

KAUNO MEDICINOS UNIVERSITETAS

Vytautas Poškaitis

**RAUMENŲ, ŠIRDIES IR KRAUJAGYSLIŲ
SISTEMŲ SINERGIJA FIZINIŲ KRŪVIŲ METU**

Daktaro disertacija
Biomedicinos mokslai, biologija (01 B)

Kaunas, 2008

Disertacija parengta 2003–2007 m. Kauno medicinos universiteto Kardiologijos institute.

Mokslinis vadovas:

Prof. habil. dr. **Alfonsas Vainoras**

(Kauno medicinos universitetas, biomedicinos mokslai, medicina – 07 B)

Konsultantas:

Prof.habil. dr. **Jonas Poderys**

(Lietuvos kūno kultūros akademija, biomedicinos mokslai, biologija – 01B)

TURINYS

SANTRUMPOS.....	4
1. ĮVADAS	5
2. LITERATŪROS APŽVALGA	8
2.1. Sveikatos stiprinimo fiziniais pratimais problema.....	8
2.2. Raumenų funkcija ir adaptacijos pokyčiai sąlygojami fizinių krūvių.	10
2.3. Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcija fizinių krūvių metu	15
2.4. Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinės būklės fizinių krūvių metu vertinimai	19
3. TYRIMŲ ORGANIZAVIMAS IR METODIKA	23
3.1. Tiriamieji.....	23
3.2. Tyrimo objektas	23
3.3. Tyrimo metodai.....	23
3.3.1. Elektrokardiografija.....	23
3.3.2. Arterinio kraujo spaudimo (AKS) matavimas	24
3.3.3. Neinvazinė artimoji infraraudonoji spektroskopija	24
3.3.4. Veloergometrija	24
3.3.5. Tyrimo protokolas	25
3.3.5.1. <i>Pirmasis tyrimas</i> : raumenų darbingumas, centrinių ir periferinių ŠKS funkcinį rodiklių pokyčiai pakopomis didėjančio fizinio krūvio iki ribinio metu.....	25
3.3.5.2. <i>Antrasis tyrimas</i> : ŠKS funkcinį rodiklių pokyčių ypatybės pakartotinių aerobinių krūvių metu.....	26
3.3.5.3. <i>Trečiasis tyrimas</i> : ŠKS funkcinį rodiklių pokyčių ypatybės lokaliųjų pakartotinių krūvių kojų raumenims lavinti metu	27
3.3.5.5. <i>Penktasis tyrimas</i> : ŠKS funkcinį rodiklių pokyčių ypatybės, atliekant lokaliuosius pakartotinius krūvius nugaros raumenims lavinti	29
3.3.6. Statistika ir rezultatų vertinimai	30
4. TYRIMŲ REZULTATAI	32
4.1. <i>Pirmas tyrimas</i> : Raumenų darbingumas, centrinių ir periferinių ŠKS funkcinį rodiklių pokytis pakopomis didėjančio fizinio krūvio iki ribinio metu.....	32
4.2. <i>Antrasis tyrimas</i> : ŠKS funkcinį rodiklių kitimo ypatybės pakartotinių aerobinių krūvių metu.....	43
4.3. <i>Trečiasis tyrimas</i> : ŠKS funkcinį rodiklių kitimo ypatybės, atliekant lokaliuosius pakartotinius pratimus kojų raumenims lavinti (blauzdų tiesimas sėdint)	52
4.4. <i>Ketvirtasis tyrimas</i> : ŠKS funkcinį rodiklių kitimo ypatybės, atliekant lokaliuosius pakartotinius krūvius rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint).....	60
4.5. <i>Penktasis tyrimas</i> : ŠKS funkcinį rodiklių kitimo ypatybės, atliekant pakartotinius krūvius nugaros raumenims lavinti (liemens tiesimas)	68
4.6. Atliktų penkių tyrimų duomenų palyginimas vadovaujantis organizmo funkcinio vientisumo požiūriu	76
5. REZULTATŲ APTARIMAS	81
6. IŠVADOS.....	88
7. LITERATŪROS SĄRAŠAS	90
8. SPAUSDINTŲ DARBŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS	98

SANTRUMPOS

AKS	– arterinis kraujo spaudimas
EKG	– elektrokardiograma
JT intervalas	– intervalas elektrokardiogramoje nuo jungties taško J iki T bangos pabaigos
JT/RR santykis	– elektrokardiogramoje JT ir RR intervalų santykis
NAIS	– neinvazinė artimoji infraraudonoji spektroskopija
ST	– intervalas tarp S ir T bangų, jo amplitudė 40 ms po J taško EKG
StO₂	– deguonies įsotinimas registruojant NAIS technologija
ŠSD	– širdies susitraukimų dažnis
ŠKS	– širdies kraujagyslių sistema

1. ĮVADAS

Šiuolaikinei visuomenei aktualios sveikatos problemos, kurios priklauso nuo gyvenimo ir elgsenos (Kalėdienė ir kt., 1999; Stanhope, Lancaster, 1998). Moksliniai tyrimai įrodė, jog nepakankamas fizinis aktyvumas tiek sąlyginai sveikiems žmonėms, tiek sergantiems širdies kraujagyslių ligomis gali lemti nepageidaujamą poveikį, o tinkamai parinktas, adekvačiai dozuojamas fizinis krūvis gali sumažinti ligos sukeltus simptomus, ar neleisti ligoms pasireikšti, pagerinti fizinio krūvio toleravimą bei gyvenimo kokybę (Pollock ir kt., 1994; Feigenbaum, Pollock, 1999; Kokkinos, Papademetriou, 2000; Seibutienė, 2004). Žmogaus kasdienėje buitinėje profesinėje veikloje fizinis pajėgumas yra svarbus sveikatos komponentas užtikrinantis aktyvumą visose gyvenimo srityse. Adaptaciniai pokyčiai atsiradę dėl fizinių pratimų ne tik didina organizmo funkcines galimybes, bet ir mažina įvairių ligų riziką (Juškėnas ir kt., 1999; Oja, 1995; Kalėdienė ir kt., 1999).

Manoma, kad energijos sunaudojimas, atliekant bet kokius judesius sportuojant, darant dozuotus fizinius pratimus ar dirbant kasdienes darbus sukelia pozityvius pokyčius organizme (Blair ir kt., 1992). Tvirtinimas, jog bet koks fizinis aktyvumas ilgina žmogaus amžių ir mažina ligų riziką yra klaidingas. Tik sveikatos būklę atitinkantis, individualizuotas ir adekvatus fizinis krūvis gali turėti teigiamą įtaką žmogaus gyvenimo trukmei.

Su sveikata susijęs fizinis pajėgumas gali būti suvokiamas kaip gebėjimų, sąveikaujančių su sveikata derinys, kuriuos sudaro individualios savybės ir funkcines galimybes. Individualūs ypatumai dažniausiai yra genetiškai nulemti. Funkcinės galimybės siejamos su individo gebėjimais atlikti užduotis, susijusias su raumenų darbu. Žmogaus individualios savybės lemia tam tikrą organizmo adaptacijos prie fizinių krūvių laipsnį, o funkcinės galimybės – fizinio aktyvumo sukeltus pokyčius. Todėl, vertinant su sveikata susijusį fizinį pajėgumą, lavinat funkcines galimybes turi būti atsižvelgta į individualias žmogaus savybes.

Širdies ir kraujagyslių sistema (ŠKS), jos funkcinis parengtumas yra labai svarbūs veiksniai, lemiantys organizmo greitosios ir ilgalaikės adaptacijos prie fizinių krūvių ypatybes (Vainoras, 1996; Poderys, 2004 ir kt.). Įrodyta, kad sveikatą stiprinančių žmonių ir didelio meistriškumo sportininkų funkcinės būsenos kaitą krūvio metu lemiantys mechanizmai iš dalies skiriasi ir yra individualūs (Poderys, 2003). Tai yra ištvermės krūvių metu, nesportuojančių žmonių grupėje, stebimi žymūs funkciniai išeminiai reiškiniai miokarde, o sportuojančiųjų greitumo jėgos rungtyse – tik nedidelio laipsnio, o ištvermę lavinančių žmonių grupėje registruojama EKG nerodo jokių funkcinio išeminio reiškinio (Yazigi et al., 1998; Jernberg et al., 1999; Poderys 2000; 2002; Noakes, 2002).

Greitoji adaptacija (*organizmo pokyčiai, atsirandantys fizinio krūvio metu*) yra sudėtingų, tarpusavyje susijusių procesų visuma. Šių pokyčių optimali tėkmė, leidžianti adekvačiai reaguoti į atliekamą fizinį krūvį yra sporto gydytojų bei sporto mokslininkų dėmesio objektas, kuris taip pat svarbus funkcinės diagnostikos srityje (Froelicher, Myers, 2000). Fiziologinė ilgalaikės adaptacijos esmė yra toks organizmo funkcionalumas, kuris pasižymėtų didesniu fizinio krūvio toleravimu, didesniu disponuojamų energijos medžiagų kiekiu ir ypač – reguliacinių mechanizmų visumos tobulumu (Poderys, 2000; Huonker et al., 2002).

ŠKS, kaip vienai iš aprūpinimo sistemų, tenka labai svarbus vaidmuo pasireiškiant greitosios adaptacijos fenomenams, taip pat formuojantis ilgalaikės adaptacijos pagrindui – struktūriniais ir funkciniais pokyčiams. Atlikta labai daug tyrimų aiškinantis centrinių ir periferinių ŠKS mechanizmų veikimą ir jų sąveikas, tačiau, vis dar neaišku, kaip ir kokia seka vyksta atskiri procesai, kai pakinta išorinės fizinio krūvio atlikimo sąlygos, kai ilgo fizinio krūvio metu ar, vis didėjant atliekamo krūvio intensyvumui, pasireiškia širdies funkcijos ribotumas ar, parinkus pratimą skirtingu laipsniu aktyvuojantį kūno raumenų dalį, koku laipsniu ir kokia seka aktyvuojami centriniai ir periferinių kraujotakos reguliavimo mechanizmai, kokia yra jų tarpusavio sąveika.

Darbo hipotezė

Įvairaus pobūdžio fiziniai krūviai skirtingu laipsniu atyvina atskiras fiziologines sistemas todėl suminio krūvio poveikis, atliekant įvairaus pobūdžio fizinius krūvius, gali išryškinti centrinių ir periferinių mechanizmų sąsajas, t. y. atskleisti esmines sinergijas tarp ŠKS centrinių ir periferinių rodiklių.

Darbo originalumas

Įvertintos ŠKS funkciniai rodikliai ir deguonies suvartojimo raumenyse kaitos ypatybės atliekant globalaus, regioninio ir lokalaus pobūdžio fizinius krūvius. Įrodyta, kad atliekant globalaus pobūdžio pakopomis didėjantį fizinį krūvį, didėjant subjektyviam krūvio sunkumui išryškėja sinerginės sąveikos širdies ir kraujagyslių sistemos funkciniai rodikliai kaitoje. Pagilintos žinios apie sveikų žmonių sinergines centrinių ir periferinių kraujotakos reguliavimo mechanizmų sąsajas. Papildant sporto fiziologijai žinomus faktus apie ŠKS rodiklių kaitą didėjant fiziniam krūviui, įrodyta, kad periferinių kraujagyslių vazodilatacija gali būti artėjančio prie ribos miokardo darbingumo kompensacinis mechanizmas. Pakopomis didėjant fiziniam krūviui aktyviuose raumenyse deguonies išotininimas mažėja, kai krūvis tampa sunkus, daliai tiriamųjų atsiranda vis sunkėjančių funkciniai išeminių reiškinių miokarde ir pakinta deguonies išotininimo aktyviuose raumenyse kreivės kaitos pobūdis (mažėjimą keičia didėjimas) rodantis mažėjantį širdies darbingumo ribotumą. Atliktų stebėjimų, matavimų ir vertinimų duomenys apibendrinti, vadovaujantis organizmo funkcinio vietisumo požiūriu. Įrodyta, kad asmens funkcinė būklė turi reikšmingą įtaką atskirų ŠKS funkciniai

rodiklių kaitai ir individualiems jų kaitos ypatumams atliekant lokaliuosius fizinius krūvius, o centrinių ir periferinių kraujotakos mechanizmų sinerginė sąveika užtikrina reikiamą deguonies tiekimą aktyviems raumenims. Keliamo hipotezė, jog kiekvienas raumuo žmogaus organizme turi ne tik bendrąsias, bet ir savąsias aktyvavimo savybes, tiek įsijungiant reguliacinėms sistemoms, tiek formuojant tam tikrą metabolizmo aktyvavimą, taigi turi savitą tik jam būdingą funkcionavimo atraktorių, tai yra būdingą būseną, kai kintamieki kinta laike, o parametrai, tuo tarpu, išlieka stabilūs – tokią dinaminę pusiausvyrą į kurią stengiasi patekti sistema.

Darbo tikslas – nustatyti sąsajas tarp centrinių ir periferinių ŠKS funkcinių rodiklių kaitos, atliekant globalaus, regioninio ir lokalaus pobūdžio fizinius pratimus.

Darbo uždaviniai:

1. Įvertinti raumenų darbingumo, centrinių ir periferinių ŠKS funkcinių rodiklių kaitą pakopomis didėjančio fizinio krūvio iki ribinio metu.
2. Nustatyti ŠKS funkcinių rodiklių kaitos ypatybes globalaus pobūdžio pakartotinių aerobinių krūvių metu.
3. Nustatyti ŠKS funkcinių rodiklių kaitos ypatybes regioninio pobūdžio pakartotinių krūvių metu liemens tiesėjams lavinti.
4. Nustatyti ŠKS funkcinių rodiklių kaitos ypatybes, atliekant lokaliuosius fizinius pratimus rankų ir kojų raumenims lavinti.
5. Apibendrinti stebėjimų, matavimų ir vertinimų duomenis, vadovaujantis organizmo funkcinio vientisumo požiūriu.

2. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Sveikatos stiprinimo fiziniais pratimais problema

Medikai ir fizinio lavinimo specialistai vieningai teigia, kad laiku skiriami ir tinkamo sunkumo fiziniai pratimai visuomet naudingi. Pirma – sumažina galimybę susirgti kuria nors liga, antra – gali padėti įveikti ligą susirgus arba bent sulėtinti kai kurių ligų progresavimą. Sveikatos stiprinimas, ligų profilaktika, gydymas ir rehabilitacija – tai keturi pagrindiniai medicinos uždaviniai. Fiziniai pratimai yra viena veiksmingiausių priemonių, sprendžiant šiuos uždavinius.

Fizinis pajėgumas apibrėžiamas kaip „gebėjimas patenkinamai atlikti fizinį darbą“ (Shephard, 1987; Schmidt, Thews, 1996; Poderys, 2004 ir kt.) Dažnai fizinis pajėgumas suprantamas tik kaip sportinei veiklai svarbus gebėjimas (Платонов, 2004). Tuomet tai tampa ypatinga specifine užduotimi (treniruotės tikslu) – maksimaliai lavinti konkrečiai sporto šakai svarbius fizinio pajėgumo komponentus.

Siejant fizinio pajėgumo matavimus su informacija apie žmogaus gyvenseną, pastebėta, kad didelę reikšmę turi tinkamas fizinio aktyvumo kiekis ir rūšis (McArdle, 2001).

Fizinio pajėgumo ir mirtingumo tyrimai rodo, kad tarp didesnio už mažo aerobinio pajėgumo lygio ir gyvenimo trukmės yra reali sąveika. Tokia sąveika nustatyta moterims – mažiau vyrams. Ši pozityvi sąveika didėja iki vidutinio aerobinio pajėgumo bet ne didesnio už jį lygio.

Kitų mokslininkų atlikti tyrimai patvirtino fizinio parengtumo naudą sveikatai, ypatingai kalbant apie išeminę širdies ligą (Poderys, 2004). Mažo fizinio pajėgumo vyrų nuo minėtos ligos miršta aštuonis kartus daugiau nei fiziškai pajėgesnių. Senstant fizinės galimybės nyksta, todėl neįmanoma nustatyti absoliutų įvairaus amžiaus žmonių fizinio pajėgumo lygį (McArdle, 2001; Тхоревский, 2001; Seibutienė, 2004).

Toks sveikatą stiprinantis fizinio pajėgumo absoliutus lygis yra lengviau pasiekiamas bei daugiau būdingas jaunimui ir visiškai nerealus daugumai vyresnio amžiaus žmonių. Norint padidinti fizinio pajėgumo ribas, sumažinti ar išvengti jo dėsningo nykimo – būtinas reguliarius fizinių pratimų sukeliamas poveikis. Tuo būdu fizinio pajėgumo nykimas senėjant gali būti adekvatus galimybėms tenkinti kasdienes gyvenimo ir rekreacijos poreikius (Wayne Westcott, 1995).

Logiška, kad jaunų vyrų fizinio pajėgumo lygis, esant maksimaliam deguonies sunaudojimui 46–52 ml/kg/min., gali sumažėti iki 45–40 ml/kg/min., kai jie sulauks 70 metų. Informacijos apie moterų sveikatos stiprinimą ir atskirus fizinio pajėgumo komponentus yra mažiau. Jaunų moterų maksimalus deguonies sunaudojimas gali būti 42–47 ml/kg/min., joms sulaukus 70 metų.

Ypatingai svarbu, kad fiziniai pratimai atitiktų jo individualias galimybes, kurias galima ir reikia įvertinti. Pagrindinis žmogaus sveikatos stiprinimo principas – didinant organizmo funkcinį pajėgumą, siekti teigiamų sveikatos pokyčių nerizikuojant, tai yra individualaus komforto ribose

(Hale, 2003). Žmogus, kurio įgimtos fizinio pajėgumogalitybės mažos, negali būti skatinamas siekti labai aukštų, su sveikata susijusių fizinio pajėgumo rezultatų, nors tai atrodytų viliojančiai. Į tai būtina atsižvelgti, sudarant gyventojų fizinio pajėgumo standartus ir neklaidinti žmonių, pateikiant kuri nors fizinio pajėgumo lygį, kaip minimalų geros sveikatos siekį. Be to, interpretuojant kai kurių testų duomenis, išskyrus tuos atvejus, kai plačiąja prasme yra diagnozuojamas „sėdimas gyvenimo būdas“, vertinimai neturi būti painiojami su patologiją rodančiais kriterijais (Seibutienė, 2004).

Reikšmingas, su sveikata susijęs fizinio ir funkcinio parengtumo rodiklis yra maksimalus deguonies sunaudojimas – MDS (Тхоревский, 2001) . Pavyzdžiui, didesnis nei vidutinis aerobinis pajėgumas (MDS) yra susijęs su maža išeminės širdies ligos tikimybe (Poderys, 2004). Dėl fizinio lavinimo pakitusias fiziologines funkcijas ir morfologinius ypatumus galima pavadinti tam tikrais gebėjimais ir požymiais, rodančiais su sveikata susijusį fizinį pajėgumą. Fizinio aktyvumo ir sveikatos tarpusavio ryšio epidemiologiniais tyrimais pagrįsta fizinių pratimų teigiama įtaka širdies ir kraujagyslių sistemos būklei (Тхоревский, 2001; Seibutienė, 2004; Pearte et al., 2008; Boraita, 2008). Reguliarus fizinis aktyvumas yra aterosklerozės ir insulto profilaktikos priemonė (Pearte et al., 2008)

Manoma, kad jėga yra reikšminga fizinės sveikatos ypatybė (Ngo et al., 1998; Poderys, 2004; Cantell et al., 2008). Pasirodo, kad jėga ir ištvermė turi nedidelį ryšį su kai kurių ligų etiologija. Tačiau skeleto raumenų lavinimas ir geras raumenų pajėgumas gali iš esmės pagerinti senyvo amžiaus žmonių funkcinės galimybės, savarankiškumą ir bendrąją savijautą, padeda išlaikyti gebėjimą išlikti savarankiškiems (Wilmore, Costill, 1999; Giuliani et al., 2008)

Vienas mokslinių tyrinėjimų objektų yra profilaktinis aktyvumo ir fizinių pratimų poveikis. Pateikiamos pakankamai daug įrodymų apie tinkamo reguliaraus fizinio aktyvumo įtaką sveikatai bei organizmo funkcijoms (Seibutienė, 2004).

Pateikiama vis daugiau įrodymų, kad jėgos lavinimo pratimai stiprina kaulus ir stabdo kaulų retėjimą senėjant, kartu mažina kaulų lūžių, susijusių su osteoporoze, riziką. Tyrimais įrodyta, kad tinkamas fizinis aktyvumas stiprina stuburą ir specialiai parinkti fiziniai pratimai yra efektyvūs juosmens srities stuburo reabilitacijai. Vis dėlto reikalingi išsamesni fizinio aktyvumo, liemens raumenų jėgos ir lankstumo bei fizinių pratimų įtakos stuburo negalavimų profilaktikai tyrimai.

Nutukimas tai pusiausvyros sutrikimo tarp energijos įsisavinimo ir išsekvojimo rezultatas (Wilmore, Costill, 2001). Fizinis aktyvumas priešingai pasyvumui poveikiui padeda išvengti nutukimo (Seibutienė, 2004). Fizinių pratimų poveikis didžiausias, esant vidutiniam nutukimo laipsniui, tačiau kalbant apie sveikatos rizikos lygį, susijusį su santykinio svorio, nutukimu ir kūno formomis jį reikia pagrįsti papildomais tyrimais. Fizinis aktyvumas turėtų būti nukreiptas nutukimo prevencijai ir gydant vidutinį nutukimą (Poderys ir kt, 2004).

Tyrimais nustatyta, kad tinkama mankšta gerina toleranciją gliukozei ir didina jautrumą insulinui, todėl FA yra puiki nuo insulino nepriklausomo (II tipas) cukrinio diabeto profilaktikos priemonė. Fizinio aktyvumo poveikis medžiagų apykaitai, kuri lemia nuo insulino nepriklausomo cukrinio diabeto pasireiškimą, yra mažiau ištirtas. Dar nėra aiškūs mechanizmai, kurie lemia glikemijos indekso korekciją sergant I tipo cukriniu diabetu (Poderys ir kt, 2004).

Moksliškai pagrįstais tyrimais ir eksperimentais įrodyta, kad reguliarus aerobinis aktyvumas mažina trigliceridų ir didina didelio tankio lipoproteino cholesterolio kiekį kraujyje (Poderys ir kt, 2004).

2.2. Raumenų funkcija ir adaptacijos pokyčiai sąlygojami fizinių krūvių.

Žmogaus kūno judesiai ir jų įvairovė galima dėl to, kad raumeninės skaidulos gali susitraukinėti įvairiais režimais, t. y. palaikyti statines įtampas, atlikti nugalintį ar užleidžiantį darbą. Skersaruožiai raumenys, dirginami išcentrinų motorinių nervų, dalyvauja įvairiose lokomocijose, palaiko kūną vertikalioje ar kitoje fiksuotoje padėtyje. Šioms raumenų funkcijoms yra reikšminga nervų sistemos ir kraujotakos sistemų suderinta veikla.

Raumens susitraukimo metu (didėjant valingųjų pastangų laipsniui) centrinė nervų sistema papildomai aktyvuoja (*rekrutuoja*) vis naujus motorinius vienetų. Tai vienas iš raumens susitraukimo jėgos didinimo mechanizmų (Гидиков, 1975; Shephard, 1987; Skurvydas ir kt., 1997; Skurvydas, 1997; 1999 ir kt.).

Raumens susitraukimo jėga ir jos pasiekiamas greitis priklauso nuo motorinių vienetų rekrutavimo sinchroniškumo, t. y. nuo tuo pačiu metu rekrutuojamų motorinių vienetų laipsnio. Sinchronizacijos fenomenas yra kitas raumenų susitraukimo jėgos didinimo būdas (Гидиков, 1975; Schmidt, Thews, 1996; Skurvydas, 1997 ir kt.). Didinant raumenų pajėgumą, ne tik rekrutuojami nauji ir didesni motoneuronai, bet ir didėja juos pasiekiančių impulsų dažnis. Maksimalus motorinių vienetų impulsų dažnis priklauso nuo raumens ilgio bei nuovargio laipsnio (Гидиков, 1975).

Reciprokinė inervacija taip pat yra reikšminga tiek raumenų jėgos didinime, tiek atliekant sudėtingus ir koordinuotus judesius. Sumažėjus priešingų raumenų grupių (*antagonistų*) toninei įtampai, didesnė raumens susitraukimo jėgos dalis yra panaudojama išoriniam pasipriešinimui nugalėti. Pagerėjus reciprokinei inervacijai raumuo antagonistas sumažina ištempimo pasipriešinimą apie 20 procentų (Тхоревский, 2001). Pagerėjus raumenų veiklos koordinavimui. CNS formuoja, taip vadinamą, tikslią atliekamo judesio programą, o tai padeda koordinuoti raumenų tarpusavio veiklą, t. y. tinkamu laiku ir tinkama kryptimi aktyvinti raumenis.

Ilgalaikės adaptacijos ypatybės. Dėl reguliarių fizinių krūvių pakinta raumenys, pirmiausia – jų išorinė forma, vidinė sandara ir funkcinės savybės (Shephard, 1987; Schmidt, Thews, 1986; Maud, Foster, 1995). Pokyčiai priklauso nuo fizinių krūvių kryptingumo (R.M. Enoka, 1994). Kinta

ir raumeninis, ir jungiamasis audiniai. Jungiamojo audinio skaidulos tampa vingiuotesnės, todėl raumuo susitraukdamas mažiau deformuojamas, o tempiant lengviau išsitempia. Didėja jungiamojo audinio kraujagyslių vingiuotumas. Pokyčiai būdingesni statiniams jėgos krūviams. Vyraujant dinaminiais krūviams, visų šių struktūrų vingiuotumas mažėja, kraujagyslės yra tiesesnės. Didėja raumenų prisitvirtinimo prie kaulų paviršius, ilgėja sausgyslė (Seibutienė, 2004). Tarp raumeninių skaidulų daugėja jungiamojo audinio, kuris saugo raumenį nuo ištempimo. A.M. Pearson (1990) nurodo, kad raumens hipertrofija gali vykti trimis būdais: 1 – didėjant raumeninių skaidulų skaičiui (*hiperplazija*); 2 – didėjant jų skersmeniui (*hipertrofija*); 3 – kintant skaidulos ilgiui.

Vienas ilgalaikės adaptacijos fenomenų yra hiperplazija. Raumenų skaidulų dalijimasis ilgą laiką buvo mokslininkų diskusijų objektas. Raumens skaidulų skaičius genetiškai nulemtas prenataliniu ir tiesiogiai postnataliniu laikotarpiu (Pearson, 1990). Hiperplazijos galimybė nustatyta atliekant tyrimus su gyvūnais (Antonio, Gonyea, 1993), o patvirtinta palyginus aukšto meistriškumo kultūristų ir nesportuojančių žmonių *m. deltoideus* ir *m. vastus lateralis* skaidulų plotą. Specialiais tyrimais įrodyta, kad treniruojantis dinaminio arba statinio raumenų darbo režimais, raumens skaidulos storėja, vėliau išilgai skyla ir susidaro naujos (Antonio, Gonyea, 1993). Nustatyta, kad labiau skyla greito susitraukimo tipo skaidulos (Tesch et al., 1989), ypač tada, kai darbas atliekamas anaerobinėmis sąlygomis (Tesch et al., 1990; Skurvydas, 1997).

Kitas reikšmingas ilgalaikės adaptacijos mechanizmas yra raumens skaidulos hipertrofija. Atliekant lokaliuosius, raumenų jėgą lavinančius pratimus, hipertrofuojausi raumens skaidulos (ypač greitojo susitraukimo, IIB ir IIA). Raumeninių skaidulų sustorėjimas prisidedant papildomoms miofibrilėms, t. y. kontraktilinėms medžiagoms, žymiai padidina raumenų masę. Šis fiziologinis fenomenas literatūroje vadinamas miofibrilinė hipertrofija. Raumens skaidulų apimties padidėjimas vyksta skylančioms miofibrilėms. Taip gali būti sukuriant spaudimą į sarkomerų Z liniją ir atsiradus papildomam sarkoplazminiam retikulumui bei T vamzdelių sistemai (Pearson, 1990). Šis miofibrilės skersmens padidėjimas vyksta be hiperplazijos. Naujų sarkomerų atsiradimas skaidulų galuose didina raumens ilgį. Šią raumens adaptaciją, prisidedant papildomiems ar atsinaujinant sarkomerams, fiziologiškai lemia raumens jėgos pasiekiamas lygis, kuris priklauso nuo aktino ir miozino persidengimo laipsnio (Pearson, 1990). Tiek raumens skaidulos skersmens, tiek jos ilgio didėjimo metu sintezuojami miofibrilių baltymai, kurie kaupiasi raumens skaiduloje (Lüthi et al., 1986).

Sarkoplazminė hipertrofija susijusi su nekontraktilinių medžiagų padaugėjimu raumens skaiduloje. Lėtojo susitraukimo (I tipo) raumens skaidulų masė, mitochondrijų ir kapiliarų kiekis didėja atliekant ištvermę lavinančius pratimus (Matoba, Goolnick, 1984).

Raumens skaidulų hipertrofija pastebėta atliekant ilgalaikius lokaliuosius pratimus koncentrinio ir ekscentrinio režimu (Brown et al., 1990; Hather et al., 1991). Studijų, nagrinėjusių nevienodų

raumenų darbo režimų įtaką skaidulų hipertrofijai, duomenys nevienareikšmiai. Vienu studijų duomenimis pratimai, atliekami koncentrinio darbo režimu, nesukelia skaidulų hipertrofijos (Cote ir kt., 1988). Kitų studijų duomenimis nustatyta tik II tipo skaidulų hipertrofija (Hather, 1991). Teigiama, kad I tipo skaidulų hipertrofija stebima tik tuo metu, kai pratimai atliekami koncentrinio ir ekscentrinio režimu. Ekscentrinis raumenų darbas stimuliuoja lėtojo susitraukimo raumens skaidulų baltymų sintezę. Dirbant pastaruoju režimu, labiau sintetinės lėtojo tipo miozino sunkiosios grandys, padidėja sarkomerų skaičius (Skurvydas ir kt., 1997).

Raumens skaidulų hipertrofija priklauso ne tik nuo raumenų darbo režimo, bet ir nuo fizinių krūvių kryptingumo. Pavyzdžiui, tris mėnesius darant lokaliuosius fizinius pratimus 18-25 metų amžiaus vyrams *m. vastus lateralis* nustatytas II tipo skaidulų skerspjūvio ploto padidėjimas 20,7 proc. Tačiau I tipo skaidulų skerspjūvio ploto pakycių neužregistruota. Šie tyrimai parodė, kad aerobinius pratimus šešetą mėnesių dariusioms 20-30 m. moterims nebuvo reikšmingo raumens skaidulų skerspjūvio ploto padidėjimo dėl nepakankamo mechaninio poveikio. Kitos studijos duomenimis, gerokai didesni fiziniai krūviai, taikomi balerinoms, sumažino raumenų skaidulų skerspjūvio plotą (Dahlstrom et al., 1987). Tokį fenomeną galima paaiškinti sumažėjusiu difuzijos atstumu. Po ilgalaikių jėgą lavinančių pratimų nustatytas I ir II tipo raumens skaidulų oksidacinis potencialas taip pat nepakito. Manoma, kad absoliutus mitochondrijų didėjimas proporcingas skaidulos hipertrofijai. Viena ryškiausių adaptacijų, atliekant didelio intensyvumo raumenų jėgą didinančius pratimus, yra raumens skaidulų skerspjūvio ploto padidėjimas (Kraemer et al., 1995). Skaidulų hipertrofija pasireiškia tarp dviejų pagrindinių skaidulų tipų (I ir II) ir subtipų (IIA ir IIB) (Hather et al., 1991; McCall et al., 1996; Staron et al., 1991; Staron et al., 1984), nors padidėjimo pokytis priklauso nuo skaidulų tipų specifikos (Hather et al., 1991; Kraemer et al., 1995; Staron et al., 1984). G.R. Adams su kolegomis (Adams et al., 1993) nustatė, kad ilgos trukmės didelio intensyvumo lokalieji fiziniai pratimai sukėlė IIB subtipo skaidulų procentinį sumažėjimą ir IIA subtipo skaidulų procentinį padidėjimą, kaip parodė *m. vastus lateralis* biopsijos miofibrilinės adenosintrifosfazės aktyvumo kokybinė histocheminė analizė. Šių tyrimų duomenimis didelio intensyvumo lokalieji fiziniai pratimai keičia didžiosios miozino grandinės struktūrą skeleto raumenyse. Trumpo fizinio darbo metu, skylančiam kreatinfosfatui pagaminamas kreatinas, kuris skatina aktino ir miozino sintezę. Dėl to storėja miofibrilės. J.S.Volek su kolegomis (Volek et al., 1999) atliko tyrimą, norėdami nustatyti raumenų skaidulų adaptaciją didelio intensyvumo jėgą ugdantiems krūviams ir papildomam kreatino naudojimui. Atlikus 12 savaičių trukmės tyrimą nustatyta, kad reikšmingai padidėjo I tipo ir IIA subtipo skaidulų skerspjūvio plotai.

Netreniruotų žmonių ir sunkiaatlečių palyginimai buvo daugelio tyrėjų tyrimo objektas ir šie tyrimai parodė, kad raumenų skaidulų hipertrofija pasireiškia lygiagrečiai didėjant oksidaciniam pajėgumui (Alway et al., 1988; Tesch et al., 1990) ir kapiliarizacijai (Tesch et al., 1984). Tačiau

kitos studijos (Schantz, 1982; Staron et al., 1984) nepatvirtino šių išvadų. Nedaug atlikta ilgalaikių studijų, kurios taikė didelio intensyvumo raumenų jėgą didinančius pratimus ilgiau kaip 20 savaičių. Kai kurios studijos nenustatė kapiliarų tankio pokyčių, tai yra skaičiumi kapiliarų tenkančiau vienai skaidulai, arba kapiliarų ir skaidulų skerspjūvio tarpusavio santykiui (Tesch et al., 1990; Wang, et al., 1993). Kitais tyrimais (Hather et al., 1991; McCall et al., 1996) nustatytas padidėjęs kapiliarų skaičius, tenkantis vienai skaidulai, tiek I, tiek II tipo, nesant padidėjusiam kapiliarų ir skaidulų tarpusavio santykiui. Dėl raumenų jėgą didinančių pratimų poveikio nenustatyta mitochondrijų oksidacinio pajėgumo pokyčių. Tesch et al. (1990) bei Wang et al. (1993), panaudoję citrato sintezės maksimalų aktyvumą kaip oksidacinio pajėgumo matavimo žymenį, nenustatė pokyčių nei moterims, nei vyrams po lokaliųjų fizinių pratimų dirbant ekscentrinio ir koncentrinio raumenų darbo režimu. Tokie pokyčiai buvo patvirtinti vienos skaidulos lygmenyje nepriklausomai nuo skaidulos tipo (Ploutz et al. 1994). Šie tyrimai parodė, kad absoliutus mitochondrijų kiekis ir dydis padidėja, palaikant nuolatinį oksidacinį potencialą. Tačiau šių duomenų interpretacija daugelyje studijų yra diskutuotina, nes nebuvo stebima hipertrofijos.

Manoma, kad yra keletas dirgiklių, turinčių įtakos angiogenezės vyksmui. Reikšmingiausi iš jų yra išemija ir hipoksemija (Gassmann, Wenger, 1997; Lewis, 1997). Be to, mechaniniai veiksniai, tokie kaip, padidėjęs kraujagyslių sienelių ištempimas, padidėjęs deformuojamasis veiksnys ir padidėjęs intravaskulinis spaudimas taip pat yra reikšmingi (Hudlicka et al., 1992). Kas turi įtakos kapiliarizacijai atliekant reguliarius pratimus, neaišku. Žinoma, kad ilgalaikiai, submaksimalūs pratimai labiausiai paveikia angiogenezę ir mitochondrijų biogenezę (Hudlicka et al., 1992). Viena svarbiausių aerobinių pratimų adaptacinių reakcijų yra kapiliarų skaičiaus apie kiekvieną raumenų skaidulą padidėjimas. Tyrimai rodo, kad treniruotoje galūnėje kapiliarų yra 5-10 proc. daugiau nei netreniruotoje. Manoma, kad galimas kapiliarų padidėjimas iki 15 proc. Keliamą hipotezę, kad išliekanti padidėjusi kraujo tėkmė atliekant pratimą ilgesnį laiką (didesnis skaičius pakartojimų serijoje) ir aprūpinanti dirbantį raumenį maisto medžiagomis gali būti svarbus dirgiklis, sukeliantis kapiliarų skaičiaus didėjimą (Hudlicka et al., 1992). Jeigu taip yra tai mažas pakartojimų skaičius serijoje (nuo maksimalios jėgos) turi minimalų poveikį angiogenezei. Green su kolegomis (Green et al., 1999) vertino 12 savaičių trukmės jėgą didinančių pratimų, kurių pakartojimas vienoje serijoje neviršijo 6-8 kartų, poveikį *m.vastus lateralis* kapiliarizacijai ir oksidaciniam pajėgumui. Tyrimai parodė kapiliarų skaičiaus augimą kiekvienos skaidulos sąlyčio vietoje. G.E.McCall su kolegomis (1996) tyrė 12 savaičių trukmės lokaliųjų fizinių pratimų poveikį kapiliarų tankumui *m. biceps brachii* nustatė, kad kapiliarų skaičius augo proporcingai didėjant skaidulų plotui.

P.D.Chilibeck su kolegomis (Chilibeck et al., 1998) tyrė ilgalaikių lokaliajo fizinio krūvio poveikį jaunų vyrų mitochondrijų pasiskirstymui raumenų skaidulose. Treniruotės padidino raumenų skaidulų skerspjūvio plotą 26 proc. (I tipo) ir 28 proc. (II tipo). Sukcinatdehidrogenazės

aktyvumas sumažėjo 13 proc. nepriklausomai nuo skaidulų tipo. Raumenų hipertrofija po ilgalaikių jėgą ugdančių pratimų atsiranda dėl sumažėjusio mitochondrijų tankio, kurį rodo suksinatdehidrogenazės aktyvumo sumažėjimas (Chilibeck et al., 1998). Šiuo metu skirtumai tarp ultrastruktūrinių tyrimų duomenų nėra visiškai aiškūs. Vienos ultrastruktūrinių studijos nerodo mitochondrijų tūrio padidėjimo raumenų konsistencijoje (Tesch et al., 1990, Wang et al., 1993). Didesnis ar mažesnis perfuzijos mažėjimas gali būti susijęs su skaidulų oksidacinių galimybių mažėjimu.

Kai kurių studijų duomenimis yra galima transformacija tarp I ir II tipo skaidulų kaip aerobinio arba anaerobinio pobūdžio ir jėgos ugdymo treniruočių rezultatų (Hather et al., 1991). Kai atliekamas ilgai trunkantis darbas, tai greitojo susitraukimo tipo (IIb ir IIa) raumenų skaidulos gali transformuotis į lėtąjį susitraukimo tipą (I) (Skurvydas, 1997). Sumažinus judėjimo aktyvumą, įmanoma atvirkštinė transformacija. G.E.McCall ir kt. (McCall et al., 1996) tyrimai parodė, kad raumenų skaidulų kompozicija nepakito po jėgos treniruočių, tačiau 9 iš 11 atvejų sumažėjo I tipo skaidulų.

Ilgalaikės adaptacijos fenomenas gali būti pasiektas keliais raumenų jėgos didinimo būdais. Raumenų skaidulų hipertrofija lemia skersaruožių raumenų jėgos potencialo padidėjimą (McCall et al., 1996). F.M.Ivey ir kt., (Ivey et al., 2000) tvirtina, kad ne tik raumenų masės hipertrofija turi įtakos raumenų jėgos didėjimui. Nustatyta, kad ilgalaikiai lokalieji fiziniai pratimai gerina raumenų kokybę, kuri buvo vertinama pagal nekontraktilinių raumenų masės komponentų įtaką maksimalios jėgos išvystymui raumenų masės vienetui. Moksliniais tyrimais įrodyta (Enoka, 1994, Chilibeck et al., 1998), kad raumenų pajėgumas gali didėti be struktūrinių pakitimų raumenyse, bet ne be nervų sistemos adaptacijos. Tai gali įvykti dėl įvairių priežasčių.

Pirma – pagerėjus raumenų veiklos koordinavimui. CNS formuluoja, taip vadinamąją, tikslią atliekamo judesio programą, o tai padeda koordinuoti raumenų tarpusavio veiklą, t. y. tinkamu laiku ir tinkama kryptimi aktyvinti raumenis, tai – įvairių raumenų veiklos suderinamumas.

Antra – sumažėjus priešingų raumenų grupių toninei įtampai, t. y. pagerėjus reciprokinei inervacijai. Raumenys antagonistai mažiau priešinasi jų ištempimui, todėl išoriškai registruojama raumenų agonistų susitraukimo jėga padidėja.

Trečia – sumažėjus bilateraliniam deficitui. Bilateralinis deficitas tai raumenų jėgos pamažėjimas, kai judesius reikia atlikti kartu abiem kojomis ar abiem rankomis. Jėgos lavinimo pratimų poveikis – bilateralinio deficito sumažėjimas.

Ketvirta – pagerėjus motorinių vienetų rekrutavimui, impulsų dažniui ir sinchronizacijos laipsniui. Tai gali būti dėl nervinio impulso, ateinančio iš motorinės žievės, suaktyvėjimo, motoneuronus aktyvuojančių refleksinių mechanizmų pagerėjimo bei motoneuronus slopinančio nervinių mechanizmo susilpnėjimo ar prislopinimo.

Visi aukščiau išvardyti raumenų jėgos didinimo mechanizmai leidžia didėti raumenų jėgai bei struktūrinių ir funkcinų raumenų pokyčių. Žinoma, kad pradiniam treniruočių etape raumenų jėga labiau padidėja dėl centrinių nervinių mechanizmų poveikio, o vėliau – dėl raumenų hipertrofijos (Shephard, 1987; Skurvydas ir kt., 1997).

2.3. Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcija fizinių krūvių metu

Raumenų darbui atlikti reikalinga energija, o jos gavybos būdas priklauso nuo fizinio krūvio pobūdžio (Shephard, 1987; Тхоревский, 2001). Trijų energijos gavybos būdų (kreatinfosfatinio, glikolitinio ir aerobinio) santykinis indėlis, tenkinant dirbančių raumenų energinius poreikius, yra dinamiškas procesas ir dabar atkreipiamas dėmesys į žymiai didesnę raumenų kraujotakos bei visos ŠKS reikšmę fizinio darbo metu (Green, 1995; Spencer et al., 1996; Gastin, 2001; Pober et al., 2004). Anksčiau manyta, kad ŠKS yra reikšminga tik ilgai trunkančių aerobinio pobūdžio fizinių krūvių metu (Skernevičius, 1997; 2004; Платонов, 1997), tai dabar manoma, kad jos funkcija, kaip organizmą aprūpinančių sistemų sudėtinės dalies funkcija, yra labai svarbi netgi anaerobinių fizinių krūvių metu (Ketelhut et al., 1996; Hughson et al., 1996; Gastin, 2001).

Kraujas, tekėdamas per plaučius, gauna deguonies, o per virškinamąjį traktą – maisto medžiagų. Deguonimi ir maisto medžiagomis kraujas aprūpina dirbančius raumenis ir kitus organus, atitinkamai jų poreikiams. Fizinių krūvių metu deguonies, energinių medžiagų poreikis padidėja, atsiranda tam tikra konkurencija, todėl svarbus vaidmuo tenka reguliavimo mechanizmams.

Raumenims pradėjus susitraukinėti, didėja funkcionuojančių kapiliarų skaičius, plečiasi smulkiosios arteriolės, kylančiosios vazodilatacijos būdu labiausiai suintensyvėja kraujotaka kryptimi „širdis – dirbantis raumuo“ (Хаяутин, 1980; Poderys, 1996). Raumenų kraujotakos suaktyvėjimas, kraujo srovės persiskirstymas fizinio darbo metu yra sudėtinga visos ŠKS reakcija (Schmidt, Thews, 1996; Žemaitytė, 1996).

Fizinio darbo intensyvumas yra tiesiogiai susijęs su raumenų darbo energiniu aprūpinimu (Shephard, 1987; Gailiūnienė, Milašius, 2001; ir kt.). Atliekant mažo ar vidutinio intensyvumo fizinį darbą, deguonies poreikis yra nedidelis ir energiniai poreikiai gali būti visiškai aprūpinami aerobiniu būdu. Tai – dažnai vadinama ikikritiniu (subkritiniu) darbu. Sportininkui judant didesniu greičiu, gali būti pasiekiamas kritinis greitis, t. y. kai organizmo deguonies poreikis yra lygus aerobinėms galimybėms, o judant dar didesniu greičiu – greitis didesnis už kritinį, kai deguonies poreikis gerokai viršija aerobines organizmo galimybes, tada organizme atsirandai „deguonies skola“ ir vis didesnė organizmo energinių poreikio dalis aprūpinama anaerobiniu būdu. Sportininkui įveikiant nuotolį ikikritiniu ar kritiniu greičiu, pradžioje vyrauja fosfokreatininis ATP resintezės mechanizmas, po to 1–2 min. – glikolizė, tik 3–4 minutę įsitraukia visi aerobiniai medžiagų apy-

kaitos mechanizmai (Maud, Foster, 1995; Gailiūnienė, Milašius, 2001). Jeigu tokio pobūdžio fizinis darbas trunka mažiau nei 2 min., o poilsio pertraukos gana ilgos, t. y. tokios, kad kito nuotolio pradžioje organizmas yra visiškai pailsėjęs, tai didelė treniruotėje atlikto darbo dalis bus aerobinio pobūdžio. Jeigu trumpinsime poilsio pertraukas, tada deguonies perdavimo sistemų darbo intensyvumas per trumpą laiką nespės grįžti iki ramybės būsenos, t. y. kita atkarpa bus pradėta dar esant aukštam šių sistemų darbo intensyvumui. Tokiu atveju, sutrumpinus poilsio pertraukas, atliekamas krūvis bus daugiau anaerobinio pobūdžio.

Širdies ir viso organizmo kraujotakos sistema bei jos reguliacija sudaro tris pagrindinius funkcionuojančius elementus bei suformuoja kompleksinę organų sistemą, veikiančią organizme kaip vieninga visuma. Refleksinis širdies ir visos kraujotakos sistemos reguliavimo lygis padeda vykdyti kraujo paskirstymą, kintant kraujotakai dėl įvairių poveikių, padeda palaikyti nuolatinį perfuzijos spaudimą (Žemaitytė, 1996). ŠSD ir AKS atsakas fizinio krūvio metu proporcingai didėja priklausomai nuo išorinio krūvio dydžio. ŠSD ir AKS reikšmių pokyčiai, užregistruoti vienkartinio maksimalaus kėlimo metu, yra mažesni nei per didelio intensyvumo seriją kėlimų iki ribinio. Palyginus žmonių nevienodą kėlimo pajėgumą, manoma, kad greičiau santykinis, o ne absoliutus krūvis lemia hemodinaminio atsako stiprumą (Noakes, 2000; 2002).

Pagrindinis širdies, kaip centrinio kraujotakos organo hemodinamikos rodiklis, yra minutinis širdies tūris (MŠT) – kraujo kiekis, kurį širdis išstumia į kraujo apytaką per minutę. MŠT rodo audinių aprūpinimą krauju ir su tuo susijusį maisto medžiagų, O₂ tiekimą audiniams ir CO₂ pašalinimą iš jų. MŠT lygus širdies susitraukimų dažnio ir sistolinio kraujo tūrio sandaugai. Ramybės sąlygomis MŠT priklauso nuo amžiaus, lyties, kūno padėties, aplinkos sąlygų, žmogaus emocinės būsenos (Schmidt, Tews, 1996; Тхоревский, 2001). MŠT dažnai išreiškiamas vadinamuoju širdies indeksu, rodančiu MŠT santykį su kūno paviršiaus plotu. Sveikų netreniruotų žmonių raumenų ramybės metu MŠT, kūnui esant horizontalioje padėtyje, yra 3–6 l/min., o vertikalioje – 2,5–5 l/min. Sportininkui esant vertikalioje padėtyje MŠT svyruoja 3–10 l/min. Didėjančio fizinio krūvio metu MŠT didėja, tačiau kai krūvis tampa subjektyviai sunkus MŠT gali pradėti mažėti (Poderys, 2000) ir tik gerai treniruotų žmonių MŠT didėja iki krūvio pabaigos.

Sistolinis tūris ir sportininko darbingumas ramybės sąlygomis yra susiję, o MŠT dydis ramybės metu priklauso nuo sportuojančio asmens funkcinio parengtumo. Netreniruotų žmonių MŠT maksimalių krūvių metu didėja iki 15–20 l/min. Vidutinio intensyvumo fizinio krūvio metu sėdint ar stovint MŠT yra maždaug dviem l/min mažesnis nei tą patį krūvį atliekant gulint. Tai galima paaiškinti kraujo susitvenkimu kojų kraujagyslėse dėl žemės traukos. Fizinio darbo metu MŠT pamažu didėja iki nekintamo dydžio, kuris priklauso nuo krūvio intensyvumo ir užtikrina būtiną deguonies sunaudojimo dydį. Baigus darbą, MŠT pamažu mažėja. MŠT priklauso ir nuo fizinio

krūvio pobūdžio (Poderys, 2000; Skirius, 2002). Kuo didesnis fizinis darbingumas, tuo didesnis sportininkų maksimalus MŠT (Тхоревский, 2001; Skirius, 2002).

