

TARTU ÜLIKOOL  
sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

**Kirte Katrin Sarevet**

**Koormuse intensiivsuse ja mahu seos madala intensiivsusega  
treeningtsoonis noortel murdmaasuusatajatel**

**Interaction of training intensity and volume during prolonged exercise training  
in low intensity domain in young cross-country skiers**

**Magistritöö**

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja: professor, J. Mäestu, PhD

Tartu, 2023

## SISUKORD

LÜHIÜLEVAADE.....	3
ABSTRACT.....	4
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	5
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED.....	10
3. METOODIKA.....	11
3.1 Vaatlusalused.....	11
3.2 Uuringu disain.....	11
3.3 Kasvavate koormustega test paaristõuke ergomeetril.....	13
3.4 60-minutiline konstantse intensiivsusega test paaristõuke ergomeetril.....	13
3.5 Andmete statistiline analüüs.....	15
4. TÖÖ TULEMUSED.....	16
5. ARUTELU.....	20
6. JÄRELDUSED.....	24
KASUTATUD KIRJANDUS.....	25

## LÜHIÜLEVAADE

**Eesmärk:** analüüsida subjektiivset treeningu raskuse hinnangut 60-minutilise madalal intensiivsusel sooritatud koormusel paaristõuke ergomeetril ning selle seost sportlase töövõime näitajatega kasvavate koormustega testil Eesti noorsuusatajatel.

**Metoodika:** Uuringus osales kokku 10 murdmaasuusatajat vanuses  $15,9 \pm 0,7$  aastat, kes sooritasid kasvavate koormustega testi ning vähemalt 48 tunnise ajavahega 60-minutilise konstantse koormusega testi paaristõuke ergomeetril. Kasvavate koormustega testil mõõdeti iga minuti südame löögisagedus ning pingutuse subjektiivne tajutav raskusaste. Testi käigus määrati vaatlusaluste maksimaalne hapnikutarbimine ning sellele vastav võimsus vattides. Kolmandal ja viiendal minutil pärast koormustesti mõõdeti laktaadi kontsentratsioon veres. 60-minutiline konstantse koormusega test sooritati vastavalt esimesel testil määratud aeroobse läve võimsusele. Enne testi algust märkis vaatlusalune oma väsimuse astme 10-punktilisel VAS skaalal. Testil määrati laktaadi kontsentratsioon iga kümne minuti järel ning testi lõppedes taastumise kolmandal ja viiendal minutil. Lisaks märgiti iga kümne minuti järel vaatlusaluse subjektiivne hinnang koormuse raskusele ning registreeriti ka vastav südame löögisagedus.

**Tulemused:** Konstantse 60-minutilise testi südame löögisageduse muutused oli statistiliselt usutavalt erinevad alates 40 minutist. Vaatlusaluste subjektiivne hinnang koormusele hakkas oluliselt suurenema 20 minutil ja suurenes oluliselt 40 minutini. Vaatlusaluste hinnang väsimusele enne 60-minutilist testi aeroobsel lävel oli  $1,2 \pm 1,03$  ning testi lõpus  $4,9 \pm 1,29$ . Vaatlusaluse aeroobse läve suhteline intensiivsus oli positiivses seoses väsimuse ( $r=0,674$ ) ja RPE ( $0,736$ ) muutusega. Lisaks oli anaeroobse läve suhteline intensiivsus korrelatsioonis väsimuse muutusega ( $r=0,669$ ). Vaatlusaluste eeldatav koormus 60-minutilisel paaristõuke testil aeroobsel lävel oli oluliselt madalam võrreldes nende sisemise koormusega testi järgselt ( $192 \pm 97$  KÜ vs  $306 \pm 77$  KÜ;  $p < 0,05$ )

**Kokkuvõte:** Noorsuusatajate koormuse subjektiivne raskus tõusis 60-minutilisel konstantse intensiivsusega testil oluliselt alates testi algusest, seevastu südame löögisagedus püsis testi algfaasis konstantsena ning suurenes oluliselt alates 40 minutist. Noorsuusatajate aeroobse ja anaeroobse läve suhtelised intensiivsused olid olulises seoses väsimuse ja RPE hinnangute muutustega 60-minutilisel aeroobse läve intensiivsusega sooritatud koormusel paaristõuke ergomeetril.

**Märksõnad:** murdmaasuusatamine, RPE, koormuse tajutud raskus, südame löögisagedus, väsi

## ABSTRACT

**Aim:** To investigate changes in rating of perceived exertion (RPE) in a 60-minute constant-load test in double-poling on ski ergometer and its relationship with physiological parameters in an incremental test in Estonian youth skiers.

