

TARTU ÜLIKOOL  
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

**Marti Alt**

**Madala intensiivsusega treeningharjutuse mõju väsimusele ja subjektiivsele  
koormuse hinnangule**

**Low intensity exercise effect on fatigue and subjective assessment of training load**

**Magistritöö**

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendajad:

liikumise ja spordibioloogia professor J.Mäestu, PhD

doktorant R. Kuusemets, MSc

Tartu, 2024

# SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID.....	3
LÜHIÜLEVAADE.....	4
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	6
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	11
3. METOODIKA .....	12
3.1 Uuritavad .....	12
3.2 Uuringu disain .....	12
3.3 Astmeline koormustest veloergomeetril.....	13
3.4 90-minutiline test ühtlasel intensiivsusel.....	14
3.5 Andmete statistiline analüüs .....	15
4. TÖÖ TULEMUSED .....	16
4.1 Astmeline koormustest veloergomeetril.....	16
4.2 90-minutiline test ühtlasel aeroobse läve intensiivsusel.....	17
5. ARUTELU .....	25
6. JÄRELDUSED .....	30
KASUTATUD KIRJANDUS .....	31

## KASUTATUD LÜHENDID

$VO_{2max}$  – *maximal oxygen uptake* – maksimaalne hapniku tarbimine (ml/min/kg)

SLS – südame löögisagedus (lööki/min)

RPE – *rating of perceived exertion* – pingutuse tajutav raskusaste

La – vere laktaadi kontsentratsioon (mmol/L)

$VO_2$  - hapnikutarbimine

VE – minutiventilatsioon

## LÜHIÜLEVAADE

**Eesmärk:** Analüüsida, kuidas seostuvad laktaadi kontsentratsioon (La), südame löögisagedus (SLS) ja tajutava pingutuse hinnang (RPE) väsimusega 90-minutilisel ühtlase koormusega testil, mis on sooritatud intensiivsusel 10% üle aeroobse läve.

**Metoodika:** Uuringus osalesid 13 vastupidavusala sportlast vanuses  $28,2 \pm 9,3$  aastat. Vaatlusalused sooritasid esmalt kasvavate koormustega testi. Koormustesti käigus fikseeriti iga minuti järel vaatlusaluste SLS, RPE ja gaasivahetuse parameetrid. 5 minutit pärast koormustesti mõõdeti vaatlusaluste La. Teisel testimisel sooritati ühtlasel koormusel 90-minutiline test, 10% kõrgemal intensiivsusel, kui oli 1. ventilatsioonilävi. Testi igal 10. minutil määrati vaatlusaluste La, fikseeriti RPE ja registreeriti SLS. Lisaks mõõdeti testil vaatlusaluste kehamassi enne ja pärast testi ning mõõdeti väsimuse astet.

**Tulemused:** Vaatlusalused jagati kahte gruppi sõltuvalt SLS muutuse suurusest 90 min testil. Uuringust selgus, et tulemuste poolest on kaks rühma – Grupp 1 kelle SLS, RPE ja La väärtused langesid või püsisid samad ning Grupp 2, kelle SLS, RPE ja La väärtused tõusid 90 min testi jooksul rohkem kui 4 lööki/min võrra.. Grupp 1 SLS muutus ei olnud statistiliselt oluline ( $p > 0,05$ ). Grupp 2 80. minuti ja 90. minuti SLS muutus võrreldes 10 minuti SLSga oli statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ). Grupp 1 RPE hinnang ei muutunud oluliselt ( $p > 0,05$ ). Grupp 2 RPE muutus oli oluline ( $p < 0,05$ ) alates 30. minutist ning RPE väärtus tõusis oluliselt testi lõpuni. Grupp 2 La ei muutunud testi vältel oluliselt ( $p > 0,05$ ). Grupp 1 La langes 90. minutil oluliselt ( $p > 0,05$ ). Grupp 1 keskmine väsimustase enne ja pärast 90-minutilis testi ei muutunud oluliselt ( $p > 0,05$ ). Grupp 2 väsimuse hinnang muutus oluliselt ( $p < 0,05$ ) 90 min testi käigus.

**Kokkuvõte:** Vaatlusaluste 90-minutilise testi tulemused jaotati analüüsiks kahte gruppi, Grupp 1 ( $n=6$ ) ja Grupp 2 ( $n=7$ ). Gruppidesse jaotades selgus, et Grupp 1 La, SLS ja RPE muutused ei olnud 90-minutilise testi ajal olulised ( $p < 0,05$ ). Grupp 2 La, SLS ja RPE muutused 90-minutilistel testil olid olulised ( $p > 0,05$ ). Väsimus oli olulisel määral seotud RPE muutusega 90 min testil Grupp 2 sportlastel ( $p < 0,05$ ), kuid seos puudus Grupp 1 sportlastel ( $p > 0,05$ ).

**Märksõnad:** Aeroobne lävi, RPE, südame löögisagedus, laktaadi kontsentratsioon, väsimus

## ABSTRACT

**Aim:** Analyse how lactate concentration (La), heart rate (HR) and rating of perceived exertion (RPE) relate to fatigue during a 90-minute steady-state exercise test performed at an intensity 10% above aerobic threshold.

**Methods:** 13 endurance athletes aged  $28.2 \pm 9.3$  years participated in the study. Subjects first performed a maximal incremental test. During the maximal incremental test, the subjects' HR, RPE and gas exchange parameters were recorded at every minute. The subjects' La was measured 5 minutes after the maximal incremental test. The second test was a 90-minute test which was performed at a constant load, at an intensity 10% higher than the 1st ventilatory threshold. Every 10 minutes of the test, the subjects' La, RPE and HR were recorded. In addition, the body mass and the degree of fatigue were measured before and after the test.

**Results:** Subjects were divided into two groups depending on the drift of the heart rate during the 90 min test. The study revealed that there were two groups in terms of results - Group 1, whose HR, RPE and La decreased or remained the same ( $p > 0.05$ ), and group 2, whose HR, RPE and La increased by more than 4 beats/min during the 90-min test ( $p < 0.05$ ). Group 1 change in HR was not statistically significant ( $p > 0.05$ ). In Group 2, 80-minute and 90-minute HR change compared to 10-minute HR was statistically increased ( $p < 0.05$ ). In Group 1, RPE score did not change significantly ( $p > 0.05$ ). The RPE change of group 2 was significant ( $p < 0.05$ ) from the 30th minute, and the RPE value increased significantly until the end of the test. In Group 2, La did not change significantly during the test ( $p > 0.05$ ). In Group 1, La decreased significantly ( $p > 0.05$ ) at 90 minutes. The mean fatigue level of Group 1 before and after the 90-minute test did not change significantly ( $p > 0.05$ ). The fatigue rate of group 2 changed significantly ( $p < 0.05$ ) during the 90 min test.

**Conclusions:** The 90-minute test results were divided into two groups for better analysis, group 1 ( $n=6$ ) and group 2 ( $n=7$ ). When divided into groups, it was found that the changes in group 1 La, SLS and RPE during the 90-minute test were not significant ( $p < 0.05$ ). Group 2 changes in La, SLS and RPE at the 90-minute test were significant ( $p > 0.05$ ). Fatigue was related to the change in RPE during the 90 min test in Group 2 athletes ( $p < 0.05$ ), but there was no relationship in Group 1 athletes ( $p > 0.05$ ).

**Keywords:** aerobic threshold, rate of perceived exertion, lactate concentration, fatigue

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Treeningkoormus on treeningute ja harjutuste mõju ulatus sisend, mida kasutatakse spordis sportlase organismis kohanemisreaktsioonide esile kutsumiseks ning sportlike tulemuste saavutamiseks. See hõlmab endas kõiki harjutusi ja ka võistluseid (Impellizzeri et al., 2020). Vastupidavustreeninguid saab kirjeldada FITT meetodiga, mis iseloomustab treeningute sagedust, intensiivust ja kestvust (Birnbauer et al., 2022). Treeningkoormuse mõju organismile jaguneb kaheks: sisemine ja väline treeningkoormus (Impellizzeri et al., 2023). Sisemist treeningkoormust iseloomustavad näiteks SLS, hapnikutarbimine ( $VO_2$ ) ja La. Välimist treeningkoormust iseloomustavad treeningu pikkus, läbitud vahemaa või tõstetud raskus (Pind et al., 2021). Treeningute monitooringus tuleb arvestada nii sisemise kui ka välise treeningkoormusega (Etxebarria et al., 2019).

Vastupidavussportlastega töötamisel on üks olulisemaid tegevusi füsioloogilise profiili analüüsimine (Maunder et al., 2021). Füsioloogilise profiili analüüsil saadud andmeid saab hiljem kasutada treenituse monitooringus (McLaughlin et al., 2010 & Basset et al., 2000), treeningu koormuse (Maunder et al., 2020 & Seiler, 2006) ning intensiivsuse reguleerimises pikaajaliste treeningute või võistluste ajal (Seiler, 2006 & Sylta, 2014). Senine praktika näitab, et vastupidavusspordis on kasutusel erinevad meetodid füsioloogilise profiili koostamiseks (Maunder et al., 2021). Maunder et al. (2021) leidsid, et vastupidavusspordis on kasutusel mitmed erinevad mudeleid füsioloogilise profiili koostamiseks – kriitilise võimsuse mudel (CP), astmeline koormustest ja funktsionaalse lävevõimsuse test (FTP). CP põhineb võimsuse ja kestvuse suhtel. CP test hõlmab endast 2-3 konstantse tööga testi, mis kestava 2-15 min ning lõppevad tavaliselt maksimaalse kurnatusega. CP test näitab metaboolse püsiseisundi kiirust (MMSS) (Hoffman & Tschakert, 2017). FTP test mõõdab funktsionaalse läve võimsust ning seda kasutavad paljud treenerid. FTP testi puhul tuleb sportlasel sooritada maksimaalne pingutus 20 minuti jooksul. Testi tulemus viitab võimsusele, mida sportlane suudab hoida 60 minutit. Astmelise koormustesti puhul hinnatakse füsioloogilisi muutusi iga intensiivsuse astme juures. Enimlevinud füsioloogilise profiili koostamise mudelite nõrkuseks on see, et need testid ei arvesta füsioloogiliste näitajate muutusi ajas vastupidavustreeningutel ja võistlusele iseloomulike pikaajalistel treeningutel (Maunder et al., 2012). Seetõttu ei pruugi nende tulemuste kasutamine treeningute koostamisel olla täpne ja efektiivne, ehk me ei tea, kui kaua suudab sportlane mingit intensiivust taluda, enne kui vastav intensiivsus muutub treeningu aja pikenedes liiga raskeks (Maunder et al., 2021).

