

TARTU ÜLIKOOL
sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Henry Räppo

**Treeningharjutuse kestuse mõju sportlase RPE hinnangule madala
intensiivsusega jalgrattasõidul**
Effect of exercise duration on sRPE at low intensity training domain during cycling

Magistritöö

kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendajad:
liikumise ja spordibioloogia professor J.Mäestu, PhD
doktorant R. Kuusemets, MSc

Tartu, 2023

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID.....	3
LÜHIÜLEVAADE	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	11
3. METOODIKA	12
3.1. Uuritavad	12
3.2. Uuringu disain	12
3.3. Koormustest veloergomeetril	13
3.4. 90-minutiline test ühtlasel aeroobse läve intensiivsusel.....	14
3.5. Andmete statistiline analüüs	15
4. TÖÖ TULEMUSED	16
4.5. Kasvavate koormustega test veloergomeetril	16
4.6. 90-minutiline test ühtlasel aeroobse läve intensiivsusel.....	17
5. ARUTELU.....	21
6. JÄRELDUSED	27
KASUTATUD KIRJANDUS	28

KASUTATUD LÜHENDID

La – vere laktaadi kontsentratsioon (mmol/L)

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

SLS – südame löögisagedus (lööki/min)

sRPE – *session rating of perceived exertion* – treeningu koormus hinnatuna RPE skaalal

VO₂ – *oxygen uptake* – hapnikutarbimine (L/min)

VO_{2max} – *maximal oxygen uptake* – maksimaalne hapnikutarbimine (mL/min/kg)

W_{max} – maksimaalne võimsus (W)

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Analüüsida, millises ulatu muutub kõrge tasemega sportlase RPE hinnang aeroobse läve intensiivsusel 90-minutilise koormuse jooksul võrreldes laktaadi kontsentratsiooni ja SLS muutustega.

Metoodika: Kolmteist kõrge tasemega sportlast (vanuses $24,3 \pm 3,4$ a) sooritasid kasvavate koormustega testi ja 90-minutilise ühtlase aeroobse läve intensiivsusega testi veloergomeetril. Esimesel testil sooritati astmeline koormustest suutlikuseni. Testi jooksul mõõdeti iga minuti südame löögisagedus (SLS), maksimaalne töövõime (W_{max}), pingutuse tajutav raskusaste (RPE) ja gaasivahetuse parameetrid. Peale koormustesti mõõdeti kapillaarverest kolmanda ja viienda taastumisinuti laktaadi kontsentratsioon (La). Teisel testimisel sooritati veloergomeetril 90-minutiline test ühtlasel aeroobse läve intensiivsusel. Testi käigus mõõdeti iga 10. minuti järel kapillaarverest La ja küsiti vaatlusalustelt RPE hinnangut. Enne ja pärast testi mõõdeti lisaks keha mass ning tajutav väsimusaste.

Tulemused: Uuritavate keskmine RPE hinnang ei muutunud 90-minutilise koormuse jooksul oluliselt ($p < 0,05$) ühtlase intensiivsusega testi esimese 50 minuti jooksul. RPE tõus võrreldes 10. minuti RPE hinnanguga oli statistiliselt erinev alates 60. minutist ($p < 0,05$). Uuritavate keskmine SLS ei muutunud oluliselt ühtlase intensiivsusega testi esimese 60 minuti jooksul. SLS-i tõus võrreldes 10. minuti SLS-iga oli statistiliselt erinev alates 70. minutist ($p < 0,05$). Uuritavate keskmine La oli kõige kõrgem testi 10. minutil ($2,69 \pm 0,8$ mmol/L), millest alates langes La testi jooksul oluliselt. La oli testi 10. minutil oluliselt kõrgem võrreldes La väärtustega alates 40. minutist kuni testi lõpu väärtuseni ($p < 0,05$). Kasvavate koormustega testil esines korrelatiivne seos SLS muutuse ulatuse ja anaeroobse SLS keskmise vahel ($r = 0,622$). Teiste mõõdetud parameetrite ning väsimuse, RPE, La või SLS muutuste vahel olulisi seoseid ei leitud ($p > 0,05$).

Kokkuvõte: Vaatlusaluste RPE, SLS, La ja väsimuse aste muutusid oluliselt 90-minutilise aeroobse läve intensiivsusel sooritatud koormuse jooksul. Vaatlusaluste aeroobse võimekuse ja maksimaalse hapnikutarbimise tulemused oli väga heal tasemel, kuid ei olnud seotud 90-minutilisel testil uuritud RPE, SLS, La ja väsimuse astme muutustega. Vaatlusaluste 90-minutilisel testil raporteeritud RPE ei olnud oluliselt seotud koormuse lõpus raporteeritud väsimuse hinnanguga.

Märksõnad: pingutuse tajutav raskusaste, südame löögisagedus, laktaadi kontsentratsioon, aeroobne lävi

ABSTRACT

Aim: To analyze, to what extent the RPE of a high-level athlete changes at an aerobic threshold intensity during a 90-minute exercise in relation to changes in lactate concentration and heart rate.

Methods: 13 high-level athletes (aged 24.3 ± 3.4 years) performed maximal incremental load test and a 90-minute steady-intensity test on a cycle ergometer. In the first test, a maximal incremental load test was performed. The following functional parameters were measured during the test: heart rate per minute (HR), maximal work capacity (W_{max}), rating of perceived exertion (RPE) and gas exchange parameters. After the exercise test, the lactate concentration (La) was measured in capillary blood at the third and fifth minutes of recovery. On the second meeting, a 90-minute constant aerobic threshold intensity test was performed. During the test, HR, La and RPE were measured in every 10 minutes during the test. Body mass and perceived level of fatigue were measured before and after the test.

Results: The mean RPE rating of the subjects did not change significantly ($p < 0.05$) during the first 50 minutes of the 90-minute constant intensity test. The increase in RPE compared to the 10th minute RPE was statistically different from 60. minute RPE ($p < 0.05$). The mean HR of the subjects did not change significantly during the first 60 minutes of the constant intensity test. The increase in HR compared to the HR of 10th minute was statistically different from the 70th minute ($p < 0.05$). The mean La of the subjects was the highest at the 10th minute of the test ($2.69 \pm 0,8$ mmol/L), after which it decreased significantly. The La at the 10th minute of the test was significantly higher compared to the La values from the 40th minute to the end of the test ($p < 0.05$). In the parameters of functional capacity measured on the maximal incremental test, the only correlative relationship was found between the extent of change in HR and the mean of anaerobic threshold HR ($r = 0.622$). No other significant relationships were found between the parameters of functional capacity and RPE, HR, La and the rating of fatigue.

Conclusions: Subjects' RPE, HR, La , and degree of fatigue changed significantly during 90 minutes of exercise performed at aerobic threshold intensity. The results of the subjects' aerobic capacity and maximal oxygen consumption were at a very good level, but were not related to the changes in RPE, HR, La and the degree of fatigue reported in the 90-minute test. Subjects' reported RPE during the 90-minute test was not significantly related to the fatigue rating reported at the end of the exercise.

Keywords: rating of perceived exertion, heart rate, lactate concentration, aerobic threshold

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Vastupidavusliku iseloomuga treeningutel saab treeningkoormust iseloomustada treeningu sageduse, intensiivsuse, kestuse ja treeningu tüübi põhjal võttes arvesse sportlase taset ja treenitust (Burnet et al., 2019). Treeningkoormuse mõju organismile saab jaotada kahte suunda: väline (treeningu kestus või distants, intensiivsus, tehtud töö) ja sisemine (südame löögisagedus (SLS), hapnikutarbimine (VO_2), vere laktaadi kontsentratsioon (La). Sisemine treeningkoormus on organismi otsene vastus eelnimetatud välistele teguritele, näiteks südame löögisageduse tõus või laktaadi kontsentratsiooni muutused (Seiler & Kjerland, 2006).