Raumenų darbingumui didelės įtakos turi jų aprūpinimas krauju. (Depairon; 1996; Fitzpatrik 1996; Hughson 1996; Šilinskas, Poderys, 1999; Тхоревский, 2001). Fizinio krūvio metu organuose ir audiniuose kraujotaka kinta. Dėl hemodinamikos perskirstymo mechanizmo padidėja kraujotaka per aktyviąją raumenų grupę, nes dirbantys raumenys reikalauja paspartinti medžiagų apykaitos procesus ir pagerinti papildomo deguonies kiekio gavimą. Be to, aktyvėja termoreguliacijos procesai, nes papildomas šilumos kiekis, gautas dėl raumenų susitraukimo, turi būti perneštas į odos paviršių. Ramybės metu širdis per minutę gali perpumpuoti apie 5 litrus kraujo. Fizinio krūvio metu, didėjant ŠSD ir sistoliniam tūriui, širdis savo darbą gali padidinti penkis, šešis kartus, t. y. per minutę perpumpuoti 25–30 litrus kraujo (Shepard, 1987; Schmidt, Thews, 1996). Tačiau labai intensyvaus fizinio krūvio metu vien tik minutinio širdies tūrio padidėjimo kraujotakai neužtenka. Organizmui reikalingas kraujotakos perskirstymas, kad apykaitos procesai nenukentėtų.

Kraujotakos perskirstymo mechanizmas reguliuoja kraujo srovės tekėjimą taip, kad daugiausia kraujo patektų į dirbančius raumenis (Tschakovsky et al., 1996). Ramybėje kraujotaka raumenyje sudaro apie 4 ml/min. 100 gr raumens masės, o esant intensyviui dinaminiam krūviui, kraujotaka dirbančiame raumenyje pagerėja iki 100–150 ml/min. 100 gr raumens masės (Дубровский, 1999).

Intensyviai dirbant raumenims, kraujotaka juose padidėja 15–20 kartų, o funkcionuojančių kapiliarų skaičius gali padidėti iki 50 kartų (Дубровский, 1999). Literatūroje randami du kraujotakos intensyvėjimo etapai dirbančiame raumenyje. Pirmasis etapas: pradžioje krūvio kraujotaka ryškiai intensyvėja, po to intensyvėjimas sulėtėja ir netrukus prasideda tolesnis –antrasis kraujotakos intensyvėjimo etapas (Poderys, 2000). Pasibaigus šiai įsidirbimo fazei, antrojo kraujotakos intensyvėjimo etapo pabaigoje prasideda raumens darbinė būseną (Poderys, 1996). Pagal Chajutin ir kolegas (Хаятин 1980) šie raumenų kraujotakos intensyvėjimo etapai rodo kraujagyslių – arterijų, arteriolių, prekapiliarinių sfinkterių, kapiliarų bei stambiųjų magistralinių arterijų būklę įsidirbimo fazės metu. Pirmas kraujotakos gyvėjimo etapas rodo smulkiųjų arterijų, arteriolių, prekapiliarinių sfinkterių ir kapiliarų vazodiliataciją, o antrasis kraujotakos gyvėjimo etapas rodo stambiųjų magistralinių arterijų vazodiliataciją. Tolygiai didėjant fiziniui krūviui iki ribinio, pradžioje periferinė kraujotaka intensyvėja lėtai, o kai tiriamojo galingumas padidėja iki jo galimybių ribos, pastebimas naujas kraujotakos intensyvėjimo šuolis (pratekančio kraujo kiekis raumenyse didėja greitai iki maksimalių reikšmių) (Poderys, Vainoras, Šilinskas 1999). Prieš antrąją vazodiliatacijos etapą pauzė būna tiek trumpesnė ir kraujotaka aktyvėja tuo greičiau, kuo daugiau raumeninių skaidulų atlieka fizinį krūvį, taip pat kuo daugiau padidėja kraujotaka pirmo etapo metu. Chajutin ir kolegos (Хаятин 1980) tai įrodė eksperimentiniais tyrimais. Tai patvirtino ir Jonas Poderys (2000), tyręs raumenų kraujotakos ir raumenų darbingumo ryšį, keičiant aktyvių raumenų

padėti širdies atžvilgiu. Tkačenko su kolegomis (Ткаченко 1989) įrodė, jog funkcionuojančių kapiliarų plotas reguliuojamas dėl terminaliųjų arteriolių prekapiliarinių sfinkterių aktyvumo iš arterijų „įėjimo“ pusės. Taip galima paaiškinti skirtingą kraujotakos aktyvumą, dirbant raumeniui skirtingose padėtyse širdies atžvilgiu. Tai įrodo eksperimentiniais tyrimais Jonas Poderys (1998; 2000). Aprašytas labai įdomus fenomenas, kad raumenų kapiliarizacijos didėjimas, mitochondrijų tankio padidėjimas nustatytas pacientams, turintiems periferinės kraujotakos sutrikimų, netgi nesportuojantiems (Depairon, Zicot, 1996).

Tarp deguonies sunaudojimo ir kraujotakos intensyvumo audiniuose yra tiesioginis, nors nelinijinis ryšys. Kai kraujotaka raumenyse padidėja apie 20 kartų, aerobinė apykaita gali padidėti iki 100 kartų, didėjančio deguonies sunaudojimo nuo 20–25 proc. ramybėje iki 80 proc. fizinio darbo metu. Tokius duomenis pateikia Dubrovskij (Дубровский, 1999). Šis tyrėjas apibendrina ir kitų tyrėjų analogiškus duomenis parodydamas, kas santykinė kraujotaka dirbančiame raumenyje kinta nuo 21 proc. ramybės metu iki 47 proc. lengvo, 71 proc. vidutinio sunkumo ir 88 proc. maksimalaus fizinio krūvio metu. Fizinio krūvio metu kraujotaka pakinta taip, kad dirbantis raumuo gautų maksimalų kiekį deguonies, tačiau, jei raumens gaunamas deguonies kiekis yra mažesnis nei jo poreikis, tai apykaitos procesai raumenyje vyksta iš dalies anaerobiniu būdu. Susidaro deguonies skola, kuri kompensuojama po darbo.

Vietinės raumens kraujotakos reguliacija vyksta keičiant hidrodinaminį kraujagyslių pasipriešinimą, t. y. keičiant kraujagyslių spindį (Schmidt, Thews, 1989; Тхоревский, 2001; Poderys, 2000). Kadangi hidrodinaminis pasipriešinimas yra atvirkščiai proporcingas kraujagyslių spindžiui ketvirtuoju laipsniu, tai jų skerspjūvio pokytis turi labai didelę įtaką organų kraujotakos intensyvumui lyginant su arterinio slėgio pokyčiais (Schmidt, Thews, 1989, Poderys, 2000).

Širdies funkcijos reguliavimas – tai kelių lygių valdymo sistema, kuri širdies funkciją veikia ir tiesiogiai, ir keičia kitas širdies bei visos kraujotakos funkcijas. Ritminė širdies veikla gali būti moduluojama tiesioginiu būdu per širdies ląstelių energinę sistemą, įvairių lygmenų receptorių struktūrų funkciją, autonomines nervų sistemos grandžių ar jų sąveikos funkcionavimą periferiniu ir centriniu lygmeniu, per centrinės nervų sistemos moduluojamąjį poveikį bei hormoninės sistemos įtaką šiam procesui (Schmidt, Thews, 1989; Žemaitytė, 1996; 1999).

Skiriami ilgalaikiai, tarpiniai pagal trukmę ir trumpalaikiai arba greitieji kraujotakos reguliavimo mechanizmai. (Schmidt, Thews, 1996). Atliekant fizinius pratimus, vyrauja greitieji reguliavimo mechanizmai. Pagrindinis vaidmuo tenka simpatiniais nervais valdomoms vazodilatacinės kraujagyslių reakcijoms, baroreceptoriniams refleksams, hemoreceptoriniams refleksams ir CNS išemijos refleksams. Bendras visų šių refleksų požymis yra labai greita (*per kelias sekundes*) reakcija į organų ir audinių kraujotakos deguonies bei energijos poreikius. Nervinė reguliacija yra

papildoma hormonine reguliacija, taip pat adrenalino, noradrenalino ir kiek ilgesnio latentinio veikimo vazopresino poveikiais (Schmidt, Tews, 1996, Kėvelaitis, 1999).

Apibendrinus, galima teigti, kad visi tyrėjai pažymi, jog raumenų darbingumui labai didelės įtakos turi jų aprūpinimas krauju (Depairon, Zicot, 1996; Fitzpatrick et al., 1996; Hughson et al., 1996; Poderys, 1998; Васильева, 1989), todėl tokie centriniai hemodinaminiai veiksniai, kaip minutinis kraujo tūris, arterinis kraujo spaudimas, kraujo pasiskirstymas tarp dirbančių raumenų ir kitų kūno organų yra labai svarbūs ilgai trunkančio fizinio krūvio metu (Fitzpatrick et al., 1996;; Tschakovsky et al., 1996; Poderys, 1997). Raumenų kraujotakos intensyvumas reguliuojamas, derinant širdies darbo ir bendrojo periferinio pasipriešinimo pokyčius (Schmidt, Thews, 1996, Lash, 1996). Taigi, literatūroje vienareikšmiai apibrėžiama, kad kraujotakos reguliavimas yra pritaikytas palaikyti slėgio gradientui, kurio reikia pakankamam kraujotakos intensyvumui užtikrinti dirbančiame raumenyje. Raumenų kraujotakos intensyvumas reguliuojamas širdies darbo ir bendrojo periferinio pasipriešinimo derinyje.

2.4. Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinės būklės fizinių krūvių metu vertinimai

Vertinant sportuojančių žmonių funkcinį parengtumą, atliekami fizinio krūvio mėginiai. Gali būti panaudojama daug įvairių tyrimo protokolų, siekiant įvertinti žmogaus organizmo funkcinį pajėgumą (Vainoras, 1996; 2002; Poderys, 2002; Žemaitytė, 1997; Skirius, 2002).

Plačiai taikoma ŠSD ir AKS rodiklių bei jų kaitos, atliekant fizinio krūvio mėginius, vertinimai. Pagal ŠSD ir AKS pokyčius po fizinio krūvio mėginio ir jų atsigavimą sporto medicinoje yra išskiriami penki širdies kraujagyslių sistemos reakcijos į fizinį krūvį tipai: normotoninio, asteninio, hipertoninio, distoninio ir laiptinio tipo (Карпман, 1987; Дубровский, 1999; Skirius, 2002).

Normotoninio tipo reakcijai į krūvį būdinga ryškus ŠSD padidėjimas, kartu sistolinio AKS padidėjimas bei diastolinio AKS sumažėjimas. Praėjus 3-5 minutėms po fizinio krūvio mėginio, širdies kraujagyslių sistemos rodikliai atsigauna. Atsigavimo laikas priklauso nuo fizinio krūvio mėginio. Tokia reakcija į krūvį yra fiziologinė ir būdinga treniruotiems žmonėms.

Hipotoninio tipo reakcijai į krūvį būdingas labai ryškus ŠSD padidėjimas, o tuo tarpu sistolinis AKS po krūvio pakyla nežymiai, o diastolinis AKS išlieka nepakitęs arba nežymiai pakyla po krūvio. ŠSD ir AKS atsigavimo laikas užsitęsęs. Tai neracionali širdžiai reakcija į krūvį (Дубровский, 1999). Ji būdinga nesportuojantiems ar pradedantiems sportuoti ir neadaptuotiems prie fizinių krūvių žmonėms. Tokia reakcija į krūvį gali pasitaikyti ir sportininkams po ligos ar persitreniravimo (Skirius, 2002).

Hipertoninio tipo reakcijai į krūvį būdingas ryškus sistolinio AKS pakilimas po krūvio – iki 180–190 mmHg ir daugiau. Taip pat diastolinio AKS kilimas iki 90 mmHg ir daugiau (Дубровский,

1999) ir ŠSD ryškus padidėjimas. AKS ir ŠSD atsigavimas po fizinio krūvio mėginio yra užsitęsęs. Ši reakcija parodo sportininko persitreniravimą, nuovargį arba polinkį į hipertenziją. Tokiam sportininkui pirmiausia būtina koreguoti fizinį krūvį, skirti reabilitacinę atsigavimą skatinančią programą bei stebėti AKS.

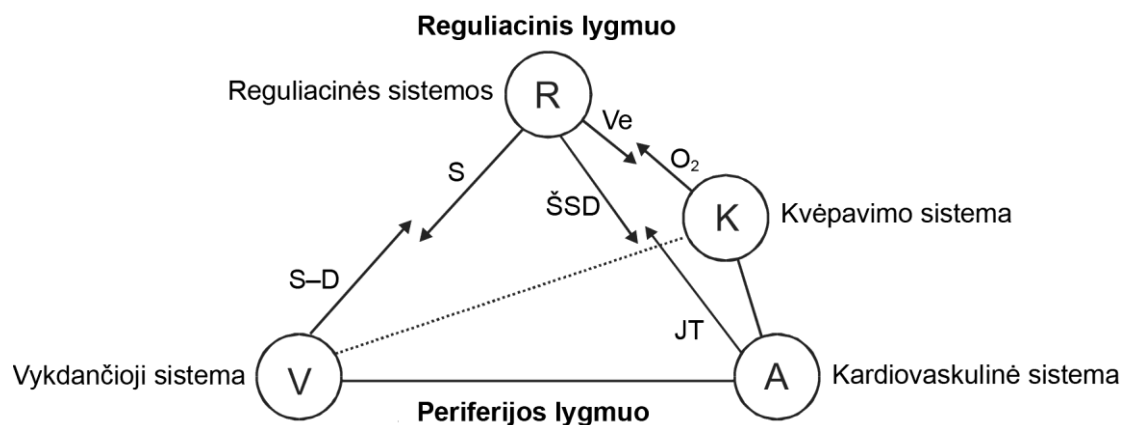
Distoninio tipo reakcijai į krūvį būdingas ŠSD padidėjimas ir sistolinio AKS žymus pakilimas po fizinio krūvio, diastolinio AKS kritimas iki 0 mmHg (girdimas „begalinis tonas“). Ši reakcija normali paaugliams, aukštiesiems ir mažos kūno masės žmonėms (būdinga jauniems krepšininkams), taip pat sportininkams po labai intensyvaus fizinio krūvio. Jei „begalinis tonas“ yra girdimas tris ir daugiau minučių po fizinio krūvio, atsigavimo metu, tai toks fenomenas būdingas persitreniravus ar po ligos. Jei begalinis tonas atsiranda greitai, t. y. fizinio krūvio pradžioje, tokia ankstyva distoninio tipo reakcija į krūvį galima persitreniravusiems ar žmonėms po ligos, pablogėjus adaptacijai prie fizinių krūvių.

Laiptinio tipo reakcijai į krūvį būdingas laiptinis sistolinio AKS pakilimas po fizinio krūvio mėginio antrąją ir trečiąją atsigavimo minutę. AKS ir ŠSD atsigavimas būna užsitęsęs. Tai rodo nepilnavertę kraujotakos reguliaciją bei funkcinį širdies kraujagyslių sistemos galimybių sumažėjimą (Skirius, 2002).

Iš daugybės vertinimo kriterijų galima išskirti tris grupes rodiklių, kurie rodo organizmo darbingumą ar šių rodiklių kaitą taip pat teigiamus fizinių pratimų poveikius. Tai maksimalių galimybių, kiekybiniai ir kokybiniai rodikliai. Pirmajai – maksimalių galimybių rodiklių grupei priskiriami fizinio darbingumo ir funkcinių sistemų maksimalaus galimo aktyvumo laipsnio vertinimai (maksimalus pasiekiamas galingumas, maksimali darbo trukmė, maksimalus funkcijų aktyvumo laipsnis). Kokybiniams rodikliams priskiriami rodikliai, nusakantys funkcijų aktyvumo laipsnio pokyčius, atliekant tam tikro intensyvumo fizinius krūvius; kiekybiniams rodikliams priskiriami santykiniai rodikliai, rodantys biologinę atliekamo fizinio krūvio vertę, pavyzdžiui, vertinamas funkcijų aktyvumo laipsnio ir atliekamo darbo santykis. Pripažinti ir praktikoje organizmo funkcijai vertinti taikomi tokie parametrai ir indeksai, kaip maksimalus O_2 , MET vienetai, maksimalus ŠSD, PWC_{170} , nepajėgūs įvertinti kompleksinio atsako į krūvį. Vieni jų rodo plaučių funkciją, kiti – širdies atsaką, tretį apibendrina visą atsaką, deja jais negalima įvertinti atskiros sistemos indėlio (Vainoras ir kt., 1999). Atliekant pratimą ilgiau keleto sekundžių, labai svarbu, kad adekvatus krūviui deguonies ir maisto medžiagų (energijos) kiekis būtų tiekiamas griaučių raumenims. Adekvatus griaučių raumenų aprūpinimas fizinio krūvio metu yra galimas aktyvinant aprūpinimo sistemų veiklą, o tai užtikrina reguliuojančiosios sistemos (Armstrong, 1991; Rowell, 1993; Vainoras, 2002). Vadinasi, organizmui reaguojant į fizinius krūvius, aprūpinančiųjų sistemų funkcija yra labai reikšminga ir jos įvertinimas turėtų būti informatyvūs.

Daugelis tyrėjų pažymi, kad, vertinant organizmo greitosios adaptacijos ypatybes būtina išskirti ir įvertinti bent jau tris minėtas sistemas: veikiančio raumenyno, reguliavimo ir aprūpinimo funkcijas (Vainoras, 1996). Lietuvos mokslininkų sukurtas integralios organizmo reakcijos į fizinį krūvį vertinimas (Vainoras, 1996; Vainoras, Jaruševičius, 1996; Jasiūnas, Vainoras, 1997) suteikia naujų galimybių, sprendžiant šias svarbias problemas. Sukurtame modelyje vertinama visų šių sistemų veikla, atliekant fizinio krūvio mėginį. Fizinio krūvio metu pokyčių esmė – hemodinamikos persikirstymo mechanizmas, kurio pagrindinė paskirtis – kuo geriau pritaikyti, adaptuoti organizmą prie krūvio sąlygų. Kuo didesnius pokyčius (aišku, neperžengdami tam tikrų fiziologinių pokyčių ribų) mes galime sukelti organizme minėtų trijų sistemų atžvilgiu, tuo prie didesnių krūvių organizmas gali prisitaikyti, t. y. organizmas bus pajėgesnis.

Organizmui pasiekiant tam tikrą pajėgumą, jame vyksta kompleksinė, sisteminė reakcija, kurios pagrindą sudaro minėti aktyvuojami elementai. Yra trys holistinės organizmo funkcinės sistemų grupės. Pirmą grupę – reguliacinės sistemos (*R – smegenys, apima visus reguliacinius lygmenis bei humoralinę reguliaciją*); antrą grupę – vykdančioji sistema (*V – aktyvieji, veikiantys raumenys*); trečią grupę – aprūpinančiosios sistemos (*A – širdies ir kraujagyslių, kvėpavimo, energijos gavybos ir tiekimo*). Šių išvardintų funkcinės elementų sąveiką, atliekant fizinius krūvius, ir apjungia bei leidžia vertinti šis Kauno medicinos universitete Kardiologijos instituto sukurtas modelis (1 pav.).



1 pav. Būklės vertinimo modelis

R – reguliacinė sistema, apimanti CNS, autonomiją, humoralinį valdymą; **V** – veiklos sistema, fizinio aktyvumo metu – veiklioji raumenų grupė; **A** – širdies ir kraujagyslių, aprūpinimo sistema, tvarkanti centrinę hemodinamiką; **K** – kvėpavimo sistema, tvarkanti kraujo prisotinimą deguonimi. Modelio parametrai: S – sistolinis arterinio kraujo spaudimas, D – diastolinis arterinio kraujo spaudimas, ŠSD – širdies susitraukimų dažnis, JT – intervalas elektrokardiogramoje nuo jungties taško J iki T bangos pabaigos (JT intervalas), Ve – įkvėpto oro tūris per minutę, O_2 – sunaudoto deguonies tūris per minutę. Dydžiai S, ŠSD ir Ve labiau sietini su reguliacija, o (S-D), JT ir O_2 – su atskirų organų funkcija ir vykdo periferijos atsaką.

Šis funkcinės būklės vertinimo modelis yra plačiai taikomas vertinant sportuojančių žmonių (Vitartaitė, 2000) ir didelio meistriškumo sportininkų parengtumą (Šilinskas, Poderys, 1999; Trinkūnas, 2000; Poderys, 2000; 2005; 2007). Pagal šį modelį atlikti tyrimai, vertinant kryptingų

fizinių poveikių įtaką vaikų (Bačiulienė, 2006; Emeljanovas, 2007) ir įvairių sporto šakų didelio meistriškumo (Sadzevičienė, 2005; Buliuolis, 2007; Ežerskis, Poderys, 2008) sportininkų parengtumui; vertinant ilgalaikės adaptacijos ypatybes, atliekant įvairaus kryptingumo fizinius krūvius (Sadzevičienė, 2005; Žumbakytė, 2007; Kajenienė, 2008), vertinant atsigavimo po fizinių krūvių ypatybes (Šilanskienė, 2004; Buliuolis, 2007; Ežerskis, Poderys, 2008), vertinant organizmo adaptacijos ypatybes staiga pasikeitus geografinėms ir klimato sąlygoms (Poderys, 2001; 2007; Poderys ir kt., 2007).

3. TYRIMŲ ORGANIZAVIMAS IR METODIKA

Tyrimai atlikti KMU Kineziologijos ir sporto medicinos katedros bei LKKA Kineziologijos laboratorijos tyrimų bazėje. Atlikti biomedicininį tyrimą gautas Kauno regioninio biomedicininio tyrimų etikos komiteto leidimas.

3.1. Tiriamieji

Tyrime dalyvavo 27 sąlyginai sveiki savanoriai, neturintys skundų dėl sveikatos sutrikimų vyrai: amžius $-32,7 \pm 1,8$ m., ūgis – $180,9 \pm 0,03$ cm, KMI – $25,3 \pm 0,6$ kg/m²

3.1 lentelė. Tiriamųjų pogrupių amžius ir antropometriniai duomenys

Tiriamieji									
Pogrupis	Tirtųjų skaičius	Amžius	Ūgis (cm)	Svoris (kg)	KMI	Riebalinio audinio kiekis (proc.)	Riebalinio audinio masė (kg)	Kūno masė be riebalinio audinio (kg)	Bendras kūno vandens kiekis
1	14	$29,0 \pm 7,2$	$181,0 \pm 6,8$	$86,5 \pm 14,9$	$26,2 \pm 3,1$	$19,3 \pm 6,0$	$17,2 \pm 7,4$	$69,3 \pm 9,4$	$50,7 \pm 6,9$
2	13	$36,6 \pm 9,9$	$180,7 \pm 6,5$	$79,2 \pm 10,9$	$24,2 \pm 3,0$	$16,5 \pm 5,0$	$13,4 \pm 5,3$	$65,7 \pm 7,2$	$48,1 \pm 5,2$
A	14	$33,9 \pm 10,0$	$179,7 \pm 7,3$	$83,1 \pm 14,4$	$25,5 \pm 2,9$	$17,9 \pm 4,6$	$15,2 \pm 5,5$	$67,8 \pm 9,9$	$49,6 \pm 7,3$
B	13	$31,3 \pm 8,3$	$182,0 \pm 5,1$	$82,9 \pm 12,2$	$25,0 \pm 3,4$	$18,1 \pm 6,6$	$15,6 \pm 7,7$	$67,3 \pm 6,1$	$49,3 \pm 4,5$

3.2. Tyrimo objektas

ŠKS reakcijos, centrinių ir periferinių pokyčių sąsajos fizinių krūvių metu.

3.3. Tyrimo metodai

Atliekant tyrimą, panaudoti šie tyrimo metodai: elektrokardiografija, arterinio kraujo spaudimo matavimas, neinvazinė artimoji infraraudonoji spektroskopija, veloergometrija, fizinio krūvio poveikiai ir matematinė statistika.

3.3.1. Elektrokardiografija

Širdies funkciniais rodikliais vertinti naudojama Kauno medicinos universitete Kardiologijos institute sukurta elektrokardiogramos analizės sistema „Kaunas – krūvis“. Pagal šią sistemą krūvio metu ir pirmąsias tris atsigavimo minutes registruojame 12-os standartinių derivacijų elektrokardiogramą (EKG). Buvo analizuojami šie rodikliai: širdies susitraukimų dažnis, JT intervalų trukmė, JT ir RR intervalų santykis JT/RR, ST-segmento depresija (*neigiamų amplitudžių suma 12-oje*

atvadų). EKG analizės sistema apskaičiuodavo ŠKS funkcinį rodiklį visų 12-os EKG atvadų per 10 sek. registracijos intervalo reikšmių vidurkius.

3.3.2. Arterinio kraujo spaudimo (AKS) matavimas

Korotkovo metodu kairės rankos žasto srityje matavome arterinį kraujo spaudimą. Analizavome šiuos AKS rodiklius: sistolinį slėgį (**S**), diastolinį (**D**), sistolinio ir diastolinio slėgių skirtumą (**S-D**) ir santykinį pulsinį slėgį: **(S-D)/S**.

3.3.3. Neinvazinė artimoji infraraudonoji spektroskopija

Fizinių krūvių metu ir po jo deguonies įsotinimo kitimas raumenyje buvo vertinama neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu (NAIS), naudojant fotojutiklį (*Hutchinson Technology, Hutchinson, Minnesota USA*). Fotojutiklis buvo tvirtinamas ant pagrindinės raumenų grupės, atliekančios judesį (*tiksliau nurodyta 3.4. tyrimo protokolas*). Deguonies įsotinimo (StO_2) laipsnis registruotas nepertraukiamai (*matavimo duomenų vidurkiai prietaiso ekrane buvo pateikiami kas 2,5 sek.*) viso krūvio metu ir 4 min. po krūvio.

3.3.4. Veloergometrija

Visi tiriamieji atliko pakopomis kas minutę didėjantį fizinį krūvį veloergometru, t. y. pradėdavo minti veloergometrą 50W apkrova, 60 apsukų per minutę dažniu, kas minutę didinant krūvį po 50 W. Tiriamieji tęsdavo krūvį iki maksimalių pastangų arba pirmųjų klinikinių požymių, pagal AHA (*Amerikos širdies asociacijos*) rekomendacijas, išryškėjimo. Po krūvio tiriamasis ilsėjosi. Poilsio metu tiriamajam, sėdint ant veloergometro, toliau buvo registruojami ŠKS funkcinį rodiklį pokyčiai.

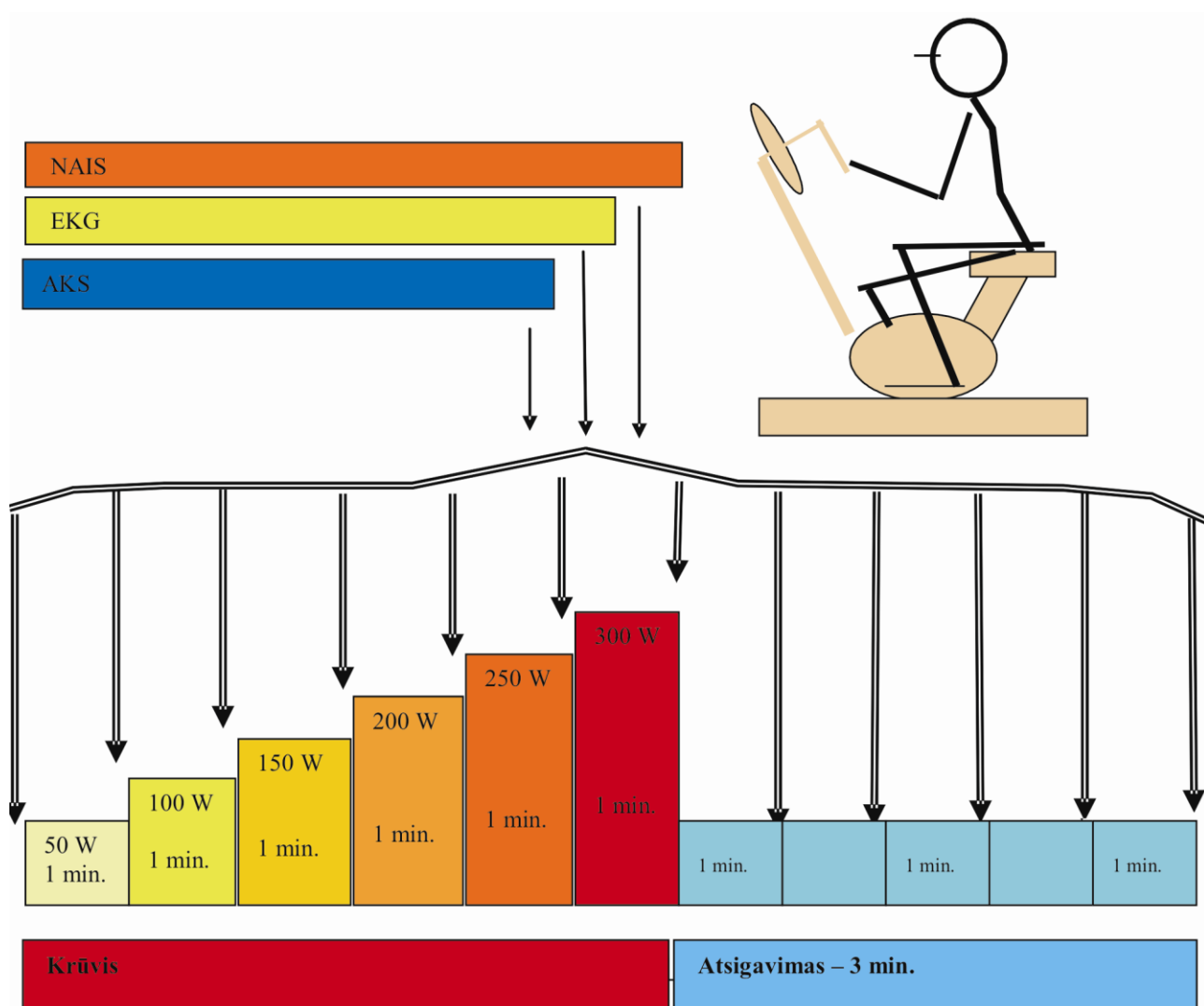


2 pav. ŠKS funkcinį rodiklį registravimas veloergometrinių krūvių metu

3.3.5. Tyrimo protokolas

3.3.5.1. Pirmasis tyrimas: raumenų darbingumas, centrinių ir periferinių ŠKS funkcinį rodiklių pokyčiai pakopomis didėjančio fizinio krūvio iki ribinio metu.

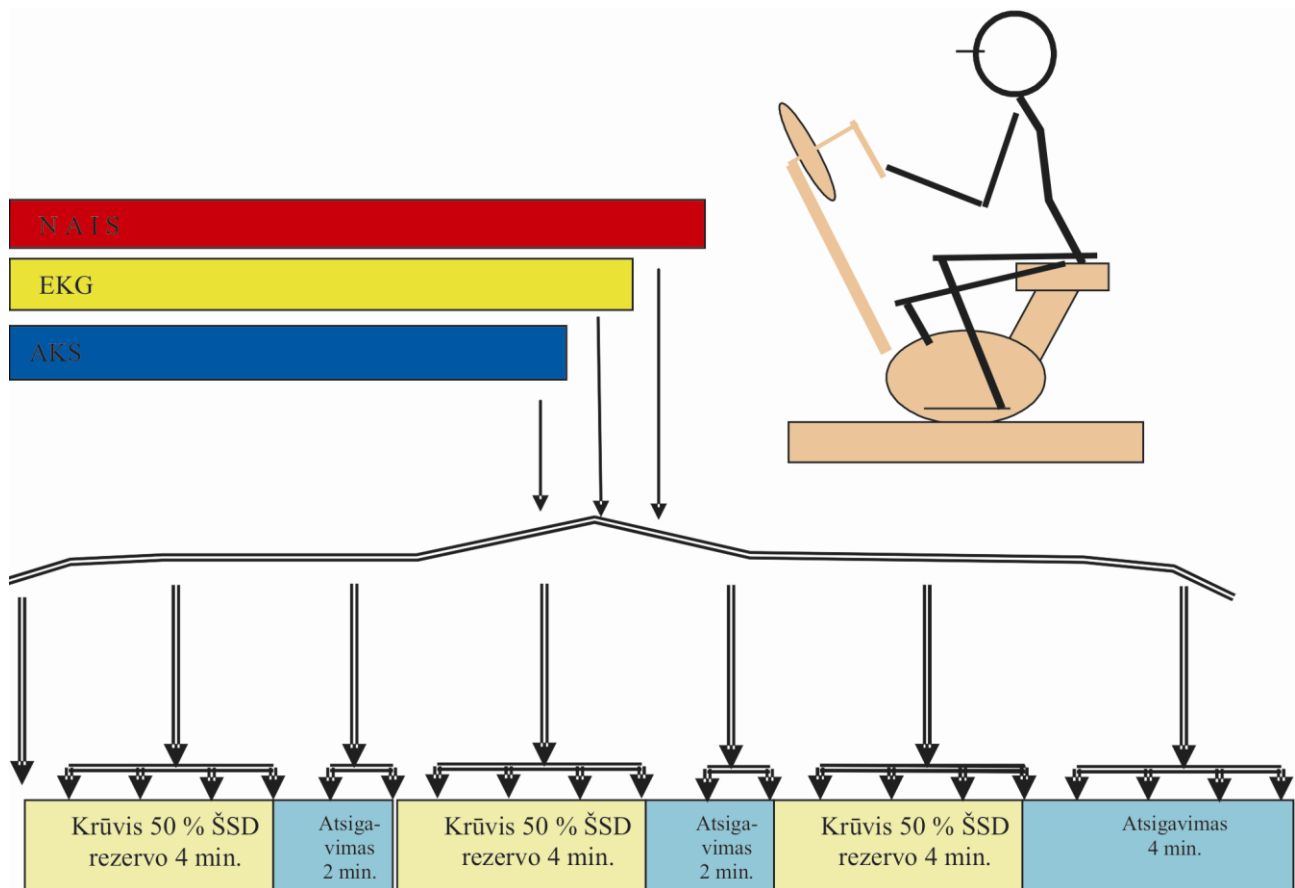
Šio tyrimo metu vertinome ŠKS funkcinį rodiklių pokyčių ypatybes kas vieną minutę, pakopomis didėjančio krūvio metu. Naudota veloergometrinio pakopomis didėjančio fizinio krūvio metodika (2 pav.). Pradinis krūvis – 50 W, o toliau krūvis didinamas po 50 W, laiptelio trukmė – 1 min., apsisukimų dažnis – 60 aps/min. Krūvis tęsiamas iki submaksimalaus širdies susitraukimų dažnio arba klinikinių požymių atsiradimo (Vainoras, Jaruševičius, 1996). AKS matavome ir EKG registravome laiptelio (minutės) pabaigoje. Deguonies išotinio pokytis raumenyje (*m vastus lateralis*) buvo registruojamas nepertraukiamai neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu. Po krūvio ŠKS rodikliai toliau registruojami pirmąsias tris atsigavimo minutes.



3 pav. ŠKS funkcinį rodiklių pokyčių kas minutę pakopomis didėjančio fizinio krūvio metu registravimo protokolo schema

3.3.5.2. Antrasis tyrimas: ŠKS funkcinių rodiklių pokyčių ypatybės pakartotinių aerobinių krūvių metu

Šio tyrimo metu vertinome ŠKS rodiklių pokyčių ypatybes pakartotinių aerobinių krūvių metu. Pagal pirmojo tyrimo (3.3.5.1. *ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiai pakopomis didėjančio fizinio krūvio iki ribinio metu*) duomenis kiekvienam tiriamajam buvo parinktas individualus krūvio dydis, t. y. nustatomas darbinis veloergometro galingumas, kuris atitinka 50 proc. kiekvieno tiriamojo širdies susitraukimo dažnio rezervo (Poderys, 2004). Šio tyrimo protokolo schema pateikiama 4 paveiksle.

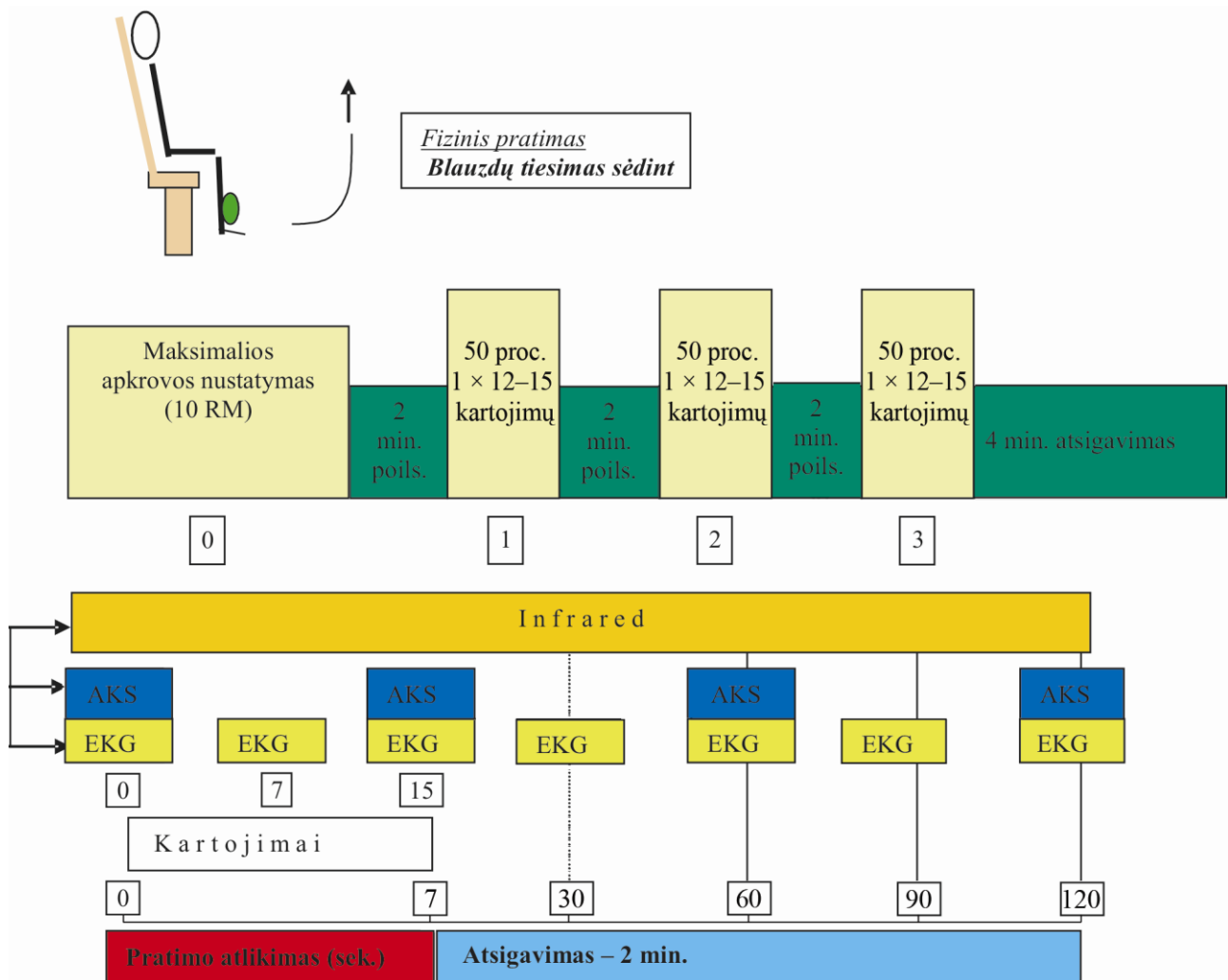


4 pav. Tyrimo pakartotinių aerobinių krūvių metu protokolo schema

Tiriamieji atliko tris aerobinius krūvius, sukdamį veloergometro pedalus 60 aps/min. Kiekvieno krūvio trukmė – 4 min., poilsio intervalai tarp krūvių – 2 min. EKG buvo registruojama kas 30 s, AKS – kas 1 min. Deguonies išotinio pokytis raumenyje (*m vastus lateralis*) buvo registruojamas nepertraukiamai neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu. Po paskutinio krūvio ŠKS rodikliai buvo toliau registruojami pirmąsias keturias atsigavimo minutes.

3.3.5.3. Trečiasis tyrimas: ŠKS funkcinių rodiklių pokyčių ypatybės lokaliųjų pakartotinių krūvių kojų raumenims lavinti metu

Šio tyrimo protokolo schema pateikiama 5 paveiksle.



5 pav. Tyrimo lokaliųjų pakartotinių krūvių kojų raumenims lavinti protokolo schema

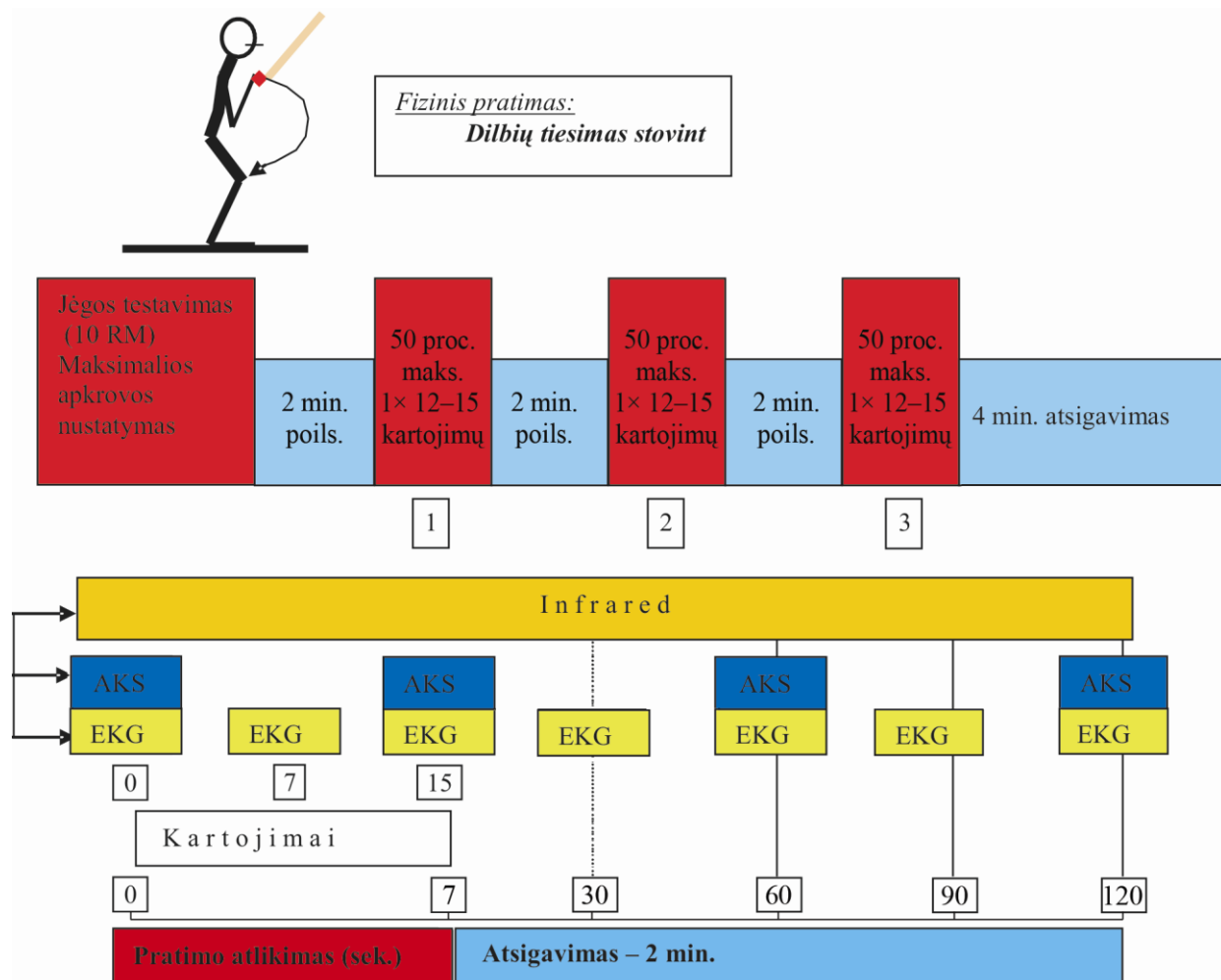
Tiriamieji atliko raumenų funkcinės grupės (blauzdos *tiesėjai*) pajėgumo įvertinimą ir tris lokaliuosius papakartotinius krūvius. Blauzdos tiesiamųjų raumenų pajėgumui įvertinti buvo panaudota raumenų jėgos ir ištvermės tarpusavio priklausomybė paremta, pagalbine „Maksimalaus pakeliamo svorio nustatymas remiantis kartočių skaičiais“ lentele (Tutkus, 2004). Tiriamajam buvo parinktas svoris, su kuriuo tiriamasis gebėjo atlikti iki 10 judesių (*blauzdos tiesimas sėdint treniruoklyje*) ir pagal šią lentelę nustatytas maksimalus tikėtinas svoris. Tolesniam tyrimui kiekvienam tiriamajam apskaičiuotas individualus – 50 proc. nuo maksimalaus svoris.

Tiriamieji atliko tris lokaliuosius krūvius (*blauzdos tiesimas*). Judesys atliekant tiesimą – 2 sek. ir grįžimas į pradinę padėtį (*blauzdos lenkimo judesys*) – 2–3 sek., kartočių skaičius – 12–15, serijų skaičius – 3. Poilsio intervalai tarp krūvių – 2 min. EKG buvo registruojama prieš pratimo atlikimą, 6–7 judesio metu, iškart baigus ir kas 30 sek poilsio metu. AKS matuojamas prieš pratimo

atlikimą, iškart baigus – kas 1 min. poilsio metu. Deguonies įsotrinimo kitimas raumenyje (*m vastus lateralis*) buvo registruojamas nepertraukiamai neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu. Po paskutinio krūvio ŠKS rodikliai buvo toliau registruojami pirmąsias keturias minutes.

3.3.5.4. Ketvirtasis tyrimas: ŠKS funkcinį rodiklių pokyčių ypatybės lokaliųjų pakartotinių krūvių rankų raumenims lavinti metu.

Šio tyrimo protokolo schema pateikiama 6 paveiksle.



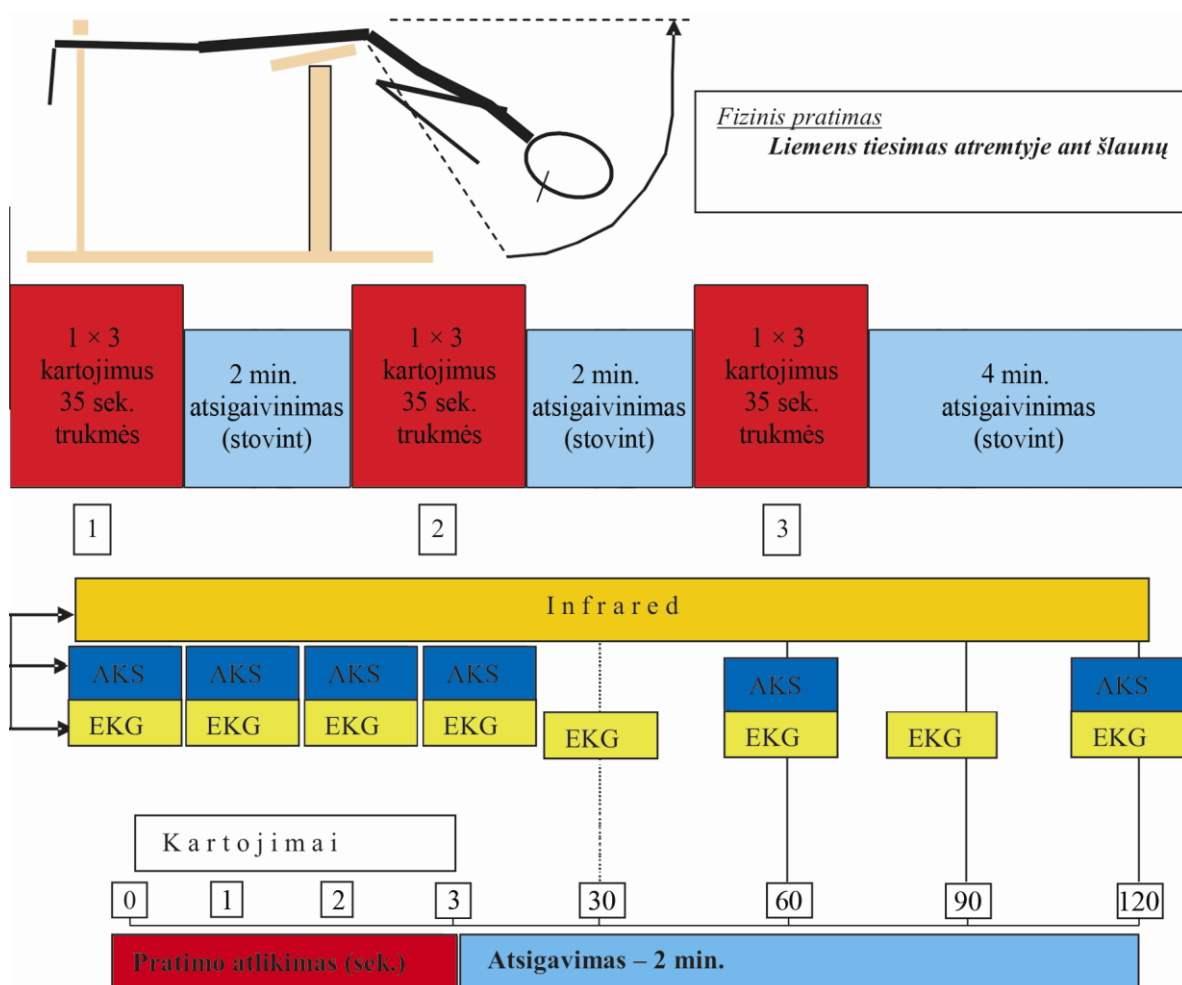
6 pav. Tyrimo lokaliųjų pakartotinių krūvių rankų raumenims lavinti protokolo schema

Tiriamieji atliko raumenų funkcinės grupės (*dilbio tiesėjai*) pajėgumo vertinimą ir tris lokaliuosius pakartotinius krūvius. Dilbio tiesiamųjų raumenų pajėgumui įvertinti buvo panaudota raumenų jėgos ir ištvermės tarpusavio priklausomybė paremta, pagalbine „Maksimalaus pakeliamo svorio nustatymas remiantis kartojimų skaičiais“ lentelė (Tutkus, 2004). Tiriamajam buvo parinktas svoris, su kuriuo jis gebėjo atlikti iki 10 judesių (*dilbio tiesimas stovint*) ir pagal šią lentelę nustatytas maksimalus tikėtinas svoris. Tolesniam tyrimui kiekvienam tiriamajam apskaičiuotas individualus – 50 proc. nuo maksimalaus svoris.