**Methods:** 10 cross-country skiers in ages  $15,9 \pm 0,7$  performed maximal incremental test and 60-minute constant-load test in double-poling on ski ergometer at least 48 hours apart. During the incremental test heart rate and rating of perceived exertion were measured every minute. During the test, the subjects' maximal oxygen uptake and corresponding power in watts were determined. Blood lactate concentration was measured in the third and fifth minute after the incremental test. The 60-minute constant-load test was performed according to the aerobic threshold power determined in the first test. Prior to the start of the test, the subject indicated his level of fatigue on a 10-point VAS scale. In addition, the lactate concentration was measured every ten minutes and at the end of the test at the third and fifth minute of recovery. In addition, every ten minutes the subject was asked to mark a rating of perceived exertion and the corresponding heart rate was recorded.

**Results:** Changes in heart rate in the constant 60-minute test were significant from 40 minutes onwards. Rating of perceived exertion began to increase significantly at 20 minutes and increased significantly till 40 minutes. Rating of fatigue before the 60-minute test on the aerobic threshold was  $1.2 \pm 1.03$  and at the end of the test  $4.9 \pm 1.29$ . The relative intensity of the aerobic threshold was positively related to changes in fatigue ( $r=0,674$ ) and RPE ( $0,736$ ). In addition, the relative intensity of the anaerobic threshold was correlated with the change in fatigue ( $r=0.669$ ). Subjects' expected workload during the 60 minutes constant-load test on the aerobic threshold was significantly lower compared to their internal workload post-test ( $192 \pm 97$  vs  $306 \pm 77$ ;  $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** The rating of perceived exertion of youth skiers increased significantly from the start of the 60-minute constant-load test, while heart rate remained constant at the start of the test and increased significantly from 40 minutes. Relative intensities of aerobic and anaerobic thresholds in youth athletes were significantly related to changes in fatigue and RPE ratings during 60-min aerobic threshold intensity exercise in double-poling on ski ergometer.

**Keywords:** cross-country skiing, RPE, rating of perceived exertion, heart rate, fatigue

## 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Treeningprotsessis on olulise tähtsusega treeningu koormuse monitooring, milles eristatakse kahte erinevat koormuse liiki: sisemine treeningu koormus (südame löögisagedus, hapnikutarbimine, laktaadi kontsentratsioon, subjektiivne koormuse raskusaste) ja väline treeningu koormus (läbitud distants, tõstetud raskused, treeninguaeg jne) (Halson, 2014). Vastupidavustreeningul on välise koormuse regulatsiooni aluseks peamise faktorina kasutamisel treeningu intensiivsus, läbi mille määratakse eeldatav pingutuse aste ning seeläbi ka konkreetse treeningu eesmärk (Seiler & Kjerland, 2006). Teine oluline treeningukoormuse muutuja on treeningu maht, mis on praktilise treeningprotsessi käigus harva määratud individuaalsete näitajate põhjal ning enamasti valitakse eelneva kogemuse põhjal (Hofmann & Tschakert, 2017). Treeningu mahu määramist on lihtsam juhtida kõrge intensiivsusega treeningutel, mille eesmärgiks on ühtlasi tugeva väsimuse astme esilekutsumine, siis on selliste treeningute puhul treeningu mahu või intervallide arvu määramine lihtsam, samas madalas intensiivsustsoonis ei ole muutused treeningu mahus sedavõrd ilmsed, et vajadusel kas mahtu või intensiivsust korrigeerida (Pind et al., 2021a). Kuna treeningu pikkus, mis tahes intensiivsusega töötades, mängib olulist rolli väsimuse tekkes ning seeläbi mõjutades kohanemisprotsesse, on oluline selgitada võimalikke parameetreid, mis integreerivad nii intensiivsuse kui ka treeningu mahu määramise ühte mudelisse, eriti just madalas intensiivsustsoonis (Hofmann & Tschakert, 2017). Väga laialdaselt on vastupidavusaladel kasutatud sisemise koormuse suuna hindamisel peamiselt südame löögisageduse (SLS) mõõtmist. See on näidanud suhteliselt head valiidsust treeningukoormuse intensiivsuse kategoriseerimisel (Foster et al., 2017). Viimased uuringud (Hofmann & Tschakert, 2017; Maunder et al., 2021) argumenteerivad optimaalse intensiivsuse ja kestuse suhte tähtsust mitte ainult kõrge intensiivsusega, vaid ka madala intensiivsusega treeningul. Südame löögisageduse kasutamisel on laiemalt levinud kolme- ja viietsoonilised jaotused. Üheks võimaluseks on treeningud jaotada viite erinevasse tsooni vahemikus 50-100% maksimaalsest südame löögisagedusest. Kolmetsoonilises jaotuses on intensiivsuspäärid määratletud esimese ja teise minutiventilatsiooni murdepunktiga (aeroobse ja anaeroobse läve intensiivsusega) (Seiler & Kjerland, 2006).