Vastupidavussportlaste treeningu intensiivsuse määramiseks kasutatakse peamiselt näitajaid, mis on saadud maksimaalsete või submaksimaalsete astmeliste koormustestide põhjal (Meyer et al., 2005). Treeningu intensiivsust saab hinnata läbi füsioloogiliste näitajate nagu südame löögisagedus, hapnikutarbimine ja vere laktaadi kontsentratsioon (Fusco et al., 2020). Südame löögisageduse põhjal saab optimaalset treeningu intensiivsust määrata vastavate SLS vahemike järgi, millest tulenevalt saab näiteks kasutada erinevaid tsoonide meetodeid (Seiler & Kjerland, 2006). Kuigi südame löögisageduse mõõtmiseks kasutatavad andurid on tänapäeval laialdaselt levinud ja suudavad salvestada südame löögisagedus muutust vastavalt koormusele, on nendel mitmeid puudujääke. Vastava anduri peale paneku unustamise, või rikke korral, jäävad andmed treeningu koormuse osas puudulikuks. (Foster et al., 2001) Lisaks võib SLS ja treeningu kestuse põhine meetod alahinnata kõrgel intensiivsusel tehtud tööd (lühiajaliste pingutuste SLS viivituse tõttu) (Seiler & Kjerland, 2006). Mitmed autorid on võtnud kasutusele vastupidavustreeningu intensiivsuse määramiseks kolme tsooni ja kahe läve mudelit (Meyer et al., 2005; Hofmann & Tschakert, 2010). Esimene ventilatsioonilävi (VT_1) on defineeritud kui esimene murdepunkt, millest alates suureneb lineaarsest tõusust järsemalt sportlase hingamissagedus. Teine ventilatsioonilävi (VT_2) on piir, millest alates muutub koormuse kasvades järsult sportlase hingamissagedus veelgi suuremaks ning reeglina on hingamissageduse muutus teisel ventilatsiooni lävel ulatuslikum kui esimesel. (Seiler & Kjerland, 2006)

Füsioloogiliste treeningu intensiivsuse näitajatega võrreldes on teaduskirjanduses laialt levinud RPE ehk *rating of perceived exertion*. RPE põhineb küsimusel: „Kui raske oli sinu jaoks treening/harjutus?“, mille järgi küsitavad annavad subjektiivse hinnangu vastavalt kasutusel olevale skaalale. (Foster et al., 2001) Foster et al. (2001) arendasid originaalse Borg 6-20 (Borg, 1970) skaalast sRPE (session RPE *i.k.*, sRPE). sRPE meetodil korrutatakse sportlase hinnatud RPE väärtus treeningu kestusega. sRPE peegeldab treeningkoormuse kestuse ja intensiivsuse tajutavat mõju sportlasele. (Foster et al., 2001) Kuna sportlased tajuvad oma pingutust treeningutel erinevalt, siis sõltuvalt sportlase võimekusest, hinnatakse erinevalt ka näiteks 60-minutilist treeningut submaksimaalsel intensiivsusel. See võib kaasa tuua sarnasel intensiivsusel ja kestusel treenivate sportlaste omavahelisi erinevusi treeningu mõjus ja treeningkoormuses. (Halson, 2014) sRPE kontseptsiooni kohaselt peaks hinnangut küsima ~30 minutit pärast treeningut, et vältida konkreetse kerge või raske koormusega treeningosa rõhutamist. Uuringud näitasid, et sellel on suur tähtsus, sest tihti oli kohene treeningujärgne RPE kõrgem kui ~30 minuti möödudes. (Foster et al., 2001)

Kuigi RPE on peamiselt kasutusel olnud kui treeningu intensiivsust iseloomustav näitaja, siis on mitmeid uuringuid, mis näitavad, et RPE väärtust võivad tõsta ka treeningu maht ja intervalltreeningu kestus või distants (Foster et al., 2001; Green et al., 2009). Foster et al., (2001) uurisid 30–90 minutilise 90% anaeroobse läve intensiivsusel sooritatud treeningu mõju ning leidsid, et treeningu kestuse pikenemine võib tõsta umbes 10% (30 vs 90-minutiline treening) sRPE hinnangut treeningu järgselt.

Green et al., (2005) viisid läbi uuringu kehaliselt aktiivsete tudengitega. Uuring keskendus vere laktaadi kontsentratsiooni, südame löögisageduse ja sRPE omavahelistele seostele. Uuringu esimeses osas sooritasid uuritavad maksimaalse hapnikutarbimise astmelise koormustesti veloergomeetril. Eesmärk oli selgitada iga osaleja võimsuse suurus, mille juures on RPE hinnang ~18 ja SLS 85% maksimumist. Testi iga 2-minutilise astme lõpus mõõdeti La, SLS ja RPE. Uuringu teises osas viidi läbi 60-minutiline ühtlase intensiivsusega test veloergomeetril. Intensiivsus oli määratud individuaalselt vastavalt uuritavate anaeroobse läve põhjal, milleks määrati La 2,5 mmol/L. (Green et al., 2005) Testi 5, 10, 20, 30, 40, 50 ja 60 minuti juures mõõdeti La ning küsiti RPE hinnangut. Uuringu tulemused näitavad, et 60-minutilise testi juures tõusis La ühtlasel võimsusel tippu 20. minutil, kuid langes alates 40. minutist algtasemest madalamale. Seejuures RPE ja SLS tõusid progresseeruvalt. Autorid tõdevad, et 2.5 mmol/L intensiivsusel, ehk allpool anaeroobset läve või sellel piiril, 60-minutilise treeningu juures ei ole La RPE hinnangu tugev mõjutaja (Green et al., 2005).

Green et al., (2009) leidsid, et 20–40 minutilisel harjutusel umbes 70% maksimaalse hapnikutarbimise intensiivsusel on väike mõju treeningujärgsele RPE hinnangule. Autorid järeldasid, et kestusel võib olla väike mõju RPE hinnangule, küll aga tõdesid, et pikaajalised ja/või intensiivsemad treeninguid võivad näidata vastupidiseid tulemusi (Green et al., 2009).

Eelnevale uuringule põhinedes, viisid Barroso et al., (2015) läbi uuringu, milles hinnati ujujate treeningu mahu ja distantsi mõju sRPE hinnangule. Uuringu ülesehitus koosnes neljast treeningharjutusest: 10x100m, 20x100m, 10x200m ja 5x400m. Intensiivsus arvutati individuaalselt vastavalt iga ujuja anaeroobse läve järgi. Tulemused näitavad, et treeningul sooritatud intervallide pikkus mõjutas treeningujärgset RPE hinnangut. Kuigi harjutuste kogudistants oli sama (2000m), siis 400m pikkuste intervallide järgselt oli sportlaste tajutav pingutuse hinnang kõige kõrgem, seejuures SLS ja La erinevus ei olnud statistiliselt oluline. (Barroso et al., 2015). Antud uuringus oli intervalltreeningu intensiivsus anaeroobse läve piirkonnas ning seega oli tegemist suhteliselt kõrge intensiivsusega treeninguga.

Sarnase uuringu viisid läbi ka Fusco et al., (2020), mille eesmärk oli uurida RPE muutust ühtlase intensiivsusega treeningul. Uuringus osalenud ujujad pidid läbima 4 x 10 x 100 jardi (4 x 10 x 91.4m), mis pidi olema suure mahuga intensiivne treening. Igal ujujal oli kindel aeg, millega nad kõik kordused läbima peavad. Uuritavatelt võeti peale igat 10. kordust sõrmeotsast verd, et mõõta La, küsiti RPE, millele järgnes 10-minutiline puhkeperiood. Uuringu tulemused näitasid, et nii välisel (harjutuse aeg) kui sisemisel (SLS, La) ühtlasel intensiivsusel harjutades, tõusis pingutuse tajutav raskusaste. Uuritavatel püsis SLS ja La kogu harjutuse vältel ühtlasena, kuid RPE tõusis iga seeria järel. Autorid järeldavad, et RPE hinnang võib olla sama täpsem moodus treeningkoormuse määramisel kui SLS järgi. (Fusco et al., 2020) sRPE valiidsust treeningkoormuse määramisel on kinnitanud varem ka Foster et al. (1998) uuring, mille juures oli SLS ja sRPE omavaheline seos 90%.

Vastupidavusspordis on sageli kasutusel ka polariseeritud treeningmeetod, milles vaheldub intensiivne ehk intensiivsus üle teise ventilatsiooniläve ja aeroobne ehk intensiivsus allpool esimest ventilatsiooniläve. 20% treeningutest on sooritatud kõrgel intensiivsusel (näiteks intervalltreening), 80% treeningutest on sooritatud madalal intensiivsusel (Hofmann & Tschakert 2017). Sportliku soorituse tõusu tagavad täpselt planeeritud treeningperioodid madala ja kõrge intensiivsuse vaheldumisega (Pind et al., 2021). Ühe treeningu kogukestuse planeerimine on kergem kõrgema intensiivsuse juures, sest üle anaeroobse läve treenimine tõstab vere laktaadi kontsentratsiooni ja toob kaasa kiirema väsimuse tekkimise (Tremblay et al., 2005; Tschakert & Hofmann, 2013), ehk ka väikesed intensiivsuse suurenemised toovad kaasa kiirema kurnatuse. Kõrge intensiivsusega treeningu eesmärk on kutsuda esile selge

funktsionaalne ja struktuurne koormus treeningu lõpuks, et kiirendada adaptatsiooni ja tagada stiimul töövõime arenguks (Egan & Zierath, 2013). Allpool aeroobset läve või aeroobse läve piirkonnas sooritatud treeningutes, kestusega isegi kuni 6 tundi või enam, ei too väikesed muutused intensiivsuses koheselt esile selle mõju võimalikule väsimusele treeningu lõpus. Seejuures lühikesed madala intensiivsusega treeningud kiirendavad taastumisprotsesse, keskmise või pikaajalise kestusega treeningud võivad säilitada või isegi arendada sportlase sooritusvõimet. (Hofmann & Tschakert, 2017) Mitmed uuringud sõudjate treeningute analüüsist näitavad, et madalal intensiivsusel läbitud kilomeetrid on seotud eduga meistrivõistlustel (Hagerman & Staron, 1982; Steinacker, 1993; Mäestu et al., 2005). Madala intensiivsusega treeningmahu tõus suurendab riski ületreeningule ja ületreenimisele, eelkõige monotoonse treeninguga (Fry et al., 1992; Lehmann et al., 1992; Lehmann et al., 1993; Meeusen et al., 2013). Seetõttu on ületreeningu vältimiseks oluline optimeerida ka madala intensiivsusega treeninguid ja treeningperioode (Meeusen et al., 2013; ten Haaf et al., 2017).