Tiriamieji atliko tris lokaliuosius krūvius (*dilbio tiesimas*). Judesys atliekant tiesimą – 2 sek. ir grįžimas ir pradinę padėtį (*dilbio lenkimo judesys*) – 2 sek. Poilsio intervalai tarp krūvių – 2 min. EKG buvo registruojama prieš pratimo atlikimą, 6-7 judesio metu, iškart baigus ir kas 30 sek. poilsio metu, AKS matuojamas prieš pratimo atlikimą, iškart baigus – kas 1 min. poilsio metu, deguonies įsotinimo pokytis raumenyje (*m. triceps brachii*) buvo registruojamas nepertraukiamai neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu. Po paskutinio krūvio ŠKS rodikliai buvo toliau registruojami pirmąsias keturias minutes.

3.3.5.5. Penktasis tyrimas: ŠKS funkinių rodiklių pokyčių ypatybės, atliekant lokaliuosius pakartotinius krūvius nugaros raumenims lavinti

Šio tyrimo protokolo schema pateikiama 7 paveiksle.



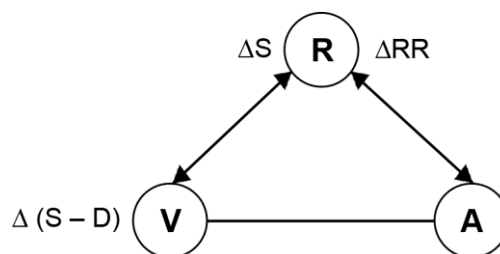
7 pav. Tyrimo lokaliųjų pakartotinių krūvių nugaros raumenims lavinti metu protokolo schema

Tiriamieji atliko tris krūvius nugaros raumenims lavinti – pratimas liemens tiesimas atremtyje ant šlaunų treniruoklyje. Judesys, atliekant liemens tiesimą – 10 sek. ir grįžimas ir pradinę padėtį (*liemens lenkimo judesys*) – 20–25 sek. Poilsio intervalai tarp krūvių – 2 min., tiriamajam stovint. EKG buvo registruojama prieš pratimo atlikimą, pradinėje padėtyje pasibaigus kiekvienam nusilen-

kimo judesiui, iš kart baigus pratimą ir kas 30 sek poilsio metu, AKS buvo registruojama prieš pratimo atlikimą, iškart baigus pratimą ir kas 1 min. poilsio metu, stovint. Deguonies įsotinimo pokytis raumenyje (*m. erector spinae*) buvo registruojamas nepertraukiamai neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu. Po paskutinio krūvio visi ŠKS rodikliai buvo toliau registruojami pirmąsias keturias minutes tiriamajam stovint.

3.3.6. Statistika ir rezultatų vertinimai

ŠKS rodiklių pokyčių ypatybes vertinome panaudodami organizmo funkcinės būklės vertinimo modelį (8 pav.), suteikiančiu galimybę integruotai ir atskirai vertinti trijų esminių organizmo funkcinų sistemų rodiklius: **R** – reguliacinių; **V** – vykdančiųjų (raumenyno) ir **A** – aprūpinančiųjų. Išsamus taikyto modelio panaudojimo aprašymas buvo pateikiamas keliose publikacijose (Vainoras, 1996; 2002; Vainoras ir kt., 2005).



8 pav. Organizmo funkcinės būklės įvertinimo modelis

Vertinant tyrimų duomenis be absoliučių rodiklių reikšmių buvo apskaičiuojamas ir ŠKS funkcinų rodiklių pokyčių laipsnis, skaičiuojant :

$$\Delta = i_n - i_{(n-1)},$$

čia i_n – rodiklio reikšmė; $i_{(n-1)}$ – buvusi rodiklio reikšmė (prieš tai atlikto matavimo).

Siekdami apibendrinti visų penkių atliktų tyrimų duomenis, palyginome ir viename grafike pateikėme tiriamųjų, suskirstytų į pogrupius, rodiklių vidurkius, pokyčių krūvio ir atsigavimo absoliučias reikšmes. Tiriamieji buvo suskirstyti į du pogrupius pagal pirmajame tyrime registruotas StO_2 pokyčių ypatybes:

A – kai, atliekant pakopomis didėjančią krūvį, užfiksuotas StO_2 mažėjimas krūvio eigoje, tačiau galiniuose krūvio etapuose pradėdavo didėti.

B – kai pakopomis didėjančio krūvio metu StO_2 kreivė leidosi žemyn iki krūvio pabaigos.

Kitas tiriamųjų skirstymo į du pogrupius požymis buvo:

1 – tiriamieji pirmojo tyrimo metu gebėję atlikti apkrovą 250 W ir daugiau (*didesnio fizinio darbingumo pogrupis*).

2 – tiriamieji pirmojo tyrimo metu gebėję atlikti apkrovą mažiau nei 250 W (*mažesnio fizinio darbingumo pogrupis*).

Tyrimo duomenys buvo vertinti pasinaudojant statistiniu SPSS paketu. Visais atvejais apskaičiuotas rodiklių aritmetinis vidurkis ($\bar{x}$) ir standartinis nuokrypis (s), aritmetinio vidurkio paklaida (s_x). Nustatant rodiklių rezultatų vidurkių skirtumo patikimumą taikytas dvipusis priklausomų imčių Mann-Whitney-Wilcoxon Z-kriterijus. Patikimas skirtumas tarp lyginamųjų dydžių buvo tada, kai paklaida neviršydavo 5 proc., t. y. $p < 0,05$. Taip pat buvo nustatomas ryšio tarp atskirų rodiklių stiprumas pagal Spearmano neparametrinį koreliacijos koeficientą.

4. TYRIMŲ REZULTATAI

4.1. *Pirmas tyrimas: Raumenų darbingumas, centrinių ir periferinių ŠKS funkcinių rodiklių pokytis pakopomis didėjančio fizinio krūvio iki ribinio metu*

Atlikdamas testą, tiriamasis turėjo minti veloergometrą, įveikdamas kas minutę vis didinamą krūvį po 50 W iki 300 W apkrovos, tačiau ne visi sugebėjo tokią apkrovą pasiekti, todėl baigdavo darbą ties 200 W ar tik 150 W apkrova. Iš 27 tiriamųjų iki 150 W galingumo krūvio pakopos darbą tęsė trys tiriamieji; 10 tiriamųjų gebėjo tęsti krūvį iki 200 W; dar 12 tiriamųjų – iki 250 W ir tik du tiriamieji pasiekė ir baigė krūvį esant 300 W apkrovai.

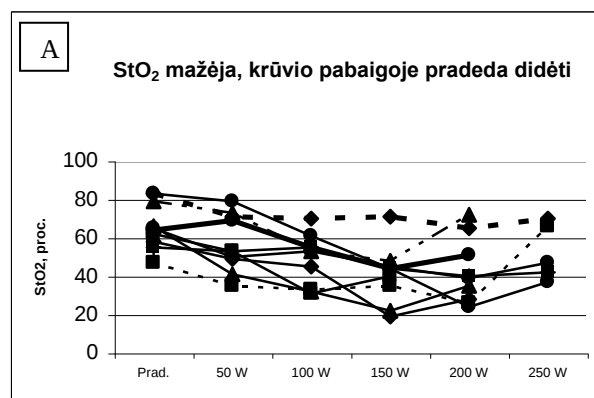
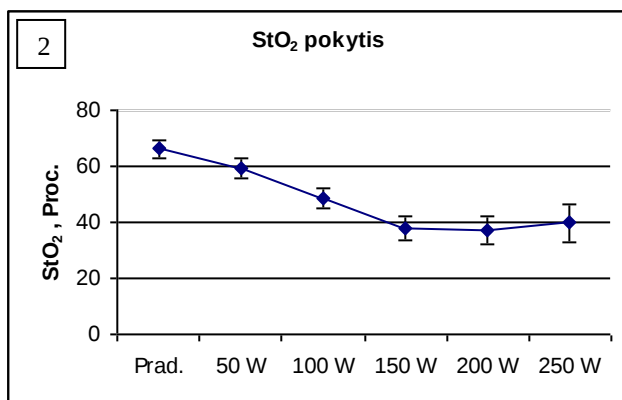
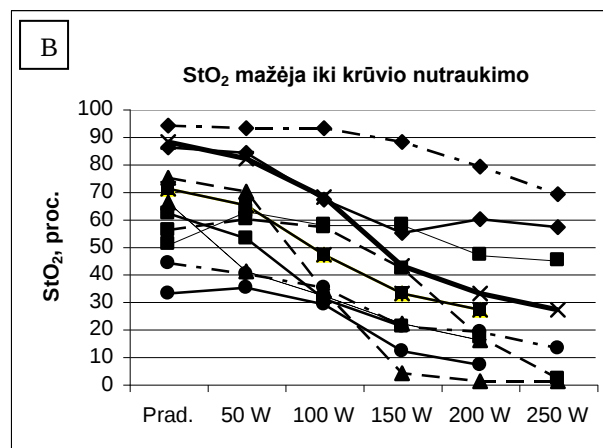
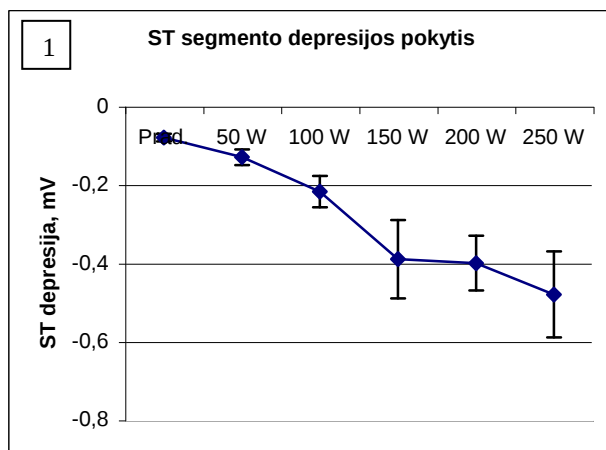
Širdies ir kraujagyslių sistemos esminių funkcinių rodiklių: ŠSD, ST dislokacija bei StO_2 kitimas pakopomis kas minutę didėjančio krūvio veloergometru metu pateikiamos 4.1.1 lentelėje. Šioje lentelėje pateiktų EKG rodiklių vidutiniai dydžiai reikšmingai nesiskyrė nuo kitų tyrėjų pateikiamų analogiškų duomenų, kai būdavo tiriami sveiki nesportuojantys žmonės (A.Vitartaitė 2000, A.Šilanskienė 2003, R.Žumbakytė 2006). ŠSD didėjo su kiekviena nauja krūvio pakopa, atitinkamai, kai krūvis tapdavo sunkus – didėjo ST-segmento depresija. Tyrimas parodė, kad didžiausia ŠSD reikšmė buvo užregistruota, kai tiriamieji suko veloergometro pedalus esant maksimaliam krūviui (ŠSD vidutiniškai buvo $163 \pm 5,45$ tv/min.), ST-segmento depresija – $0,48 \pm 0,11$ mV buvo giliausia taip pat esant maksimaliam krūviui. Šio, maksimalaus pokyčio, neužfiksavome StO_2 dydžiui esant maksimaliam krūviui. Jo kitimas, mažėdamas krūvio eigoje, galiniuose etapuose lyg ir sustodavo arba pradėdavo didėti. Didėjant fiziniam krūviui StO_2 kreivė rodė didelį deguonies kiekio dirbančio šlaunies keturgalvio raumens lateralinėje galvoje mažėjimą. Jeigu prieš krūvį StO_2 buvo vidutiniškai $66,30 \pm 3,30$ proc., tai tiriamiesiems sukančiais veloergometro pedalus esant 200 W krūviui – $37,05 \pm 4,74$ proc. Siekdami išsamiau ištirti tiriamuosius, juos suskaidėme į skirtingas grupes pagal du kriterijus: 1) pagal pasiektą galingumą (stipresni – 1 grupė, mažesni galingumą pasiekę – 2 grupė); 2) pagal StO_2 dinamiką galiniuose krūvio etapuose (A grupė – joje StO_2 didėjo galiniuose krūvio etapuose, B grupė – joje StO_2 mažėjo visuose krūvio etapuose). Lentelėje 4.1.1 pateikti šių keturių grupių duomenys.

4.1.1 lentelė. ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiai, atliekant pakopomis didėjančią krūvį veloergometru bei atsigavimo metu

Tyrimo etapai	ŠSD (tv./min.)	ST-segmento depresija (suma, mV)	StO ₂ (proc.)
Prieš krūvį	86,54 ± 2,46	-0,08 ± 0,01	66,30 ± 3,30
50 W krūvis	104,35 ± 2,34	-0,13 ± 0,02	59,35 ± 3,54
100 W krūvis	120,20 ± 2,44	-0,218 ± 0,04	48,61 ± 3,54
150 W krūvis	138,60 ± 2,81	-0,39 ± 0,10	37,65 ± 4,14
200 W krūvis	154,83 ± 2,87	-0,40 ± 0,07	37,05 ± 4,74
250 W krūvis	162,63 ± 5,45	-0,48 ± 0,11	39,69 ± 6,79
Po 1 min. poilsio	130,15 ± 3,81	-0,23 ± 0,04	76,30 ± 2,89
Po 2 min. poilsio	120,96 ± 3,12	-0,22 ± 0,04	80,04 ± 2,67
Po 3 min. poilsio	112,44 ± 3,43	-0,24 ± 0,05	84,32 ± 2,48

Manoma, jog StO₂ mažėjimo sulėtėjimas tam tikru krūvio etapu rodo skeleto raumenų specifinį sinergetinį santykį su centrine hemodinamika palaikančio širdies miokardo funkcija, o tai įgalina palaikyti kuo aktyvesnę centrinę hemodinamiką. Manytume, jog tai galėtų būti siejama su raumenų metabolizmo tipo pokyčiu, galbūt, skirtinga kapiliarizacija arba veikiančių sistemų skirtingomis dinaminėmis charakteristikomis.

Šio tyrimo duomenų analizė parodė, kad visos grupės funkcinių rodiklių dydžių vidurkiai slepia glūdinčią informaciją apie rodiklių (*mūsų atveju – centrinių ir periferinių*) sąsajas ir jų kitimo ypatybes. 4.5 paveiksle pirmu ir antru numeriais pažymėtos kreivės rodo kaip kito elektrokardiogramos ST segmento ir StO₂ reikšmės. Didėjant fiziniam krūviui StO₂ kreivė rodė didelį deguonies kiekio dirbančio šlaunies keturgalvio raumens lateralinėje galvoje mažėjimą. Jeigu prieš krūvį StO₂ buvo vidutiniškai 66,30 ± 3,30 proc., tai tiriamiesiems sukant veloergometro pedalus esant 200 W krūviui – 37,05 ± 4,74 proc.



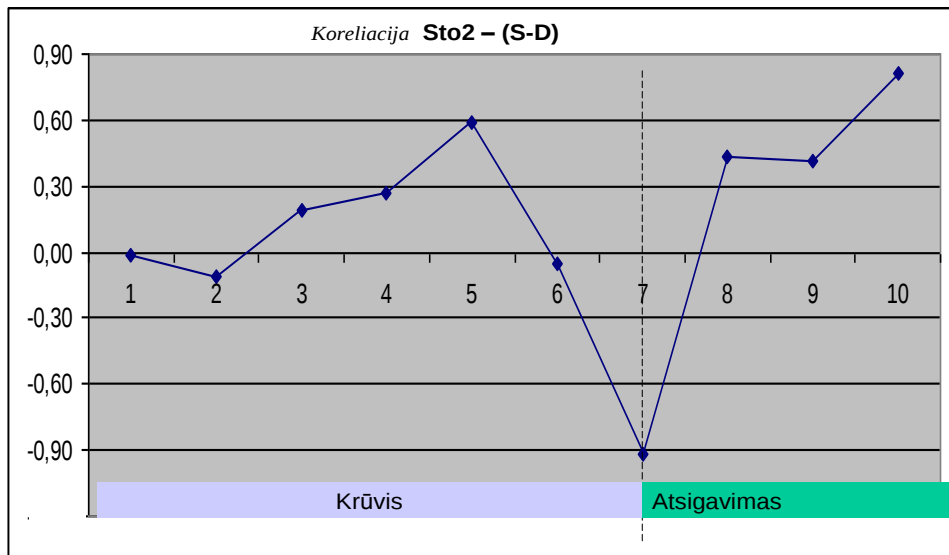
4.1.1 pav. Deguonies išotinio šlaunies keturgalvio raumens lateralinėje galvoje ir elektrokardiogramos ST segmento depresijos kitimas, atliekant pakopomis didėjančią krūvį велоergometru

1 ir 2 – suvidurkinti tiriamųjų grupės duomenų vidurkiai; B – pavyzdžiai, kai StO₂ mažėja iki krūvio pabaigos; A – pavyzdžiai, kai StO₂, atliekant paskutiniuosius krūvio велоergometru pakopas, pradeda didėti.

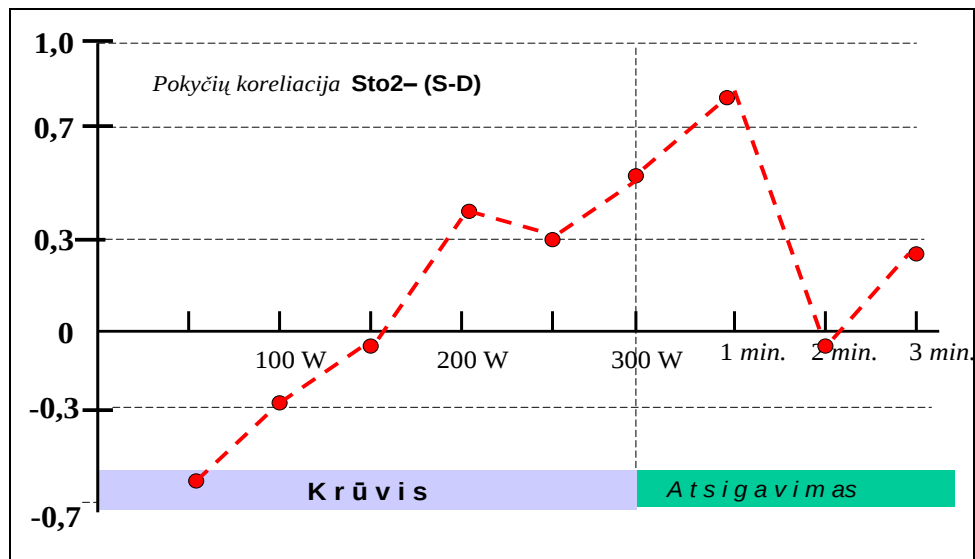
Jeigu vertinti individualius StO₂ pokyčius, tai būtina pažymėti, kad tokia StO₂ mažėjimo tendencija visiems tiriamiesiems buvo užregistruota tik iki tam tikro krūvio sunkumo. Kai krūvis tapo subjektyviai sunkus išryškėjo individualios šio rodiklio kitimo ypatybės.

Šiuo požiūriu tiriamuosius buvo galima suskirstyti į du pogrupius: b – tiriamieji, kai StO₂ mažėjimas tęsėsi iki krūvio pabaigos (4.1.1 paveiksle b pažymėtos kreivės); a – tiriamieji, kai StO₂ mažėjo, bet krūvio pabaigoje pradėjo didėti (paveiksle a pažymėtos kreivės).

Atlikus koreliacinę analizę, atskleidė šie dėsningumai. Pirma, jeigu vertinti koreliacija tarp deguonies išotinio ir AKS pulsinės amplitudės absoliučių reikšmių įvairias tyrimo momentais, atliekant pakopomis didėjančią krūvį (4.6 pav.), tai didėjant ir subjektyviai sunkėjant krūviui koreliacija didėjo ir tapo statistiškai reikšminga, tačiau vėliau ji sumažėjo (nebuvo), o atliekant paskutinį krūvio pakopą – tapo neigiama.



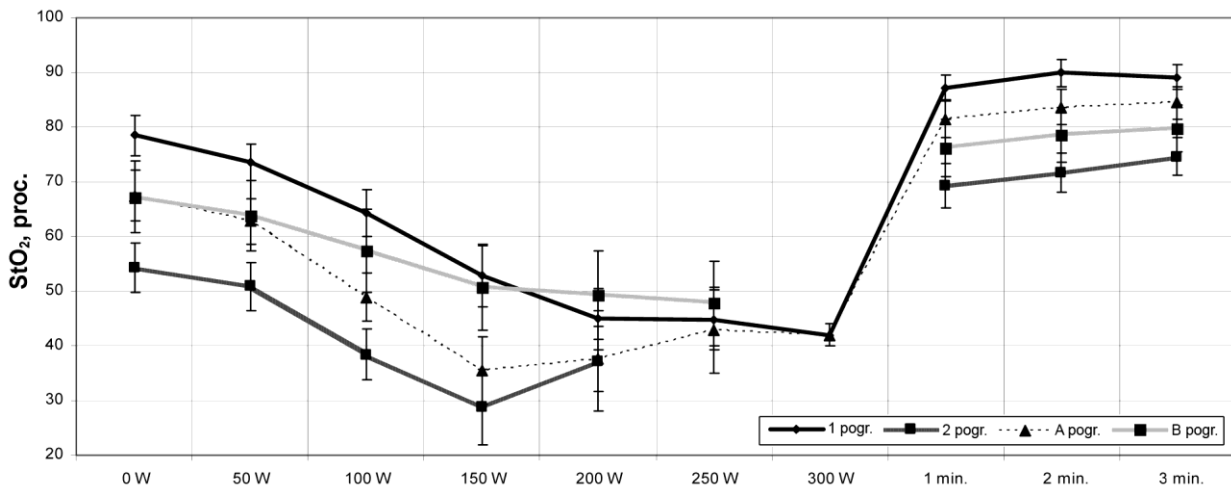
4.1.2 pav. Koreliacija tarp deguonies įsisotinimo ir AKS pulsinės amplitudės absoliučių reikšmių įvairiais tyrimo momentais, atliekant pakopomis didėjančią krūvį



4.1.3. pav Koreliacija tarp deguonies įsisotinimo ir AKS pulsinės amplitudės reikšmių pokyčių įvairiais tyrimo momentais, atliekant pakopomis didėjančią krūvį

4.1.3 paveiksle pateikiama koreliacija tarp deguonies įsisotinimo ir AKS pulsinės amplitudės reikšmių pokyčių įvairiais tyrimo momentais, atliekant pakopomis didėjančią krūvį. Tarp vertinamų rodiklių pokyčių, pradėjus fizinę krūvį (50 W) buvo atvirkštinė reikšminga koreliacija ($r = -0,63$, $p < 0,05$). Vadinasi, kuo daugiau padidėjo AKS pulsinė amplitudė, tuo mažiau kito StO_2 . Didėjant krūviui koreliacijos reikšmės kito, ėgijo teigiamą ženklą ir didžiausios reikšmės buvo rastos po vienos atsigavimo minutės ($r = 0,78$, $p < 0,05$).

Toliau analizuojant gautus tyrimo duomenis, prisilaikoma schemos, kai rezultatai pateikiami suskirsčius tiriamuosius į pogrupius –1 ir 2 (pagal pasiektą galingumą) bei A ir B (pagal deguonies desaturacijos ypatybes) pirmajame tyrime.

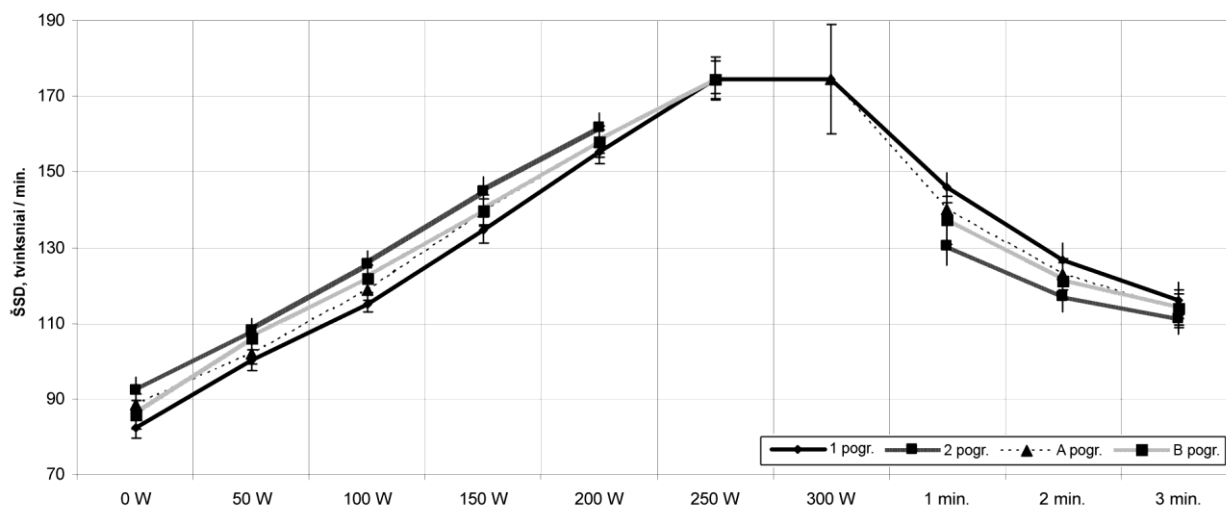


4.1.4 pav. StO_2 kitimas 1 ir 2 bei A ir B pogrupiuose, pakopomis didėjančio krūvio metu

4.1.4 paveiksle pateikiamas deguonies išsotrinimo (StO_2) 1 ir 2 bei A ir B pogrupiuose pakopomis didėjančio krūvio metu kitimas šlaunies keturgalvio raumens lateralinėje galvoje. Pogrupių pagal galingumą grafikuose aiškiai matomas pradinio deguonies išsotrinimo lygio skirtumas tarp 1 ir 2 pogrupio tiriamųjų, kuris išlieka beveik nepakitęs viso tyrimo metu ir, matyt, yra vienas lemiančių veiksnių, ribojančių pasiekiamą galingumą.

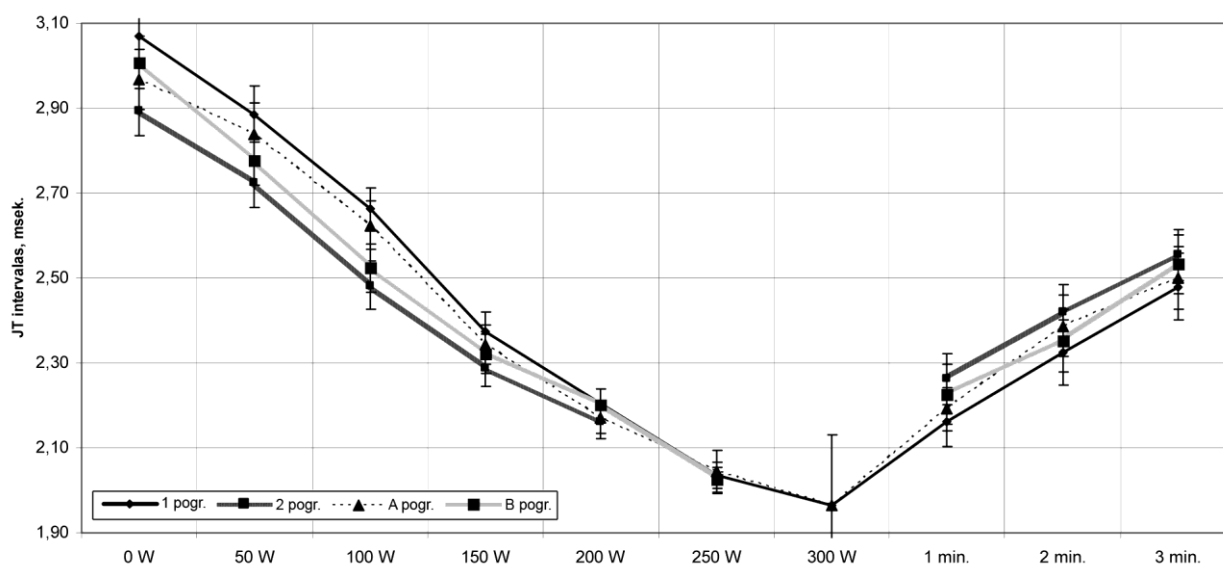
A ir B pogrupių grafikuose pradinio deguonies išsotrinimo lygio skirtumo neustatyta, tačiau jis atsiranda didėjant apkrovai, išliekant tikslinei veiklos nuostatai ir, esant lygioms arba panašioms kitų rodiklių reikšmėms (4.1.1 lentelė), galbūt, tai kompensacinių mechanizmų pasireiškimas ir StO_2 augimas jau nuo 150 W krūvio. Šio rodiklio dinamika netgi atsigavimo pradžioje skiriasi – didesnė A pogrupyje ir mažesnė B pogrupyje.

4.1.5 paveiksle pateikiamas ŠSD kitimas, atliekant pakopomis kas minutę didėjančią krūvį veloergometru, 1 ir 2 bei A ir B tiriamųjų pogrupiuose, išskirtuose pagal pasiektą maksimalų galingumą ir deguonies išsotrinimo ypatybes. Kaip pastebėta ir kitų autorių (Žumbakytė, 2006), didžiausias ŠSD reikšmės nustatytos asmenys 2 grupės tiriamiesiems, kurie išvystė mažiausią galingumą veloergometrinio krūvio metu. Mažiausi ŠSD dydžiai nustatyti 1 grupės tiriamiesiems, pasiekusiems didžiausią galingumą.



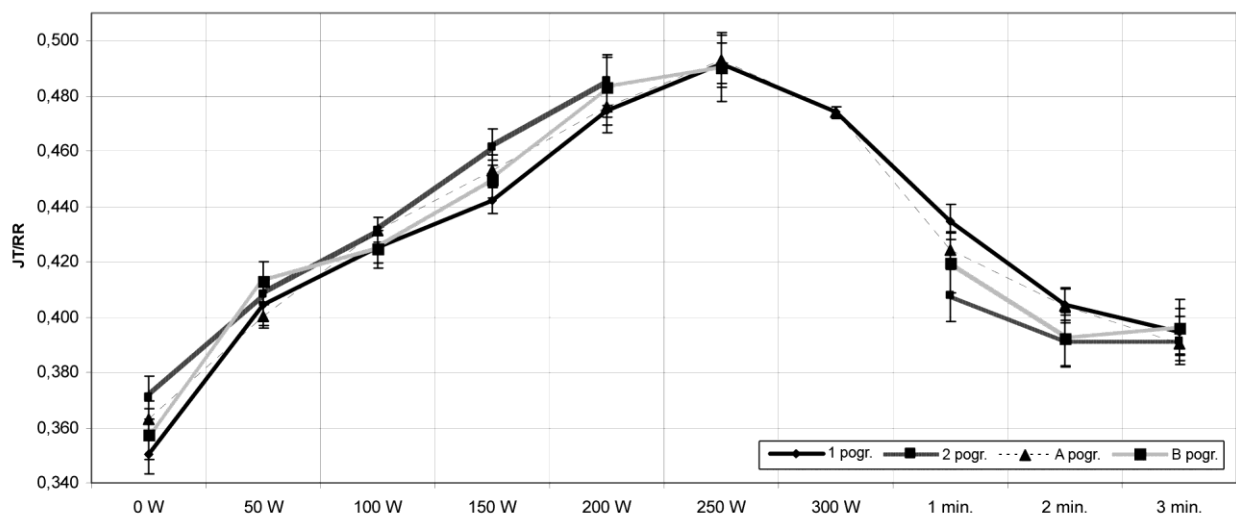
4.1.5 pav. ŠSD kitimas 1 ir 2 bei A ir B pogrūpiuose, pakopomis didėjančio krūvio metu

4.1.6 paveiksle pateikiamas elektrokardiogramos JT intervalo kitimas pakopomis didėjančio kas minutę krūvio veloergometru metu. JT intervalo trukmė (paveiksle, Y ašyje pateikiamos JT intervalų suma 12-oje derivacijų) buvo trumpiausia, kaip ir ŠSD didžiausias silpnėsniame, 2 pogrūpyje, tačiau šis dydis kinta su priešingu ženklu, t. y. trumpėjo. A ir B pogrūpiuose JT intervalo kitimas panašus. Siejant šio parametro trumpėjimą su širdies miokardo metabolizmu (Vainoras, 1996), logiška manyti, jog stipresni treniruoti žmonės pajėgia išvystyti greitesnį metabolizmą širdyje ir didesnius širdies kraujagyslių sistemos pajėgumus, 1 pogrūpis, analogiškai tą pačią savybę pastebėjome ir A grupėje, kurios tiriamieji geba išvystyti didesnę sinergizmą tarp raumenų ir širdies kraujagyslių sistemos.

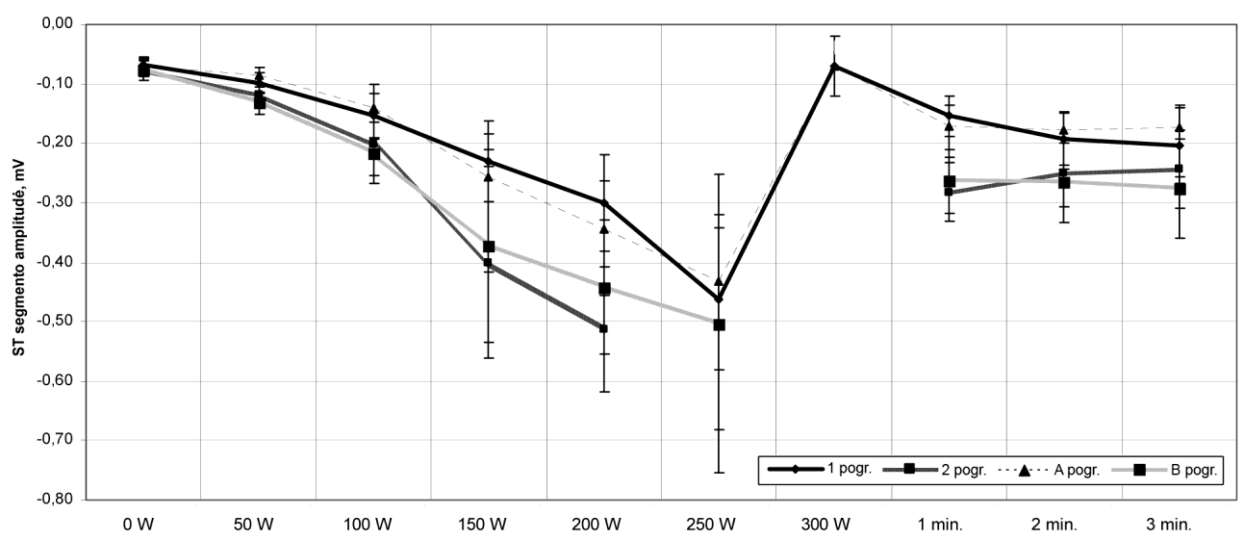


4.1.6 pav. Elektrokardiogramos JT intervalo kitimas 1 ir 2 bei A ir B pogrūpiuose pakopomis didėjančio krūvio metu

Vertinant širdies vystomą (santykinį) pajėgumą pagal mūsų pasirinktą modelį (8 ir 1 pav.) maksimaliam hemodinaminiam darbui atlikti reikalingas maksimalus širdies įsijungimas ir tas maksimumas pagal JT/RR dydį visoms tirtoms grupėms yra beveik toks pat apie 0,49. Paveiksle 4.1.8 paveiksle pateikiamos ST segmento amplitudės dinamika. Pogrupiuose pagal galingumą nustatytas analogiškas kaip ŠSD ir JT intervalo kitimo tipas. Mažesnio pajėgumo tiriamųjų 2 pogrupio ST amplitudės kitimas greitesnis. Pogrupiuose pagal deguonies išotinio ypatybes B pogrupio ST amplitudės kitimas greitesnis ir pasiekia mažesnes reikšmes nei A pogrupyje, mažesne funkcinė išemija pasireiškiantys reiškiniai miokarde. 1 didesnio pajėgumo pogrupio ST amplitudės kito mažiau ir lėčiau. Taip pat jiems būdingas greitas ST renormalizavimosi procesas. Tai galimas greito organizmo sistemų persiorganizavimo iš „krūvio režimo“ į „atsigavimo režimą“ išraiška. Vėlesnė visų pogrupių atsigavimo dinamika panaši.

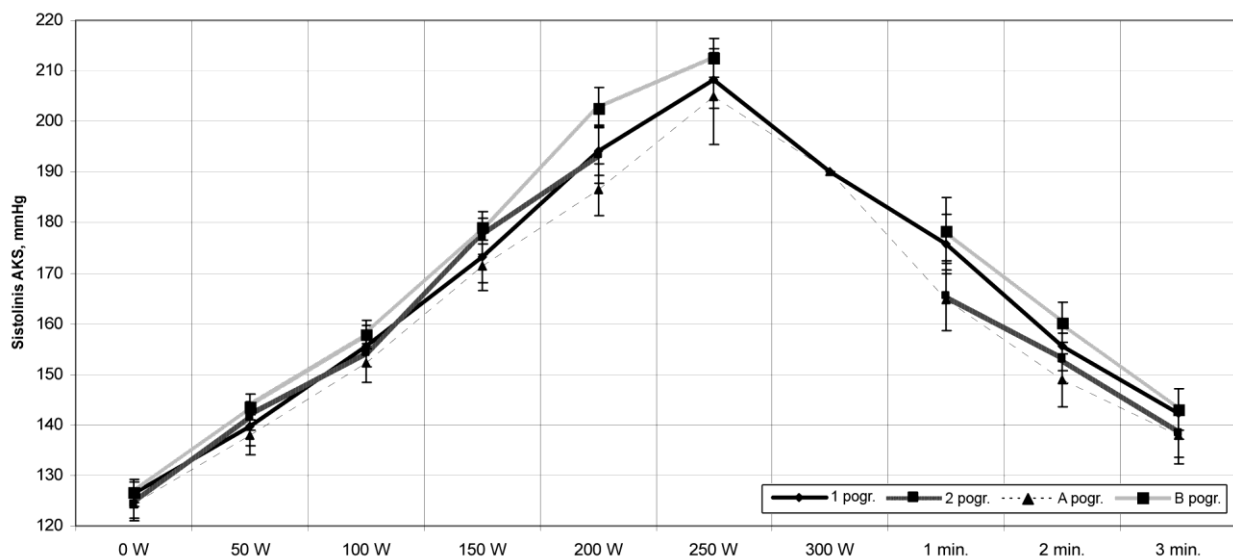


4.1.7 pav. Elektrokardiogramos intervalų santykio JT/RR kitimas 1 ir 2-ame bei A ir B pogrupiuose, pakopomis didėjančio krūvio metu



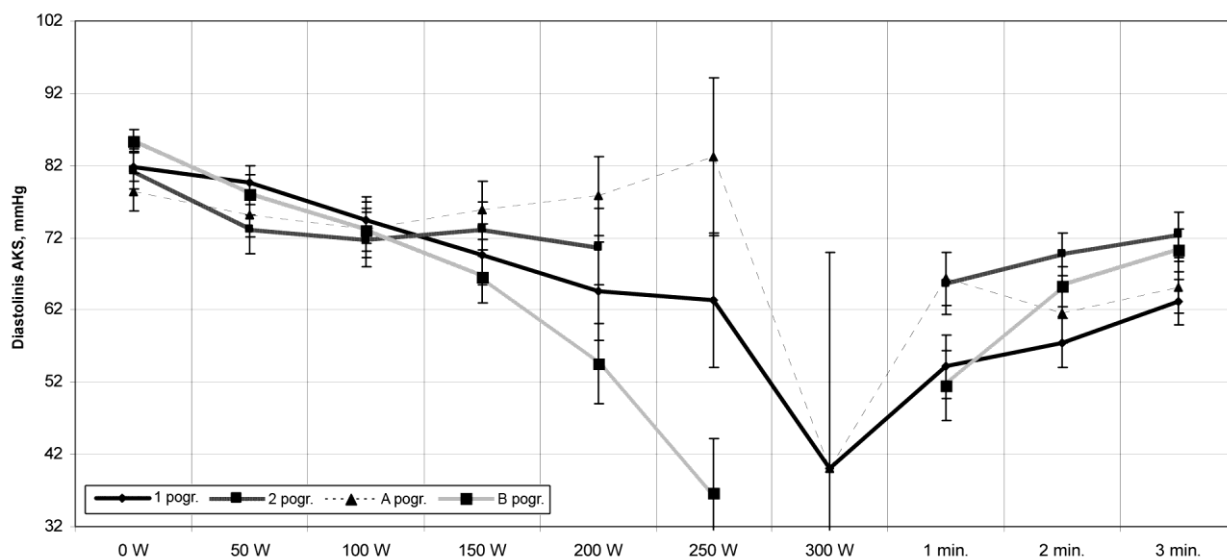
4.1.8 pav. Elektrokardiogramos ST-segmento (neigiamų amplitudžių suma 12-oje derivacijų) kitimas 1 ir 2-ame bei A ir B pogrupiuose, pakopomis didėjančio krūvio metu

4.1.9 paveiksle sistolinis AKS, panašiai kaip ir ŠSD įtakojamas simpatinės sistemos aktyvimosi krūvio metu, auga iki tam tikro maksimalaus dydžio. Vėlgi, panašiai kaip ST amplitudžių kitimo dinamikoje, matomas stabiliai mažesnį jo augimas A pogrupyje, gi B pogrupio kitimai buvo didžiausi viso krūvio eigoje, jų reakcija buvo hipertenziškiausia. Gali keistai atrodyti, jog esant 300 W krūviui sistolinis spaudimas sumažėja, realiai to sumažėjimo nebuvo nė vienam tiriamajam, tačiau šį galingumą išvystė tik keli tiriamieji ir jų sistolinis spaudimas buvo mažesnis.



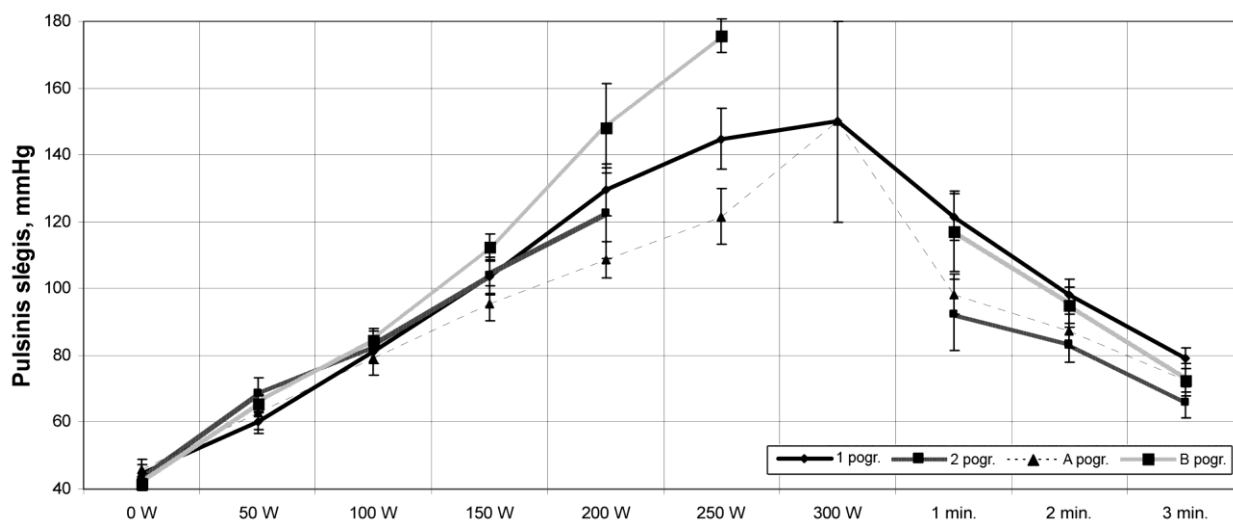
4.1.9 pav. Sistolinio AKS slėgio amplitudės kitimas 1 ir 2 bei A ir B pogrupiuose pakopomis didėjančio krūvio metu

Skirtingai nei sistolinis AKS matome diastolinio kraujo spaudimo įvairesnius pokyčius 4.1.10 paveiksle. Daugiau įtakojama periferinio pasipriešinimo bei kapiliarų tinklo struktūra, labiau sietina su periferijos savybėmis, ši dinamika labai priklauso nuo pasirinktų grupių savybių. A pogrupis vėlgi atrodo išskirtinai, šios grupės tiriamųjų diastolinis spaudimas krūvio pradžioje nežymiai sumažėja, o tai būdinga visiems tiriamiesiems (simpatinis aktyvumas drauge su raumeninių ląstelių metabolitais sukelia dilatacinius reiškinius dirbančioje periferijoje), tai normali fiziologinė reakcija, vėliau pradeda nežymiai didėti, o po krūvio vėl sumažėja, nors ne taip greitai kaip kitose grupėse. Ar šias savybes sąlygoja kapiliarinės struktūros ar dinaminės pokyčių charakteristikos sunku diferencijuoti, tačiau skirtumas tarp A ir B grupių diastolinio slėgimo dinamikoje krūvio metu ypač ryškus. B grupėje pastebėti pokyčiai daugiau panašūs į pirmąją stipresniųjų grupę. Tai lyg ir sietusi su turinčiais stipresnį raumenyną, didesnę jėgą išvystančiais žmonėmis. Antroji grupė, kurią sudaro vyresni žmonės ir pasižymi ištvermės savybių savo pokyčiais, vistiek panašėjo į A grupę.

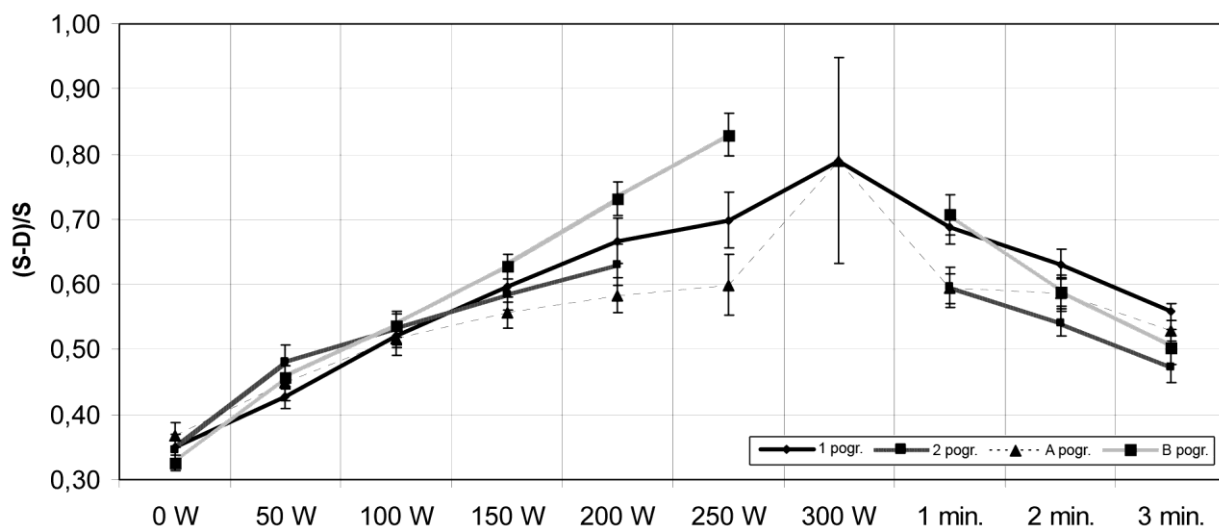


4.1.10 pav. Diastolinio slėgio amplitudės kitimas 1 ir 2 bei A ir B pogrūpiuose pakopomis didėjančio krūvio metu

4.1.11 paveiksle pateikiamas pulsinio slėgio amplitudės kitimas 1 ir 2 bei A ir B pogrūpiuose pakopomis didėjančio krūvio metu. Didėjant apkrovai, pastebėta didėjimo tendencija, tačiau B pogrūpyje jos greitis žymiai pranoksta A pogrūpio tiriamųjų rodiklių reikšmes ir labai tiksliai atitinka deguonies išotinio kompensacijos atsiradimą 4.1.1 paveiksle bei, 4.1.4 paveiksle. Kartu patvirtina periferinių kompensacinių mechanizmų įsijungimą, atliepianį į didėjančią poreikį ir senkančią centrinių mechanizmų rezervą. Pulsinis slėgis A grupėje viso krūvio metu buvo mažiausias ir šis skirtumas netgi didėjo didinant krūvį, ir todėl galima įtarti žymiai didesnę periferinių sistemų ekonomišumą netgi didelių krūvių metu.



4.1.11 pav. Pulsinio slėgio amplitudės kitimas 1 ir 2-ame bei A ir B pogrūpiuose, pakopomis didėjančio krūvio metu

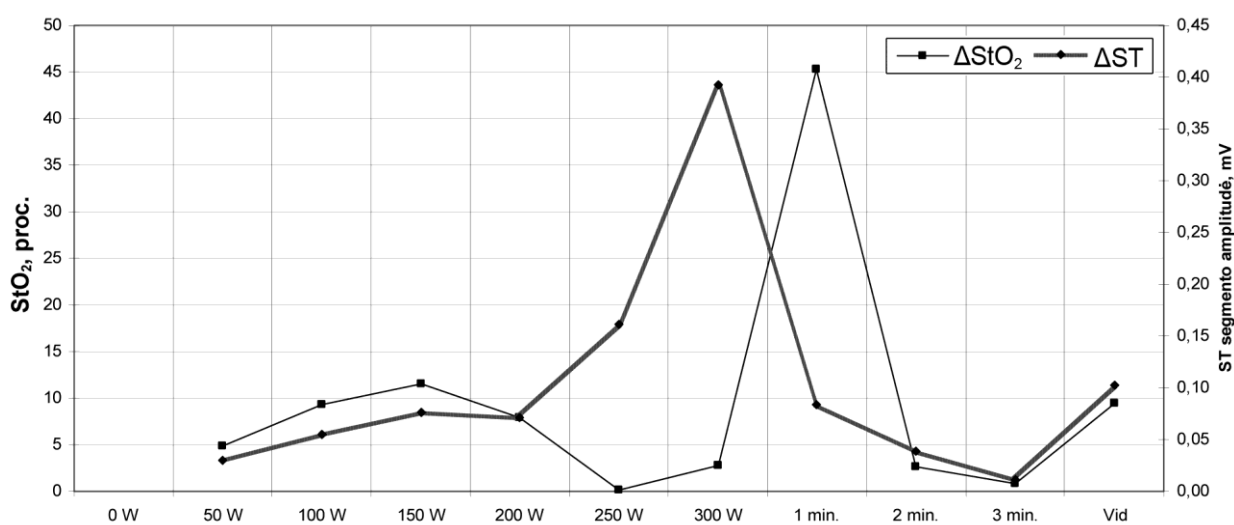


4.1.12 pav. Normalizuoto pulsinio slėgio amplitudės kitimas 1 ir 2 bei A ir B pogrupiuose pakopomis didėjančio krūvio metu

4.1.12 paveiksle pateikiamas normalizuoto pulsinio slėgio amplitudės kitimas krūvio metu.

