų vaidmenį vaidina darbo trukmė, pobūdis, poilsio intervalų trukmė bei jų pobūdis. Pagal energijos gamybos būdus, bei atliekamo darbo trukmę atliktas darbas yra skirstomas į aerobinį ir anaerobinį. Anaerobinis darbas yra skirstomas į alaktatinį ir laktatinį (Зимкин, 1986; Karoblis, 2003; Bompa, 2001).

Anaerobinė alaktatinė ištvermė – tai gebėjimas kuo ilgiau maksimaliu intensyvumu atlikti trumpalaikius krūvius, kai ATP sintezė organizme vyksta iš kreatinfosfato, be deguonies. Kiti energijos šaltiniai čia nelabai reikšmingi. Toks darbas trunka 4-10 s. Išsiskiriančios energijos kiekis priklauso nuo ląstelės sąlygų: terpės pH, neorganinio fosfato koncentracijos, ATP ir ADP santykio ląstelėje (Gailiūnienė, Milašius, 2001). Anaerobinė alaktatinė ištvermė reikalinga dirbant labai intensyvią darbą. Ją lemia kreatinfosfato kiekis dirbančiuose raumenyse, jo ekonomiškasis naudojimas ir fermentų, dalyvaujančių šiose reakcijose, kiekis ir aktyvumas. Yra nustatyta, kad po labai intensyvaus ir trumpo darbo, kai ATP sintezė vyksta iš KP, pastarasis po šio darbo visiškai kompensuojamas per 30 min. Dalis energijos pagaminama anaerobinės glikolizės būdu. Anaerobinės glikolizės reakcijos suaktyvėja sunaudojus 60-80% KP, todėl po keletą kartų darbo reiktų pailsėti ilgiau kaip 12-15 min., kad būtų sudegintas susikaupęs laktatas (Nillsson, 1990).

Anaerobinė laktatinė ištvermė – tai gebėjimas kiek galima ilgiau atlikti submaksimalaus intensyvumo darbą. Šią ištvermę lemia ne tik dirbančiųjų raumenų, centrinės nervų sistemos ypatybės, bet ir vegetaciniai veiksniai (širdies ir kraujagyslių sistemos, kvėpavimo sistemos ypatybės). Anaerobinė laktatinė ištvermė dar yra skirstoma į: mišraus anaerobinio laktatinio ir glikolitinio energijos gavybos, anaerobinio glikolitinio energijos gavybos, ir mišraus anaerobinio glikolitinio ir aerobinio energijos gavybos būdo ištvermę (Gailiūnienė, Milašius, 2001).

Mišraus anaerobinio laktatinio ir glikolitinio energijos gavybos būdo ištvermė – tai maksimalaus intensyvumo darbas trunkantis 15-40 s. Energija gaminama iš KP ir glikogeno. Šią ištvermę ugdo 20-60 s trunkantis darbas kartojamas keletą kartų.

Anaerobinio glikolitinio energijos gavybos būdo ištvermė – tai maksimalaus intensyvumo darbo ištvermė, kai energijos gamyboje vyrauja anaerobinės glikolizės reakcijos. Darbo trukmė – 50-120 s. Šio darbo trukmė priklauso nuo gebėjimo kuo ilgesnį laiką gaminti energiją iš glikogeno be deguonies. Taip gaminant energiją pagaminama daug rūgščių, kurios rūgština organizmo terpę. Todėl didelį vaidmenį čia atlieka organizme sukauptas šarminių junginių kiekis. Jie padeda ilgesnį laiką išlaikyti tokia rūgščių ir šarmų pusiausvyrą, kad darbą būtų galima tęsti tuo pačiu intensyvumu. Šio darbo pabaigoje nemaža dalis energijos yra pagaminama iš aerobinių reakcijų, o kvėpavimo ir kraujotakos sistemos dar nespėja įsidirbti (Gailiūnienė, Milašius, 2001).

Mišraus anaerobinio glikolitinio ir aerobinio energijos gavybos būdo ištvermė – tai maksimalaus intensyvumo darbas, trunkantis 2-8 min. Energija gaminama anaerobinės glikolizės ir aerobinių reakcijų būdu. Keičiantis atliekamo darbo trukmei, keičiasi ir energijos gamybos pobūdis: atliekant 2 min maksimalaus intensyvumo darbą 50% energijos gaminama anaerobinės glikolizės, o 50% - aerobinių reakcijų būdu. Atliekant darbą 8 min anaerobinių reakcijų indelis sumažėja iki 17-20%. Darbui ilgėjant vis didesnis vaidmuo tenka aerobinėms reakcijoms. Tačiau deguonies nepakanka anaerobinių reakcijų metu pagamintoms rūgštims deginti, todėl vis didėjantis rūgščių kiekis organizme neleidžia ilgai dirbti maksimaliu intensyvumu (Vainoras, 2002).

Intervalinis treniruotės metodas – tai specifinis treniruotės metodas, kai pasirinktu poilsio intervalu yra kontroliuojama vidinė fizinio krūvio pusė. Šis metodas buvo populiarus Europoje nuo 1960 metų, dėl šio metodo poveikio, didinančio širdies tūrį, per trumpą laiką. T. Nett (1967) teigė: “Nėra geresnio metodo, kaip intervalinės pratybos, didinančios širdies tūrį per trumpą laiką”. Pagrindinis intervalinės treniruotės stimulus širdies ir kraujagyslių sistemai tobulinti yra poilsio intervalas, jeigu ŠSD neatsigauna per 90s iki 120 tv/min. tolesnis pratimo kartojimas nutraukiamas (Karoblis, 1999; 2003; Laffite et al., 2003; Poderys, 2012). Treneriai ir tyrėjai pabrėžia, kad intervalinis treniruotės metodas sukuria stiprų poveikį širdžiai – miokardo hipertrofiją (Зимкин, 1986; Туманян и. др., 1986; Тхоревский, 2001; Poderys, 2012). Naudojami tokie atkarpų deriniai: tolygių atkarpų serija; trumpėjančių atkarpų serija; ilgėjančių atkarpų serija; mišrių atkarpų serija. Pagal krūvio intensyvumą būdingas didelis bėgimo atkarpų kartojimų skaičius, kur greitis mažesnis negu varžybų. Poilsio intervalų trukmė priklauso nuo to, kokią savybę ugdo bėgikas. Lavinant ištvermę – poilsio pauzė trumpesnė, bėgimas neintensyvus, o lavinant greitumą – poilsio pauzė ilgėja, pratimo atlikimas intensyvesnis.

Deja, intervalinis bėgimas turi ir trūkumų. „lengvai atėjo – lengvai išėjo“. Intervalinis bėgimas smarkiai veikia organizmą, todėl jį reikia taikyti atsargiai. Netinkama treniruotė gali išsekinti bėgiką fiziškai ir psichiškai. Taikant intervalinį bėgimą, daug dėmesio reikia kreipti į bėgiko individualias ypatybes ir pasirengimo lygį. Treneris turi nustatyti, kas labiausia tinka bėgikui, tada treniruotė nebus sunki (Karoblis, 1989). Intervalinė treniruotė labai aktyvina angliavandenių apykaitą, ypač didelį poveikį turi anaerobiniams procesams. Gerai treniruotiems sportininkams intervalinė treniruotė yra gera priemonė, skatinti anaerobines glikolizės reakcijas, padedanti kaupti angliavandenių atsargas organizme ir daug jo išskirti į kraują fizinio darbo metu (Skernevičius, 1982; Karp, 2011).

1.2 Raumenų nuovargis: nuovargio pasireiškimo ypatybės, fiziologinė, biocheminė charakteristika

Nuovargis tai žmogaus fizinės ir psichinės būklės pakitimai, atsirandantys po tam tikrą laiką trukusios veiklos ir laikinai mažinantys jos efektyvumą (Gailiūnienė ir Milašius, 2001). Varžybų ir pratybių sukeltas fizinis ir psichologinis nuovargis turi įtakos motoriniams sportininkų įgūdžiams (Aune et al., 2008). Nors išskiriamos įvairios nuovargio rūšys (sensorinis, protinis, fizinis, emocinis ir t. t.), tačiau dažniausiai nustatomas bendras nuovargis, kuris apibūdinamas kaip laikinas darbingumo sumažėjimas. Vieni autoriai nuovargį apibrėžia kaip sumažėjusį raumenų pajėgumą išvystyti ir palaikyti kuo didesnę jėgą ir galingumą (Cairns, 2006), kiti jį apibūdina kaip protinės funkcijos sumažėjimą (Enoka, Duchateau, 2008) ar apsaugos mechanizmą, padedantį išvengti traumos ar mirties fizinės veiklos metu (Abbiss, Laursen, 2005; Ratel et al., 2006).

Motorinės sistemos nuovargis apibūdinamas kaip motorinės sistemos darbingumo sumažėjimas, atliekant fizinius krūvius (Fitts 2008). Raumenų nuovargis – tai raumenų susitraukimo jėgos ir galingumo sumažėjimas, kylantis dėl:

- 1.) ATP hidrolizės greičio sumažėjimo (Westerblad & Allen, 2002);
- 2.) metabolitų susikaupimo (Sahlin et al., 1998);
- 3.) acidozės (Fitts, 1994);
- 4) elektrinio signalo perdavimo sutrikimo;
- 5) raumenų mechanikos sutrikimo (Byrne et al., 2004).

Nuovargis – ne išsekimo išvada, o tik signalas apie išsekimo artėjimą mažinantis pavojų peržengti leistinas homeostazės ribas, bei saugantis organizmą nuo per didelių pokyčių (Westerblad & Allen., 2002). Nuovargis, atsirandantis dėl per dažnai atliekamų pratybių ir nepakankamo poilsio,

sukelia persitempimą arba persitreniravimą (Demorest, Landry, 2004; Main et al., 2010; Matos et al., 2010; Winsley, Matos, 2011). Persitempimas apibūdinamas kaip laikinas, greitai išnykstantis pajėgumo sumažėjimas, dažnai pasireiškiantis kartu su miego ir dėmesio koncentracijos sutrikimais bei pakitusia nuotaika (Nederhof et al., 2006). Jei pajėgumo sumažėjimas yra didelis ir išlieka ilgą laiką, sportininkai patiria persitreniravimą (Nederhof et al., 2006). Net ir labai nuvargęs žmogus dar turi nemažas avarinių energetinių išteklių atsargas. Valios pastangomis, emocijomis ar farmakologinėmis priemonėmis pašalinus nuovargį, tos avarinės energinės atsargos gali būti panaudotos. Nors nėra sudėtinga nustatyti, kada tiriamasis yra pavargęs, žymiai sunkiau yra kiekybiniais metodais nustatyti fiziologinius mechanizmus, sąlygojančius šios būsenos atsiradimą (Enoka & Duchateau, 2008)

Fizinio darbo metu organizmo ar jo elementų darbingumas dėl nuovargio mažėja laipsniškai, todėl laiko atžvilgiu galime nuovargį nagrinėti kaip procesą ir jame išskirti keletą fazių: kompensuojamo, nekompensuojamo ir visiško. Šių fazių atskyrimo kriterijus – organizmo kaip visumos sugebėjimas atlikti norimą darbą, pavyzdžiui kiek galima ilgiau išlaikyti pasirinktą darbo galingumą (Stasiulis ir kt., 2005). Nuovargio fazių trukmė priklauso nuo daugelio veiksnių, tarp kurių svarbiausi yra treniruotumas, raumenų darbo režimas, darbo intensyvumas, dirbančio asmens motyvacija, amžius, lytis, išorinės sąlygos.

Kompensuojamo nuovargio fazėje, nors sportininkas atlieka nemažėjančio galingumo (intensyvumo) darbą (bėga, važiuoja tuo pačiu greičiu, laiko tą patį svorį ir pan.), jo organizme jau mažėja atskirų sistemų ar jų elementų pajėgumas. Todėl norint atlikti to paties galingumo darbą, tą sumažėjimą būtina kompensuoti kitų sistemų ar jų elementų sąskaita. Pvz., ilgą laiką dirbant vienodą didelio ar vidutinio intensyvumo darbą, mažėja miokardo susitraukimo galingumas, cirkuliuojančio kraujo kiekis, kas sumažina sistolinį tūrį (ST). Kad nesumažėtų minutinis kraujo tūris (MKT) ir dirbantys raumenys gautų tą patį deguonies kiekį, didėja širdies susitraukimų dažnis (ŠSD).

Nekompensuojamo nuovargio fazėje, kuri pasireiškia išsekus organizmo galimybėms perskirstyti įvairių grandžių aktyvumą ir tęsti veiklą nekintančiu galingumu, darbo galingumas, o tuo pačiu ir elektrinis raumenų aktyvumas mažėja.

Daugeliu atveju nuovargio atsiradimas fizinių pratimų metu aiškinamas kaip kompleksinis reiškinys, kai darbingumas gali mažėti sutrikus kuriam nors vienam sudėtingos tarpusavyje susijusios organų ir funkcijų sistemos komponentui arba sutrikus jų tarpusavio ryšiui (Gailiūnienė ir Milašius, 2001). Priklausomai nuo raumenų veiklos sąlygų ir individualių organizmo ypatybių, nuovargio atsiradimo svarbiausia grandis gali būti bet kuris organas ar funkcija, kurių galimybės tam tikru darbo momentu nebeatitinka krūvio reikalavimų. Todėl pirminės nuovargio priežastys gali būti tokios:

1. Organizmo energetinių išteklių sumažėjimas.

2. Pagrindinių fermentų aktyvumo sumažėjimas.
3. Tarpinių medžiagų apykaitos produktų ir įvairių metabolitų susikaupimas ląstelėse ir kraujyje.
4. Funkcionuojančių struktūrų vientisumo sutrikimas dėl jų nepakankamo plastinio aprūpinimo.
5. Nervinės ir hormoninės (neurohumoralinės) reguliacijos funkciniai pakitimai.
6. Vandens ir mineralinių medžiagų netekimas.

Aktyvios organizmo terpės (pH) parūgštėjimas. (Gailūnienė., Milašius, 2001).

Tačiau nuovargio priklausomybės nuo judėjimo užduoties modelyje pabrėžiama, kad nėra vieno mechanizmo, o veikiau jų sąveika lemia nuovargio atsiradimą (Enoka, Duchateau, 2008). Todėl populiarėja teorijos, integruojančios centrinius ir periferinius nuovargio atsiradimo veiksnius, o nuovargio fenomenas nagrinėjamas kaip dinaminių procesų dalis. Dinaminės sistemos tarpusavio sąsajos yra svarbios nustatant sistemos kaip visumos funkcionavimą (Demongeot et al., 2009).

Raumenų nuovargis fizinių pratimų metu atsiranda dėl metabolinių priežasčių (Fitts, 1994; Green, 1997; Sahlin et al., 1998). Metabolinis nuovargis atsiranda dirbant maksimaliu ar submaksimaliu intensyvumu iki negalėjimo atlikti darbą. Jo metu sumažėja ATP hidrolizės ir resintezės greitis, energinių medžiagų kiekis raumenyse ir miofibrilių jautrumas kalcio jonams (Sahlin et al., 1998; Westerblad & Allen, 2002). Metabolizmo pokyčiai mažina nervinių ląstelių dirglumą ir labilumą, o tai centrinėje nervų sistemoje greitai sukelia apsauginį slopinimą. Susikaupę metabolitai stabdo miozino skersinių tiltelių darbą, dėl to mažėja raumens susitraukimo jėga ir atsipalaidavimo greitis. Raumeninių skaidulų (raumeninių ląstelių) susitraukimų energetinis šaltinis yra adenozino trifosfatas (ATP).

Raumenų ląstelėse pagrindinis ATP gamybos būdas vyksta 3 būdais:

1. Greita ATP gamyba iš sarkoplazminių kreatinfosfato atsargų;
2. Šiek tiek lėtesnė gamyba anaerobinės glikolizės būdu;
3. Lėtesnė, bet labai efektyvi ATP gamyba aerobinės glikolizės būdu ir skaidant riebalus mitochondrijose (Murray, 1995).

Nesvarbu, kuris iš šių ATP gamybos būdų būtų dominuojantys, raumenų susitraukimai visada bus susiję su adenzindifosfato (ADP) padidėjimu ir neorganinio fosfato (Pi) gamyba.

Anaerobinė glikolizė sukelia H^+ jonų kaupimąsi ir žymiai sumažina pH ląstelėje ir už jos ribų. Šių trijų metabolitų (ADP, Pi, H^+) koncentracija ypatingai padidėja atliekant didelės jėgos ir galingumo reikalaujančias užduotis, ir jie visi turi tiesioginį poveikį skersinių tiltelių sukibimo efektyvumui. Skersinių tiltelių sukibimo efektyvumas vertinamas pagal 2 faktorius:

1. Aktino ir miozino filamentų sukibimo-atsipalaidavimo trukmę vieno ciklo metu;
2. vieno sukibimo-atsipalaidavimo ciklo greitį.

H⁺ jonų susikaupimas sumažina izometrinio susitraukimo jėgą ir sumažina filamentų sukibimo laiką (Potma et al., 1994). Cooke et al. (1998) nustatė susitraukimo greičio mažėjimą didėjant H⁺ koncentracijai. Acidozės vietoje neorganinis fosfatas (Pi) yra pagrindinis nuovargį sukeliantis veiksnys (Westerblad et al., 2002). Intensyvių raumenų susitraukimų metu Pi kaupiasi skylančiam PCr (fosfokreatinui). Fitts (2003) pareiškė, kad padidėjęs raumenų [H⁺] gali neigiamai paveikti raumenų funkciją tokiais būdais:

1. Pablogina skersinių tiltelių persiskirstymą iš žemos į didelės jėgos būseną;
2. Sumažina maksimalų susitraukimo greitį;
3. Slopina miofibrilių ATP-azę;
4. Mažina glikolitinį greitį;
5. Sumažina skersinių tiltelių aktyvumą, nes kliudo Ca²⁺ jungtis su troponinu C, o tai sumažina Ca²⁺ reabsorbciją dėl sarkoplazmos ATP-azės slopinimo (todėl sumažėja vėlesnis Ca²⁺ išsiskyrimas).