Vere laktaadi kontsentratsiooni ja laktaadiläve kasutatakse sobiva treeningu intensiivsuse kindlaks tegemisel nii laboritingimustes kui ka hiljem treeningute käigus koormuse intensiivsust kontrollides (Hofmann & Tschakert, 2010). Mida kõrgem on laktaadi kontsentratsioon veres, seda intensiivsem on treening. Kuigi laktaadi kontsentratsiooni

määramine on muutnud lihtsamaks on selle meetodi kasutamine igal treeningul ebapraktiline ning liiga ajamahukas (Borresen & Lambert, 2009). Samas võivad organismi glükogeenivarud mõjutada vere laktaadi kontsentratsiooni ning seeläbi ka hinnangut koormuse intensiivsusele. Kehalisel tööl viitab vere laktaadisalduse langus lihase glükogeenivarude langusele, mille tagajärjeks on väsimus ja sportliku soorituse halvenemine (Foster, 1998)

Lisaks südame löögisageduse, vere laktaadi kontsentratsiooni ja hapniku tarbimise mõõtmisele on võimalik sisemise treeningu koormuse hindamisel kasutada sportlase subjektiivset hinnangut treeningukoormusele. Rootsi teadlase Borg (1970) poolt loodud 10-punktiline skaala (RPE) peegeldab indiviidi subjektiivset reaktsiooni treeningu intensiivsusele ja kestusele (Foster, 1998; Foster, et al., 2001). RPE korrutamisel treeningu ajaga saadakse hinnang sportlase sisemisele treeningukoormusele (sRPE) (Foster et al., 2001). Antud meetodit on kasutatud erinevate vastupidavusspordialade puhul (Foster et al., 2001) (Seiler & Kjerland, 2006), aga ka erinevate pallimängude ja jõutreeningute puhul (Foster et al., 2021). Mitmed uuringud on näidanud, et RPE hindamisskaala on seotud mitmete objektiivsete treeningu sisemist koormust iseloomustavate hindamismeetoditega nagu näiteks südame löögisagedus või vere laktaadi kontsentratsioon (Foster et al., 2017). Varasemad uuringud on näidanud, et RPE on abiks treeningu intensiivsuse määramisel, kui jooksulindil treenides on laktaadi kontsentratsioon vahemikus 2,5 ja 4,0 mmol/l (Stoudemire et al., 1996). Lisaks vereproovide võtmise vajaduse vähendamisele on uuringud näidanud, et RPE hinnangut treeningu järgselt ei mõjuta treenitus ega sugu (Robertson et al., 2000) Vastavalt treeningu ning treeningtsükli iseloomule saab RPE meetodit suhteliselt lihtsasti kasutada, et seeläbi sportlase väsimusastet vastavalt vajadusele kas suurendada või vähendada (Meeusen et al., 2013).

Treeningu RPE võib lisaks sisemisele treeningukoormusele olla tundlik erinevatele faktoritele nagu treeninguaeg, ilmastik, glükogeenivarude ammendumine jne. Seega, võib RPE anda lisainformatsiooni kuhjuvast väsimusest (Fusco et al., 2020b).

Näiteks on leitud, et kõrgel intensiivsusel tehtaval intervalltreeningul oli vaatlusaluste südame löögisagedus ja vere laktaadi kontsentratsiooni kõikide intervallide vältel üpris sarnane, kuid RPE hindamisskaalal hinnatud tajutava pingutuse väärtus tõusis progressiivselt (Fusco et al., 2020b). Sarnane tulemus leiti ka keskmiselt kõrgematel intensiivsustel koormusintervalle sooritanud ujujate treeninguid analüüsid (Fusco et al., 2020a).