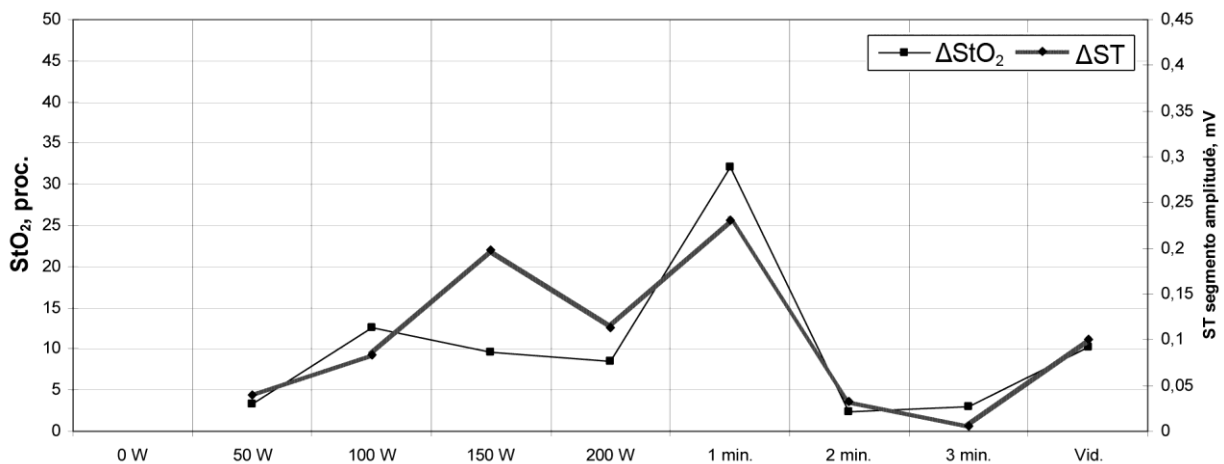
Pastaroji sietina su sąsaja tarp reguliacinių sistemų bei veikiančios periferijos (Žumbakytė, 2006; Kajėnienė, 2008), čia kaip minėta anksčiau, matomas A grupėje ribotumas didesnių krūvių metu. B grupėje tokio ribotumo nematome, gal dėl to joje ir pastebėti didžiausi ST amplitudės pokyčiai šioje grupėje 4.1.2 paveiksle.

Siekdami išsamiau panagrinėti raumeninių sistemų bei aprūpinančios širdies ir kraujagyslių sistemos sąsajas sugretinome StO_2 bei ST pokyčių greičius visose tiriamųjų grupėse. 4.1.13, 4.1.14, 4.1.15 ir 4.1.16 paveiksluose pateikiame 4.1.4 ir 4.1.8 paveiksluose pateiktų grafikų pokyčiai absoliutiniais dydžiais kiekvienos grupės atskirai. Kiekvieno grafiko kairėje parodyti StO_2 kitimo vienetai procentais, gi dešinėje parodyti ST kitimai mV, kadangi pateiktos absoliučiosios jų reikšmės dėl patogesnio skirtingų parametrų palyginimo, todėl matome tik teigiamas reikšmes.

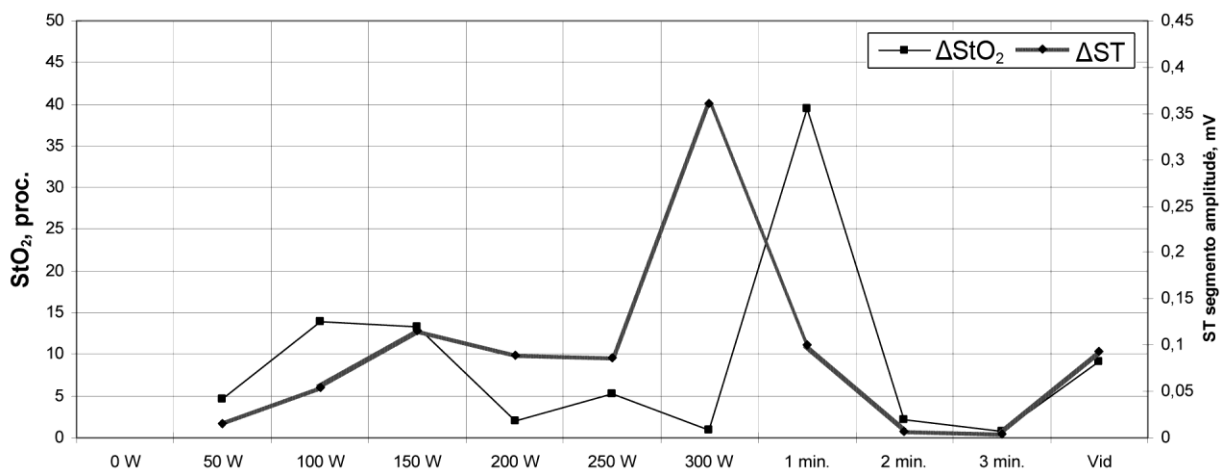


4.1.13 pav. 1 pogrupio deguonies išotrinimo bei ST segmento pokyčių absoliučios reikšmės pakopomis didėjančio krūvio metu

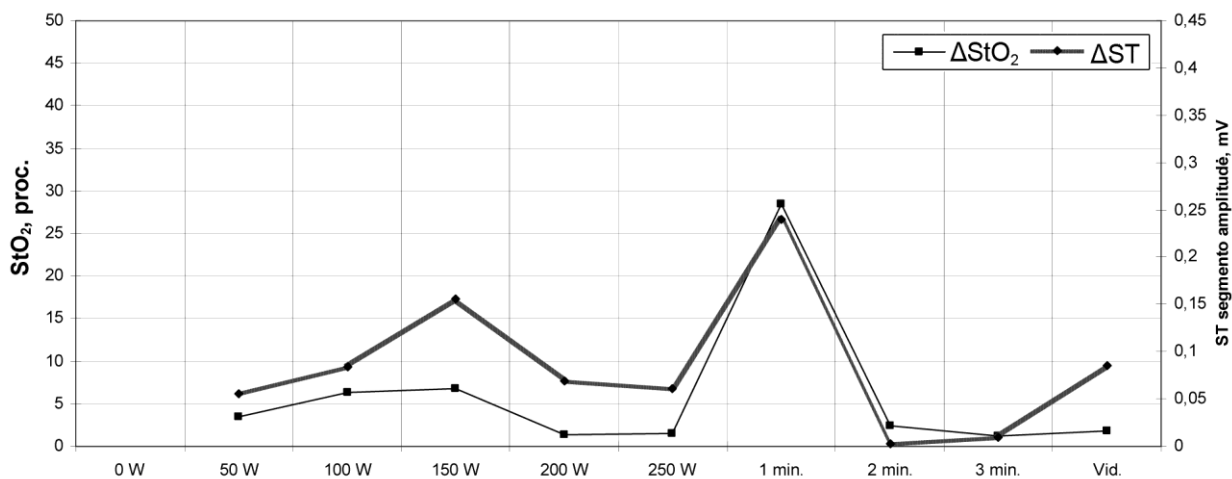
Dvejuose paveiksluose 4.1.13 bei 4.1.15 matome ST amplitudžių pokyčių fazinį skirtumą, postūmį deguonies išotinio atžvilgiu, kurį sukelia grupės duomenų vidurkių kitimo efektai, o maksimalų krūvį pasiekė tik keli tiriamieji. Šie postūmiai nėra esminiai kitimai grupėse. 4.1.13 paveiksle matome 1 pogrupio StO_2 ir ST kitimą, krūvio pradžioje didesni kitimo greičiai stebimi StO_2 dydžio, tačiau atsirandant didesniems ST kitimams (250 W), StO_2 kitimai tuoj pat sumažėja, lyg ir saugodami širdies funkcijos pajėgumus. Analogišką elgseną stebime ir A pogrupio pokyčiuose pateiktuose 4.1.15 paveiksle. Tik B kitimuose pogrupyje paminėtų efektų nestebėjome, o ir pati StO_2 pokyčių dinamika yra mažiausia, galima sakyti vangiausia (4.1.16 paveikslas).



4.1.14 pav. 2 pogrupio deguonies išotinio bei ST segmento pokyčių absoliučios reikšmės pakopomis didėjančio krūvio metu



4.1.15 pav. A pogrupio deguonies išotinio bei ST segmento pokyčių absoliučios reikšmės pakopomis didėjančio krūvio metu



4.1.16 pav. B pogrupio deguonies įsotrinimo bei ST segmento pokyčių absoliučios reikšmės pakopomis didėjančio krūvio metu

4.2. Antras tyrimas: ŠKS funkcinių rodiklių kitimo ypatybės pakartotinių aerobinių krūvių metu

Tiriamieji atliko tris pakartotinius aerobinius krūvius veloergometru, po pirmųjų dviejų krūvių tiriamieji ilsėjosi po dvi minutes, po paskutinio krūvio – 4 min. sėdėdami ant veloergometro. Analizuojant šio tyrimo duomenis, tiriamieji buvo suskirstyti pagal pirmojo tyrimo duomenis, t. y.:

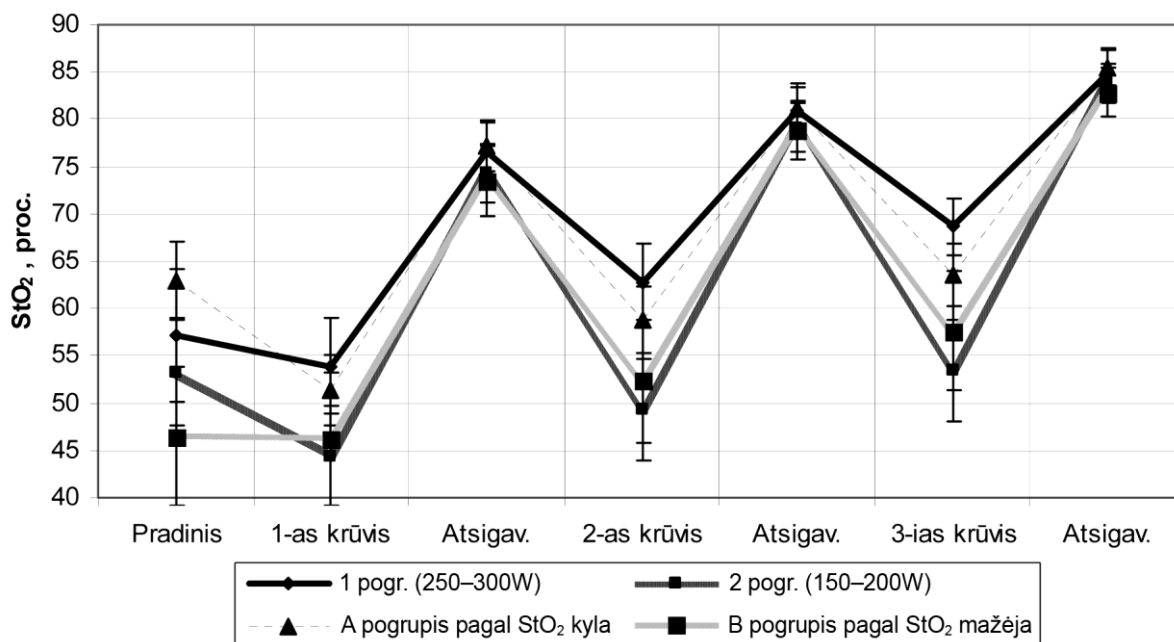
- pagal pasiektą galingumą į du pogrupius: 1 – pasiekusieji 250–300 W, 2 – pasiekusieji 150–200 W.
- Pagal deguonies įsotrinimo dinamikos (StO_2) krūvio pabaigoje ypatybes: A – krūvio pabaigoje kilo; B – mažėjo iki pat krūvio pabaigos.

Visų grupių tiriamųjų duomenys, analogiškai veloergometriniam tyrimui, pateikiamos 4.1 skyriuje, pateikiami 4.2 lentelėje. Šiuo tyrimu bandėme nusakyti pakartotinių krūvių metu nustatytų dydžių dinamiką.

4.2 lentelė. ŠKS funkcinių rodiklių kitimas pakartotinių aerobinių krūvių ir atsigavimo metu

Grupės	Visi	1	2	A	B
Dydis	ŠSD	ŠSD	ŠSD	ŠSD	ŠSD
Pradinė būklė	83 ± 13	80 ± 10	87 ± 14	84 ± 15	82 ± 10
Pirmasis krūvis	125 ± 15	123 ± 18	127 ± 11	122 ± 14	129 ± 17
1-asis poilsis	101 ± 21	97 ± 25	105 ± 14	97 ± 18	106 ± 23
Antrasis krūvis	133 ± 19	130 ± 23	135 ± 14	127 ± 16	138 ± 20
2-asis poilsis	108 ± 20	103 ± 23	114 ± 14	105 ± 19	113 ± 21
Trečiasis krūvis	136 ± 20	135 ± 24	138 ± 16	131 ± 18	143 ± 22
Atsigavimas	107 ± 18	104 ± 21	111 ± 15	104 ± 18	112 ± 18
Dydis	ST	ST	ST	ST	ST
Pradinė būklė	-0,06 ± 0,04	-0,06 ± 0,03	-0,07 ± 0,04	-0,06 ± 0,03	-0,07 ± 0,04
Pirmasis krūvis	-0,19 ± 0,21	-0,12 ± 0,12	-0,25 ± 0,25	-0,13 ± 0,13	-0,25 ± 0,25
1-asis poilsis	-0,25 ± 0,23	-0,17 ± 0,19	-0,32 ± 0,25	-0,21 ± 0,20	-0,29 ± 0,30
Atrasis krūvis	-0,28 ± 0,27	-0,17 ± 0,15	-0,38 ± 0,33	-0,19 ± 0,19	-0,37 ± 0,32
2-asis poilsis	-0,21 ± 0,18	-0,14 ± 0,14	-0,27 ± 0,20	-0,18 ± 0,15	-0,24 ± 0,21
Trečiasis krūvis	-0,26 ± 0,26	-0,18 ± 0,15	-0,35 ± 0,31	-0,19 ± 0,17	-0,35 ± 0,31
Atsigavimas	-0,17 ± 0,21	-0,14 ± 0,12	-0,19 ± 0,26	-0,11 ± 0,17	-0,23 ± 0,23
Dydis	StO₂	StO₂	StO₂	StO₂	StO₂
Pradinė būklė	55 ± 21	57 ± 23	53 ± 19	63 ± 14	46 ± 24
Pirmasis krūvis	49 ± 18	54 ± 17	44 ± 19	51 ± 12	46 ± 23
1-asis poilsis	75 ± 11	76 ± 11	74 ± 11	77 ± 9	73 ± 12
Antrasis krūvis	56 ± 17	63 ± 13	49 ± 18	59 ± 12	52 ± 22
2-asis poilsis	80 ± 9	81 ± 9	79 ± 9	81 ± 8	79 ± 10
Trečiasis krūvis	61 ± 17	69 ± 10	53 ± 19	63 ± 12	58 ± 21
Atsigavimas	84 ± 8	84 ± 8	83 ± 7	85 ± 7	82 ± 8
N	24	12	12	13	11

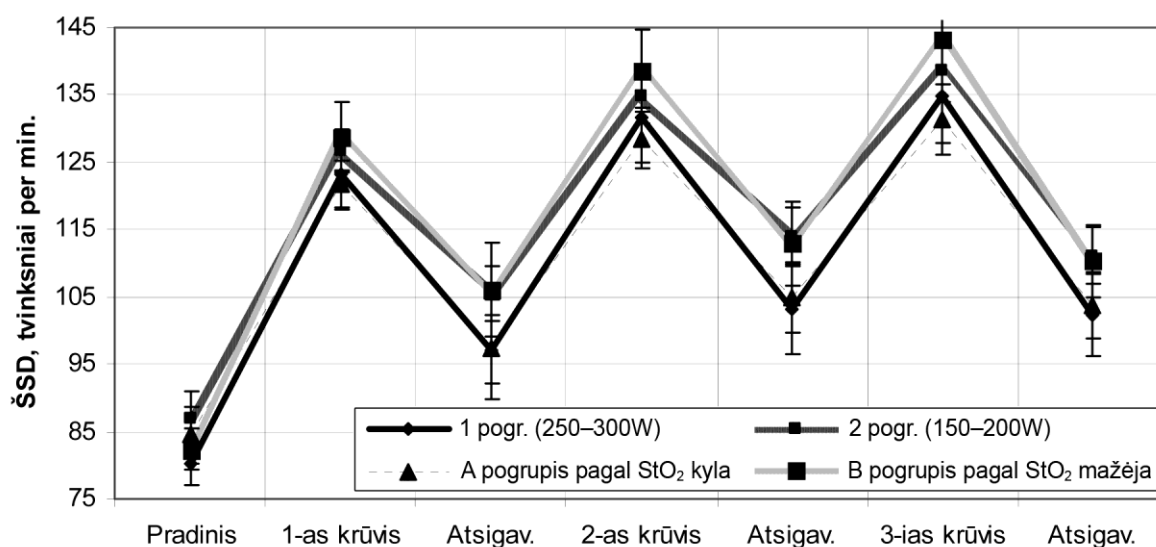
StO₂ kiekvieno krūvio metu reikšmingai ($p < 0,05$) sumažėdavo, tačiau tęsiant krūvį palaipsniui didėdavo. Toks StO₂ kitimas būdingas visiems tiriamųjų pogrupiams. Pastebėjome tendenciją, jog grupė tiriamųjų, kuriems nustatytas mažiausias deguonies kiekis tyrimo pradžioje, jiems nustatytas didžiausi šio kiekio svyravimai krūvių metu.



4.2.1 pav. Deguonies išotinio (StO_2) kitimas pakartotinių ištvermės krūvių велоergometru su individualizuota apkrova metu

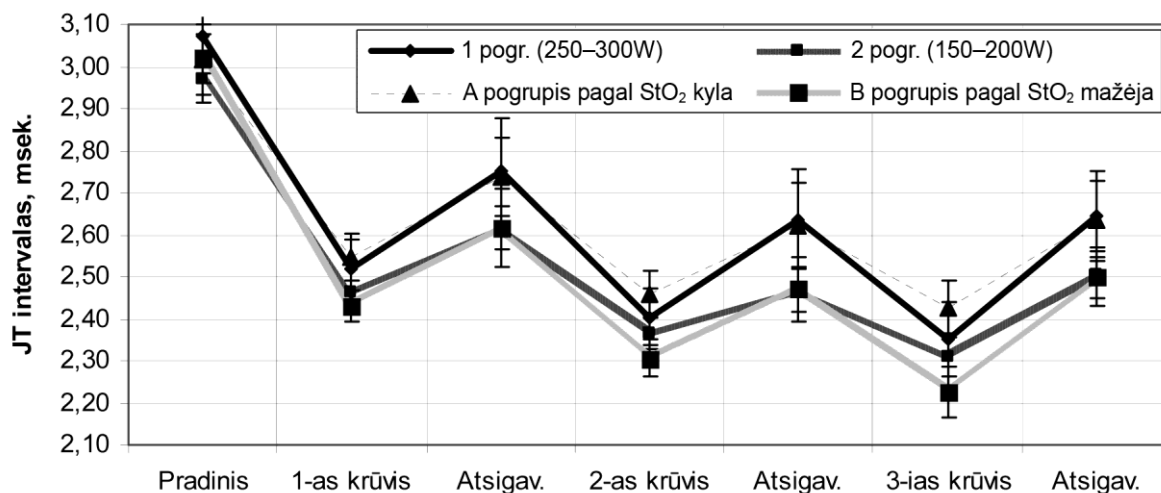
Didžiausi svyravimai buvo 2 bei B grupėse. Mažiausi svyravimai, ramybė – krūvis, nustatyti 1 pogrūpyje. Kiekvieno vėlesnio krūvio metu jie mažėjo, lyg ir rodydami adaptacinius reiškinius ilgalaikiams krūviams. Didėjantis StO_2 kiekvieno vėlesnio poilsio metu lyg ir rodo didėjančius organizmo gebėjimus pasisavinti, mobilizuoti didesnius deguonies kiekius, jo pasirengimą naujiems krūviams.

4.2.2 paveiksle pateikiamas ŠSD kitimas taip pat kaip ir StO_2 rodo krūvio poveikio sumavimosi efektą. Visoms keturioms tiriamųjų grupėms nustatyti analogiškai galima sakyti lygiagretūs ŠSD pokyčiai. Kaip teigia daugelis kitų autorių, mažiausi ŠSD nustatyti stipriausiųjų grupėje, t. y. 1 ir A grupėse, galbūt kaip širdies sportinės hipertrofijos pasekmė. 2 ir B grupėse nustatėme didžiausią ŠSD. Krūvio sumavimosi efektas buvo akivaizdus visuose tirtuose pogrūpiuose.



4.2.2 pav. ŠSD kitimas pakartotinių individualizuotų iš tvermės krūvių велоergometru metu

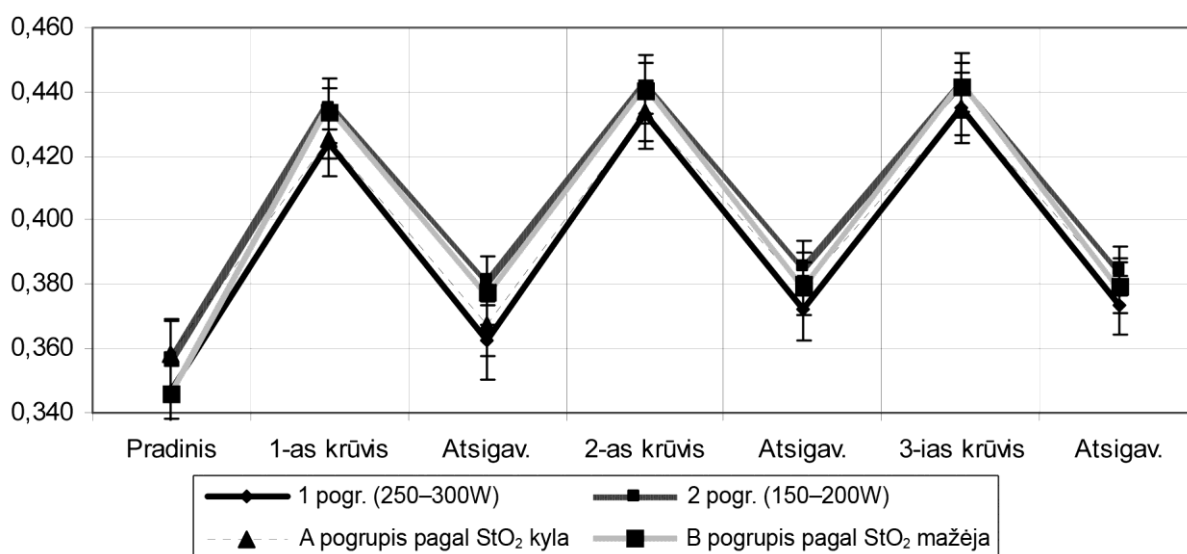
Atsigavimo tarp krūvių metu ŠSD mažėdavo eksponentiškai, tačiau po kiekvieno vėlesnio krūvio pakartojimo ŠSD mažėdavo vis mažiau (4.2.2 pav.) o tai rodo tą patį krūvio sumavimosi efektą.



4.2.3 pav. JT intervalo kitimas pakartotinių individualizuotų ištvermės krūvių велоergometru metu

Paveiksle 4.2.3 pateikiamas elektrokardiogramos JT intervalo kitimas taip pat rodo krūvio sumavimosi efektą. Vertinant JT intervalo kitimo ypatybes tiriamųjų pogrupiuose, galima išskirti, kad, atliekant krūvius daugiausia JT intervalas sutrumpėdavo 2 ir B pogrupyje o poilsio metu jis atsigaudavo mažiausiai. Pirmojo, t. y. didžiausio fizinio darbingumo pogrupio tiriamųjų JT intervalo atsigavimo greitis buvo didžiausias. Lėčiausi, mažiausi svyravimai užfiksuoti 2 grupėje, išvysčiusioje mažesni galingumą pirmojo tyrimo metu, tai, galbūt sietina su jų menka adaptacija krūviui ir mažomis galimybėmis staiga aktyvinti širdies metabolizmą.

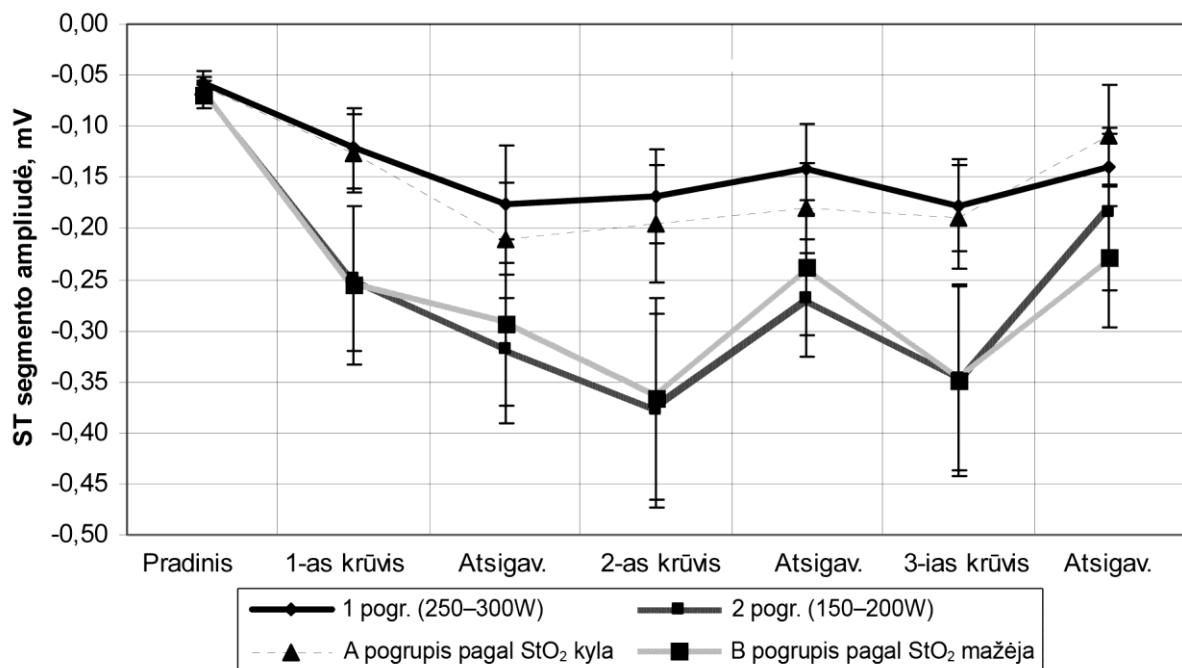
Paveiksle 4.2.4 intervalų JT ir RR santykis rodė stebėtinai lygiagrečią pokyčių tendenciją per visų krūvių metu visose tirtose grupėse, tai matyt sietina su fiziologiškai ta pačia apkrova širdies hemodinaminiam darbui atlikti, ko buvo siekta individualizuojant krūvį kiekvienam tiriamajam.



4.2.4 pav. JT/RR kitimas pakartotinių individualizuotų ištvermės krūvių велоergometru metu

Remiantis kitų parametrų dinamika ir šio santykio kitime galime stebėti krūvių sumavimosi efektus, matyt labiau susijusius su organizmo adaptavimosi reiškiniais krūviui. Galima diskutuoti, ar tai adaptaciniai ar nuovargį rodantys reiškiniai, mes manome, jog tai greičiau adaptaciniai reiškiniai, nes ir antro ir trečio krūvio efektai beveik nesiskyrė tiek krūvio, tiek atsigavimo metu. Stipriausi pogrupiai demonstravo mažiausius širdies įsijungimo dydžius, tai 1 bei A pogrupis, tai galima suprasti kaip jų treniruoto organizmo efektyvesnes, ekonomiškesnes reakcijas į krūvius.

4.2.5. paveiksle pateikiamos elektrokardiogramos ST segmento depresijos kitimas, atliekant pakartotinius krūvius veloergometru. ST segmento kitimo kreivių pobūdis visiškai neatspindi krūvio ir poilsio sekos, tačiau visi trys tiriamųjų pogrupiai labai skiriasi pagal šio rodiklio absoliučias reikšmes. Miokardo procesai atspindimi nagrinėjamu parametru, matyt, yra daug inertiškesni ir tyrime taikytų poveikių cikliškumas yra žymiai greitesnis nei minėti procesai, greičiausiai sietini su širdies metabolizmo ypatybėmis.

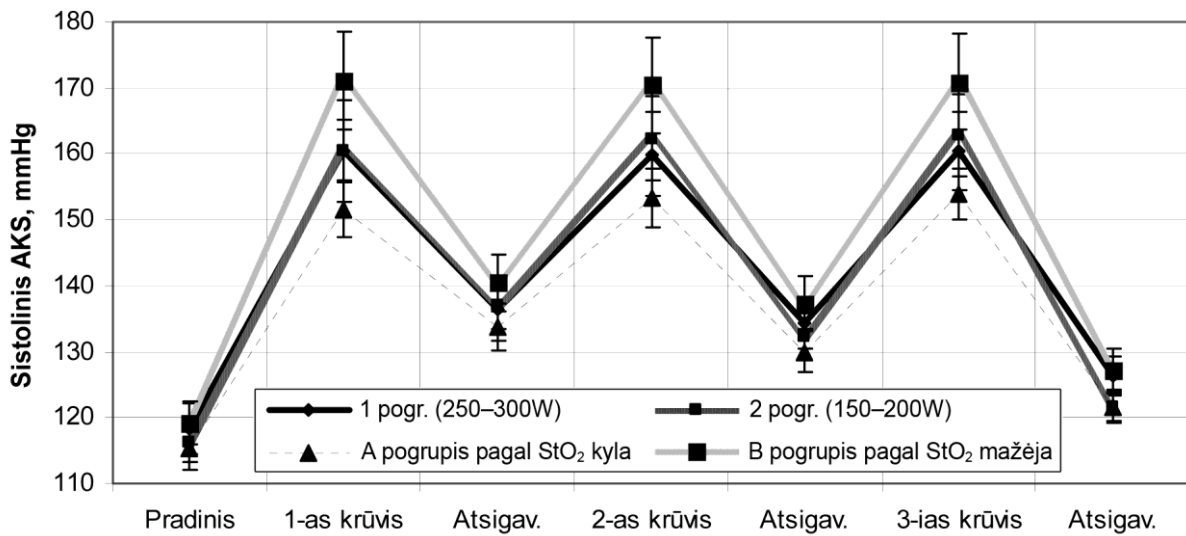


4.2.5 pav. Elektrokardiogramos ST segmento kitimas pakartotinių individualizuotų ištvermės krūvių veloergometru metu

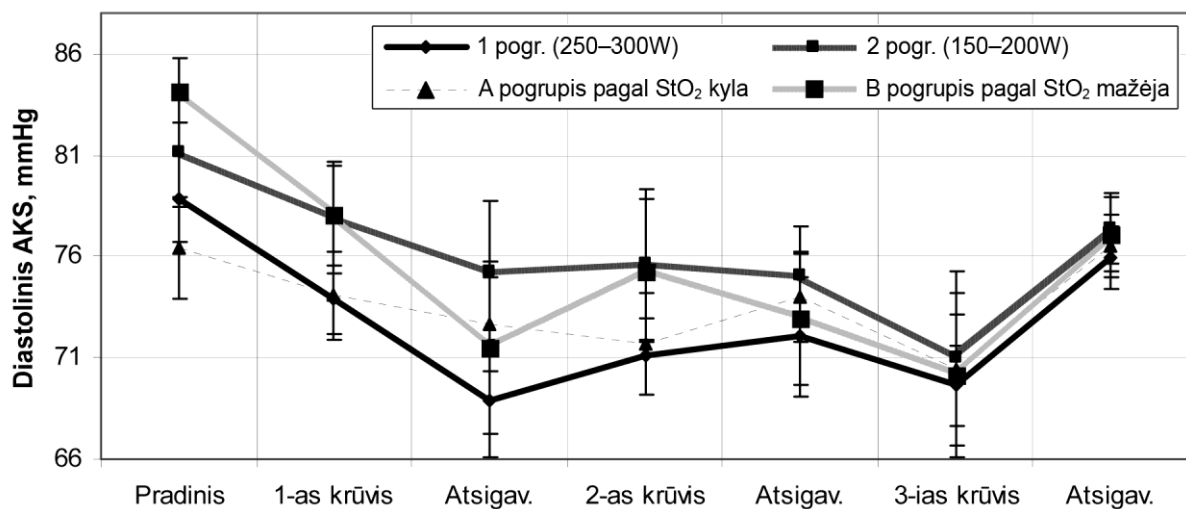
Tik atlikus pirmąjį krūvį, didžiausios ST segmento reikšmės buvo 2 bei B pogrupiuose – $-0,25 \pm 0,25$ mV, o atsigavimo metu jos dar padidėjo $-0,32 \pm 0,25$ mV. Tačiau antrojo krūvio metu šie pokyčiai stabilizavosi ir netgi turėjo tendenciją mažėti. Tai lyg rodytų adaptacinių procesų miokarde pasireiškimą. Vertinant pirmojo pogrupio duomenis, galima pažymėti, kad nebuvo reikšmingų ST segmento pokyčių, t. y. suma 12-oje EKG atvadų neviršijo 0,2 mV (nebuvo statistiškai reikšmingo pokyčio, lyginant su ramybės metu užregistruotomis reikšmėmis).

4.2.6 paveiksle pateikiamos elektrokardiogramos sistolinio AKS kitimas, atliekant pakartotinius krūvius. Krūvių sumavimosi efektų nenustatyta. Mažiausi pokyčiai užfiksuoti A pogrupyje, o

tai rodo, ko gero, efektyviausią kraujagyslių tonuso valdymą šio tyrimo krūvio etapuose. Didžiausi kitimai buvo B pogrupyje.



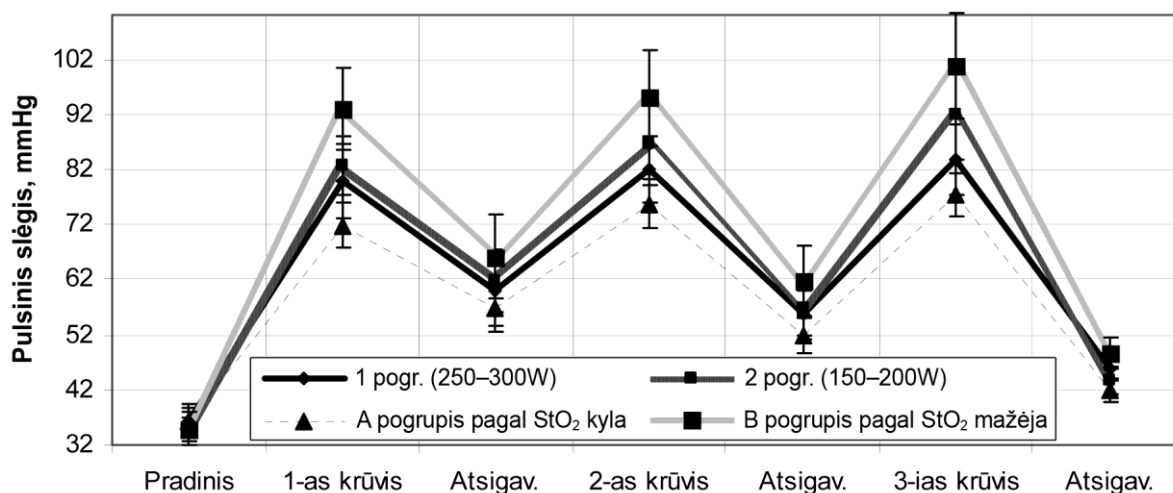
4.2.6 pav. Sistolinio AKS kitimas pakartotinių individualizuotų ištvermės krūvių велоergometru metu



4.2.7 pav. Diastolinio AKS kitimas pakartotinių individualizuotų ištvermės krūvių велоergometru metu

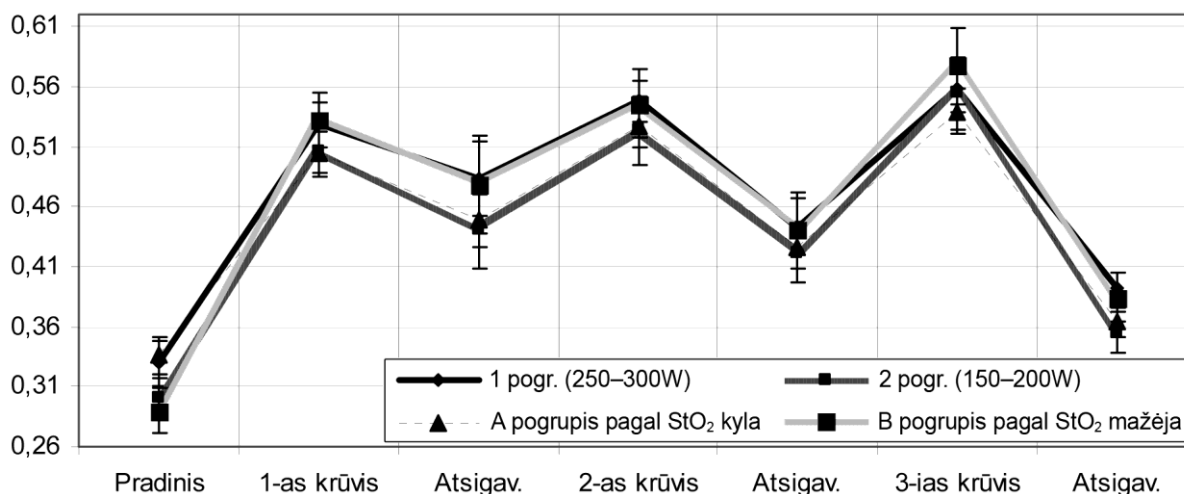
4.2.7 paveiksle pateikiama diastolinio spaudimo dinamika pakartotinių ištvermės krūvių велоergometru metu. Vyraujanti ypatybė visose grupėse ta, jog visuomet, pradėjus krūvį, diastolinio AKS reikšmės sumažėdavo, tačiau toliau tęsiant krūvį – jos stabilizuodavosi ar netgi didėjo. Vėlgi, šio dydžio dinamika analogiška ST segmento amplitudės pokyčiams turėjo lėtesnę dedamąją, kai netgi atsigavimo metu šis dydis nežymiai pakisdavo. Didesnis reikšmių išbarstymas tarp grupių žymiai sumažėdavo jau trečiojo krūvio metu, todėl galima manyti, jog buvo praeita įsidirbimo fazė ir toliau vyksta būdinga, fiziologiškai determinuota periferijos kraujo indų reakcija į standartizuotą krūvį.

Bendrame AKS pokyčių dinamikos pakartotinių ištermės krūvių велоergometru metu plane sistolinis AKS didėjo, o diastolinis AKS mažėjo, tačiau šių dviejų dydžių skirtumas – pulsinė amplitudė augo nuo krūvio prie krūvio, 4.2.8 paveikslas. Vėlgi didžiausios pulsinės amplitudės stebėtos 2 ir B pogrupyje, mažiausios buvo A ir 1 pogrupiuose, o tai vėlgi gali būti siejama su didesniu kraujagyslių funkcijos efektyvumu juose.



4.2.8 pav. Pulsinio slėgio amplitudės (S-D) kitimas pakartotinių individualizuotų ištermės krūvių велоergometru metu

Reikia pastebėti jog didesni skirtumai tarp grupių nustatyti krūvių metu, atsigavimo metu skirtumai mažėdavo, o tai rodo būtent skirtingas grupių tiriamųjų reakcijas į krūvius.

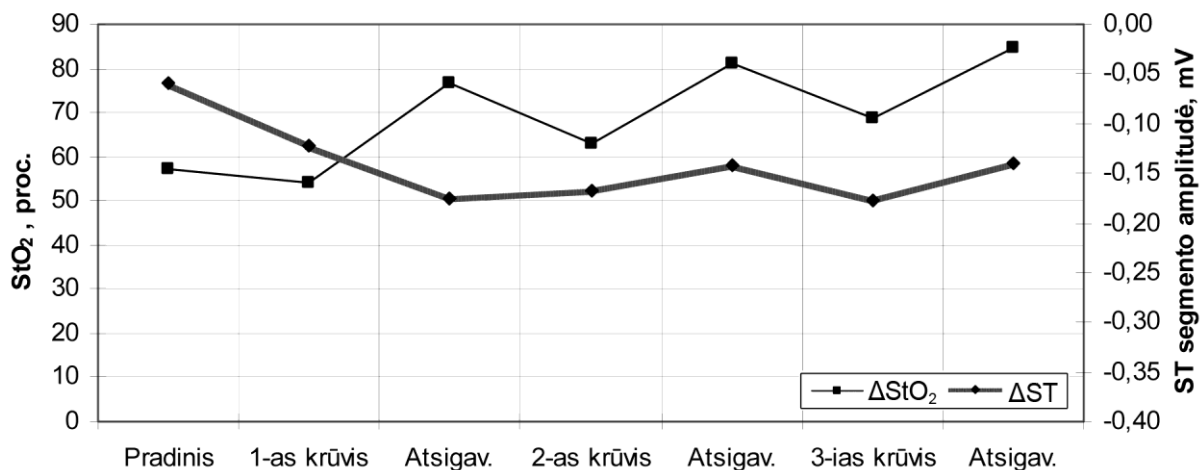


4.2.9 pav. Normalizuoto pulsinio slėgio amplitudės (S-D)/S kitimas pakartotinių individualizuotų ištermės krūvių велоergometru metu

Normalizuoto pulsinio slėgio dinamika, paveikslas 4.2.9, kitimas pakartotinių ištermės krūvių велоergometru metu lyg ir atkartojo pulsinės amplitudės dinamiką, tačiau gerokai padidėjo galinio krūvio metu, o tai galbūt, rodo į didesnę simpatinės sistemos poveikį tolesniems adaptaciniams procesams efektyviau valdyti.

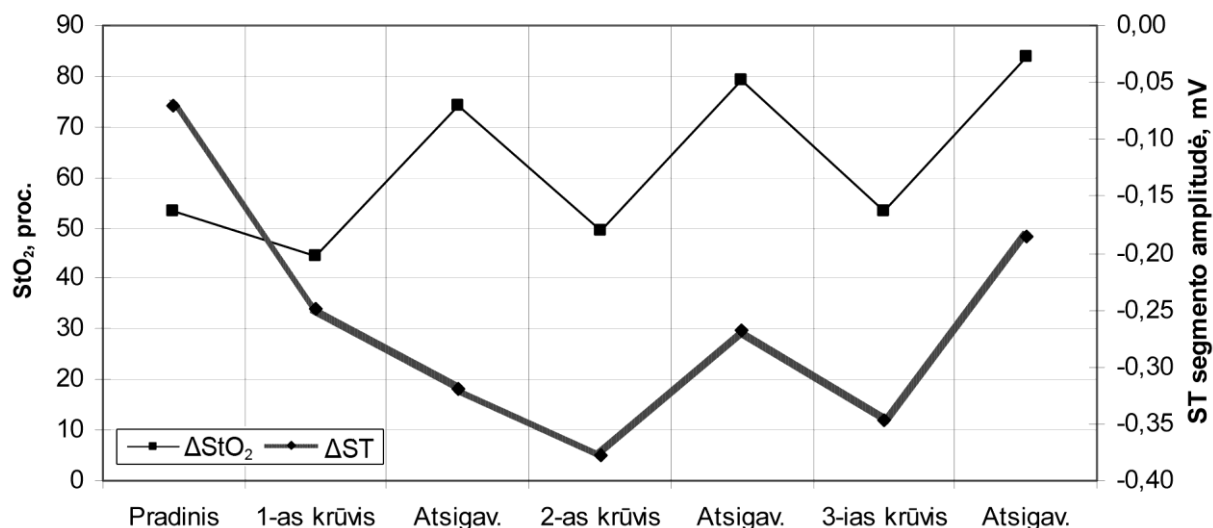
Deguonies įsotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės pakartotinių išstvermės krūvių велоergometru metu kiekvienoje iš tirtų grupių pateikiamos 4.2.10–13 paveiksluose. Kiekvieno paveikslą Y ašyje nurodytas procentinis StO_2 kitimas absoliučiaisiais vienetais, gi dešinėje nurodytas ST amplitudės kitimas mV ir taip pat absoliutiniais vienetais. Absoliučiuosius vienetus naudojome tam, kad galėtume palyginti procesų dinamiką, jų greitį tiek krūvio, tiek atsigavimo metu, nes šių procesų kryptys dažniausiai būna priešingos (dydis krūvio metu, tarkime auga, o atsigavimo metu mažėja, bet greitis vis dėlto gali būti palyginamas).

Stebėdami 1 pogrupio nagrinėjamų parametrų kitimus, matome mažiausius StO_2 pokyčių greičius ir stabiliausių jų kaitą per visų krūvių metu, ką vėlgi galėtume sieti su didesniu šio pogrupio tiriamųjų treniruotumu, esant beveik minimaliems ST amplitudės svyravimams (mažesni buvo tik A – pogrupyje), o tai, mūsų manymu, rodo gerą širdies funkcijos adaptaciją krūviams. Maži, mažiausi tarp tirtų grupių, svyravimai tarp krūvio ir atsigavimo etapų, vėlgi rodo gerą nagrinėjamų procesų stabilumą tirtoje 1 grupėje.

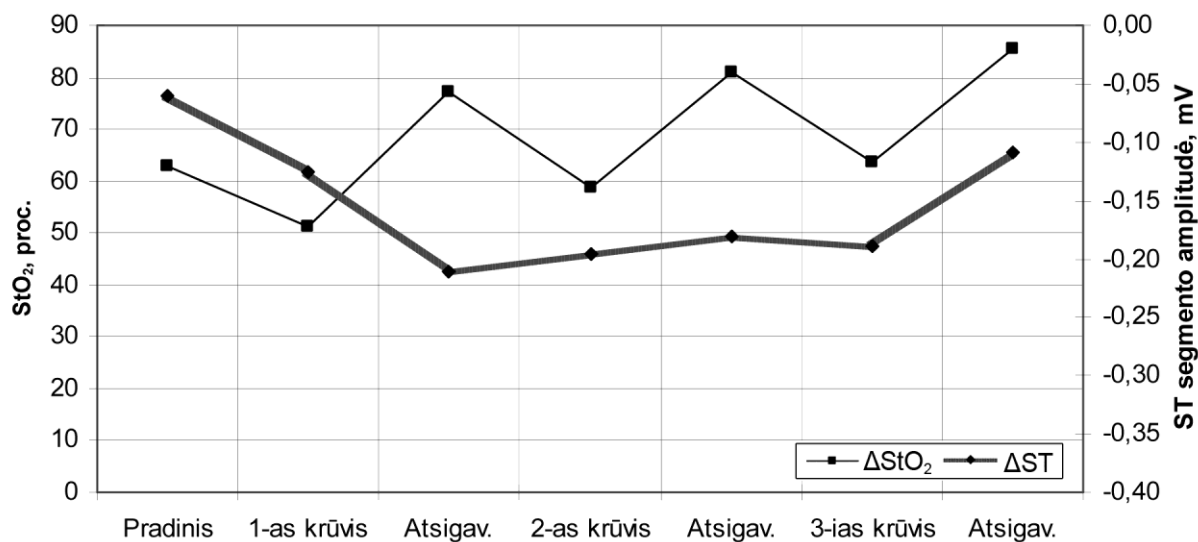


4.2.10 pav. Pirmojo pogrupio deguonies įsotrinimo StO_2 ir ST segmento etapinių pokyčių absoliučiosios reikšmės pakartotinių individualizuotų išstvermės krūvių велоergometru metu

Silpnesniojoje tiriamųjų grupėje, 4.2.11 paveikslas, matome daug didesnius, panašiai kaip ir B grupėje, ST amplitudės svyravimus, o tai rodytų didesnius kitimus širdies funkcijos pokyčius krūvio metu, ir tai galėtų būti sietina su detreniruota tiriamųjų būseną. Pastebėti didesni StO_2 dydžio svyravimai (apie 25 proc., žiūr. paskutinį stulpelį paveiksle – „vidurk“). Taigi didesni deguonies įsotrinimo svyravimai koreliavo su didesniais ST pokyčiais. Kuris pokytis kurį sąlygojo, pasakyti sudėtinga (greičiausiai StO_2 įtakojo kitus pokyčius, nes krūvio metu raumuo yra organizmo sistemų monopolizatorius (Žumbakytė, 2006; Kajėnienė, 2008), tačiau sąsaja tarp jų akivaizdi.

