

**LIETUVOS SPORTO UNIVERISTETAS
SPORTO BIOMEDICINOS FAKULTETAS
TRENIRAVIMO SISTEMŲ STUDIJŲ PROGRAMA**

ROKAS URBELIS

**TINKLINKŲ AEROBINIO PAJĖGUMO POVEIKIS
NUOVARGIUI IR ATSIGAVIMUI**

BAKALAURO BAIGIAMASIS DARBAS

Vadovas: Dr. L. Stasiulė

(parašas)

Baigiamąjį darbą rengė 1 studentas

KAUNAS 2017

PATVIRTINIMAS APIE ATLIKTO DARBO SAVARANKIŠKUMĄ

Patvirtinu, kad įteikiamas baigiamasis darbas

(darbo pavadinimas)

1. Yra atliktas mano paties/pačios (jeigu darbą rengė keli studentai, įrašoma: Yra atliktas mūsų pačių);
2. Nebuvo naudotas kitame universitete Lietuvoje ir užsienyje;
3. Nenaudojau šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikiu visą panaudotos literatūros sąrašą.

(data)

(autorius vardas ir pavardė)

(parašas)

PATVIRTINIMAS APIE ATSAKOMYBĘ UŽ KALBOS TAISYKLINGUMĄ ATLIKTAME DARBE

Patvirtinu lietuvių/anglų kalbos taisyklingumą atliktame darbe.

(data)

(autorius vardas ir pavardė)

(parašas)

Baigiamasis darbas yra įkeltas į eLABa talpyklą

(baigiamojo darbo gynimo komisijos sekretorės(-iaus) parašas)

BAIGIAMOJO DARBO VERTINIMAI IR GALUTINIS PAŽYMYS

Vadovas:	0,20 ×	=	
	(svertinis koef.)	(pažymys)	(galutinio pažymio dedamoji)
Vertintojas:	0,35 ×	=	
Baigiamojo darbo gynimas:	0,30 ×	=	
Mokymosi pasiekimo aplankas:	0,15 ×	=	

Galutinis pažymys:

(galutinio pažymio dedamųjų suma)

(data)

(baigiamojo darbo gynimo komisijos sekretorės(-iaus) v. ir pavardė)

(parašas)

Turinys

SANTRAUKA	3
SUMMARY	4
Įvadas.....	6
1. Literatūros apžvalga ir analizė.....	7
1.1. Aerobinio pajėgumo fiziologija ir jį lemiantys veiksniai fizinės veiklos ir atsigavimo metu..	7
1.1.1. Maksimalus deguonies suvartojimas – tai aerobinį pajėgumą lemiantis rodiklis	7
VO ₂ max	8
1.1.2. Širdies ir kraujagyslių sistemos poveikis aerobiniam pajėgumui fizinės veiklos ir po jos metu	9
1.2. Anaerobinio pajėgumo fiziologija ir jį lemiantys veiksniai fizinės veiklos metu ir atsigavimo metu	11
1.3. Raumenų nuovargio fiziologija ir jį lemiantys veiksniai fizinės veiklos ir atsigavimo metu	13
1.4. Tinklininkų aerobinis pajėgumas ir jį lemiantys veiksniai fizinės veiklos metu ir atsigavimo metu	15
2. TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS	18
2.1. Tyrimo objektas:.....	18
2.2. Tiriamieji	18
2.3. Tyrimo metodai	18
2.3.1. Apklausa	18
2.3.2. Aerobinio pajėgumo testavimas	18
2.3.3. Pulsometrija	18
2.3.4. Aerobinio pajėgumo apskaičiavimas ir įvertinimas	19
2.3.5. Taikomas fizinis krūvis – tinklinio treniruotės turinys.....	20
2.3.6. Vertikalaus šuolio aukščio testavimas	20
2.3.7. Matematinė statistika	21
2.4. Tyrimo organizavimas	21
3. TYRIMO REZULTATAI	22
3.1. Tinklininkų nuovargio ir atsigavimo pokyčiai	22
3.2. Tinklininkų aerobinio pajėgumo priklausomumo tarp nuovargio ir atsigavimo nustatymas.	24
4. TYRIMO REZULTATŲ APTARIMAS.....	26
IŠVADOS.....	27

SANTRAUKA

AEROBINIO PAJĖGUMO POVEIKIS TINKLININKŲ NUOVARGIUI IR ATSIGAVIMUI

Tyrimo tikslas: Įvertinti, kokį poveikį tinklininkų nuovargiui ir atsigavimui turi aerobinis pajėgumas.

Tikslui pasiekti keliama šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti ir palyginti tinklininkų vertikalaus šuolio aukščio pokyčius prieš, po ir praėjus parai nuo pirmo testavimo prieš treniruotę.
2. Įvertinti tinklininkų nuovargio ir atsigavimo priklausomumą nuo aerobinio pajėgumo dydžio.

Tyrimo objektas: Tinklininkų aerobinio pajėgumo poveikis nuovargiui ir atsigavimui.

Hipotezė: Didesnio aerobinio pajėgumo tinklininkų vertikalaus šuolio aukštis po treniruotės turėtų sumažėti mažiau, o atsigavimas turėtų būti greitesnis, nei tų, kurių jis mažesnis.

Tiriamųjų kontingentas: Tyrime dalyvavo 12-ka sveikų, vidutiniškai 22 metų amžiaus tinklininkų. Tiriamieji buvo įvairaus pajėgumo žaidėjai, nuo nacionalinės rinktinės narių iki tinklinį tik pradėjusių treniruotis.

Tyrimo metodai: Tam, kad nustatyti tiriamųjų vertikalaus šuolio aukštį prieš, po ir praėjus parai nuo pirmo testavimo prieš treniruotę buvo naudojamas nešiojamas kontaktinis guminis kilimėlis SBM-1 (60 x 60 cm dydžio) su elektroniniu valdymo ir matavimo pultu („Katra“, Kaunas, Lietuva), o aerobinis pajėgumas buvo nustatytas netiesioginiu metodu, t.y. laipiojimo testu. Norėdami nustatyti tinklininkų aerobinio pajėgumo dydžio priklausomumą nuovargiui ir atsigavimui gautus tyrimo duomenis analizavome naudojant matematinės statistikos metodus.

Probleminis klausimas: Daugelis trenerių savo sportininkų rengimo mikrocikluose naudoja aerobinio pajėgumo lavinimą manydami, kad tai padės sportininkams lengviau pakelti varžybinėje tikslinėje veikloje tenkančius krūvius. Šiuo tyrimu sieksime išsiaiškinti kaip aerobinis pajėgumas veikia tinklininkų vertikalaus šuolio aukščio pokyčius.

Išvados:

1. Nustatėme, kad tinklininkų vertikaliam šuolio aukščiui fizinė veikla (treniruotė) turi poveikį. Šuolio aukštis lyginant prieš treniruotę ir po treniruotės sumažėjo vidutiniškai -1,48 % ($p = 0,024$), o po paros poilsio šuolio aukštis padidėjo 1.42 % ($p = 0,039$) lyginant su rezultatais po treniruotės.
2. Nustatėme, kad tinklininkų nuovargis, bei atsigavimas nepriklausė nuo aerobinio pajėgumo dydžio (atitinkamai $R^2 = 0,0032$ ir $R^2 = 0,0057$).

Raktiniai žodžiai: tinklininkų aerobinis pajėgumas, nuovargis, atsigavimas

SUMMARY

INFLUENCE OF AEROBIC CAPACITY ON VOLLEYBALL PLAYERS' FATIGUE AND RECOVERY

Goal of the research: To assess what kind of impact does the aerobic capacity has on volleyball players' fatigue and recovery.

In order to reach the goal, following objectives is being raised:

1. To define and compare vertical jump height change of volleyball players before, after and one day after the trainings.
2. To assess the correlation of fatigue and recovery to aerobic capacity measure of volleyball players.

Object of the research: Impact of volleyball players' aerobic capacity on fatigue and recovery.

Hypothesis: Volleyball players with a better aerobic capacity supposed to demonstrate a lower deficit of vertical jump after the trainings and the recovery supposed to be faster, then those who have a worst aerobic capacity.

Contingent of a sample. Twelve fit volleyball players were participating in the research at the age of 22 years old on average. Team was based on a various capacity players, from the members of Lithuanian national volleyball team to the very beginners.

Methods of the research. In order to assess the vertical jump of observation sample before, after and one day after the trainings the contact platform of vertical jumps („Katra“, Kaunas, Lietuva) were used, whilst aerobic capacity were tested by indirect method – climbing test. To define the correlation of aerobic capacity measure on fatigue and recovery, observed research results have been analyzed by mathematical statistics methods.

Practical problem. Most of the head couches uses aerobic capacity trainings in their microcycles of athletes' preparation assuming that it will help them to ease the load that the athletes are facing during targeted activities in the competition. This research will seek to explain how aerobic capacity impacts the volleyball players' height of vertical jump.

Conclusion:

- 1) It was defined that volleyball players' height of vertical jump is being influenced by the physical activity (trainings). The height of the jump before trainings comparing versus after trainings has declined by -1.48% ($p = 0,024$) on average, whilst after twenty-four hours of recovery the height of the jump has increased by 1.42% ($p = 0,039$) comparing versus results of the jump after the trainings.
- 2) It was defined that neither recovery nor fatigue of volleyball players were not significantly dependent on aerobic capacity measure (respectively $R^2 = 0,0032$ and $R^2 = 0,0057$).

Key words: aerobic capacity of volleyball players, fatigue, recovery

SANTRUMPOS

MDS – maksimalus deguonies sunaudojimas

$VO_2\text{max}$ – maksimalus deguonies sunaudojimas

LS – laktato slenkstis

LKS – laktato kaupimosi slenkstis

ŠSD – širdies susitraukimo dažnis

ŠSD_{NT} – ŠSD nuokrypio taškas

ŠSD_K – ŠSD kintamumas

ATP – adenozintrifosforo rūgštis

KP – kreatinfosfatas

ST – sistolinis tūris

ŠKS – širdies ir kraujagyslių sistema

MŠT – minutinis širdies tūris

AAS – anaerobinės apykaitos slenksčiai

ADP – adenozindifosforo rūgštis

AMP – adenozinmonofosforo rūgštis

CNS – centrinė nervų sistema

VE – plaučių ventiliacija

KT —kvėpuojamasis tūris

KD – kvėpavimo dažnumas

Įvadas

Fizinis pajėgumas yra vienas svarbiausių elementų lemiančių sportinius rezultatus, o aerobinis pajėgumas yra vienas svarbiausių jo komponentų. Maksimalus deguonies suvartojimas (MDS arba $VO_2\text{max}$) yra laikomas kaip pagrindinis rodiklis, įvertinantis individo tiek aerobinį, tiek fizinį pajėgumą (Milenković, Vitošević, Vidaković, Nedin, & Ranković, 2013).

Tinklinis pasižymi greitais žaidimo situacijų pokyčiais, todėl neskaitant gerai įvaldytos technikos elementų žaidėjai turi būti specifiškai ruošiami ir prisitaikę prie tinklinio žaidimo koncepcijos (Milenković et al., 2013). Ją sudaro trumpos didelio intensyvumo aktyvios fazės, kurios trunka vidutiniškai 4–7 sek. ir mažo (arba vidutinio) intensyvumo fazės vidutiniškai trunkančios iki 20 sek. Tinklinyje rungtynių laikas būna labai įvairus, kadangi yra žaidžiama iki trėjų laimėtų setų, kurie trunka kol viena iš komandų surenka 25 taškus su 2 taškų skirtumu, o paskutinis penktasis setas, esant setų rezultatui 2–2, tęsiasi iki 15-likto taško, kurį taip pat komanda turi laimėti daugiau nei dviem taškais. Ši žaidimo koncepcija reikalauja gerai išvystytos aerobinės ištvermės ir anaerobinio alaktatinio energetinių sistemų pajėgumo (Gabbet et al., 2006).