Kaip ilgai raumenų aktyvacija gali trukti iki išsekimo priklauso nuo ADP refoforilinimo atgal į ATP greičio. Siekiant padidinti refoforilinimo greitį, Pi, kreatino, kreatinfosfato, ATP, ADP, O₂ metabolinis gradientas turi padidėti, kad padidėtų šių substratų pernašos greitis į jų panaudojimo vietas (Walsh, 2000).

1.3 Centrinės nervų sistemos nuovargis

Raumenų nuovargis yra sudėtingas reiškinys, turintis tiek centrinę, tiek periferinę kilmę (Meeusen et al., 2006; Nybo, Secher, 2004). Centrinis nuovargis yra palaipsniui mažėjanti raumenų aktyvacija dėl nervų sistemos sumažėjusios funkcijos (Nybo, Secher, 2004). Centrinis nuovargis gali būti paaiškintas neurotransmiterių kiekio ir aktyvumo pokyčių įvairiose smegenų struktūrose ir nepakankamo O₂ tiekimo į smegenis (sunkaus fizinio darbo metu), dėl kurio sumažėja motorinių vienetų kiekio rekrutavimas ir gebėjimas išlaikyti motorinę aktyvumą (Meeusen et al., 2006). Periferinis nuovargis yra susijęs su pokyčiais nervinėse raumeninėse jungtyse ir raumenų audiniuose, kurie nėra susiję su centrine nervų sistema (Nybo, Secher, 2004). Ament ir Verkerke (2009) aptarė tokias centrinio nuovargio galimas priežastis:

1. Aksonų veikimo potencialų laidumas gali būti blokuojamas aksonų šakojimosi vietose, todėl pablogėja raumeninės skaidulos aktyvacija. Šio veiksnio santykinė svarba yra nežinoma;
2. Motoneuronų veikla gali būti paveikta raumenų aferentų refleksų. Taigi, centrinio nuovargio efektas, tam tikru mastu, gali būti kompensuojamas mechanoreceptorių refleksų (IA ir II tipai iš raumenų verpščių; IB iš Goldžio sausgyslės organų);

3. III ir IV nervų grupių stimuliacija sukelia motoneuronų signalų dažnio sumažėjimą ir signalo sklaidimo slopinimą motorinėje žievėje;

4. Transkranijinės magnetinės stimuliacijos metu buvo išsiaiškinta, kad smegenų motorinio kortekso ląstelių jaudrumas gali kisti palaikomų motorinių užduočių eigos metu;

5. Serotoninerginų neuronų sinapsių veikimas gali sustiprėti, sukeldamas padidėjusį silpnumo ar „nuovargio“ jausmą. Tai gali atsitikti dėl padidėjusio serotonino pirmtako triptofano (TRP) patekimo į smegenis. Ilgos fizinės veiklos metu toks padidėjęs TRP srautas į smegenis yra dėl fizininių pratimų sukulto šakotųjų aminorūgščių (BCAA) koncentracijos sumažėjimo kraujyje;

6. Dėl sukulto fizinio krūvio atsipalaiduoja citokinai. IL-6 skatina nuovargio pojūtį, o IL-1 sukelia gyvūnų liguistą elgesį. Daugelio ligų atveju padidėja šių citokinų gamyba. Cirkuliuojančių aminorūgščių pokyčiai plazmos koncentracijoje gali sukelti didelį poveikį smegenų funkcijų matavimams ir daryti įtaką apetitui, miegui, hormoninei funkcijai, kraujo spaudimui, protinei veiklai ir fizinei ištvermei (Femstrom, 2005).

Nuovargis, kylantis dėl ilgai trunkančios fizinės veiklos, gali būti apibūdinamas laipsniško krūvio sukulto raumenų išvystomo galingumo ar jėgos sumažėjimo (Nybo, Secher, 2004), dėl kurio nebesugebama palaikyti reikiamo galingumo, todėl mažėja fizinis darbingumas. Originalią centrinio nuovargio hipotezę pasiūlė Newsholme et al. (1987), kuri buvo grindžiama prielaida, kad centrinių monoaminų sintezė ir metabolizmas, ypač 5-HT, pakinta dėl fizinės veiklos sukeltų aminorūgščių pokyčių periferijoje. Atsižvelgiant į 5-HT poveikį nuovargiui ir mieguistumo jausmui, padidėjęs smegenų serotonerginis aktyvumas buvo nustatytas kaip energijos netekimo ir motorinių vienetų įtraukimo į darbą sumažėjimo determinantas, tokiu būdu darydamas poveikį sportininkų fizinės ir psichinės veiklos efektyvumui. Vėliau ši hipotezė buvo pakeista, nes duomenys rodo, kad ketacholaminai neurotransmiteriai (dopaminas ir noradrenalinas) gali taip pat vaidinti labai svarbų vaidmenį atsirandant nuovargiui (Meeusen, Watson, 2007). Minima, kad serotonerginė sistema atsakinga už nuotaikos, emocijų, miego ir apetito pokyčius, tuo pačiu yra susijusi ir su daugelio elgsenos ir fiziologinių funkcijų kontrole (Cooper et al., 2003).

Yra galima ir kita priežastis, vaidinanti svarbų vaidmenį nuovargio pasireiškinge, tai sąveika tarp smegenų 5-HT ir dopamino (DA) (Davis, Bailey, 1997). Ekstraląstelinės koncentracijos santykio tarp 5-HT ir DA padidėjimas yra susijęs su mieguistumo ir nuovargio pojūčiais, paspartindami nuovargio atsiradimą, kadangi mažesnis santykio skirtumas yra palankesnis darbingumui, palaikydamas motyvaciją ir sujaudinimą (Davis, Bailey, 1997).

1.4 Atsigavimas po fizinių krūvių ir jo vertinimo problema

Atsigavimas po fizinių krūvių yra esminis įvairių treniruotės metodų komponentas, lemiantis greitosios, taip pat ir ilgosios adaptacijos ypatybes (Skurvydas, 1999; Bompa, 2001 ir kt.).

Dėl fizinio krūvio pakinta organizmo funkcijų aktyvumas, kurį laiką organizmas negeba pakartoti anksčiau buvusio krūvio, ir tai padaryti būna įmanoma tik po tam tikro atsigavimo laikotarpio (Wasserman et al., 1998; Gocentas, Andziulis, 2004). Atsigavimo trukmė ir pobūdis priklauso nuo patirto fizinio krūvio ypatumų, krūvio modelio bei tiriamojo treniruotumo, o atsigavimo kokybė yra skirtinga (Gocentas, Andziulis, 2004). Daugelis funkcinų rodiklių yra pasikeitę ne raumenų darbo metu, bet ir kurį laiką po darbo. Funkcijų kaitos procesai, baigus darbą, yra vadinami atsigavimu. Tai ne tik funkcijų grįžimas iki buvusio ramybės lygio, bet kartu jie kuria pagrindą organizmo darbingumui didėti. Sportinės treniruotės požiūriu atsigavimo procesai yra nemažiau svarbūs kaip ir pats fizinis krūvis. Atsigavimo procesų vaidmuo, kaip esminė darbingumo didinimo dalis, gali būti iliustruojama tokiu ciklu: fizinis krūvis – nuovargis – atsigavimas – adaptacija – darbingumo padidėjimas – fizinis krūvis.

Fizinio krūvio metu vyrauja kataboliniai procesai, o atsigavimo – anaboliniai (Gailiūnienė, Milašius, 2001; Liu et al., 2003; Izquierdo et al., 2006). Skiriami du atsigavimo proceso tipai – skubus ir vėlesnis atsigavimas, arba greitoji ir lėtoji atsigavimo fazės (Gailiūnienė, Milašius, 2001 ir kt.).

Skubus atsigavimas po sunkių pratybų trunka 0,5 – 1,5 val. po darbo. Atsigavimo metu pašalinami anaerobinės apykaitos produktai, išnyksta deguonies skola, atnaujinami ATP ir kreatinfosfato ištekliai raumenyse.

Vėlesnio atsigavimo metu, kuris tęsiasi nuo 0,5 iki 6–12 val. atlikus darbą, atkuriamos suvartotos angliavandenių ir riebalų atsargos, sunormalėja vandens ir elektrolitų pusiausvyra. Dar vėlesnėje atsigavimo fazėje, kuri tęsiasi iki 2–3 parų, vyksta proteinų sintezė, atsiranda ir įsitvirtina organizmo adaptaciniai pokyčiai.

Atsigavimui būdingi šie dėsningumai:

- aerobinis atsigavimo pobūdis;
- nevienalaikiškumas;
- faziškumas;
- netolygumas;
- atsigavimo greičio priklausomumas nuo atlikto fizinio krūvio intensyvumo ir kiekio.

Atsigavimo procesai yra svarbūs, kad tinkamu momentu po darbo energinių medžiagų atsargos viršytų jų lygį, buvusį iki darbo. Šis reiškinys buvo pavadintas superkompensacijos fenomenu (Gailiūnienė, Milašius, 2001; Chou et al., 2005). Vėliau buvo parodyta, kad treniruotės procesas yra daug sudėtingesnis nei paprasta nuovargio, atsigavimo ir superkompensacijos kaita. Sportininko būsenų kaitai nusakyti vartojami šie terminai: tiesioginis treniruotės efektas – organizme įvykusių pokyčių visuma, būseną tuoj pat po pratybų; liekamasis treniruotės efektas – organizmo būseną, atsigavimo laikotarpiu dar neišnykę buvusieji pokyčiai, sukelti fizinių krūvių; suminis treniruotės efektas – organizmo būseną, kelerių pratybų sukelta pokyčių suma; kumuliacinis treniruotės efektas – sportininko darbingumo padidėjimas po treniruotės etapo, pvz., treniruotės mezociklo pabaigoje.

Atsigavimas po fizinio krūvio kartojimo lemia pokyčių kryptingumą, dydį ir yra daugelio treniruotės metodų esminis komponentas. Pavyzdžiui, intervalinis treniruotės metodas – tai kartotinis treniruotės metodas, kai fizinio krūvio poveikį valdo poilsio intervalo trukmė. Klasikinis intervalinės treniruotės metodas yra pagrįstas ŠSD atsigavimo po krūvio kartojimo stebėjimu: kai ŠSD atsigauja iki 120 k./min., krūvis kartojamas, kai ŠSD per 90 sek. neatsigauja iki 120 k./min., pratybos baigiamos (Laffite et al., 2003). Atsigavimo procesai vyksta jau atliekant kintamo intensyvumo fizinius krūvius (Baldari et al., 2005) ir gebėjimas greitai atsigauti tarp intensyvių krūvių yra svarbus veiksnys.

Fiziologinės funkcijos po darbo atsigauja netolygiai: pirmiausia atsigauja kvėpavimo funkcijos, paskui – pulso dažnis, o dar vėliau – sensomotorinės reakcijos

Atsigavimo heterochroniškumas pirmiausia priklauso nuo treniruotės krūvio pobūdžio. Būtent krūvio pobūdis, kuris lemia įvairių organų ir funkcijų dalyvavimo atliekamame darbe laipsnį, rodo jų nuovargio lygį ir atsigavimo trukmę. Per pirmą poilsio laiko trečdalį įvyksta 55–56% atsigavimo reiškinys, per antrą – 20–25%, per trečią – 5–15% (Gailiūnienė, Milašius, 2001).

Atlikus didžiausio intensyvumo darbą, superkompensacijos fazė atsiranda praėjus 36–48 val. Tačiau praėjus 4–6 atsigavimo laikotarpio valandoms, sportininkas jau gali atlikti nemažą aerobinio pobūdžio darbą. Pailsėjęs beveik parą, jis jau gali dalyvauti ir anaerobinio pobūdžio pratybose. Atlikus didžiausio krūvio kiekio aerobinio pobūdžio pratybas, superkompensacija atsiranda tik po trijų parų. Esant nuovargiui, atsiradusiam po aerobinio pobūdžio krūvių, praėjus 5–6 atsigavimo valandoms, gali būti veiksmingos greičumą ugdančios pratybos. Tikslų skirtingų organizmo sistemų superkompensacijos laiką nusakyti sunku todėl, kad tokie biocheminiai rodikliai, tarp jų ir fiziologiniai, pasiekiami skirtingu laiku. Viena iš svarbiausių atsigavimo po fizinių krūvių vyksmo ypatybių yra įvairių rodiklių atsigavimo iki pradinio lygio heterochroniškumas (*nevienalaikiškumas* medicinos vadovėliuose aprašomi atsigavimo tipai: tolygus, šoliuojantis, laiptinis).

Atsigavimo procesui pažinti buvo skiriamas didžiulis dėmesys visais sporto fiziologijos ir apskritai sporto mokslo raidos etapais. Buvo tyrinėtas atsigavimo trukmės priklausomumas nuo krūvio kryptingumo, parodytas pavienių fiziologinių sistemų ir funkcinių rodiklių atsigavimo heterochroniškumas, jų priklausomumas nuo funkcinės būklės ir nuovargio laipsnio (Shephard, 2001). Pakitusios atsigavimo proceso ypatybės gali būti persitreniravimo ar persitempimo rodiklis (Issurin et al., 2005).

1.5 Širdies funkcinės ypatybės

Širdies raumuo yra jaudrus, laidus ir kontraktiliškas (susitraukia). Jam būdinga:

1. Ilgas refrakterinis periodas. Laikas, nuo širdies raumens pajaudinimo iki jo susitraukimo pradžios trunka maždaug 0,27s, tuo tarpu griaučių raumens – 0,02-0,03 s. Širdies raumuo susitraukia žymiai lėčiau.

Jeigu skeleto raumens susitraukimo ir atsipalaidavimo trukmė maždaug 0,1 s, tai širdies raumens – 0,3 s. Dirginimo perdavimo greitis atitinkamai – skeleto raumenų – 13-14 m/s, širdies – 1-4 m/s.

2. Dėsnis „viskas arba nieko“. Tai paaiškinama tuo, kad širdies raumuo visu stiprumu susitraukia tiek nuo slenkstinio, tiek nuo viršslenkstino dirgiklio. Šis dėsnis tinka ne tik atskiroms širdies raumens skaiduloms, bet ir visai širdžiai. Dėsnis leidžia daryti prielaidą, kad sustojusią širdį galima atgaivinti, bet nėra prasmės vartoti stiprių elektrinių dirgiklių (stimuliatorių), nes toks pat efektas būna ir nuo slenkstinio dirgiklio. Tačiau į dėsnį reikia žiūrėti santykinai, nes, pakitus širdies funkcinėi būklei, pakinta ir dėsnio išraiška.

3. Širdies automatizmas. Išimta iš organizmo širdis gali ir toliau ritmiškai susitraukinėti nepriklausomai nuo išorinių dirgiklių. Toks širdies gebėjimas priskiriamas širdies automatinei savireguliacijos sistemai. Šios sistemos dėka širdis gali dirbti izoliuotai nuo viso organizmo. Dėl būdingo širdies automatizmo pavyksta atgaivinti ir mirusiojo širdį.

Širdies automatizmas priklauso nuo širdies laidžiosios sistemos, kuri yra pačioje širdyje. Širdies laidžioji sistema susideda iš specifinės struktūros ląstelių, kurios sudaro tam tikrus telkinius, spontaniškai generuojančius membralinį potencialą ir širdies raumens susitraukimą. Laidžiosios sistemos topografinė padėtis tokia: pirmasis dominuojantis telkinys yra dešiniajame prieširdyje tarp viršutinės tuščiosios venos ir dešinėsios širdies auselės. Šis ląstelių telkinys yra vadinamas sinusiniu (Keis-Fleko) mazgu. Antrasis ląstelių telkinys yra randamas beveik širdies centre, dešiniojo prieširdžio sienelėje. Šis mazgas vadinamas prieširdiniu skilveliu.

Trečiasis širdies laidžiosios sistemos struktūrinis vienetas yra skaidulų pluoštas, išeinantis iš prieširdžio skilvelio mazgo ir einantis į skilvelius, kairiajame skilvelyje jis sudaro kairę koją, o dešiniajame – dešinę koją. Šis darinys vadinamas Hiso pluoštu.

Laidžiosios širdies sistemos sąvoką galima sieti su tuo, kad sinusiniame mazge tam tikrais laiko intervalais susidaro jaudinimo židiny, impulsais sklindantis į prieširdinį skilvelinį mazgą, o vėliau Hiso pluošto kojomis perduodamas skilveliams. Šios sistemos fiziologinis veiklos mechanizmas yra širdies raumenyse vykstančių procesų vaisius. Įvairios širdies dalys nėra vienodai laidžios ir jautrios.

Širdies veiklos elektriniai reiškiniai ir elektrokardiograma. Elektrinių reiškinų atsiradimas širdyje yra aiškinamas membranų depoliarizacija ir repoliarizacija. Ramybės būklėje tarp įvairių širdies raumens paviršiaus taškų susidaro elektrinė pusiausvyra. Širdies raumens vidiniame paviršiuje yra neigiamas krūvis, o išoriniame – teigiamas. Tokia būklė yra vadinama poliarizacija. Sujaudinimas sukelia depoliarizaciją ir todėl susidaro veikimo potencialas.