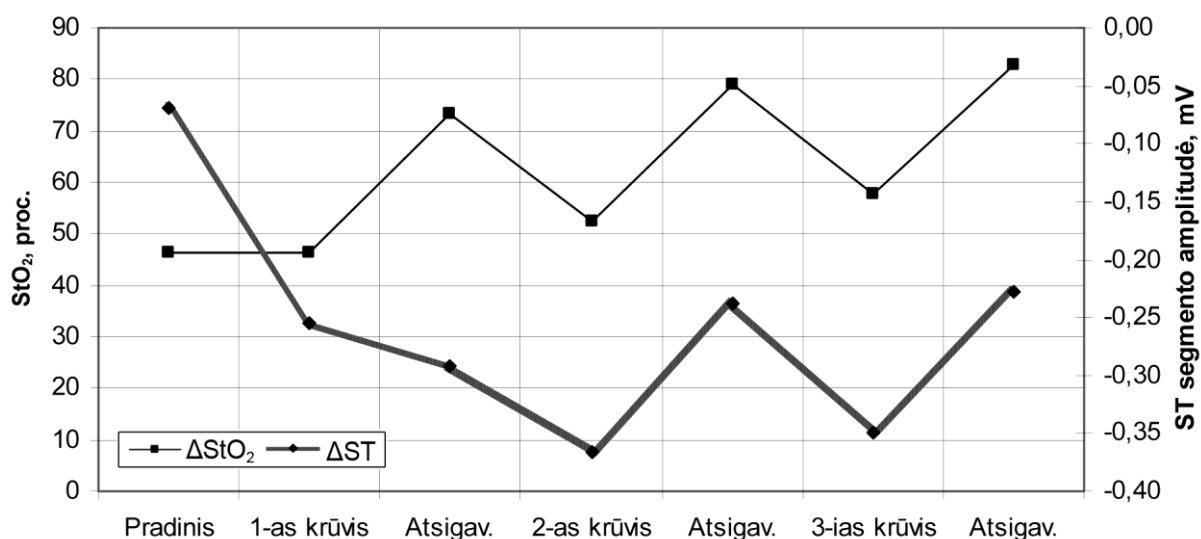


4.2.11 pav. Antrojo pogrupio deguonies įsotinimo StO₂ ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės pakartotinių individualizuotų ištvermės krūvių велоergometru metu



4.2.12 pav. A pogrupio deguonies įsotinimo StO₂ ir ST segmento etapinių pokyčių absoliučiosios reikšmės pakartotinių individualizuotų ištvermės krūvių велоergometru metu

4.2.12 paveiksle pateikiami A grupės duomenys, kurie nedaug skiriasi nuo pirmos grupės pokyčių, tačiau A grupėje didesni StO₂ svyravimai, esant mažiems ST svyravimams antro ir trečio krūvio metu. Kodėl šioje grupėje, esant didesniems deguonies įsotinimo svyravimams, mažesni ST amplitudės svyravimai, lieka neaišku. Galima daryti išvadą, jog tokią išskirtinę reakciją formuoja ypatinga raumenų bei širdies ir kraujagyslių sistemų sąsajos forma, pasižyminti ryškiu tarpsteminio sinergizmu, susiformuojančiu jau po pirmojo krūvio etapo.



4.2.13 pav. B pogrupio deguonies įsotinimo StO_2 ir ST segmento etapinių pokyčių absoliučiosios reikšmės pakartotinių ištvėmės krūvių велоergometru metu

Visai kita tarpusavio sąsaja nustatyta B grupės nagrinėjamų parametrų dinamikoje. 4.2.13 paveiksle matomi dideli tiek StO_2 tiek ST svyravimai, tiesiog atkartojantys vieni kitus ir, matyt, sukeliantys gan didelį apkrovimą širdies funkcijai. Šie pokyčiai labiau tiktų nusakant mažiau treniruotos širdies reakcijas.

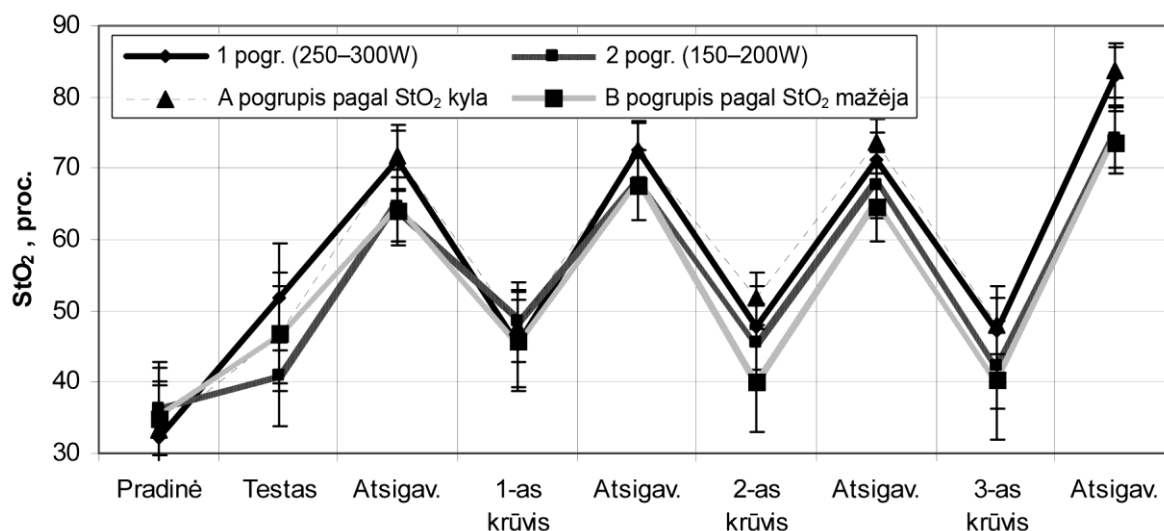
4.3.1 paveiksle pateikiamas StO_2 kitimas nei tarp grupių, nei skirtingais etapais toje pačioje grupėje didelių skirtumų reakcija į krūvį neatskleidė, tačiau antrasis ir B pogrupiai rodė turėti mažesnių deguonies įsotinomo dydžių tendenciją visoje krūvių sekoje.

4.3. Trečias tyrimas: ŠKS funkciniai rodikliai kitimo ypatybės, atliekant lokaliuosius pakartotinius pratimus kojų raumenims lavinti (blauzdų tiesimas sėdint)

Tiriamieji atliko kojų raumenų grupės funkcinio pajėgumo testą ir tris pakartotinius krūvius, po krūvio tiriamieji dvi minutes ilsėjosi sėdėdami ant treniruoklio. Šio tyrimo ŠSD, ST ir StO_2 funkciniai rodikliai duomenys pateikiami lentelėje 4.3.

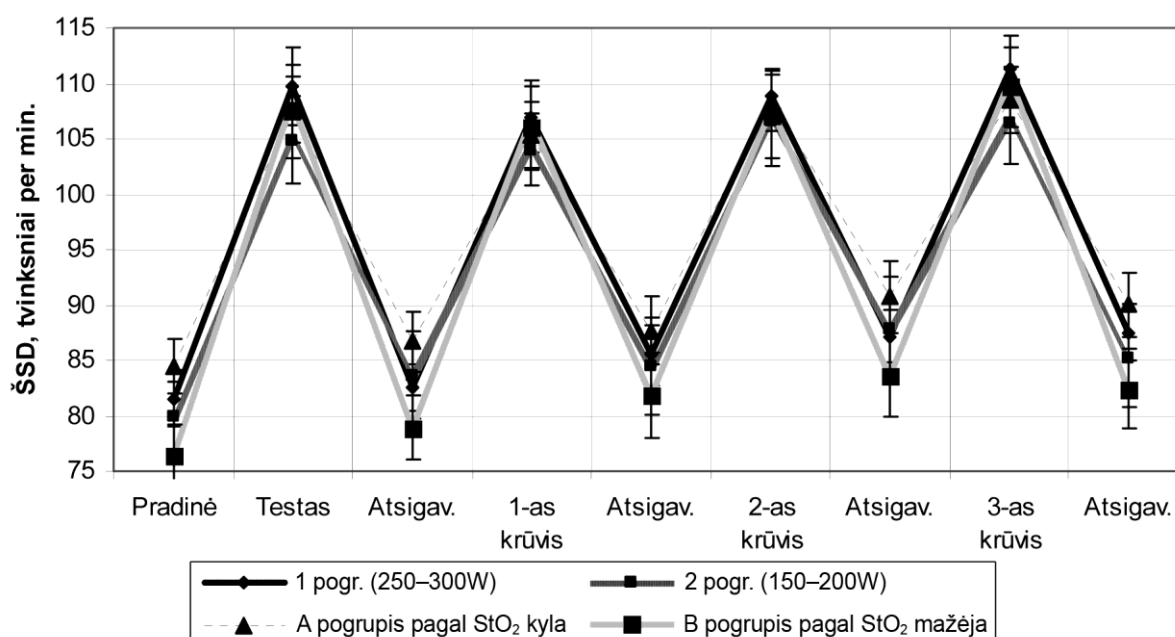
4.3 lentelė. III tyrimo ŠSD, ST ir StO₂ funkcinių rodiklių kitimas, atliekant kojų raumenų grupės (blauzdų tiesėjai) lavinimo pratimą krūvio bei atsigavimo metu ($M \pm SEM$)

GRUPĖ	Visi	1	2	A	B
Dydis	ŠSD	ŠSD	ŠSD	ŠSD	ŠSD
Pradinė būklė	81 ± 1,97	81 ± 2,52	80 ± 3,23	84 ± 2,47	77 ± 2,79
Testas	107 ± 2,59	110 ± 3,47	105 ± 3,92	107 ± 4,15	108 ± 3,05
Atsigavimas	83 ± 2,09	82 ± 2,14	84 ± 3,93	86 ± 2,75	79 ± 2,87
1-masis krūvis	106 ± 2,29	107 ± 3,32	104 ± 3,20	105 ± 3,06	106 ± 3,61
Atsigavimas	85 ± 2,42	85 ± 2,66	84 ± 4,40	88 ± 3,05	82 ± 3,80
2-asis krūvis	108 ± 2,28	108 ± 2,54	107 ± 4,09	108 ± 2,70	107 ± 3,95
Atsigavimas	86 ± 2,46	87 ± 2,39	86 ± 4,71	89 ± 3,28	84 ± 3,71
3-iasis krūvis	109 ± 2,28	111 ± 2,98	106 ± 3,52	108 ± 3,01	109 ± 3,65
Atsigavimas	86 ± 2,34	87 ± 2,57	85 ± 4,25	89 ± 2,91	82 ± 3,60
Dydis	ST	ST	ST	ST	ST
Pradinė būklė	-0,08 ± 0,02	-0,09 ± 0,03	-0,06 ± 0,01	-0,06 ± 0,01	-0,10 ± 0,04
Testas	-0,12 ± 0,03	-0,13 ± 0,04	-0,10 ± 0,03	-0,14 ± 0,04	-0,09 ± 0,03
Atsigavimas	-0,07 ± 0,01	-0,09 ± 0,02	-0,05 ± 0,02	-0,07 ± 0,08	-0,08 ± 0,02
1-masis krūvis	-0,12 ± 0,03	-0,15 ± 0,04	-0,09 ± 0,03	-0,13 ± 0,04	-0,11 ± 0,03
Atsigavimas	-0,08 ± 0,02	-0,10 ± 0,03	-0,06 ± 0,03	-0,07 ± 0,02	-0,10 ± 0,04
2-asis krūvis	-0,14 ± 0,02	-0,13 ± 0,03	-0,15 ± 0,04	-0,14 ± 0,03	-0,14 ± 0,04
Atsigavimas	-0,09 ± 0,02	-0,11 ± 0,02	-0,07 ± 0,03	-0,09 ± 0,02	-0,10 ± 0,03
3-iasis krūvis	-0,14 ± 0,02	-0,14 ± 0,03	-0,13 ± 0,04	-0,13 ± 0,03	-0,15 ± 0,04
Atsigavimas	-0,09 ± 0,02	-0,10 ± 0,02	-0,07 ± 0,03	-0,08 ± 0,02	-0,09 ± 0,03
Dydis	StO ₂	StO ₂	StO ₂	StO ₂	StO ₂
Pradinė būklė	34 ± 4,83	32 ± 7,20	36 ± 6,54	33 ± 6,80	35 ± 7,16
Testas	47 ± 5,16	52 ± 7,41	41 ± 6,99	47 ± 6,79	47 ± 8,25
Atsigavimas	68 ± 3,28	71 ± 4,28	65 ± 5,09	72 ± 4,48	64 ± 4,74
1-masis krūvis	47 ± 4,11	45 ± 6,11	49 ± 5,61	48 ± 4,97	46 ± 7,05
Atsigavimas	70 ± 3,04	73 ± 3,80	68 ± 4,96	73 ± 3,96	68 ± 4,78
2-asis krūvis	47 ± 3,94	49 ± 5,85	46 ± 5,37	52 ± 3,67	42 ± 7,31
Atsigavimas	69 ± 2,93	71 ± 3,83	68 ± 4,66	74 ± 3,41	65 ± 4,73
3-iasis krūvis	45 ± 4,34	47 ± 6,22	42 ± 6,21	48 ± 4,01	41 ± 8,33
Atsigavimas	79 ± 2,98	82 ± 4,02	75 ± 4,32	83 ± 3,83	74 ± 4,37
N	24	13	11	13	11



4.3.1 pav. StO₂ kitimas, atliekant pakartotinius krūvius šlaunies raumenims lavinti

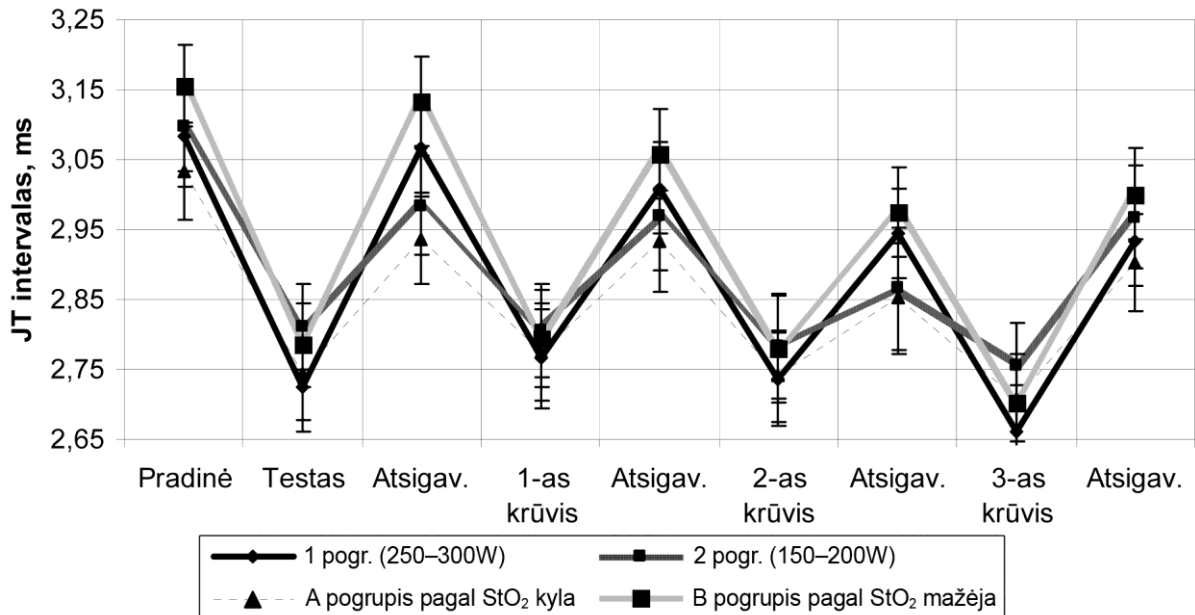
4.3.2 paveiksle pateikiamas ŠSD kitimas rodo krūvio sumavimosi efektą. Jeigu tiriamųjų ŠSD, pradėjus pirmąjį krūvį, buvo $106 \pm 2,29$ tv/min., tai trečiojo krūvio ŠSD vidurkis visų tiriamųjų jau buvo $109 \pm 2,28$ tv/min. Ta pati tendencija vyraavo visose tiriamųjų grupėse. Krūvio metu didžiausi ŠSD svyravimai pastebėti B grupėje.



4.3.2 pav. ŠSD kitimas, atliekant pakartotinius krūvius šlaunies raumenims lavinti

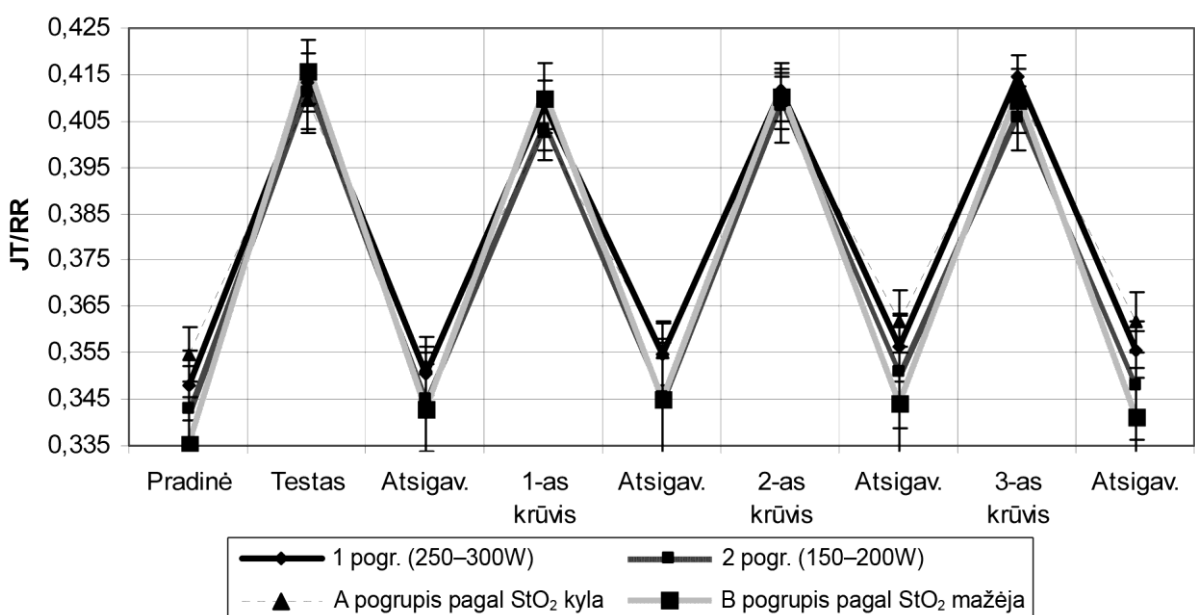
Vertinant grupės ir atskirų pogrupių duomenis galima pažymėti, kad elektrokardiogramos JT intervalo (4.3.3 pav.), reikšmingų skirtumų nenustatyta ($p < 0,05$), kai tiriamieji buvo suskirstyti į du pogrupius tik pagal fizinį pajėgumą. Kai tiriamieji buvo suskirstyti į du pogrupius pagal pirmojo tyrimo metu gautus rezultatus, vertinant StO₂ kitimo raumenyse bei elektrokardiogramos ST segmento kitimo ypatybes, nustatyta daug reikšmingų skirtumų (4.3.3 pav.). Mažesnio nei vidutinis funkcinio parengtumo tiriamųjų elektrokardiogramos JT intervalas daugiau sutrumpėdavo atliekant

krūvį ir daugiau pailgėdavo atsigavimo metu tarp pratimo kartojimų (skirtumai tarp pogrupių statistiškai reikšmingi, $p < 0,05$). Siejant JT intervalo sutrumpėjimą su darbu reikalingu atlikti aktyvinant hemodinamiką organizme, galima teigti, jog A pogrupio tiriamiesiems nustatyti mažiausi JT svyravimai, atliekant darbą, o kartu ekonomiškiausias širdies darbas.

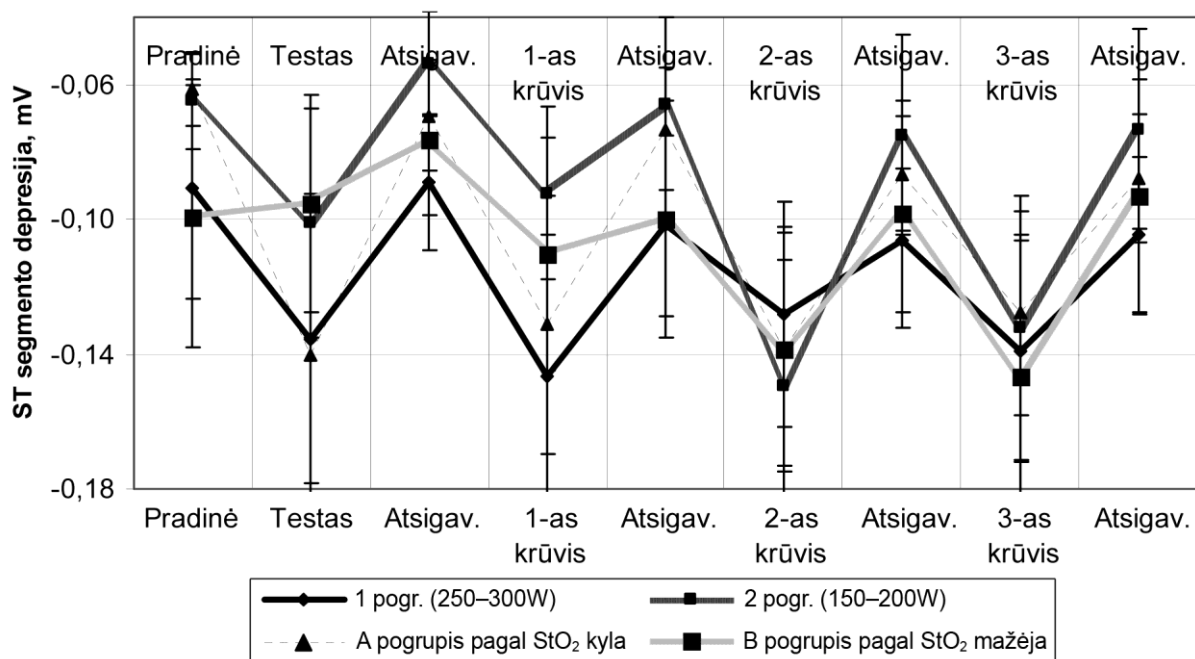


4.3.3 pav. Elektrokardiogramos JT intervalo kitimas, atliekant pakartotinius krūvius šlaunies raumenims lavinti

Analogiškai pokyčiai nustatyti JT/RR intervalų santykio (4.3.4 pav.). Šio parametro svyravimai buvo ryškiausi silpnėsiųjų, antrajame bei B pogrupiuose. Krūvio metu duomenų išsibarstymas tarp grupių mažėdavo, o atsigavimo metu didėdavo.



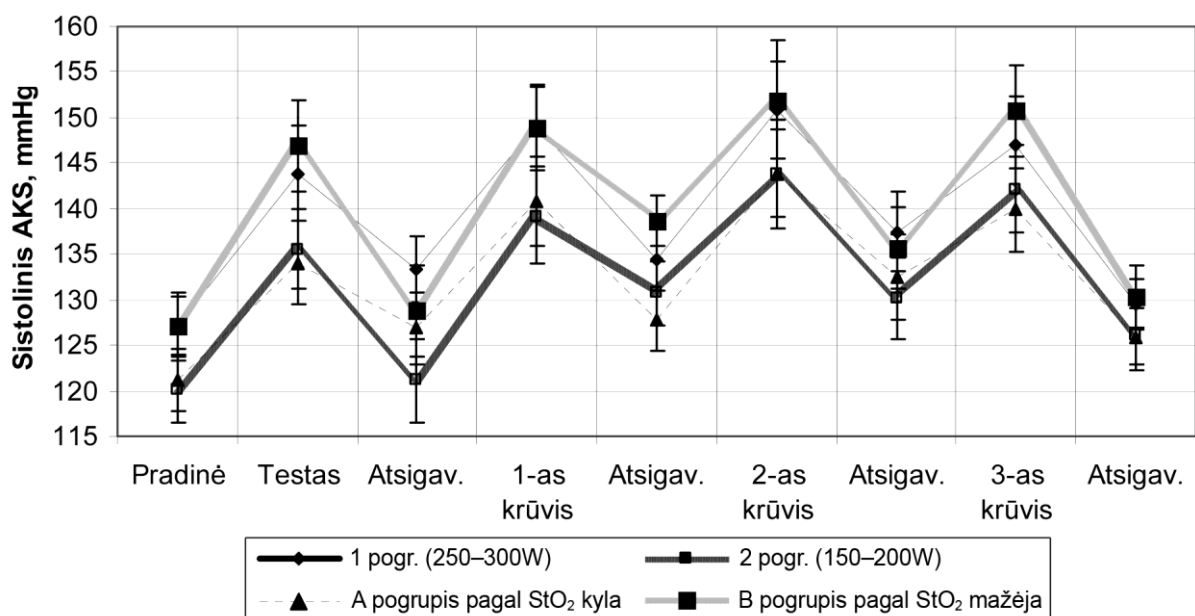
4.3.4 pav. Elektrokardiogramos JT/RR kitimas, atliekant pakartotinius krūvius šlaunies raumenims lavinti



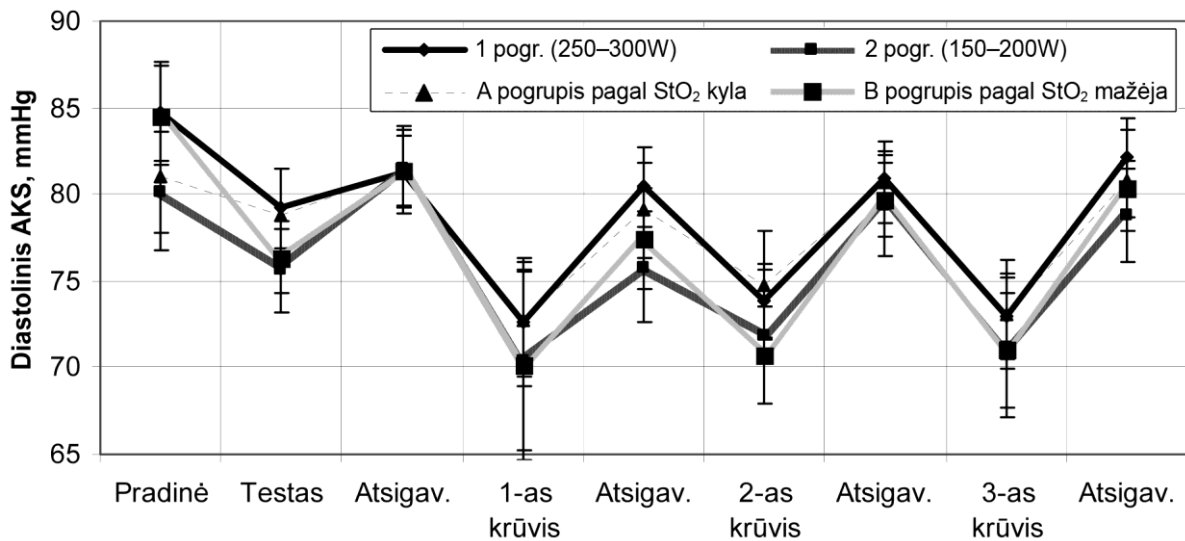
4.3.5 pav. Elektrokardiogramos ST segmento kitimas, atliekant pakartotinius krūvius šlaunies raumenims lavinti

Vertinat tiriamųjų grupės ir atskirų pogrupių duomenis, galima pažymėti, kad ST segmento pokyčiuose (4.3.5 pav.), išskyrus atskirus atvejus nebuvo reikšmingų šio rodiklio kitimų atliekant pakartotinius fizinius krūvius. Pastebėta tik ST mažėjimo tendencija silpnesniųjų (antrajame) bei B pogrupiuose.

Sistolinio AKS pokyčiai turėjo „kaupimosi“ tendenciją (4.3.6 pav.), nors paskutinio, trečiojo krūvio metu, jis visose grupėse pradėjo mažėti. Tikėtina, jog įsidirbimo fazė buvo pasiekta ir reguliacinių sistemų įtaka pradėjo mažėti.



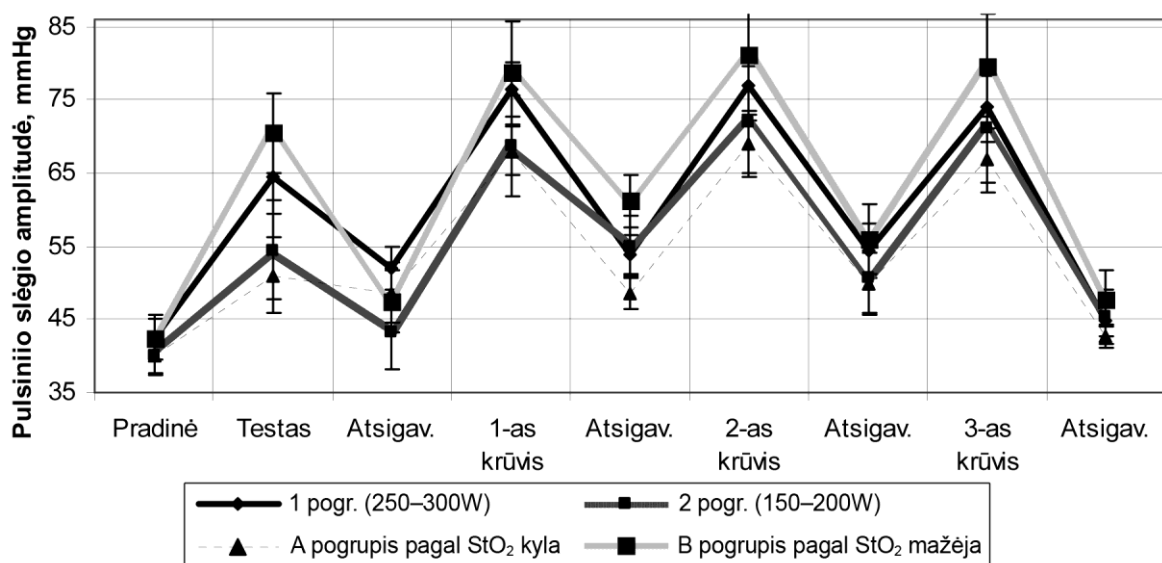
4.3.6 pav. Sistolinio AKS kitimas, atliekant pakartotinius krūvius šlaunies raumenims lavinti



4.3.7 pav. Diastolinio AKS kitimas, atliekant pakartotinius krūvius šlaunies raumenims lavinti

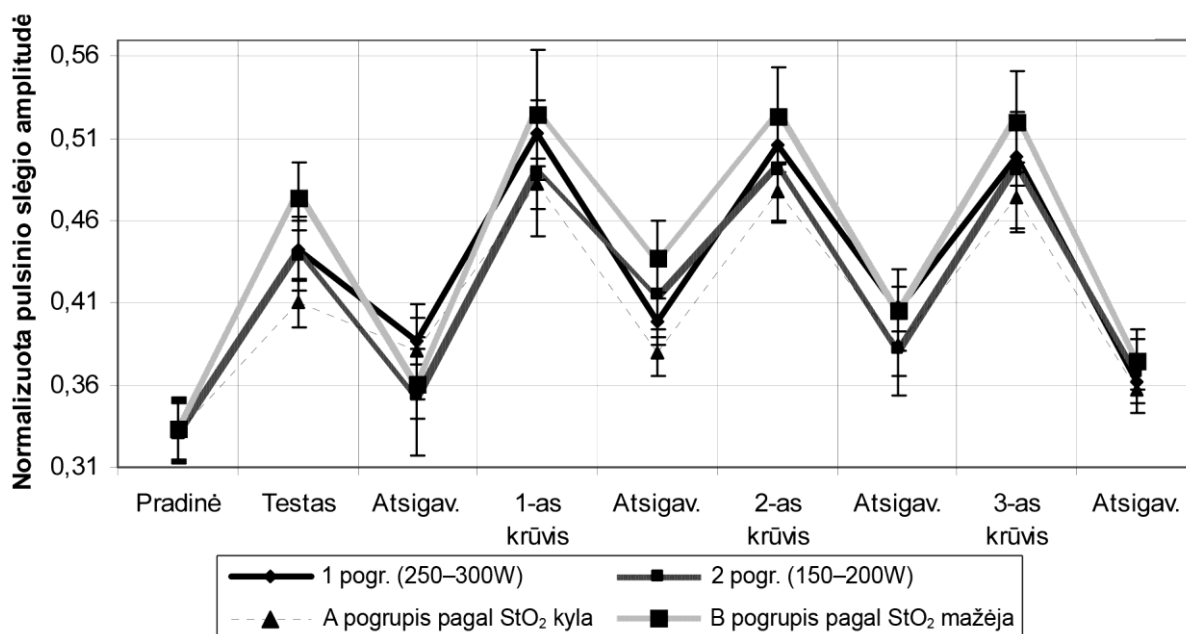
Analogiškai sistolinio AKS, diastolinio spaudimo pokyčiuose pastebėti tie patys dėsningumai (4.3.7 pav.). Atkreiptinas dėmesys į tai, jog mažiausias jo svyravimas buvo A pogrupyje.

4.3.8 paveiksle pateikiami pulsinės amplitudės kitimai. Nepaisant sistolinio ir diastolinio spaudimų pokyčių, pulsinis slėgis buvo ganėtinai stabilus, matyt rodantis šio parametro stabilizavimo svarbą, atliekant krūvį, todėl, kad krūvis buvo individualizuotas.



4.3.8 pav. Pulsinio slėgio amplitudės kitimas, atliekant pakartotinius krūvius šlaunies raumenims lavinti

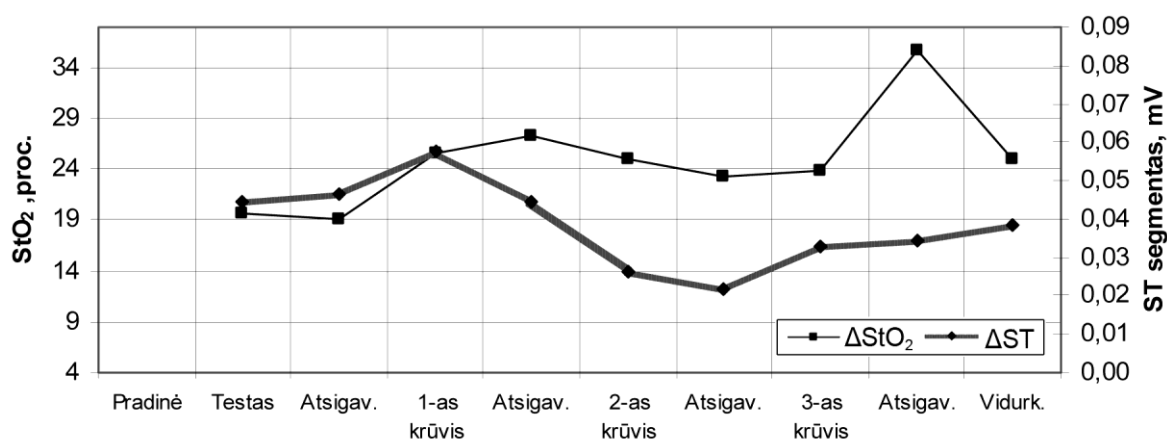
4.3.9 paveiksle pateikiami normalizuotos pulsinės amplitudės pokyčiai buvo analogiški pulsinio slėgio pokyčiams ir didžiausi buvo B pogrupyje.



4.3.9 pav. Pulsinio slėgio amplitudės ($S-D$)/ S kitimas, atliekant pakartotinius krūvius šlaunies raumenims lavinti

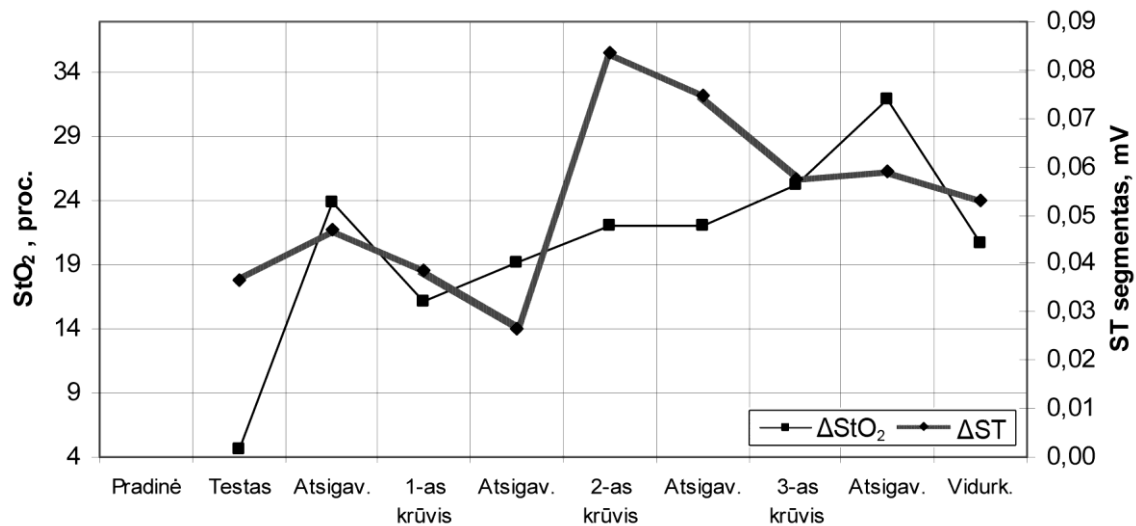
Deguonies įsotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės

Nagrinėjant deguonies įsotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučiąjų reikšmių pokyčius, kas labiau sietina su kitimų greičiais, atliekant blauzdų tiesimą, tuoj po pirmojo krūvio (4.3.10 pav.), pirmojo pogrupio duomenis, pastebime deguonies įsotrinimo augimą ir su faziniu postūmiu atsirandantį ST pokytį, t. y. kitimo greičio mažėjimą ir, būtent, pirmajame, stipriausiųjų pogrupyje. Gali būti, jog ši savybė yra genetiškai determinuota ar išugdyta fizinio aktyvumo lemia ypač svarbias tarp sisteminės sinergijas optimizuojant organizmo funkcijas. Analogiškas tendencijas pastebėjome tik A pogrupyje, kuris funkciškai dažnai sietinas su pirmuoju, o kituose pogrupiuose tokių suderintų pokyčių nestebėjome.



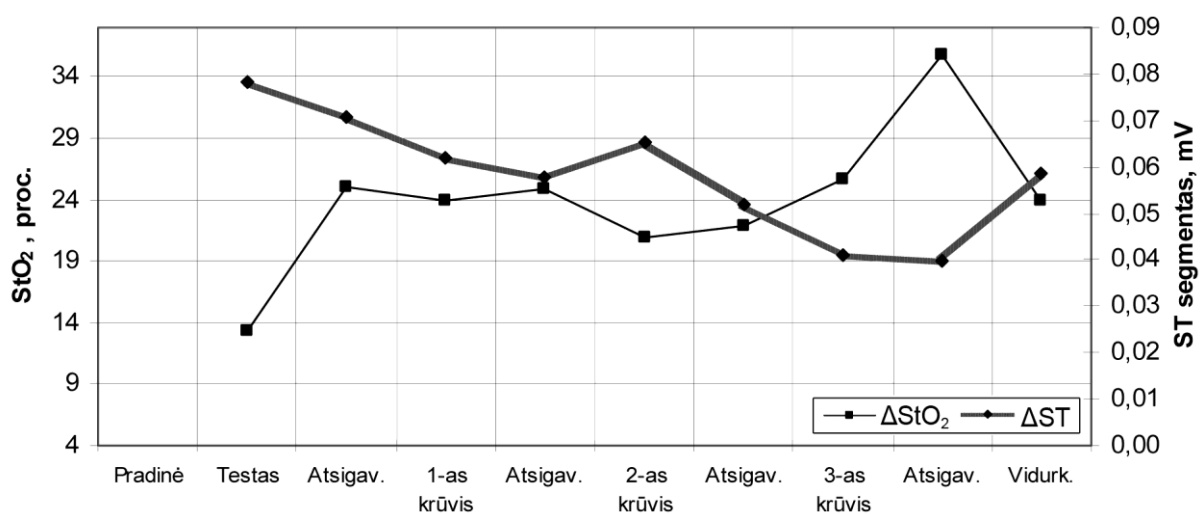
4.3.10 pav. Pirmojo pogrupio deguonies įsotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant blauzdų tiesimą sėdint

Silpnescniųjų tiriamųjų grupėje (4.3.11 pav.) matome kokybiškai kitokius, greičiau divergentinius, didesnius (panašiai kaip B pogrupyje) ST amplitudės svyravimus, o tai rodytų didesnius širdies funkcijos pokyčius, kurių vertė galėtų būti sietina su detreniruota šių grupės tiriamųjų būseną. Šiose grupėse deguonies išotinio pokyčiai koreliavo su ST pokyčiais. Kuris pokytis kurį sąlygojo, pasakyti sudėtinga (greičiausiai StO₂ įtakojo kitus kitimus, nes krūvio metu raumuo yra organizmo sistemų monopolizatorius (Žumbakytė, 2006; Kajėnienė, 2008), tačiau sąsaja tarp jų akivaizdi.

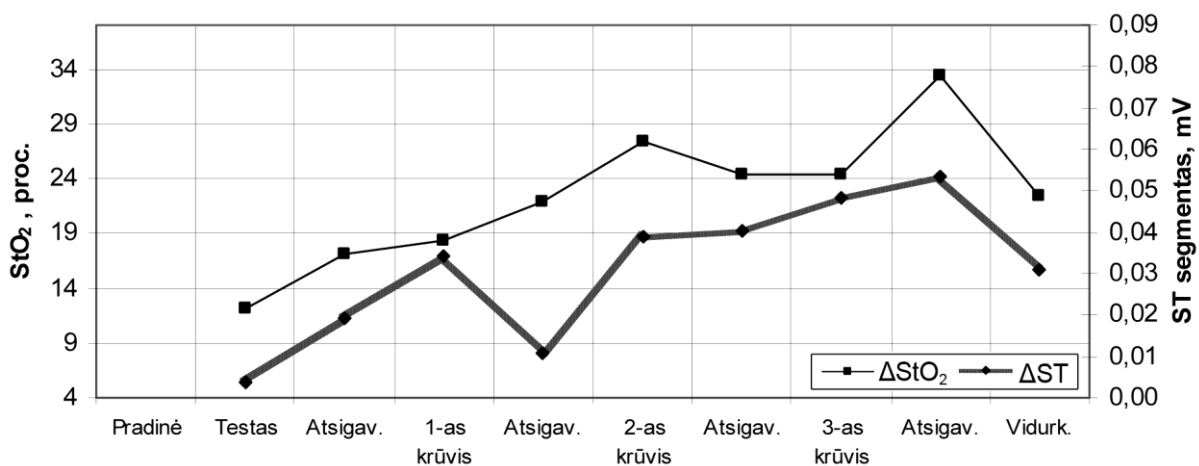


4.3.11 pav. Antrojo pogrupio deguonies išotinio ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant blauzdų tiesimą sėdint

Kitose tiriamųjų grupėse (4.3.12, 4.3.13 pav.) pastebime jau aprašytus dydžių pokyčius tarp StO₂ bei ST amplitudės.



4.3.12 pav. A pogrupio deguonies išotinio ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant blauzdų tiesimą sėdint



4.3.13 pav. B pogrupio deguonies įsotinimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant blauzdų tiesimą sėdint

4.4. Ketvirtas tyrimas: ŠKS funkcinių rodiklių kitimo ypatybės, atliekant lokaliuosius pakartotinius krūvius rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint)

Tiriamieji atliko rankų raumenų grupės (dilbio tiesėjai), funkcinio pajėgumo vertinimo testą ir tris pakartotinius krūvius, po krūvio tiriamieji dvi minutes ilsėjosi stovėdami. Šio tyrimo ŠSD, ST ir StO_2 funkcinių rodiklių duomenys pateikiami 4.4 lentelėje ($M \pm SEM$).

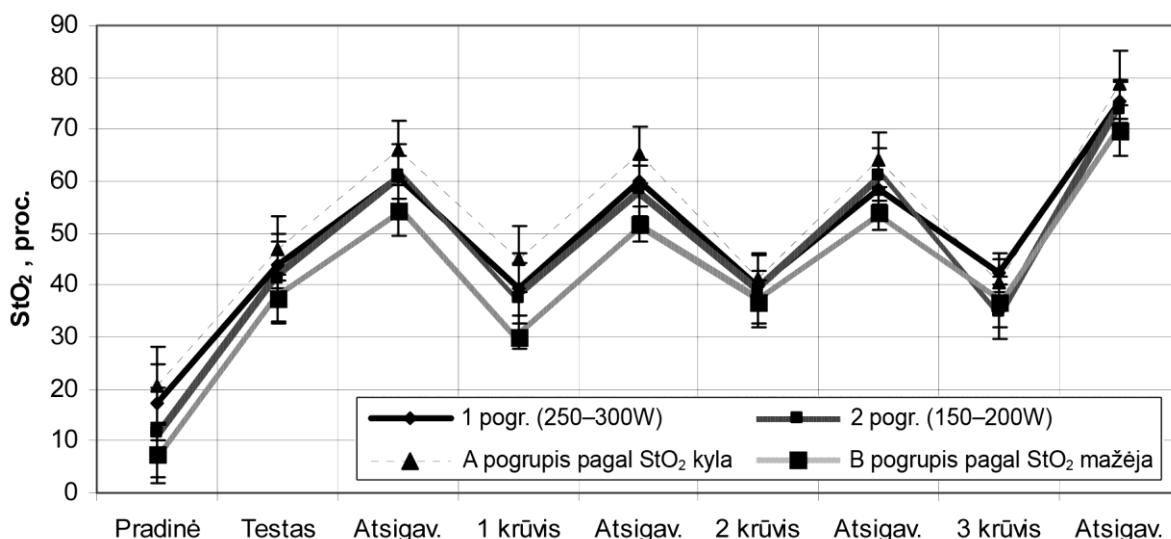
4.4 lentelė. IV tyrimo ŠSD, ST ir StO_2 funkcinių rodiklių kitimas, atliekant rankų raumenų grupės darbo bei atsigavimo metu ($M \pm SEM$)

GRUPĖ	Visi	1	2	A	B
Dydis	ŠSD	ŠSD	ŠSD	ŠSD	ŠSD
Pradinė	94 ± 2,47	93 ± 2,98	95 ± 4,16	97 ± 7,90	91 ± 3,67
Testas	120 ± 3,25	116 ± 4,03	124 ± 5,08	120 ± 9,60	120 ± 3,06
Atsigavimas	99 ± 2,62	99 ± 3,28	99 ± 4,46	102 ± 7,94	95 ± 3,70
1-asis krūvis	109 ± 2,76	109 ± 4,09	109 ± 3,73	112 ± 8,72	105 ± 3,69
Atsigavimas	99 ± 2,77	99 ± 3,47	98 ± 4,71	103 ± 7,99	94 ± 3,78
2-asis krūvis	114 ± 3,28	114 ± 3,98	114 ± 5,76	117 ± 9,26	110 ± 4,07
Atsigavimas	101 ± 2,90	101 ± 3,47	101 ± 5,14	104 ± 8,19	97 ± 4,06
3-iasis krūvis	116 ± 3,20	116 ± 4,42	117 ± 4,87	118 ± 9,38	114 ± 4,27
Atsigavimas	101 ± 2,79	100 ± 3,35	102 ± 4,92	104 ± 8,14	97 ± 4,14

4.4 lentelės tęsinys

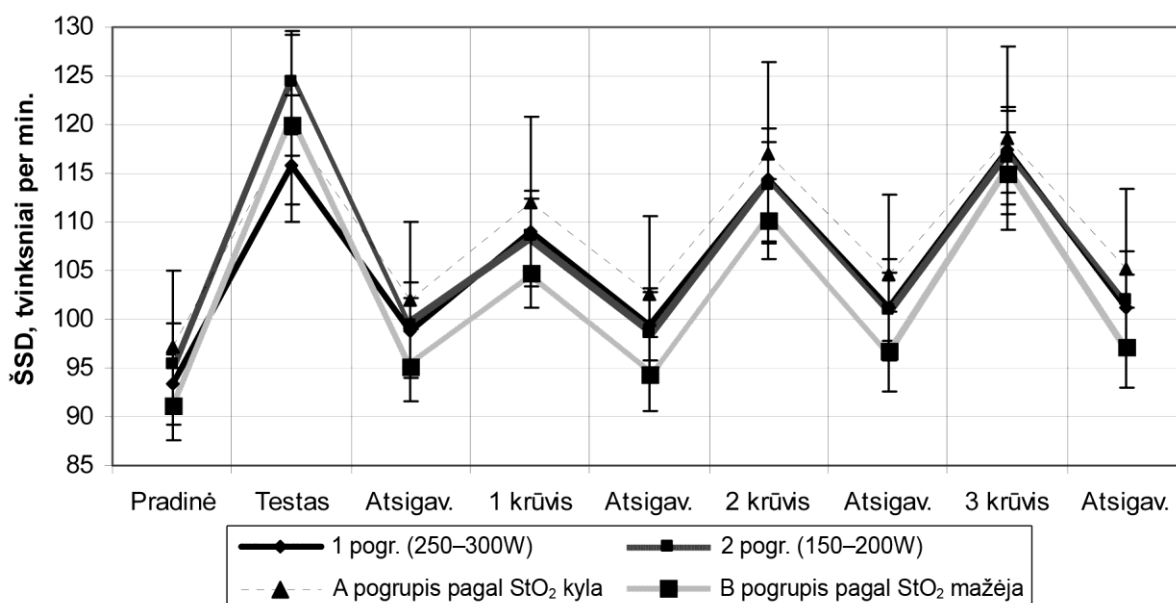
GRUPĖ	Visi	1	2	A	B
<i>Dydis</i>	ST	ST	ST	ST	ST
Pradinė	$-0,11 \pm 0,03$	$-0,09 \pm 0,04$	$-0,14 \pm 0,05$	$-0,10 \pm 0,04$	$-0,13 \pm 0,04$
Testas	$-0,16 \pm 0,03$	$-0,13 \pm 0,03$	$-0,20 \pm 0,05$	$-0,19 \pm 0,04$	$-0,13 \pm 0,03$
Atsigavimas	$-0,10 \pm 0,01$	$-0,13 \pm 0,02$	$-0,06 \pm 0,01$	$-0,12 \pm 0,02$	$-0,07 \pm 0,02$
1-asis krūvis	$-0,12 \pm 0,01$	$-0,14 \pm 0,03$	$-0,09 \pm 0,01$	$-0,13 \pm 0,02$	$-0,10 \pm 0,02$
Atsigavimas	$-0,13 \pm 0,02$	$-0,17 \pm 0,04$	$-0,08 \pm 0,01$	$-0,16 \pm 0,03$	$-0,09 \pm 0,02$
2-asis krūvis	$-0,15 \pm 0,03$	$-0,19 \pm 0,05$	$-0,10 \pm 0,01$	$-0,18 \pm 0,04$	$-0,11 \pm 0,01$
Atsigavimas	$-0,15 \pm 0,03$	$-0,19 \pm 0,05$	$-0,11 \pm 0,02$	$-0,19 \pm 0,04$	$-0,11 \pm 0,03$
3-iasis krūvis	$-0,16 \pm 0,02$	$-0,17 \pm 0,04$	$-0,15 \pm 0,03$	$-0,18 \pm 0,04$	$-0,14 \pm 0,03$
Atsigavimas	$-0,15 \pm 0,03$	$-0,17 \pm 0,04$	$-0,12 \pm 0,03$	$-0,17 \pm 0,04$	$-0,12 \pm 0,03$
<i>Dydis</i>	StO ₂	StO ₂	StO ₂	StO ₂	StO ₂
Pradinė	$15 \pm 5,57$	$17 \pm 7,47$	$12 \pm 8,68$	$21 \pm 7,2$	$8 \pm 5,67$
Testas	$43 \pm 4,39$	$44 \pm 4,52$	$41 \pm 8,52$	$47 \pm 6,11$	$37 \pm 4,54$
Atsigavimas	$61 \pm 3,41$	$61 \pm 4,08$	$61 \pm 6,03$	$66 \pm 5,82$	$54 \pm 4,94$
1-asis krūvis	$39 \pm 4,59$	$39 \pm 5,06$	$38 \pm 8,59$	$45 \pm 6,30$	$30 \pm 2,57$
Atsigavimas	$59 \pm 2,85$	$60 \pm 2,99$	$59 \pm 5,47$	$65 \pm 5,40$	$52 \pm 3,40$
2-asis krūvis	$39 \pm 3,36$	$40 \pm 3,10$	$39 \pm 6,84$	$41 \pm 4,85$	$37 \pm 4,09$
Atsigavimas	$60 \pm 2,61$	$59 \pm 2,32$	$61 \pm 5,35$	$64 \pm 5,27$	$54 \pm 3,39$
3-iasis krūvis	$39 \pm 3,12$	$43 \pm 3,67$	$35 \pm 5,27$	$41 \pm 4,52$	$38 \pm 4,86$
Atsigavimas	$74 \pm 3,19$	$74 \pm 4,13$	$74 \pm 5,25$	$77 \pm 6,44$	$70 \pm 4,78$
N	24	13	11	13	11

4.4.1 paveiksle pateikiamos StO₂ kitimas iš esmės nerodo krūvio sumavimosi efekto. Jeigu tiriamųjų StO₂, pradėjus pirmąjį krūvį buvo $39 \pm 4,59$ proc., tai po trečiojo fizinio krūvio buvo $39 \pm 3,12$ proc.. Vertindami StO₂ kitimą pakartotinių krūvių rankų raumenims lavinti metu, neradome esminių rodiklio kaitos skirtumų (gal būt dėl to, kad krūvis buvo individualizuotas). Pastebėti skirtumai tarp pradinių StO₂ reikšmių, taip pat rodiklio dydžių atskirais tyrimo etapais. Kaip ir krūvio kojoms metu (trečiasis tyrimas), pastebėjome mažesnius dydžius B pogrupyje.