Astmeline koormustest, kus hinnatakse hapniku tarbimist on enim levinud viis hindamaks sportlase füsioloogilist võimekust (McLaughlin et al., 2010). Füsioloogilise võimekuse hindamiseks on vaja teada füsioloogilisi näitajaid, milleks on näiteks SLS,  $VO_2$  ja vere La sisaldus (Fusco et al., 2020). Tihti kasutatakse SLSi koormuse hindamiseks, kus SLS on jagatud kolme erinevasse tsooni (Seiler & Kjerland, 2006). Tsoonide meetod on laialdaselt levinud ja seda kasutavad paljud vastupidavusalasportlased. Treeningkoormuse hindamine läbi SLSi ei pruugi olla adekvaatne, kuna lühiajaliselt sooritatud pingutus mõjub SLSle viivitusega (Seiler & Kjerland, 2006). Mitmed autorid on treeningu intensiivsuse hindamiseks kasutusele võtnud kolme tsooni ka ja kahe läve mudeli (Lucia et al., 2003; Meyer et al., 2005; Hofmann & Tschakert, 2010). Esimene ventilatsioonilävi (VT1) on esimene murdepunkt, kus hingamissagedus ja minutiventilatsioon kiireneb ning seda peetakse üheks aeroobse läve intensiivsust iseloomustavaks näitajaks (Pallares et al., 2016). Teiseks ventilatsiooniläveks (VT2) peetakse intensiivsust, kus koormuse kasvu tõttu muutub minuti ventilatsioon kõrgemaks ja ventilatsiooni süsihappegaasi hulk väljahingatavas õhus hakkab tõusma (Seiler & Kjerland, 2006).

La kasutatakse sageli treeningu intensiivsuse määramisel (Hofmann & Tschakert, 2010). La veres määrab aeroobse ja anaeroobse ainevahetuse ulatus (Dantas et al., 2015). Mida kõrgem on La veres, seda intensiivsem on treening. Lisaks on laktaadil oluline roll füsioloogilise profiili koostamisel, kuna laktaadi sisaldus veres määrab treeningute ülempiiri, alla mille on füsioloogiline stress minimaalne ja taastumine kiire (Maunder et al., 2021). Lamõõtmine on muutunud tänapäeval lihtsamaks, seoses kaasaskantavate mõõteriistade loomisega, kuid olenemata sellest on igal treeningul intensiivsuse määramiseks La mõõtmine tavapraktikas suhteliselt ebapraktiline (Borresen & Lambert, 2009).

Lisaks treeningu füsioloogiliste intensiivsuse näitajate on teaduskirjanduses laialdaselt levinud ka RPE ehk *rating of perceived exertion*. RPE põhineb küsimusel: „Kui raske oli sinu jaoks treening/harjutus?“, kasutades RPE skaalat (Haddad et al., 2017). Foster et al. (2001) modifitseerisid klassikalist CR-10 skaalat (Borg 1962), et töötada välja vahend treeningu sisemise koormuse mõõtmiseks (sRPE). sRPE meetodit kasutades korrutatakse treeningu kestvus sportlase subjektiivse hinnanguga treeningu raskusele, kasutades vastavat RPE väärtust (Foster et al., 2001). sRPE meetodi puhul tuleb tajutava pingutuse hinnang küsida ~30 minutit pärast treeningu lõppu. Sellega on võimalik vältida hinnangut kindlale treeningu madala või kõrge intensiivsusega treeningosale. Uuringuga leiti, et sRPE hindamishetk on tähtis, tihti oli

kohene treeningjärgne RPE kõrgem kui ~30 minuti möödumisel (Foster et al., 2001), samas ei ole see nii kriitiline ühtlase ja madalama intensiivsustega treeningute puhul.

Mitmed uuringu tulemused viitavad, et RPE väärtust võivad tõsta treeningu intensiivsus, maht või distants (Foster et al., 2001; Green et al., 2009; Jesus et al., 2021). Foster et al. (2001) uurisid, kuidas muutub sRPE 30-90 minutilise 90% anaeroobsel lävel sooritatud treeninguga. Selgus, et treeningu kestuse pikenemine võib tõsta umbes 10% sRPE väärtust treeningu järgselt. Green et al. (2009) viisid läbi uuringu 10 vaatlusalusega, kes sooritasid jooksulindil kolm erineva pikkusega (20, 30, 40 minutit) ühtlase koormusega treeningut. Koormus määrati maksimaalse hapnikutarbimise astmelise koormustesti tulemustest, milleks oli 70% maksimaalsest hapnikutarbimisest ( $VO_{2max}$ ). Enne konstantse koormusega testi määrati La veres ning seejärel toimus Lamääramine iga 10 minuti järel. Lisaks mõõdeti iga 5 minuti järel SLS ning vaatlusalused määrasid RPE. 20 minutit pärast treeningut määrasid vaatlusalused oma sRPE. Uuringu tulemustest selgus, et treeningu kestvusel on oluliselt väiksem mõju RPE väärtusele testi lõpus, kui kasutatava koormuse intensiivsusel.

Monteiro et al. (2019) uurisid 60%, 70% ja 80% hapnikutarbimise reservist sooritatud 40 minuti pikkuse testi käigus RPE muutust ja selle seost astmelisel koormustestil fikseeritud RPE väärtusega. RPE väärtus määrati igal 10. minutil. Uuringus leiti, et treening kestvuse pikenemisel suurenes ka RPE väärtus. RPE väärtuse tõus oli suurem kõrgemal intensiivsusel sooritatud testi ajal (Monteiro et al., 2019).

Hiljuti läbi viidud uuringus uurisid Jesus et al. (2021) erinevatel intensiivsustel sooritatud 15-30 minutilistel treeningutel treeningu kestuse mõju nii RPE kui ka sRPE hinnangule. Kehaliselt aktiivsed vaatlusalused sooritasid madalal, mõõdukal ja tugeval intensiivsusel testid. Uuringus leiti, et madala intensiivsuse puhul RPE hinnang ei muutunud. Tugeval ja mõõdukal intensiivsusel sooritatud testil mõjutas RPE hinnangut ka treeningu pikkus, aga treeningu pikkuse mõju ei leidnud kinnitust madalamal intensiivsusel.

RPE muutusi ühtlasel koormusel uurisid ka Fusco et al. (2020). 11 ujukat sooritasid intensiivse ujumistrenni, kus tuli ujuda 4 x 10 x 100 *yardi* (4 x 10x 91,4m). Igal kordusel mõõdeti korduse aeg ja SLS. Pärast iga 10. kordust oli 10-minutiline paus, mille jooksul mõõdeti La ning küsiti vaatlusalustelt RPE hinnang. Uuringu tulemused näitavad, et hoolimata välisest (korduse aeg) ja sisemisest (SLS ja La) intensiivsusest, suurenes RPE treeningu vältel. Uuritavatel püsis SLS ja La harjutuse vältel samal tasemel, kuid RPE väärtus harjutuse vältel

tõusis. Fusco et al. (2020) järeldasid, et 30-90 minutilisel treeningul võib RPE väärtus olla täpsem treeningkoormuse hindaja kui seda on SLS.

Baroso et al. (2015) uurisid samuti ujujaid ning seda, kuidas mõjub treeningu maht ja distantis sRPE hinnangule. Uuringuks valiti tihedalt kasutusel olevad treeningharjutused, 10 x 100m, 20 x 100m, 10 x 200m ja 5 x 400m. Iga uuringus osaleja intensiivsus arvuti tema anaeroobse läve järgi. Uuringu tulemusena leiti, et kui võrrelda sama korduste distantssi, aga erineva mahuga harjutusi (10 x 100m ja 20 x 100m), oli sRPE ja sisemine koormus 20 x 100m puhul kõrgem. Kui harjutuse kogumaht oli sama (20 x 100m, 10 x 200m ja 5 x 400m), oli sRPE ja sisemine koormus kõrgem ainult 5 x 400m harjutuse puhul. Tulemuste põhjal järeldati, et ujumises ei sõltu sRPE ainult intensiivsusest, vaid ka mahust ja korduste distantssist. Lisaks leiti, et SLS ja La erinevus ei ole statistiliselt oluline. Mõlemad uuringud (Fusco et al., 2020; Baroso et al., 2015) olid sooritatud suhteliselt kõrge intensiivsusega.

Green et al. (2005) uurisid RPE ja La seoseid, sooritades ühtlase treeningkoormusega 60. minutilise treeningu veloergomeetril. Uuringus osalesid 14 (13 meest ja 1 naine) kehaliselt aktiivset inimest. Uuringu esimese testina sooritasid vaatlusalused veloergomeetril  $VO_{2max}$  astmelise koormustesti. Iga koormusaste kestis 2 minutit ning selle lõpus mõõdeti RPE (kasutades 20 punkti RPE skaalat), SLS ja La. Astmelise koormustesti eesmärk oli leida iga osaleja võimsus, mille RPE väärtus oli ~18 ja SLS 85% maksimumist. Uuringu teises osas sooritati veloergomeetril 60-minutiline ühtlasel koormusel test. 60 minuti testi võimsus määrati La alusel, milleks oli 2.5 mmol, hinnatuna kui esimene laktaadilävi (Weltman, 1995). Testi 5., 10., 20., 30., 40., 50., ja 60. minutil määrati La veres ning küsiti vaatlusalustelt RPE hinnang. Uuringu tulemused näitasid, et 60-minutilise ühtlasel intensiivsusel sooritatud testi ajal tõusis La konstantselt, saavutades oma piirmäära 20. minutil. La väärtus langes alates 40. minutist, olles algtasemest madalam. RPE ja SLS tõusid progresseeruvalt. Green et al. (2005) leidsid, et uuring laiendab teadmisi laktaadi ja RPE suhte kohta. RPE märkimisväärne suurenemine ja La märkimisväärne vähenemine treeningu ajal viitab sellele, et laktaat ei mõjuta 60-minutilise treeningu ajal RPE hinnangut.

Antud teemat on uuritud ka sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi magistritöodes (Räppo, 2023; Sarevet, 2023) ning leiti, et ka madala intensiivsuse puhul on RPE hinnangu tõus koormusel oluline ning selle muutus on seoses ka tekkiva väsimuse hinnanguga.