Nustatyta, kad tie žaidėjai, kurie atstovaudami klubines komandas, būdami nacionalinės rinktinėse sudėtyje ar dalyvaudami šalies aukščiausios lygos rungtynėse, turi didesnio intensyvumo, geresnės kokybės ir daugiau treniruočių, o visa tai daro teigiamą poveikį aerobinio pajėgumo rodikliams ir tam tikrų apatinių galūnių nervų ir raumenų adaptacijai (Schaal, Ransdell, Simonson, & Gao, 2013). Aukštesnio aerobinio pajėgumo tinklininkai geba greičiau atsigauti per pertraukas tarp taškų ir setų, o dėl patiriamo mažesnio nuovargio gali būti daug naudingesni žaidžiant ilgas ir intensyvias rungtynes su daug taškų setuose ir ilgesne taškų trukme. Kadangi atsiradus nuovargiui sumažėja ne tik šuolio aukštis, vikrumas ir pan., bet sulėtėja tinklininkui ypač svarbus reakcijos laikas, dėl ko priklausomai nuo nuovargio tipo ir sunkumo pailgėja sprendimų priėmimo laikas ir jų kokybė (Đurković, Marelić, & Rešetar, 2014). Šiuo tyrimu norima išsiaiškinti, kokį poveikį aerobinis pajėgumas turi tinklininkams. Kiek dėmesio reikia skirti ruošiant sportininkus sezonui šiam fizinio pajėgumo komponentui ir, ar aerobinis pajėgumas gali būti vienas iš veiksnių, kuris padėtų atrinkti tinklininkus į jaunimo ar nacionalines vyrų rinktines.

Tyrimo tikslas: Išsiaiškinti, kokį poveikį tinklininkų nuovargiui ir atsigavimui turi aerobinis pajėgumas. Tikslui pasiekti keliami šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti ir palyginti tinklininkų vertikalios šuolio aukščio pokyčius prieš, po ir praėjus parai prieš treniruotę.
2. Įvertinti tinklininkų nuovargio ir atsigavimo priklausomumą nuo aerobinio pajėgumo dydžio.

1. Literatūros apžvalga ir analizė

1.1. Aerobinio pajėgumo fiziologija ir jį lemiantys veiksniai fizinės veiklos ir atsigavimo metu

1.1.1. Maksimalus deguonies suvartojimas – tai aerobinį pajėgumą lemiantis rodiklis

Aerobinis pajėgumas gali būti apibūdinamas, kaip raumenų masės ir fizinio aktyvumo sąlygota, širdies ir kraujagyslių sistemos (ŠKS) bei kvėpavimo sistemos (KS) pajėgumo požymių visuma (Bacon, Carter, Ogle, & Joyner, 2013).

Vienas svarbiausių aerobinio pajėgumo rodiklių – maksimalusis deguonies suvartojimas (VO_2max arba MDS) (Bishop, Lawrence, & Goodman, 2004). MDS – tai didžiausias deguonies kiekis, kurį individas pakankamai ilgai ir intensyviai dirbdamas gali sunaudoti; – tai organizmo aerobinių energetinių procesų galingumo rodiklis. MDS daugiausia įtakoja tokios organizmo sistemos savybės kaip: 1) širdies ir kraujagyslių (ŠKS) bei kvėpavimo sistemos (KS) gebėjimas kuo daugiau deguonies tiekti dirbantiems raumenims; ir 2) tų pačių sistemų gebėjimas, kuo daugiau energijos pasigaminti aerobinių procesų metu (Timmons et al., 2010).

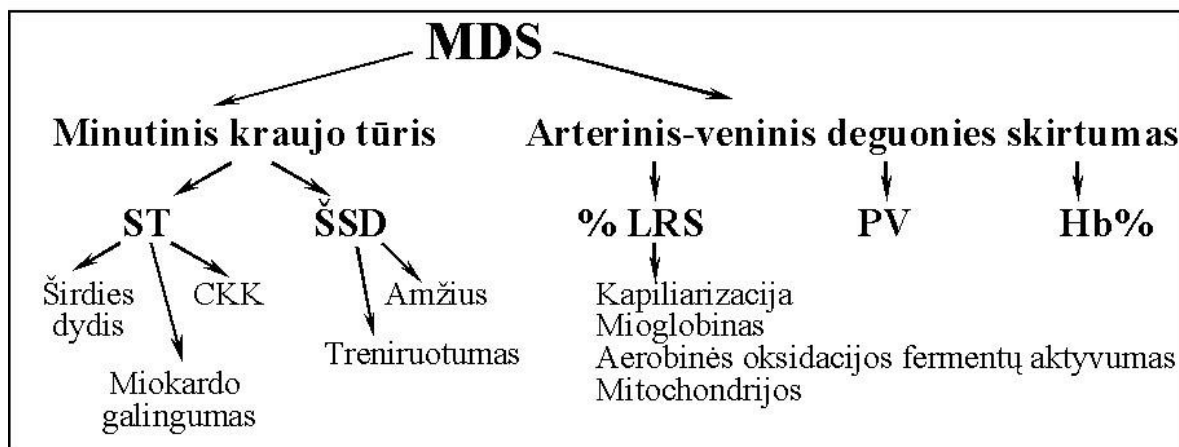
Yra du maksimalaus deguonies suvartojimo rodikliai – absoliutus MDS, kuris labiausiai priklauso nuo žmogaus antropometrinių duomenų t.y. – ūgio ir svorio. Absoliutus MDS išreiškiamas litrais per minutę (l/min). Tačiau, norint tiksliau įvertinti aerobinį pajėgumą yra apskaičiuojamas santykinis MDS, kuris parodo kiek O_2 mililitrais suvartojama vienam kilogramui kūno masės per minutę (ml/kg/min) (Piola et al., 2009).

Atliekant ilgalaikį fizinį darbą, nuo tam tikros trukmės ir individualaus intensyvumo krūvio, organizmui aerobinių procesų teikiamos energijos nebepakanka, ir dėl šios priežasties į motorinės sistemos energijos gavybą įsijungia anaerobiniai procesai, o šį perėjimą nuo ATP resintezės, kuri vyksta visiškai aerobiniu būdu iki vis didėjančio anaerobinio būdo vadinama – anaerobinės apykaitos slenkščiai kurių yra du:

- Laktatinis slenkstis (LS) – šiam slenkščiui priskiriama ta intensyvumo zona nuo kurios į motorinės sistemos energijos gavybą įsitraukia biocheminės anaerobinės reakcijos.
- Laktato kaupimosi slenkstis (LKS) - po kurio dėl padaugėjusių anaerobinių energetinių procesų kraujo buferinės sistemos nebesugeba išnešiosi La greičiau nei jis kaupiasi.

Laktato koncentracija kraujyje atliekant maksimalų ar submaksimalių fizinį krūvį pamažu didėja ir viršija ramybės lygį kuris yra - $(1 - 1,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1})$. Toliau dirbant tokiu režimu yra pasiekiamas LKS. Pasiekus šį slenkstį La rodiklis pakyla iki $4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ koncentracijos ir toliau greitai auga (Hofmann & Tschakert, 2010). Pastebėjo, kad esant mažam ar vidutiniam darbo intensyvumui La nedidėja. Laktatui pasiekus maksimalų lygį kuris dar vadinamas kaip maksimali laktato pastovioji

fazė kuri pasiekama per nuosekliai didinamo krūvio iki visiško nuovargio testą ir šios fazės metu deguonies suvartojimas toliau didinant krūvį nesikeičia (Hofmann & Tschakert, 2010). MDS dydį lemiantys veiksniai pavaizduoti schemeje (1 pav.).



1 pav. Maksimalųjį deguonies suvartojimą (MDS) lemiantys veiksniai (Stasiulis ir kt., 2006). Pastaba: ST – sistolinis širdies tūris; CKK – cirkuliuojančio kraujo kiekis; ŠSD – širdies susitraukimų dažnis; %LRS – lėtųjų raumeninių skaidulų procentas; PV – plaučių ventiliacija; Hb% – hemoglobino koncentracija

Daugelyje mokslinių šaltinių pripažįstama, kad MDS yra kaip tinkama priemonė nustatyti širdies ir kvėpavimo sistemos funkcinį pajėgumą ir paprastai apibūdina kaip širdies ir kvėpavimo sistemų pajėgumas (Lambiasi, Dorn, & Roemmich, 2012). Ankstesni tyrimai parodė, kad prastas širdies ir kvėpavimo sistemų pajėgumas yra vienas iš pagrindinių veiksnių, kurie daro įtaką įvairioms ligoms, tokioms kaip hipertenzija, insultas, 2 tipo cukrinis diabetas ir metabolinis sindromas (Mayorga-Vega, Bocanegra-Parrilla, Ornelas, & Viciano, 2016).

MDS yra pasiekiamas tarp 17 ir 22 metų amžiaus, o po 25 metų šis rodiklis vidutiniškai mažėja apie 1 proc. per metus arba 10 proc. per dešimtmetį. Naujausi tyrimai nustatė, kad aerobinio pajėgumo treniravimo galimybės yra nulemtos genetiškai, dėl to kiekvienas individas ne tik turi tam tikrą skirtingą pradinį aerobinį pajėgumą, bet ir kitaip reaguoja į aerobinio pajėgumo gerinančias treniruočių programas (Hyman & Andres-Hyman, 2013; Milenkovič et al, 2013).

VO₂max rezultatai gali kisti nuo 10 ml/kg/min žmonėms su tam tikromis patologijomis iki 80 – 90 ml/kg/min kuriuos gali pasiekti pasaulinės klasės ilgų ciklinių sporto šakų atstovai (Katzmarzyk, Church, Craig, & Bouchard, 2009).

Dirbantys raumenys kurie dalyvauja tam tikro fizinio pratimo metu daro didelę įtaką maksimaliam deguonies suvartojimui. Šis ryšys tarp dviejų kintamųjų iš dalies paaiškina, kodėl su amžiumi MDS mažėja. Vis dėl to, raumeninės masės poveikis aerobiniam pajėgumui vyresnio amžiaus sportininkams gali būti mažesnis lyginant su jaunesniais. Be to, centriniai veiksniai, tokie

kaip maksimalus širdies susitraukimų dažnis ($\dot{V}O_{2max}$) senstant ženkliai prisideda prie MDS sumažėjimo (Kim, Wheatley, Behnia, & Johnson, 2016).

MDS dar priklauso nuo atliekamos veiklos pobūdžio. Kuo daugiau raumenų dirba, tuo šis rodiklis didesnis. Pastarąjį teiginį patvirtina ir C. Kim (2016) atliktas tyrimas, kuriame jis atliko aerobinio pajėgumo testavimą bėgimo takelio ir irklavimo ergometro pagalba, kai dirba tiek viršutinė, tiek apatinė kūno dalys. Gauti rezultatai parodė, kad rekrutuojant daugiau raumenų (t.y. įjungiant į darbą vis daugiau raumeninių skaidulų), MDS reikšmė statistiškai reikšmingai padidėja. Deguonies suvartojimo kiekis auga kartu su didėjančiu fizinio krūvio intensyvumu iki tol, kol pasiekia MDS po kurio pasireiškia pastovioji fazė – deguonies suvartojimas didinat krūvį nesikeičia. Individams be jokių sveikatos sutrikimų ar patologijų pastovioji fazė atitinka MDS. Tai rodo, kad rekrutavus visus motorinius vienetų metabolizmo lygis pasiekė maksimumą (McFarlane, 2005).