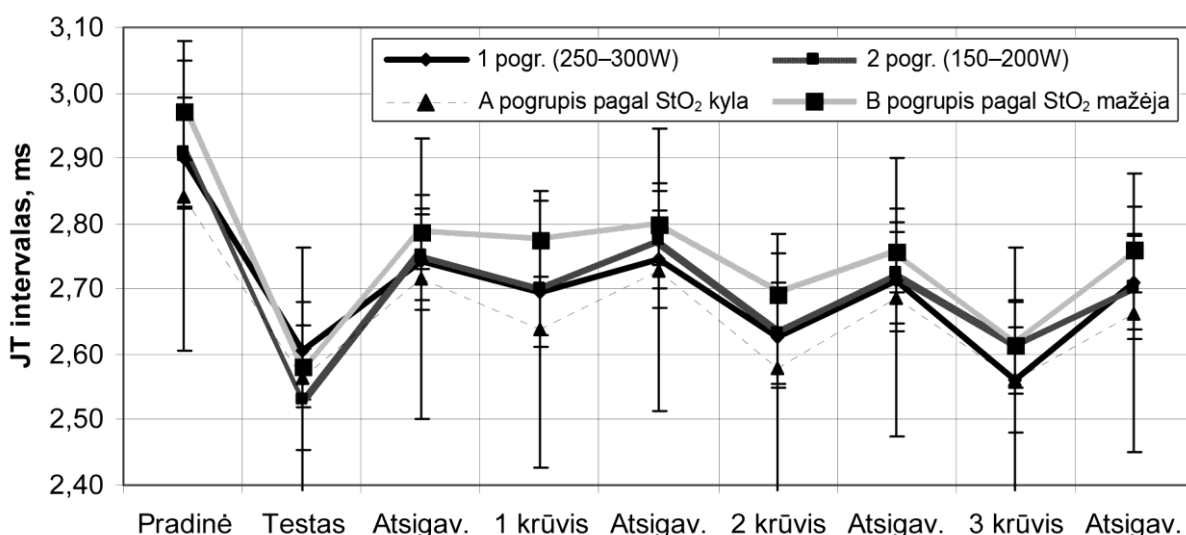
4.4.1 pav. StO₂ kitimas, atliekant pratimą rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint)

4.4.2 paveiksle pateikiamas ŠSD kitimas rodo krūvio sumavimosi efektą. Jeigu tiriamųjų ŠSD pradėjus pirmąjį krūvį buvo $109 \pm 2,76$ tv/min., tai trečiojo krūvio ŠSD vidurkis visų tiriamųjų jau buvo $116 \pm 3,20$ tv/min. Ta pati tendencija vyraavo visose tiriamųjų grupėse. Atliekant krūvį, didžiausi ŠSD svyravimai pastebėti A pogrupyje, o mažiausi B pogrupyje. Skirtingo galingumo pogrupiai (pagal pirmąjį tyrimą) šiuo atveju, tarpusavyje nesiskyrė ir ryškiausi skirtumai nustatyti tik tarp skirtingą StO₂ dinamiką turinčių grupių. Tai rodo, jog rankos (lyginant su krūviu kojoms) turi ir skirtingą hemodinamikos aktyvacijos dinamiką. Kokie fiziologiniai skirtumai tarp nagrinėtų grupių galėtų sąlygoti šį funkcinį skirtumą, sunku pasakyti ir literatūroje tokių duomenų interpretacijos neaptikome.



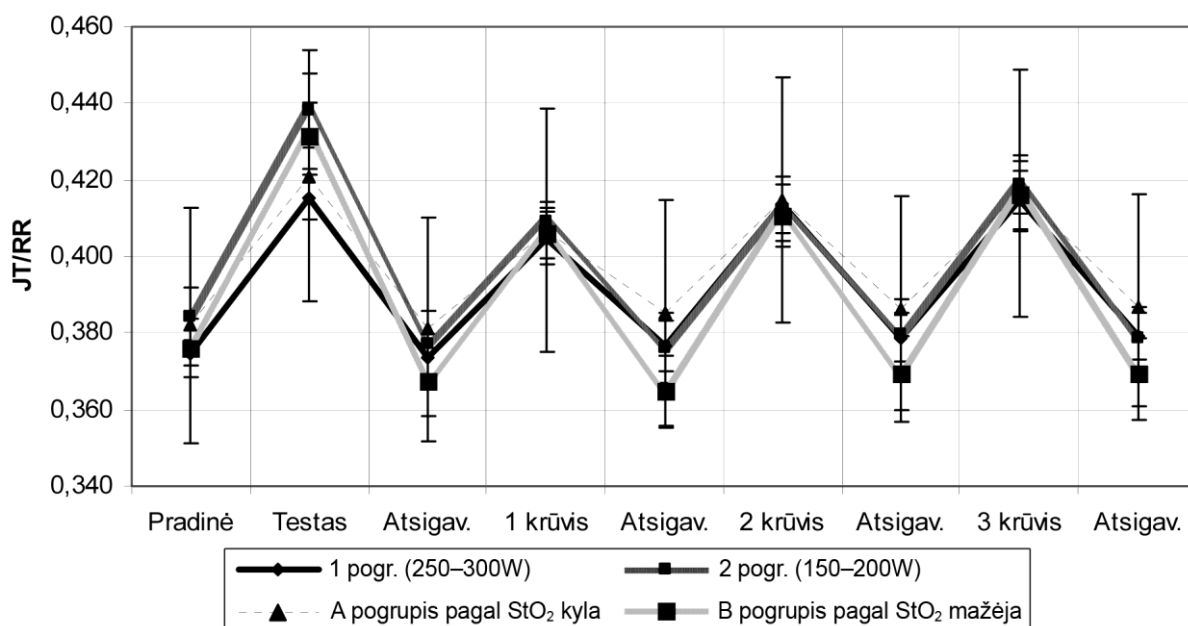
4.4.2 pav. ŠSD kitimas, atliekant pratimą rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint)

Įvertinus grupės ir atskirų pogrupių tiriamųjų duomenis galima pažymėti, kad elektrokardiogramos JT intervalo (4.4.3 pav.), reikšmingų skirtumų ($p < 0,05$) nenustatyta, kai tiriamieji buvo suskirstyti į du pogrupius tik pagal fizinį pajėgumą. Kai tiriamieji buvo suskirstyti į du pogrupius pagal pirmojo tyrimo metu gautus duomenis, vertinant StO_2 kitimą raumenyse bei elektrokardiogramos ST segmento kitimo ypatybes, nustatyta daug reikšmingų skirtumų (4.4.3 pav.). Mažesnio nei vidutinis funkcinio parengtumo tiriamųjų elektrokardiogramos JT intervalas daugiau sutrumpėdavo, atliekant krūvį ir daugiau pailgėdavo atsigavimo tarp pratimo kartojimų metu (skirtumai tarp pogrupių statistiškai reikšmingi, $p < 0,05$). Siejant JT intervalo sutrumpėjimą su darbu, reikalingu atlikti hemodinamai aktyvinti organizme, galima teigti, jog A pogrupio tiriamiesiems nustatyti mažiausi JT svyravimus, atliekant darbą, nors būtent šiai grupei buvo stebėti didžiausi ŠSD pokyčiai. Klinikinėje medicinoje žinomas faktas, jog didėjant širdies dažniui turi trumpėti JT intervalas (Bazzett'o priklausomybė), šio tyrimo metu užfiksuotas priešingas reiškinys – labiau didėjant ŠSD (4.4.2 pav.) A pogrupyje, intervalas JT tame pogrupyje trumpėja mažiausiai (4.4.3 pav.). Tokį reiškinį sunku interpretuoti klasikinės fiziologijos požiūriu.



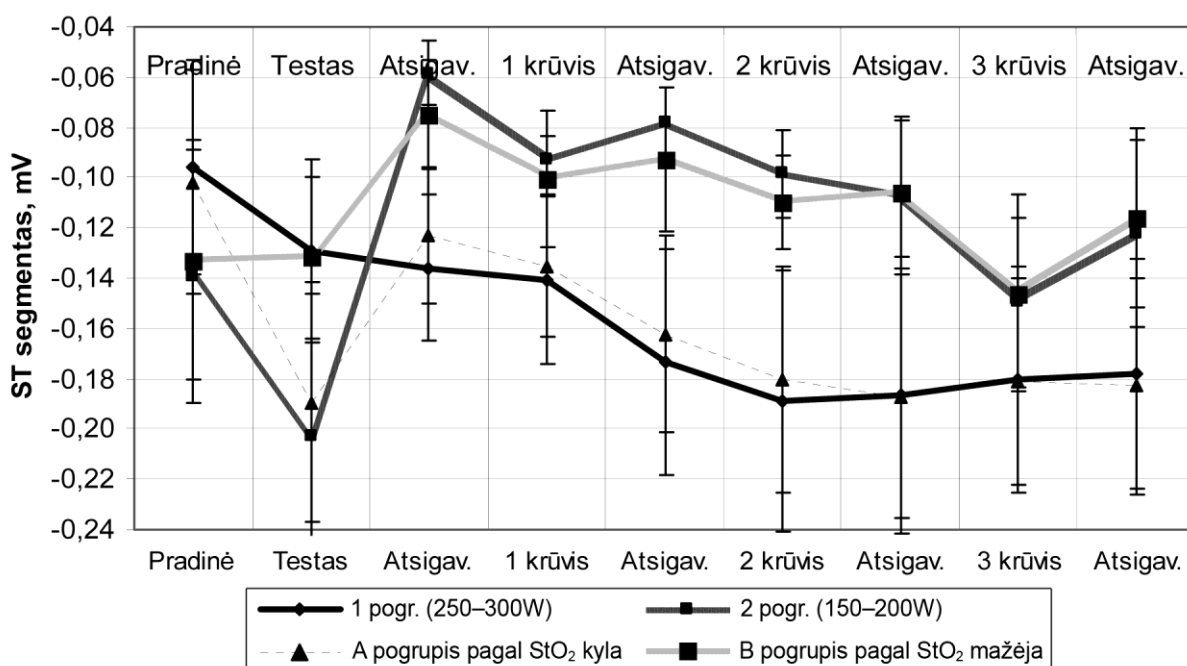
4.4.3 pav. Elektrokardiogramos JT intervalo kitimas, atliekant pratimą rankų raumenims, B lavinti (dilbių tiesimas stovint)

Nustatytas analogiškas JT/RR intervalų santykio pokytis, (4.4.4 pav). Šio parametro didžiausi svyravimai buvo silpnesniųjų grupėse ir krūvių metu turėjo tendenciją didėti. Kaip ir kitų jau nagrinėtų dydžių skirtumo tarp skirtingo fizinio pajėgumo pogrupių nenustatyta.



4.4.4 pav. Elektrokardiogramos JT/RR kitimas, atliekant pratimą rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint)

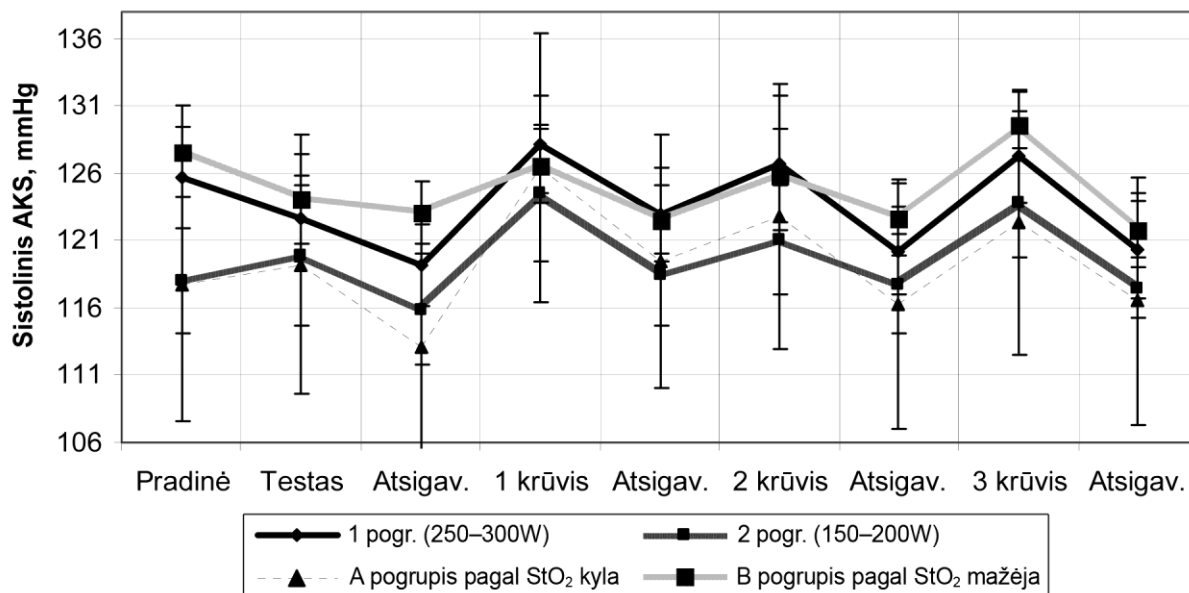
Įvertinus tiriamųjų grupės ir atskirų pogrupių duomenis, galima pažymėti, kad nenustatyta reikšmingų ST segmento pokyčių (4.4.5 pav.), išskyrus atskirus atvejus, atliekant pakartotinius fizinius krūvius. Pastebėta tik ST mažėjimo tendenciją visų krūvių metu silpnesniųjų antrajame bei B pogrupiuose. Reikšmingas skirtumas nustatytas tarp stipresniųjų ir A pogrupio bei silpnesniųjų ir B pogrupio, pastarojo fakto interpretacija nežinoma.



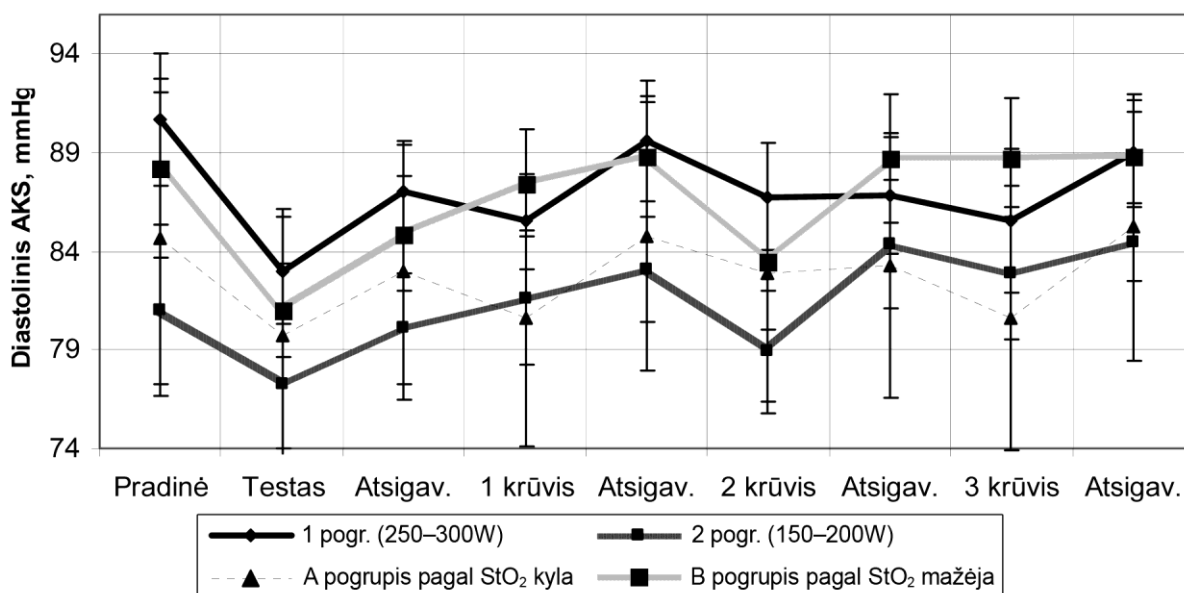
4.4.5 pav. Elektrokardiogramos ST-segmento kitimas atliekant pratimą rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint)

Sistolinio AKS kitimas turėjo „parabolinio“ kitimo tendenciją (4.4.6 pav.), jis mažėjo antrojo krūvio metu, nors paskutinio, trečiojo krūvio metu jis visose grupėse vėl pradėjo didėti.

Pastebėti analogiškai sistolinio AKS, diastolinio spaudimo pokyčių dėsningumai, (4.4.7 pav.). Atkreiptinas dėmesys į tai, jog mažiausias jo svyravimas buvo A pogrupyje ir silpnesniųjų, t. y. antrajame pogrupyje.



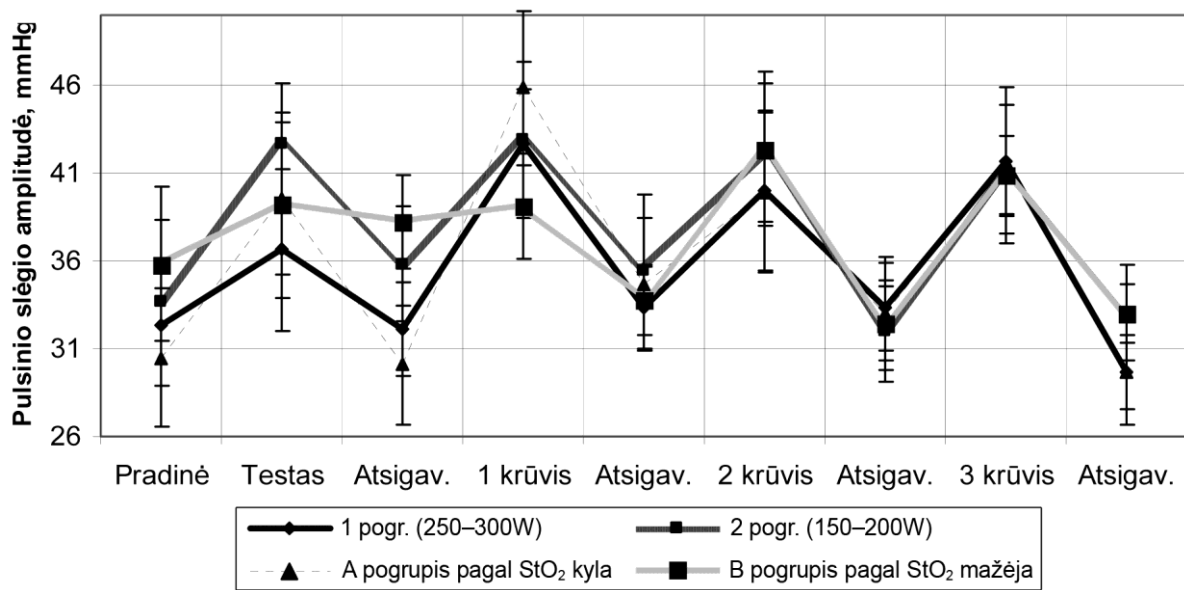
4.4.6 pav. Sistolinio AKS kitimas, atliekant pratimą rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint)



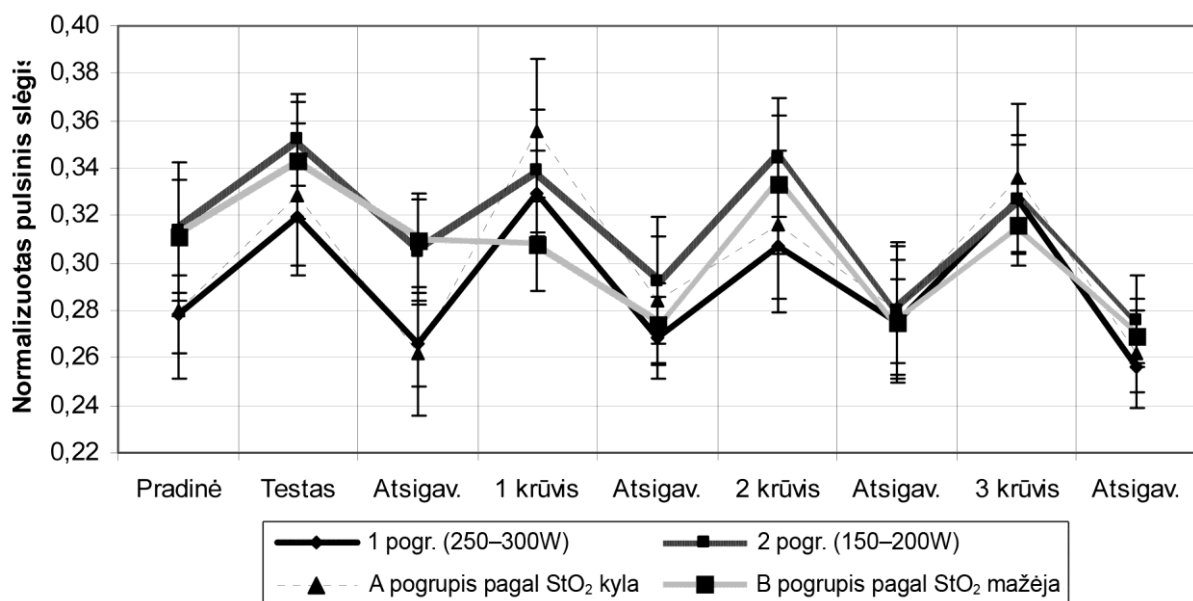
4.4.7 pav. Diastolinio AKS kitimas, atliekant pratimą rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint)

4.4.8 paveiksle pateikiami pulsinės amplitudės pokyčiai. Nepaisant pastebėtų tiek sistolinio, tiek diastolinio spaudimų pokyčių, pulsinis slėgis buvo ganėtinai stabilus, ypač trečiojo krūvio

metu, matyt rodantis šio parametro stabilizavimo svarbą, atliekant krūvį ir greičiausiai dėl to, kad krūvis buvo individualizuotas.



4.4.8 pav. Pulsinio slėgio amplitudės (S-D) kitimas, atliekant pratimą rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint)

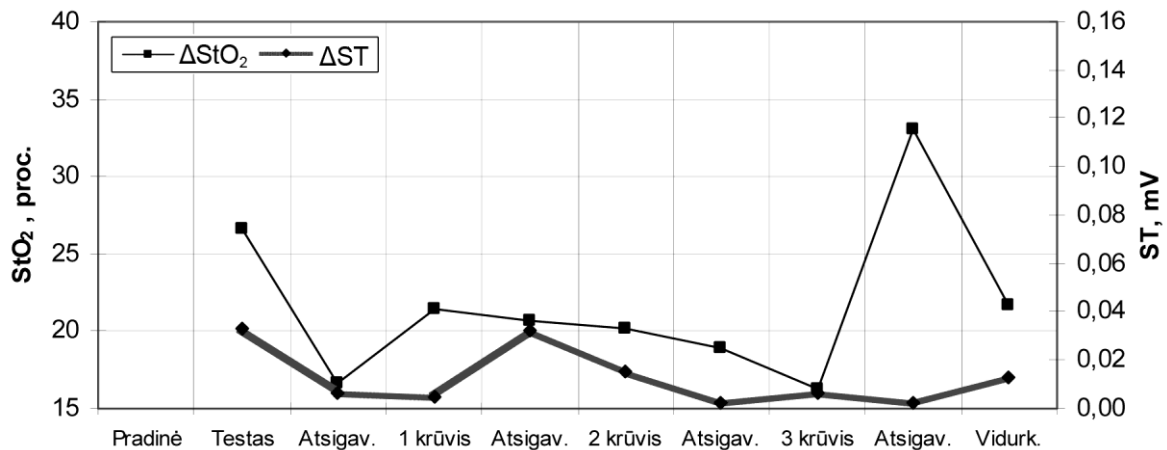


4.4.9 pav. Normalizuotos pulsinio slėgio amplitudės (S-D)/S kitimas, atliekant pratimą rankų raumenims lavinti (dilbių tiesimas stovint)

4.4.9 paveiksle pateikiami normalizuotos pulsinės amplitudės pokyčiai, turėjo „parabolinį“ pobūdį ir buvo analogiški pulsinio slėgio kitimams, didžiausi buvo silpnesniųjų, antrajame pogrupyje (antro krūvio metu).

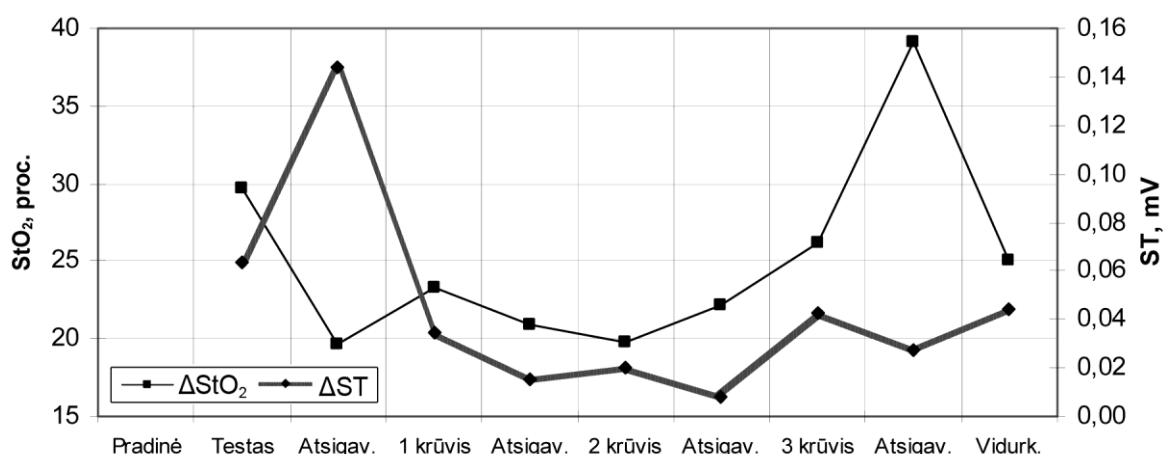
Degunies įsotinio ir ST segmento pokyčių absoliučios reikšmės.

Nagrinėjant deguonies išotinio ir ST segmento pokyčių absoliučiąjų reikšmių pokyčius, kas labiau sietina su pokyčių greičiu, atliekant dilbių tiesimą, tuoj po pirmojo krūvio (4.4.10 pav.), pastebėtas pirmojo pogrupio deguonies išotinio mažėjimas ir atsirandantis ST kitimo mažėjimas, t. y. kitimo greičio mažėjimas būtent pirmajame, stipriausių pogrupyje.



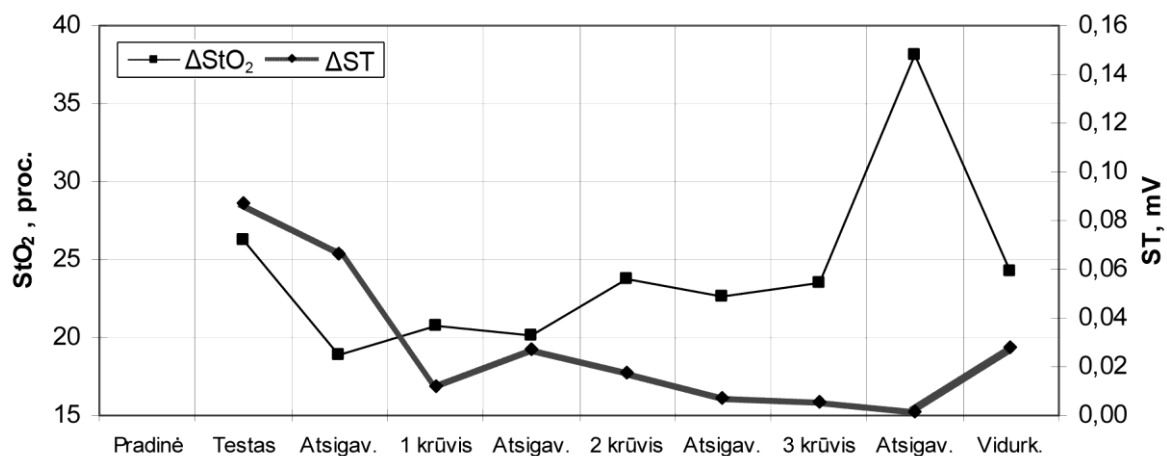
4.4.10 pav. Pirmojo pogrupio deguonies išotinio ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant pakartotinius krūvius rankų raumenims lavinti

Silpnėsiųjų grupėje (4.3.11 pav.) matome kokybiškai kitokius, greičiau priešpriešinius, didesnius, panašiai kaip ir B pogrupyje, ST amplitudės svyravimus, o tai rodo didesnius širdies funkcijos pokyčius įsijungiant į krūvį, ir tai galėtų būti susiję su šių grupių tiriamųjų mažesniu fiziniu pajėgumu. Pokyčių sąsajas interpretuoti sunku (greičiausiai StO₂ turėjo įtakos kitiems kitimams, nes krūvio metu raumuo yra organizmo sistemų monopolizatorius (Žumbakytė, 2002; Kajėnienė, 2008)).

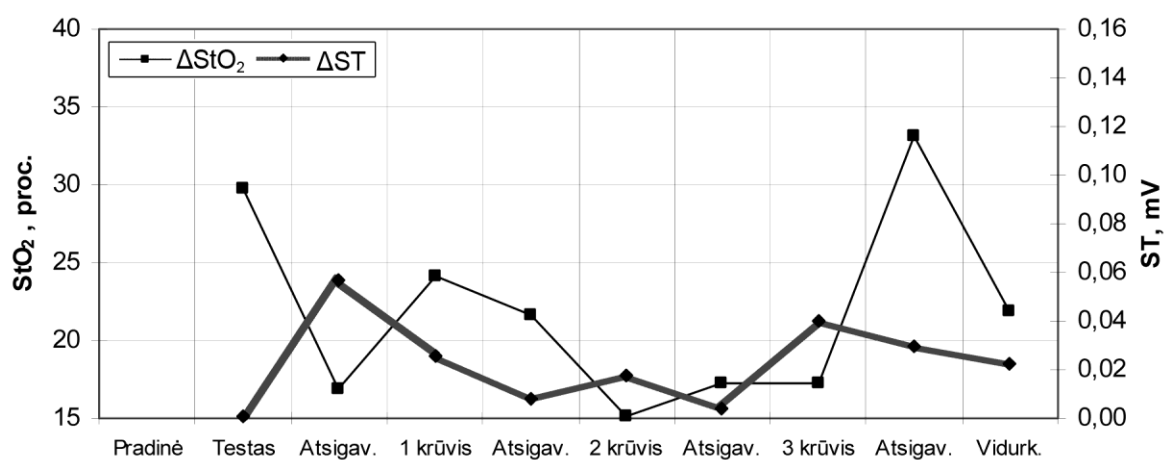


4.4.11 pav. Antrojo pogrupio deguonies išotinio ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant pratimus rankų raumenims lavinti

Kituose tiriamųjų pogrupiuose (4.4.12, bei 4.4.13 pav.) pastebėti jau aprašyti ST amplitudės bei StO₂ dydžių pokyčiai.



4.4.12 pav. A pogrupio deguonies išotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučios reikšmės, atliekant pakartotinius krūvius rankų raumenims lavinti



4.4.13 pav. B pogrupio deguonies išotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučios reikšmės, atliekant pakartotinius krūvius rankų raumenims lavinti

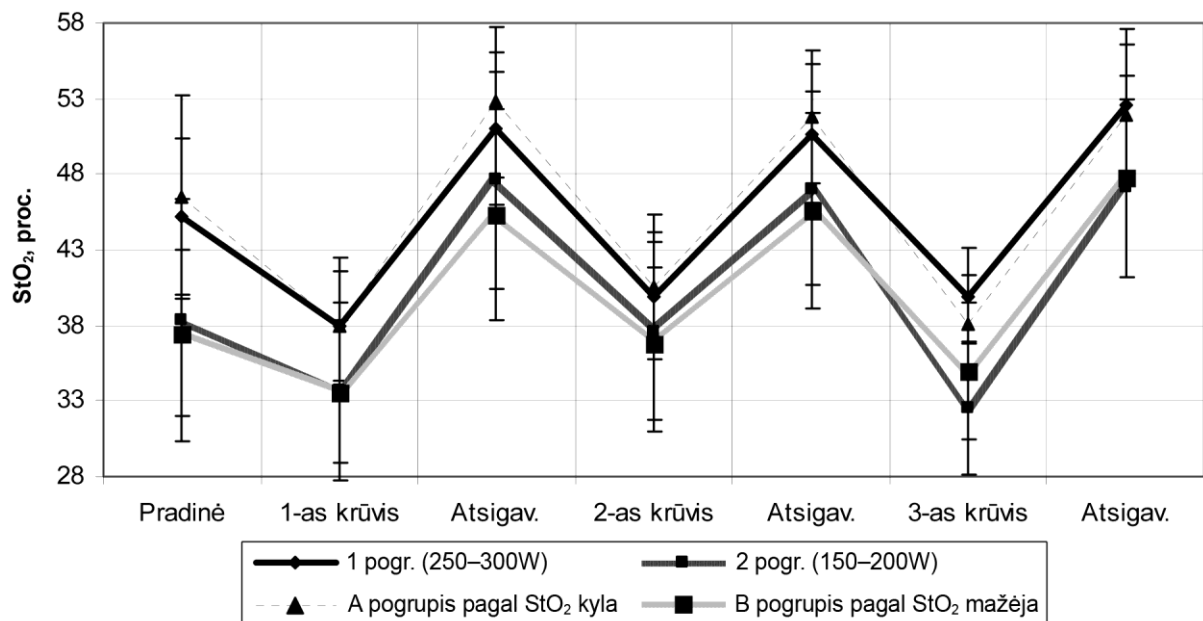
4.5. Penktas tyrimas: ŠKS funkcinių rodiklių kitimo ypatybės, atliekant pakartotinius krūvius nugaros raumenims lavinti (liemens tiesimas)

Tiriamieji atliko tris pakartotinius krūvius. Po pirmojo ir antrojo krūvių tiriamieji ilsėjosi stovėdami po dvi minutes, o po trečiojo ilsėjosi 4 min. Penktojo tyrimo ŠSD, ST ir StO₂ pokyčiai pateikiami 4.5 lentelėje.

4.5 lentelė. *V tyrimo ŠSD, ST ir StO₂ funkcinių rodiklių kitimas atliekant nugaros raumenų grupės darbo bei atsigavimo metu (M ± SEM)*

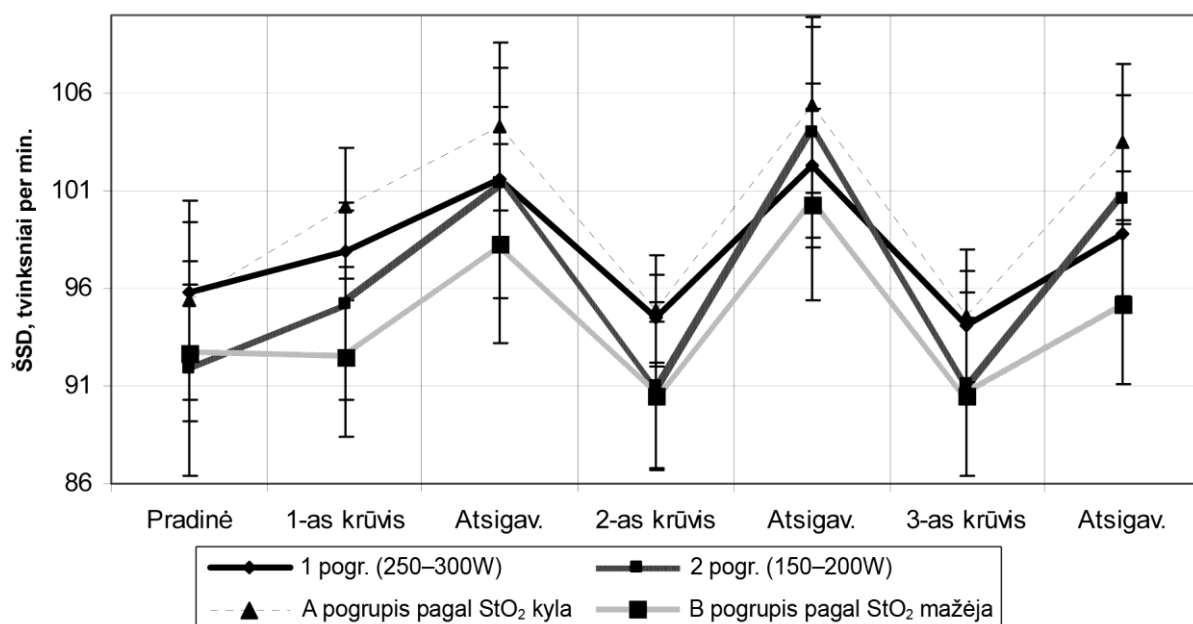
GRUPĖS	Visi	1	2	A	B
<i>Dydis</i>	ŠSD	ŠSD	ŠSD	ŠSD	ŠSD
Pradinė būklė	94 ± 3,09	96 ± 3,60	92 ± 5,51	95 ± 5,11	93 ± 3,51
1-masis krūvis	97 ± 2,56	98 ± 2,50	95 ± 4,85	100 ± 3,03	92 ± 4,08
Atsigavimas	102 ± 3,29	101 ± 3,71	101 ± 5,90	104 ± 4,29	98 ± 5,12
2-asis krūvis	93 ± 2,30	94 ± 2,27	91 ± 4,31	95 ± 2,84	91 ± 3,75
Atsigavimas	103 ± 3,29	102 ± 4,20	104 ± 5,40	105 ± 4,49	100 ± 4,94
3-iasis krūvis	93 ± 2,58	94 ± 2,78	91 ± 4,68	95 ± 3,39	90 ± 4,02
Atsigavimas	99 ± 2,91	98 ± 3,19	101 ± 5,28	103 ± 3,98	95 ± 4,09
<i>Dydis</i>	ST	ST	ST	ST	ST
Pradinė būklė	-0,16 ± 0,04	-0,12 ± 0,036	-0,22 ± 0,064	-0,19 ± 0,05	-0,13 ± 0,05
1-masis krūvis	-0,09 ± 0,016	-0,10 ± 0,025	-0,08 ± 0,019	-0,10 ± 0,025	-0,08 ± 0,019
Atsigavimas	-0,13 ± 0,03	-0,12 ± 0,028	-0,14 ± 0,058	-0,11 ± 0,025	-0,14 ± 0,06
2-asis krūvis	-0,09 ± 0,02	-0,08 ± 0,019	-0,10 ± 0,042	-0,08 ± 0,020	-0,10 ± 0,41
Atsigavimas	-0,14 ± 0,029	-0,14 ± 0,031	-0,14 ± 0,053	-0,14 ± 0,027	-0,14 ± 0,056
3-iasis krūvis	-0,11 ± 0,025	-0,12 ± 0,033	-0,10 ± 0,038	-0,12 ± 0,033	-0,09 ± 0,038
Atsigavimas	-0,14 ± 0,035	-0,13 ± 0,034	-0,15 ± 0,066	-0,14 ± 0,033	-0,14 ± 0,067
<i>Dydis</i>	StO ₂	StO ₂	StO ₂	StO ₂	StO ₂
Pradinė būklė	42 ± 4,42	45 ± 4,42	38 ± 8,00	47 ± 6,68	38 ± 5,45
1-masis krūvis	36 ± 3,25	38 ± 3,65	34 ± 5,94	38 ± 4,55	34 ± 4,73
Atsigavimas	49 ± 4,11	51 ± 5,00	48 ± 7,14	53 ± 4,97	45 ± 6,97
2-asis krūvis	39 ± 3,44	40 ± 3,65	38 ± 6,56	41 ± 4,84	37 ± 5,00
Atsigavimas	49 ± 3,72	51 ± 4,57	47 ± 6,38	52 ± 4,40	46 ± 6,46
3-iasis krūvis	37 ± 2,68	40 ± 3,17	33 ± 4,41	38 ± 3,32	35 ± 4,54
Atsigavimas	50 ± 3,80	52 ± 5,06	47 ± 5,91	52 ± 4,57	48 ± 6,63
N	24	13	11	13	11

4.5.1 paveiksle pateikiami StO₂ pokyčiai. Antrajame ir B pogrupiuose nustatyta mažesnių deguonies išotinio dydžių tendenciją visoje krūvių sekoje. Vertinant StO₂ kitimą, atliekant krūvius nugaros raumenims lavinti, galima išskirti tai, kad krūvio metu vertinamo rodiklio kitimas tarp pogrupių reikšmingai nesiskyrė, o atsigavimo metu reikšmingai ($p < 0,05$) didesni StO₂ pokyčiai (greičiau ir didesniu laipsniu atsigaudavo) pirmojo ir A pogrupio t. y. didesnio nei vidutinio funkcinio parengtumo tiriamieji. Bendri deguonies išotinio pokyčiai šio tyrimo metu nedaug tesiskyrė nuo kitų tyrimų metu analogiškų duomenų – krūvio metu mažėdavo, atsigavimo metu didėdavo.



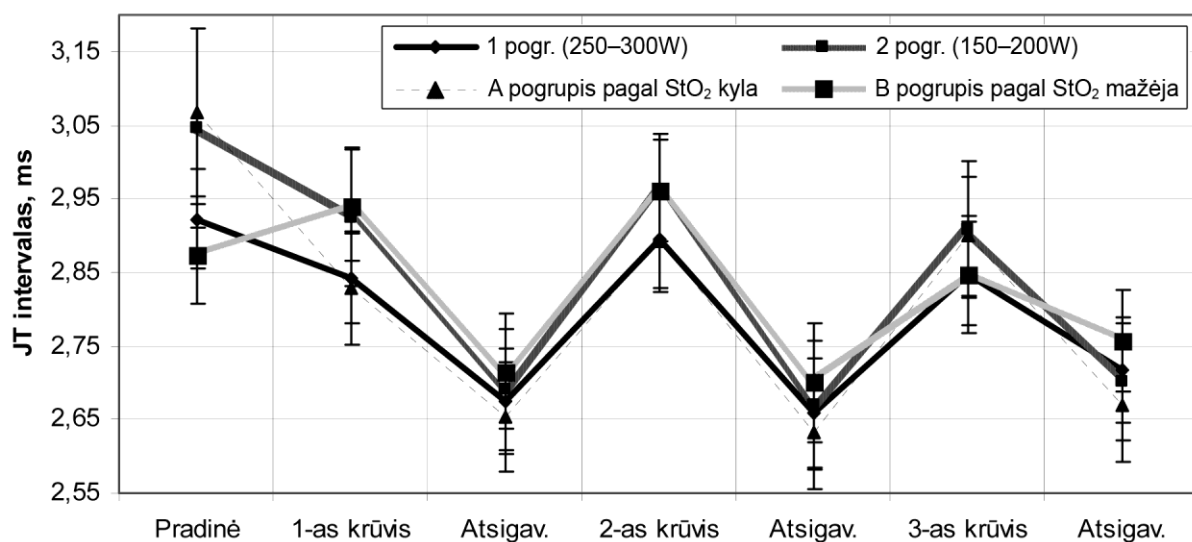
4.5.1 pav. *StO₂ kitimas, atliekant pakartotinius krūvius nugaros raumenims lavinti*

4.5.2 paveiksle pateikiami ŠSD pokyčiai rodo krūvio sumavimosi efektą, tačiau greičiau „atvirkščią“, t. y. tęsiant krūvius ŠSD dydis mažėjo. Ši keista tendencija pastebėta visose tirtųjų grupėse. Be to, krūvio metu pastebėjome ŠSD mažėjimą, o atsigavimo metu dažnėjimą, to nepastebėjome nė vieno kito tyrimo metu. Tokio tipo adaptaciją prie krūvio sunku interpretuoti, tačiau nebuvo statistiškai reikšmingo skirtumo tarp pogrupių nei po pirmojo, nei po antrojo, nei po trečiojo krūvio, palyginus maksimalias ŠSD reikšmes, užregistruotas šiame tyrime atsigavimo metu. Viena iš galimų interpretacijų, šių neįprastų krūvio metu pokyčių, gal būt, gali būti sietina su skirtinga kūno padėtimi tiriamajam atliekant šiuos pratimus: gulint kniūbsčiam ant treniruoklio atremtyje ant šlaunų fiksuotomis kojomis, padėtis, kai fiksuotas liemuo lenkiamas žemiau viso kūno horizontalaus lygmens. Šioje situacijoje reguliacinės sistemos galbūt saugo hemodinaminę sistemą nuo per didelio slėgio galvoje ir kartu mažina širdies funkciją, taip bandydamos išspręsti hipertenzinę situaciją galvos srityje.

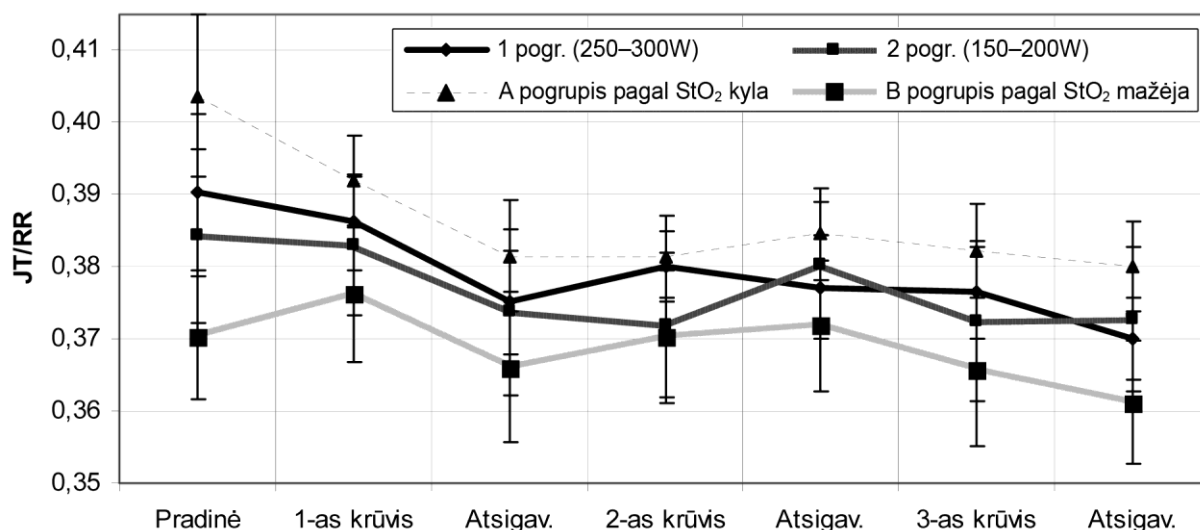


4.5.2 pav. ŠSD kitimas, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti

Išvertinus grupės ir atskirų pogrupių duomenis galima pažymėti, kad elektrokardiogramos JT intervalo (4.5.3 pav.), reikšmingų skirtumų ($p < 0,05$) nerasta. Pokyčiai buvo analogiški ŠSD pokyčiams, t. y. krūvio metu ilgėjo, o atsigavimo metu trumpėjo. Mažesniojo funkcinio parengtumo tiriamųjų elektrokardiogramos JT intervalas daugiau **pailgėdavo**, atliekant krūvį ir daugiau **sutrumpėdavo** atsigavimo tarp pratimo kartojimų metu. Šių pokyčių interpretacija, matyti, tokia pati kaip ir ŠSD pokyčių šio tyrimo metu.