Širdies elektrinių reiškinų, t.y. potencialų skirtumui užrašyti yra naudojamas elektrokardiografijos metodas. Elektrokardiografu užrašyta kreivė vadinama elektrokardiograma (EKG) tai dirbančioje širdyje atsirandančių veikimo potencialų kreivė. EKG išryškina visas širdies raumens savybes, išskyrus susitraukiamumą, nes šis susijęs su širdies veiklos mechanika. (Skirius, 2002). Elektrokardiografijos metodu galima išaiškinti širdies ritmo, elektrolitų apykaitos sutrikimus, miokardo būklę ir bendrąją širdies veiklos charakteristiką.

Žmogaus širdies EKG užrašoma netiesioginiu būdu, prijungiant elektrodus tose kūno vietose, kurios geriausiai atspindi širdies veikimo potencialus. Sporto medicina vartoja 12 derivacijų, kurias galima suskirstyti į tris grupes:

1. Trys standartinės, arba klasikinės kojų ir rankų derivacijos: I – tarp abiejų rankų – atspindi priekinio skilvelių paviršiaus biopotencialus; II – tarp dešinės rankos ir kairės kojos – atspindi I ir III derivacijos užrašytų dantelių suminius dydžius, III – tarp kairės rankos ir kairės kojos – atspindi užpakalinio skilvelių paviršiaus biopotencialus (Skirius, 2002);

2. Trys sustiprintos aVR – nuo dešinės rankos – atspindi tarpkilvelinės pertvaros biopotencialus, aVL – nuo kairės rankos – atspindi priekinės ir šoninės kairiojo skilvelio sienos biopotencialus, aVF – nuo kairės kojos – atspindi užpakalinės kairiojo skilvelio sienos biopotencialus.

3. Šešios krūtinės derivacijos: V₁₋₆: V₁ ir V₂ atspindi dešiniojo skilvelio, V₃ tarpkilvelinės pertvaros, V₄ – širdies viršūnės, V₅ ir V₆ – kairiojo skilvelio biopotencialus.

Elektrokardiogramą sudaro penki ryškūs (P, Q, R, S, T) ir vienas neryškus (U) danteliai aukščiau ar žemiau izoelektrinės linijos. Izoelektrinė linija – širdies raumens poilsio linija; danteliai, einantys į viršų nuo izolinijos – teigiami, į apačią – neigiami.

Visi penki danteliai ir tarpai tarp jų sudaro širdies veiklos ciklą ir rodo tam tikrus širdies dalių jaudinimo etapus.

P dantelis apibūdina elektrinius prieširdžių reiškinius, algebrinę jų potencialų sumą. Nuotolis nuo P pabaigos iki Q pradžios – tai PQ segmentas. Jis EKG užrašomas kaip izoelektrinė linija ir rodo jaudinimo plitimą prieširdinių skilvelių mazgu ir Hiso pluošto kojytėmis.

P-Q intervalas (nuo P dantelio pradžios iki Q pradžios) rodo laiką, per kurį impulsas, nueina iki laidžiosios sistemos pabaigos t.y. iki darbinių miokardo ląstelių. Q, R, S, T dantelių kompleksas ir nuotolis nuo Q pradžios iki T pabaigos apibūdina elektrinius skilvelių reiškinius (Bertašienė, 2003; Šilanskienė, 2003). Kiekvienas elektrokardiogramos dantelis atskleidžia šiuos reiškinius: Q dantelis – vidinio skilvelių paviršiaus, dešiniojo speninio raumens ir širdies viršūnės sujaudinimą, R dantelis – išorinio skilvelių paviršiaus ir abiejų skilvelių pagrindo sujaudinimą, S dantelis – abiejų skilvelių visišką sujaudinimą, dėl kurio S pabaigoje išnyksta potencialų skirtumas, T dantelis – repoliarizacija dėl skilvelių jaudinimo pabaigos. Izoelektrinė linija tarp S dantelio pabaigos ir T pradžios užrašoma kaip ST segmentas, kuris rodo, kad abu skilveliai yra visiškai sujaudinti. Normalaus QRS komplekso trukmė yra 0,06-0,1 s. QRST intervalo trukmė yra 0,34-0,44 s. Kartais po T dantelio galima matyti U dantelį. Šis dantelis yra skilvelinio komplekso dalis ir atsiranda dėl aortos ir plaučių arterijos pradinės dalies lygiųjų raumenų sujaudinimo. Esant netinkamiems krūviams ar per mažam treniruotumui, šalia nurodytų pokyčių, gali ryškiai mažėti dantelio R amplitudė, pailgėti impulso plitimo laikas iš prieširdžių į skilvelių miokardą, atsirasti ekstrasistolės. Atsigavimo laikotarpiu visi EKG duomenys grįžta į pradinę padėtį (Buliulis, 2006).

EKG rodiklių kaitai vertinti dažniausiai naudojamos keturios rodiklių grupės (Vainoras, 1996; Šilanskienė, 2003; Vainoras et al., 2005). Pirmajai grupei priskiriamos RR intervalo reikšmės ($RR=60/\dot{SSD}$) ramybės metu, atliekant dozuotą ar didžiausiąjį krūvį ir kaitos ypatybės krūvio bei atsigavimo metu. Antrajai rodiklių grupei gali būti priskiriami rodikliai, nusakantys elektrokardiogramos JT intervalo kaitos ypatybes ramybės, atliekant dozuotą ar didžiausiąjį krūvį, kaitos ypatybės krūvio ir atsigavimo metu. Trečiajai grupei rodiklių priskiriami ST-segmento vertinimai ramybės, dozuoto ir didžiausiojo fizinio krūvio metu. ST-segmento depresija atliekant fizinius krūvius vertinama kaip funkcinį išeminių reiškinių atsiradimas krūvio metu (Yazigi et al., 1998; Jernberg et al., 1999; Vainoras, 2002).

Pastarasis rodiklis nėra informatyvus vertinant gerai parengtų asmenų širdies funkcinės būklės kaitos ypatybes (Noakes, 2002a; 2002b; Poderys ir kt. 2000; Buliuolis ir kt., 2003). Ketvirtajai rodiklių grupei priskiriami santykiniai rodikliai. Dažniausiai taikomas yra elektrokardiogramos intervalų JT ir RR santykis ir jo kaita. (Jaruševičius, 2000; Poderys, 2000; Trinkūnas, 2000; Vainoras, 2002; Šilanskienė, 2003; Sadzevičienė, 2005).

1.6 Širdies susitraukimų dažnio kitimai fizinio krūvio metu

Individualūs ŠSD rodikliai priklauso nuo reguliacinių sistemų veiklos, t. y. nuo simpatinės ir parasimpatinės nervų sistemos aktyvumo, nuo hormoninių reguliacinių sistemų veiklos (Poderys, 2004). Ramybės būsenoje sveikų žmonių širdies veiklą daugiausiai reguliuoja parasimpatinė nervų sistema, kuri slopina širdies ritmo dažnį bei silpnina miokardo susitraukimo jėgą. Mediatorius acetilcholinai, kuris išsiskiria parasimpatinių nervų galūnėse, veikia į specialias širdies mikrostruktūras - cholinoreceptorių. Dėl neigiamo parasimpatinės nervų sistemos poveikio ramybės būsenoje širdis ekonomiškiau naudoja energetinius resursus ir turi didesnę jų rezervą adaptavimuisi fiziniams krūviams. Adaptuojantis fiziniams krūviams parasimpatinė širdies reguliacija stiprėja. Susilpnėjus parasimpatinės nervų sistemos poveikiui, širdies ritmas padažnėja. Tai vyksta dėl simpatinės reguliacijos įtakos augimo, kas ypač išryškėja fizinių ir emocinių krūvių metu. (Vitkienė, 1997, Žemaitytė, 1997).

Ramybės metu nesportuojančio žmogaus ŠSD svyruoja tarp 60—80 kartų per minutę (Skirius, 2005). Atletams lavinantiems aerobinę ištvermę ŠSD ramybės būsenoje sumažėja iki 40 - 50 kartų per minutę, kartais net iki 30 - 35 kartų per minutę, išsivysto sportinė sinusinė bradikardija.

Maksimalus ŠSD yra labiau individualus. Kuo didesnė širdis (kairiojo skilvelio galinis diastolinis skersmuo), tuo mažesnis maksimalus ŠSD (Martinelli et al., 2005). Didėjant krūvio intensyvumui ŠSD auga tol, kol pasiekia maksimalias individualias reikšmes. (Takahara, Miura, 1999). Po fizinio krūvio širdies susitraukimų dažnis ne iš karto grįžta į pradinį lygį. Pastebėta, kad ŠSD po fizinio krūvio greičiau sumažėja didesni aerobinį darbingumą turintiems asmenims (Darr, Basset, 1998). ŠSD kitimo ypatumams turi įtakos darbo intensyvumas. Rodiklis greitai sumažėja iki ramybės lygio po mažo intensyvumo fizinio krūvio, o po didelio intensyvumo ŠSD kitimą galima suskirti į dvi fazes: greito eksponentiško mažėjimo ir lėto mažėjimo iki ramybės lygio. Kaip nurodo A. Gocentas ir A. Andziulis (2004), didžioji atsigavimo proceso dalis įvyksta per pirmas dvi tris minutes. M. Javorka, I. Zila, T. Balharek ir kt. (2002) užregistravo staigų eksponentinį ŠSD mažėjimą

per pirmas dvi poilsio minutes po submaksimalaus fizinio krūvio, vėliau šis rodiklis mažėjo tolygiai ir lėtai.

1.7 Širdies metabolizmo ypatumai fizinio krūvio metu

Širdies raumuo dirba naudodamas ATP energiją. ATP sintezę užtikrina hidrolizės reakcijos. Širdyje vyrauja aerobinės energetinės reakcijos, jų metu ekonomiškiau naudojamas O_2 , širdis susitraukia nedidėjant O_2 trūkumui, mažiau žalojama vidinė terpė. Miokardo energetinio metabolizmo pagrindiniai šaltiniai yra gliukozė, laktatas ir laisvos riebiosios rūgštys, 30% jų ramybės būsenoje sudaro gliukozė, 20-30% energijos aprūpinama laktatais. Gliukozės panaudojimas dirbant nepadidėja. Laktato širdis negamina, o naudoja juos gaudama su krauju, susidariusius dirbant raumenims. Laktato padidėjimas intensyvaus darbo metu siekia 10-15 kartų. Maksimalaus darbo metu iki 70% miokardo energijos apykaitos aprūpinama oksiduojant laktatus, tačiau po 30 min laktato panaudojimas pradeda mažėti ir nukrenta iki 15%, tada labiau naudojamos riebiosios rūgštys. Ilgalaikio fizinio krūvio metu riebiosios rūgštys tampa pagrindinėmis širdies energetinėmis medžiagomis. Esant dideliame intensyvumui metabolizmas miokarde greitėja 4-5 kartus, norint tinkamai aprūpinti reikiamą O_2 kiekį būtinas kraujotakos padidėjimas per koronarinę sistemą. Rezervinės širdies galimybės priklauso nuo to, kaip yra išpildomas O_2 reikalavimas. Kai nepakankamai aprūpinamas miokardas atsiranda deguonies badas širdyje. Geras širdies aprūpinimas krauju yra svarbiausias jos našumo rodiklis (Vasiliauskas, Lazarevičius, 1999)

2. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS

Tyrimo objektas: Raumenų ir širdies funkcinų rodiklių reakcija į intervaliniu treniruotės metodu atliktas pratybas.

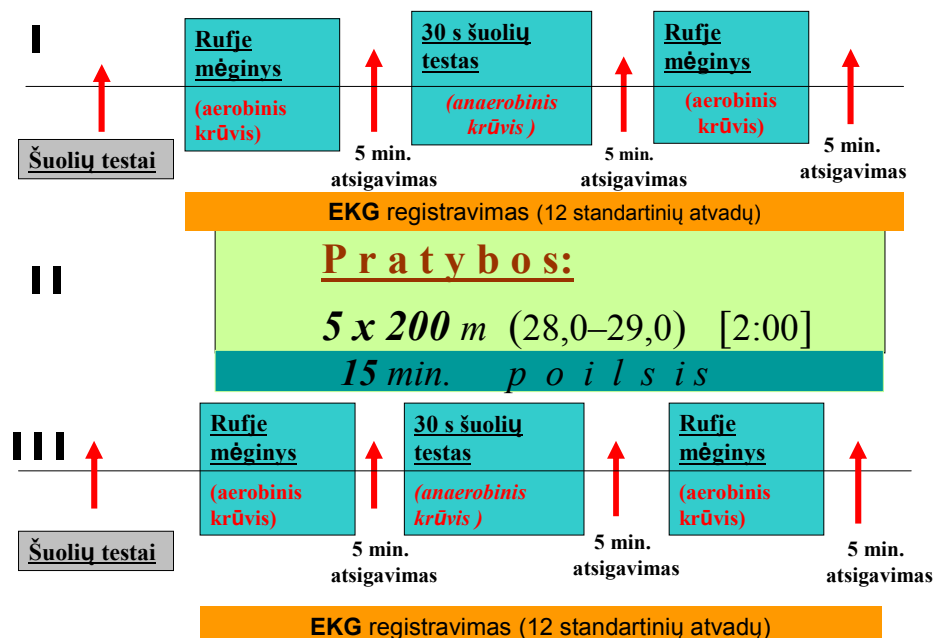
2.1. Tyrimo metodai

Darbe naudoti šie tyrimo metodai:

1. Literatūros šaltinių analizė
2. Rufje mėginys
3. Elektrokardiografija
4. Šuolių testai: 30 s šuoliavimas, šuolis į aukštį pritūpiant 90^0 kampu, šuolis į aukštį iš stabilios padėties pritūpiant 90^0 kampu, šuolis į aukštį nuo 10 cm pakylės.
5. Matematinė statistika

2.2. Tiriamieji ir tyrimo protokolai

Tyrimo dalyvavo dvylika vidutinio meistriškumo vidutinių nuotolių bėgikų (LKKA studentai, amžius 20-22 m.), kurie prieš anaerobinio krūvio pratybas ir praėjus 15 min. po jų LKKA Kineziologijos laboratorijoje dalyvavo fizinės bei funkcinės būklės vertinime. Sportininkai atliko šuolių testus ant Tenzo plokštės: šuolis į aukštį pritūpiant 90^0 kampu, šuolis į aukštį iš stabilios padėties pritūpiant 90^0 kampu, šuolis į aukštį nuo 10 cm pakylės. Fiksuojami šuolio aukščio, atremties trukmės, bei išvystomo santykinio raumenų galingumo rodikliai. Funkcinės būklės vertinimo metu tiriamieji atliko Rufje fizinio krūvio mėginį (*dozuoto aerobinio fizinio krūvio mėginys*), 30 s vertikalaus šuoliavimo testą (*maksimalaus anaerobinio krūvio mėginys*) ir po penkių minučių – dar kartą atlikdavo Rufje mėginį. Funkcinės būklės vertinimo metu be perstojo buvo registruojama 12 standartinių derivacijų EKG. Vėliau sekė anaerobinės pratybos manieže, kurių pagrindiniai krūvio parametrai buvo 5x200 m (28,0–29,0) [2:00]. Praėjus 15 min. po pratybų buvo pakartotas fizinės ir funkcinės būklės vertinimas laboratorijoje. Tyrimo schema parodyta pirmame paveiksle.



1 pav. Tyrimo protokolas

2.3 Šuolių testai

Šuolių testai buvo atliekami ant Tenzo plokštės po 15 min pramankštos. Tiriamieji atliko šolio į aukštį pritūpiant 90^0 kampu, šolio į aukštį iš stabilios padeties pritūpiant 90^0 kampu, šolio į aukštį nuo 10 cm pakylės testus. Registruojamas geriausias bandymas iš 3.

2.4. ŠKS funkcinės būklės vertinimas

ŠKS funkcinė būklė buvo vertinama pagal elektrokardiogramos rodiklius ir jų kaitą Rufje, bei 30 s vertikalaus šuoliavimo testų metu.

Tiriamieji atliko Rufje fizinio krūvio testą – 30 pritūpimų per 45 s. Praėjus 5 min. buvo atliekamas 30 s šuoliavimas, kurio metu tiriamieji nepertraukiamai šuoliavo. Po poilsio tiriamieji vėl atliko Rufje testą. Buvo registruojama 12 standartinių EKG derivacijų.

Elektrokardiografija. ŠKS funkcinį rodiklių registravimui atliekant krūvį ir atsigavimo metu su kompiuterine EKG analizės sistema „Kaunas–krūvis” registravome 12 standartinių derivacijų EKG. EKG registruoti naudojome Kauno medicinos universitete Kardiologijos institute sukurtą kompiuterinę EKG analizės sistemą fizinio krūvio metu „Kaunas – Krūvis“.

Analizavome šiuos rodiklius: širdies susitraukimų dažnį, JT intervalą (intervalas EKG nuo jungties J iki T bangos pabaigos), intervalų JT/RR santykį, ST segmento depresiją. JT intervalas atitinka elektrinę širdies sistolę. JT/RR santykis – fiziologine prasme yra širdies apkrovos rodiklis. Minėtą santykio reikšmę padauginome iš 60, gavome laiko trukmę – kiek sekundžių per minutę miokardas susitraukinėjo, ir atitinkamai – ilsėjosi. ST segmento depresija atspindi išeminių reiškinių išreikštumą.