1.1.2. Širdies ir kraujagyslių sistemos poveikis aerobiniam pajėgumui fizinės veiklos ir po jos metu

Širdies ir kraujagyslių sistemai (ŠKS) priklauso sisteminė kraujo apykaita - didysis kraujo apytakos ratas ir plaučių kraujo apykaita – mažasis kraujo apytakos ratas (Shaffer & Venner, 2013).

Širdis – tai raumeninis, netaisyklingo kūgio formos, tuščiaaviduris organas, kurio paskirtis nuolat varinėti kraują. Širdį sudaro keturios kameros, 2 prieširdžiai ir 2 skilveliai. Širdies ciklą sudaro susitraukimas (sistolė), kurį per sinusinį mazgą sukelia pačios širdies generuojamas elektrinis impulsas ir atsipalaidavimas (diastolė). Pirma susitraukia prieširdžiai, po to skilveliai. Sistolės metu, kai širdies raumuo susitraukia, veninis kraujas iš dešinio skilvelio plūsta į plautinį kamieną, o arterinis iš kairiojo į – aortą. Iš diastolės į skilvelius vėl priplūsta kraujo (arterinio iš plaučių ir veninio iš viso organizmo). Minutinis širdies išpumpavimo tūris yra apie 4 – 8 litrus kraujo. Jos veiklos metu susidaro hidrostatinio spaudimo skirtumas, lemiantis kraujo tekėjimą kraujagyslių sistema. Širdyje yra du pagrindiniai ląstelių tipai:

1. laidžiosios sistemos ląstelės, kurios sukuria elektrinius impulsus (veikimo potencialus)
2. miokardo ląstelės, kurios sudaro apie 99% širdies masės ir atlieka mechaninę funkciją (susitraukimą ir atsipalaidavimą) (Shaffer & Venner, 2013).

Visas šis besitęsiantis ciklas žinomas kaip širdies susitraukimo dažnis ($\dot{V}O_2$) arba pulsas (JINGUO, 2016). $\dot{V}O_2$ – tai širdies dūžiai, kurie skaičiuojami per tam tikrą laiko tarpą. $\dot{V}O_2$ yra vienas informatyviausių rodiklių nustatant fizinio krūvio poveikį sportininko organizmui.

Fizinis krūvio ir $\dot{V}O_2$ didėjimas nėra visiškai tolygus, tai yra jis nėra tiesinis. Fizinės veiklos pradžioje, dėl parasimpatinės nervinės sistemos slopinimo ir simpatinės – jaudinimo $\dot{V}O_2$ didėja, o atsigavimo metų – mažėja. Seniai žinoma, kad sportininkų širdis, dėl fizinių krūvių sukeltos

adaptacijos ramybės metu plaka pastebimai rečiau nei nesportuojančių, o ramybės metu sumažėjęs pulsas dažnai koreliuoja su aukštu aerobiniu pajėgumu. Širdies funkcinį pajėgumą parodo ŠSD pokyčiai fizinio krūvio metu ir po jo (Watson, Brickson, Prawda, & Sanfilippo, 2017). Šis rodiklis ima didėti kartu su fizinio krūvio padidėjimu, tuo metu sureaguoja periferijoje esantys chemo-receptoriai, kurie duoda signalą centrinei nervų sistemai (CNS) pagreitinti $O_2 - CO_2$ ir kitų medžiagų apykaitą organizme. Po fizinio krūvio ŠSD grįžta į ramybės būseną palaipsniui. Todėl tai, taip pat, vienas iš aerobinio pajėgumo įvertinimo rodiklių yra gebėjimas kuo greičiau stabilizuoti širdies susitraukimų dažnį po fizinio krūvio. Laipsniškai didinant darbo intensyvumą ŠSD ima didėti kol pasiekia maksimalų širdies susitraukimo dažnį (ŠSDmax) (Brade, Dawson, & Wallman, 2013). Fizinės veiklos pradžioje didelė dalis ŠKS rodiklių kinta eksponentiškai, o pastovią būklę pasiekia 3 – 5 minutę (Taylor, Osborne, Bube, & Stocks, 1999).

Organizmas ŠSD reguliuoja pasitelkdamas nervinius, hormoninius ir vidinius mechanizmus. Išorinį širdies darbo reguliavimą lemia vegetacinė nervinė sistema, kurią sudaro: simpatinė ir parasimpatinė nervinės sistemos ir jų centrinė, bei periferinė dalys; vegetacinių funkcijų nervinė reguliacija bei humoraliniai veiksniai. Vegetacinės nervinės sistemos zona yra pailgųjų smegenų kardiovaskuliniame centre (Galanti, Stefani, Mascherini, Di Tante, & Toncelli, 2016). Atliekant nuosekliai didinamą krūvį iki visiško nuovargio ŠSD augimas darbo pabaigoje sulėtėja. Zona, virš kurios ŠSD augimas ima atsilikti nuo taikomo krūvio prieaugio vadinama – ŠSD nuokrypio tašku (ŠSD_{NT}). ŠSD padidėjus iki 88 — 94 proc. nuo maksimalaus (Bodner & Rhodes, 2000). Conconi et al., (1982) nustatė koreliacinį ryšį tarp anaerobinio slenksčio (LKS) ir ŠSD_{NT} ir pasiūlė, kad jį naudoti kaip netiesioginį metodą šiam slenksčiui nustatyti. Ankstesni tyrimai taip pat patvirtino, kad reikšminga koreliacija tarp LKS yra, nors pažymima, kad tai nėra absoliutus ryšys tarp jų, todėl šis metodas nustatant šį slenkstį gali būti naudojamas tik mokymosi tikslais (Bourgois et al, 2004). Taip pat pažymima, kad ŠSD_{NT} labiausiai daro poveikį hiperkalemija, kuri tendensiškai pasireiškia artėjant prie ŠSDmax (Lucia et al., 2002).

ŠSD kaskart kinta, todėl šis dėsnis pavadintas – ŠSD kintamumas (ŠSDK) arba R–R intervalas, kai yra pokytis tarp dūžių. Tai parodo ŠSD vidurkių svyravimus, t.y., jei ŠSD vidurkis 65 kartai per min., tai nėra taip, kad nuo vieno dūžio iki kito yra 1,08 sek. – sveikų individų jis gali kisti nuo 0,5 sek. iki 2,0 sek. (JIN-GUO, 2016). Amžius, genai, aerobinė ištvermė, kūno padėtis ar net paros laikas daro poveikį šiam kintamumui. Dažniausiai ŠSDK ramybės būsenoje yra didelis ir kuo aukštesnis ŠSD, tuo ŠSD kintamumo intervalas mažėja. ŠSDK yra reguliuojamas autonominės nervų sistemos – tai yra, kai parasimpatinė nervinė sistema mažina ŠSD ir priešingai veikia ŠSDK, o simpatinė nervinė sistema veikia atitinkamai priešingai nei parasimpatinė. Pagal ŠSDK galima gauti vertingos informacijos apie tai kaip sportininkas reaguoja į tam tikrą fizinę veiklą. Šie

kintamumo parametrai yra svarbūs norint išsiaiškinti streso poveikį patiriamą treniruotės metu ir leidžia pagerinti atsigavimą po krūvio, bei išvengti persitreniravimo (JIN-GUO, 2016).

1.2. Anaerobinio pajėgumo fiziologija ir jį lemiantys veiksniai fizinės veiklos metu ir atsigavimo metu

Mokslininkai yra išskyrę svarbiausias tris energetines sistemas, kurių metu ATP resintezė vyksta nenaudojant deguonies. Jų metu pasitelkus glikolizės reakcijas ir fosfagenus raumenys gauna energiją anaerobiniu būdu. Pagal svarbiausią energijos gavybos procesų išskiriamą medžiagą – laktatą, jos dar išskiriamos į alaktatinę – kai veikiant fermentams adenilatinazei ir kreatinkinazei nesusidaro laktatas. Taip pat ir laktatinę – kai ATP resintezės metu susidaro laktatas, o jos metu dalyvauja glikolizės ir glikogenolizės reakcijas veikiantys fermentai (Lovell et al., 2013).

Pirmoji energetinė sistema – anaerobinė alaktatinė, kai jos metu naudojami substratai: adenzintrifosforo (ATP) ir adenzindifosforo (ADP) rūgštys ir kreatinfosfatas (KP). Ląstelės sąlygos daro įtaką išsiskiriančios energijos kiekiui šios energetinės sistemos metu. Pagrindiniai šias sąlygas ląstelėje lemiantys veiksniai yra: pH terpė, neorganinio fosfato koncentracija ir ADP, ATP santykis. Šio tipo ištvermė naudojama neilgai trunkantiems maksimaliems šuoliams bei lokomociniams judesiams, kurie trunka iki 15 sek. atlikti (Berg, Hung, & Yellen, 2009). Kreatinfosfatas ir ATP yra pagrindinis greitų lokomocinių judesių, kurie trunka iki 10 sek. ir vienkartinio raumens susitraukimo galingumo energetinis šaltinis, o raumenų darbo efektyvumą nulemia ne šių substratų kiekis, bet įsisavinimo kokybiškumas/greitis. Po 10 – 15 sek. maksimalių pastangų greičio kritimą daugiausia lemia kreatinfosfato bei ATP deficitas (Westerblad, Allen, & Lännergren, 2002). Kreatinfosfato sumažėjimas pirmiausia pablogina, raumens atsipalaidavimą, o susitraukimo laikas išlieka nepakitęs (Booth et al., 1997).

Nilsson (1990) pastebėjo jau klasika tapusius fenomenus apie šią energetinę sistemą. Po fizinės veiklos, kuri trunka keletą sekundžių ir yra pakankamai intensyvi, kad ATP resintezė vyktų pasitelkdama KP, organizmas jo išnaudotus resursus geba atstatyti tik per 30 min. Anaerobinė glikolizė taip pat dalyvauja energijos gamyboje – šio tipo reakcijos yra aktyvuojamos kai KP yra išseikvojama 60 – 80 proc.

Antras energijos gamybos būdas, kuris prisijungia prie anaerobinės – alaktatinės tam, kad fizinėje veikloje raumenys toliau galėtų kokybiškai atlikti savo funkciją yra mišri anaerobinio alaktatinio ir glikolitinės energijos gamyba. Ji naudojama toliau siekiant raumenis rekrutuoti maksimaliomis pastangomis, kai darbas trunka nuo 15 sek. iki 40 sek. – tuo metu energija gaunama iš glikogeno, kuris skaidomas nenaudojant deguonies ir KP. Reikia pažymėti, kad tokia energetinė sistema bus naudojama tik kai krūvio intensyvumas yra didelis, nes jeigu darbo intensyvumas bus

mažas, tuomet organizmas energetinių medžiagų gamybai naudos deguonį. Sporte ši energetinė sistema labiausiai pasitelkiama 200 – 400 m atstumo bėgime, plaukime, kai atstumas nuo 50 iki 100 m ir t.t. (Dadelienė, Milašius, Tubelis ir Skernevičius, 2008).

Jei sporto šakos pobūdis yra bėgimas, čiuožimas ar plaukimas, kur pastangos varžantis žinoma yra maksimalios ir fizinė veikla trunka nuo 50 iki 120 sek., tuomet energija gaunama anaerobinio glikolitinio energijos gamybos būdu. Šios energetinės sistemos gamyba priklauso nuo glikogeno skaidymo trukmės nenaudojant deguonies. Treniruojantis šiuo darbo režimu reikia pakankamai daug gliukozės kraujyje ir didelio kiekio glikogeno raumenyse. Taip pat šios energetinės sistemos kokybiškam darbui reikia adekvataus kiekio ir aktyvumo fermentų. Sportuojant tokiu darbo režimu organizmo pH ženkliai užrūgštėja, todėl svarbus veiksnys, kuris padeda ilgesnį laiką išlaikyti pusiausvyrą tarp šarmų ir rūgščių, bei ilgiau atlikti fizinį krūvį stabiliu intensyvumu yra būtent sukauptas šarminių junginių kiekis. Dar vienas svarbus veiksnys yra širdis, nes ji patiria dideles apkrovas ir būtina pasirūpinti, kad nepritrūktų jai reikalingų kalio ir magnio resursų (Scott, 2005).