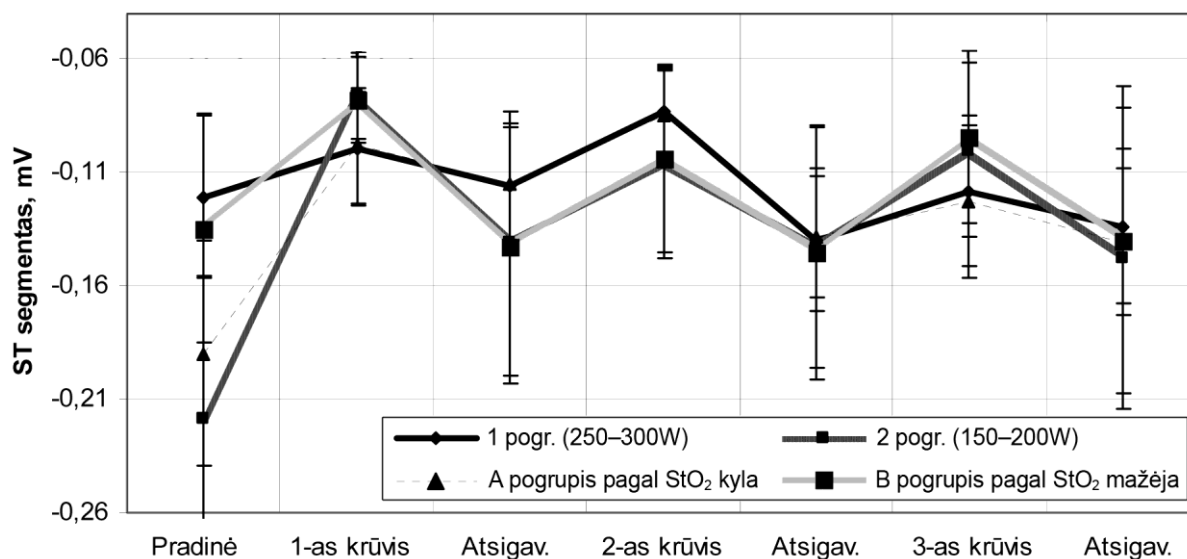
4.5.3 pav. Elektrokardiogramos JT intervalo kitimas, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti



4.5.4 pav. Elektrokardiogramos JT/RR kitimas atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti

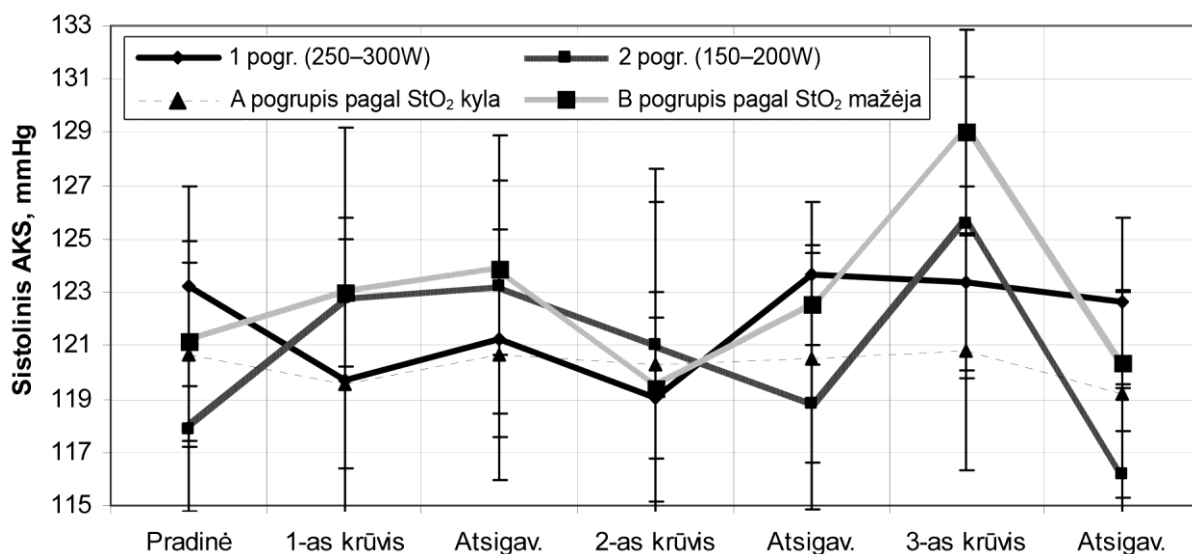
Nustatyti analogiškai JT/RR intervalų santykio pokyčiai, (4.5.4 pav.). Šio parametro rodiklių svyravimai buvo maži ir mažėjo dar krūvio metu, lyg pakartotinių krūvių metu stebėtume mažėjančią širdies funkcijos aktyvinimo reakciją. Toks reakcijos tipas sunkiai interpretuojamas remiantis klasikine fiziologija.

Įvertinus tiriamųjų grupės ir atskirų pogrupių duomenis galima pažymėti, kad nebuvo reikšmingų ST segmento pokyčių (4.5.5 pav.), išskyrus atskirus atvejus, atliekant pakartotinius fizinius krūvius. ST segmento mažėjimo tendenciją šį kartą nustatyta stipresniųjų ir A pogrupiuose. Taip pat kaip ir ankstesniuose EKG dydžių pokyčiuose pastebėta ST amplitudės sumažėjimas atsigavimo metu (*ne krūvio*).



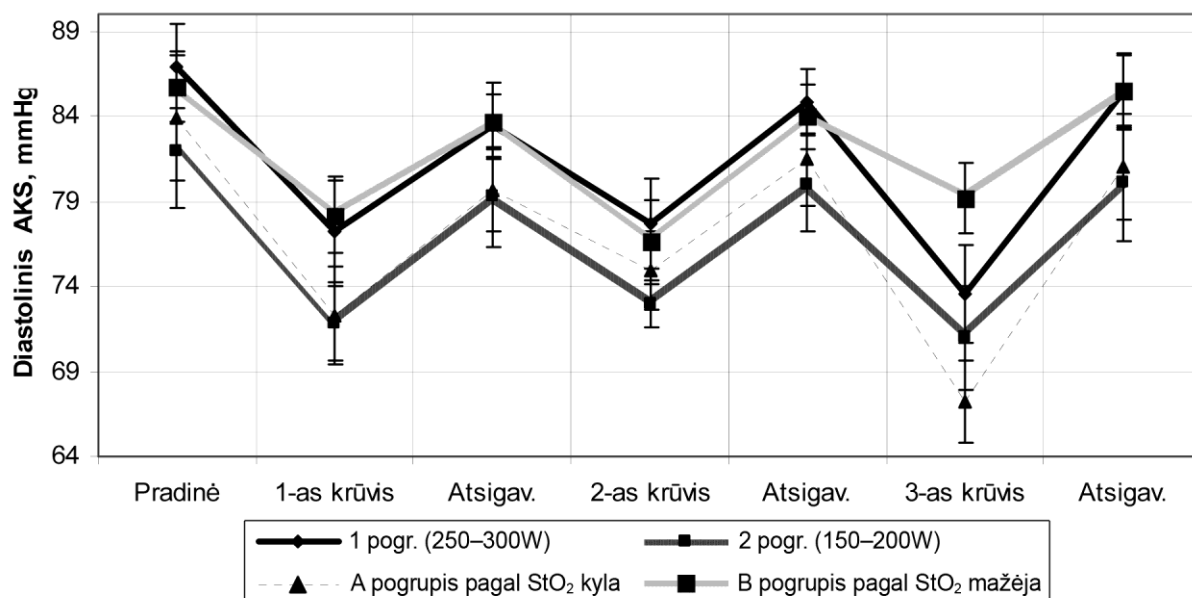
4.5.5 pav. Elektrokardiogramos ST segmento kitimas, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti

Sistolinio AKS kitimas visose grupėse turėjo „stabilizavimosi“ tendenciją (4.5.6 pav.), nors paskutinio, trečiojo krūvio metu, jis visose grupėse pradėjo didėti. Tikėtina, jog po savotiškos įsidirbimo fazės reguliacinių sistemų įtaka pradėjo didėti.



4.5.6 pav. Sistolinio AKS kitimas, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti

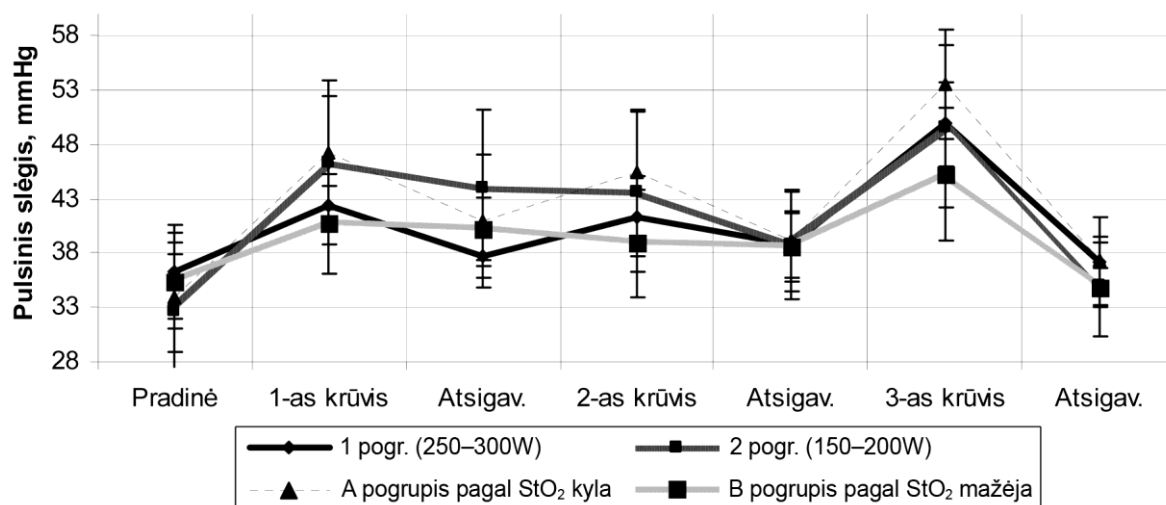
Diastolinio spaudimo pokyčiuose išvėlgėme kitokius nei sistolinio AKS pokyčius, (4.5.7 pav.). Šie pokyčiai visiškai atitinka klasikinius dėsningumus – krūvio metu mažėja, atsigavimo metu padidėja. Atkreiptinas dėmesys į tai, jog išsiskiria svyravimai tarp pirmojo ir B pogrupių bei tarp antrojo ir A pogrupių.



4.5.7 pav. Diastolinio AKS kitimas, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti

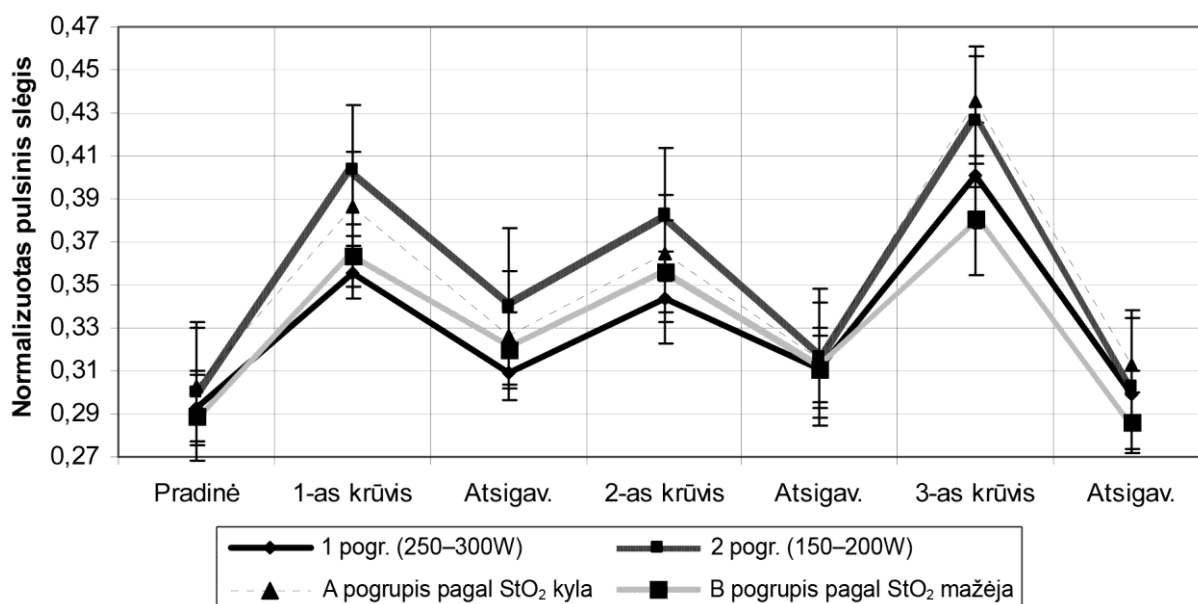
4.5.8 paveiksle pateikiamas pulsinio slėgio kitimas, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti. Įvertinus pulsinio AKS kitimą, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti, galima išskirti

tai, kad trečiojo krūvio metu labiausiai išryškėjantis skirtumas tarp pogrupių buvo reikšmingai didesnis, o atsigavimo po krūvio metu jis greitai mažėdavo.



4.5.8 pav. Pulsinio slėgio amplitudės kitimas, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti

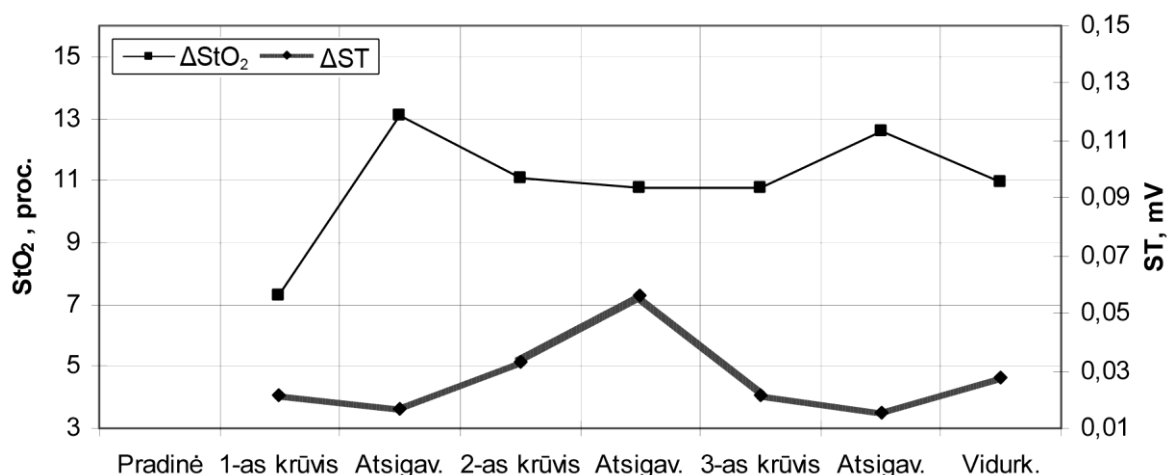
4.5.9 paveiksle pateikiami normalizuotos pulsinės amplitudės kitimai buvo analogiški pulsinio slėgio pokyčiams ir didžiausi buvo antrajame pogrupyje.



4.5.9 pav. Normalizuotos pulsinio slėgio amplitudės kitimas, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti

Deguonies įsotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės

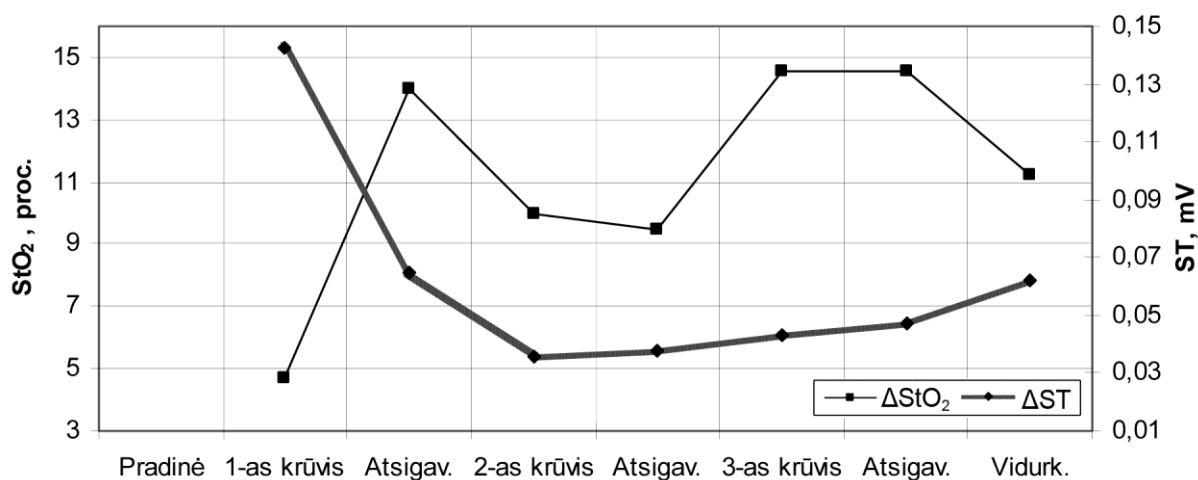
Nagrinėjant deguonies įsotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės kitimus (tai labiau sietina su pokyčių greičiais), atliekant liemens tiesimą, tuoj po pirmojo krūvio (4.5.10 pav.), nustatytas deguonies įsotrinimo didėjimas ir su faziniu postūmiu atsirandantis ST segmento kitimas, pirmajame stipriausiųjų tiriamųjų pogrupyje.



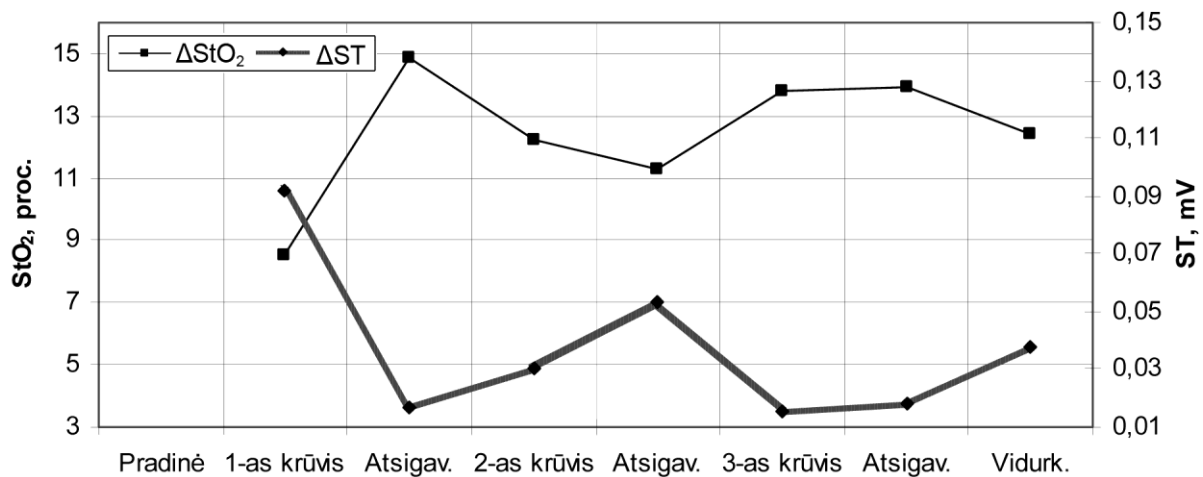
4.5.10 pav. Pirmojo pogrupio deguonies išotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti

Silpnesniųjų pogrupyje (4.5.11 pav.), matome kokybiškai kitokius pokyčius: antrajame pogrupyje, ryškesnius ST amplitudės svyravimus, o tai rodytų didesnius širdies funkcijos pokyčius krūvio metu, ir tai galėtų būti sietina su detreniruota šių pogrupių tiriamųjų būseną.

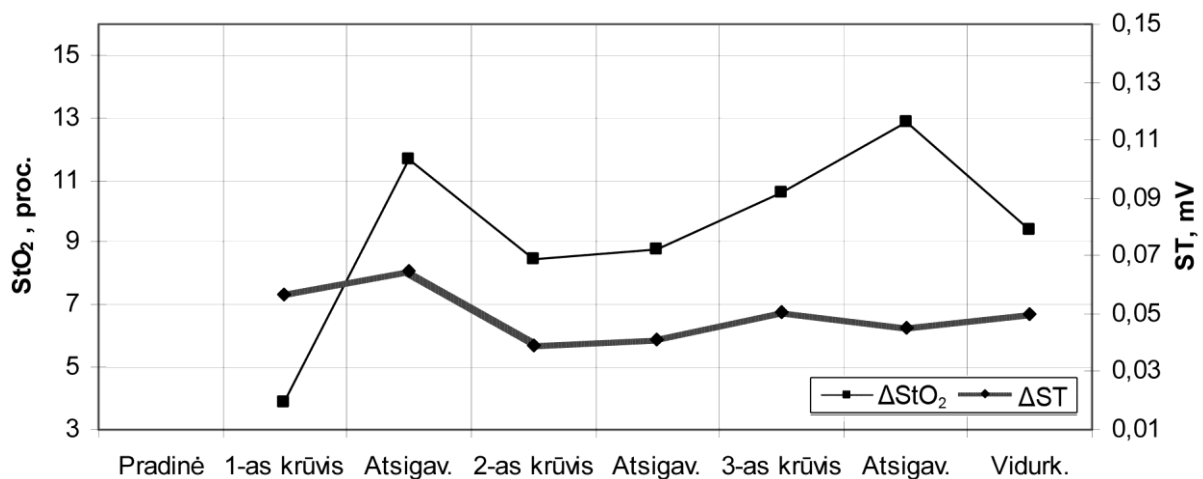
Kituose tiriamųjų pogrupiuose (4.5.12, 4.5.13 pav.), pastebime jau aprašytus ST amplitudės bei StO_2 rodiklių pokyčius, tačiau šio tyrimo metu, kažkodėl, šie pokyčiai buvo minimalūs.



4.5.11 pav. Antrojo pogrupio deguonies išotrinimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti



4.5.12 pav. A pogrupio deguonies išotininimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti



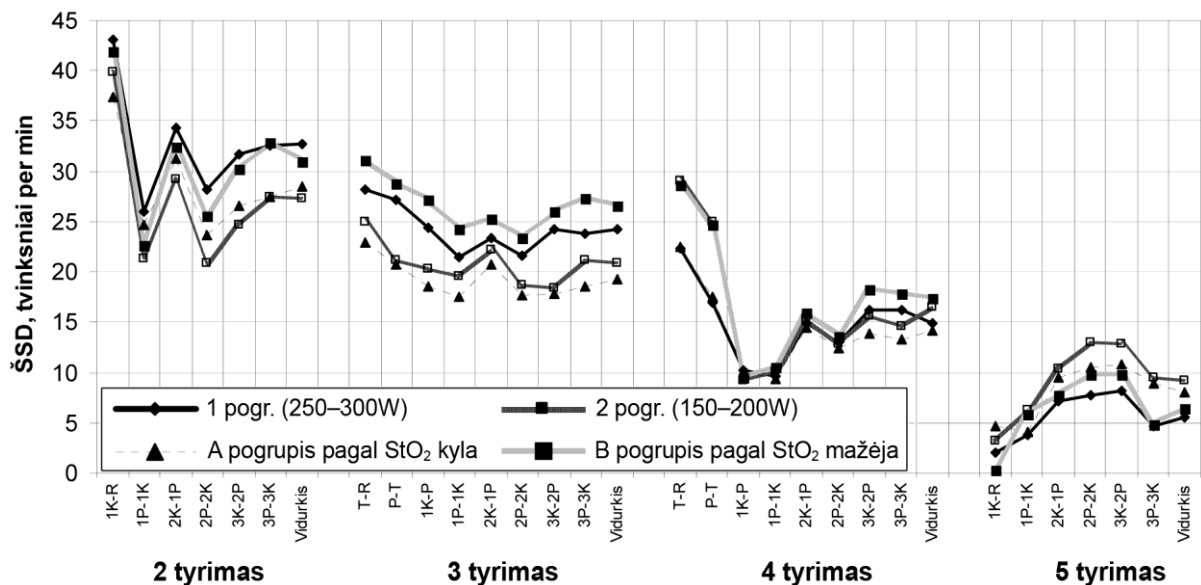
4.5.13 pav. B pogrupio deguonies išotininimo ir ST segmento pokyčių absoliučiosios reikšmės, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti

4.6. Atliktų penkių tyrimų duomenų palyginimas vadovaujantis organizmo funkcinio vientisumo požiūriu

Įdomu palyginti, kokia reguliacinių sistemų dinamika visų atliktų tyrimų metu. Šiame skyriuje tiriamieji, kaip ir ankstesniuose, suskirstyti pagal pirmo tyrimo pajėgumą į du pogrupius: 1 ir 2, o pagal StO_2 kaitos ypatumus – į A ir B pogrupius.

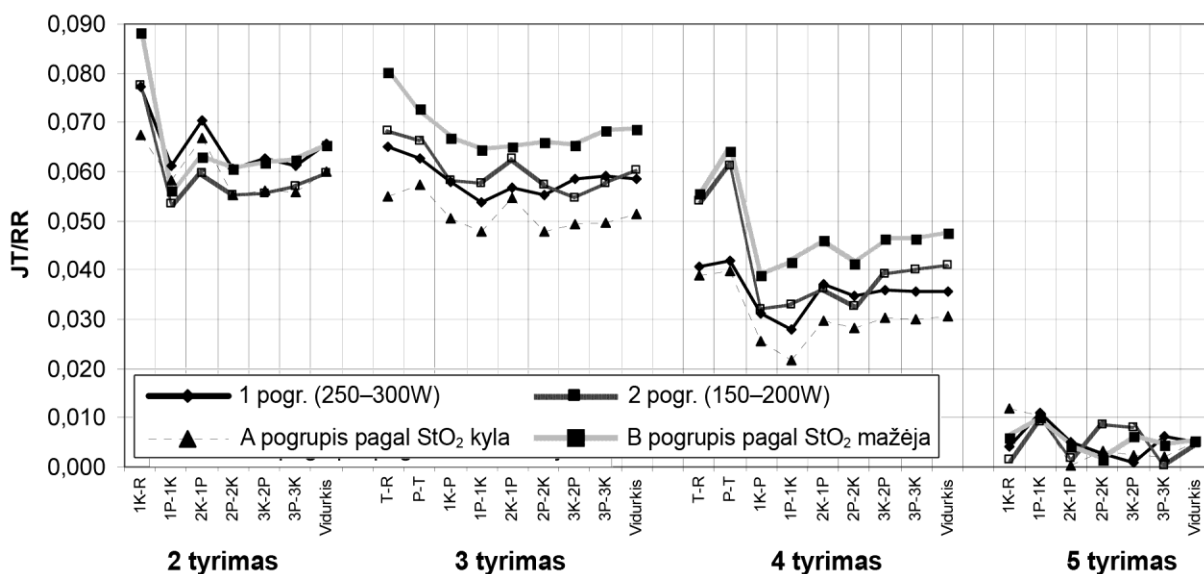
Įsitraukiant į darbą didesnėms kūno raumenų grupėms, pastebime ir didesnę centrinės reguliacijos pradinį išsijungimą, tai galime matyti 4.6.1 paveiksle antrojo ir trečiojo tyrimo metu. Mažesnės raumenų grupės įsitraukimas sukelia ir mažesnę reguliacinių sistemų reakciją (trečias ir ketvirtas tyrimas). Ciklinis intensyvus darbas kojomis antrojo tyrimo metu, kai aktyvuojamos didelės šlaunų raumenų grupės, greitai mažina reguliacinių sistemų įtaką. Pokyčių absoliučiosios reikšmės mažėja, svyruodamos tarp krūvio ir atsigavimo būsenų, matyt dėl didesnio kojų raumenų funkcijos hemodinaminio poveikio, gi kraujo spaudimo organizmui didinti nereikia (4.6.3 pav.), šioje situacijoje hemodinamika ir taip pakankama. Kiek kitokią vaizdą matome, kai trečiojo tyrimo

metu aktyvuojama mažesnė raumenų grupė nors ir tų pačių galūnių (kojų). Mažesnė raumenų grupė, mažesnis reguliacinių sistemų įsitraukimas bei stabilesnė ŠSD reakcija, gi spaudimai šiek tiek svyruoja priklausomai nuo raumenų apkrovos (4.6.1 ir 4.6.3 pav.). Įdomų sinergizmą reguliacinėse reakcijose pastebime ketvirtojo tyrimo metu, kai vyksta rankų raumenų aktyvacija. Jos metu pastebime greitai mažėjančią ŠSD reakciją ir drauge didėjančią spaudimo reakciją, didėjant sistoliniam AKS (lyginant 4.6.1 ir 4.6.3 pav., ketvirto tyrimo kreivių grupę), nors bendroji reakcija žymiai mažesnė nei tyrimuose kojoms.



4.6.1 pav. ŠSD pokyčių absoliučiosios reikšmės 2, 3, 4, 5 tyrimo metu

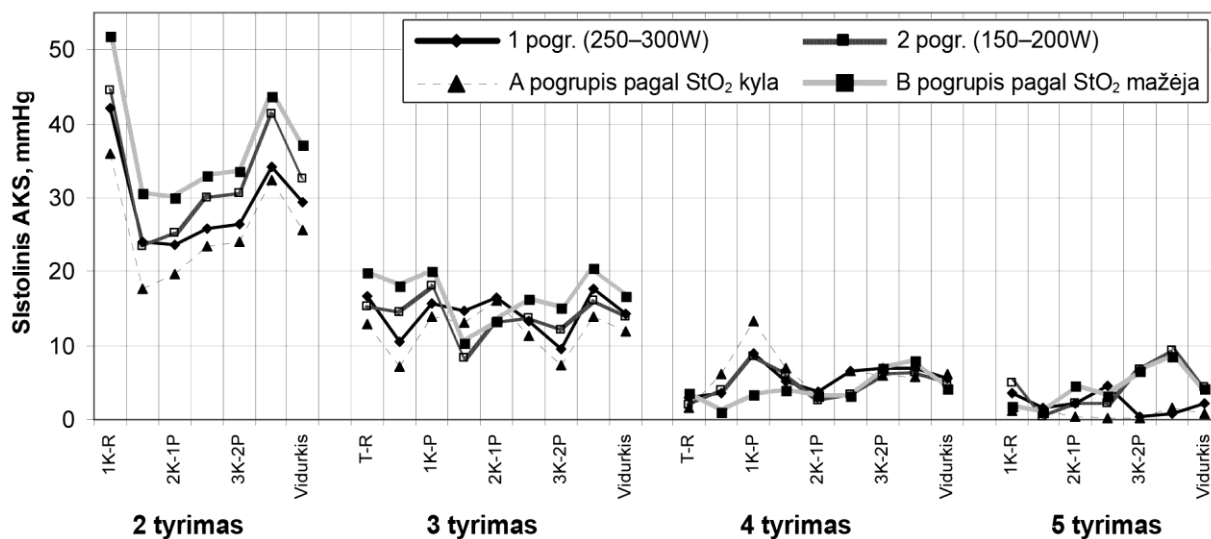
Analogiškai ir JT/RR pokyčiai (4.6.2 pav.). Mažiausi šio parametro pokyčiai stebimi penktojo tyrimo metu, nors šio tyrimo metu aktyvuojama neabejotinai svarbi nugaros raumenų grupė, turinti įtakos daugeliui gyvybinių funkcijų organizme. Jos aktyvacijai bei metabolizmui palaikyti organizme naudojami kiti atraktoriai, valdymo būdai. Betarpiškai reguliacinių sistemų vaidmuo mūsų tirtų parametrų erdvėje yra minimalus. Antrojo, trečiojo ir ketvirtojo tyrimo metu užfiksuotas žymiai didesnis reguliacinių sistemų įsitraukimas su ryškesniu parametrų svyravimu silpnesniam antrajame ir B pogrupiuose. Šie svyravimai ryškiausi, atliekant pratimus rankoms (ketvirtasis tyrimas).



4.6.2 pav. JT/RR etapinių pokyčių absoliučiosios reikšmės 2, 3, 4, 5 tyrimo metu

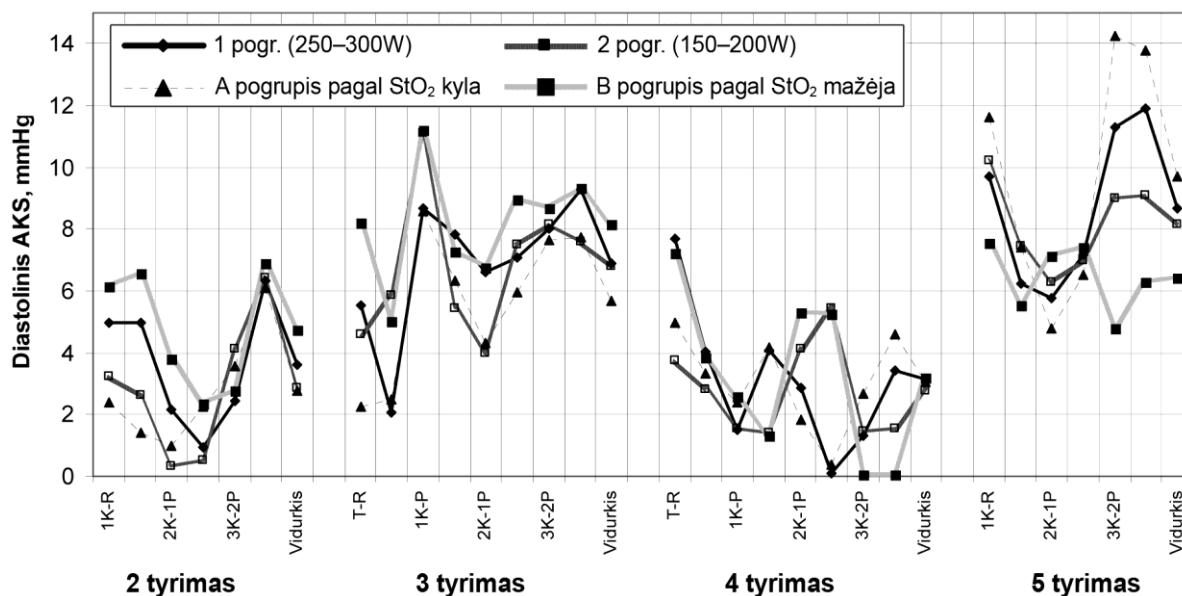
4.6.3 paveiksle pateikiami sistolinio AKS svyravimai pagal intensyvumą yra analogiški ŠSD svyravimams. Antrojo ir ketvirtojo tyrimo metu sistolinio spaudimo svyravimai vyksta daugiau „papildymo“ viens kito principu. Tai suprantama, nes abu dydžiai valdomi tos pačios reguliacinės sistemos tik skirtingomis šakomis, todėl jų dinaminės charakteristikos yra labai panašios. Visų tirtų pogrupių panašios kitimų tendencijos, tik veikiant didesnėms kojų raumenų grupėms matome didesnius pokyčius silpnesniųjų pogrupiuose, tai antrasis bei B pogrupiai. Darant pratimus rankoms, stebime ryškesnius pokyčius krūviui adaptacinėje fazėje, pirmojo krūvio metu, A grupėje. Gal tai jautresnio valdymo galimybės ar tiesiog greitesni adaptaciniai mechanizmai, sunku pasakyti, tačiau būtent šioje grupėje stebime net keletą specifinių, sunkiai interpretuojamų pokyčių krūvių metu.

Apibendrinami reguliacinių sistemų pokyčius, galime konstatuoti, jog reguliacinių sistemų įtaka, mažėjant aktyvuojamų raumenų kiekiui, nepriklausomai nuo jų funkcionavimo ypatybių, mažėja.



4.6.3 pav. Sistolinio AKS etapinių pokyčių absoliučiosios reikšmės 2, 3, 4, 5 tyrimo metu

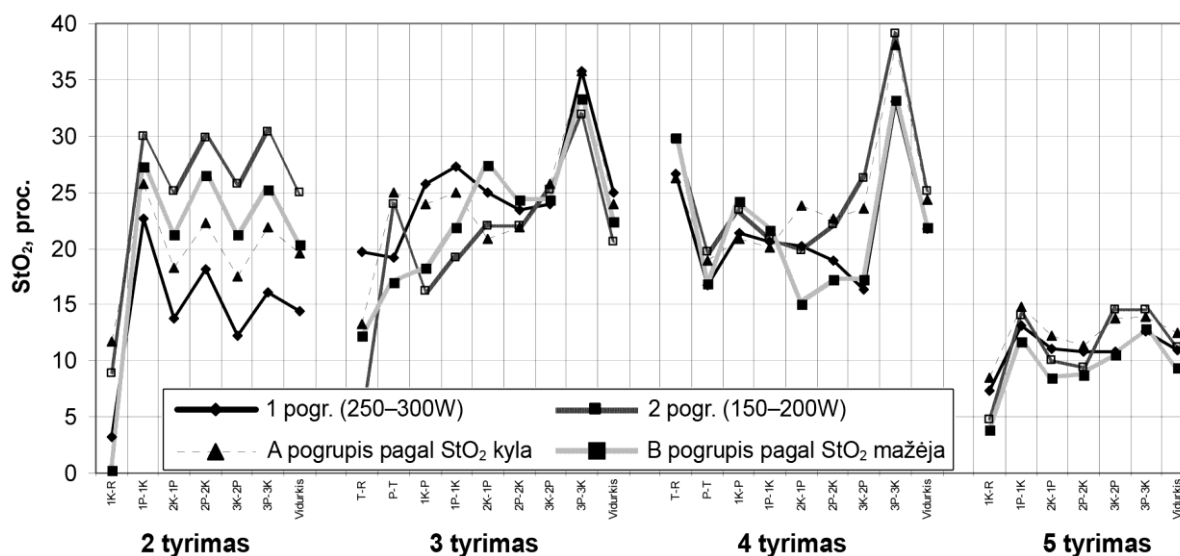
Visai kitokias ypatybes galime stebėti periferinių sistemų pokyčius nusakančių parametrų erdvėje. Čia ryškesnius pokyčius stebime mažesnių ir svarbesnių kūno laikysenai palaikyti raumenų grupėse (4.6.4 pav.).



4.6.4 pav. Diastolinio AKS etapinių pokyčių absoliučiosios reikšmės 2, 3, 4, 5 tyrimo metu

Atliekant kojų (ciklinio pobūdžio – antras tyrimas) ir rankų (ekscentriniai jėgos – ketvirtas tyrimas) lavinimo pratimus, nustatyti mažiausi diastolinių spaudimų pokyčiai. Tai vėlgi nelengvai interpretuojamas faktas fiziologijos požiūriu.

Deguonies įsotinimo pokyčiai (4.6.5 pav.) stebėtinai panašūs antrojo, trečiojo ir ketvirtojo tyrimo metu ir akivaizdžiai mažesni penktojo tyrimo metu. Galima manyti, jog pirmieji trys tyrimai vyksta aktyvuojant raumenų metabolizmą daugiau aerobinėmis sąlygomis, gi paskutinis vyksta daugiau anaerobinėmis sąlygomis be to didesnę laiko dalį statiniame režime ir dėl to sukelia mažesnius deguonies įsotinimo pokyčius.



4.6.5 pav. StO₂ pokyčių absoliučiosios reikšmės 2, 3, 4, 5 tyrimo metu

Remiantis pokyčiais skirtingų raumenų aktyvacijų metu, bei juos palyginus, galima konstatuoti, jog organizme yra raumenų grupės, kurios yra greitai įtakojamos reguliacinių sistemų, šios raumenų grupės gali vystyti didelius galingumus ir naudoja daugiau aerobinį metabolizmo aktyvavimo būdą, šalia to yra raumenų grupės (nugaros raumenų grupė), kurios minimaliai įtakojamos reguliacinių sistemų ir turi daugiau anaerobinį metabolizmo aktyvavimo kelią, daugiau valdomą periferinių sistemų (arba turinčios didesnes sąsajas su periferinėmis valdymo sistemomis).

Apibendrinus nustatytus pokyčius galima daryti išvadą, jog kiekvienas raumuo žmogaus organizme turi savo aktyvavimo ypatybes, tiek išitraukiant reguliacinėms sistemoms, tiek formuojant tam tikrą metabolizmo aktyvimą, taigi, turi savitą tik jam būdingą funkcionavimo atraktorių.

5. REZULTATŲ APTARIMAS

Ryšys tarp aktyviai dirbančių raumenų ir širdies kraujagyslių sistemos yra sudėtingas. Ši sudėtingumą lemia tai, jog raumuo dirba ne izoliuotai, ne atskiroje savoje sistemoje, bet visame organizme, kartu su kitų raumenų grupėmis, vidaus organais, funkcionuojant visoms kitoms fiziologinėms sistemoms (Shephard, 1987; Vainoras, 1996; Poderys, 2000; Тхоревский, 2001 ir kt.). Nepaisant daugybės mokslinių studijų vis dar neaišku, kaip ir kokia seka vyksta atskiri procesai, kai, atliekant fizinį krūvį, dalyvauja skirtingos funkcinės raumenų grupės, kai fizinis krūvis atliekamas neįprastose kūno padėtyse, kai, ilgai tęsiant krūvį ar vis didinant krūvio intensyvumą, atsiranda širdies funkcijos ribotumas, kaip veikia centrinių ir periferinių kraujotakos reguliavimo mechanizmai, kokia yra jų tarpusavio sinerginė sąveika. Analizuojant tokių tyrimų duomenis tik sisteminis, integruotas organizmo funkcinės būklės įvertinimas gali duoti atsakymus į šiuos fiziologijai ir klinikinei praktikai aktualius klausimus (Jasiūnas, Vainoras, 1997; Тхоревский, 2001; Poderys, 2004; Lungarella et al., 2007; Kajenienė, 2008). Sisteminis, integruotas organizmo funkcinės būklės įvertinimas gali rodyti jos kitimą ir būti kiekybinis tos būklės traktavimas (Jasiūnas, Vainoras, 1997).

Vertinant funkcinę būklę, dažniausiai yra naudojami įvairūs fizinio krūvio mėginiai, pavyzdžiui, dozuoto, pakartotinio ar maksimalaus krūvio mėginiai (Vainoras, 1996; Skyrius, 2002; Poderys, 2005 ir kt.). Sukaupta pakankamai daug duomenų apie ŠKS funkcinį rodiklį kitimo ypatybes, atliekant pakopomis didėjančią fizinį krūvį veloergometru. Vainoras ir kt. (1996) pateikė sveikų ir sergančiųjų ŠKS ligomis EKG rodiklį kitimą, atliekant pakopomis didėjančią krūvį veloergometru, E. Trinkūnas (2000) lygino sportininkų ir nesportuojančių žmonių ŠKS rodiklį kitimo ypatybes, J. Poderys (2001) – žmonių, kurie adaptuojasi greičio jėgos, bei žmonių, kurie adaptuojasi prie ištvermės fizinių krūvių ypatybes, R. Šadzevičienė (2005) – žmonių, lavinančių greitumą, ŠKS ypatybes, R. Žumbakytė (2006) – nesportuojančiųjų, krepšininkų ir futbolininkų ŠKS ypatybes, A. Buliuolis (2006) – žmonių, atliekančių didelės apimties anaerobinius krūvius ŠKS funkcinį rodiklį kitimo ir atsigavimo ypatybes. Visų minėtų tyrimų metu buvo naudojamas pakopomis, kas minutę didėjančio krūvio, protokolas. Taigi, mūsų pirmojo tyrimo duomenys nėra visiškai nauji, tačiau išskirtinas jų bruožas yra tas, kad tiriamiesiems atliekant pakopomis didėjančią krūvį buvo registruojamas ir deguonies išotinio (StO₂) šlaunies raumenyje kitimas krūvio ir atsigavimo metu.

Šio tyrimo duomenimis, nepakanka įvertinti tik rodiklį reikšmių vidurkius arba tiriamuosius skirstyti į pogrupius pagal galingumą. Pateikti šio rodiklio bei kitų EKG rodiklį vidurkiai yra įdomūs, bet nerodo tų centrinių ir periferinių kraujotakos reguliavimo mechanizmų sąsajų, kurios keičiasi kai kinta subjektyvus fizinio krūvio sunkumas iki maksimalaus. Todėl, vertindami gautus

tyrimo duomenis, išskyrėme ir individualias rodiklių kitimo fazes, įvertinome rodiklių kitimo ypatybes, t. y. faziškumą ir atskirų rodiklių sąsajas. Remiantis šiais vertinimais, nustatyti kai kurie dėsningumai.

Pirma, didesniu darbingumu (atliko daugiau krūvio pakopų) pasižymėjo tiriamieji, kuriems nebuvo ryškių funkcinų išeminių reiškinių miokarde viso pakopomis didėjančio krūvio metu. Antra, didėjant atliekamo krūvio dydžiui, deguonies išotininimas dirbančiame raumenyje mažėjo (StO_2 kreivė vis krito), tačiau tais atvejais, kai tiriamieji pasiekė krūvio galingumus artimus ribiniams nustatėme, kad daliai tiriamųjų registruojama StO_2 kreivė jau pradėjo kilti – deguonies stygius šlaunies keturgalvio raumens skaidulose mažėjo. Toks šio rodiklio kitimas gali būti paaiškinamas periferinės kraujotakos pokyčių ypatybėmis, taip pat glaudžiomis sąsajomis tarp periferinių ir centrinių kraujotakos reguliavimo mechanizmų. Kitų mokslininkų [9, 2] atlikti tyrimai, vertinant raumenų kraujotakos pokyčių ypatybes veloergometrinio krūvio metu, parodė, kad, didėjant fizinio krūvio intensyvumui iki ribos, išryškėja periferinių kraujagyslių vazodilatacija ir labai stipriai suintensyvėja kraujotaka blauzdoje, atliekant paskutines, subjektyviai labai sunkias krūvio pakopas, rodo širdies raumens darbingumo didėjimo ribą ir atitinkamai – kompensacinių mechanizmų įsijungimą. Šis tyrimas parodė, kad raumenų deguonies išotininimo antroji fazė buvo registruojama būtent tiems tiriamiesiems, kuriems atsirado ryškių funkcinų išeminių reiškinių miokarde, ir atvirkščiai – minėtos antrosios fazės nebuvo tiriamiesiems, kuriems nebuvo reikšmingo ST segmento depresijos padidėjimo. Elektrokardiogramos ST segmento dislokacija krūvio metu siejama su išeminių reiškinių atsiradimu miokarde ir tokius trumpalaikius ST segmento nukrypimus rekomenduojama laikyti funkciniais išeminiais pokyčiais (Jernberg, 1999; Yazigi et al., 1998; Vainoras, 1996, 2002). Tokių funkcinų išeminių reiškinių atsiradimas ir jų didėjimas fizinio krūvio metu gali būti organizmo darbingumo, treniruotumo ir funkcinės būklės rodiklis. Kitų autorių duomenimis didelio meistriškumo sportininkams elektrokardiograma dažnai neužfiksuoja reikšmingų ST segmento pokyčių tiek aerobinių, tiek anaerobinių krūvių metu. Tyrėjai daro išvadą, kad adaptavimosi prie fizinių krūvių pobūdis ir jo laipsnis lemia sportininko darbingumą ribojančių veiksnių eiliškumą – didelio meistriškumo sportininkams netgi sunkių fizinių krūvių metu funkciniai išeminiai reiškiniai miokarde nėra darbingumą ribojantis veiksnys. Ši savybė labiau būdinga ištvermės sporto atstovams. Neabejojama, kad ištvermės sportininkai pasižymi didesniais aerobinio darbingumo rodikliais nei greیتumo jėgos grupės sportininkai. Tai įrodė daugelis tyrinėtojų (Delp, 1998; Noakes, 2000; Čepulėnas, 2001; Poderys, 2002; Noakes et al., 2002), pažymėdami, kad geresnio funkcinio pajėgumo žmonės pasižymi aprūpinimo sistemų funkcijos ekonomišku.

AKS pulsinis slėgis ir jo kitimas yra labai reikšmingas raumenų aprūpinimo krauju rodiklis (Poderys, 2000; Buliuolis ir kt., 2004). Širdis, kaip siurblys, sukuria atitinkamą slėgį – sistolinį

kraujo slėgį, tuo tarpu diastolinio kraujo slėgio dydis labai didele dalimi priklauso nuo kraujagyslių bendrojo periferinio pasipriešinimo (Schmidt, Thews, 1996), taigi, pulsinė AKS amplitudė ir yra tas gradientas, lemiantis kraujo srovės tūrinį greitį, o kartu ir raumenų aprūpinimą krauju. Poderys (2000) veninės okliuzijos metodu vertindamas arterinės kraujotakos intensyvumo pokyčius ir AKS rodiklių kitimą, atliekant pakartotinius greitumo ir jėgos pobūdžio krūvius, nustatė stiprų koreliacinį ryšį tarp šių rodiklių pokyčių. Vadinasi, pirmojo tyrimo metu rasta stiprėjanti koreliacija tarp StO_2 kitimo ir pulsinio AKS kitimų rodo du reikšmingus momentus. Pirma, kad deguonies desaturacijos kitimas yra glaudžiai susijęs su periferinės kraujotakos pokyčiais, antra, kad StO_2 kreivės pobūdžio pasikeitimas, t. y. didėjantis deguonies kiekis raumens audinyje yra susijęs su periferinių kraujagyslių vazodilatacija ir vertintinas kaip kompensacinis didėjančių funkcinių išeminių reiškinių miokarde mechanizmas. Darydami tokią prielaidą, mes remiamės kitų mokslininkų pateiktais analogiškais duomenimis, kad, subjektyviai didėjant fizinio krūvio sunkumui, miokarde atsiranda funkcinių išeminių reiškinių ir širdies sistolinis bei minutinis kraujo tūris pradeda mažėti (Jernberg, 1999; Yazigi et al., 1998 Vainoras, 1996, 2002 Šilinskas, 2000; Poderys, 2000).