Mitmed uuringud on näidanud, et pikaajaliste treeningute ajal, isegi ilma väsimuseta, toimuvad muutused hormoonide kontsentratsioonides (Viru, 1992), südame löögisageduses (Maunder et al. 2021), vedelikutasakaalus (Baker et al. 2014) lihaste aktiveerimises (Mäestu, 2006) ja glükogeeni ammendumises (Watt et al. 2022). See tähendab, et treeningu kestusel on suur roll mõjutamaks üldist treeningukoormust ka madala intensiivsusega pikaajalistel treeningutel (Maunder et al. 2021). Pind et al., (2023) uuringus leiti, et sarnase kestuse ja individuaalselt määratud intensiivsusega, uuritavate treeningujärgne RPE oli erinev. Autorid järeldasid, et ka treenitus ja aeroobne võimekus võivad mõjutada treeningujärgset RPE hinnangut. Green et al., (2005) uuring võrdles füüsiliselt sportlike (VO_{2max} $61,6 \pm 2,5$ ml/kg/min) ja vähem sportlike (VO_{2max} $41,8 \pm 6,3$ ml/kg/min) vaatlusaluste RPE hinnanguid veloergomeetril 60-minutilise koormuse käigus 90% anaeroobsest lävest sooritatud intensiivsusel. Tulemused näitasid, et RPE hinnangute erinevus muutus oluliseks alates treeningu 30. minutist, seejuures kõrgema aeroobse võimekusega uuritavad raporteerisid madalamaid väärtusi. (Green et al., 2005)

See tähendab, et eeldatava treeningujärgse adaptatsiooni esile kutsumiseks või ületreeningu vältimiseks tuleks arvesse võtta nii treeningu kestust kui intensiivsust, mis on määratud sportlase võimekust arvesse võttes (Pind et al., 2023). Treeningu kestuse manipuleerimisega mingil kindlal intensiivsusel võib olla oluline mõju adaptatsioonile. Näiteks, treening väga madalal intensiivsusel 30 minutit võib olla sportlase jaoks „kerge“ hinnanguga ja taastava mõjuga, seejuures samal intensiivsusel sooritatud 90-minutiline treening võib olla sportlase jaoks „mõõdukas“ või „tugev“ pingutus ja tõsta vastupidavusvõimet. (Mezzani et al., 2010)

Eelnevast tulenevalt, viisid Jesus et al., (2021) läbi uuringu kehaliselt aktiivsete inimeste peal, mille eesmärk oli uurida erinevatel intensiivsustel sooritatud treeningute kestuse mõju nii üldise RPE kui treeningujärgse sRPE hinnangut. Uuritavad läbisid kolmel erineval intensiivsusel: tugev, mõõdukas ja nõrk 15–30 minutilisi ühtlasel intensiivsusel teste. Uuringu tulemused näitasid, et tugeval ja mõõdukal intensiivsusel oli testi kestusel (15-minutilisel oli sRPE madalam kui 30-minutilisel testil) mõju treeningujärgsele sRPE hinnangule. Seejuures madalal intensiivsusel ei olnud kestusel olulist mõju sRPE hinnangule. Autorid järeldasid, et 15- ja 30-minutiline test madalal intensiivsusel võis olla liiga lühike, et mõjutada oluliselt treeningujärgset sRPE hinnangut.

Käesoleva magistr töö eesmärk on uurida väga hea treenitusega sportlase RPE muutust konstantsel madalal intensiivsusel sooritatud testi jooksul. Eelnevalt välja toodud uuringud olid sooritatud aeroobsest lävest kõrgema intensiivsusega või anaeroobse läve intensiivsusel. Antud magistr töö käigus sooritatud test on aeroobse läve intensiivsusel. Varasemalt sarnased veloergomeetrial sooritatud uuringud on kestusega kuni 60 minutit, käesoleva magistr töö testi pikkuseks on 90 minutit.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on analüüsida, millises ulatuses muutub väga hea treenitusega sportlase RPE hinnang aeroobse läve intensiivsusel 90-minutilise koormuse jooksul võrreldes laktaadi kontsentratsiooni ja südame löögisageduse muutustega. Lisaks on eesmärgiks välja selgitada, kas tekkinud muutuse ulatus RPE skaalal on seotud sportlase aeroobse võimekuse tasemega ja kas treeningu lõpus raporteeritav väsimuse aste on seotud sportlase RPE hinnanguga.

Vastavalt töö eesmärgile püstitati järgmised ülesanded:

1. Mõõta vaatlusaluste vastupidavusliku töövõime parameetreid veloergomeetril kasvavate koormustega testil.
2. Mõõta vaatlusaluste RPE, SLS, La ja väsimuse muutust veloergomeetril sooritatud 90-minutilise aeroobse läve intensiivsusel testi jooksul.
3. Analüüsida kas ja millises ulatuses muutub RPE aeroobse läve intensiivsusel 90-minutilise testi jooksul.
4. Välja selgitada, kas tekkinud muutuse ulatus RPE skaalal on seotud sportlase aeroobse võimekuse tasemega ja kas testi lõpus raporteeritav väsimuse aste on seotud sportlase RPE hinnanguga.

3. METOODIKA

3.1. Uuritavad

Käesoleva magistritöö uuringus osalemiseks andis nõusoleku 13 sportlast, vanus $24,3 \pm 3,4$ eluaastat, pikkus $182,1 \pm 5,8$ cm, keha mass $74,1 \pm 5,8$ kg, kehamassiindeks $22,4 \pm 1,4$ kg/m². Kõik sportlased tegelesid aktiivselt võistlustasemel vastupidavusspordialadega. Uuringu protseduurid ja protokollid olid heaks kiidetud Tartu Ülikooli Eetikakomitee poolt (luba nr. 373/T-7, väljastatud 16.01.2023). Osalejad olid uuringus kasutatavate töövõime testidega varasemalt tuttavad. Kõikidele uuringus osalejatele selgitati testimise protseduure ja võimalikke riske enne, kui nad andsid oma kirjaliku informeeritud nõusoleku uuringus osalemiseks. Uuritavate uuringusse arvamise kriteeriumiteks olid: regulaarsed treeningud minimaalselt 5 korda nädalas, regulaarne võistlemine eelneva ja/või käimasoleva hooaja vältel, sportlane on terve ja ei kasuta ravimeid ning on regulaarselt külastanud spordiarsti, olles saanud temalt loa treeninguteks.

3.2. Uuringu disain

Pärast informeeritud nõusoleku andmist ning uuringus osalemisega nõustumist viidi läbi testimised kahel erineval päeval, mille vahel oli vähemalt 24 tundi. Testimine viidi läbi Tartu Ülikooli Sporditeaduste ja Füsioteraapia instituudi laboris 2023. aasta jaanuaris ja veebruaris. Uuringu osalejatel paluti päev enne mõlemale testile tulemist hoiduda raskest treeningust.

Esimesel testimise korral mõõdeti vaatlusaluste pikkus ja keha mass ning seejärel sooritati astmeline koormustest. Keha mass mõõdeti (Seca robusta 813, Seca GmbH & Co, Hamburg, Saksamaa) 0,1 kg täpsusega. Peale koormustesti mõõdeti kapillaarverest kolmanda ja viienda taastumisminuti laktaadi kontsentratsioon. Teisel kohtumisel mõõdeti vaatlusaluste keha mass nii enne kui pärast 90-minutilist ühtlasel intensiivsusel sooritatud koormust. 90-minutilise koormuse käigus mõõdeti iga 10. minuti järel kapillaarverest laktaadi kontsentratsioon ja paluti vaatlusalusel hinnata koormuse subjektiivset raskust (RPE). Mõlemal testil kasutati Cyclus 2 (RBM Elektronik-automation GmbH, Saksamaa) veloergomeetrit, millele oli kinnitatud sportlaste isiklikud jalgrattad.