Ketvirtas gaunamas energijos gavybos būdas fizinėje veikloje, kurioje fizinis krūvis atliekamas maksimaliomis pastangomis ir dalis energijos gaunama nenaudojant deguonies, prasideda nuo 2 min. ir trunka iki 8 min. – tai mišraus anaerobinio glikolitinio ir aerobinio, kai energija gaminama ir iš anaerobinės glikolizės, ir aerobinių reakcijų. Atliekant fizinį krūvį maksimaliu intensyvumu antrą minutę anaerobiniu ir aerobiniu būdu energijos gavybos būdas pasiskirsto po 50 proc., o toliau tęsiant fizinę veiklą ties aštunta minute iš anaerobinių reakcijų gaminama energija tesudaro tik 20 proc. visos energijos gamybos. Tokio tipo ištvermę labiausiai lemia glikogeno kiekis raumenyse ir kepenyse, raudonųjų kraujo kūnelių gebėjimas prisijungti kuo daugiau deguonies ir šarminio buferio (Vainoras, 2002).

Su anaerobiniu funkcinio pajėgumu labai glaudžiai koreliuoja – greitumas – žmogaus judamasis gebėjimas įveikti pasipriešinimą per trumpiausią laiką (Stonkus, 2002). Skiriami šie greitumo požymiai: 1) vienkartinis judesio greitis; 2) judesių dažnumas; 3) reakcijos laikas. Yra skiriamos šios greitumo rūšys: a) maksimalus greitumas b) greitumo jėga, c) greitumo ištvermė.

Maksimalus greitumas – tai žmogaus gebėjimas sutraukti ir atpalaiduoti raumenį maksimaliu greičiu. Svarbu žinoti, kad raumens susitraukimo maksimalus greitis priklauso, nuo aktino ir miozino filamentų sukibimo greičio (Hakkinen, 1994). Greitumą lemia keletas veiksnių:

- Nerviniai procesai, raumenų jaudinimo ir slopinimo kaita, kas daro įtaką raumens susitraukimui ir atsipalaidavimui.
- Griaučių raumenų tamprumas/elastingumas, bei sąnarių mobilumas.
- Sportinės veiklos technikos ekonomiškumas. Išlavinus sportinės veiklos tikslingą techniką padidėja judesių atlikimo greitis.

- Vienas iš svarbiausių aspektų nulemiančių greitumo rezultatus yra vykstantys biocheminiai procesai raumenyse t.y., svarbių energetinių medžiagų kiekis raumenyse, tokių kaip kretinfosfatas ir ATP, bei pastarosios medžiagos sintezės ir skilimo tarpusavio sąsajos (Ivaškiene, 2002).

1.3. Raumenų nuovargio fiziologija ir jį lemiantys veiksniai fizinės veiklos ir atsigavimo metu

Mokslinėje literatūroje nuovargis apibūdinamas kaip psichologinės ir fizinės būklės neigiami pakitimai, atsirandantys dėl po tam tikro laiko trukusios fizinės ar protinės veiklos (Gailiūnienė ir Milašius, 2001). Nuovargis aktualus visoms amžiaus grupėms ir visų profesijų atstovams, nes priklauso nuo nuovargio tipo ir laipsnio mažina darbo produktyvumą ir efektyvumą. Ypač nuovargis aktualus sportininkams, nes jis kenkia ne tik motoriniams sportininko įgūdžiams, bet ir tampa ir dažna sportinių traumų priežastimi (Aune, Ingvaldsen, & Ettema, 2008). Nors laikino darbo efektyvumo blogėjimo priežastimi gali tapti įvairios nuovargio rūšys, bet įprastai nustatomas bendras organizmo išsekimas (Cairns, 2006). Enoka & Duchateau (2008) savo straipsnyje teigia, kad dėl fizinio krūvio sukeltų pakitimų CNS įjungia apsauginį mechanizmą, kuris slopina kognityvines ir kitas organizmo funkcijas – tokių veiksmų tikslas apsisaugoti nuo traumų ir mirties.

Esant nuovargiui svarbu ne tik, kad sumažėja fizinis pajėgumas, bet ir kognityviniai gebėjimai. Thomson, Watt & Liukkonen (2009) atliktas tyrimas parodė, kad esant nuovargiui pailgėja ne tik sprendimų priėmimo laikas, bet ir klaidų skaičius. Byrne su bendraautorais (2004) išskyrė keletą pagrindinių organizmo motorinės sistemos funkcinės būklės blogėjimo priežasčių: acidozę, metabolitų kaupimąsi, ATP sulėtėjusios hidrolizės greičio ir sutrikusios raumenų mechanikos.

Sporte nuvargstama dažniausiai dėl fizinės veiklos ir poilsio neadekvatumo, kas tampa pagrindinė persitempimo ar persitreniravimo priežastimi (Jie & Tingran, 2016). Nederhof, Lemmink, Visscher, Meeusen, & Mulder, (2006) šias dvi būkles aprašo taip:

- Persitempimas – tai fizinio pajėgumo sumažėjimas, kurį lydi koncentracijos ir miego išsiderinimas, tačiau gavus poilsio ir tinkamai maitinantis šie neigiami pokyčiai greitai atsistato.
- Persitreniravimas – tai ženklus fizinio pajėgumo rezultatų sumažėjimas, kuris tęsiasi gan ilgai, o norint grįžti į optimalią fizinę kondiciją reikia kur kas daugiau dėmesio ir laiko. Persitreniravimo pagrindinė priežastis yra, dėl fizinio krūvio ir atsigavimo atsiradęs disbalansas, t. y. po per didelio krūvio organizmas nespėja atsigauti ir pasiruošti sekančiam krūviui.

Nuovargis, pasireiškiantis dėl fizinio krūvio, turi išskirtas tris fazes, kurių trukmė priklauso nuo darbo intensyvumo, išorinės aplinkos sąlygų, mitybos, organizmo imuninės sistemos pajėgumo, treniruotumo ir svarbiausia nuo to, kokių raumenų darbo režimu treniruojamasi. Tos trys fazės yra kompensuojamo nuovargio, nekompensuojamo ir paskutinė, kurią identifikuoti lengviausia, tai visiško nuovargio (Stasiulis, Dubininkaitė ir Venckūnas, 2005; Pijpers, Oudejans, & Bakker, 2007; Hansen, Bangsbo, & Jensen, 2016). Nuovargio fazės identifikuojamos pagal tai kaip yra atliekamas darbas kiekybiškai ar kokybiškai, t.y., to pačio darbo intensyvumo išlaikymas. Kitas metodas, kuriuo galima nustatyti kiek individas nuvargęs, tai yra nustatant pagal judesių technikos veiksmų atlikimą – jų kokybiškumą (Hansen et al., 2016).

- Kompensuojamo nuovargio fazė nustatoma – kai individas, kuris atlieka ciklinį pastovaus intensyvumo darbą (t.y., atlieka darbą pastoviu greičiu ir nekintant išorės pasipriešinimui) arba statinio pobūdžio darbą (t.y., bando kiek įmanoma ilgiau palaikyti nekintančio dydžio pasipriešinimą) palaipsniui mažina organizmo sistemų pajėgumą. Pvz.: dirbant didelio ar vidutinio intensyvumo darbo režime mažėja CKK ko pasekoje sumažėja ST, silpsta miokardo galingumas, organizmas stengdamasis aprūpinti dirbančius raumenis deguonimi didina ŠSD.
- Nekompensuojamas nuovargis – nustatomas kai organizmas nebegali efektyviai keisti grandžių aktyvumo ir tęsti fizinio krūvio procesą tolygiu intensyvumu. Šios nuovargio fazės metu raumenų aktyvavimo dažnis ir darbo galingumo lygis mažėja (Stasiulis ir kt., 2005). Darbingumo lygis dažnai mažėja kai sutrinka koks nors pavienis organas, funkcinės sistemos dalis ar jų ryšys tarpusavyje (Gailiūnienė ir Milašius, 2001).

Raumenų nuovargis yra sudėtingas reiškinys, kurį sukelia tiek centriniai, tiek periferiniai veiksniai (Meeusen, Watson, Hasegawa, Roelands, & Piacentini, 2006). Centrinei nervų sistemai (CNS) vargstant sunkauso fizinio krūvio metu, dėl neuromediatorių kiekio ir jų aktyvumo pokyčių ir nepakankamo deguonies tiekimo į smegenis, mažėja gebėjimas kokybiškai rekrutuoti motorinius vienetus (Masaaki et al, 2012). Kai yra atliekama didelio intensyvumo fizinė veikla, kol pasiekiamas visiškas nuovargis pasireiškia – metabolinis nuovargis (Sirikul, Hunter, Larson-Meyer, Desmond, & Newcomer, 2007).

- Metabolinio nuovargio pagrindine priežastimi tampa būklė, kai kraujo buferinės sistemos nebesugeba šalinti laktato greičiau, nei jis gaminasi – ima sparčiai didėti raumenų ir kraujo laktato koncentracija (Jeon, Yu, & Lee, 2011). Raumenyse esti trys pagrindiniai ATP gamybos būdai: a) iš esančių sarkoplazminių KP atsargų, t.y. greita; b) anaerobinės

gliugolizės būdų – lėtesnė ir c) aerobinės gliukolizės būdu kai riebalai skaidomi mitochondrijose – lėčiausia, bet efektyviausia (Ipata & Balestri, 2012).

Anot Ament & Verkerke (2009) nuovargis periferijoje atsiranda dėl šių priežasčių: a) vandenilio jonų ir laktato kaupimosi; b) padidėjusio CO₂ išskyrimo iš hirdokarbonato, dėl kurio padidėja kvėpavimo koeficientas; c) amoniako koncentracijos padidėjimo; d) kūno temperatūros padidėjimas, dėl kurio intensyvėja prakaitavimas, dėl ko prarandama daug daugiau vandens ir galima dehidruoti.

Fizinio krūvio metu atsirandantys pakitimai raumeninėse skaidulose gali pasireikšti dėl:

1. Neorganinio fosfato (P_i) kaupimosi sarkoplazmoje, kuris mažina susitraukimo jėgą dėl aktino – miozino tiltelių sąveikos slopinimo.
2. Jėgos mažėjimą dėl aktino – miozino tiltelių sąveikos slopinimo taip pat iššaukia sarkoplazmoje besikaupiantys H⁺ jonai, o taip pat tai gali būti pagrindinė pailgėjusio raumens atsipalaidavimo priežastimi.
3. Taip pat sarkoplazmoje besikaupiančių Mg²⁺ jonų, kurie neleidžia Ca²⁺ jonams išeiti iš sarkoplazminio retikulumo.
4. Ca²⁺ jonų atsipalaidavimą iš sarkoplazminio retikulumo taip pat slopina P_i koncentracijos didėjimas.
5. Senkančių gliukogeno atsargų, kas taip pat didina raumenų nuovargį. Kraštutiniais atvejais gali sumažėti ir gliukozės koncentracija kraujyje, kas gali ženkliai sutrikdyti CNS darbą.
6. Išilgai sarkolemos (t.y. plėvelės dengiančios raumenines skaidulas) mažėjančio veikimo potencialo laidumo. Jo greičio kintamumą galima matyti elektro miogramos (EMG) pagalba, kai pasikeičia signalų dažniai, tačiau nustatyto tiesioginio poveikio raumenų jėgos išvystymui nerasta (Ament & Verkerke, 2009).