2.5. Tyrimo duomenų vertinimas

Gauti tyrimų duomenys buvo apskaičiuojami pasinaudojant matematinės statistikos metodais, apskaičiuojant rezultatų vidurkius, vidutinius kvadratinus nukrypimus, aritmetinio vidurkio paklaidas ir skirtumo patikimumus tarp jų. Visi skaičiavimai buvo atliekami kompiuteriu su “Excel-2003” programa.

Vertinant rodiklių kaitos kryptingumą atliekant fizinio krūvio mėginius santykinės ramybės metu užregistruotas rodiklio reikšmės prilyginome 100 procentų ir tolesnio kitimo dydžius skaičiavome pasinaudodami formule:

$$\Delta = \frac{(R_1 - R_2)}{R_1} \cdot 100\%, \text{kur:}$$

Δ – pokyčio dydis;

R_1 – rodiklio reikšmė užregistruota santykinės ramybės metu;

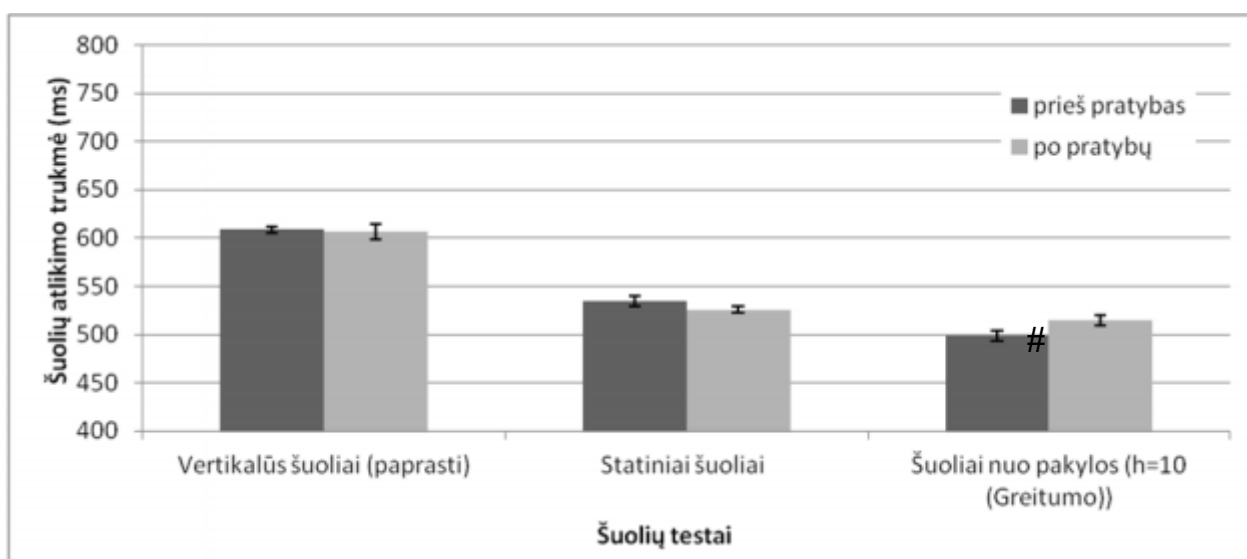
R_2 – rodiklio reikšmė užregistruota testo metu;

3. REZULTATAI

3.1 Raumenų darbingumo rodiklių kaita

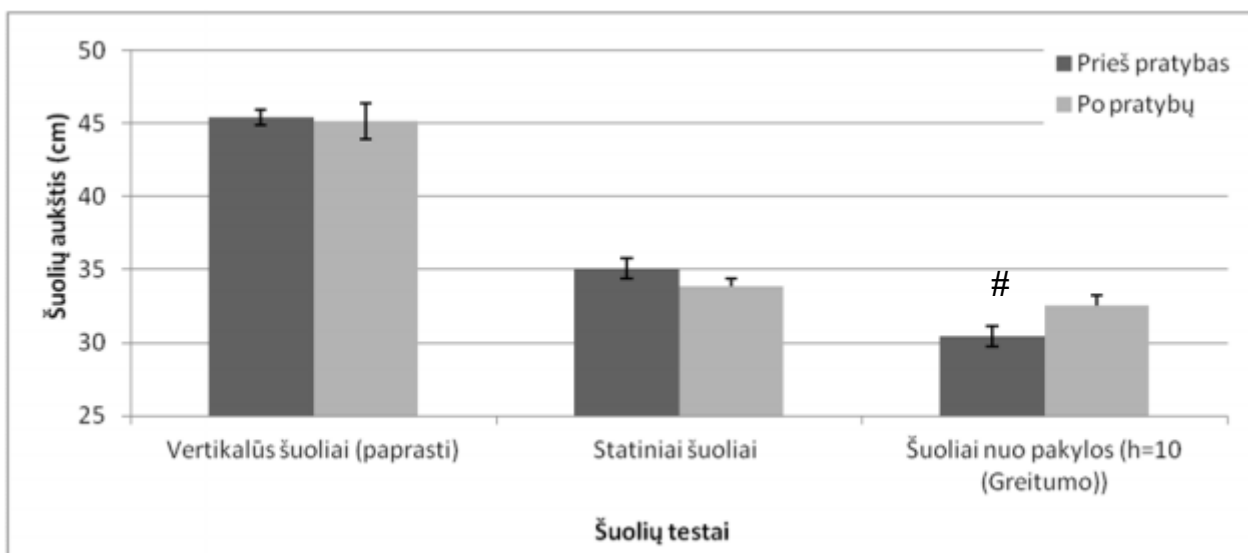
3.1.1 Anaerobinio krūvio pratybų įtaka raumenų darbingumo rodiklių kaitai atliekant vienkartinius šuoliavimų testus

Lyginant vienkartinių šuolių testų rezultatus prieš anaerobinio pobūdžio pratybas ir po jų statistiškai reikšmingas skirtumas ($p < 0,05$) pastebėtas tarp šuolio atlikimo trukmės $498,5 \pm 5,7$ ms prieš pratybas ir $514,8 \pm 5,7$ ms po pratybų (2 pav.) ir šuolio aukščio atitinkamai $30,5 \pm 0,6$ cm ir $32,5 \pm 0,7$ cm (3 pav.) atliekant šuolio testą nuo 10 cm pakylės (Drop jump). Atliekant vertikalius šuolius pritūpiant 90° kampu pritūpiant, bei iš stabilios padėties po anaerobinio pobūdžio pratybų statistiškai reikšmingo skirtumo nepastebėta ($p > 0,05$).



2 pav. Vienkartinių šuolių atlikimo trukmės prieš ir po anaerobinio pobūdžio pratybas

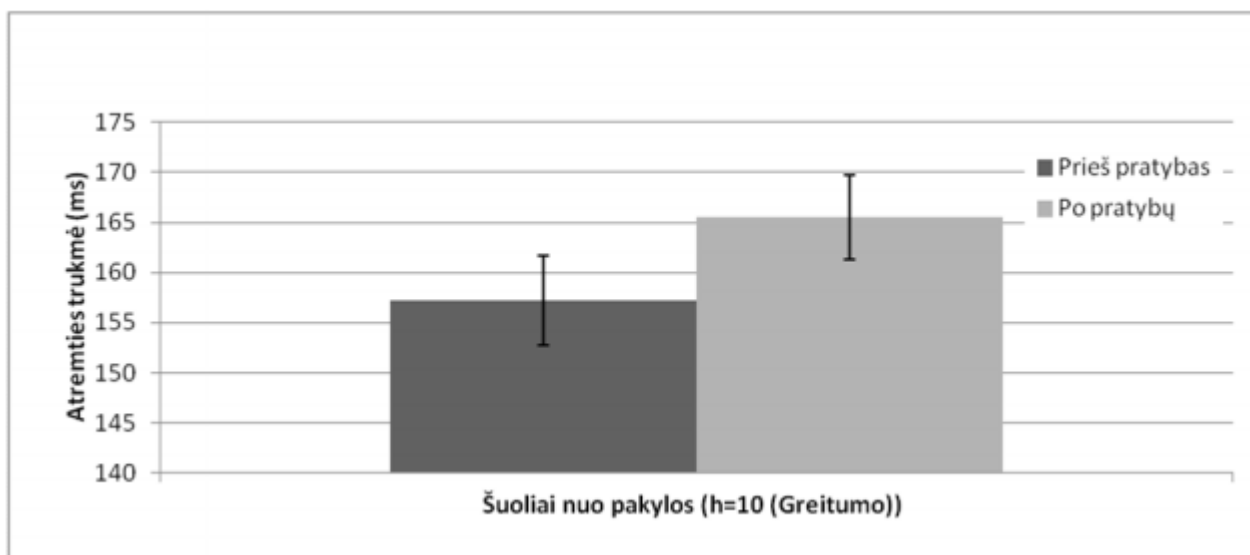
Pastaba. # – $p < 0,05$, statistiškai patikimas skirtumas tarp šuolių trukmės



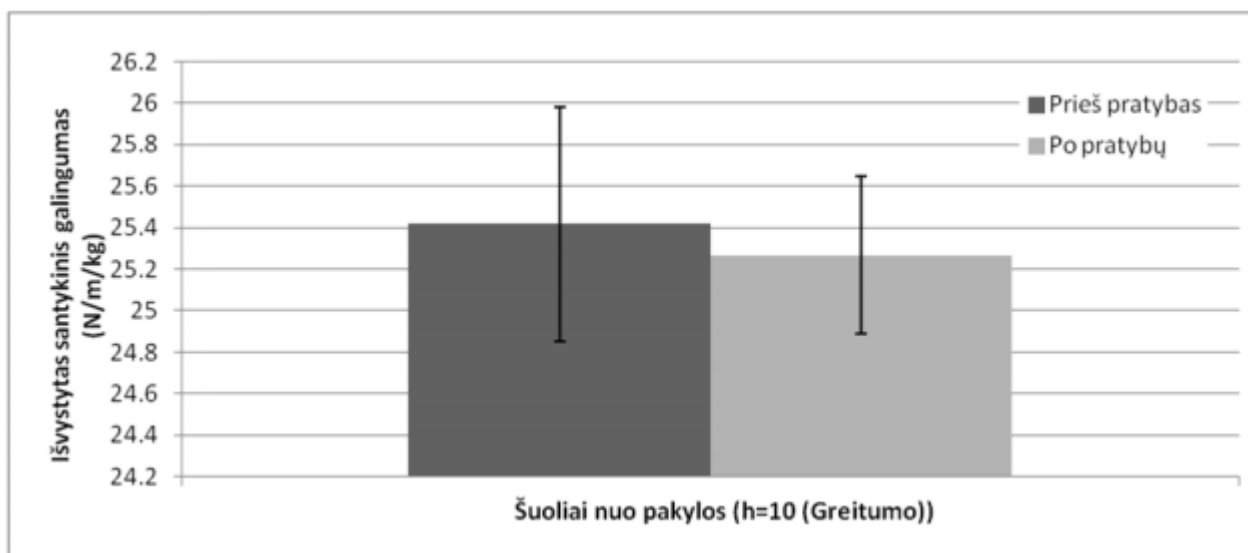
3 pav. Vertikalaus šuolio aukštis, atliekant įvairias šuolių užduotis prieš ir po intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų

Pastaba. # – $p < 0,05$, statistiškai patikimas skirtumas tarp šuolių aukščio

Ketvirtame paveiksle nurodoma atremties trukmė atliekant šuolio į aukštį nuo 10 cm pakyls prieš anaerobinio pobūdžio pratybas ir po jų. Nustatyta, kad po anaerobinio pobūdžio pratybų atremties trukmė statistiškai reikšmingai padidėjo ($p < 0,05$), nuo $157,2 \pm 4,5$ ms prieš pratybas, iki $165,5 \pm 4,2$ ms po jų. Tačiau išvystytas santykinis raumenų susitraukimo galingumas (5 pav.) po pratybų statistiškai reikšmingai nepakito ($p > 0,05$), dėl greitumą pakeitusios jėgos įnašo atliekant šuolio testą.



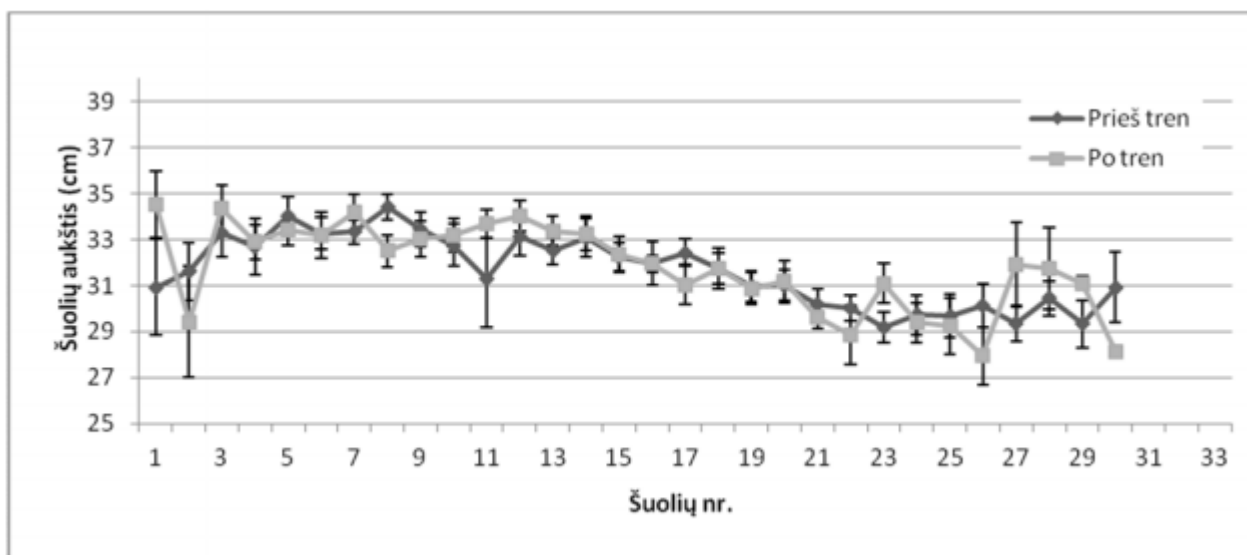
4 pav. Atsispyrimo trukmė, atliekant greitumo užduotį (šuolį nuo 10 cm pakyls) prieš ir po intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų.



5 pav. Išvystytas santykinis raumenų susitraukimo galingumas atliekant greitumo užduotį prieš ir po intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų

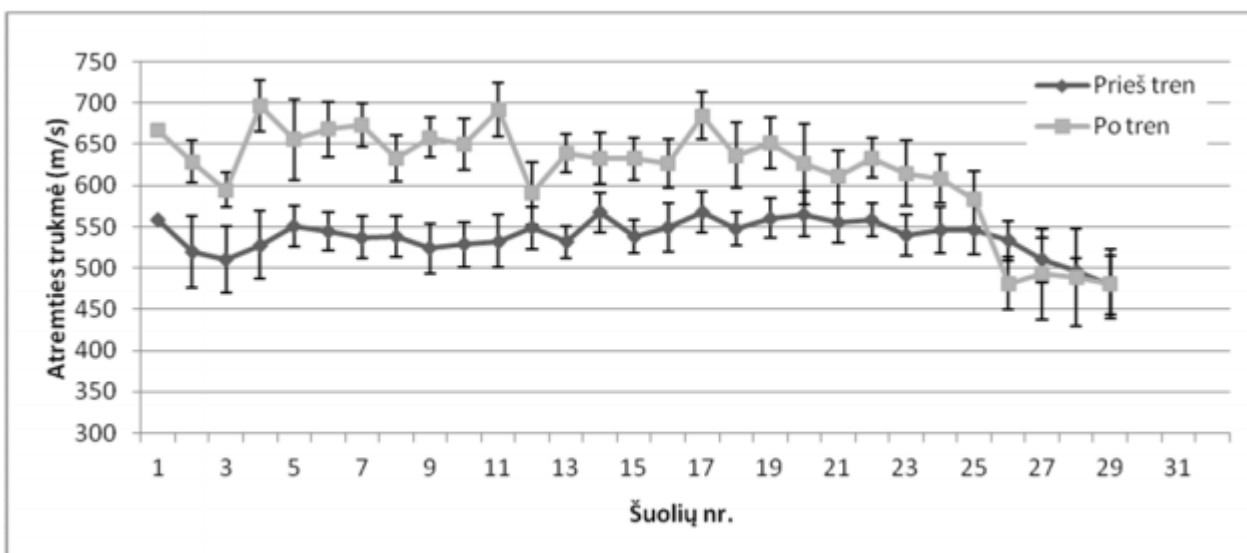
3.1.2 Raumenų darbingumo kaitos ypatybės atliekant maksimalaus anaerobinio krūvio mėginį normos ir nuovargio būsenose

Atliekant maksimalaus anaerobinio krūvio mėginį po anaerobinio krūvio pratybų (6 pav.) šuolio aukščio kaita statistiškai reikšmingai nepakito ($p>0,05$).