Viru et al. (1996) toob lisaks välja, et treeningul, mida tehakse alla teatud intensiivsuse läve, tekivad hormonaalsed reaktsioonid alles pärast teatud aja möödumist. Kuna mitmed hormonaalsed muutused peegeldavad akuutse ja kroonilise koormusega kohanemist, siis võib

oletada, et treeningefekti esilekutsumiseks või ülekoormuse vältimiseks ei ole oluline ainult treeningu intensiivsus, vaid ka konkreetse intensiivsuse kestus. Järelikult on sobivate treeninguefektide osas vaja meetodeid, mis integreerivad nii intensiivsuse kui ka kestuse määramise ühte mudelisse, pidades silmas vastupidavustreeningu peamisi eesmärke, milleks on suurendada submaksimaalseid ja maksimaalseid töövõime näitajaid (Lundby & Robach, 2015).

Varasemalt on RPE seost südame löögisageduse ja laktaadi kontsentratsiooniga uuritud pigem kõrge intensiivsusega treeningutel (Fusco et al., 2020a; Foster et al., 2001). 2020. aastal uuriti 11 treenitud ülikooli tasemel võistlevat uujat, kes sooritasid suure mahuga intervalltreeningu. Treeningu aega ja südame löögisagedust mõõdeti igal kordusel ning iga seeria kohta arvutati vastavate näitajate keskmine. Vere laktaadi kontsentratsiooni mõõdeti pärast igat seeriat. Seeriade vahel oli 10-minutiline paus, kus koguti RPE väärtused nagu treening oleks lõppenud. Korduste aegade ( $p=0.096$ ), südame löögisageduse ( $p=0.717$ ) ja vere laktaadi kontsentratsiooni ( $p=0.466$ ) vahel ei olnud olulisi erinevusi, mis viitavad sellele, et vaatlusalused töötasid individuaalselt sarnastel intensiivsustel. Samas, aga leiti, et vaatlusaluste RPE tõusis seeriade arvu suurenedes lineaarselt (esimesel koormusintervallil oli see 4, teisel 5, kolmandal 7 ja neljandal 8). See tulemus viitab sellele, et sama intensiivsuse säilitamisel treeningu kogu töökoormuse tajumine suurenes kestusega ning pingutus muutus raskemaks. Uuringus leiti lisaks, et töö kestuse pikenemine, kuigi seda tehakse ühtlase sisemise (SLS, laktaat) ja välise (aeg) koormusega, mõjutab olulisel määral treeningujärgset RPE-d. Tulemused viitavad sellele, et RPE võib anda lisateavet kogunenud väsimuse kohta, mida teised, sageli praktikas kasutatavad, vahendid ei anna (Fusco et al., 2020b).

Lisaks näitas üks juhtumipõhine uuring, et taastaval treeningul sooritatud pingutus oli liiga kõrge ning mitmed sportlased kurtsid järgmisel päeval väsimust. Sportlaste treener aga selle peale treeningplaani ei muutnud, kuna tegemist oli tema silmis taastava treeninguga. Selline tendents jätkus ka edaspidi ning kui hiljem sooritati treeningud, mille intensiivsus oli kõrgem ning treening oli arendava iseloomuga, siis ei suutnud sportlased pingutada selliselt, nagu treener oli ette näinud (Foster et al., 2001).

Foster et al. (2001) viis veloergomeetril läbi 30-, 60- ja 90-minutilise testi, kus 12 vaatlusaluse intensiivsus oli 90% individuaalsest anaeroobsest lävest. Tulemused näitasid, et treeningu kestuse pikenemine tõi kaasa minimaalse 30 minutit pärast treeningut hinnatud RPE tõusu. Sarnase uuringu viisid läbi Green et al. (2009), kes tegid 10 vaatlusalusega 20-, 30- ja 40-minutilise jooksulindil treeningut 70%  $VO_{2max}$  juures ning ei leidnud olulisi erinevusi RPE hinnangu muutuses. Kuigi need tulemused kinnitasid seda, et treeningumaht mõjutab RPE-d

lühiajaliselt treeningutel minimaalselt, tekib küsimus, kas pikemaajalised treeningud võivad anda teistsuguseid tulemusi RPE hinnangute muutustes treeningu kestvuse suurenedes (Green et al., 2009).

Hiljuti tehtud uuringus leiti, et 30-minutilise konstantse intensiivsusega jooksutreeningu ajal olid RPE väärtused kõrgemad võrreldes sarnaste intensiivsustega 15-minutilise jooksu ajal (Jesus et al., 2021). Mõju RPE muutusele ilmnes siiski vaid mõõduka või raske intensiivsuse puhul, mitte madala intensiivsusega treeningute puhul, samas on oluline märkida, et antud koormus kestis kõigest 30 minutit.