1.4. Tinklininkų aerobinis pajėgumas ir jį lemiantys veiksniai fizinės veiklos metu ir atsigavimo metu

Fiziologiniu požiūriu tinklinis apibūdinamas kaip sporto šaka su dominuojančia anaerobine energetika. Tinklininkų lokomociniai judesiai aikštelėje yra nuo 2 iki 5 metrų ir vienas iš svarbiausių veiksnių yra startinis greitis, t.y., tinklininkas labai greitai turi spėti sureaguoti į kamuolio judėjimą aikštelėje, nes kitaip per ilgą reagavimą ir uždelstas pirmas veiksmas didina tikimybę nespėti blokuoti smūgį priešininkui ar sužaisti gynyboje (Popadić Gaćesa, Barak, & Grujić, 2009). Žaidime didelio intensyvumo aktyvios fazės kaitaliojasi su pasyviais etapais

(Sheppard, Gabbett, Claudio Reeberg Stanganelli, & Newton, 2010). Pagal šį dominuojančios energetinės sistemos kriterijų tinklinį galima priskirti prie grupės „mix“ sporto šakų, kuriose dominuoja aerobinė – anaerobinė energetinė sistema (Vescovi, 2002). Todėl iš esmės tinklinį kaip ir daugelį kitų sportinių žaidimų sudaro aktyvios fazės be kamuolio (t.y., judėjimas gynyboje, stovėsena) ir veiksmai su kamuoliu (t.y., padavimai, padavimų priėmimai, kėlimai, puolamieji smūgiai, blokai), kurie trunka vidutiniškai apie 7 sekundes (Van Heest, 2003). Mažo intensyvumo – pasyvi fazė (t.y., pozicijų pasikeitimai, pusių pasikeitimai tarp setų, minutinės pertraukėles, diskusijos su teisėjais ir kt.), visa tai trunka vidutiniškai 20 sekundžių. Rungtynės vidutiniškai vyksta 4 setus, kurie trunka apie 100 min. (Kountouris, 2005; Van Heest, 2003). Žinant visa tai galima apskaičiuoti, kad vienas setas vidutiniškai trunka 24 min. (Kountouris, 2005), iš kurių aktyvi fazė sudaro tik 5 min., todėl apibendrinus tampa labai lengva suskaičiuoti, kad tinklinio rungtynės sudaro 20 proc. aktyvios veiklos ir 80 proc. pertraukų, t.y. pasyvios veiklos.

Pagal tinklinio žaidimo koncepciją, žaidėjas turi gebėti dideliu intensyvumu generuoti energiją trumpą laiką ir taip pat sugebėti kuo geriau atsigauti per poilsio fazes. Nustatyta, kad didelio meistriškumo tinklinio žaidėjas turi būti pakankamai pajėgus visose energijos grandyse tam, kad galėtų kuo ilgiau nenuvargti. Sportininko aerobinis pajėgumas koreliuojasi su anaerobiniu slenksčiu, kuris lemia greitesnį atsigavimą tarp taškų ir setų, kas leidžia produktyviau žaisti visą rungtynių laiką (Van Heest, 2003; Lidor & Ziv, 2010).

Tinklininkai kurie ne tik atstovauja klubines komandas vietiniuose čempionatuose, bet ir dalyvauja tarptautinėse varžybose, bei atstovauja šalies rinktinę, dalyvauja platesnio spektro ir didesnio intensyvumo treniruotėse, kurios pasižymi ne tik kiekybe, bet ir kokybe. Šios papildomos apkrovos daro poveikį specifiniams fiziologiniams adaptaciniams procesams, todėl pati sportinių žaidėjų organizmų energetika gali skirtis ne tik tarp skirtingų sporto šakų atstovų, bet ir tarp skirtingų čempionatų/lygų, kuriuose žaidžiama (Gabbett, Jenkins, & Abernethy, 2009).

Milenkovič ir kt. (2013) atliktas tyrimas parodė, kad MDS reikšmės reikšmingai koreliuoja su sporto šaka ir jos energetika (1 lentelė), todėl sudarinėjant treniruočių mikrociklus yra būtina į tai atžvelgti.

1. lentelė Maksimalaus deguonies suvartojimo (MDS) absoliutaus (l/min) ir santykinio (ml/kg/min) vidutinės reikšmės lyginant tarp sportininkų ir nesportuojančių (Milenkovič et al., 2013).

Tiriamieji	Absoliutus MDS		Santykinis MDS	
	Vidurkis	SD	Vidurkis	SD
Rankininkai	4,27	0,29	51,90	0,29
Tinklininkai	3,95	0,19	45,50	0,19
Nesportuojantys	3,19	0,21	41,53	0,21

Yra nustatyta, kad geriausi atletai tinklinyje yra aukšti, nes turi aukštą procentą liesos kūno masės, bei demonstruoja aukštus anaerobinio pajėgumo rezultatus (Schaal, et al., 2013).

Tinklinis kaip ir kitos sporto šakos pasižymi savo specifinėmis pozicijomis, pagal kurias taip pat žaidėjai išsiskiria tam tikrais antropometriniais duomenimis, bei techniniais ir taktiniais gebėjimais (Afonso, Mesquita, Marcelino, & Da Silva, 2010). Dažniausiai žaidėjai yra klasifikuojami į centro blokuotojus, kėlėjus, diagonalės puolėjus, priėmėjus ir „libero“ (Schaal, et al., 2013). Pavyzdžiui, centro blokuotojai tradiciškai yra aukščiausi žaidėjai komandoje, nes aukštesnis žaidėjas gali statyti geresnio lygio užtvaras ir daug lengviau dominuoti prie tinklo prieš kitus žaidėjus, tačiau dažniausiai jie yra lėtesni ir mažiau koordinuoti, dėl to turi prastesnius gynybos, bei priėmimo įgūdžius, priešingai nei žemesni ir daug geriau koordinuoti žaidėjai. Dėl šios priežasties prieš keletą dešimtmečių norint padaryti žaidimą mobilesni buvo įtraukta libero – laisvo gynėjo pozicija, kurios paskirtis keisti prasčiau besiginančius ir priiminėjančius žaidėjus antroje linijoje, bet kurios pauzės metu, o profesionaliose komandose dažniausiai pastarieji centro blokuotojai ir būna keičiami antroje linijoje. Priėmėjai dažniausiai yra vidutinio ūgio priklausomai nuo to kokio lygio yra komanda. Jie turi būti universalūs, tai yra negana to, kad turi gerai priiminėti, gintis, bet dar ir privalo turėti gerus puolimo įgūdžius. Dėl to jis turi būti vikrus, visapusiškai techniškai ir pakankamai pajėgus greit pereiti nuo gynybos prie puolamųjų veiksmų (Carvajal et al., 2012).

Tinklinyje vertikalios šuolio aukštis yra ypatingai svarbus, nes jis ne tik tiesiogiai koreliuoja su vikrumu, bet ir aukštesnis vertikalus šuolis ženkliai praplečia žaidėjų puolimo ir gynybos galimybes. Per kiekvieną setą žaidėjų atliekamų šuolių kiekis ir jų tipas varijuoja priklausomai nuo pozicijos. Jungėjai per setą vidutiniškai atlieka po 11 – 21 perdavimų šuolyje, pirmi tempai vidutiniškai atlieka 2 – 15 puolamųjų smūgių ir 3 – 19 šuolių tveriant užtvarą. Panašų kiekį šuolių atlieka ir priėmėjai, bei 1 – 15 diagonalės puolamųjų smūgių ir 1 – 13 šuolių statant užtvarą (Sheppard et al., 2007).

Varžybų metu žaidėjas gali atlikti 250 – 300 veiksmų panaudojant staigiąją jėgą. Bendras veiksmų skaičius tokių kaip šuolis užima 50 – 60 proc. didelio greičio judesių, krypties keitimo erdvėje – apie 30 proc. ir kritimų – apie 15 proc. Puolamieji smūgiai ir užtvaros yra veiksmai, kuriuose dominuoja staigioji jėga ir tai paprastai būna raktas į pergalę, taškų laimėjimą. Vienas iš esminių veiksmų tinklinyje yra tai, kaip žaidėjas atlieka veiksmus prie tinklo. Norint sėkmingai žaisti, reikia kontroliuoti žaidimą prie tinklo tiek atakos, tiek gynybos metu. Dėl to, tinklinyje yra labai vertinami tinklininko ūgis ir šuolis (Soundara & Pushparajan, 2012).

2. TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

2.1. Tyrimo objektas:

Tinklininkų aerobinio pajėgumo priklausomumas nuovargiui ir atsigavimui

2.2. Tiriamieji

Tyrimė dalyvavo 12-ka sveikų, vidutiniškai 21,2 (3,0) metų amžiaus tinklininkų (2 lent.). Tiriamieji buvo įvairaus pajėgumo žaidėjai, nuo nacionalinės rinktinės narių iki tinklinį tik pradėjusių treniruotis.

2 lentelė. Tiriamųjų antropometriniai duomenys.

Tiriamieji	Imtis	Amžius, m (SD)	Ūgis, cm (SD)	Svoris, kg (SD)
Tinklininkai	12	21,2 (3,0)	188,5 (6,3)	80,8 (7,3)

2.3. Tyrimo metodai

2.3.1. Apklausą

Siekiant nustatyti tiriamųjų antropometrinius duomenis bei amžių buvo vykdoma apklausą.

2.3.2. Aerobinio pajėgumo testavimas

Aerobiniam tinklininkų pajėgumui nustatyti buvo naudojamas netiesioginis aerobinio pajėgumo testavimas, t.y. atliekamas laipiojimo testas. Po penkių minučių pramankštos pailsėjus (3 – 4 min.) tiriamieji atliko 5 minučių didelio aerobinio intensyvumo krūvį, t.y. per 4 taktus užlipo ir nulipo (1-2 užlipama, 3 – 4 nulipama) ant 0,4 m pakylės 90 k./min ritmu. Krūvio pabaigoje buvo registruojamas ŠSD, k./min. Pastoviam laipiojimo ritmui palaikyti buvo naudojamas metronomas.

2.3.3. Pulsometrija

ŠSD buvo registruojamas pulsometru „SIGMA AC 14.11“ (Japonija).

2.3.4. Aerobinio pajėgumo apskaičiavimas ir įvertinimas

Siekiant nustatyti tinklininkų aerobinį pajėgumą pirmiausiai pagal formulę buvo apskaičiuojamas atlikto darbo galingumas (N , $kgm/min.$):

$$N = 1,3 \times \text{kūno masė (kg)} \times \text{laiptelio aukštis (m)} \times 22,5$$

Absoliutus MDS (l/min) buvo apskaičiuotas pagal fon Dobelno formulę pateiktą 3 ir 4 paveiksle (Åstrand, Rodahl, Dahl, & Strømme, 2003).

$$MDS = 1,29 \times \sqrt{N / (\check{SSD} - 60)} \times K$$

3 pav. Fon Dobelno formulė absoliučiam MDS ($l/min.$) nustatyti;

Pastaba: N – galingumas ($kgm/min.$); $\check{SSD}$ – širdies susitraukimų dažnis darbo gale ($k./min.$);

K – amžiaus koeficientas (4 pav.)

Amžius	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
K	0,853	0,846	0,839	0,831	0,823	0,817	0,809	0,799	0,794	0,788	0,779

4 pav. Amžiaus koeficiento nustatymo lentelė (Robergs, 2003)

Santykinis MDS ($ml/kg/min$) buvo apskaičiuotas taip: gautą apskaičiuotą pagal formulę absoliučią MDS reikšmę (l/min) padauginėti iš 1000 ir padalinti iš tiriamojo kūno svorio (kg).