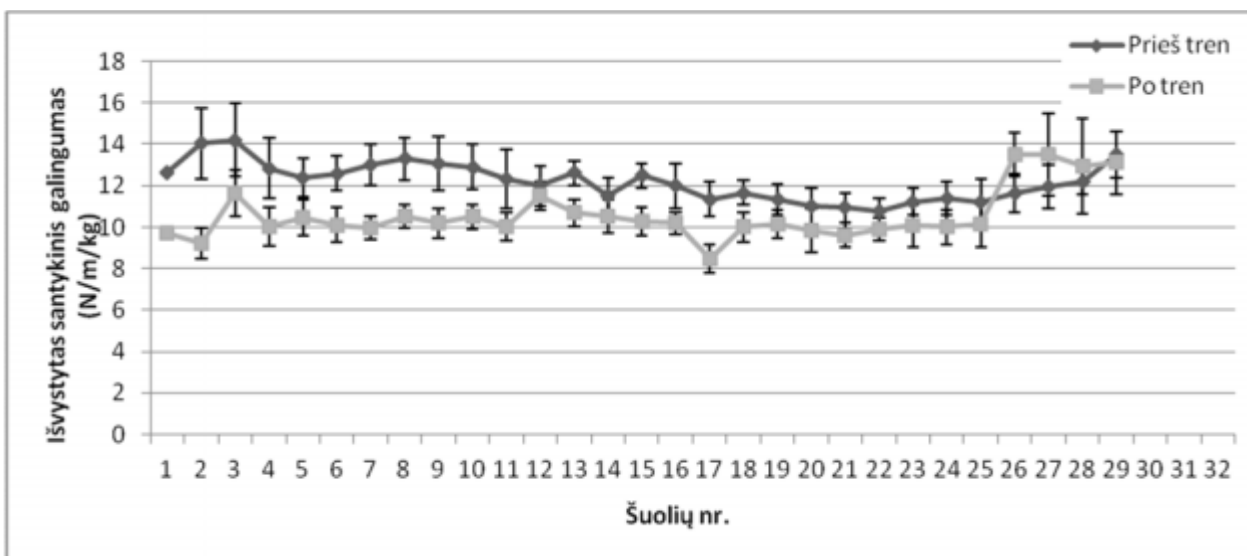


6 pav. Šuolių aukščio kaita atliekant 30 s šuoliavimo testą prieš anaerobinio pobūdžio pratybas ir po jų

Kaip matyti aštuntame paveiksle, po anaerobinio pobūdžio treniruotės išvystytas santykinis raumenų galingumas buvo statistiškai patikimai mažesnis ($p<0,05$), kas buvo gerokai pailgėjusios atsispyrimo trukmės padarinys (7 pav.).



7 pav. Atremties trukmės kaita atliekant 30 s šuoliavimo testą prieš anaerobinio pobūdžio pratybas ir po jų

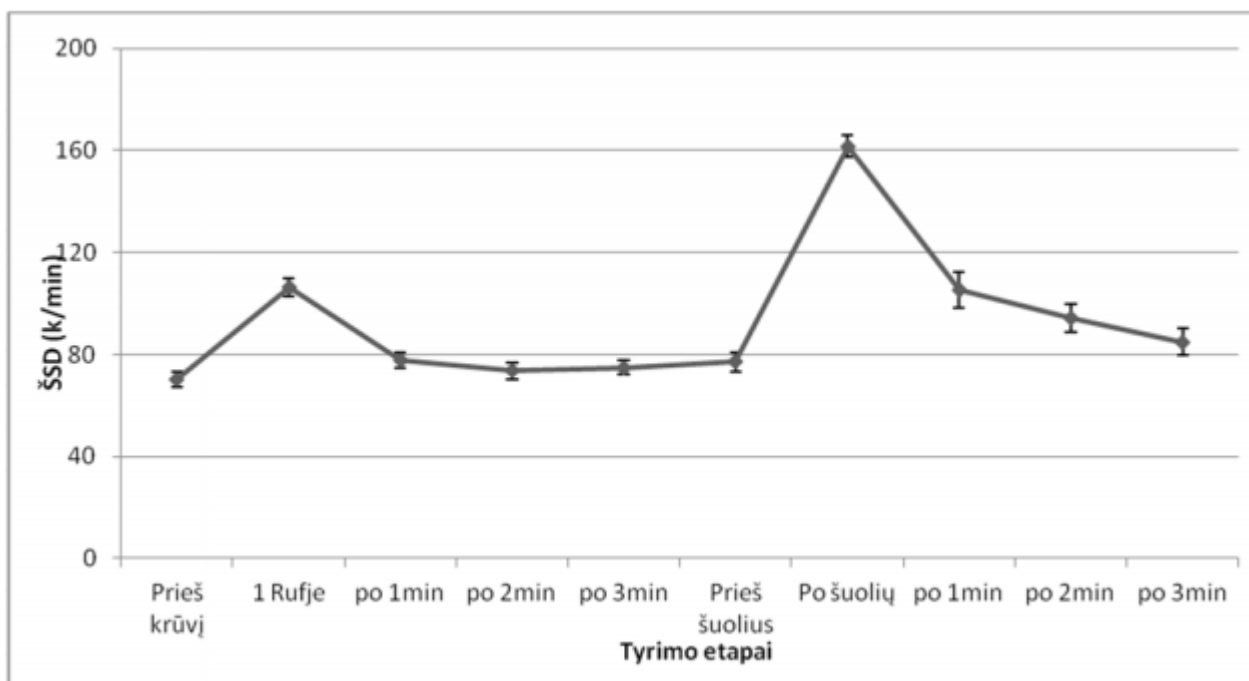


8 pav. Išvystyto galingumo kaita atliekant 30 s šuoliavimo testą prieš anaerobinio pobūdžio pratybas ir po jų

3.2 ŠKS funkinių rodiklių kaita

3.2.1 ŠKS funkinių rodiklių kaitos ypatybės atliekant dozuoto aerobinio ir maksimalaus anaerobinio krūvio mėginius

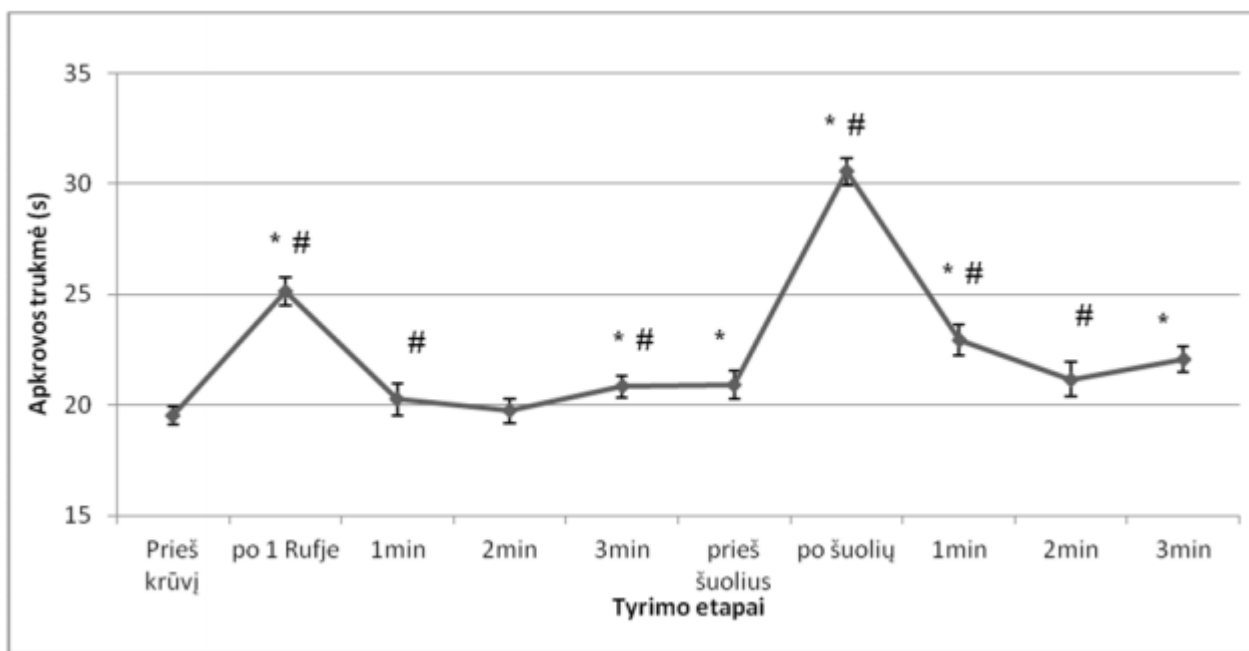
Atliekant funkcinės būklės vertinimą ŠSD (9 pav.), bei miokardo mechaninė apkrova (10 pav.) kinta lygiagrečiai. Atliekant 1 Rufje mėginį ŠSD pakyla iki $106,4 \pm 3,4$ k/min, o aktyvaus miokardo susitraukinėjimo trukmė iki $25,1 \pm 0,65$ s, abiejų rodiklių skirtumas nuo pradinio yra statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$). Atsigavimo metu rodikliai atsistato artimai santykinės ramybės būsenai. Atlikus 30 s šuoliavimo testą ŠSD, bei širdies apkrovos rodiklis pakyla daugiau nei per pusę karto – $161,7 \pm 4,3$ k/min ($p < 0,05$) ir $30,6 \pm 0,7$ s ($p < 0,05$).



9 pav. ŠSD atliekant funkcinės būklės vertinimą kitimas

Pastaba. * – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas skirtumas lyginant su pradinėmis reikšmėmis;

– $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas skirtumas tarp tyrimo etapų.

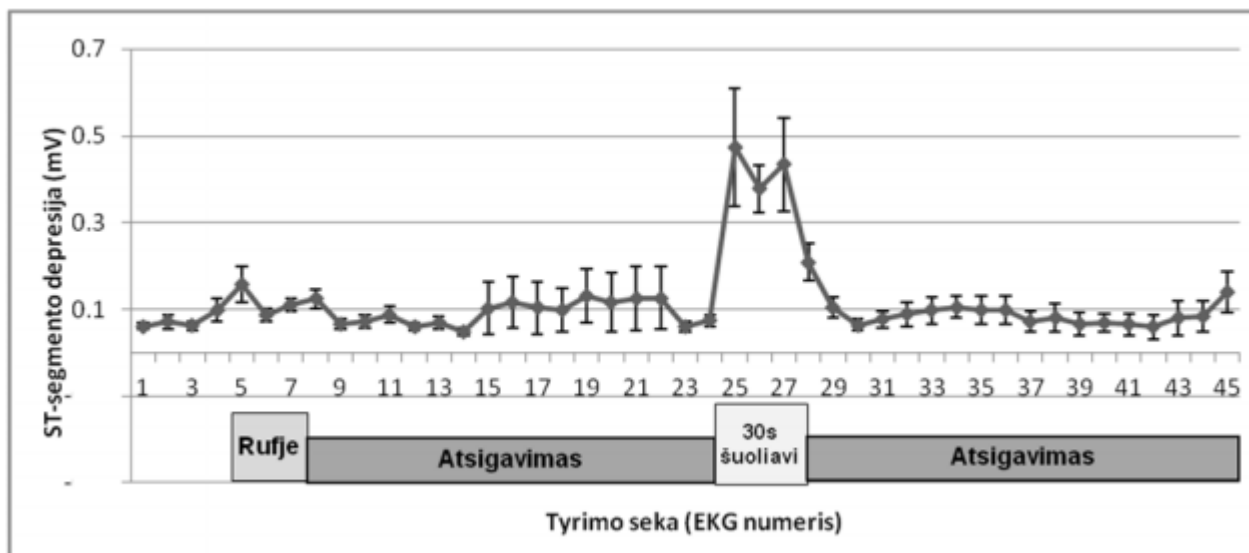


10 pav. Miokardo mechaninės apkrovos trukmės kitimas atliekant funkcinės būklės vertinimą.

Pastaba. * – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas skirtumas lyginant su pradinėmis reikšmėmis;

– $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas skirtumas tarp tyrimo etapų.

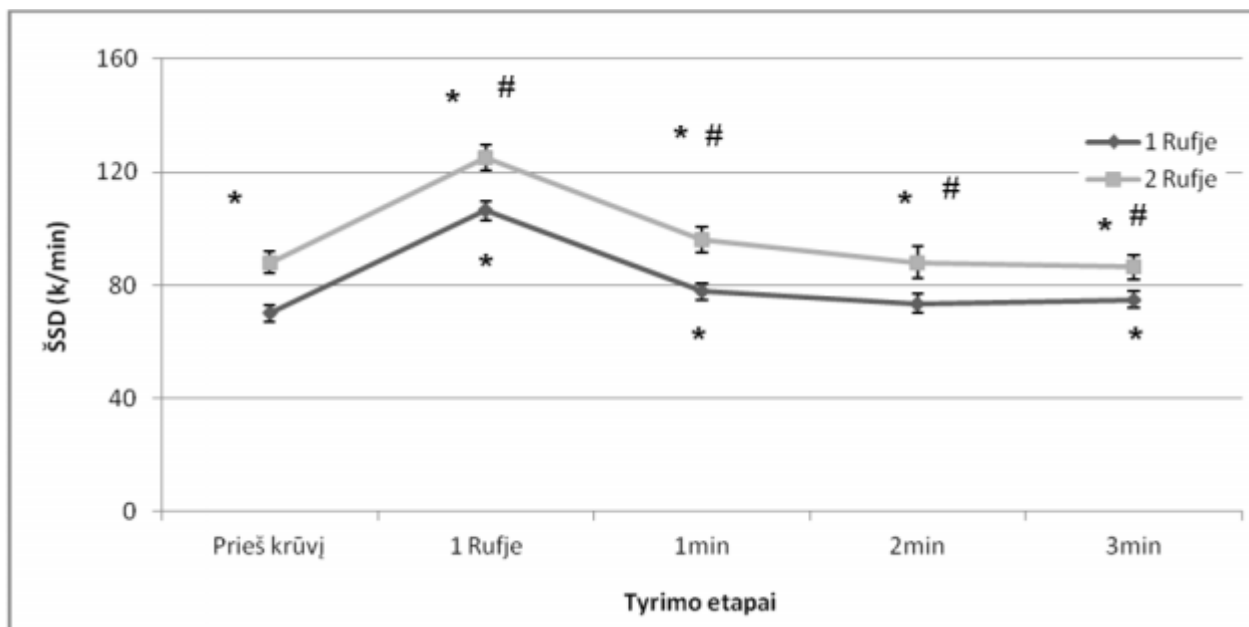
Funkcinės būklės vertinimo metu ST-segmento depresijos (mV) reikšmės (4 pav.) atliekant Rufjė mėginius neviršija 0,2 (mV), tai rodo, kad neatsirado širdies miokardo išeminių reiškinių. Atliekant 30s šuoliavimo testą pastebimas staigus šio rodiklio padidėjimas – iki $0,47 \pm 0,14$ mV ($p < 0,05$).



11 pav. ST-segmento kitimas atliekant funkcinės būklės vertinimą.

3.2.2 Vienkartinio anaerobinio krūvio įtaka ŠKS funkcinių rodiklių kaitai atliekant dozuoto aerobinio krūvio mėginį

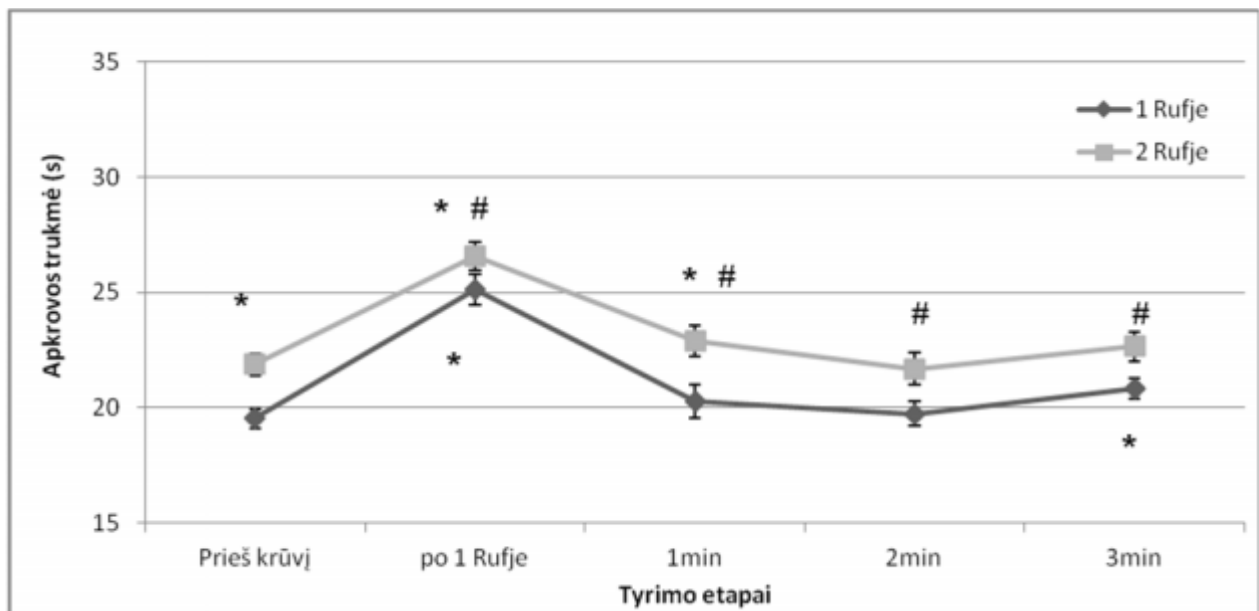
30s šuoliavimo testas reikšmingai pakeitė ŠSD (12 pav.), bei miokardo mechaninės apkrovos (13 pav.) reikšmes, atliekant Ruffjė mėginius. Atliekant Ruffjė mėginį po vienkartinio anaerobinio krūvio ŠSD padidėjo iki $125,2 \pm 4,6$ k/min ($p < 0,05$), o JT/RR santykis iki $26,6 \pm 0,6$ s ($p < 0,05$). Šie rodikliai išlieka padidėję tiek prieš krūvį, tiek atsigavimų metu.