3.3. Koormustest veloergomeetril

Esimesel uuringu päeval sooritati astmeline koormustest Cyclus 2 veloergomeetril, millele oli kinnitatud sportlase isiklik jalgratas. Esimene koormus oli 100 W ja koormust tõsteti iga minuti järel 20 W võrra kuni suutlikuseni. Iga koormuse lõppedes küsiti vaatlusalustelt vastava koormuse pingutuse tajutava raskusastme väärtust modifitseeritud RPE10 skaala põhjal (Foster et al., 2001). Vaatlusalusel tuli vastata küsimusele: “Kui raske on hetkeline koormus?” (Tabel 1). Kogu testi vältel mõõdeti vaatlusaluste südame löögisagedust Polar pulsivööga (Polar Electro, Kempele, Soome), mis oli ühendatud Metamax-i seadmega. Testil määrati lisaks sportlaste maksimaalne hapnikutarbimine VO_{2max} (ml/min/kg) ja minutiventilatsioon (VE) l/min (Metamax 3B, Cortex Biophysic GmbH, Leipzig, Germany) abil, mis enne testimise algust kalibreeriti vastavalt tootja juhendile. Vaatlusalustel määrati aeroobse ja anaeroobse läve võimsused ning maksimaalne võimsus (W_{max}), kasutades vastavalt esimese ja teise minutiventilatsiooni murdepunkti (Seiler & Kjerland, 2006). Ventilatsioonilävele vastav võimsus leiti ekstrapoleerimise teel, kasutades ajapunkti, millel ventilatsioonilävi määrati.

Tabel 1. Modifitseeritud RPE10 skaala treeningu sisemise 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

Test loeti lõppenuks ja maksimaalne pingutus saavutatuks kui vaatlusaluse pedalleerimissagedus langes alla 60 pööret minutis, tekkis maksimaalse hapnikutarbimise platoo, mida hinnati vajadusel visuaalselt arvuti ekraanilt, või kui vaatlusalune ei suutnud etteantud võimsust enam hoida. Testi lõpus (kolmandal ja viiendal taastumise minutil) määrati sõrmeotsa kapillaarverest vereplasma laktaadi kontsentratsioonid. Ensümaatilisel teel laktaadi kontsentratsiooni määramine toimus aparaadiga (EKF-Diagnostic, Barleben, Saksamaa). Selleks võeti sportlasel sõrme otsast 10 µl verd vastava pipeti (Servoprax, Saksamaa) abil. Sõrme otsa augu tegemiseks kasutati ühekordseid Haemolance nõelasiid (HTL-Strefa SA, Poola).

3.4. 90-minutiline test ühtlasel aeroobse läve intensiivsusel

Teisel testimisel sooritati astmelise koormusega testi käigus määratud aeroobse läve intensiivsusel 90-minutiline konstantse intensiivsusega test Cyclus 2 veloergomeetril, millele oli kinnitatud vaatlusaluse isiklik jalgratas. Testile eelnes 5-minutiline soojendus võimsusel 100W. Enne soojenduse algust mõõdeti vaatlusaluste vere laktaadi kontsentratsioon. 90-minutilise testi käigus küsiti vaatlusaluselt koormuse raskust RPE skaalat kasutades ja mõõdeti vere laktaadi kontsentratsiooni iga 10. minuti järel. Kokku määrati testil 10 laktaadiproovi. Vere laktaadi kontsentratsiooni määrati sõrmeotsa kapillaarverest sarnaselt esimesele testile ensümaatilisel teel. Pingutuse tajutava raskusastme väärtust RPE-d hinnati modifitseeritud RPE10 abil (Foster et al., 2001), küsides vaatlusaluselt: „Kui raske hetkel koormus tundub?“ (Tabel 1).

Vaatlusalustele anti testimise ajal Polar M400 (Polar Electro, Kempele, Soome) pulsitestrid südame löögisageduse mõõtmiseks kogu testi jooksul. Pulsitstri andmed laeti testimise järgselt arvutisse keskmise ja maksimaalse südame löögisageduse analüüsimiseks. Testi eel ja järgselt mõõdeti sportlaste keha mass, et määrata muutused keha massis testi käigus. 90-minutilise testi jooksul pidid sportlased tarbida kuni 500 ml vett ja ühe SiS (Science in Sport, Suurbritannia) energiageeli, mille süsivesikusisaldus ühe koguse (60 ml) kohta oli 22 g. Testi käigus võisid sportlased kasutada kõrvaklappe ning kehatemperatuuri jahutamiseks kasutati kõikidel juhtudel ventilaatorit. Vaatlusaluse väsimuse astet 90-minutilise testi eel ja lõpus määrati 10 punktilist visuaal-analoog skaala (VAS) tüüpi skaala põhjal (Micklewright et al., 2017; Tabel 2).

90-minutilise ühtlasel aeroobse läve intensiivsusel testi käigus arutati lisaks SLS, RPE, La muutus. Muutuse ulatuse arvutamiseks lahutati 90. minutile vastav näit 10. minuti näiduga. Väsimuse astme muutuse ulatuse arvutamiseks lahutati koormuse järgne hinnang koormuseeltega. Eeldatava treeningkoormuse arvutamiseks korrutati koormustestil aeroobsel lävel raporteeritud RPE 90-ga (testi pikkus 90 minutit). Tegelik sisemise treeningkoormuse arvutamiseks korrutati 90-minutilise testi 90. minutil raporteeritud RPE testi kestusega (90 minutit).

Tabel 2. Uuringus kasutatud 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

Uurimistöö statistiliseks analüüsiks kasutati programmi IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM SPSS Statistics, Armonk, NY, USA). Statistilise analüüsi käigus arutati 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 (Paired-Samples T-Test) abil, sest andmed olid normaaljaotusega. Tunnuste vahelised seosed arutati Pearsoni korrelatsioonanalüüsiga. Statistilise olulisuse nivooks rakendati kõikidel analüüsidel $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.5. Kasvavate koormustega test veloergomeetril

Uuringu esimese testina sooritasid uuritavad astmelise koormustesti 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 maksimaalsed parameetrid veloergomeetril ($X \pm SD$)

Parameeter	$X \pm SD$	Miinumum	Maksimum
Testi kestvus (s)	1010,2 \pm 102,6	840,0	1176,0
VO _{2max} (ml/min)	4974,5 \pm 370,8	4128,0	5456,0
VO _{2max} (ml/min/kg)	67,2 \pm 4,9	61,0	75,0
VE (l/min)	176,4 \pm 19,8	152,2	229,5
Maksimaalne võimsus (W)	394,0 \pm 40,3	340,0	460,0
Maksimaalne võimsus (W/kg)	5,3 \pm 0,5	4,1	6,3
SLS _{max} (lööki/min)	184,0 \pm 8,3	168,0	197,0

VO_{2max} – maksimaalne hapnikutarbimine; VE – minutiventilatsioon; SLS_{max} – maksimaalne südame löögisagedus.

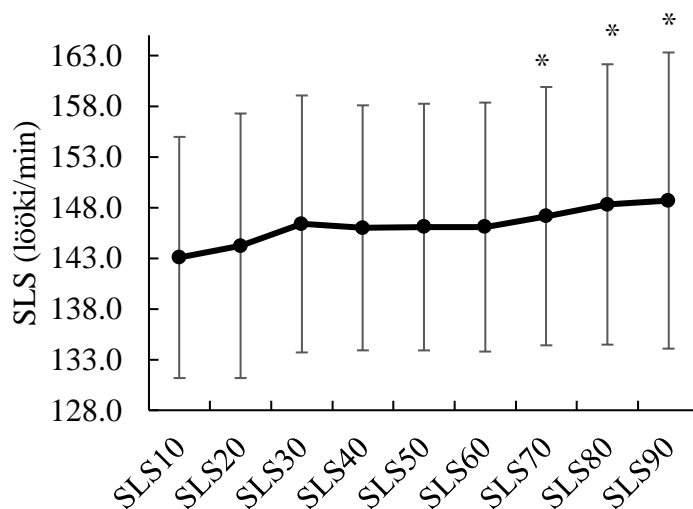
Tabel 4. Vaatlusaluste kasvavate koormustega testi parameetrid submaksimaalsetel intensiivsustel veloergomeetril ($X \pm SD$)

Parameeter	$X \pm SD$	Miinumum	Maksimum
Aeroobne lävi võimsus (W)	$235,0 \pm 17,3$	200,0	260,0
Anaeroobne lävi võimsus (W)	$330,0 \pm 26,3$	280,0	380,0
Aeroobne lävi võimsus (W/kg)	$3,2 \pm 0,2$	2,9	3,6
Anaeroobne lävi võimsus (W/kg)	$4,5 \pm 0,3$	3,9	5,0
Aeroobne lävi SLS (lööki/min)	$145,9 \pm 11,3$	129,0	163,0
Anaeroobne lävi SLS (lööki/min)	$168,0 \pm 7,4$	155,0	178,0
Aeroobne lävi RPE	$4,0 \pm 0,4$	3,0	5,0
Anaeroobne lävi RPE	$7,0 \pm 1,0$	5,0	9,0
La 3. taastumisminut (mmol/L)	$11,8 \pm 2,0$	8,6	15,0
La 5. taastumisminut (mmol/L)	$11,4 \pm 2,0$	8,2	14,8

SLS – südamelöögisagedus; RPE – pingutuse tajutav raskusaste; La – laktaadi kontsentratsioon.