Kokkuvõtvalt võib siiski öelda, et subjektiivset koormuse hinnangu sõltuvust treeningu pikkusest just madalas intnesiivsustsoonis on uuritud suhteliselt vähe, kuid tervikuna

sporditeaduses on RPE laialdasemalt kasutusel olnud pikemat aega. Uuringud, mis uurivad RPE ja treeningu pikkuse mõju on sooritatud kas kõrgel (anaeroobsel intensiivsusel) või madalal intensiivsusel (aeroobsel lävel) ning valdavalt on tulemused näidanud, et just treeningu intensiivsus on tunnuseks, millest RPE väärtus treeningul enim sõltub. Madalal intensiivsusel tehtud uuringud on enamasti näidanud, et RPE treeningu kestel ei muutu, kuid nendes uuringutes on koormuse kestvus olnud valdavalt suhteliselt lühike, jäädes 20-60 minuti piiridesse. Samas on paljudel vastupidavusaladel tavaline oluliselt pikemate madala intensiivsustega treeningute kasutamine väga suures ulatuses, kuni 80% kogu treeningute mahust (Seiler & Tønnessen, 2009). Lähtudes teadusest esile tulnud uuringutest, on käesoleva magistr töö eesmärk uurida vaatlusaluste La, SLS ja RPE muutused 90-minutilisel ühtlase koormusega testil, mis on sooritatud 10% üle aeroobse läve.

## 2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on analüüsida aktiivselt võistlustasemel tegelevate vastupidavussportlaste RPE muutust 90-minutilise koormuse jooksul, mis on sooritatud intensiivsusel 10% üle aeroobse läve.

Vastavalt töö eesmärgile püstitati järgmised ülesanded:

1. Mõõta vaatlusaluste aeroobne lävi, anaeroobne lävi ja  $VO_{2max}$  veloergomeetrial kasvavate koormustega sooritatud testil.
2. Mõõta vaatlusaluste RPE, SLS ja La muutus 90-minutilise ühtlase koormusega testil, mis on sooritatud 10% üle aeroobse läve.
3. Analüüsida La, SLS ja tRPE muutused 90-minutilise ühtlase koormusega testil erineva ulatusega SLS muutuste põhjal.

## **3. METOODIKA**

### **3.1 Uuritavad**

Käesoleva magistritöö raames läbi viidud uuringus osales 13 sportlast vanuses  $28,2 \pm 9,3$  aastat. Nende kehamassiks oli  $79,2 \pm 11,6$  kg ja kehamassiindeks  $23,2 \pm 2,2$  kg/m<sup>2</sup>. Kõik uuringus osalenud sportlased tegelesid aktiivselt võistlustasemel vastupidavusspordiga. IX sportlast võistlesid ka rahvusvaheliselt. Uuringu protseduurid ja protokollid olid heaks kiidetud Tartu Ülikooli Eetikakomitee poolt (luba nr. 373/T-7, väljastatud 16.01.2023). Kõikidele uuringus osalenud sportlastele tutvustati testimise protseduuri ja võimalike riske enne, kui nad andsid kirjaliku nõusoleku uuringus osalemiseks. Uuringusse arvamise kriteeriumiteks olid: 1) sportlane on terve ning ei kasuta ravimeid; 2) on regulaarselt külastanud spordiarsti, olles saanud loa treenimiseks; 3) treenib regulaarselt vähemalt 5 korda nädalas ning osaleb regulaarselt võistlustel eelneva ja/või käesoleva hooaja vältel.

### **3.2 Uuringu disain**

Pärast seda kui sportlased olid tutvunud uuringu informeerimise vormiga ning osalemisega nõustunud, viidi läbi testimised kahel erineval päeval, mille vahel oli vähemalt 24 tundi. Testimised viidi läbi Tartu Ülikooli Sporditeaduste ja Füsioteraapia instituudis ning Audentese spordiklubis 2023. aasta novembrist 2024. aasta jaanuarini. Uuringus osalejatel paluti hoiduda 24 tundi enne testimist raksetest treeningutest.

Esimene testimine hõlmas sportlaste pikkuse ja kehamassi mõõtmist ning seejärel astmelise koormustesti sooritamist. Kehamassi mõõdeti täpsusega 0,1 kg (Seca Robusta 813, Seca GmbH & Co, Hamburg, Saksamaa). Astmeline koormustesti esimene koormus oli 100 W ning koormus suurenes iga minutiga 20 W võrra. Test kestis kuni sportlane ei olnud enam suuteline etteantud võimsust hoida. 5. minutil pärast koormustesti võeti kapillaarverest proov La mõõtmiseks. Järgmisel testimispäeval mõõdeti vaatlusaluste kehamassi enne ja pärast 90-minutilist ühtlasel koormusel sooritatud treeningut veloergomeetril. 90-minutilise treeningu vältel võeti iga 10 minuti tagant kapillaarverest La ning sportlastel paluti hinnata koormuse subjektiivset raskust 10 punktilisel modifitseeritud RPE skaalal (Foster et al., 2001). Mõlemal testil kasutati Cyclus 2 veloergomeetrit (RBM Elektronik-automation GmbH, Saksamaa), millele olid kinnitatud sportlaste isiklikud jalgrattad.

### 3.3 Astmeline koormustest veloergomeetril

Esimesel uuringu päeval sooritasid sportlased astmelise koormustesti Cyclus 2 veloergomeetril. Algkoormus vaatlusalustel oli 100 W ja koormus tõusis iga minuti tagant 20 W võrra ning kuni suutlikuseni. Iga minuti järel küsiti sportlaselt modifitseeritud RPE10 skaala põhjal kui raske neil hetkel koormus tundub (Foster et al., 2001). Sportlased pidid vastama küsimusele: „Kui raske on hetkeline koormus?“ (Tabel 1). Kogu testi vältel mõõdeti sportlastel lisaks järgnevaid parameetreid:

- SLS
- Gaasivahetuse parameetreid ( $O_2$ , RER,  $VCO_2$ ,  $VO_2$ )
- Minutiventilatsiooni (VE)

Gaasivahetuse parameetrite määramiseks kasutati Metamax-i, et määrata sportlase  $VO_{2max}$  ja VE (CORTEX Biophysik GmbH, Leipzig, Saksamaa). Enne koormustesti algust kalibreeriti Metamax seade vastavalt tootja juhendile. Sportlastel määrati aeroobse ja anaeroobse läve võimsused ja maksimaalne võimsus ( $W_{max}$ ). Lävete määramiseks kasutati esimese ja teise VE murdepunkti (Seiler & Kjerland, 2006). SLSt mõõdeti Polar pulsivööga (Polar Electro, Kempele, Soome), mis oli ühendatud Metamax-i seadmega.

**Tabel 1.** Modifitseeritud RPE10 skaala treeningu talutava koormuse määramisel (Foster et al., 2001)

HINNANG	KIRJELDUS
0	Puhkus
1	Väga kerge
2	Kerge
3	
4	Keskmine
5	Raske
6	
7	Väga raske
8	Väga-väga raske
9	Peaaegu maksimaalne
10	Maksimaalne

Koormustest loeti lõppenuks ja maksimaalne pingutus saavutatuks kui sportlane ei olnud võimeline ette antud võimsust hoidma, pedalleerimissagedus langes alla 60 pöörde minutis, või kui tekkis  $VO_{2max}$  platoo, mida oli vajadusel võimalik hinnata arvuti ekraanilt. Testi lõppedes (kolmandal ja viiendal taastumise minutil) määrati kapillaarverest vaatlusaluste La. Viimase määramine toimus aparaadiga (EKF-Diagnosti, Barleben, Saksamaa). La määramiseks võeti sportlase sõrme otsast 10  $\mu$ l verd vastava pipeti (Servoprax, Saksamaa) abil. Sõrme otsa augu tegemiseks kasutati Haemolance ühekordseid nõelasiid (HTL-Strefa SA, Poola).

### **3.4 90-minutiline test ühtlasel intensiivsusel**

Teisel testimise päeval sooritasid sportlased 90-minutilise testi konstantsel koormusel, milleks oli aeroobse läve intensiivsus (esimene VE lävi määratuna kasvavate koormustega testil). 90-minutiline test sooritati Cyclus 2 veloergomeetril, millele oli kinnitatud vaatlusaluse isiklik jalgratas. Testile eelnes 5-minutiline soojendus. Enne soojenduse algust mõõdeti sportlase La ning 90-minutilise testi käigus mõõdeti iga 10 minuti järel sportlase La ning küsiti sportlaste tajutavat koormust, kasutades modifitseeritud RPE10 skaalat (Foster et al, 2001), vastates küsimusele „Kui raske on hetkeline koormus?“. Lamäärati samal viisil nagu astmelisel koormustestil – sõrmeotsa kapillaarverest, ensümaatilisel teel.

Testimiseks ajaks anti sportlasele Polar M400 (Polar Electro, Kempele, Soome) pulsitestrid, mida kasutati SLSe mõõtmiseks kogu testi vältel. Hiljem laeti pulsitestritest saadud andmed arvutisse, et analüüsida keskmist ja maksimaalset SLSt. Enne ja pärast 90-minutilist testi mõõdeti vaatlusaluse kehamass, et määrata kehamassi erinevus testi jooksul. Testimise ajal võisid sportlased tarbida kuni 750 ml vett ja ühe Maurten (Maurten AB, Gothenburg, Rootsi) energiageeli, mis sisaldas 40g kohta 25g süsivesikuid. Sportlased tarbisid geeli vahemikus 50-60 min testi algusest. Testi käigus oli sportlastel lubatud kasutada kõrvaklappe ning kehatemperatuuri jahutamiseks kasutati ventilaatorit. Sportlase väsimusastme hindamiseks testi eel ja pärast kasutati 10 punktilist visuaal-analoog skaalat (VAS) (Micklewright et al., 2017; Tabel 2).

**Tabel 2.** 0-10 VAS tüüpi skaala (Micklewright et al., 2017)

HINNANG	KIRJELDUS
10	Maksimaalne väsimus
9	
8	Väga väsinud
7	
6	
5	Keskmiselt väsinud
4	
3	
2	Natukene väsinud
1	
0	Ei ole üldse väsinud

### 3.5 Andmete statistiline analüüs

Uurimistööst statistiliseks analüüsiks kasutati programmi IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM SPSS Statistics, Armonk, NY, USA). Statistilise analüüsi käigus arvutati aritmeetilised keskmised ( $\bar{X}$ ) ja standardhälbed ( $\pm$  SD). Erinevate koormustestide keskmiste näitajate võrdlemine toimus ühe-faktorilise dispersioonanalüüsi mudeli (One-Way ANOVA) ja kahe sõltuva grupi kesk-väärtuste võrdlemise Wilcoxon Signed Rank test abil, sest andmed gruppides olid mitte-normaaljaotusega. Tunnuste vahelised seosed arvutati Spearmani korrelatsioonanalüüsiga. Statistilise olulisuse nivooks rakendati kõikidel analüüsidel  $p < 0,05$ .

## 4. TÖÖ TULEMUSED

### 4.1 Astmeline koormustest veloergomeetril

Vaatlusaluste kasvavate koormustega testi maksimaalsed tulemused ( $X \pm SD$ ) on esitatud tabelis 3 ning submaksimaalse intensiivsuse tulemused ( $X \pm SD$ ) on esitatud tabelis 4.