12 pav. ŠSD kitimas atliekant Ruffjė mėginius prieš ir po vienkartinio anaerobinio krūvio.

Pastaba. * – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas skirtumas lyginant su pradinėmis reikšmėmis.

– $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas rezultatų prieaugis po vienkartinio aerobinio krūvio.

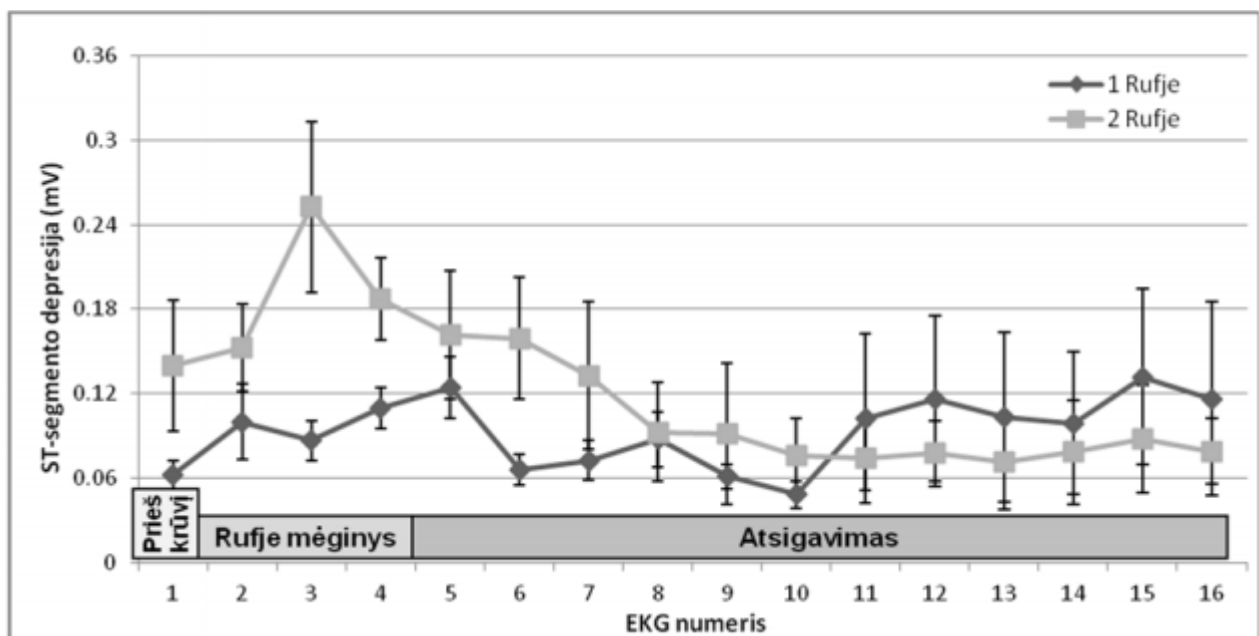


13 pav. Miokardo mechaninės apkrovos trukmės kitimas atliekant Rufje mėginius prieš ir po vienkartinio anaerobinio krūvio.

Pastaba. * – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas skirtumas lyginant su pradinėmis reikšmėmis.

– $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas rezultatų prieaugis po vienkartinio aerobinio krūvio.

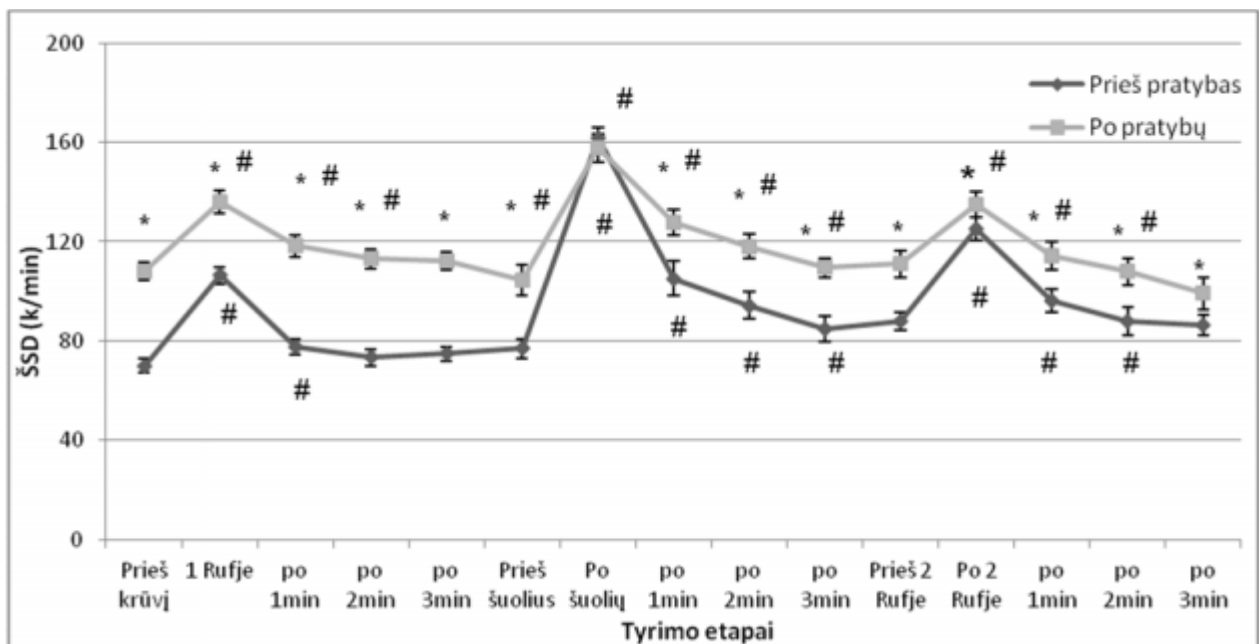
Lyginant ST-segmento depresiją (14 pav.) atliekant Rufje mėginius prieš vienkartinį anaerobinį darbą ir po jo pastebimas didesnės ST-segmento reikšmės po 30s šuoliavimo. Pirmojo Rufje mėginio metu šio rodiklio reikšmės buvo 0,12 mV, po 30s šuoliavimo, antrojo Rufje mėginio metu rodiklio reikšmės viršija 0,2 mV – $0,25 \pm 0,06$ mV ($p < 0,05$), tai rodo atsiradusius funkcinis išeminius reiškinius. Atsigavimo metu rodiklis pasiekia pradines reikšmes.



14 pav. ST-segmento kitimas atliekant Rufjė mėginius prieš ir po vienkartinio anaerobinio krūvio.

3.2.3 ŠKS funkinių rodiklių mobilizacijos ypatybės atliekant dozuoto aerobinio ir maksimalaus anaerobinio krūvio mėginius normos ir nuovargio būsenose

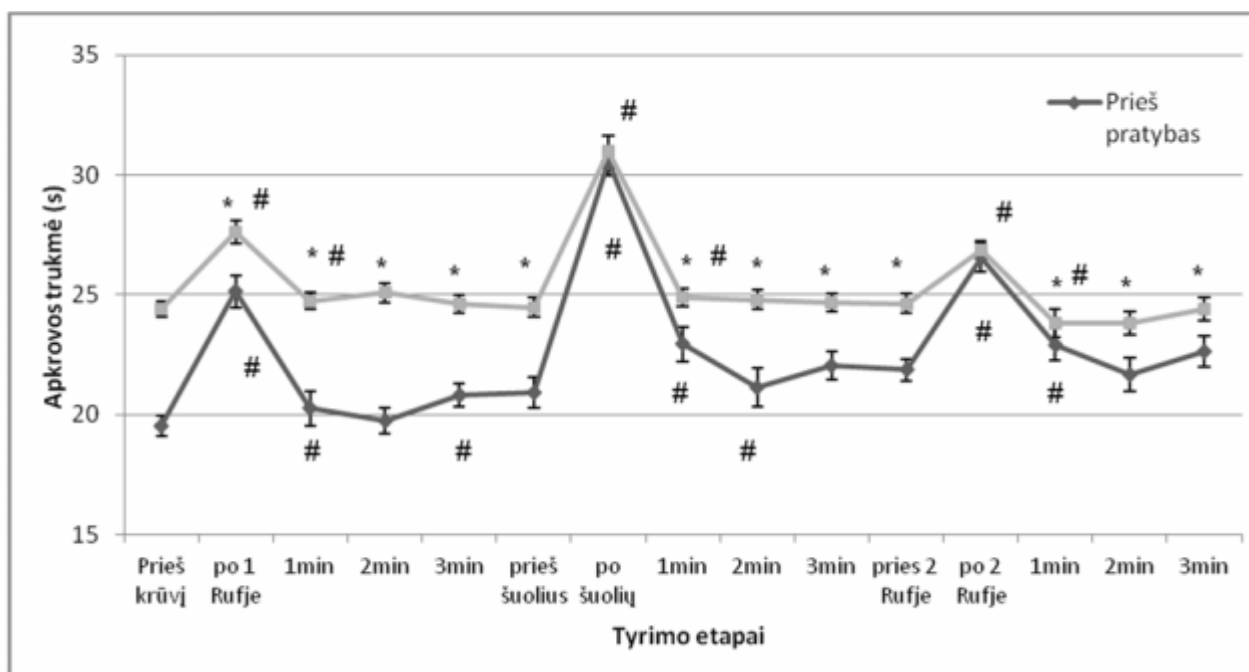
Anaerobinio pobūdžio pratybose iššauktas nuovargis gerai atsispindi ŠSD (15 pav.) ir JT/RR (16 pav.) santykio reikšmėse tiek atliekant Rufjė mėginius, tiek atsigavimuose. ŠSD pirmojo Rufjė mėginio metu buvo $106,4 \pm 3,4$ k/min, po anaerobinio pobūdžio pratybų pakilo iki $136 \pm 4,8$ k/min ($p < 0,05$), širdies miokardo apkrovos trukmė nuo $25,1 \pm 0,65$ s pakilo iki $27,6 \pm 0,48$ s ($p < 0,05$), atsigavimų metu tiek po Rufjė mėginių tiek po 30s šuoliavimo ŠSD bei JT/RR santykio reikšmės pasiekdavo artimas reikšmes fiksuotas prieš funkcinės būklės vertinimą. Dozuoto anaerobinio krūvio metu tiriamieji atliko 30s šuoliavimą maksimaliomis pastangomis, todėl atliekant 30s šuoliavimą po pratybų tyrimo duomenys beveik nesiskiria nuo reikšmių gautų atliekant tą patį testą prieš pratybas. Antrojo Rufjė mėginio metu po anaerobinio pobūdžio pratybų statistiškai reikšmingas pokytis matomas tik ŠSD nuo $125,2 \pm 4,6$ k/min pakilo iki $134,8 \pm 5,3$ k/min ($p < 0,05$).



15 pav. ŠSD kitimas atliekant funkcinės būklės vertinimą prieš ir po anaerobinio pobūdžio pratybų.

Pastaba. # – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas skirtumas tarp tyrimo etapų.

* – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas po anaerobinio pobūdžio pratybų.



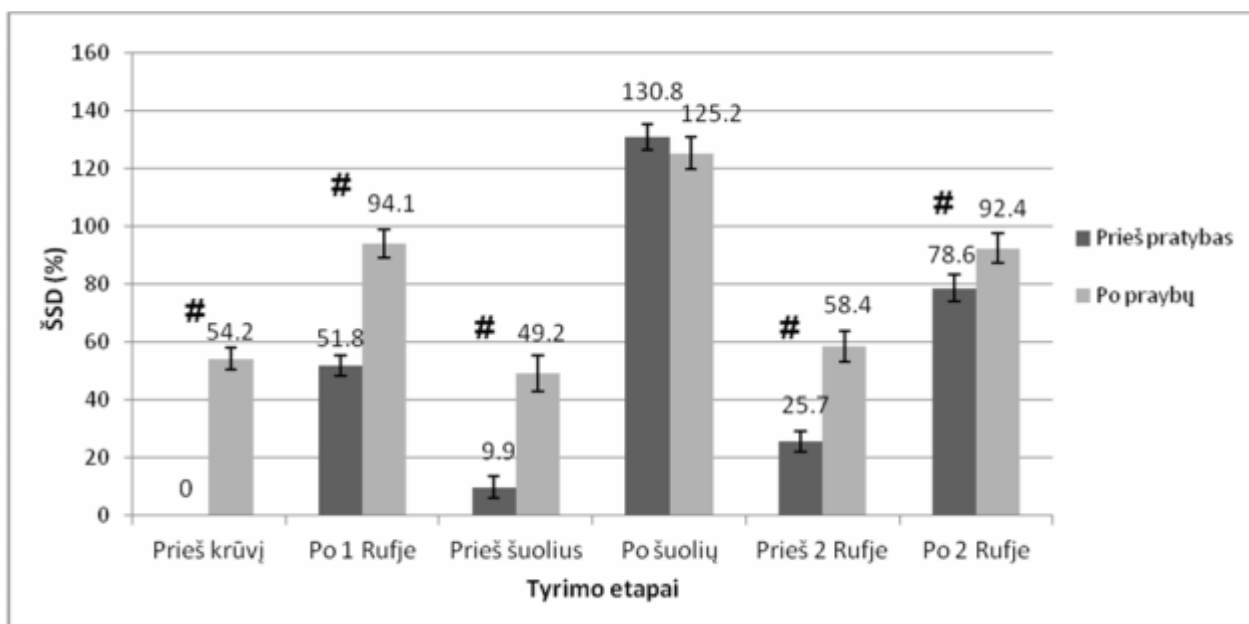
16 pav. Miokardo mechaninės apkrovos pakitimas atliekant funkcinės būklės vertinimą prieš ir po anaerobinio pobūdžio pratybų.

Pastaba. # – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas skirtumas tarp tyrimo etapų.

* – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas po anaerobinio pobūdžio pratybų.

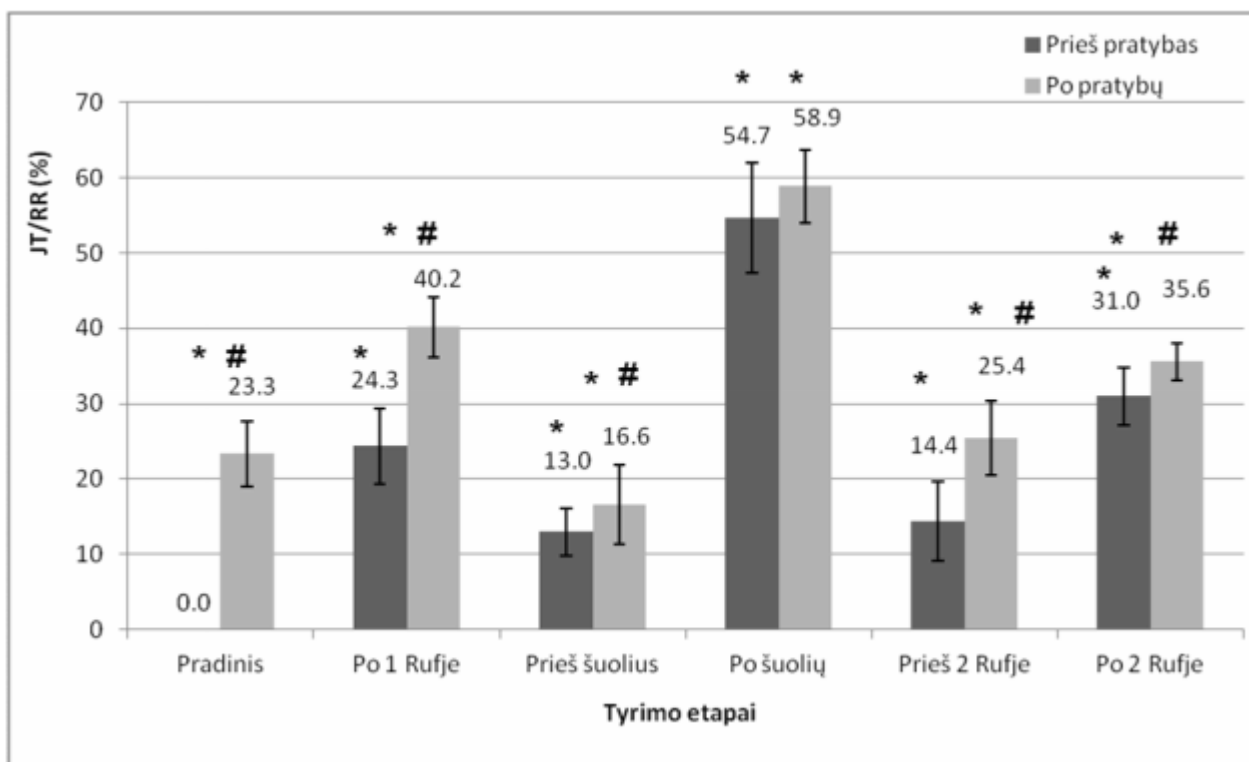
3.2.4 Anaerobinio krūvio pratybų įtaka ŠKS funkcinėms rodiklių kaitai atliekant dozuoto aerobinio ir maksimalaus anaerobinio krūvio mėginius

Lyginant ŠSD pokytį (17 pav.) ir JT/RR santykio kaitą (18 pav.) atliekant funkcinės būklės vertinimą prieš ir po anaerobinio pobūdžio pratybų matome, kad po anaerobinių pratybų pirmojo Rufje metu ŠSD pakilo 42,3% ($p < 0,05$), JT/RR intervalo rodiklis pakilo 15,9% ($p < 0,05$), atsigavimų metu ŠSD – 39,3% ($p < 0,05$) ir 32,7 ($p < 0,05$), o JT/RR – 3,6% ($p < 0,05$) ir 11% ($p < 0,05$). Po anaerobinio pobūdžio pratybų atliekant 30s šuoliavimą JT/RR rodiklis pakilo 4,2% ($p > 0,05$), o ŠSD reikšmės buvo net mažesnės. Apkrovos bei ŠSD rodikliai beveik nepakito, nes šuoliavimų metu širdis pasiekia savo maksimalias reikšmes ir anaerobinio pobūdžio pratybos nedaro reikšmingos įtakos. Lyginant ŠSD bei JT/RR intervalo pokytį antrojo Rufje metu matome, kad rodiklių reikšmės pakito tik 3,8% ($p < 0,05$) ir 4,6% ($p < 0,05$), taip yra todėl, kad prieš anaerobines pratybas ŠKS nėra įsidirbusi ir testų metu, iki antrojo Rufje testo, šios sistemos įsidirbo ir po anaerobinio pobūdžio pratybų atlikus antrąjį Rufje testą nesimato didelio pokyčio.