Tiriamųjų aerobinis pajėgumas buvo įvertinamas pagal santykinio MDS ($ml/kg/min$) reikšmę naudojantis įvairių sporto šakų atstovų santykinio MDS lygio įvertinimo lentele (3 lent.) (Physiological tests for elite athletes, 2000)

3 lentelė. Įvairių sporto šakų atstovų aerobinio pajėgumo lygio įvertinimas pagal santykinio MDS ($ml/kg/min$) reikšmę

Sporto šakų grupė	Lytis	Labai aukštas	Aukštas	Vidutinis	Žemas	Labai žemas
A	Vyrai	>78	68-78	57-67	46-56	<46
	Moterys	>69	60-69	50-59	40-49	<40
B	Vyrai	>68	60-68	50-59	42-49	<42
	Moterys	>59	52-59	44-51	36-43	<36
C	Vyrai	>58	51-58	46-50	41-45	<41
	Moterys	>50	46-50	41-45	36-40	<36

- A grupė: slidinėjimas, bėgimas (800 m ir daugiau), sportinis ėjimas, šiuolaikinė penkiakovė, dviračių sportas (1 km ir daugiau), greitasis čiuožimas (1500 m ir daugiau),

akademiniis irklavimas, baidarių ir kanojų irklavimas, plaukimas (200 m ir daugiau), biatlonas, slidinėjimo dvikovė.

- B grupė: sportiniai žaidimai, dvikovo sporto šakos (boksas, imtynės, fechtavimas), sprinto rungtys (lengvosios atletikos, greitojo čiuožimo, dviračių sporto, plaukimo) dailusis čiuožimas, lengvosios atletikos daugiakovė, šuoliai į vandenį, meninė gimnastika.
- C grupė: sportinė gimnastika, sunkioji atletika, lengvosios atletikos metimai, stendinis ir kulkinis šaudymas, šaudymas iš lanko, automobilių ir motociklų sportas. Futbolo, rankinio ir kitų sportinių žaidimų varlininkų santykinis MDS gali būti 10-15%, o gynėjų – 5-10% mažesnis nei kitų pozicijų žaidėjų.

2.3.5. Taikomas fizinis krūvis – tinklinio treniruotės turinys

Tam, kad sukelti tiriamiesiems nuovargį buvo atlikta tinklinio treniruotė, kurios metu vyko:

- 10 min. trunkanti dinaminė pramankšta
- 10 min. trunkantys kamuolio perdavimai iš viršaus ir apačios stovint poromis
- 8 min. trunkantis žaidimas „side-out“ kuriuo metu žaidėjai žaidžia tinklinį vienas prieš vieną naudojant vieną lietimą, kai kamuolį gali atmušti tik naudojant perdavimą iš apačios, arba „žuvelės“ metodą.
- 15 min. trunkantis kombinuotas tinklinio technikos mokomasis pratimas, kuris susideda iš trijų dalių – pirmoje atliekamas puolamasis smūgis, antroje statoma užtvara, trečioje bandoma apsiginti nuo puolamojo smūgio. Kiekvienoje zonoje yra atliekamas po vienas veiksmo kartojimas.
- 40 min. žaidžiamas tinklinis.

2.3.6. Vertikalaus šuolio aukščio testavimas

Po bendros komandinės pramankštos su komandos fizinio rengimo treneriu tiriamieji ant vertikalaus šuolio kontaktinio guminio kilimėlio SBM-1 (60 x 60 cm dydžio) su elektroniniu valdymo ir matavimo pultu („Katra“, Kaunas, Lietuva) atliko po 4 šuolius su 4 sek. pertrauka tarp šuolių. (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983). Tiriamieji kiekvieną šuolį atliko amortizuojančiu judesiu pritupiant iki 90° kampo per kelius, rankas laikant ant juosmens ir stengdamiesi pašokti maksimaliomis pastangomis (5 ir 6 pav.). Buvo registruojama kiekvieno šuolio polėkio trukmė (tp) ir remiantis (Bosco et al., 1983) metodika apskaičiuotas vertikalaus šuolio aukštis (h) pagal formulę: $h \text{ (cm)} = 122,6 \cdot tp^2$



5 pav. *Amortizuojantis pritūpimas
sulenkiant kelius 90° kampu.*



6 pav. *Šuolio polėkio fazė
išlaikant rankas ant juosmens.*

2.3.7. Matematinė statistika

Matematinės statistikos skaičiavimai buvo atlikti „MS Excel“ ir „IBM SPSS Statistics“ programomis. Buvo apskaičiuoti aritmetiniai vidurkiai, standartiniai nuokrypiai ir procentiniai pokyčiai. Gautų rezultatų statistinis reikšmingumas buvo nustatytas taikant Pearsono koreliaciją r lyginant tarp dviejų kintamųjų bei grafiškai pavaizdavome koreliacinius laukus, lyginant pagal koreliacinį koeficientą R^2 tarp dviejų skirtingų požymių, o šuolių skirtumo patikimumui nustatyti buvo naudojamas „T-test“ metodas.

2.4. Tyrimo organizavimas

Į tyrimą buvo pakviesta dalyvauti savanoriai vyrai, žaidžiantys tinklinį. Pradžioje jie buvo supažindinti su tyrimo tikslais, uždaviniais ir tyrimo eiga. Sutikus ir pasirašius sutikimo formoje dalyvauti tyrime pirmiausiai tiriamieji buvo apklausti. Tada supažindinus tiriamuosius su netiesioginiu aerobinio pajėgumo testavimu, jie atliko laipiojimo testą praėjus savaitei po aerobinio pajėgumo testavimo, tiriamųjų nuovargis bei atsigavimas buvo nustatinėjamas atliekant vertikalius šuolius ant platformos prieš ir po tinklinio treniruotės bei sekančią dieną praėjus 24 val. prieš tinklinio treniruotę.

3. TYRIMO REZULTATAI

3.1. Tinklininkų nuovargio ir atsigavimo pokyčiai

Norėdami įvertinti dėl treniruotės poveikio patirtą nuovargį ir atsigavimą, nustatėme tiriamųjų šuolio aukštį prieš, po ir po 24 val. prieš treniruotę (4 lentelė).

4 lentelė. Tiriamųjų šuolio aukštis (cm) prieš, po ir kitą dieną prieš treniruotę

Tiriamasis	Prieš treniruotę	Po treniruotės	Po 24 val. prieš treniruotę
1	41,2	39,9	41,2
2	51,3	49,3	52,1
3	46,5	46,1	46,2
4	45,5	45,6	46,1
5	46,0	45,1	46,5
6	38,5	40,1	37,6
7	40,6	39,8	39,6
8	49,6	48,5	50,0
9	49,4	47,7	48,9
10	35,5	35,5	36,2
11	59,5	58,5	59,3
12	41,1	39,9	40,5
Vidurkis	45,4	44,7	45,4
SD	6,3	5,9	6,4

Naudojant t–testo koreliacijos metodą palyginome skirtumus tarp šuolių testavimo etapų prieš–po treniruotės (nuovargis) ir po treniruotės – po 24 val. prieš treniruotę (atsigavimas). Gauti rezultatai parodė, kad tarp kintamųjų yra statistiškai reikšmingi skirtumai (atitinkamai $p = 0,024$ ir $p = 0,039$). (5 Lentelė)

5 lentelė. Skirtumai tarp aukščiausio šuolio prieš–po treniruotės ir tarp po treniruotės–po 24 val. prieš treniruotę

Skirtumai tarp šuolio aukščio	
Nuovargis Aukščiausias šuolis prieš treniruotę – Aukščiausias šuolis po treniruotės	0,024
Atsigavimas Aukščiausias šuolis po treniruotės – Aukščiausias šuolis po 24 val. prieš treniruotę	0,039

Nustatėme, kad procentinis šuolio aukščio pokytis dėl nuovargio ir dėl atsigavimo buvo statistiškai reikšmingas (atitinkamai $p = 0,024$ bei $p = 0,039$ (5 lentelė)).

6 lentelė. Fizinio krūvio poveikis šuolio aukščiui

Tiriamasis	Nuovargis		Atsigavimas	
	cm	%	cm	%
1	-1,3	-3,15	1,3	3,26
2	-2,0	-3,90	2,8	5,68
3	-0,4	-0,87	0,1	0,21
4	0,1	0,22	0,5	1,10
5	-0,9	-1,95	1,4	3,10
6	1,6	4,15	-2,5	-6,23
7	-0,8	-1,97	-0,2	-0,50
8	-1,1	-2,22	1,5	3,09
9	-1,7	-3,44	1,2	2,52
10	0,0	0,00	0,7	1,97
11	-1,0	-1,68	0,8	1,37
12	-1,2	-2,92	0,6	1,50
Vidurkis	-0,7	-1,48	0,7	1,42
SD	1,0	2,19	1,3	2,90
p	0,024		0,039	

3.2. Tinklininkų aerobinio pajėgumo priklausomumo tarp nuovargio ir atsigavimo nustatymas

Norėdami įvertinti aerobinį pajėgumą nustatėme kiekvieno tiriamojo maksimalų deguonies suvartojimą (VO_{2max} , ml/kg/min.). 7 lentelėje pateiktas kiekvieno tiriamojo aerobinis įvertinimas. Nustatyta, kad didžiausias MDS buvo – 51,72 ml/kg/min, o mažiausias – 42,51 ml/kg/min.

7 lentelė. Tiriamųjų maksimalų deguonies suvartojimas (VO_{2max} , ml/kg/min.) ir jo vertinimas

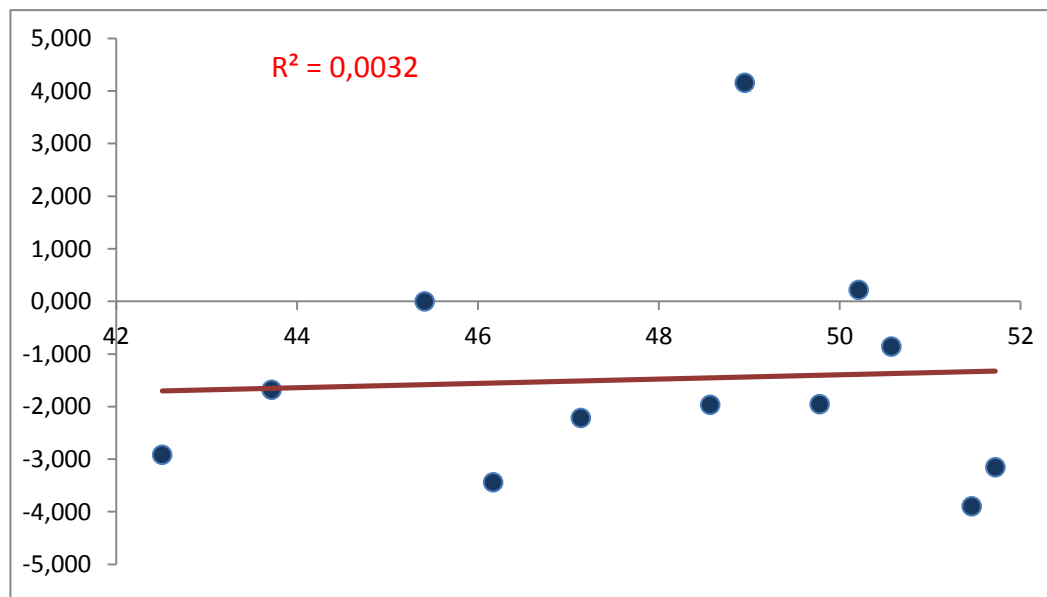
Tiriamasis	VO_{2max} , ml/kg/min	Aerobinis pajėgumas
1	51,72	Vidutinis
2	51,46	Vidutinis
3	50,57	Vidutinis
4	50,21	Vidutinis
5	49,78	Vidutinis
6	48,95	Žemas
7	48,57	Žemas
8	47,14	Žemas
9	46,17	Žemas
10	45,41	Žemas
11	43,72	Žemas
12	42,51	Žemas

Naudojant Pearsono koreliacijos metodą palyginome kaip skirtingi kintamieji (t.y. VO_{2max} (ml/kg/min), nuovargis (%) ir atsigavimas (%)) priklauso vieni nuo kitų. Taigi, nei vienas kintamasis tarpusavio statistiškai reikšmingo ryšio neturėjo (8 lentelė).