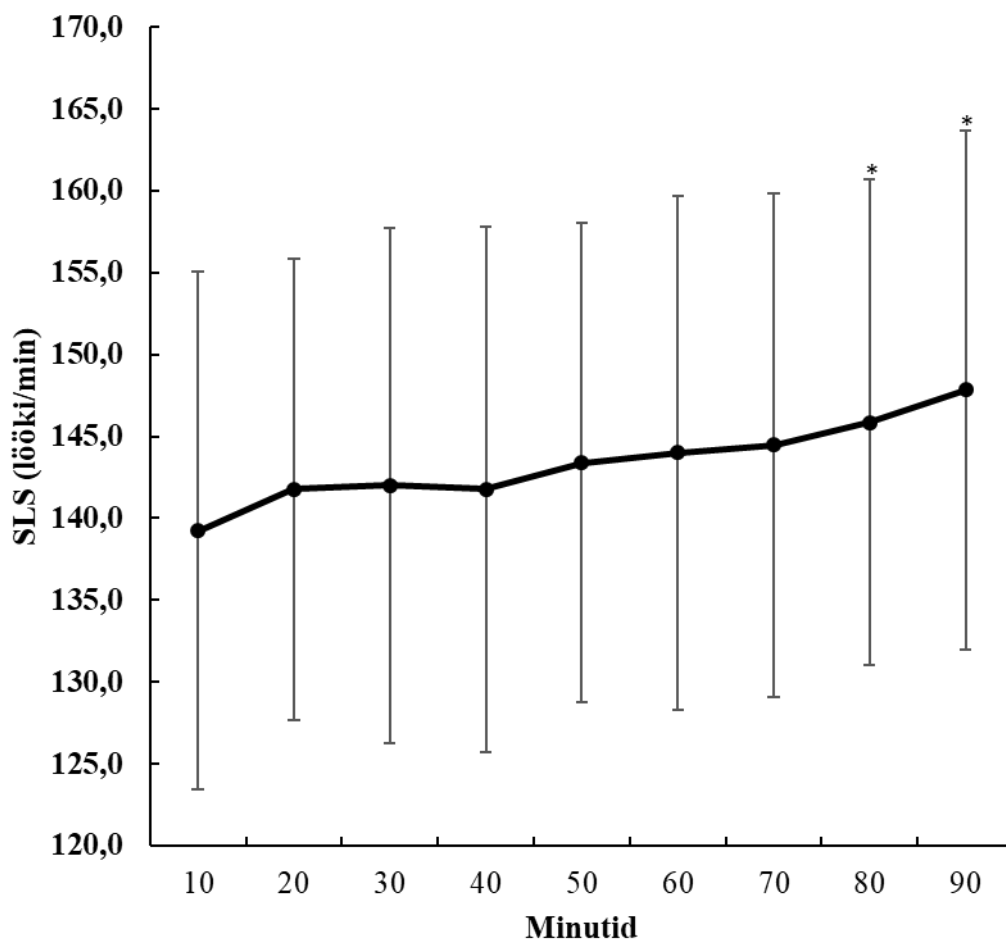
**Tabel 3.** Vaatlusaluste kasvavate koormustega testi maksimaalse aeroobse võimekuse parameetrid ( $X \pm SD$ )

PARAMEETER	$X \pm SD$	Miinumum	Maksimum
VO <sub>2max</sub> (ml/min)	4610,0 ± 740	2930	6150
VO <sub>2max</sub> (ml/min/kg)	58,6 ± 6,9	49	71
VE (l/min)	180,0 ± 23,3	130,6	233,1
Maksimaalne võimsus (W)	384,6 ± 59,5	240	480
Maksimaalne võimsus (W/kg)	4,77 ± 0,6	4	5,7
SLS <sub>max</sub> (lööki/min)	191,0 ± 13,6	172	215
Aeroobne lävi võimsus (W)	211 ± 23,6	165	240
Anaeroobne lävi võimsus (W)	318 ± 40,6	225	387
Aeroobne lävi (RPE)	3,2 ± 0,8	2	5
Anaeroobne lävi (RPE)	6 ± 1,4	4	9
5. taastusminuti La (mmol/L)	10,44 ± 1,72	6,49	12,99

VO<sub>2max</sub> – maksimaalne hapnikutarbimine; VE – minutiventilatsioon; SLS<sub>max</sub> – maksimaalne südame löögisagedus; RPE – pingutuse tajutav raskusaste; La – laktaadi kontsentratsioon

#### 4.2 90-minutiline test ühtlasel aeroobse läve intensiivsusel

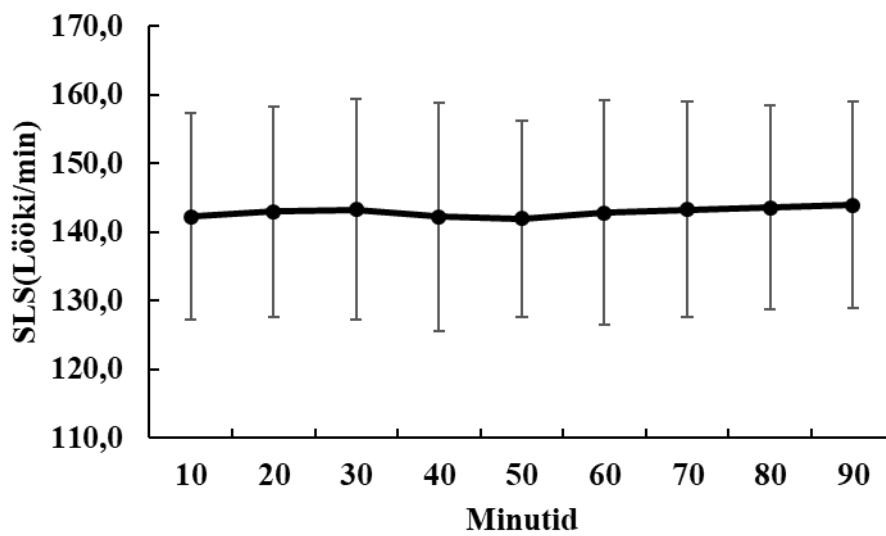
Konstantse koormusega 90-minutilise testi jooksul muutus vaatlusaluste SLS oluliselt alates 80. minutist hinnates kogu vaatlusaluste gruppi koos. 10ndast kuni 70 minutini oli SLS muutus statistiliselt mitteoluline ( $p > 0,05$ ). Tulemuste paremaks analüüsiks jaotati edasiste analüüside puhul vaatlusalused kahte gruppi SLS muutuse ulatuse põhjal. Grupi 1 ( $n=6$ ) moodustasid vaatlusalused, kelle SLS 90 min testi käigus muutus vähem kui 4 lööki minutis (SLS väärtuste muutus 1SD ulatuses) ja Grupp 2 ( $n=7$ ), kelle SLS muutus testi lõpul rohkem kui 4 lööki minutis.



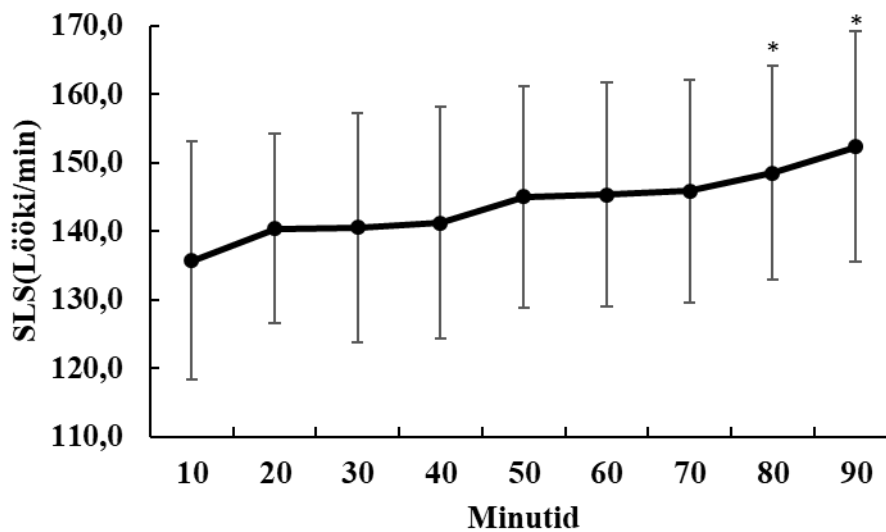
**Joonis 1.** Vaatlusaluste südamelöögisageduse muutused 90-minutilisel ühtlasel koormusega testil. \* – statistiliselt oluline erinevus võrreldes SLS 10 ( $p < 0,05$ ). SLS - südame löögisagedus.

Grupp 1 puhul püsis SLS kogu testi vältel ühtlane (joonis 2.) ning nende SLSe muutused 90 min jooksul ei olnud statistiliselt olulised ( $p > 0,05$ ). Grupp 2 puhul (joonis 3) puhul

suurenes SLS kogu testi vältel ning 80. minuti ja 90. minuti SLSe muutus võrreldes 10. minuti südame löögisagedusega oli statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ).