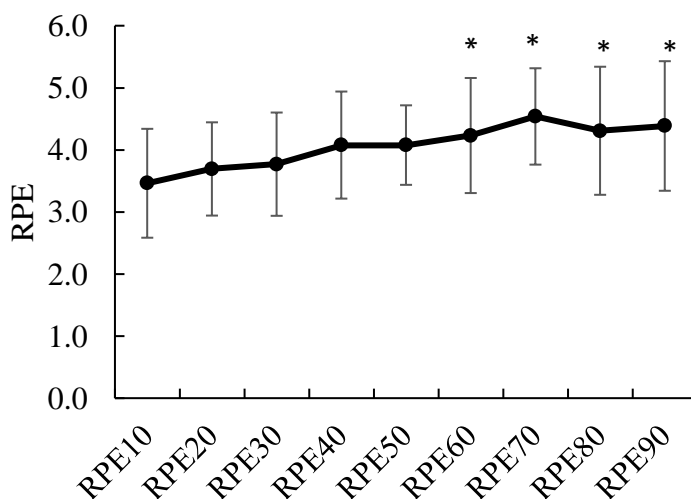
4.6. 90-minutiline test ühtlasel aeroobse läve intensiivsusel

Uuritavate keskmine SLS ei muutunud ühtlase intensiivsusega testi esimese 60-minuti jooksul oluliselt ($p > 0,05$) (Joonis 1). SLS tõus võrreldes SLS10-ga oli statistiliselt erinev alates 70. minutist ($p < 0,05$). Seejuures oli muutuse ulatus keskmiselt 5,6 (lööki/min) kõrgem võrreldes 10. minuti SLS-ga.



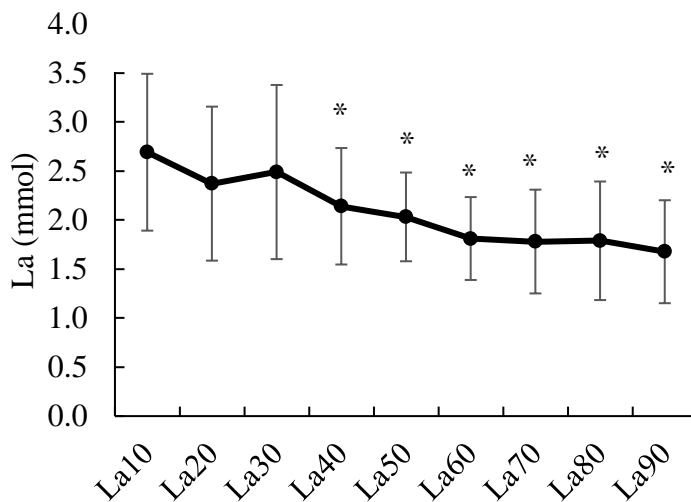
Joonis 1. Vaatlusaluste 90-minutilisel testil mõõdetud SLS keskmiste näitajate väärtused iga 10 minuti järel. SLS – südame löögisagedus; SLS10 – 10. minutil mõõdetud SLS. * – statistiliselt oluline erinevus võrreldes SLS10 ($p < 0,05$).

Uuritavate keskmine RPE hinnang ei muutunud oluliselt ($p < 0,05$) ühtlase intensiivsusega testil esimese 50 minuti jooksul (Joonis 2). RPE tõus võrreldes RPE10-ga oli statistiliselt erinev alates 60. minutist ($p < 0,05$). Seejuures oli RPE muutuse ulatus keskmiselt 0,9 ühikut kõrgem võrreldes 10. minutil raporteeritud RPE-ga.



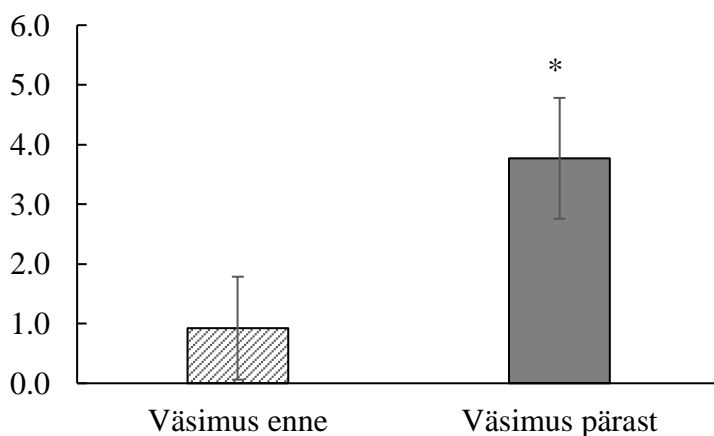
Joonis 2. Vaatlusaluste 90-minutilisel testil mõõdetud pingutuse RPE hinnangute muutus iga 10 minuti järel. RPE – subjektiivne tajutud koormuse hinnang; RPE10 – 10. minutil raporteeritud RPE. * – statistiliselt oluline erinevus võrreldes RPE10 ($p < 0,05$).

Uuritavate kõige kõrgem keskmine La (Joonis 3) oli testi 10. minutil ($2,69 \pm 0,8$ mmol/L). La langus võrreldes 10. minuti La-ga oli alates 40. minutist statistiliselt olulise erinevusega. Uuritavate La muutuse ulatus (La90-La10) oli enam kui 1,0 (mmol/L) ja oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$).



Joonis 3. Vaatlusaluste 90-minutilisel testil mõõdetud pingutuse La keskmiste väärtuste muutus iga 10 minuti järel (La10 – 10. minutil mõõdetud La). * – statistiliselt oluline erinevus La10 ($p < 0,05$).

Uuritavate VAS tüüpi skaalal raporteeritud keskmine väsimusaste enne ja pärast 90-minutilise testi suurenes statistiliselt oluliselt (Joonis 4) ($p < 0,05$), seejuures ei olnud 90-minutilise testi lõpus raporteeritud väsimuse aste seotud 90. minutil raporteeritud RPE hinnanguga.



Joonis 4. Uuritavate VAS tüüpi raporteeritud skaalal raporteeritud keskmine väsimus enne ja pärast 90-minutilist testi aeroobse läve intensiivusel. * – statistiliselt oluline erinevus nivool $p < 0,05$.

Vaatlusaluste keha mass 90-minutilisel testil oli oluliselt madalam testi järgselt ($p < 0,05$). Uuritavate keskmine keha mass testi eel oli $74,2 \pm 5,6$ (kg) ja testi järgselt $73,2 \pm 5,4$ (kg). Uuritavate eeldatav sisemine treeningukoormus 90-minutilisel testil ei olnud oluliselt erinev testi lõppedes uuritavate tegelikust sisemisest treeningkoormusest ($394,6 \pm 94,0$ koormusühikut (KÜ) vs $360,0 \pm 36,7$ (KÜ); $p = 0,240$). Kasvavate koormustega testil mõõdetud funktsionaalse võimekuse parameetrites leiti ainus korrelatiivne seos SLS muutuse ulatuse ja anaeroobse SLS keskmise vahel ($r = 0,622$; $p < 0,05$). Testi lõpus raporteeritav väsimuse aste ei olnud seotud testi lõpus raporteeritud RPE hinnanguga ($r = 0,352$; $p > 0,05$). Samuti ei olnud omavahel seotud väsimuse muutus testi käigus ning RPE hinnangu muutus ($r = 0,492$; $p = 0,08$).

5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö üheks eesmärgiks oli analüüsida, millises ulatuses muutub kõrge treenitusega sportlaste RPE hinnang aeroobse läve intensiivsusel sooritatava 90-minutilise koormuse jooksul võrreldes laktaadi kontsentratsiooni ja südame löögisageduse muutustega. Lisaks oli eesmärgiks välja selgitada, kas raporteeritava RPE muutuse ulatus on seotud sportlase aeroobse võimekuse parameetritena, mõõdetuna kasvavate koormustega testil. Lisaks selgitada välja, kas VAS tüüpi skaalal raporteeritud väsimuse aste on seotud sportlase raporteeritud RPE hinnanguga 90-minutilise aeroobsel lävel sooritatud testil.

Vastupidavusspordis tagab sportliku soorituse tõusu täpselt planeeritud treeningperioodid madala ja kõrge intensiivsuse vaheldumisega (Pind et al., 2021). Ligi 80% kogu treeningmahust võib olla sooritatud madalal intensiivsusel ja 20% treeningutest kõrgemal, üle aeroobse läve intensiivsusel (Hofmann & Tschakert, 2017). Kõrgetel intensiivsustel on sobiva intensiivsuse-kestuse seost lihtsam leida, sest treeningu eesmärgiks on akuutse väsimuse esile kutsumine. Koormuse intensiivsus üle anaeroobse läve tõstab vere laktaadi kontsentratsiooni ja ka edasised väikesed tõusud intensiivsuses toovad kaasa kiirema kurnatuse (Tremblay et al., 2005; Tschakert & Hofmann, 2013). Samas, madala intensiivsusega treeningud võivad olla nii taastava, säilitava kui arendava iseloomuga (Hofmann & Tschakert, 2017; Pind et al 2021). Tagamaks treeningu eesmärgile vastavat koormust, madala intensiivsusega treeningtsoonis puuduvad hetkel täpsed parameetrid ja meetodid, millega määrata õige intensiivsuse-kestuse seos. Üheks võimaluseks madalal intensiivsusel sooritatud treeningute iseloomustamiseks võib olla koormusjärgne RPE hinnang.