8 lentelė. koreliacija tarp skirtingų kintamųjų (t.y. VO_{2max} (ml/kg/min), nuovargis (%) ir atsigavimas (%))

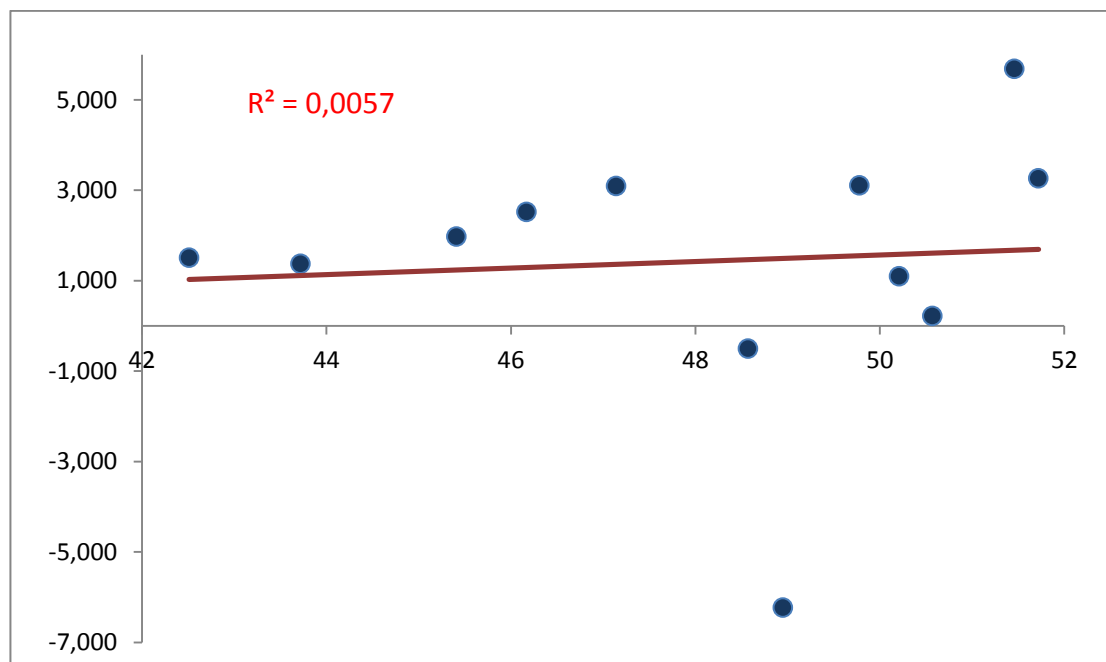
	VO_{2max} (ml/kg/min)
Nuovargis (%)	0,0032
Atsigavimas (%)	0,0057

Koreliacinio lauko pagalba, ieškant priklausomumo tarp $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min.) ir šuolio aukščio procentinių pokyčių (t.y. nuovargio, %) statistškai reikšmingos koreliacijos nepastebėta ($R^2 = 0,0032$). (7 pav.).



7 pav. Koreliacinis laukas tarp $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min.) ir šuolio aukščio procentinių pokyčių.

Taip pat, nustatėme, kad tarp $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min.) ir šuolio aukščio procentinių pokyčių (t.y. atsigavimo, %) statistškai reikšmingo koreliacinio ryšio nėra ($R^2 = 0,0057$) (8 pav.).



8 pav. Koreliacinis laukas tarp $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min.) ir šuolio procentinių pokyčių.

4. TYRIMO REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimo tikslas buvo nustatyti kokį poveikį aerobinis pajėgumas turi tinklininkų nuovargiui ir atsigavimui. Nustatėme, kad tinklininkų aerobinis pajėgumas buvo vidutinis. Šis santykinis VO_2max buvo panašus kaip ir Milenkovič su bendraautorais (2013) ištirtų tinklininkų, atitinkamai 49,1 ml/kg/min ir 45,5 ml/kg/min.

Norėdami įvertinti dėl treniruotės poveikio patirtą nuovargį ir atsigavimą, nustatėme tiriamųjų šuolio aukštį prieš – po ir po – 24 val. prieš treniruotę. Vertikalaus šuolio testavimas buvo pasirinktas ne tik todėl, kad tokį nuovargio vertinimo būdą buvo pasiūlęs Bosco su bendraautorais (1983), bet ir dėl to, kad tinklinyje vertikalus šuolis yra pagrindinis judamasis gebėjimas, nuo kurio priklauso žaidėjų puolamųjų veiksmų ir gynybos galimybės. Todėl galima teigti, kad išlaikyti šuolio aukštį su kuo mažesniu deficitu per rungtynes yra vienas iš svarbiausių fizinio rengimo tikslų (Sheppard et al., 2007).

Tinklinio treniruotės metu buvo atliekama daug intensyvių ir maksimalių pastangų reikalaujančių lokomocinių judesių bei šuolių, kadangi didžiąją treniruotės laiko dalį buvo žaidžiamas tinklinis, kuriuo metu žaidėjas gali atlikti 250 – 300 veiksmų panaudojant staigiąją jėgą. Bendras veiksmų skaičius tokių kaip šuolis užima 50 – 60 proc. didelio greičio judesių, krypties keitimo erdvėje – apie 30 proc. ir kritimų – apie 15 proc. Puolamieji smūgiai ir užtvaros yra veiksmų, kuriuose dominuoja staigioji jėga (Soundara & Pushparajan, 2012). Todėl žinant tai ir taip pat nustačius skirtumus tarp šuolio aukščių pastebėta, kad fizinis krūvis treniruotės metu jiems buvo statistiškai reikšmingas. Galima daryti prielaidą, kad treniruotės pobūdis turėjo reikšmingos įtakos nervų-raumenų nuovargiui.

Nustačius ir išanalizavus duomenis kai buvo naudojamas Pearsono koreliacijos metodas, rezultatai parodė, kad tarp vyrų VO_2max ir nuovargio bei atsigavimo reikšmingų sąsajų neaptikome, rezultatai buvo atitinkamai ($R=0,0032$) ir ($R=0,0057$). Manome, kad dėl mažos imties ir statistiškai buvo mažai tikėtina rasti reikšmingą koreliacinį ryšį tarp kintamųjų. Žinoma nagrinėjat literatūrą pastebėta, kad daugelis autorių (Milenkovič et al., 2013; Đurković et al., 2014; Vescovi, 2002) savo darbuose yra radę teigiamą ir reikšmingą aerobinio pajėgumo poveikį tinklininkams ir jei tokio tipo tyrimas būtų atliktas po serijos varžybų ar po labai intensyvios treniruotės su daugiau tiriamųjų būtų galima tikėtis rasti reikšmingai koreliuojančius aerobinį pajėgumą su nuovargio ir atsigavimo rodikliais. Tačiau, manome, kad tinkliniui iš visų sportinių žaidimų pagal žaidimo koncepciją reikia mažiausiai aerobinės ištvermės, nes didžiausią dalį tikslinės veiklos sudaro anaerobinis – alaktatinis pajėgumas ir jo ištvermė, nes lokomociniai judesiai aikštelėje yra – 2–5 m, ir vienas iš svarbiausių veiksmų yra startinis greitis, t.y., tinklininkas labai greitai turi spėti sureaguoti į kamuolio judėjimą aikštelėje (Popadić et al., 2009).

Nors anot Van Heest (2003) ir Lidor & Ziv (2010) publikuotų straipsnių kuriuose teigiama, kad aerobinis pajėgumas koreliuoja su anaerobiniu slenksčiu ir tai tinklininkams padeda produktyviau pakelti rungtynių tempą – galima paprieštarauti motyvuojant tuo, kad tinklinyje aktyvi fazė trunka vidutiniškai tik apie 7 sek., o pasyvi t.y., kada žaidėjas neatlieka beveik jokio papildomų pastangų reikalaujančio veiksmo trunka vidutiniškai apie 20 sek., kas reiškia, kad tinklininkai varžybų metu turi pakankamai laiko poilsiui. Todėl galima daryti prielaidą, kad tik jau minėta anaerobinė–alaktatinė energetinė sistema daro didžiausią įtaką rungtynių rezultatui. Šios energetinės sistemos pagrindiniai energetiniai substratai yra ATP ir KP kurie lemia greitus lokomocinius judesius trunkančių iki 10 sek. (Westerblad et al., 2002).

IŠVADOS

1. Nustatėme, kad tinklininkų vertikaliai šuolio aukščiui fizinė veikla (treniruotė) turi poveikį. Šuolio aukštis lyginant prieš treniruotę ir po treniruotės sumažėjo vidutiniškai -1,48 % ($p = 0,024$), o po paros poilsio šuolio aukštis padidėjo 1.42 % ($p = 0,039$) lyginant su rezultatais po treniruotės.
2. Nustatėme, kad tinklininkų nei nuovargis, nei atsigavimas statistiškai reikšmingai nepriklausė nuo aerobinio pajėgumo dydžio (atitinkamai $R^2 = 0,0032$ ir $R^2 = 0,0057$)

LITERATŪRA

1. Afonso, J., Mesquita, I., Marcelino, R., & Da Silva, J.A. (2010). Analysis of the setter's tactical action in highperformance women's volleyball. *Kinesiology*, 42(1), 82-89. different skill levels. Perceptual and Motor Skills, 106, 371—386.
2. Ament, W., Verkerke, G. J. (2009). Exercise and fatigue. *Sports Medicine*, 39 (5), 389—422.
3. Åstrand, P.O., Rodahl, K.P., Dahl, H.A., & Strømme, S.B. (2003). *Textbook of work physiology: Physiologi bases of exercise* (4th edt)
4. Aune, T.K., Ingvaldsen, R..P., Ettema, G.J. (2008) Effect of physical fatigue on motor control at different skill levels. Percept. Mot. Skills 106, 371–386.
5. Bacon, A. P., Carter, R. E., Ogle, E. A., & Joyner, M. J. (2013). VO2max Trainability and High Intensity Interval Training in Humans: A Meta-Analysis. *Plos ONE*, 8(9), 1-7. doi:10.1371/journal.pone.0073182
6. Berg, J., Hung, Y. P., & Yellen, G. (2009). A genetically encoded fluorescent reporter of ATP: ADP ratio. *Nature methods*, 6(2), 161-166.
7. Bishop, D., Lawrence, S., Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *European Journal of Applied Physiology*, 92 (4–5), 540–547.
8. Bodner, M. E. & Rhodes, E. C., (2000) A review of the concept of the heart rate deflection point. *The American Journal of Sports Medicine*, 30, 31—46.
9. Booth, J., McKenna, M. J., Ruell, P. A., Gwinn, T. H., Davis, G. M., Thompson, M. W., ... & Sutton, J. R. (1997). Impaired calcium pump function does not slow relaxation in human skeletal muscle after prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 83(2), 511-521.
10. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A. (1983) Simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 50(2):273–282.
11. Bourgois, J., Coorevits, P., Danneels, L., Witvouw, E., Cambier, D., & Vrijens, J. (2004). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold concepts during cycling. *Journal Of Strength & Conditioning Research (Allen Press Publishing Services Inc.)*, 18(3), 498-503
12. Brade, C. J., Dawson, B. T., & Wallman, K. E. (2013). Effect of Pre-cooling on Repeat-Sprint Performance in Seasonally Acclimatised Males during an Outdoor Simulated Team-Sport Protocol in Warm Conditions. *Journal Of Sports Science & Medicine*, 12(3), 565-570.
13. Byrne, C., Twist, C., Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise – induced muscle damage. Theoretical and applied implications. *Sports Medicine*, 34 (1), 49—69..