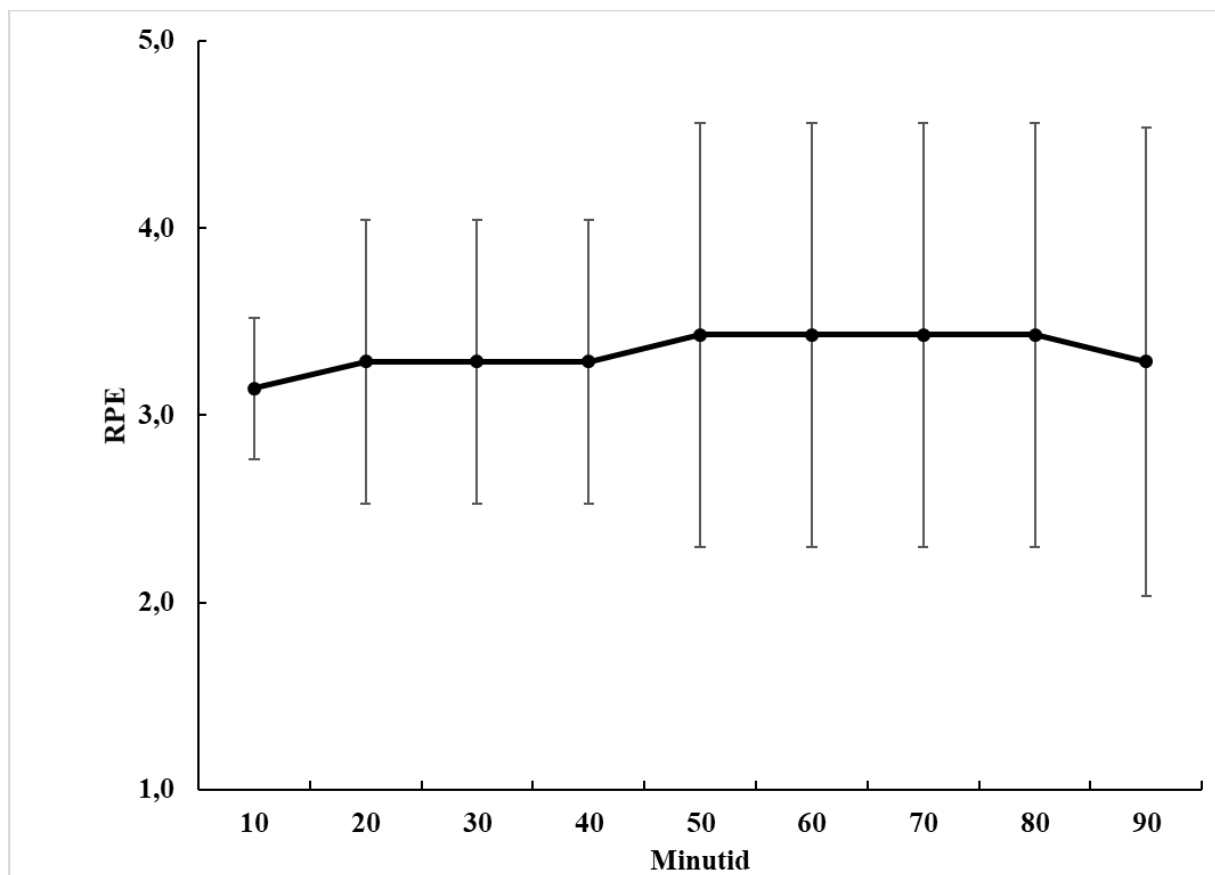


**Joonis 2.** Grupp 1 SLSe muutused 90-minutlisel ühtlase koormusega testil. SLS - südame löögisagedus.

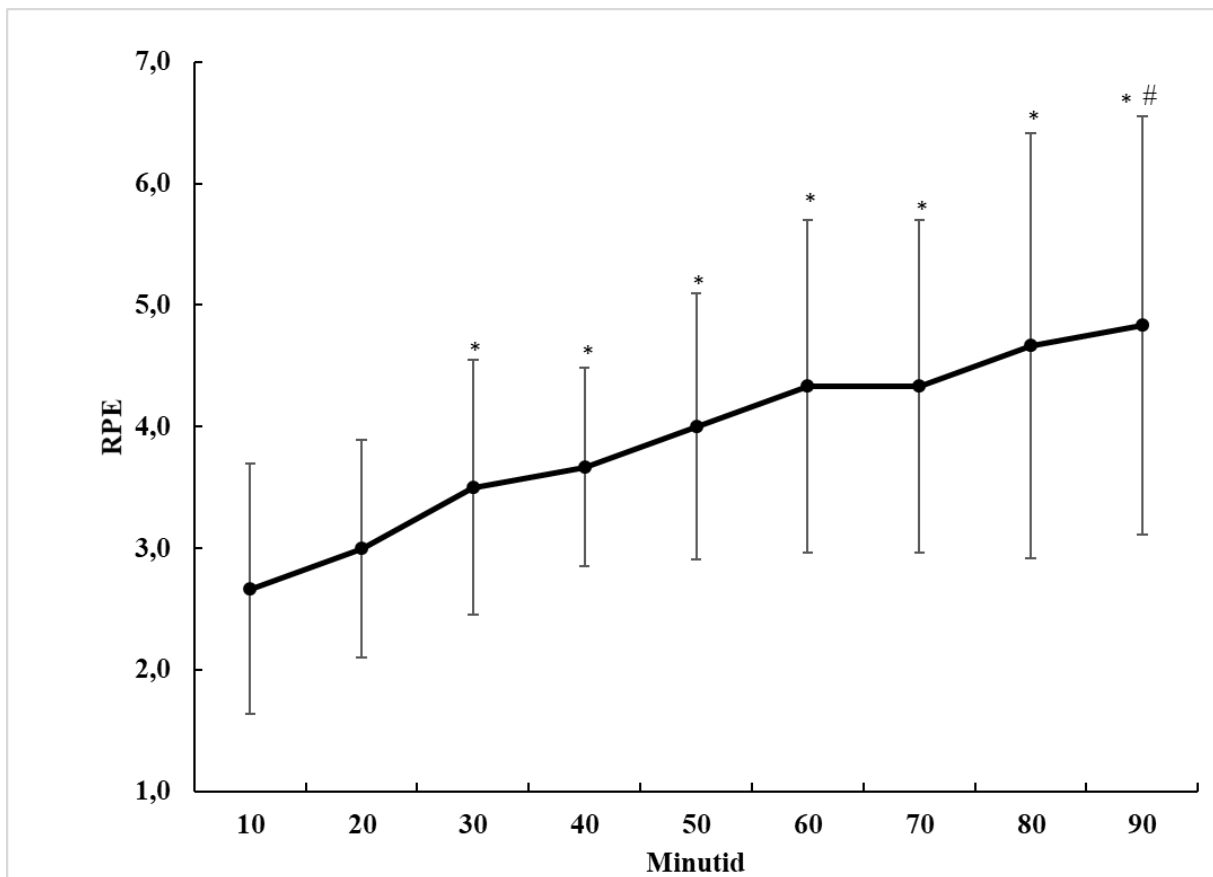


**Joonis 3.** Grupp 2 südame löögisageduse muutused 90-minutlisel ühtlase koormusega testil. \* – statistiliselt oluline erinevus võrreldes SLS 10 ( $p < 0,05$ ). SLS - südame löögisagedus.

Grupp 1 RPE hinnangu muutused ei olnud statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ) 90-minutilise ühtlase koormusega testi vältel (joonis 5). Grupp 2 RPE hinnang ei muutunud oluliselt 20 minuti jooksul. Alates 30. minutist tõusis RPE hinnang oluliselt ( $p > 0,05$ ) kogu testi vältel (joonis 6.). Lisaks sellele oli usutav erinevus ka 30. minuti RPE ja 90. minuti RPE vahel ( $p > 0,05$ ). 90 minutilise ühtlase koormusega testi lõpus raporteeritud RPE väärtused olid Grupp 1 ja Grupp 2 vastavalt  $3,3 \pm 1,3$  ja  $4,8 \pm 1,7$  ning need väärtused olid usutavalt erinevad ( $p > 0,05$ ).