17 pav. ŠSD kaita atliekant funkcinės būklės vertinimą prieš ir po anaerobinio pobūdžio pratybų.

Pastaba. # – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas rezultatų prieaugis po anaerobinių pratybų.



18 pav. Miokardo mechaninės apkrovos trukmės kitimas atliekant funkcinės būklės vertinimą prieš ir po anaerobinio pobūdžio pratybų.

Pastaba. # – $p < 0,05$, statistiškai reikšmingas rezultatų prieaugis po anaerobinių pratybų.

4. APTARIMAS

Optimalių fizinių krūvių parinkimas — aktuali sporto mokslo problema. Labai svarbu rasti esmines atliekamų treniruotės krūvių ir siekiamo ilgalaikės adaptacijos efekto sąsajas (Pyke, 1997; Torrents et al., 2003). Mokslinėmis studijomis buvo įrodyta, kad negalima vadovautis tik siūlomų modelių vidurkiais, kad individualizacijos principas yra labai reikšmingas, siekiant optimalaus fizinių krūvių poveikio ir ilgalaikės adaptacijos efektų (Aubert et al., 2003; Pober et al., 2004). Aprašydami treniruotės efektus (tiesioginį, liekamąjį, suminį), autoriai pažymi, kad būdingiausia sportininkui yra nuovargio būseną, o kumuliatyvinis treniruotės efektas pasiekiamas tik vėliau, t. y. po tam tikro laiko, kai sumažinami pratybių krūviai.

Ilgalaikės adaptacijos pagrindas – struktūriniai ir funkciniai pasikeitimai dėl nuolatinio ilgalaikio fizinių krūvių poveikio (Зимкин, 1986; Delp, 1998; Bompa, 1999; Платонов, 2004; Issurin, 2009). Sporto fiziologai pabrėžia jog pratybių tikslas yra ne galimai didžiausio fizinio krūvio atlikimas, o sukūrimas vidinių pokyčių organizme, dėl ko aktyvuojami gyvybiniai plastiniai mechanizmai (Зимкин, 1986; Maud, Foster, 1995; Delp, 1998; Issurin, 2009). Taigi, fizinių krūvių specifiškumas yra labai reikšmingas veiksnys, siekiant tikslingų adaptacinių pasikeitimų (Delp, 1998; Bompa, 1999; Платонов, 2004). Kita vertus, vidinius pokyčius organizme labai lemia poilsis ir jo pobūdis pratybose. Eilė autorių pabrėžia, kad nuo poilsio intervalų trukmės priklauso pratybose sukurtų poveikių kryptingumas. Pavyzdžiui, ilginant poilsio intervalų trukmę kai taikomas kartotinis krūvių atlikimo metodas, bendras pratybių krūvis yra „pastumiamas“ daugiau į anaerobinio krūvio pusę ir priešingai, trumpėjant poilsio intervalams, organizmas nespėja „nurimti“ ir bendras pratybių krūvis yra „pastumiamas“ į aerobinę pusę (Зимкин, 1986; Платонов, 2004; Issurin, 2009; Poderys, 2012 ir kt.).

Intervalinio metodo esmė yra ta jog pasirinktu poilsio intervalu yra kontroliuojama vidinė fizinio krūvio pusė. Būtent, jeigu ŠSD neatsigauna per 90s iki 120 tv/min. tolesnis pratimo kartojimas nutraukiamas (Karoblis, 1999; 2003; Laffite et al., 2003; Poderys, 2012). Treneriai ir tyrėjai pabrėžia, kad intervalinis treniruotės metodas sukuria stiprų poveikį širdžiai – miokardo hipertrofija (Зимкин, 1986; Туманян и. др., 1986; Тхоревский, 2001; Poderys, 2012), todėl šiame darbe mes pabandėme įvertinti intervalinės treniruotės metodu atliktų pratybių įtaką bėgikų raumenims bei širdies funkcinėi būklei.

Gauti darbo rezultatai liudija, kad raumenų funkcinė būklė po pratybių taipogi pakinta. Raumenų darbingumo pokyčius po intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybių atspindi vertikalų šuolių metu registruojami rodikliai, liudijantys kad sulėtėjęs raumens susitraukimo greitis yra

kompensuojamas gilesniu pritūpimu (*pailgėjusia atsispyrimo trukme*) bei santykinai didesniu jėgos komponento įnašu šuolio rezultatui. Šį apibendrinimą leidžia daryti tai, kad mūsų naudota kompiuterinė šuolių registravimo programa pateikdavo keletą labai reikšmingų šuolio parametrų, būtent atsispyrimo trukmę bei santykinį raumenų susitraukimo galingumą.

Tyrimo rezultatai, vertinant raumenų darbingumo rodiklius, parodė, kad atliekant maksimalaus anaerobinio krūvio mėginį išvystomas raumenų galingumas po pratybų sumažėjo, dėl reikšmingai prailgėjusios atsispyrimo trukmės viso šuoliavimo metu. Fizinio krūvio metu atsirandantys organizmo funkcijų pokyčiai — tai ne vienos organizmo sistemos funkcinės būklės kaita, o sudėtingų tarpusavyje susijusių daugelio procesų visuma (Biggiero, 2001).

M. Čoh (2011) savo darbe nurodo vertikalaus šuolio testų nuo paaugstinimo, bei šuolių su 90⁰ pritūpimu biodinamines charakteristikas, autorius pateikia jėgos ir greitumo komponentų svarbą atliekant šuolius. Jėgos komponento, kaip perėjimo iš koncentrinio judesio į ekscentrinį svarbą ir greitumo komponentą, kaip gebėjimą greitai atsispirti atliekant šuolių testus. Atliktame tyrime nustatėme, kad po anaerobinio pobūdžio pratybų atremties trukmė statistiškai reikmingai padidėjo nuo $157,2 \pm 4,5$ ms prieš pratybas, iki $165,5 \pm 4,2$ ms po jų, tačiau išvystytas galingumas po pratybų statistiškai reikšmingai nepakito, tai turėjo įtakos jėgos komponento kompensacija sumažėjusiam šuolio atlikimo greičiui. Raumenų susitraukimo greitis ar jėga gali padidėti ne tik dėl raumenų, bet ir dėl centrinės nervų sistemos veiksnių, t. y. dėl motorinių centrų aktyvesnės funkcijos ir atitinkamai geresnio motorinių vienetų mobilizavimo, sinchronizavimo efektų ar raumenų tarpusavio koordinacijos pagerėjimo (Sale, 1988; Häkkinen, 1994; Skurvydas, 1997).

Apie pasikeitusią raumenų funkcinę būseną liudijo ir mūsų taikyto 30-s trukmės šuoliavimo maksimaliomis pastangomis rezultatai. Po intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų tiriamieji geba demonstruoti tokio paties lygmens raumenų anaerobinės ištvermės rodiklius, vertinamus pagal 30-s trukmės šuoliavimo aukštį. Atrodytų, jog raumenų anaerobinė ištvermė visiškai nebuvo paveikta atliktų pratybų, tačiau kiti registruoti parametrai liudija visai ką kita. Apie pasikeitusią raumenų funkcinę būklę liudija sumažėjęs santykinis raumenų susitraukimo galingumas (8 pav.) ir reikšmingai pailgėjusi atsispyrimo trukmė (7 pav.).

ŠKS sistema yra viena reikšmingiausių iš organizmo funkcinų sistemų ne tik lemianti darbingumą atliekant ištvermės pobūdžio fizinius krūvius, bet ir kaip organizmo aprūpinančioji sistema ir pagrindas sportininko gebėjimui atlikti didelės apimties fizinius krūvius bei greitai atsigauti po krūvių. Centrinis ŠKS organas yra širdis. Daugelyje fiziologijos vadovėlių yra pažymima, kad širdis atlieka siurblio funkcija ir kuo daugiau širdis geba perpumpuoti kraujo, tuo raumenų aprūpinimas krauju, ir atitinkamai deguonimi, yra geresnis (Тхоревский, 2001). Pagrindinis efektyvus širdies

darbo rodiklis yra minutinis kraujo tūris (Lee et al., 2003). Minutinį kraujo tūrį lemia du veiksniai: ŠSD ir sistolinis (smūginis) tūris (Poderys, 1996, 2000, Тхоревский, 2001 ir kt.). Susitraukdama širdis išstumia kraują į aortą ir širdies susitraukimo fazę keičia atsipalaidavimo fazę (Тхоревский, 2001). Todėl miokardo susitraukimo ir atsipalaidavimo santykis ir jo kitimas rodo kaip kinta širdies apkrovos trukmė atliekant fizinius krūvius (Poderys ir kt., 2005).

Gauti tyrimo rezultatai parodė, kad mūsų vertinamas miokardo mechaninės apkrovos trukmės rodiklis pasikeisdavo tiek atliekant Rufje testą (*dozuoto fizinio krūvio mėginys*), tiek dėl 30 s trukmės vertikalaus šuoliavimo (*anaerobinio krūvio mėginys*). Anaerobinio krūvio pratybos pakeitė tiriamųjų funkcinę būklę, ir atitinkamai, mūsų vertinamo JT/RR rodiklio kaitą atliekant fizinio krūvio mėginius.

Aptariant gautus ŠKS funkcinį rodiklį tyrimo rezultatus, reikšminga yra vertinamų rodiklių fiziologinės prasmės suvokimas. Jeigu visuotinai priimtina yra ŠSD kaitos vertinimai fizinių krūvio metu, kuris EKG analizės sistemos pagalba gali būti pateikiamas tiek ŠSD, tiek RR intervalo kaitos grafiko arba skaitinėmis reikšmėmis, pateikiant suvidurkintas reikšmes. Kiek rečiau galime sutikti JT intervalo prasmės paaiškinimus. Lietuviškoje metodinėje literatūroje aiškiausiai šio JT intervalo prasmė yra paaiškinta metodinėje mokymo priemonėje (Vainoras, 1996) ir studijų knygos „Kineziologijos pagrindai“ skyrelyje „Žmogaus organizmo pokyčių fizinių krūvių įtakoje vertinimo Kompleksinis modelis“ (Vainoras, 2004). EKG JT intervalas matuojamas nuo jungties taško J iki T bangos pabaigos (*J taškas atitinka momentą kai EKG kreivė po S bangos grįžta iki izolinijos*). EKG JT intervalas parodo skilvelių repoliarizacijos procesų eigą ir gali būti naudojamas kaip jų repoliarizacijos trukmės rodiklis (Banker et al., 1997), o jo kaita yra susijusi su miokardo metabolizmo kaita (Vainoras 1996; Vainoras ir kt., 1999). Atitinkamai pagal biofizikos principus paviršinė elektrokardiograma rodo miokardo įtampos gradiento kaitą. Elektrokardiogramoje skilvelių sistolės laiką atitinka JT intervalas, T dantelis rodo skilvelių repoliarizacijos pabaigą (Hlaing et al., 2005).

Taigi apibendrinat šio vertinimo rezultatus, matome, kad dėl intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų reikšmingai pakito širdies funkcinė būklė. Po pratybų, atliekant dozuoto krūvio mėginį, širdies funkciniai rodikliai buvo kito lygmens, t.y. stebėjome, jog reikšmingai daugiau padidėjo ŠSD bei elektrokardiogramos JT/RR intervalų santykis, reikšmingai padidėjo miokardo mechaninė apkrova. Visa tai liudijo apie reikšmingai intensyvesnius procesus širdies ir kraujagyslių sistemoje.

Tyrimo rezultatų skyriuje pateikti duomenys apie ŠKS funkcijos suaktyvėjimą po 30 s trukmės vertikalių šuolių testo parodė, kad nepriklausomai nuo pradinės organizmo būsenos (prieš pratybas ir po pratybų, atitinkamai JT/RR reikšmė padidėjusi 13,4 ir 23,2 proc.) vertinam JT/RR reikšmė po šuoliavimo yra vienoda, t.y. statistiškai reikšmingo skirtumo nebuvo. Tai galima paaiškinti tuo, kad atliekant 30 s vertikalaus šuoliavimo testą širdis pasiekė savo maksimalias reikšmes. Remiantis šiais

duomenimis darome išvadą, kad atlikus vienkartinį 30 s trukmės anaerobinį krūvį širdies raumens mechaninio darbo suaktyvėjimas yra būdingas asmens treniruotumo bruožas ir nepriklauso nuo funkcinės būsenos.

Apibendrinant šio tyrimo rezultatus, galime teigti, kad apie pasikeitusią širdies funkcinę būklę, atliekant dozuoto krūvio mėginį liudija padidėjusios ŠSD ir JT/RR santykio reikšmės ramybės būsenoje, o taip pat jų didžiausios reikšmės, registruotos atliekant dozuoto krūvio mėginį. Nors atrodytų ir paradoksalu, tačiau visi aukščiau minėti EKG rodikliai ir jų kaita atliekant maksimalaus anaerobinio krūvio mėginį nėra informatyvūs. Kiekvienu atveju (ir prieš pratybas; ir po pratybų) stebime maksimalią mobilizaciją, todėl skirtumo pagal šių rodiklių palyginimus nerandame.

Širdies, kaip centrinio kraujotakos organo, nepakankamas funkcinis parengtumas gali riboti fizinį darbingumą (Vainoras, Jaruševičius, 1996, Тхоревский, 2001). Kai atliekamas fizinis krūvis tampa subjektyviai sunkus nepakankama vainikinių kraujagyslių funkcija lemia tai, kad atsiranda vis didėjantys funkciniai išeminiai reiškiniai miokarde (Markienė, 2000). EKG ST-segmento nusileidimas, t.y. ST-segmento depresija ir yra šių reiškinių atspindys EKG. Mūsų tyrime gauti rezultatai parodė, kad jeigu atliekant Rufe fizinio krūvio mėginį nebuvo reikšmingų ST-segmento depresijos padidėjimo, tai po anaerobinio krūvio pratybų buvo stebima EKG ST-segmento depresijos dydžio padidėjimo tendencija, tačiau pagal suvidurkintus tiriamųjų grupės duomenis vienareikšmės išvados apie funkcinį išeminių reiškinių padidėjimą daryti negalima. Daliai tiriamųjų buvo stipriai išreikšti funkciniai išeminiai reiškiniai, o daliai tiriamųjų reikšmingų ST-segmento depresijos padidėjimo nebuvo. Tai patvirtina kitų tyrėjų (Noakes, 2002a) pateikiamus pastebėjimus ir išvadas, jog didelio meistriškumo sportininkams funkciniai išeminiai reiškiniai nėra būdingi, kai tuo tarpu nesportuojantiems asmenims (Vainoras, Jaruševičius, 1996; Vainoras, Šilanskienė, 2004 ir kt.), tai gali būti krūvį ribojantis veiksnys.

IŠVADOS

Intervaliniu treniruotės metodu atliktos pratybos stipriai paveikia bėgikų kojų raumenų bei širdies funkcinę būklę:

1. Raumenų darbingumo pokyčius po intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų atspindi vertikalių šuolių metu registruojami rodikliai, liudijantys kad sulėtėjęs raumens susitraukimo greitis yra kompensuojamas gilesniu pritūpimu (*pailgėjusia atsispyrimo trukme*) bei santykinai didesniu jėgos komponento įnašu šuolio rezultatui.
2. Po intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų tiriamieji geba demonstruoti tokio paties lygmens raumenų anaerobinės ištvermės rodiklius, vertinamus pagal 30-s trukmės šuoliavimo aukštį, tačiau apie pasikeitusią raumenų funkcinę būklę liudija sumažėjęs santykinis raumenų susitraukimo galingumas ir reikšmingai pailgėjusi atsispyrimo trukmė.
3. Dėl intervalinio treniruotės metodu atliktų pratybų reikšmingai pakinta širdies funkcinė būklė. Atliekant dozuoto krūvio mėginį, širdies funkciniai rodikliai liudija apie reikšmingai intensyvesnius procesus širdies ir kraujagyslių sistemoje: reikšmingai daugiau padidėja ŠSD bei elektrokardiogramos JT/RR intervalų santykis, reikšmingai padidėja miokardo mechaninė apkrova.
4. ŠSD ir JT/RR santykio reikšmės ramybės būsenoje, o taip pat jų didžiausios reikšmės, registruotos atliekant dozuoto krūvio mėginį, liudija apie pasikeitusią širdies funkcinę būklę, tačiau šių rodiklių kaita atliekant maksimalaus anaerobinio krūvio mėginį nėra informatyvi. Po pratybų stebima elektrokardiogramos ST-segmento depresijos padidėjimo tendencija, tačiau netgi pagal šio rodiklio suvidurkintus tiriamųjų grupės duomenis vienareikšmės išvados apie funkcinį išeminių reiškinių padidėjimą daryti negalima.