14. Cairns, S. P. (2006). Lactic Acid and Exercise Performance. *Sports Medicine*, 36 (4), 279—291.
15. Carvajal, W., Betancourt, H., Leon, S., Deturnel, Y., Martinez, M., Echevarria, I., et al. (2012). Kinanthropometric profile of Cuban women Olympic volleyball champions. *MEDICC Review*, 14(2), 16-22.
16. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, et al. (1982) Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 1982; 52: 869-73
17. Dadelienė, R., Milašius, K., Tubelis, L., Skernevičius, J. (2008). Įvairios specializacijos elito dviratininkų fizinio išsivystymo, fizinio ir funkcinio pajėgumo pagrindinės ypatybės. Ugdymas. *Kūno kultūra. Sportas*, 3(70), 21–26
18. Đurković, T., Marelić, N., & Rešetar, T. (2014). Differences in aerobic capacity indicators between the croatian national team and club level volleyball players. *Kinesiology*, 4659-65.
19. Enoka, R.M., Duchateau J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of Physiology*, 586, 11—23.
20. Gabbett, T. J., Georgieff, B., Anderson, S., Cotton, B., Savovic, D., & Nicholson, L. (2006). Changes in skill and physical fitness following training in talent-identified volleyball players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 29-35.
21. Gabbett, T., Jenkins, D., & Abernethy, B. (2009). Game-based training for improving skill and physical fitness in team sport athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 4(2), 273-283.
22. Gailiūnienė, A., Milašius, K. (2001). *Sporto biochemija*. Vilnius: LSIC
23. Galanti, G., Stefani, L., Mascherini, G., Di Tante, V., & Toncelli, L. (2016). Left ventricular remodeling and the athlete's heart, irrespective of quality load training. *Cardiovascular Ultrasound*, 141-9. doi:10.1186/s12947-016-0088-x
24. Häkkinen, K. (1994). Neuromuscular adaptation during strenght training, aging, detraining and immobilization. *Critical Rev. In Physical and Rehabil. Med.*, 6 (3), 161-198.
25. Hansen, M., Bangsbo, J., Jensen, J.(2016).Protein intake during training sessions has no effect on performance and recovery during a strenuous training camp for elite cyclists, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 1.
26. Hofmann, P., Tschakert, G. (2010) Special needs to prescribe exercise intensity for scientific studies. *Cardiology Research and Practice*, 15, 2011: 209302
27. Hyman, S. M., & Andres-Hyman, R. C. (2013). A Strength-Based Exercise Training Model of Psychotherapy: Can Principles Derived from Exercise and Sport Physiology Guide Behavioral

28. Ipata, P., & Balestri, F. (2012). Glycogen as a fuel: metabolic interaction between glycogen and ATP catabolism in oxygen-independent muscle contraction. *Metabolomics*, 8(4), 736-741. doi:10.1007/s11306-011-0372-6
29. Ivaškienė, V. (2002). Fizinių ypatybių lavinimas per kūno kultūros pamokas: *mokomoji knyga*. Kaunas
30. Jie, F., & Tingran, Z. (2016). Remission effect of soy isoflavone on sport fatigue and its action mechanism. *Carpathian Journal Of Food Science & Technology*, 8(3), 31-37
31. Jeon, M., Yu, D., & Lee, G. (2011). Combinatorial engineering of ldh-a and bcl-2 for reducing lactate production and improving cell growth in dihydrofolate reductase-deficient Chinese hamster ovary cells. *Applied Microbiology & Biotechnology*, 92(4), 779-790. doi:10.1007/s00253-011-3475-0
32. JIN-GUO, D. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology (Review). *Experimental & Therapeutic Medicine*, 11(5), 1531-1536. doi:10.3892/etm.2016.3104
33. Katzmarzyk, P. T., Church, T. S., Craig, C. L., & Bouchard, C. (2009). Sitting Time and Mortality from All Causes, Cardiovascular Disease, and Cancer. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 41(5), 998-1005. doi:10.1249/MSS.0b013e3181930355
34. Kim, C., Wheatley, C. M., Behnia, M., & Johnson, B. D. (2016). The Effect of Aging on Relationships between Lean Body Mass and VO2max in Rowers. *Plos ONE*, 11(8), 1-11. doi:10.1371/journal.pone.0160275
35. Kountouris, P. (2005). Time characteristics of volleyball matches in two consecutive Olympic competitions after the implementation of the new regulations. *Coaching Volleyball*, 22(6), 18-22
36. Lambiase, M. J., Dorn, J., & Roemmich, J. N. (2012). Metabolic and cardiovascular adjustments during psychological stress and carotid artery intima-media thickness in youth. *Physiology & Behavior*, 105(5), 1140-1147. doi:10.1016/j.physbeh.2011.12.012
37. Lidor, R., & Ziv, G. (2010). Physical characteristics and physiological attributes of adolescent volleyball players – A review. *Pediatric Exercise Science*, 22(1), 114-134.
38. Lovell, D., Kerr, A., Wiegand, A., Solomon, C., Harvey, L., & McLellan, C. (2013). The contribution of energy systems during the upper body Wingate anaerobic test. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 38(2), 216-219. doi:10.1139/apnm-2012-0101
39. Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A., Pérez, M., Carvajal, A., Chicharro, J. L. (2002). Lactic acidosis, potassium, and the heart rate deflection point in professional road cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 36, 113—117.

40. Masaaki, T., Yoshihito, S., Akira, I., Masami, F., Etsuko, K., & Yasuyoshi, W. (2012). Effect of mental fatigue on the central nervous system: an electroencephalography study. *Behavioral & Brain Functions*, 8(1), 48-55. doi:10.1186/1744-9081-8-48
41. Mayorga-Vega, D., Bocanegra-Parrilla, R., Ornelas, M., & Viciana, J. (2016). Criterion-Related Validity of the Distance- and Time-Based Walk/Run Field Tests for Estimating Cardiorespiratory
42. McFarlane, B. A. (2005). The science of hurdling and speed. 4th edition. Ontario: Minuteman
43. Meeusen, R., Watson, P., Hasegawa, H., Roelands, B., Piacentini, M. F. (2006). Central fatigue: The serotonin hypothesis and beyond. *Sports Medicine*, 36 (10), 881—909.
44. Milenković, V., Vitošević, B., Vidaković, H. M., Nedin, G. R., & Ranković, J. (2013). VALUES OF AEROBIC CAPACITY IN HANDBALL AND VOLLEYBALL PLAYERS. *Acta Medica Medianae*, 52(4), 35-38. doi:10.5633/amm.2013.0406
45. Nederhof, E., Lemmink, K. A. P. M., Visscher, C., Meeusen, R., Mulder, T. (2006). Psychomotor speed: Possibly a new marker of overtraining syndrome. *Sports Medicine*, 36 (10), 817—828.
46. Nilsson, J.E. (1990). On the adaptation to speed and mode of progression in human locomotion. *Stockholm*, 7–59.
47. Physiological tests for elite athletes (2000). *American Journal Of Psychotherapy*, 67(4), 367-383.
48. (Rob) Pijpers, J. R., Oudejans, R. D., & Bakker, F. C. (2007). Changes in the perception of action possibilities while climbing to fatigue on a climbing wall. *Journal Of Sports Sciences*, 25(1), 97-110.
49. Piola, T. S., Bozza, R., Ulbrich, A. Z., Neto, A. S., Mascarenhas, L. G., de Vasconcelos, Í. A., & ... de Campos, W. (2009). Maximum oxygen intake and body composition in practitioners and non-practitioners of systematic basketball training. *Fitness & Performance Journal (Online Edition)*, 8(1), 21-26. doi:10.3900/fpj.8.1.21.e
50. Popadić Gaćesa, J.Z., Barak, O.F., & Grujić, N.G. (2009). Maximal anaerobic power test in athletes of different sport disciplines. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 751-755
51. Robergs. (2003). *Fundamentals principles of exercise physiology*. Boston.
52. Schaal, M., Ransdell, L., Simonson, S., & Gao, Y. (2013). Physiologic performance test differences in female volleyball athletes by competition level and player position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1841- 1850.

53. Scott, C. (2005). Misconceptions about aerobic and anaerobic energy expenditure. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2(2), 32.
54. Shaffer, F., & Venner, J. (2013). Heart Rate Variability Anatomy and Physiology. *Biofeedback*, 41(1), 13-25. doi:10.5298/1081-5937-41.1.05
55. Sheppard, J., Gabbett, T., Claudio Reeberg Stanganelli, L., & Newton, R. U. (2010). An Analysis Of Playing Positions In Elite International Mens' Volleyball: Considerations For Competition Demands And Physiological Characteristics. *Journal Of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)*, 241. doi:10.1097/01.JSC.0000367211.02914.93
56. Sheppard, JM., Gabbett, T., Kristie-Lee, T., Dorman, J., Lebedew, AJ., Borgeaurd, R. (2007). Development of repeated-effort test for elite men's volleyball. *Int J Sports Physiol Perf*: 2: 292–304
57. Sirikul, B., Hunter, G. R., Larson-Meyer, D. E., Desmond, R., & Newcomer, B. R. (2007). Relationship between metabolic function and skeletal muscle fatigue during a 90 s maximal isometric contraction. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 32(3), 394-399. doi:10.1139/H06-117
58. Soundara, R.R.; Pushparajan, A. Ph. D. (2012). Effects of plyometric training on the development the vertical jump in volleyball palyers. *Journal of Physical Education & Sport / Citius Altius Fortius*. 28, 3, 65–69.
59. Stasiulis, A., Dubininkaitė, L., Venckūnas, T. (2005). *Sporto ir pratimų fiziologijos laboratoriniai darbai*. Mokymo priemonė. Kaunas: LKKA.
60. Stasiulis, A., Zaičėnkoviėnė, K., & Aleksandravičienė, R. (2006). Skirtingo meistriškumo aerobininkų anaerobinis pajėgumas minant veloergometrą.
61. Stonkus S. sudarytojas. *Sporto terminų žodynas*. Kaunas, LKKA, 2002.
62. Taylor, A. S., Osborne, M. A., Bube, L. A., Stocks, M. J. (1999). Cardiorespiratory dynamics □ sensitivity of the on-transition to endurance-training status. *European Journal of Applied Physiology*, 80, 505–507.
63. Thomson, K., Watt, A., & Liukkonen, J. (2009). Differences in ball sports athletes speed discrimination skills before and after exercise induced fatigue. *Journal Of Sports Science & Medicine*, 8(2), 259-264.
64. Timmons, J.A., Knudsen, S., Rankinen, T. et al. (2010). Using molecular classification to predict gains in maximal aerobic capacity following endurance exercise training in humans. *Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1487 – 1496.
65. Vainoras, A. (2002). Functional model of human organism reaction to load – evaluation of sportsman training effect. *Education, Physical Training, Sport*, 3, 88–93.

66. Van Heest, J.L. (2003). Energy demands in the sport of volleyball. In J.C. Reeser & R. Bahr (Eds.), *Handbook of sports medicine and science – Volleyball* (pp. 11-17). Malden, MA: Blackwell Publishing.
67. Vescovi, J.D. (2002). Effect of rally scoring on timing characteristics for NCAA Division I female volleyball games. *International Journal of Volleyball Research*, 5(1), 2-5.
68. Watson, A. M., Brickson, S. L., Prawda, E. R., & Sanfilippo, J. L. (2017). Short-term heart rate recovery is related to aerobic fitness in elite intermittent sport athletes. *Journal Of Strength & Conditioning Research* (Lippincott Williams & Wilkins), 31(4), 1055-1061.
69. Westerblad, H., Allen, D. G., & Lännergren, J. (2002). Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause?. *Physiology*, 17(1), 17-21.