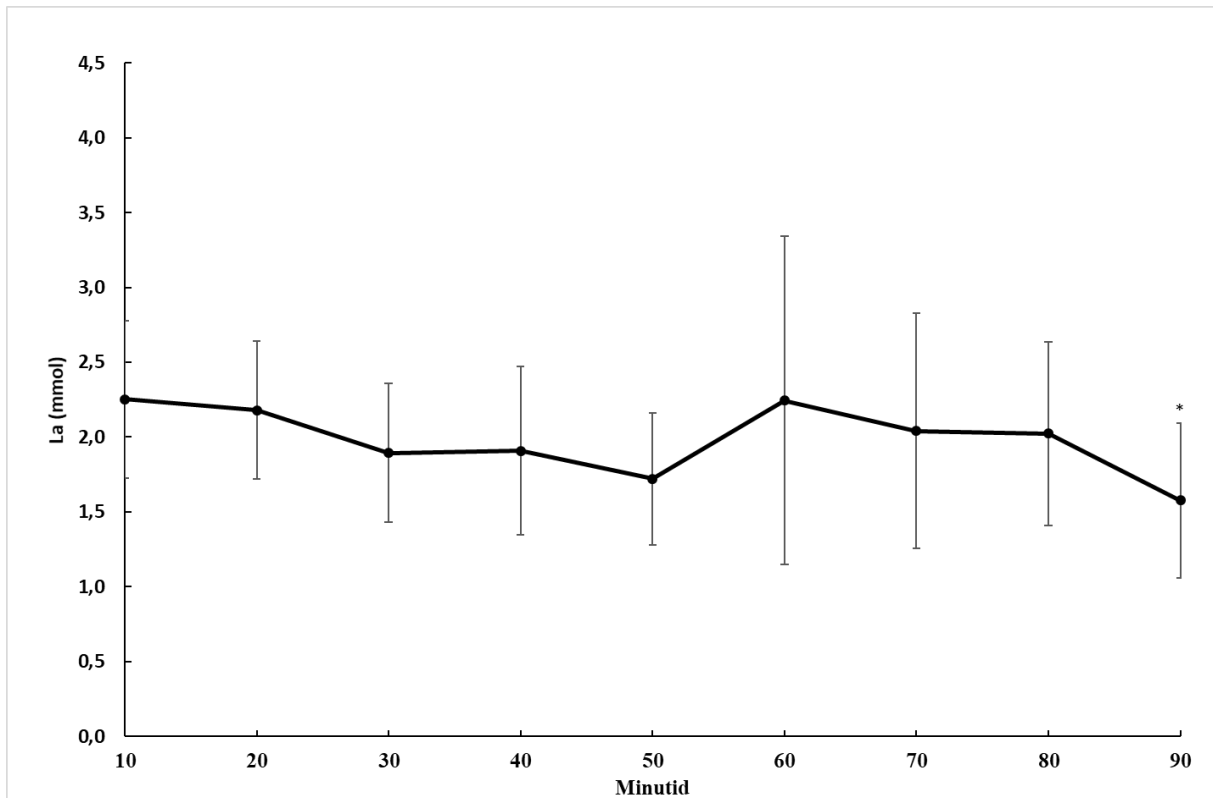


**Joonis 4.** Grupp 1 RPE hinnangu muutused 90-minutilise ühtlase koormusega testil. RPE-pingutuse tajutav raskusaste.

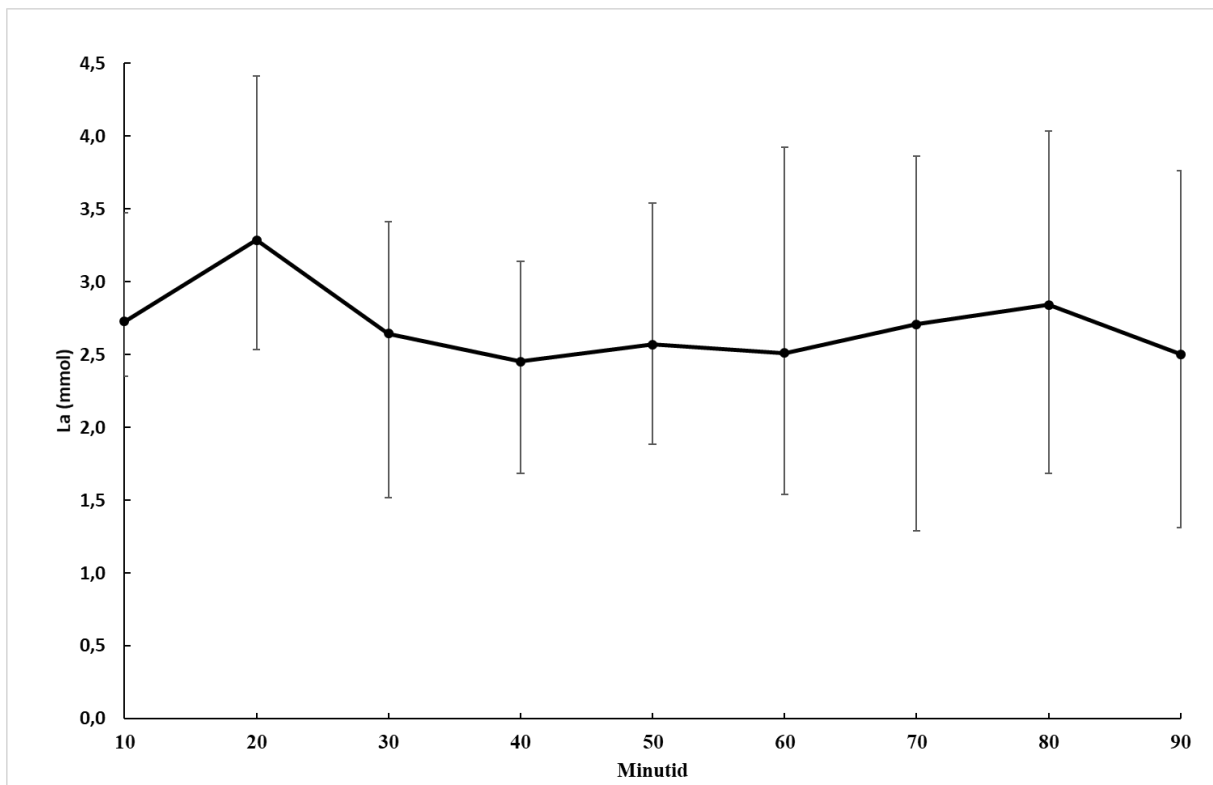


**Joonis 5.** Grupp 2 RPE hinnangu muutused 90-minutlisel ühtlase koormusega testil. \* – statistiliselt oluline erinevus võrreldes RPE 10 ( $p < 0,05$ ). # - statistiliselt oluline erinevus võrreldes 30. minuti RPE. RPE - pingutuse tajutav raskusaste.

Grupp 1 10.-80. minuti La ei muutunud oluliselt ( $p < 0,05$ ). La 90 langus oli statistiliselt oluline ( $p > 0,05$ ) võrreldes 10 min väärtusega. Grupp 2 La-s usutavaid muutusi ei toimunud ( $p < 0,05$ ).

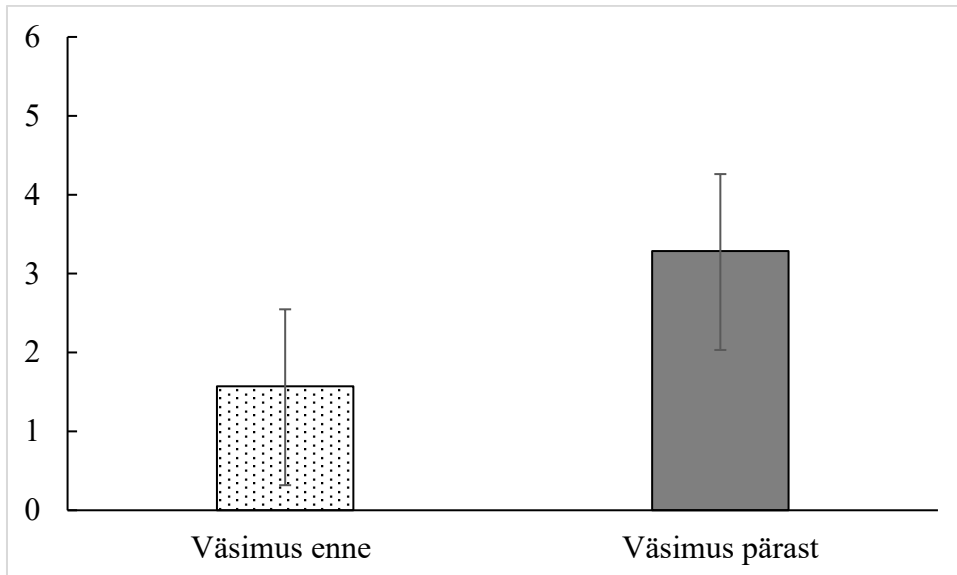


**Joonis 6.** Grupp 1 La keskmiste väärtuste muutus 90-minutilise ühtlase koormusega testil. \* – statistiliselt oluline erinevus võrreldes La 10 ( $p < 0,05$ ). La - vere laktaadi kontsentratsioon.

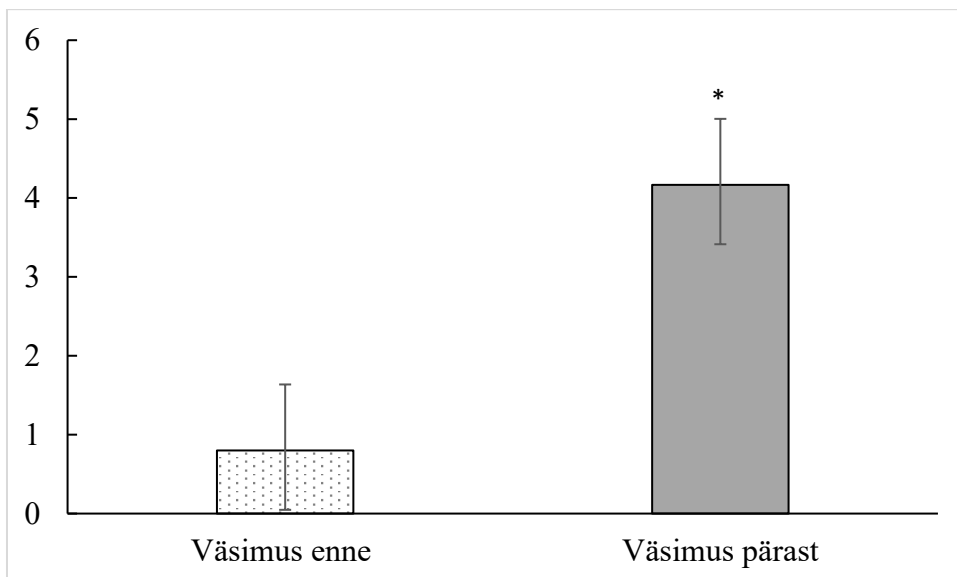


**Joonis 7.** Grupp 2 La-i keskmiste väärtuste muutus 90-minutlisel ühtlase koormusega testil.  
La - vere laktaadi kontsentratsioon.

Grupp 1 keskmine väsimustase enne ja pärast 90-minutilist ühtlasel koormusel testi ei muutunud oluliselt ( $p > 0,05$ ) (Joonis 8). Grupp 2 väsimuse hinnang muutus oluliselt ( $p < 0,05$ ) (Joonis 9) 90 min testi käigus.



**Joonis 8.** Grupp 1 VAS tüüpi skaalal raporteeritud keskmine väsimus enne ja pärast 90-minutilist ühtlase koormusega testi.



**Joonis 9.** Grupp 1 VAS tüüpi skaalal raporteeritud keskmine väsimus enne ja pärast 90-minutilist ühtlase koormusega testi. \* – statistiliselt oluline erinevus ( $p < 0,05$ ).

Grupp 1 kehamass 90-minutilise testi eel oli  $76,7 \pm 7,1$  (kg) ja Grupp 2 puhul  $83,5 \pm 15,5$  (kg). Testi järgselt oli Grupp 1 kehamass  $75,8 \pm 6,9$  (kg) ning Grupp 2  $82,3 \pm 15,3$  (kg). Grupp 1 kaotas 90-minutilise testi jooksul  $0,9 \pm 0,3$  (kg), mis oli statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ). Grupp 2 kaotas 90-minutilise testi jooksul  $1,2 \pm 0,3$  (kg), mille muutus oli statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ). Grupp 1 RPE väärtus testi lõpul oli  $3,3 \pm 1,3$  ja Grupp 2  $4,8 \pm 1,7$ . RPE väärtus kahe grupi vahel oli statistiliselt erinev ( $p < 0,05$ ).

Grupp 2 väsimuse muutus testi lõpus oli olulises seoses RPE 90 hinnanguga ( $r = 0,021$ ;  $p < 0,05$ ) ja La muutusega ( $r = 0,031$ ;  $p < 0,05$ ). Grupp 1 puhul olulisi seoseid muutustega SLS, La, RPE ja väsimuse muutuse vahel ei leitud.

## 5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on analüüsida aktiivselt võistlustasemel tegelevate vastupidavussportlaste RPE muutust 90-minutilise koormuse jooksul, mis on sooritatud intensiivsusel 10% üle aeroobse läve. Koormuse ajal võrreldakse RPE hinnangut lisaks La väsimuse ja SLSe muutustega.

Vastupidavusspordi üheks olulisemaks osaks on sportlase füsioloogilise profiili hindamine (Maunder et al., 2021). Saadud andmeid on võimalik kasutada treenituse monitooringus (McLaughlin et al., 2010 & Basset et al., 2000), treeningu koormuse (Maunder et al., 2020 & Seiler, 2006) ning intensiivsuse reguleerimises pikaajaliste treeningute või võistluste ajal (Seiler, 2006 & Sylta, 2014). Maunder et al. (2021) kirjeldasid erinevaid meetodeid (kriitilise võimsuse mudel, FTP test ja astmeline koormustest), mis on kõige sagedamini vastupidavusspordis kasutusel füsioloogilise profiili hindamisel. Maunder et al. (2021) leidsid, et tänapäeval levinud sportlase füsioloogilise profiili koostamise mudelite nõrkuseks on see, et need testid ei arvesta füsioloogiliste näitajate muutusi ajas vastupidavustreeningutel ja võistlusele iseloomulike pikaajalistel treeningutel. Autorid argumenteerisid lisaks, et tulemuste usaldusväärsuse tõstmiseks sooritatakse testid puhanud olekus, samas kui reaalses treeningu või võistlustingimustes suurema koormuse ja väsimuse korral on üsna tõenäoline, et näiteks määratud lävede intensiivsus muutub. Seetõttu ei pruugi testimiste tulemuste kasutamine treeningute koostamisel olla alati täpne ja efektiivne ehk me ei tea, kui kaua suudab sportlane mingit intensiivust taluda, enne kui vastav intensiivsus muutub treeningu aja pikenedes liiga raskeks (Maunder et al., 2021) ning milliseks võiks kujuneda sellise treeningu järgselt sportlase väsimus. Treeningukoormuse hindamine SLSe kaudu ei pruugi olla alati adekvaatne, kuna lühiajaliselt sooritatud pingutus mõjub SLSle viivitusega (Seiler & Kjerland, 2006). Seega on sporditeaduses hetkel olulisel kohal uuringud, mis püüavad hinnata sportlase "kestlikkust" (ingl k. *durability*) ning seeläbi koormuse talumise võimet. Hofmann & Tschakert (2017) on pakkunud ka sellekohase kontseptsiooni, kuid praktiliste markerite uuringuid on kirjanduses veel väga vähe.