Įvertinus globalaus pobūdžio dozuoto aerobinio krūvio įtaką ŠKS funkcijai nustatėme, kad ŠKS funkcinių rodiklių kitimas priklauso nuo tiriamojo fizinio darbingumo lygmens. Kita reikšminga savybė, kad deguonies išotrinimo kitimas pasirodė visiškai kitoks nei buvo atliekant pakopomis didėjančią krūvį veloergometru. Tik krūvio pradžioje buvo užregistruotas StO_2 sumažėjimas, o tęsiant dozuotą ištvermės pobūdžio krūvį deguonies išotrinimo kitimas aktyviuose raumenyse nuolatos didėjo. Tai galima paaiškinti tuo, jog StO_2 kitimas yra susijęs su raumenų kraujotakos pokyčiais. Šio mūsų pirmojo tyrimo duomenys patvirtino šį ryšį, o taip pat ir kiti tyrėjai (Poderys ir kt., 2007) rado stiprų koreliacinį ryšį tarp raumenų arterinės kraujotakos ir StO_2 pokyčių, atliekant fizinius krūvius.

Žmogaus organizmo funkcionavimą, darbingumą bei reakciją į išorinius dirgiklius lemia daug veiksnių, vienas jų – normalus kraujo spaudimas, tenkinantis visų organizmo sistemų hemodinamikos poreikius (Smidt, Tews, 1996; Žemaitytė, 1996; Zoeller, 2008). Vertinant AKS rodiklių pokyčius ir skirtumus tarp pogrupių, reikia pažymėti, kad išsiskyrė mažesnio fizinio darbingumo pogrupis tuo, jog tęsiant dozuotą ištvermės krūvį diastolinio AKS reikšmės ėmė mažėti vėliausiai, lyginant su kitais pogrupiais. Tokią šio rodiklio kaitą, matyt, reikėtų vertinti kaip mažą šių tiriamųjų funkcinio parengtumo lygį. Nemažėjantis bendrasis periferinių kraujagyslių tonusas, atliekant globalaus pobūdžio fizinį krūvį, nėra optimali greitosios adaptacijos reakcija (Schmidt, Tews, 1996; Poderys, 2000).

Kraujotakos pokyčiai nuolat „registruojami“ receptorių, esančių įvairiose širdies ir kraujagyslių sistemos vietose. Aferentiniais impulsais iš šių receptorių siunčiama informacija patenka į pailgosios smegenyse esančius vazomotorinius centrus, iš kur eferentinėmis skaidulomis siunčiamais

impulsais reguliuojamas širdies darbas ir įvairių kūno kraujagyslių tonusas (Shephard, 1987; Smidt, Tews, 1996; Žemaitytė, 1996; Тхоревский, 2001). Tyrimo duomenys parodė, kad registruojamas deguonies išotininimo kreivės kitimas yra glaudžiai susijęs su fizinio krūvio sunkumu. Kaip įrodė ir kiti tyrėjai (Breit et al., 1997; Mohler et al., 1997; Bae et al., 200; Gonzalez et al., 2001; Carlier et al., 2006) pokyčių įvertinimas aktyviuose raumenyse, rodo periferinių kraujagyslių vazodilatacijos ar vazokonstrikcijos efektus. Šio tyrimo metu, didėjant fizinio krūvio intensyvumui iki ribinio, StO₂ kreivės kilimas (*antroji fazė*) sutapo su širdies darbingumo artėjimo prie ribos faze. Taigi, remiantis infraraudonosios spektroskopijos metodu registruojamais rodikliais, galima tiksliau įvertinti širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinę būklę, t. y. įvertinti centrinių ir periferinių ir kraujotakos reguliavimo rodiklių sąsajas.

Įvertinus grupės ir atskirų pogrupių duomenis, galima pažymėti, kad elektrokardiogramos JT intervalo reikšmingų skirtumų nebuvo, kai tiriamieji buvo suskirstyti į du pogrupius pagal fizinį pajėgumą. Kai tiriamieji buvo suskirstyti į pogrupius pagal pirmojo tyrimo duomenis, vertinant StO₂ kitimą raumenyse bei elektrokardiogramos ST segmento kitimo ypatybes, radome daug reikšmingų skirtumų. Mažesnio nei vidutinis funkcinio pajėgumo žmonių elektrokardiogramos JT intervalas daugiau sutrumpėdavo, atliekant krūvį, ir daugiau pailgėdavo atsigavimo metu tarp pratimo kartojimų.

Atliekant fizinius krūvius, raumenų darbui užtikrinti yra mobilizuojama aprūpinimo sistemų funkcija, o greitieji (arba trumpalaikiai) kraujotakos reguliavimo mechanizmai yra atsakingi už tai, kad kraujotakos aktyvėjimas atitiktų poreikius (Schmidt, Tews, 1996). Vertinant sisteminiu požiūriu deguonies sunaudojimas dirbančiame raumenyje yra integralus rodiklis, jungiantis centrinių ir periferinių kraujotakos reguliacinių mechanizmų sąveikas. Netiesioginės infraraudonosios spektroskopijos būdu raumenyje registruojamas deguonies sunaudojimo kitimas rodo kiekybinius oksidacinio metabolizmo greičio pokyčius (Bae et al., 2000; Sako et al., 2001). Vertinat šių rodiklių kitimą, atliekant pakartotinius krūvius šlaunų raumenims lavinti, nerasta esminių rodiklio kitimo skirtumų. Tai rodo, kad mūsų tiriamiesiems parinktas krūvis buvo individualizuotas ir iš esmės atitiko tiriamųjų funkcinę galimybes. Atliekant lokaliuosius fizinius krūvius mažesniu laipsniu pakinta širdies funkciniai rodikliai, netgi mažesnio funkcinio pajėgumo žmonėms funkciniai išeminiai reiškiniai krūvių metu neryškūs, tačiau jų funkcinė būklė turi reikšmingos įtakos atskirų ŠKS funkcinių rodiklių kitimui.

Įvertinus atskirus ŠKS funkcinius rodiklius, galima rasti reikšmingų skirtumų tarp didesnio ir mažesnio nei vidutinio funkcinio pajėgumo žmonių, tačiau centrinių ir periferinių kraujotakos mechanizmų sinerginė sąveika lemia tai, kad, atliekant individualiai pagal raumenų funkcinę grupę pajėgumą parinktu krūviu pratimus, deguonies tiekimo raumenims kitimas yra toks pats (reikšmingai nesiskiria).

Per pastaruosius metus paskelbta mokslo darbų, kuriuose akcentuojama organizmo funkcijų vienovė (Biggiero, 2001; Tulpo et al, 2002; Vainoras, 2002; Perkiomaki, 2003; Lipsitz, 2004), pabrėžiama jų sinerginės sąveikos reikšmė (Lipsitz, 2004 ir kt.), įrodytas tokių kompleksinių, integralių, visuminių vertinimų informatyvumo pranašumas (Biggiero, 2001; Vainoras, 2002; Navickas ir kt., 2005). Organizmo kompleksiskumas yra suprantamas kaip jo funkcinio elementų kooperacija, sinerginė sąveika įvairiose gyvenimo situacijose, sprendžiant iškilusias problemas (Baranger., 2000; Vainoras A, 2004). Tokios sinerginės sąveikos būdingos ir žmogaus organizmo veikloje. Bet kurios organizmo funkcinės sistemos veikloje yra daug reguliuojančiųjų mechanizmų (aktyvinančiųjų ir slopinančiųjų), kurie veikia ne kiekvienas atskirai, bet bendroje sinerginėje sąveikoje. Atliekant įvairias judėjimo užduotis, skirtingu laipsniu ir skirtingu laiku aktyvuojami ir tam tikro eiliškumo sąveikoje pasireiškia šių reguliavimo mechanizmų aktyvumas. Šio tyrimo duomenys parodė, kad tiriamojo funkcinė būklė turi reikšmingos įtakos atskirų ŠKS funkcinio rodiklių pokyčiams ir individualioms jų savybėms, atliekant lokaliuosius fizinius krūvius, o centrinių ir periferinių kraujotakos mechanizmų sinerginė sąveika užtikrina reikiamą deguonies tiekimą aktyviems raumenims. Atliekant lokaliuosius pakartotinius krūvius raumenims lavinti krūvio ir atsigavimo sekoje geresnio funkcinio pajėgumo žmonėms būdingas mažesnis ŠKS funkcinio rodiklių kitimas. Tiriamųjų būsenos ir ŠKS rodiklių pokyčių savybes geriau atspindi jų suskirstymas į pogrupius pagal funkcinio rodiklių kitimus nei pagal fizinį pajėgumą.

Atliekant lokaliuosius fizinius pratimus, t. y. kai aktyvuojama viena raumenų grupė ar mažiau nei 1/3 kūno raumenų, jų kraujotakos intensyvumas yra labai svarbus darbingumą lemiantis veiksnys (Saltin, 1988; Poderys, 1997; 1998). Remiantis tyrimo duomenimis, negalima vienareikšmiškai patvirtinti hipotezės, kad ŠKS reakcijų į fizinius krūvius dydis labiausiai priklauso nuo aktyvių raumenų kiekio. Šio tyrimo duomenys rodo, kad yra ir kitų labai reikšmingų veiksnių, turinčių įtakos ŠKS reakcijoms į fizinius krūvius.

Pirma, kūno padėtis arba aktyvių raumenų padėtis širdies lygio atžvilgiu yra labai svarbus veiksnys. Nors, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti, (regioninio pobūdžio fizinis krūvis) yra aktyvuojama žymiai daugiau (iki 2/3) kūno raumenų nei atliekant lokaliuosius fizinius krūvius (pratimas kojų raumenims lavinti arba pratimas rankų raumenims lavinti), tačiau ŠKS reakcijos, ypač centrinės, buvo reikšmingai silpnesnės. Horizontali kūno padėtis, t. y. aktyvių raumenų padėtis širdies lygio atžvilgiu, ir netgi didžiąją pratimo dalį dalies aktyvių raumenų padėtis žemiau širdies lygio, matyt, turėjo reikšmingos įtakos ŠKS rodiklių pokyčiams, atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti. ŠKS mobilizacija silpniausia atliekant pratimą nugaros raumenims lavinti buvo tiek pagal ŠSD, tiek pagal JT/RR, sistolinio AKS ir StO₂ duomenų vidutinių reikšmių pokyčius.

Antra, tyrimų duomenys rodo, kad ŠKS rodiklių kitimas, atliekant fizinius krūvius visoms raumenų grupėms nevienodas. ŠKS rodiklių kitimas yra specifinis. Būdingas šio specifiškumo bruo-

žas yra tas, kad visų ŠKS funkcinių rodiklių kitimas yra sinerginis ir sureguliuojamas taip, kad dirbantys raumenys būtų pakankamai aprūpinami deguonimi. Tokių ir panašių tyrimų gerokai padaugėjo, atsiradus galimybei netiesioginiu, neinvaziniu būdu registruoti deguonies išotrinimo pokyčius fizinių krūvių metu (Bae et al., 2000; Gonzalez-Alonso et al., 2001; Sako et al., 2001; Carlier et al., 2006).

Įvertinus visų atliktų tyrimų metu užregistruotus StO₂ pokyčius, galima išvelgti panašius dydžius ir jų svyravimus antrojo, trečiojo ir ketvirtojo tyrimo metu ir reikšmingai mažesnius – penktojo tyrimo metu, t. y. kai buvo atliekamas pratimas nugaros raumenims lavinti. Įvertinus tai, galima rasti paaiškinimą, kad šiuo atveju daugiausia dirba poziniai raumenys, kurie yra prisitaikę atlikti statinio pobūdžio fizinius krūvius, todėl pirmieji trys tyrimai vyko aktyvuojant raumenų metabolizmą, daugiau aerobinėmis sąlygomis, o atliekant pratimą nugaros raumenims, vyko daugiau anaerobinėmis sąlygomis, dėl to sukeldavo mažesnius StO₂ kitimus.

Šio tyrimo duomenimis ištraukiant didesnėms kūno raumenų grupėms, pastebėtas didesnis centrinės reguliacijos pradinis išitraukimas. Mažesnės raumenų grupės išitraukdamos sukelia ir mažesnę reguliacinių sistemų reakciją. Ciklinio nors ir intensyvaus raumenų darbo metu, atliekant globalaus pobūdžio fizinių krūvių, greitai mažėjo reguliacinių sistemų įtaka. Pokyčių absoliučiosios reikšmės mažėjo, svyruodamos tarp krūvio ir atsigavimo būsenų, matyt dėl didesnio kojų raumenų funkcijos hemodinaminio poveikio, gi kraujo spaudimo organizmui didinti neprireikdavo, nes hemodinamika buvo pakankama. Šiek tiek kitokią vaizdą pastebėjome kai aktyvuojama mažesnė raumenų grupė, nors tai yra tų pačių galūnių (kojų) raumenys. Atliekant lokaliuosius fizinius krūvius (*mūsų tyrime – kojų ar rankų raumenų darbas*), buvo pastebėta, kad kuo mažesnė raumenų grupė išitraukia į darbą, tuo mažesnis reguliacinių sistemų išitraukimas bei stabilesnė ŠSD reakcija, gi spaudimo rodikliai svyravo priklausomai nuo raumenų apkrovos ir poilsio režimų kaitos. Apibendrinant pastebėtus reguliacinių sistemų pokyčius, galime konstatuoti, jog reguliacinių sistemų įtaka, mažėjant aktyvuojamų raumenų kiekiui, nepriklausomai nuo jų funkcionavimo ypatumų, mažėjo.

Remiantis pastebėtais pokyčiais skirtingų raumenų aktyvacijų metu bei jų palyginimu galima konstatuoti, jog organizme yra raumenų grupės, kurioms reguliacinės sistemos daro greitą įtaką, turi galimybę išvystyti didelį galingumą ir naudoja daugiau aerobinį metabolizmo aktyvavimo būdą, šalia to yra raumenų grupės (*mūsų tyrime – nugaros raumenys*), kurias reguliacinės sistemos įtakoja minimaliai, turi daugiau anaerobinį metabolizmo aktyvavimo kelią, daugiau valdomą periferinės sistemos (arba turintys didesnę sąsają su periferinėmis valdymo sistemomis).

Apibendrinus nustatytus pokyčius galima kelti hipotezę, jog, kiekvienas raumuo žmogaus organizme turi ne tik bendrųjų bet ir savų aktyvavimo ypatybių, tiek ištraukiant reguliacinėms

sistemoms, tiek formuojant tam tikrą metabolizmo aktyvumą, taigi, turi savitą tik jam būdingą funkcionavimo atraktorių.

Nuovargio mechanizmai visuomet buvo siejami su krūvio metu aktyvuojamų raumenų kiekiu, todėl šio tyrimo metu buvo vertinti trys krūviai: globalaus, regioninio ir lokalaus pobūdžio. Atliekant globalaus pobūdžio pakopomis didėjančią fizinę krūvį, didėjant subjektyviam krūvio sunkumui, išryškėja sinerginės sąveikos širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinių rodiklių pokyčiuose. Atliekant globalaus pobūdžio dozuotą aerobinį krūvį, ŠKS funkcinių rodiklių kitimas priklauso nuo tiriamojo fizinio darbingumo lygmens, o kartojant šiuos krūvius, dauguma rodiklių rodo suminį fizinių krūvių efektą. Tęsiant dozuotą ištvermės pobūdžio krūvį, deguonies įsotinimo kitimas aktyviuose raumenyse yra priešingas nei laipsniškai didėjančio krūvio metu, t. y. deguonies tiekimas raumenims gerėja. Atliekant regioninio pobūdžio pakartotinus krūvius (pratimą nugaros raumenims lavinti) raumenų kraujotakos ir deguonies tiekimas aktyviems raumenims gali būti pasiekiamas skirtingu laipsniu aktyvuojant centrinius ir periferinės kraujotakos mechanizmus. Mažesnio nei vidutinio funkcinio pajėgumo žmonių tokio paties laipsnio pulsinio AKS pokyčiai vyksta dėl reikšmingai didesnio sistolinio AKS padidėjimo (centro – širdies darbas), o didesnio nei vidutinio funkcinio pajėgumo žmonių tokio paties laipsnio pulsinio AKS pokyčiai vyksta dėl didesnio diastolinio AKS sumažėjimo, (periferinių kraujagyslių vazodilatacija).

Apibendrinus atliktų tyrimų duomenis galima teigti, kad jie iš esmės patvirtino iškeltą hipotezę. Įvairaus pobūdžio fiziniai krūviai nevienodu laipsniu suaktyvina atskiras fiziologines sistemas, todėl suminio krūvio efektai, atliekant įvairaus pobūdžio fizinius krūvius, skiriasi tuo atskleidžiami esmines sinergijas tarp ŠKS centrinių ir periferinių rodiklių.

6. IŠVADOS

1. Atliekant globalaus pobūdžio pakopomis didėjančią fizinę krūvį, didėjančiam krūvio sunkumui išryškėja sinerginės sąveikos širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinių rodiklių pokyčiuose:
 - ✓ Deguonies įsotinimo kreivės kitimas yra glaudžiai susijęs su fizinio krūvio sunkumu. Pakopomis didėjančiam krūviui, deguonies kiekis aktyviuose raumenyse mažėja.
 - ✓ Atliekant subjektyviai sunkias (paskutines) krūvio pakopas veloergometru, dalies tiriamųjų raumenyse deguonies įsotinimo mažėjimą pasikeičia atvirkščias procesas – prasideda deguonies įsotinimo palaipsnis didėjimas.
 - ✓ Pakopomis didėjančiam krūviui, aktyviuose raumenyse deguonies įsotinimas mažėja, kai krūvis tampa sunkus, daliai tiriamųjų atsiranda vis didėjančių funkcinių išeminių reiškinių miokarde ir pakinta deguonies įsotinimo kreivės kitimo pobūdis rodantis artėjančią širdies darbingumo ribą.
2. Atliekant globalaus pobūdžio dozuotą aerobinę krūvį, ŠKS funkcinių rodiklių kitimas priklauso nuo tiriamojo fizinio darbingumo lygmens, o kartojant šiuos krūvius dauguma rodiklių rodo suminį fizinių krūvių poveikį. Tęsiant dozuotą ištvermės pobūdžio krūvį deguonies įsotinimo kitimas aktyviuose raumenyse yra priešingas nei laipsniškai didėjančio krūvio metu, tai yra deguonies tiekimas raumenims gerėja.
3. Atliekant regioninio pobūdžio pakartotinus krūvius (pratimą nugaros raumenims lavinti), raumenų kraujotakos ir deguonies tiekimas aktyviems raumenims gali būti pasiekiamas skirtingu laipsniu aktyvuojant centrinius ir periferinės kraujotakos mechanizmus:
 - ✓ Jei mažesnio nei vidutinio funkcinio parengtumo asmenų tokio paties laipsnio pulsinio AKS pokyčiai vyksta dėl reikšmingai didesnio sistolinio AKS padidėjimo (centro – širdies darbas), tai didesnio nei vidutinio funkcinio parengtumo asmenų tokio paties laipsnio pulsinio AKS pokytis vyksta dėl didesnio diastolinio AKS sumažėjimo (periferinių kraujagyslių vazodiliacija).

4. Tiriomojo funkcinė būklė turi reikšmingos įtakos atskirų ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiams ir individualiems jų ypatumams, atliekant lokaliuosius fizinius krūvius, o centrinių ir periferinių kraujotakos mechanizmų sinerginė sąveika užtikrina reikiamą deguonies tiekimą aktyviems raumenims:
- ✓ Atliekant lokaliuosius pakartotinius krūvius raumenims lavinti krūvio ir atsigavimo metu geresnio funkcinio parengtumo asmenims būdinga mažesnis ŠKS funkcinių rodiklių kitimas. Tiriamųjų būsenos ir ŠKS rodiklių pokyčių ypatybės geriau atspindi jų suskirstymas į pogrupius pagal funkcinių rodiklių kitimą nei pagal fizinį parengtumą.
 - ✓ Atliekant lokaliuosius fizinius krūvius mažesniu laipsniu pakinta širdies funkciniai rodikliai, netgi mažesnio funkcinio parengtumo asmenims krūvių metu atsiranda tik nežymių funkcinių išeminių reiškinių, tačiau jų funkcinė būklė turi reikšmingos įtakos atskirų ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiams.
 - ✓ Įvertinus atskirus ŠKS funkcinius rodiklius, galima rasti reikšmingų skirtumų tarp didesnio ir mažesnio nei vidutinio funkcinio parengtumo asmenų, tačiau centrinių ir periferinių kraujotakos mechanizmų sinerginė sąveika lemia tai, kad atliekant individualiai pagal raumenų funkcinės grupės pajėgumą parinktu krūviu pakartotinius judesius deguonies tiekimo raumenims pokytis yra toks pats (reikšmingai nesiskiria).
5. ŠKS funkcinių rodiklių pokyčiai, atliekant fizinius krūvius, kai aktyvuojamos skirtingos raumenų funkcinės grupės, yra specifiniai, o bendras bruožas yra tas, kad visų ŠKS funkcinių rodiklių kitimas yra sinerginis ir sureguliuojamas taip, kad dirbantys raumenys būtų pakankamai aprūpinami deguonimi.

7. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Adams G.R., Hather B.M., Baldwin K.M. et al. Skeletal muscle myosin heavy chain composition and resistance training // J. Appl. Physiol.- 1993, vol.74, p. 911-915.
2. Alway S.E., MacDougall J.D., Sale D.G. et al. Functional and structural adaptations in skeletal muscle of trained athletes // J. Appl. Physiol.- 1988, vol.64, p.1114-1120.
3. Antonio J., Gonyea W.J. Skeletal muscle fiber hyperplasia // Med. Sci. Sports Exerc.- 1993, vol. 25, p.1333-1345.
4. Armstrong, R.B. (1991). Influence of exercise training on O₂ delivery to skeletal muscles: in the lung. Scientific Foundations, 1517–1524.
5. Bačiulienė, K. Vaikų laikysenos rodiklių, širdies ir kraujagyslių sistemos bei jėgos parametrų sąsajų vertinimas: daktaro disertacija. Kaunas: KMU, 2006
6. Bae SY, Hamaoka T, Katsumura T, Shiga T, Ohno H, Haga S. Comparison of muscle oxygen consumption measured by near infrared continuous wave spectroscopy during supramaximal and intermittent pedalling exercise. Int J Sports Med. 2000; 21(3):168-74.
7. Baranger, M. Chaos, Complexity and Entropy. Cambridg: New England Complex Systems Institute, 2000
8. Biggiero, L.. Sources of complexity in human systems: nonlinear dynamics. Psychology and Life Sciences. 2001: 5(1): 3–19.
9. Boraita Pérez A. Exercise as the cornerstone of cardiovascular prevention. Rev Esp Cardiol. 2008 May;61(5):514-528.
10. Blair S.N., Kohl H.W., Gordon N.F. et al. How much physical activity is good for health // Annu. Rev. Public. Health.- 1992, vol. 13, p. 99-126.
11. Breit GA, Gross JH, Watenpaugh DE, et al. Near-infrared spectroscopy for monitoring of tissue oxygenation of exercising skeletal muscle in a chronic compartment syndrome model. J Bone Joint Surg Am 1997; 79(6):838-743.
12. Brown A.B., McCartney N., Sale D.G. Positive adaptations to weight-lifting training in the elderly // J.Appl. Physiol. – 1990, vol. 69, p.1725-1733.
13. Buliuolis, A. Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcijos mobilizacijos ir atsigavimo ypatybės atliekant anaerobinius krūvius: daktaro disertacija. Kaunas: LKKA, 2006
14. Cantell M, Crawford SG, Tish Doyle-Baker PK Physical fitness and health indices in children, adolescents and adults with high or low motor competence. Hum Mov Sci. 2008; 27(2):344-362.
15. Carlier PG, Bertoldi D, Baligand C, Wary C, Fromes Y Muscle blood flow and oxygenation measured by NMR imaging and spectroscopy NMR Biomed. 2006, 19(7):954-67
16. Čepulėnas A. Slidininkų rengimo multidisciplininiai pagrindai. – Habilitacinis darbas, Vilnius, 2001–135p.
17. Chilibeck P.D., Calder A.W., Sale D.G. et al. A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women // Eur. J. Appl. Physiol.- 1998, vol.77, p.170-175.
18. Cote C., Simoneau J.A., Lagasse P. et al. Isokinetic strength training protocols: do they induce skeletal muscle fiber hypertrophy? // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1988, vol. 69, p.281-285.

19. Dahlstrom M., Esbjornsson M., Jansson E. et al. Muscle fiber characteristics in female dancers during an active and inactive period // *Int. J.Sports Med.*-1987, vol. 8, p.84-87.
20. Delp M. D.(1998)Differential effects of training on the control of sceletal muscle perfusion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30, 361 – 74
21. Depairon, M., Zicot, M. (1996). The quantitation of blood flow/metabolism coupling at rest and after exercise in peripheral arterial insufficiency, using PET and 15-0 labeled tracers. *Angiology*. 47(10):991-9.
22. Emeljanovas E. Sportinių žaidimų ir ciklinių sporto šakų poveikis 11-14 metų berniukų širdies ir kraujagyslių sistemai, motorinių ir sensomotorinių gebėjimų raidai. *Daktaro disertacija*. Kaunas: LKKA, 2007
23. Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical basis of kinesiology*. Champaign Illinois, 466.
24. Ežerskis M, Poderys J. Graikų romėnų imtynininkų raumenų darbingumo bei širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinį rodiklių kaitos ypatybės pasirengimo pasaulio čempionatui sportinėje stovykloje, taikant koncentruotus greitumo jėgos krūvius. 2nd International Scientific Conference PHYSICAL CULTURE AND SPORT IN UNIVERSITIES 31 May 2008 KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
25. Feigenbaum M.S., Pollock M.L. Prescription of resistance training for health and disease // *Med. Sci. Sports Exerc.*- 1999, vol.31, p. 38-45.
26. Fitzpatrik R, Taylor J, McCloskey DI. Effects of arterial perfusion on forse production in working human hand muscles. *J.of Physiol*. 1996, 495(3): 885-891.
27. Froelicher V, Myers J N. *Exercise and the heart*, 4th edition. Philadelphia, London, Toronto, Sydney. W.B. Saunders Company. 2000; P. 456.
28. Gailiūnienė, A., Milašius, K. *Sporto biochemija*. Vilnius: 2001, LSIC, 240.
29. Gargasas L, Vainoras A, Schvela H, Jaruševičius G, Ruseckas R, Miškinis V. JT interval changes during bicycle ergometry. Abstracts of 2nd International Congress Polish Cardiac society. Katowice, Poland, 1998 Sept. 4-6, p.153.
30. Gassmann M., Wenger R.H. HIF-1, a mediator of the molecular response to hypoxia // *News Physiol. Sci.*- 1997, vol.12, p.214-218.
31. Gastin, P.B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*. 31(10):725-41.
32. Giuliani CA, Gruber-Baldini AL, Park NS, Schrodt LA, Rokoske F, Sloane PD, Zimmerman S Physical performance characteristics of assisted living residents and risk for adverse health outcomes.. *Gerontologist*. 2008 Apr;48(2):203-212.
33. Gonzalez-Alonso J, Richardson RS, Saltin B. Exercising skeletal muscle blood flow in humans responds to reduction in arterial oxyhaemoglobin, but not to altered free oxygen. *J Physiol*. 2001 Jan 15;530(Pt 2):331-41
34. Green H., Goreham C.G., Ouyang J. et al. Regulation of fiber size, oxidative potential, and capiliarization in human muscle by resistance exercise // *Am. J. Physiol.*-1999, vol. 276, p. R591-R596.
35. Hale T. *Exercise Physiology. A thematic approache*. University college Chister, UK, 2003
36. Hather B.M., Tesch P.A., Buchanan P. et al. Relationship between microphotometric determinations of succinic dehydrogenase activity in single fibers using kinetics and end point criteria // *Acta Physiol. Scand.*-1991, vol.143, p.177-185.

37. Hudlicka O., Brown M., Egginton S. Angiogenesis in skeletal and cardiac muscle // *Physiol. Rev.*- 1992, vol. 72, p.369-417.
38. Hughson, R.L., Shoemaker, J. K., Tschakovsky, M. E., Kowalchuk, J. M. (1996). Dependence of muscle VO₂ on blood flow dynamics at onset of forearm exercise. *J Appl Physiol.* 81(4):1619-26.
39. Huonker M, Schmidt-Trucksass A, Heiss HW, Keul J. Effects of physical training and age-induced structural and functional changes in cardiovascular system and skeletal muscles. *Z Gerontol Geriatr* 2002; 35(2): 151-6.
40. Ivey F.M., Tracy B.L., Lemmer J.T. et al. Effects of strength training and detraining on muscle quality: age and gender comparisons // *J. Gerontol A. Biol. Sci. Med Sci.*- 2000, vol. 55, p. 152-157.
41. Jasiūnas, V., Vainoras, A. Sveikatos ir fizinio aktyvumo santykio modeliavimas. *Medicina.* 1997, 33 (11): 109-113.
42. 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):1413-1419.
43. Juškėnas J., Brožaitienė I., Tamulienė B. (1999). Individualizuotų fizinių procedūrų poveikio širdies ir kraujagyslių sistemai vertinimas reabilitacijos metu ligoniams, sergantiems išemine širdies liga. *Lith. J. Cardiol.* 6(2), 440.
44. Kajėnienė, A. Krepšininkų ir futbolininkų atsigavimo po dozuoto fizinio krūvio vertinimas naudojant integralųjį modelį: daktaro disertacija. Kaunas : KMU, 2008
45. Kalėdienė R., Petrauskienė J., Rimpelā A. Šiuolaikinio visuomenės sveikatos mokslo teorija ir praktika.- Kaunas, 1999, p. 182.
46. Ketelhut RG, Ketelhut R, Messersli FH, Badtka G. Fitness in the fit: does physical conditioning affect cardiovascular risk factors in middle-aged marathon runners? *Eur. Heart J.*1996; 17: 199-203.
47. Kevelaitis, E., Abraitis, R., Cibas, P. ir kt. (1999). Žmogaus fiziologija. Kaunas:KMU leidykla.
48. Kineziologijos pagrindai. Kaunas, 2004, p.189 – 205
49. Kokkinos PF, Papademetriou V: Exercise and hypertension. *Coronary Artery Dis* 2000; 11: 99-102.
50. Kraemer W.J., Patton J.F., Gordon S.E. et al. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations // *J. Appl. Physiol.*- 1995, vol. 78, p. 976-989.
51. Lash, J.M. (1996). Regulation of skeletal muscle blood flow during contractions. *Proc Soc Exp Biol Med.* 211(3):218-35
52. Lewis B.S., Flugelman M.Y., Weisz A. et al.. Angiogenesis by gene therapy: a new horizon for myocardial revascularization // *Cardiovasc. Res.* -1997, vol. 35, p. 490-497.
53. Lipsitz, L.A. (2004). Physiological complexity, aging, and the path to frailty. *Science of Aging Knowledge Environment*, (16) 565–566.
54. Lungarella M, Pitti A, Kuniyoshi Y. Information transfer at multiple scales. *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys.* 2007 Nov;76(5 Pt 2):056117.

55. Lüthi J.M., Howald H., Claassen H. et al. Structural changes in skeletal muscle tissue with heavy-resistance exercise // *Int. J. Sports Med.*- 1986, vol. 7, p.123-127.
56. Matoba H., Gollnick P.D. Response of skeletal muscle to training // *Sports Med.*- 1984, vol.1, p.240-251.
57. Maud, P.J., Foster, C. (1995). *Physiological assessment of human fitness*. USA: Human Kinetics, 296.
58. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. Philadelphia- Baltimore –New York- London- Buenos Aires- Hong Kong- Sidney – Tokyo: Lippincott Williams& Wilkins, A Wolters Kluwer Company. USA; 2001.
59. McCall G.E., Byrnes W.C., Dickinson A. et al. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training // *J.Appl. Physiol.*- 1996, vol. 81, p. 2004-2012.
60. Mohler LR, Sttf JR, Pedowitz RA, et al. Intramuscular deoxygenation during exercise in patients who have chronic anterior compartment syndrome of the leg. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79(6):844-849
61. Navickas, Z., Statkus, V., Vainoras, A., Gargasas, L. (2005). EKG derivacijų integralinės koreliacinės dimensijos vertinimas. *Elektronika ir elektrotechnika*, 5(61), 67–69.
62. Ngo LH, Turner D, Tager IB. Treadmill exercise testing in an epidemiologic study of elderly subjects. *Hollenberg M, Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1998; 53(4):B259-67.
63. Noakes T. Quality issues in the exercise sciences. 12th Commonwealth international Sport conference. 2002; 7–13.
64. Noakes, T.D., Peltonen, J.E. and Rusko, H.K. (2001). Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. *J Exp Biol* 204, 3225-3234.
65. Noakes TD. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations predict or enhance athletic performance. *Scand J. Med Sci Sports*. 2000; 10: 123–145
66. Oja P. Descriptive epidemiology of health-related physical fitness. *Research quarterly for Exercise and Sport.*- 1995, vol. 66, p. 303-312.
67. Pearson A.M. Muscle growth and exercise // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*- 1990, vol. 29, p.167-196.
68. Pearte CA, Myerson M, Coresh J, McNamara RL, Rosamond W, Taylor H, Manolio TA; Atherosclerosis Risk In Communities Study. Variation and temporal trends in the use of diagnostic testing during hospitalization for acute myocardial infarction by age, gender, race, and geography (the Atherosclerosis Risk In Communities Study). *Am J Cardiol*. 2008 1;101(9):1219-25
69. Perkiomaki, S. J. (2003). Nonlinear dynamics of heart rate and repolarization. *International Journal of Bioelectromagnetism*. vol.5 (1): 300.
70. Ploutz L.L., Tesch P.A., Biro R.L. et al. Effects of resistance training on muscle use during exercise // *J. Appl. Physiol.*- 1994, vol. 76, p.1675-1681
71. Pollock M.L., Graves J.E., Swart D.L. et al. Exercise training and prescription for the elderly // *South. Med. J.*- 1994, vol. 87, p. 88-95.
72. Poher, D.M., Braun, B., Freedson, P.S. (2004). Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. *Medicine Science and Sports Exercise*, 36(7), 1140–1148.

73. Poderys, Jonas. Organizmo adaptacijos ypatybės pasirengimo Pekino Olimpinėms žaidynėms kontekste. Lietuvos olimpinės rinktinės sportininkų, trenerių, sporto mokslininkų, gydytojų, masažuotojų ir vadybininkų kursai, Druskininkai, 2007 m. lapkričio 28-29 d.. Druskininkai, 2007. p. 1-9
74. Sportininkų organizmo adaptacijos ypatybės nuvykus į XXIX olimpiados žaidynių sostinę Pekiną // Sporto mokslas. 2007, Nr. 1(47). p. 27-31.
75. Poderys, Jonas; Buliuolis, Alfonsas; Poderytė, Kristina; Sadzevičienė, Rita. Mobilization of cardiovascular function during the constant-load and all-out exercise tests // Medicina. 2005, T. 41, Nr. 12. p. 1048-1053.
76. Poderys J, Buliuolis A, Poderytė K, Sadzevičienė R. Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcijos aktyvėjimo ypatybės darant dozuoto ir maksimalaus fizinio krūvio mėginius. Medicina (Kaunas) 2005; 41 (12): 1048-1053
77. Poderys, J. (2004). Kineziologijos pagrindai. Kaunas: KMU, 12-13;19;189–205.
78. Poderys J. (2002) Acute and chronic adaptation of cardiovascular function to sprint or endurance training. Education, Physical Training, Sport, 3. 44–48
79. Poderys J. Acute and chronic adaptation of cardiovascular function to sprint or endurance training. Ugdymas Kūno kultūra, Sportas. 2002, Nr. 3. p.44–48.
80. Poderys J. Asmens sveikatos ugdymas. (Personal health promotion.) Kaunas: Kauno medicinos universitetas; 2000.
81. Poderys J. (2000). Širdies ir kraujagyslių sistemos greitos ir lėtos adaptacijos savybės, atliekant fizinius pratimus: habilitacinis darbas. Kaunas, 103.
82. Poderys J. Acute and chronic adaptation of cardiovascular system to exercise. Summary of research report presented for habilitation. Kaunas, 2000–34p
83. Poderys J, Vainoras A, Šilinskas V, Trinkūnas E, Jasiūnas V, Šilanskienė A. Comparison of the cardiovascular function and hemodynamics of calf muscles during exercise test. Lithuanian Journal of Cardiology. 1999; 6: 832–836
84. Poderys J, Trinkūnas E, Šilinskas V. Arterinio perfuzinio slėgio įtaka blauzdos raumenų darbinumui ir kraujotakai. Sporto mokslas. 1998; 3(12): 15-19.
85. Poderys J. Influence of the short term preliminary occlusion on the dynamics of arterial blood flow and working capacity of the calf muscles. Education physical Training Sport. 1998;1:49 – 57.
86. Poderys J. Blauzdos raumenų kraujotaka globalaus pobūdžio ir lokalių fizinių pratimų metu. // Medicina. – 1997, 33, p 125 – 130.
87. Poderys, J. (1996). Raumenų kraujotaka ir darbingumas. Kardiovaskulinė sistema ir sportinė veikla. – Vilnius: LTOK.- p. 9-20.
88. Rowell, L.B. (1993). Human Cardiovascular Control. New York: Oxford University Press, 483.
89. Sadzevičienė, R. (2005). Žmonių, adaptuotų greitumo jėgos fiziniams krūviams, funkcinės būklės ypatybės ir kitimas mezociklo pratybose taikant koncentruotus aerobinius ir anaerobinius krūvius. Daktaro disertacija. LKKA
90. Sako T, Hamaoka T, Higuchi H, Kurosawa Y, Katsumura T. Validity of NIR spectroscopy for quantitatively measuring muscle oxidative metabolic rate in exercise. J Appl Physiol. 2001; 90(1):338-44.

91. Saltin B. Capacity of blood flow delivery to exercising skeletal muscle in humans. *Amer J. Cardiology*, 1988, v.62,N.8, p.30E – 35E
92. Schantz P. Capillary supply in hypertrophied human skeletal muscle // *Acta Physiol. Scand.*-1982, vol. 114, p.635-637.
93. Schmidt R.F., Thews G. *Human Physiology. Second Completely Revised Edition.* Berlin. 1989, Vol.2, 642.
94. Schmidt, R. F., Thews, G. (1996). *Human physiology.* London.
95. Seibutienė, A., (2004). Fizinių pratimų įtaka organizmo sandarai ir funkcijai. Vilnius, 15–23
96. Shephard, R. J. (1987). *Exercise physiology.* Toronto Philadelphia: B. C. DECKER INC.
97. Stanhope M., Lancaster J. *Community health nursing.-* Washington: The C.V.Mosby Company, 1998, p. 863.
98. Skernevičius, J. (1997). Sporto treniruotės fiziologija. Vilnius. 72–74.
99. Skernevičius, J., Raslanas, A., Dadalienė, R. (2004). Sporto mokslo tyrimo metodologija. Vilnius, 138–147.
100. Skirius J. (2002). Sportininkų širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinės būklės tyrimas ir vertinimas. Kaunas: LKKA, 46–48.
101. Skurvydas A., Jaščaninas J., Stanislovaitis A. Jėgos fizinės ypatybės biologinis pagrindimas // *Sporto mokslas.*- 1997, Nr.4, p.10-13.
102. Skurvydas, A. (1997). Griaučių raumenų veiklos mechanizmų teorinė analizė. *Sporto mokslas*, 1, 12–16.
103. Skurvydas, A. (1998). Judesių valdymo ir sporto fiziologijos konspektai. 136.
104. Skurvydas, A. (1999). Žmogaus griaučių raumenų greitosios ir lėtosios adaptacijos savybės atliekant fizinius pratimus. Habituoto daktaro disertacija, Kauno medicinos universitetas.
105. Spencer, M.R., Gastin, P.B. Payne, W.R.(1996). Energy system contribution during 400 to 1500 metres running. *New studies in Athletic.* vol. 17 (4): 59-65.
106. Staron R.S., Hikida R.S., Hagerman F.C. et al. Human skeletal muscle fiber type adaptability to various workloads // *J. Histochem. Cytochem.*-1984, vol. 32, p.146-152.
107. Staron, R.S., Leonardi M.J., Karapondo D.L. et al. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy resistance training women after detraining and retraining // *J. Appl. Physiol.* -1991, vol. 70, p. 631-640.
108. Šilanskienė, A. (2003). Žmogaus organizmo funkcinės būklės kitimo ilgalaikių treniruočių metu vertinimas. Daktaro disertacija, Kauno medicinos universitetas.
109. Šilinskas V, Poderys J. Žmonių, adaptuotų prie greitumo, jėgos ir ištvermės pobūdžio fizinių krūvių, blauzdos raumenų kraujotaka funkcinį mėginį ir fizinio krūvio metu. *Sporto mokslas.* 1999; 2(16):22-25.
110. Šilinskas, V., Poderys, J. (1999). Žmonių adaptuotų prie greitumo jėgos ir ištvermės pobūdžio fizinių krūvių blauzdos raumenų kraujotaka funkcinį mėginį ir fizinio krūvio metu. *Sporto mokslas.*-, N.2. p.22-25.
111. Šilinskas ,V. (2000) Žmonių, adaptuotų greitumo jėgos ir ištvermės fiziniams krūviams, blauzdos raumenų kraujotakos ypatumai : ddaktaro disertacija, LKKA

112. Tesch, P.A., Thorsson A., Colliander E.B. Effects of eccentric and concentric resistance training on skeletal muscle substrates, enzyme activities and capillary supply // *Acta Physiol. Scand.*- 1990, vol. 140, p.575-580.
113. Tesch, P.A., Thorsson A., Essen-Gustavsson B. Enzyme activities of FT and ST muscle fibers in heavy-resistance trained athletes // *J. Appl. Physiol.*- 1989, vol. 67, p.83-87.
114. Tesch, P.A., Thorsson A., Kaiser P. Muscle capillary supply and fiber type characteristics in weight and power lifters // *J. Appl. Physiol.*- 1984, vol. 56, p.35-38.
115. Trinkūnas E. (2000). Blauzdos raumenų kraujotaka ir širdies funkcija atliekant įvairaus kryptingumo fizinį krūvį: daktaro disertacija. Kaunas: LKKA.
116. Tschakovsky, M.E., Shoemaker, J.K., Hughson, R.L. (1996). Vasodilatation and muscle pump contribution to immediate exercise hyperemia. *American Journal of Physiology*, 271, 1697–1701.
117. Tulppo, M.P., Hughson, R.L., Mäkelä, T.H., (2002). Effects of exercise and passive head – up tilt on fractal and complexity properties of heart rate dynamics. *AJP – heart and Circulatory Physiology*, 280(3), 1081–1087.
118. Tutkus, E. (2004). Raumenų jėgos ir ištvermės ryšys . *Kineziologijos pagrindai*. Kaunas. 109 – 111.
119. Vainoras, A. (2002). Functional model of human organism reaction to load – evaluation of sportsman training effect. *Education, Physical Training, Sport*, 3, 88–93.
120. Vainoras, A (2004). Kompleksinis sveikatos būklės vertinimas ir individualus fizinių pratimų parinkimas. *Kineziologijos pagrindai*. Kaunas. 32 – 40.
121. Vainoras A., Gargasas L., Jaruševičius G. ir kt. Veloergometrija ir sisteminių vertinimų galimybė // *Lithuanian Journal of cardiology.*- 1999, vol. 6, Nr.2, p. 760-762.
122. Vainoras A., Jaruševičius G. (1996). *Veloergometrija (metodinės rekomendacijos)*. Kaunas: KMU
123. Vainoras A. (1996). Kardiovaskulinė sistema ir sportinė veikla. *Kardiovaskulinė sistema ir sportinė veikla*. Vilnius. 3-8.
124. Vainoras A. Širdies repoliarizacijos procesų tyrimas ramybėje ir fizinio krūvio metu. *Habilitacinis darbas*, Kaunas.-1996.-64p.
125. Vitartaitė, A.(2000). Ilgalaikis lokaliųjų fizinių pratimų poveikis raumenims bei širdie ir kraujagyslių sistemai. *Daktaro disertacija*; Kaunas: KMU, 11–17.
126. Volek J.S., Duncan N.D., Mazzetti S.A. et al. Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training // *Med. Sci. Sports Exerc.*- 1999, vol.31, p.1147-1156.
127. Wang, N., Hikida R.S., Staron R.S. et al. Muscle fiber types of women after resistance training-quantitative ultrastructure and enzyme activity // *Pflügers Arch.*- 1993, vol. 424, p. 494-502.
128. Wayne Westcott. *Strength fitness/Physiological principles and training techniques/*. USA :Wm. Brown Communications, Inc., 1995
129. Wilmore, J.H., Costill, D.L. (1999). *Physiology of exercise and sport*. Champaign, 549.
130. Wilmore, J.H., Costill, D.L. (2001). *Physiology of exercise and sport*. Champaign, 146–179.
131. 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):532-535.

132. Žemaitytė, D. (1996). Širdies ritmo ir kraujotakos reguliavimo mechanizmų principai. // Kardiovaskulinė sistema ir sportinė veikla. Vilnius, 21- 41, 50 – 53, 138 – 141.
133. Žemaitytė, D. (1997). Širdies ritmo autonominis reguliavimas: mechanizmai, vertinimai, klinikinė reikšmė. Palanga. 326.
134. Žemaitytė, D. (1999). Širdies ritmo variabilumas – greitos kraujotakos adaptacijos rezervo įvertinimo būdas. Lithuanian Journal of Cardiology. 6 (4). 732-735.
135. Zoeller JJ, McQuillan A, Whitelock J, Ho SY, Iozzo RV. A central function for perlecan in skeletal muscle and cardiovascular development. J Cell Biol. 2008, 21;181(2):381-94.
136. Žumbakytė R. Krepšininkų ir futbolininkų funkcinės būklės ypatybės naudojant integraliojo vertinimo modelį. Daktaro disertacija. Kaunas : KMU, 2006
137. Василева, В.В. (1989). Кровоснабжение мышц – основной фактор специальной работоспособности спортсменов. Теория и практика физической культуры. 8: 35-36.
138. Дубровский ВИ. Спортивная медицина. Москва; 1999.
139. Гидиков А. Теоретические основы электромиографии. Ленинград: Наука, 1975 ;
140. Карпман ВЛ. Спортивная медицина. Москва Физкультура и спорт. 1987.
141. Платонов, В.Н. Общая теория подготовки спортсмена в волимпийском спорте. Учебник для студентов вузов физического воспитания и спорта, (1997).554–566.
142. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения, (2004). 808.
143. Ткаченко, Б.Л., Купрянов, В.В., Орлов, П.Ц., Гуревич, М.И., Банин, В.В., Маисбин, Б.И. Физиология кровеносных сосудов. Успехи физиологических наук, 1989; 20, 3–26.
144. Тхоревский, В.И. Физиология человека. Москва: ФиС, 2001.
145. Хаютин ВМ, Мещерский ЕЛ, Веселова ЕС. Рабочая гиперемия скелетных мышц.
146. Динамические аспекты. Вестник академии медицинских наук. М:Медицина, 1980; 54-60.

8. SPAUSDINTŲ DARBŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS

1. Poškaitis, Vytautas; Miseckaitė, Birutė; Venskaitytė, Erelija; Poderys, Jonas; Vainoras, Alfonsas. Deguonies išotinio raumenyse ir funkcinio išeminių reiškinio miokarde kitimo ypatybės, atliekant pakopomis didėjančią krūvį veloergometru//Medicina. ISSN 1010-660X. 2007, t. 43, Nr. 5. p. 385-389.[MEDLINE ; Index Copernicus].
2. Birutė Miseckaitė; Vytautas Poškaitis; Kristina Poderytė; Alfonsas Vainoras; Julija Andrejeva; Jonas Poderys; Deguonies išotinio šlaunies raumenyje ir širdies funkcinio rodiklio kitimas, atliekant pakopomis didinamą krūvį veloergometru//Ugdymas.Kūno kultūra.Sportas. ISSN 1392-5644 2007, 2(65) p. 44-48
3. Alfonsas Vainoras, Vytautas Poškaitis, Algė Vitartaitė, Aistė Šilanskienė. Atsigavimo po krūvio procesų skirtingo amžiaus ir lyties žmonėms VI-a. tarptautinė konferencija Biomedicininė inžinerija. 2003 10 23-24 Kauno technologijos universitetas, Kaunas
4. Alma Kajėnienė, Renata Žumbakytė, Vytautas Poškaitis, Alfonsas Vainoras. Krepšinininkų dozavimo fizinio krūvio mėginio atsigavimo laikotarpio fiziologinių parametrų vertinimas. VI-a. tarptautinė konferencija Biomedicininė inžinerija. 2003 10 23-24 Kauno technologijos universitetas, Kaunas
5. Poškaitis, Vytautas; Miseckaitė, Birutė; Venskaitytė, Erelija; Poderys, Jonas; Vainoras, Alfonsas. Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinio rodiklio vertinimas tikslesnis, kai EKG rodiklio kitimas vertinamas su audinių infraraudonosios spektroskopijos metodu registruojamais rodikliais// Biomedicininė inžinerija: Tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga= Biomedical engineering: Proceeding of International Conference/ Kauno technologijos universitetas. Kaunas: Technologija, 2006. ISBN 9955-25-151-4.p. 115-118.
6. Poderys, Jonas; Poškaitis, Vytautas; Miseckaitė, Birutė. Relation of changes in oxygen desaturation in thigh muscles and cardiovascular system during the incremental bicycle ergometry //12th Annual Congress of European College of Sport Science: book of abstracts: July 11-14, 2007, Jyväskylä, Finland/edited by; Jouni Kallio, Paavo V. Komi, Jurki Komulainen, Janne Avela.- ISBN 978-951-790-242-7; ISSN 0357-2498. – Jyväskylä, 2007, P. 547. – Physiology 8-207. – URL: <http://64.233.183.104>.