LITERATŪRA

1. Abbiss, C. R., Laursen, P. B. (2005). Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Medicine*, 35, 865—898.
2. Ament, W., Verkerke, G. J. (2009). Exercise and fatigue. *Sports Medicine*, 39 (5), 389—422.
3. Aubert, A. E., Seps, B., Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, 33 (12), 889—919.
4. Aune, T.K., Ingvaldsen, R.P., Ettema, G.J. (2008) Effect of physical fatigue on motor control at different skill levels. *Perceptual and Motor Skills*, 106, 371—386.
5. Baldari, C., Videira, M., Madeira, F., Sergio, J., Guidetti, L. (2005). Blood lactate removal during recovery at various intensities below the individual anaerobic threshold in triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 45(4), 460—6.
6. Banker J, Dizon J, Reiffel J. (1997). Effects of the ventricular activation sequence on the JT interval. *Am J Cardiol*. 79(6):816-9.
7. Bertašienė, Z. (2003) *Skilvelių repoliarizacijos rodmenų prognozinė vertė nustatant išeminę širdies ligą moterims: daktaro disertacija*. Kaunas: KMU.
8. Biggiero, L. (2001). Sources of complexity in human systems. *Journal of Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences*
9. Byrne, C., Twist, C., Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise – induced muscle damage. Theoretical and applied implications. *Sports Medicine*, 34 (1), 49—69.
10. Bompa, T. (1999). Periodization: Theory and methodology of training. 4th edition. Champaign, IL: *Human Kinetic*.
11. Bompa, T. (2001). Periodizing Training for Peak Performance. High-Performance Sports Conditioning. Modern Training for Ultimate Athletic Development. *Human Kinetics*. 267—282.
12. Buliuolis, A. (2006). *Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcijos mobilizacijos ir atsigavimo ypatybės atliekant anaerobinius krūvius*. Daktaro disertacija: biomedicinos m., biologija (01B), fiziologija (B 470); Kaunas: LKKA.
13. Buliuolis, A.; Trinkūnas, E.; Snarskaitė, R., Poderys, J. (2003). Didelio meistriškumo sportininkų ir nesportuojančių asmenų širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinės būklės kaita atliekant aerobinius ir anaerobinius krūvius. *Sporto mokslas*: 1(31), 56-61.

14. Cairns, S. P. (2006). Lactic Acid and Exercise Performance. *Sports Medicine*, 36 (4), 279—291.
15. Chou, C. H., Tsai, Y. L., Hou, C. W., Lee, H. H., Chang, W. H., Lin, T. W., Hsu, T. H., Huang, Y. J., Kuo, C. H. (2005). Glycogen overload by postexercise insulin administration abolished the exercise-induced increase in GLUT4 protein. *J Biomed Sci.* 12(6), 991–8.
16. Cooke, R., Franks, K., Luciani, G. B. et al. (1998). The inhibition of rabbit skeletal muscle contraction by hydrogen ions and phosphate. *Journal of Physiology*, 195, 77—97.
17. Cooper, J. R., Bloom, R. E., Roth, R. H. (2003). *The Biochemical Basis of Neuropharmacology* (8th ed.). New York: Oxford University Press.
18. Čoh, M., Bračić, M., Pehare,c S., Bačić, P., Bratić, M., Aleksandrović, M. (2011). Biodynamic Characteristics Of Vertical And Drop Jumps. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*. Vol. 17. 25-35.
19. Darr, K. C., Basset, 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, 2 (Pt 2), H 340—343.
20. Davis, J., Bailey, S. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (1), 45—57.
21. Delp, M. D. (1998). Differential effects of training on the control of skeletal muscle perfusion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(3), 361–374.
22. Demongeot, J., Françoise, J.P., Nerini, D. (2009). From biological and clinical experiments to mathematical models. *Phil. Trans. R. Soc. A.* 367, 4657–4663.
23. Demorest, R. A., Landry, G. L. (2004). Training issues in elite young athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 3 (3), 167—172.
24. Enoka, R.M., Duchateau J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of Physiology*, 586, 11—23.
25. Femstrom, J. (2005). Branched-chain amino acids and brain function. *Journal of Nutrition*, 135, 1539S—1546S.
26. Fitts, R. H. (1994) Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Review*, 7, 49—95.
27. Fitts, R. H. (2003). Mechanisms of muscular fatigue. In *Principles of Exercise Biochemistry*, 3rd edn, ed. Poortmans, J. R. (p. 279—300). Karger, Basel.
28. Fitts, R.H. (2008). The cross-bridge cycle and skeletal muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*. 104: 551–558.
29. Gailiūnienė, A., Milašius, K. (2001). *Sporto biochemija*. Vilnius: LSIC.

30. Gocentas, A., Andziulis, A. (2004). Krepšininkų organizmo deguonies sunaudojimo pokyčiai atsigavimo metu. *Medicina (Kaunas)*, 40 (6), 569—573.
31. Green, H. J. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sport Science*, 15 (3), 247—256.
32. Häkkinen, K. (1994). Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining and immobilization. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine*, 6 (3), 161—198.
33. Hlaing, T, DiMino, T, Kowey P.R, Yan, G.X. (2005). ECG Repolarization Waves: Their Genesis and Clinical Implications. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 10(2):211-23.
34. Hughson, R. L. (2007). Regulation of VO₂ on kinetics by O₂ delivery. Oxygen uptake
35. Yazigi, A., Richa, F., Gebara, S., Haddad, F., Hayek, G., Antakly, M.C. (1998) Prognostic importance of automated ST-segment monitoring after coronary artery bypass graft surgery. *Acta Anaesthesiol. Scand*. 42(5):532-5.
36. Issurin, V., Kaufman, L., Lustig, G. (2005). Peaking: revised approach following evidence from the Athens Olympic Games. *8th International Sports Science Conference. Vilnius, Lithuania*. 16.
37. Issurin, V. (2009). Past and present of high high-performance training system: traditional and block periodization. *Sporto mokslas*.(1) 55, 8–13.
38. Izquierdo, M., Ibanez, J., Gonzales-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., French, D. M., Eslava, J., Altadill, A., Asiain, X., Gorostiaga, E. M. 122 (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *J Appl Physiol*. 100(5), 1647–56.
39. Jaruševičius, G. (2000). *Išeminės širdies ligos požymių fizinio krūvio mėginio metu paieška ir įvertinimas pagal vainikinių arterijų pažeidimo vietą*. Daktaro disertacija. Kaunas: KМУ.
40. Javorka, M., Zila, I., Balharek, T. et al. (2002). Heart rate recovery after exercise: Relations to heart rate variability and complexity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 35, 991—1000.
41. Jernberg, T., Lindahl, B., Wallentin, L. (1999). ST-segment monitoring with continuous 12-lead ECG improves early risk stratification in patients with chest pain and ECG nondiagnostic of acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 1;34(5):1413-9.
42. Karoblis, P. (1989). Bėgikų treniruočių pagrindai. Vilnius, p. 20-36.
43. Karoblis, P. (1999). *Sporto treniruotės teorija ir didaktika*. Vilnius: Pedagogika.
44. Karoblis, P. (2003). *Jaunojo sportininko treniruotė*, Vilnius: Pedagogika.
45. Karoblis, K. (2005). *Sportinio rengimo teorija ir didaktika*. Vilnius.

46. Karp, R. (2011). Interval Training: The New and Better Way to Train Your Clients?. *IDEA Fitness Journal*. p. 76
47. Laffite, L. P., Mille-Hamard, L., Koralsztein, J. P., Biliat, V. L. (2003). The effects of interval training on oxygen pulse and performance in supra-threshold runs. *Arch Physiol Biochem*. 111(3), 202–10.
48. Laffite, L. P., Mille-Hamard, L., Koralsztein, J. P., Biliat, V. L. (2003). The effects of interval training on oxygen pulse and performance in supra-threshold runs. *Arch Physiol Biochem*. 111(3), 202–10.
49. Lee, C.M., Wood, R.H., Welsch, M.A. (2003). Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc*. Jun;35(6):961-9.
50. Liu, W., Thomas, S. G., Asa, S. L., Gomzales-Cadavid, N., Bhasin, S., Ezzat, S. (2003). Miostatin in a skeletal muscle target of growth hormone anabolic action. *J Clin Endocrinol Metab*. 88(11), 5940-6
51. Main, L. C., Dawson, B., Heel, K., Grove, J. R., Landers, G.J. et al. (2010). Relationship
52. Martinelli, F. S., Chacon-Mikahil, M. P., Martins, L. E., Lima-Filho, E. C., Golfetti, R., Paschoal, M. A., Gallo-Junior, L. (2005). Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. *Braz J Med Biol Res*. Apr;38(4):639–47.
53. Matos, N. F., Winsley, R. J., Williams, C. A. (2010). Prevalence of Non-Functional Overreaching/Overtraining In Young English Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Dec. 1. [Epub ahead of print]
54. Maud, P.J., Foster, C (1995). Physiologic assessment of human fitness. USA: *Human Kinetics* 296.
55. Meeusen, R., Watson, P. (2007). Amino Acids and the Brain: Do They Play a Role in "Central Fatigue" *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17, S37—S46.
56. Meeusen, R., Watson, P., Hasegawa, H., Roelands, B., Piacentini, M. F. (2006). Central fatigue: The serotonin hypothesis and beyond. *Sports Medicine*, 36 (10), 881—909.
57. Nederhof, E., Lemmink, K. A. P. M., Visscher, C., Meeusen, R., Mulder, T. (2006). Psychomotor speed: Possibly a new marker of overtraining syndrome. *Sports Medicine*, 36 (10), 817—828.
58. Nett, T. (1967). *Pulszahl und Leistung Leichtathletik*. Berlin.

59. Newsholme, E. A., Acworth, L., Blomstrand, E. (1987). Amino acids, brain neurotransmitters and a function link between muscle and brain that is important in sustained exercise. In *Advances in Myochemistry*, (p. 127—133). G. Benzi (Ed.) London: John Libbey Eurotext.
60. Nybo, L., Secher, N. H. (2004). Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. *Progress in Neurobiology*. 72, 223—261.
61. Nillsson, J.E. (1990). On the adaptation to speed and mode of progression in human locomotion. *Stockholm*, 7–59.
62. Noakes, T.D. (2002a). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sports*. 10: 123–145.
63. Noakes, T.D. (2002b). Quality issues in the exercises sciences. *12th Commonwealth international Sport conference*. 7–13.
64. Pyke, F. S. (1997). Better Coaching. Advanced coach's manual. *Australian Sports Commission*, 260.
65. Poher, D. M., Braun, B., Freedson, P. S. (2004). Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 36 (7), 1140—1148.
66. Poderys, J. (2000). *Širdies ir kraujagyslių sistemos greitos ir lėtos adaptacijos savybės, atliekant fizinius pratimus*. Habilitacinis darbas. Kaunas, 103
67. Poderys, J. (1996). Raumenų kraujotaka ir darbingumas. *Kardiovaskulinė sistema ir sportinė veikla*. – Vilnius: LTOK.
68. Poderys, J. (2004). *Kineziologijos pagrindai*. Kaunas.
69. Poderys, J., Buliuolis, A., Poderytė, K., Sadzevičienė, R. (2005). Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcijos aktyvėjimo ypatybės darant dozuoto ir maksimalaus fizinio krūvio mėginus. *Medicina (Kaunas)* 41 (12): 1048-1053.
70. Poderys, J., et al. (2006). Peculiarities in recovery of cardiovascular indices of highly skilled athletes. *11th Annual Congress of the European College of Sport Science (5-8 July 2006.) Book of Abstracts* (p.314). Lausanne: Cologne.
71. Potma, E. J., Van Graas, I. A., Stienen, G. J. M. (1994). Effects of pH on myofibrillar ATPase activity in fast and slow skeletal muscle fibres of the rabbit. *Biophysics Journal*, 67, 2404—2410.
72. Ratel, S., Duche, P., Williams, C. A. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Medicine*. 36, 1031—1065.

73. Sadzevičienė, R. (2005). *Asmenų, adaptuotų greitumo jėgos fiziniams krūviams, funkcinės būklės ypatybės ir kaita mezociklo pratybose taikant koncentruotus aerobinius ir anaerobinius krūvius*. Daktaro disertacija. LKKA.
74. Sahlin, K. Tonkonogi, M. Söderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162, 261—266.
75. Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 20, 135—145.
76. Saltin, B., Radegran G., Koskolou M.D., Roach R.C. (1998) Skeletal muscle blood flow in humans and its regulation during exercise. *Acta Physiol. Scand.* 162(3):421-436
77. Shapiro, L. M. (1997). The morphologic consequences of systemic training. *Clinical Cardiology*, 15(3), 373—379.
78. Shephard, R. J. (1987). Exercise physiology. Function. *The Journal of Physiology*, 586, 11—23.
79. Shephard, R. J. (2001). Absolute versus relative intensity of physical activity in a doseresponse contex. *Medicine Science and Sports Exercise*. 33: 400—420.
80. Skernevičius J. Ištvėrmės ugdymas. Vilnius. Mintis. 1982. 158 p.
81. Skirius, J. (2002). *Sportininkų širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinės būklės tyrimas ir vertinimas*. Kaunas: LKKA.
82. Skurvydas, A. (1999). *Žmogaus griaučių raumenų greitosios ir lėtosios adaptacijos savybės atliekant fizinius pratimus*. Habilituoto daktaro disertacija. KMU
83. Skurvydas, A. (1997). *Griaučių raumenų veiklos mechanizmų teorinė analizė*. *Sporto mokslas*, 1, 12—16..
84. Slater, G. J., Rice, A. J., Tanner, R., Sharpe, K., Jenkins, D., Hahn, A. G. (2006). Impact of two different body mass management strategies on repeat rowing performance. *Med Sci Sports Exerc.* 38(1):138—46.
85. Smith, D.J., Norris, S.R. (2002). Training Load and Monitoring an Athletes Tolerance for Endurance Training. Enhancing Recovery. *Human Kinetics*. 81—102.
86. Šilanskienė, A. (2003) *Žmogaus organizmo funkcinės būklės kitimo ilgalaikių treniruočių metu vertinimas*. Daktaro disertacija. Kaunas: KMU.
87. Takahara, K., Miura y., Kouzuma R., Yasumasu T., Nakamura T., Nakashima Y. (1999). Physical training augments plasma catecholamines and natural killer cell activity. *J.UOEH*. Vol. 1. 21; p. 277-287.
88. Thompson, W.R., Binder-Macleod, S.A. (2006). Association of genetic factors with selected measures of physical performance. *Phys Ther.*, 86, 585—591.

89. Torrents, C., Perl, J., Schollhorn, W., Balaque, N. (2003). Quantitative and qualitative load optimization in strength training with the perpot metamodel: *16-th Annual Congress of the European College of Sport Science: Book of Abstracts*. P. 1059.
90. Trinkūnas, E. (2000). *Blauzdos raumenų kraujotaka ir širdies funkcija atliekant įvairaus kryptingumo fizinius krūvius*.: Daktaro disertacija. Kaunas: LKKA.
91. Vainoras, A., Gargasas, L., Jaruševičius, G., Šilanskienė, A., Miškinis, V., Ruseckas, R., Schwela, H., Bauer, U. J. Veloergometrija ir sisteminių vertinimų galimybė. *Lithuanian journal of Cardiology*. 1999, 6 (4): 760-763.
92. Vainoras, A. (2002). Functional model of human organism reaction to load – evaluation of sportsman training effect. *Education, Physical Training, Sport*. 3: 88–93.
93. Vainoras, A., Jaruševičius G. (1996). *Veloergometrija (metodinės rekomendacijos)*. Kaunas: KMU.
94. Vainoras, A., Šilanskienė A. (2004). Fizinių krūvių veikiamo žmogaus organizmo pokyčių vertinimo kompleksinis modelis. J. Poderys, A. Sebutienė, A. Vainoras ir kt. *Kineziologijos pagrindai*. (p 195 – 203). Kaunas: KMU.
95. Vainoras, A., Ašeriškyte, D., Poderys, J., Navickas, Z. (2005). Fractal dimensions in evaluation in heart function parameters during physical investigations. *Education, Physical Training, Sport*. 3 (57), 61-66.
96. Vasiliauskas D., Lazarevičius A. Antrinė išeminė širdies ligos profilaktika. - K., 1999. - P.219.
97. Walsh, M. L. (2000). Whole body fatigue and critical power. *Sports Medicine*, 29 (3), 153—166.
98. Westerblad, H., Allen, D. G. (2002). Recent advances in the understanding of skeletal muscle fatigue. *Current Opinion in Rheumatology*, 14 (6), 648—652.
99. Winsley, R., Matos, N. (2011). Overtraining and elite young athletes. *Medicine and Sport Science*, 56, 97—105.
100. Бочков, В. Г. (1986). *Многовариантность регулирования в биологических системах и новые физиологические константы: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук*. Киев.
101. Платонов, В. Н. (2004). *Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения*. Киев: Олимпийская литература.

102. Туманян, Г. С., Шиян, В. В., Невзоров, В. М. (1986). Биоэнергетические основы. Совершенствования системы подготовки квалифицированных борцов. Спортивная борьба. 42-43.
103. Тхоревский, В.И. (2001). *Физиология человека*. Москва: ФиС.
104. Зимкин, Н. В. (1986). Физиологические основы формирования двигательных навыков и обучение спортивной технике. *Спортивная физиология: Физкультура и спорт*. 104-121.