Astmeline koormustest on enim levinud viis hindamiseks sportlase füsioloogilist võimekust (McLaughlin et al., 2010), hindamiseks reeglina SLSt,  $VO_2$  ja La-i (Fusco et al., 2020), kuna vastupidavusspordialadel peetakse edu võtmeks  $VO_{2max}$  (Suriano & Bishop, 2009). Antud magistritöö raames läbi viidud astmelises koormustestis selgus, et vaatlusalused on väga heas füüsilises vormis ( $VO_{2max} = 58,6 \pm 6,9$  ml/ming/kg). Arslan & Aras (2016) uurisid kõrgel

tasemel võistlevate triatleetide ja jalgratturite kehakoostist, pulsisageduse varieeruvust ning aeroobset ja anaeroobset võimekust. Uuringust selgus, et triatleetide  $VO_{2max}$  oli  $58,5 \pm 5,7$  (ml/min/kg) ja jalgratturitel  $57,7 \pm 5,8$  (ml/min/kg) ning ka aeroobse ja anaeroobse lävede intensiivsused olid sportlastel kõrged. Samas, nagu eelpool mainitud, siis nende intensiivsuste talumise võime on sportlastel erinev ning nende treeningute paremaks juhtimiseks praktilises treeningprotsessis oleks vaja leida markereid, mis võiksid kajastada muutust koormuse suurus.

Teaduskirjanduses laialdaselt levinud koormusjärgse RPE ehk *rate of perceived exertion* põhineb küsimusel: „Kui raske oli sinu jaoks treening/harjutus?“, modifitseerituna klassikalisest RPE skaalast (Foster et al., 2001; Haddad et al., 2017). Vastav hinnang korrutatuna läbi treeningu kestvusena annab meile treeningu koormuse kvantitatiivse mõõtme (Foster et al., 2001). Treeningkoormuse hindamine SLSe kaudu ei pruugi olla adekvaatne, kuna lühiajaliselt sooritatud pingutus mõjub SLSle viivitusega (Seiler & Kjerland, 2006). Samas on Pind et al. (2021) näidanud, et RPE kasutamine pikaajalisel treeningul võib olla üheks markeriks, mille kaudu väsimuse suurst ja seeläbi ka koormuse suurst, treeningul hinnata.

Varasemalt läbi viidud uuringutes on uuritud treeningu intensiivsuse, mahu või distantsi mõju RPE väärtusele (Foster et al., 2001; Green et al., 2009; Jesus et al., 2021). Green et al. 2009 viis läbi uuringu, kus uuriti RPE muutust 20-, 30- ja 40-minutilistel ühtlastel koormusel sooritatud treeningutel. Uuringust selgus, et treeningu kestvusel on väike mõju RPE väärtusele. Fusco et al. (2020) uurisid samuti RPE muutust ja SLSe ning La-i muutusi ühtlase koormusega treeningul. Uuringust selgus, et SLS ja La püsisid treeningu vältel samal tasemel, kuid RPE väärtus suurenes harjutuse vältel. Eelnevalt mainitud uuringud olid läbi viidud suhtelistelt kõrge intensiivsusega, mis toetab ka varasemat seisukohta, et just treeningu intensiivsus on tunnuseks, mis peamiselt RPE väärtust mõjutab. Seetõttu oleks vaja uurida madalamal intensiivsusel füsioloogiliste näitajate muutuste seost RPEga. Käesoleva magistr töö uuringu tulemused jagunesid kahte gruppi. Grupp 1 RPE hinnangud ei muutunud oluliselt ( $p < 0,05$ ) 90-minutilise ühtlase koormusega testi vältel. Grupp 2 RPE hinnang ei muutunud oluliselt 20 minuti jooksul. Alates 30. minutist tõusis RPE hinnang oluliselt ( $p > 0,05$ ) kogu testi vältel. Seega, annavad meie uuringu tulemused täiendavaid teadmisi, et RPE võib olla väsimuse ja treening koormuse hindamiseks sobilik markeriks madalas intensiivsustsoonis, sest sarnaselt SLSe väärtuste mitte muutumisele, mis viitab vähema sisemise koormuse ulatust (Hoffman & Tschakert, 2017) ei muutunud vastavalt ka vaatlusaluste RPE hinnang.

Green et al. (2005) uurisid RPE ja laktaadi suhet, sooritades ühtlase treeningkoormusega 60-minutilise treeningu veloergomeetrial. Mainitud uuring on kõige sarnasem käesolevale magistritööle. Uuringu tulemused näitasid, et RPE oluline ( $p < 0,05$ ) suurenemine ja La-i oluline ( $p < 0,05$ ) vähenemine treeningu ajal viitab sellele, et La ei mõjuta 60-minutilise treeningu ajal RPE hinnangut. Green et al. (2005) uuringus leiti, et RPE ja SLS tõusid progresseeruvalt. Magistritöö raames läbi viidud uuringu paremaks analüüsiks jaotati vaatlusalused kahte gruppi SLSe muutuse ulatuse põhjal. Grupp 1 moodustasid vaatlusalused, kelle SLS 90 min testi käigus muutus vähem kui 4 lööki minutis (SLS väärtuste muutus 1SD ulatuses) ja Grupp 2, kelle SLS muutus testi lõpul rohkem kui 4 lööki. Grupp 2 RPE ja SLS tõusid progresseeruvalt. Lisaks sellele saavutas Green et al. (2005) läbi viidud uuringus La maksimaalväärtuse 20. minutil, sama leiti ka Grupp 2 puhul käesolevas uuringus. Grupp 1 saavutas maksimaalväärtuse La 60. minutil.

Jesus et al. (2021) läbi viidud uuringus leiti, et SLSe tõus 15- ja 30-minutilisel testil madalal intensiivsusel ei olnud statistiliselt oluline. Mõõduka ja kõrge intensiivsusega 15- ja 30-minutilisel testil oli SLSe muutus statistiliselt oluline. Fusco et al. (2020) ja Baroso et al. (2015) uurisid ujujaid ja nende SLSe muutusi intensiivsel treeningul. Uuringutest leiti, et SLSe muutus ei olnud oluline ( $p > 0,05$ ). SLSe muutuse mitteolulisus võib tuleneda intervalltreeningu põhimõttest, kus pärast iga intervalli on etteantud aeg puhkuseks. See mõjutab SLSe mõõdetud tulemusi. Mõlemad autorid (Fusco et al., 2020, Baroso et al., 2015) leidsid, et RPE väärtus võib olla täpsem treeningkoormuse hindaja kui seda on SLS. Antud magistritöö raames läbi viidud uuringus püsis Grupp 1 SLS kogu testi vältel ühtlane ning nende SLSe muutused 90 min jooksul ei olnud statistiliselt olulised ( $p > 0,05$ ). Grupp 2 SLS tõusis konstantsel kogu testi vältel ning grupp 2 80. minuti ja 90. minuti SLSe muutus võrreldes 10. minuti SLSga oli statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ). Grupp 1 80. minuti SLS oli muutunud 4,3 lööki võrreldes 10. minuti südame löögisagedusega. Grupp 2 10. minuti SLS ja 80. minuti SLS muutus 12,8 lööki. Antud juhul näeme, et RPE väärtuste hindamine pikemaajalisel konstantsel madala intensiivsusega koormusel võib olla potentsiaalseks markeriks, mille kaudu on võimalik hinnata väsimuse suurust.

Lisaks oli antud magistritöö eesmärgiks uurida, kas subjektiivne koormuse hinnang on seotud VAS tüüpi skaalal (tabel 2) fikseeritud väsimusastmega. Uuringust leiti, et Grupp 1 keskmine väsimustase enne ja pärast 90-minutilist ühtlasel koormusel sooritatud testi ei muutunud oluliselt ( $p > 0,05$ ). Grupp 2 väsimuse hinnang ühtlase koormusega testil muutus oluliselt ( $p < 0,05$ ). Lisaks leidsime, et väsimuse hinnang testi lõpul ei olnud seotud muutusega

RPE väärtusega 90min testi jooksul Grupis 1, kuid see seos oli oluline Grupis 2. Lisaks leidsid Pind et al. (2021), et RPE väärtus 4 võib olla piiriks, millest alates hakkab väsimus kuhjuma. Meie uuringus oli Grupp 1 keskmine RPE väärtus 90 min testi lõpus  $3,3 \pm 1,3$  ja Grupis 2 oli RPE väärtuseks  $4,8 \pm 1,7$ . Seega, toetavad mõningal määral meie uuringu tulemused Pind et al. (2021) tulemusi, et pikemaajalise treeningu jooksul raporteeritud madalad RPE väärtused ei kutsu esile akuutset väsimuse tõusu.

Räppo (2023) uuris oma magistritöös kõrge tasemega sportlaste RPE hinnangut aeroobse läve intensiivsusel 90-minutilise koormuse jooksul võrreldes La-i ja SLSe muutustega. Uuringuga leiti, et vaatlusaluste RPE, SLS, La ja väsimusaste muutusid sooritatud koormuse jooksul oluliselt. Tulemused olid suhteliselt sarnased käesoleva magistritöö raames läbiviidud uuringuga. Siiski, käesoleva magistritöö raames jaotati vaatlusalused kahte koormusreaktsiooniga gruppi, mis lubas koormushinnangut paremini analüüsida. Räppo (2023) leidis, et vaatlusaluste VAS tüüpi skaalal raporteeritud keskmine väsimusaste enne ja pärast 90-minutist testi suurenes statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ). Samas analüüsisime oma magistritöös koormusreaktsioone täpsemalt jaotades vaatlusalused SLSe muutuse põhjal ning seega eeldatava sisemise koormuse ulatuse osas.