Käesoleva magistritöö tulemustest selgus, et uuritavate keskmine RPE hinnang ei muutunud oluliselt ($p < 0,05$) ühtlase intensiivsusega testi esimese 50 minuti jooksul (Joonis 2). RPE tõus võrreldes 10. minutil raporteeritud tulemusega oli oluliselt kõrgem alates 60. minutist ($p < 0,05$). Sarnast ühtlast RPE tõusu konstantsel koormusel kinnitavad ka varasemad uuringud (Foster et al., 2001; Green et al., 2005; Kilpatrick et al., 2009; Green et al., 2011; Barroso et al., 2015; Fusco et al., 2020). Samas, eelmainitud uuringud olid sooritatud oluliselt kõrgematel intensiivsustel kui käesolevas uuringus kasutatud aeroobse läve intensiivsus. Näiteks, Foster et al., (2001) uuringus 30–90-minutiline treening oli sooritatud 90% maksimaalsest intensiivsusest ehk anaeroobse läve intensiivsusel. Green et al., (2005) läbi viidud uuringus sooritasid aktiivsed tudengid 60-minutilise testi 85% maksimaalsest SLS või Borg 6–20 skaalal (Borg, 1970) RPE 18 intensiivsusel. Need uuringud olid läbi viidud anaeroobse läve intensiivsusel või sellest veidi allpool. Uuringud leidsid, et anaeroobse läve

intensiivsusel tõuseb RPE hinnang oluliselt töö kestvuse pikenedes. Oluliselt vähem on andmeid madala, aeroobse läve intensiivsusel sooritatud koormuse mõjule. Käesolevale magistritööle kõige sarnasemal intensiivsusel, 70% maksimaalse hapnikutarbimise intensiivsusel, uuringu viisid läbi Green et al., (2009). Autorid leidsid, et sellel intensiivsusel 60-minutilisel koormusel ei olnud statistiliselt olulist mõju RPE hinnangu muutusele. Autorid järeldasid, et kuigi sellisel madalal intensiivsusel oli koormuse kestusel väike mõju RPE hinnangule, siis kestuse pikenedes võib muutus siiski olla oluline, mis oli ka käesoleva uuringu tulemus. Kui võrrelda koormuse kestuse või intensiivsuse mõju RPE hinnangule, siis on intensiivsuse mõju olulisem. Seda näitas ka Monteiro et al., (2019) uuring, kus leiti, et kuigi RPE hinnang tõusis erinevatel intensiivsusel (madal, mõõdukas, intensiivne), siis RPE hinnangu tõus oli statistiliselt olulisem ja järsem kui rakendati kõrgemat intensiivsust. Monteiro et al., (2019) leiab RPE tõusu põhjuseks võib olla, et uuritav hakkab koormuse jooksul rohkem väsimust tunnetama. Kuigi võimsus või kiirus püsib ühtlasena, annab aju signaali, et pingutus muutub raskemaks. Need signaalid võivad olla mõjutatud järgmisest muutujatest: VO_2 , minutiventilatsioon, SLS, La, pH tase, lihaskahjustused, keha temperatuur, glükogeeni tase lihastes jne (Chen et al., 2002). Käesoleva magistritöö uuringus sooritatud 90-minutilise koormuse jooksul muutus RPE hinnangu tõus statistiliselt oluliseks ($p < 0,05$) alates 60. minutist. Ehkki käesoleva uuringu intensiivsus oli üsna madal, siis koormuse pikenedes oli kestuse mõju RPE hinnangule tuvastatav. Oluliseks uurimistulemuseks võib pidada ka seda, et väsimuse aste trenni lõpus muutus oluliselt võrreldes koormuse eelse hinnanguga.

Lisaks RPE hinnangule, suurenes oluliselt käesolevas uuringus ka SLS 90-minutilise koormuse jooksul. Sarnast tõusu leiti ka Green et al., (2005) uuringus, milles SLS tõus muutus oluliseks 60-minutilise testi käigus alates 30. minutist. Green et al., (2005) uuringus oli aga intensiivsus anaeroobse läve intensiivsusel. Jesus et al., (2021) uuringus ei olnud SLS tõus madalal intensiivsusel oluline, samas leiti, et mõõdukal ja kõrgel intensiivsusel 30-minutilise konstantsel kiirusel sooritatud koormusel oli SLS tõus oluline. Barroso et al., (2015) ja Fusco et al., (2020) uuringutes ujusid sportlased samuti anaeroobsel läve intensiivsusel, kuid SLS tõus ei olnud oluline. Viimase korral võib üheks põhjuseks olla, et tegemist oli intervalltreeninguga, milles uuritavad said seeriate vahel puhata. Käesoleva uuringu konsantsel intensiivsusel sooritatud testil muutus SLS tõus oluliseks alates 70. minutist. Võib oletada, et madalal intensiivsusel on SLS tõus lühiajalise < 60 minutilise koormuse jooksul minimaalne. SLS taseme tõus muutus oluliseks koormuse kestuse pikenedes. Võrdluseks saab siinkohal tuua Maunder et al., (2021) uuringu, milles leiti, et submaksimaalsel kiirusel (maratoni tempos) joostes ilmnes SLS taseme tõus hetkel, kui ~60% ajalisest kestusest oli läbitud. Sarnaselt

argumenteerivad Hofmann & Tschakert (2017) oma uuringus, et muutused mitmetes füsioloogilistes näitajates muutuvad konstantsel intensiivsusel oluliselt ajahetkel, mis vastab umbes 70% teoreetilisest maksimumist kui kaua antud intensiivsust suudab sportlane sooritada. Käesoleva magistritöös leiti, et SLS tõus oli vähe märgatav, kuid alates 70. minutist osutus see tõus statistiliselt oluliseks muutuseks võrreldes 10. minuti väärtusega ($p < 0,05$). Kui võrrelda SLS ja RPE muutusi koormuse käigus (oluline muutus toimus sarnases ajaraamis), võib nende parameetrite hindamisel olla, vastavalt treeningu eesmärgile, potentsiaal madala intensiivsusega treeningute efektiivsemal monitoorimisel.

Fusco et al., (2020) uuringus ei esinenud ujumise intervalltreeningu seeriade vahel olulisi erinevusi kiiruses, SLS, La, samas esines RPE hinnangu suurenemine lõikude järgselt. Üheks põhjuseks võis olla näiteks lihaste glükogeeni taseme langus. La muutuse järgi treeningu intensiivsuse määramisel võib samuti olla teatud juhtudel ebausaldusväärne. Raskel treeningperioodil väheneb maksimaalne laktaadi kontsentratsioon maksimaalsel pingutusel, seejuures submaksimaalsed näitajad püsivad muutumatuna või vähenevad vähesel määral. (Urhausen & Kindermann, 2002) Treeningkoormuse järsk suurenemine võib samuti põhjustada glükogeeni ammendumist lihastes, mis on omavahelises seoses keskmise ja maksimaalse laktaadi kontsentratsiooni langusega (Costill et al., 1988; Foster, 1988). Kuna laktaat on glükogenolüüsi kõrvalsaadus, võib keskmist ja maksimaalset laktaadi kontsentratsiooni kasutada alternatiivina, et hinnata lihaste glükogeeni kontsentratsiooni vähenemist. Uuringud näitavad, et kõrge treeningu intensiivsus või kestus järjestikuste treeningpäevade vältel alandab lihaste glükogeeni taset ja vähendab laktaadi kontsentratsiooni, põhjustades väsimust ja sportliku soorituse langust. (Costill et al., 1988; Foster, 1998).