Lisaks Rääpale (2023) viis sarnase uuringu sarnastel intensiivsustel läbi ka Sarevet (2023), kes uuris aeroobsel lävel 60-minutilise ühtlase koormusega testil SLSe, RPE ja La-i muutusi noortel murdmaasuusatajatel. Uuringust leiti, et RPE tõusis oluliselt testi 20. minutist kuni 60. minutini. SLS püsis testi algfaasis konstantsena ning suurenes oluliselt alatest 40. minutist. Sareveti (2023) uuringu erinevat tulemust pideva RPE hinnangu kasvu osas alates testi algfaasist võib seletada noorte vaatlusaluste madalamast koormustaluvusest. Nende aeroobse võimekuse areng toimub selles vanuses peamiselt lävede ja  $VO_2$  intensiivsuse kasvu arvelt, mis aga ei soodusta ökonoomsuse ja seeläbi ka kestlikkuse (*durability*) arengut (Sarevet, 2023).

Käesoleva magistritöö puuduseks on väike valim ( $n=13$ ), mis vaatlusaluste kahte gruppi jaotamise puhul kahandab tulemuste usaldusväarsust. Samas, ilmnes kahte gruppi jagamise vajadus töö käigus, sest sõltumata meie püüdlusest leida võimalikult kõrge aeroobse võimekusega vaatlusalused, selgustulemuste esmasel analüüsil, et siiski esineb üsna tugev erinevus nende reaktsioonis konstantse koormusega testis.

Käesoleva töö tugevuseks võib olla uurimisteema uudsus ning väheste teaduslike andmete olemasolu. Sarnaseid ühtlasel intensiivsusel treeninguid on uuritud, kuid magistritöö raames läbi viidud uuringule sarnase intensiivsuse ja koormusega uuringud puuduvad. Varasemad

uuringud (Green et al., 2009; Jesus et al., 2021; Monteiro et al., 2019) leidsid, et vähem kui 60-minutilisel ühtlasel koormusel testil ei ole RPE, SLSe ja La-i muutused olulised. Barroso et al., 2015; Fusco et al., 2020; Foster et al., 2001 Green et al., 2005, uurisid samade parameetrite muutusi ühtlasel anaeroobsel koormusel. Uuringute vähesuse ja erinevate tulemuste tõttu on edasised uuringud vajalikud, et tõsta teadmisi treeningkoormuse ja pikkuse mõju subjektiivsele koormuse tajumisele.

## 6. JÄRELDUSED

Käesoleva magistr töö põhjal võib teha järgnevad järeldused:

1. Vaatlusaluste aeroobse võimekuse parameetrid olid väga heal tasemel;
2. Grupp 2 RPE, SLS ja väsimusastme muutused konstantse koormusega 90-minutilisel testil olid statistiliselt olulised. Grupp 1 90. minuti La-i langus oli statistiliselt oluline.
3. Grupp 2 väsimusaste muutus oli seotud 90. minuti testi RPE ning La-ga samas kui Grupp 1 statistilised olulised seosed puudusid. Seega võib RPE hinnang koormuse lõpus olla praktikas kasutatav akuutse väsimuse kuhjumise markerina.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Arslan, E., & Aras, D. (2016). Comparison of body composition, heart rate variability, aerobic and anaerobic performance between competitive cyclists and triathletes. *Journal of physical therapy science*, 28(4), 1325–1329. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1325>.
2. Barroso, R., Salgueiro, D. F., do Carmo, E. C., & Nakamura, F. Y. (2015). The effects of training volume and repetition distance on session rating of perceived exertion and internal load in swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 10(7), 848–852. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0410>.
3. Bassett, D. R., Jr, & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(1), 70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>.
4. Birnbaumer, P., Weiner, L., Handl, T., Tschakert, G., & Hofmann, P. (2022). Effects of Different Durations at Fixed Intensity Exercise on Internal Load and Recovery-A Feasibility Pilot Study on Duration as an Independent Variable for Exercise Prescription. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 7(3), 54. <https://doi.org/10.3390/jfmk7030054>.
5. Borg G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 2(2), 92–98.
6. Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), 779–795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>.
7. Dantas, J. L., Doria, C., Rossi, H., Rosa, G., Pietrangelo, T., Fanò-Illic, G., & Nakamura, F. Y. (2015). Determination of blood lactate training zone boundaries with rating of perceived exertion in runners. *Journal of strength and conditioning research*, 29(2), 315–320. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000639>.
8. Etxebarria, N., Mujika, I., & Pyne, D. B. (2019). Training and Competition Readiness in Triathlon. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(5), 101. <https://doi.org/10.3390/sports7050101>.
9. Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of strength and conditioning research*, 15(1), 109–115.

10. Fusco, A., Sustercich, W., Edgerton, K., Cortis, C., Jaime, S. J., Mikat, R. P., Porcari, J. P., & Foster, C. (2020). Effect of Progressive Fatigue on Session RPE. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.3390/jfmk5010015>.
11. Fusco, A., Sustercich, W., Edgerton, K., Cortis, C., Jaime, S. J., Mikat, R. P., Porcari, J. P., & Foster, C. (2020). Effect of Progressive Fatigue on Session RPE. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.3390/jfmk5010015>.
12. Green, J. M., McLester, J. R., Crews, T. R., Wickwire, P. J., Pritchett, R. C., & Redden, A. (2005). RPE-lactate dissociation during extended cycling. *European journal of applied physiology*, 94(1-2), 145–150. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1311-2>.
13. Green, J. M., McIntosh, J. R., Hornsby, J., Timme, L., Gover, L., & Mayes, J. L. (2009). Effect of exercise duration on session RPE at an individualized constant workload. *European journal of applied physiology*, 107(5), 501–507. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1153-z>.
14. Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. *Frontiers in neuroscience*, 11, 612. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00612>.
15. Hofmann, P., & Tschakert, G. (2017). Intensity- and Duration-Based Options to Regulate Endurance Training. *Frontiers in physiology*, 8, 337. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00337>.
16. Hofmann, P., & Tschakert, G. (2010). Special needs to prescribe exercise intensity for scientific studies. *Cardiology research and practice*, 2011, 209302. <https://doi.org/10.4061/2011/209302>.
17. Impellizzeri, F. M., Menaspà, P., Coutts, A. J., Kalkhoven, J., & Menaspà, M. J. (2020). Training Load and Its Role in Injury Prevention, Part I: Back to the Future. *Journal of athletic training*, 55(9), 885–892. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-500-19>.
18. Impellizzeri, F. M., Shrier, I., McLaren, S. J., Coutts, A. J., McCall, A., Slattery, K., Jeffries, A. C., & Kalkhoven, J. T. (2023). Understanding Training Load as Exposure and Dose. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(9), 1667–1679. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01833-0>.
19. Jesus, R. S., Batista, R. É. S., Santos, V. M. E., Ohara, D., Alves, E. D. S., & Ribeiro, L. F. P. (2021). Exercise Duration Affects Session Ratings of Perceived Exertion as a Function of Exercise Intensity. *Perceptual and motor skills*, 128(4), 1730–1746. <https://doi.org/10.1177/00315125211018445>.

20. Lucia, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C., & Chicharro, J. L. (2003). Tour de France versus Vuelta a España: which is harder?. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(5), 872–878. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000064999.82036.B4>.
21. Maunder, E., Seiler, S., Mildenhall, M. J., Kilding, A. E., & Plews, D. J. (2021). The Importance of 'Durability' in the Physiological Profiling of Endurance Athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(8), 1619–1628. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01459-0>.
22. Maunder, E., Kilding, A. E., Stevens, C. J., & Plews, D. J. (2020). Heat Stress Training Camps for Endurance Sport: A Descriptive Case Study of Successful Monitoring in 2 Ironman Triathletes. *International journal of sports physiology and performance*, 15(1), 146–150. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0096>.
23. McLaughlin, J. E., Howley, E. T., Bassett, D. R., Jr, Thompson, D. L., & Fitzhugh, E. C. (2010). Test of the classic model for predicting endurance running performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(5), 991–997. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c0669d>.
24. Meyer, T., Lucía, A., Earnest, C. P., & Kindermann, W. (2005). A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. *International journal of sports medicine*, 26 Suppl 1, S38–S48. <https://doi.org/10.1055/s-2004-830514>.
25. Micklewright, D., St Clair Gibson, A., Gladwell, V., & Al Salman, A. (2017). Development and Validity of the Rating-of-Fatigue Scale. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(11), 2375–2393. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0711-5>.
26. Monteiro, W.D., Cunha, F.A., Brasil, I.A., Joi, S., & Farinatti, P.T. (2019) Rates of Perceived Exertion Obtained From Cardiopulmonary Exercise Testing Are Not Reproduced during Prolonged Aerobic Bouts. *Journal of exercise physiology*.
27. Pallarés, J. G., Morán-Navarro, R., Ortega, J. F., Fernández-Elías, V. E., & Mora-Rodríguez, R. (2016). Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. *PloS one*, 11(9), e0163389. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163389>.
28. Pind, R., Mäestu, E., Purge, P., Jürgenson, J., Arend, M., & Mäestu, J. (2021). Internal Load From Hard Training Sessions Is Related to Changes in Performance After a 10-Week Training Period in Adolescent Swimmers. *Journal of strength and conditioning research*, 35(10), 2846–2852. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003237>.

29. Pind, R., Hofmann, P., Mäestu, E., Vahtra, E., Purge, P., & Mäestu, J. (2021). Increases in RPE Rating Predict Fatigue Accumulation Without Changes in Heart Rate Zone Distribution After 4-Week Low-Intensity High-Volume Training Period in High-Level Rowers. *Frontiers in physiology*, *12*, 735565. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.735565>.
30. Rääpo H. (2023). Treeningharjutuse kestuse mõju sportlase RPE hinnangule madala intensiivsusega jalgrattasõidul, Magistritöö. Tartu Ülikool sporditeadusete ja füsioteraapia instituut. <https://hdl.handle.net/10062/93386>.
31. Sarevet K. K. (2023). Koormuse intensiivsuse ja mahu seos madala intensiivsusega, Magistritöö. Tartu Ülikooli sporditeaduste ja füsioteraapia instituut. <https://hdl.handle.net/10062/93415>.
32. Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *16*(1), 49–56. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>.
33. Stöggl, T., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in physiology*, *5*, 33. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00033>.
34. Sylta, O., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2014). From heart-rate data to training quantification: a comparison of 3 methods of training-intensity analysis. *International journal of sports physiology and performance*, *9*(1), 100–107. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2013-0298>.
35. Suriano, R., & Bishop, D. (2010). Physiological attributes of triathletes. *Journal of science and medicine in sport*, *13*(3), 340–347. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.03.008>.
36. Weltman, A., (1995). The blood lactate response to exercise. Human Kinetics, Champaign.

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina Marti Alt (03.06.99)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Madala intensiivsusega treeningharjutuse mõju väsimusele ja subjektiivsele koormuse hinnangule“,

mille juhendaja(d) on Jarek Mäestu, Rauno Kuusemets,

reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
3. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Marti Alt

**20.05.2024**