Käesoleva uurimistöö üheks eesmärgiks oli välja selgitada, kas tekkinud RPE muutuse ulatus oli seotud sportlase aeroobse võimekusega, mille parameetreid hindasime kasvavate koormustega testil. Uuringu esimeses osas viidi läbi astmeline koormustest veloergomeetril, et analüüsida vaatlusaluste aeroobset võimekust. Sarnast astmelist koormustesti veloergomeetril kasutasid mitmed autorid (Foster et al., 2001; Green et al., 2005; Green et al., 2007; Green et al., 2011; Fusco et al., 2020) oma uuringutes. Astmelise testi käigus määrati sportlase funktsionaalset võimekust iseloomustavad tegurid nagu VO_{2max} , ventilatsioon, maksimaalne võimsus ja SLS, aeroobse ja anaeroobse läve võimsus (W) ja SLS. Monteiro et al., (2019) uuringus sooritasid uuritavad kolmel erineval intensiivsusel 40-minutilise konstantsel intensiivsusel testi ning järeldati, et ka uuritava füüsiline võimekus võib mõjutada RPE hinnangut. Green et al., (2007) uuringus leiti, et madalama füüsilise võimekusega uuritavate RPE hinnang oli oluliselt kõrgem alates 30. minutist kui kõrgema füüsilise võimekusega

uuritavatel. Samas, käesolevas uuringus ei olnud astmelisel testil mõõdetud funktsionaalse võimekuse parameetritel olulist mõju RPE, SLS, La ega koormusejärgse väsimuse hinnangule. Funktsionaalse võimekuse parameetrite seoste puudumist pikaajalisel konstantsel koormusel võib põhjendada uuritavate erinev koormuse akuutne talumisvõime (i.k. *durability*). Maunder et al., (2021) kirjeldasid „*durability*“ nähtust kui sportlase organismi koormustaluvust konstantsel intensiivsusel pikaajalise koormuse jooksul. Maunder et al., (2021) uuring peegeldas samuti sportlaste koormustaluvust. Nimetatud uuringus sõideti 4 tundi ühtlasel individuaalselt määratud intensiivsusel. Tulemused näitasid, et RPE, SLS hinnangud erinesid oluliselt, seejuures ükski kasvavate koormustega testi leitud parameetrist ei olnud seotud pikal testil tekkinud muutusega. Autorid leidsid, et sportlase koormustaluvust võib saada määrata ainult pikaajalise konstantsel intensiivsusel koormuse käigus, mitte niivõrd kasvavate koormustega koormustestil. Uuringud (Smyth & Muniz-Pumares, 2020; Jones et al., 2021) leidsid samuti, et kõrgema tasemega jooksjad suutsid maratoni läbida kõrgemal suhtelisel intensiivsusel oma anaeroobse läve intensiivsusest. Ka siin toodi põhjenduseks taas sportlase paremat koormustaluvust.

Seda kinnitasid ka käesoleva uuringu tulemused, et kasvavate koormustega testil mõõdetud parameetrid ei olnud oluliselt seotud 90-minutilise testi tulemustega. Siiski, ainus seos, mis leiti oli anaeroobse läve SLS ja 90-minutilise testi SLS muutuse vahel ($r = 0,622$; $p < 0,05$). See võib olla seotud SLS reserviga. Ehkki SLS on läve intensiivsuste individuaalne indikaator, siis anaeroobse läve SLS kõrgem väärtus võib viidata ka suuremale vahemikule, mille ulatuses SLS mingil konstantsel intensiivsuses saab varieeruda. Samas, ei oma antud seos tõenäoliselt praktilises treeneritöös antud uurimisküsimustega seoses olulist väärtust.

Lisaks oli käesoleva magistritöö eesmärgiks välja selgitada, kas VAS tüüpi skaalal (Tabel 2) raporteeritud väsimuse aste on seotud sportlase raporteeritud RPE hinnanguga koormuse lõpus. Koormusjärgne väsimus võib olla oluline parameeter hilisemale taastumise vajadusele ning seeläbi treeningutega kohanemisele (Hofmann & Tschakert, 2017). Tulemused näitasid, et koormuse lõpus raporteeritud RPE ei olnud oluliselt seotud koormusejärgse väsimuse hinnanguga. Varasemad artiklid (Green et al., 2009; Kilpatrick et al., 2009; Hornsby et al., 2013) leidsid samuti, et koormuse ajal raporteeritud hetkelised (i.k. *acute*) RPE hinnangud ei olnud statistiliselt seotud treeningut iseloomustava sRPE hinnanguga. Seejuures Kilpatrick et al., (2009) uuringus konstantse koormuse viimasena raporteeritud hetkeline RPE hinnang oli seotud treeningut iseloomustava sRPE-ga. Kilpatrick et al., (2009) toob põhjenduseks, et uuritav mäletab koormuse viimast hinnangut kõige paremini ja seetõttu võib uuritav hinnata viimast koormust kõrgemalt.

Fusco et al., (2020) tõdes, et RPE hinnang treeningkoormuse määramisel võib olla täpsem meetod kui SLS või La. Kui eelnimetatud autorite uuringus püsisid La ja SLS seeriade lõikes muutumatuna, siis RPE väärtus koormuse kestvuse suurenedes tõusis. Autorid järeldasid, et RPE hinnang tajutava treeningkoormuse määramisel võtab arvesse ka kogunevat väsimust. Kõrvutades siin käesoleva uuringu tulemusi, võib eeldada, et madalamal intensiivsusel sooritatud koormuse puhul väsimuse kuhjumine ja RPE hinnangu seosed koormuse lõpus ei ole nii lihtsasti tuvastatavad ja vajaksid edasisi uuringuid. Kui vaatlusalusetele rakendada individuaalset koormust, siis tulenevalt nende koormustaluvusest võiksid seetõttu RPE ja väsimuse hinnangud olla omavahel seoses. Ehkki käesolevas uuringus üritati rakendada võimalikult sarnaseid tingimusi, kasutades jahutamist ventilaatoriga, lubades tarbida vett (*ad libitum* kuni 0,5 l) ja tarbiti spordigeeli, kaotasid vaatlusalused sellegipoolest oluliselt oma kehamassi 90-minutilise testi käigus, mis võis avaldada erinevat individuaalset mõju nii väsimuse kui RPE hinnangule. Seega, on olulised edasised uuringud, kuivõrd RPE hinnangud koormuse lõpul võivad olla kasutatavad treeningute planeerimisel praktilise treeningprotsessi käigus.

Üheks märkimisväärseks tulemuseks käesolevas magistritöös võib pidada ka olulise erinevuse puudumist eeldatava sisemise treeningu koormuse ja tegeliku sisemise treeningu koormuse vahel ($360,0 \pm 36,7$ KÜ vs. $394,6 \pm 94,0$ KÜ). Samas oli näha, et tegeliku sisemise koormuse väärtuse puhul oli oluliselt suurenenud standardhälve, mis võib näidata RPE hinnangu variatiivsuse suurenemist. Eemaldades andmeanalüüsist ühe vaatlusaluse, kelle RPE oli testi lõpus madalam kui koormuse alguses, muutus ka koormuste vaheline erinevus oluliseks. See näitab, et madalal intensiivsusel võib treeningkoormuse määramisel olla RPE täpsem meetod kui analüüsides SLS või La muutusi, mille muutuste ulatused olid oluliselt väiksemad. Samuti ei pruugi viimati mainitud parameetrid piisava tundlikkusega kajastada pingutuse tõusu suurenemist ja seeläbi ka sisemise koormuse ulatuslikumat kasvu. Sisemisel treeningu koormusel võib olla oluliselt suurem mõju treeningutega kohanemisele võrreldes treeningu välise koormusega, mida valdavalt kasutatakse treeningute planeerimisel. Näiteks Foster et al., (1998) leidsid, et treeningkoormus korreleerus vigastuste esinemissageduste ja haigustega, mis viitab sellele, et õige treeningkoormuse rakendamine võib aidata tuvastada kohanemishäireid treeningutele. Seega, on edasised uuringud ka eeldatava ja tegeliku sisemise koormuse osas praktilise treeningutöö kontekstis olulised nii kohanemisel treeninguga kui vigastuste riski silmas pidades.

Käesoleva uuringu puudusteks võib olla väike uuritavate valim ja ühtlane, uuritavate väga hea ja võrdlemisi homogeenne, vastupidavusliku võimekuse tase, mis võis raskendada seoste

leidmist püstitatud uuringu küsimustele. Suurema ja heterogeensema valimi puhul võivad ilmned seoseid, mis käesolevas uuringus jäid leidmata. Lisaks võis uuringu puuduseks olla liiga lühike konstantse koormuse kestus. Uuringu tulemused näitasid, et RPE, SLS ja La muutused olid oluliselt alles koormuse teisest poolest ning reaalsed muutused olid üsna väikese ulatusega. Pikema uuringu kestuse puhul oleks suure tõenäosusega vaatlusaluste koormustaluvuse tase paremini väljendunud ning RPE ja /või väsimuse astme muutus olnud ulatuslikum. Käesolevas uuringus leitud seos RPE ja väsimuse astme vahel viitab tendentsina ($p < 0,1$) sellise seose võimalikkusele, kuid lõplike järelduste tegemiseks oleks vaja edasisi uuringuid.

Töö üheks tugevuseks võib olla antud uurimisteema uudsus. Väga mitmes varasemas uuringus on sarnaseid konstantse intensiivsusega treeninguid uuritud, kuid erinevus seisneb kas intensiivsuses või koormuse kestuses. Varasemad uuringud (Barroso et al., 2015; Fusco et al., 2020; Foster et al., 2001 Green et al., 2005) uurisid muutusi anaeroobse läve intensiivsusel. Uuringud (Green et al., 2009; Jesus et al., 2021; Monteiro et al., 2019) olid sooritatud allpool aeroobset intensiivsust, kuid leidsid, et vähem kui 60-minutilise koormuse jooksul ei ole uuritud parameetrite muutused veel statistiliselt olulised. Samas moodustavad vastupidavusala sportlastel pikaajalised, > 90 minutilised treeningud, umbes 80% kogutreeningumahust (Hofmann & Tschakert, 2017). Teaduslikult põhjendatud meetodid intensiivsuse-mahu efektiivsemal planeerimisel on olulise tähtsusega ja edasisised uuringud vajalikud.

6. JÄRELDUSED

Käesoleva magistritööpõhjal võib teha järgmised järeldused:

1. Vaatlusaluste aeroobse võimekuse ja maksimaalse hapnikutarbimise tulemused olid väga heal tasemel.
2. Vaatlusaluste pingutuse tajutav raskusaste, südame löögisagedus, laktaadi kontsentratsioon ja väsimuse aste muutusid oluliselt 90-minutilise aeroobse intensiivsusega koormuse jooksul.
3. Vaatlusaluste raporteeritud RPE hinnangud ei olnud oluliselt seotud 90-minutilise aeroobse intensiivsusega koormuse lõpus raporteeritud väsimuse hinnanguga.
4. Vaatlusaluste südame löögisagedus, RPE, laktaadi kontsentratsioon ja väsimuse aste ei olnud seotud ühegi kasvavate koormustega testil mõõdetud parameetriga.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Baker LB, Jeukendrup AE. Optimal composition of fluid-replacement beverages. *Comprehensive Physiology* 2014; 4: 575–620.
2. Barroso R, Salgueiro DF, do Carmo EC, Nakamura FY. The effect of training volume and repetition distance effect session rating of perceived exertion and internal load in swimmers. *International Journal of Sports Physiology Performance* 2015; 10: 848–852.
3. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1970; 2: 92–98.
4. Burnet K, Kelsch E, Zieff G, Moore JB, Stoner L. How fitting is F.I.T.T.?: A perspective on a transition from the sole use of frequency, intensity, time, and type in exercise prescription. *Physiology & Behavior* 2019; 199: 33–34.
5. Chen MJ, Fan X, Moe ST. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences* 2002; 20: 873–899.
6. Costill DL, Flynn MG, Kirwan JP, Houmard JA, Mitchell JB, et al. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1988; 20: 249–254.
7. Egan B, Zierath JR. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metabolism* 2013; 17: 162–184.
8. Foster C, Florhaug J, Franklin JG, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2001; 15: 109–115.
9. Foster C, Snyder A, Thompson N, Kuettel K. Normalization of the blood lactate profile in athletes. *International Journal of Sports Physiology Performance* 1988; 09: 198–200.
10. Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998; 30: 1164–1168.
11. Fry RW, Morton AR, Garcia-Webb P, Crawford GPM, Keast D. Biological responses to overload training in endurance sports. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1992; 64: 335–344.
12. Fusco A, Knutson C, King C, Mikat RP, Porcari JP, et al. Session rpe during prolonged exercise training. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2020; 15: 292–294.

13. Fusco A, Sustercich W, Edgerton K, Cortis C, Jaime SJ, et al. Effect of progressive fatigue on session RPE. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* 2020; 5: 1–11.
14. Green JM, Hornsby J, Timme L, Gover L, Mayes. Effect of exercise duration on session RPE at an individualized constant workload. *European Journal of Applied Physiology* 2009; 107: 501–507.
15. Green JM, McLester JR, Crews TR, Wickwire PJ, Pritchett RC, et al. RPE-lactate dissociation during extended cycling. *International Journal of Sports Physiology* 2005; 94: 145–150.
16. Green JM, Pritchett RC, McLester JR, Crews TR, Tucker DC. Influence of aerobic fitness on ratings of perceived exertion during graded and extended duration cycling. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2007; 47: 33–39.
17. Green JM, Yang, Z, Laurent CM, Davis JK, Kerr K, et al. Session rpe following interval and constant-resistance cycling in hot and cool environments. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2007; 39: 2051–2057.
18. Hagerman FC, Staron RE. Seasonal variations among physiological variables in elite oarsmen. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1982; 14: 142.
19. Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine* 2014; 44: 139–147.
20. Hofmann P, Tschakert G. Intensity-and duration-based options to regulate endurance training. *Frontiers in Physiology* 2017; 8: 1–9.
21. Hofmann P, Tschakert G. Special needs to prescribe exercise intensity for scientific studies. *Cardiology Research and Practice* 2010; 2011: 1–10.
22. Hornsby JH, Green JM, O’Neal EK, Killen LL, Joyce RM, et al. Influence of terminal RPE on session RPE. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2013; 27: 2800–2805.
23. Jesus RS, Batista RÉS, Santos VME, Ohara D, Alves EDS, et al. Exercise duration affects session ratings of perceived exertion as a function of exercise intensity. *Perceptual and Motor Skills* 2021; 128:1730–1746.
24. Jones AM, Kirby BS, Clark IE, Rice HM, Fulkerson E, et al. Physiological demands of running at 2-hour marathon race pace. *Journal of Applied Physiology* 2021; 130: 369–379.

25. Kilpatrick MW, Robertson RJ, Powers JM, Mears JI, Ferrer NF. Comparisons of RPE before, during, and after self-regulated aerobic exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2009; 41: 682–687.
26. Lehmann M, Baumgartl P, Wiesenack C, Seidel A, Baumann, et al. Training-overtraining: influence of a defined increase in training volume vs training intensity on performance, catecholamines and some metabolic parameters in experienced middle- and long-distance runners. *European Journal of Applied Physiology* 1992; 64: 169–177.
27. Lehmann M, Knizia K, Gastmann U, Petersen KG, Khalaf AN, et al. Influence of 6-week, 6 days per week, training on pituitary function in recreational athletes. *British Journal of Sports Medicine* 1993; 27: 186–192.
28. Maunder E, Seiler S, Mildenhall MJ, Kilding AE, Plews DJ. The importance of ‘durability’ in the physiological profiling of endurance athletes. *Sports Medicine* 2021; 51: 1619–1628.
29. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, et al. Prevention, Diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome. *Med. Sci. Sports Exercise* 2013; 45: 186–205.
30. Mezzani A, Corra U, Giordano A et al. Upper intensity limit for prolonged aerobic exercise in chronic heart failure. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2010; 42: 633–639.
31. Meyer T, Lucía A, Earnest CP, Kindermann W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters—theory and application. *International Journal of Sports Medicine* 2005; 26: 38–48.
32. Micklewright D, St Clair Gibson A, Gladwell V, Al Salman A. Development and validity of the rating-of-fatigue scale. *Sports Medicine* 2017; 47: 2375–2393.
33. Monteiro W, Cunha F, Brasil I, Joi S, Farinatti P. Rates of perceived exertion obtained from cardiopulmonary exercise testing are not reproduced during prolonged aerobic bouts. *Journal of Exercise Physiology* 2019; 22: 29–36.
34. Mäestu J, Jürimäe J, Jürimäe T. Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Medicine* 2005; 35: 597–617.
35. Mäestu J, Jürimäe J, Kreegipuu K, Jürimäe T. Changes in perceived stress and recovery during heavy training in highly trained male rowers. *Sport Psychology* 2006; 20: 24–39.

36. Pind R, Hofmann P, Mäestu E, Vahtra E, Purge P, et al. 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* 2021; 12: 1–10.
37. Pind R, Mäestu E, Purge P, Jürgenson J, Arend M. Internal load from hard training sessions is related to changes in performance after a 10-week training period in adolescent swimmers. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2019; 38: 2846–2852.
38. Pind R, Purge P, Mäestu E, Vahtra E, Hofmann P, et al. Session rating of perceived exertion is different for similar intensity and duration prescribed low intensity sessions and has a different effect on performance in young cross-country skiers. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2023; 37: 187–193.
39. Seiler KS, Kjerland GO. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2006; 16: 49–56.
40. Smyth B, Muniz-Pumares D. Calculation of critical speed from raw training data in recreational marathon runners. *Medicine & Science in Sports Exercise* 2020; 52: 2637–2645.
41. Steinacker JM. Physiological aspects of training in rowing. *International Journal of Sports Medicine* 1993; 14: 3–10.
42. ten Haaf TPG, Staveren S, van Oudenhoven E, Piacentini MF, Meeusen R, et al. Subjective fatigue and readiness to train may predict functional overreaching after only 3 days of cycling. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2017; 12: 287–294.
43. Tremblay MS, Copeland JL, Van Helder W. Influence of exercise duration on post-exercise steroid hormone responses in trained males. *European Journal of Applied Physiology* 2005; 94: 505–513.
44. Tschakert G, Hofmann P. High-intensity intermittent exercise: Methodological and physiological aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2013; 8: 600–610.
45. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of overtraining. *Sports Medicine* 2002; 32: 95–102.
46. Viru A. Plasma hormones and physical exercise. *International Journal of Sports Medicine* 1992; 13: 201–209.

47. Watt MJ, Heigenhauser GJF, Dyck DJ, Spriet LL. Intramuscular triacylglycerol, glycogen and acetyl group metabolism during 4 h of moderate exercise in man. *Journal of Physiology* 2022; 541: 969–978.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Henry Räppo,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Treeningharjutuse kestuse mõju sportlase RPE hinnangule madala intensiivsusega jalgrattasõidul,

mille juhendajad on Jarek Mäestu, Rauno Kuusemets,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Henry Räppo

21.05.2023