Treeningud peaksid olema jaotatud oma iseloomult kergeteks ja rasketeks (Viru, et al., 1996). Selleks, et sooritada kvaliteetne ja arendav treening, peab sportlase pingutusaste olema vastav treeningu eesmärkidele. Tehes aga väsimuse foonil tugevat treeningut on arengu saavutamise tõenäosus väike (Yeo et al., 2008). Siinkohal võibki olla RPE hindamiskaala üheks heaks indikaatoriks koormuse intensiivsuse ja mahu seostest taastava (kerge treeningpäev) iseloomuga madala intensiivsusega treeningutel ning millisel hetkel võib see treening osutada liiga raskeks, kas siis intensiivsuse või mahuga liialdamise mõttes. Seega võib näiteks madalas intensiivsustsoonis sooritatav treening (kontrollitud südame löögisagedusega) osutada ülemäärase mahu puhul oluliselt raskemaks, kuid see ei kajastu südame löögisageduse põhises intensiivsustsooni muutuses. Kahjuks on suhteliselt vähe teavet RPE ja südame löögisageduse seoste kohta madala intensiivsusega treeningute ajal, mida vastupidavusaladel ja seega ka murdmaasuusatamises palju kasutatakse.

Pind et al. (2021b) uuris noorsuusatajate RPE hinnanguid sarnase välise koormusega treeningute ajal. Uuringus leiti, et vaatlusalused, kelle RPE oli madala intensiivsusega treeningutel kõrgem, siis ka nende südame löögisagedus teise minutiventilatsiooni murdepunktis oli kõrgem. Kuigi sportlased treenisid sarnase plaani järgi samadel välistel koormustel hindasid vaatlusalused enda subjektiivselt hinnatud pingutust erinevalt. Tulemused viitavad sellele, et sisemine koormus treeningutel oli erinev tänu sportlase suutlikkusele vastavat intensiivsust säilitada. Järelikult võib eeldada, et sportlaste maksimaalne võimekus antud intensiivsust säilitada on erinev, millele viitab väsimuse varasem või hilisem tekkimine, mis kutsuvad esile treeningujärgsed RPE erinevused. Sellest aga omakorda sõltub sportlase järgnev kohanemine.

Murdmaasuusatamine on üks nõudlikumaid kestvusspordi alasid, kus võisteldakse erineval maastikul, kasutades klassika- või vabatehnikat, mis nõuavad erineval määral üla- ja/või alakeha tööd. Siiski näitavad viimased uuringud, et ülakeha võimekuse tähtsus

murdmaasuusatamises on oluliselt tõusnud ning samuti on paaristõukelise sõiduviisi tähtsus on murdmaasuusatamises viimase kahe aastakümne jooksul oluliselt kasvanud (Sandbakk et al., 2011). Sellest lähtuvalt on murdmaasuusatajate treeningute põhikomponent vastupidavustreening. Varasemad uuringud murdmaasuusatajatel toovad välja, et vastupidavustreeningul sooritatakse umbes 88–91% madalal intensiivsusel. (Sandbakk et al., 2011, 2016; Tønnessen et al., 2014). Nii suur madala intensiivsusega treeningute hulk viitab sellele, et treeningu aja ja intensiivsuse seost on vaja paremini tundma õppida, et oleks võimalik planeerida erinevate eesmärkidega madala intensiivsusega treeningut, et tagada vastupidavusvõime taastumine, säilitamine või arendamine (Hofmann & Tschakert, 2017).

Kokkuvõtteks võib öelda, et enamus seniseid sportlaste subjektiivselt hinnatud raskuse ja südame löögisageduse ning vere laktaadi kontentratsiooni vaheliste seoste uuringuid on tehtud pigem kõrge intensiivsusega koormustel. Seniajani on vähe teavet madala intensiivsusega treeningute puhul treeningute mahu ja intensiivsuse omavahelise interaktsiooni osas kutsumaks esile sobivaid kohanemisreaktsioone ning leidmaks võimalikke markereid treeningu koormuse paremaks juhtimiseks vastavalt treeningu eesmärkidele. Samas kasutatakse madalaintensiivsusega treeninguid murdmaasuusatamises väga suures ulatuses ettevalmistaval perioodil. Samuti puuduvad uuringud noorsportlastel, millises ulatuses võib näiteks subjektiivne koormuse hinnang muutuda konstantse, madala intensiivsusega treeningu käigus. Seega, seadsime eesmärgiks uurida, mil määral subjektiivne koormuse hinnang võiks anda lisateavet sportlase väsimuse kuhjumisel madalaintensiivsusega koormusel võrreldes südame löögisageduse ja laktaadi kontsentratsiooni väärtustega.

## 2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistr töö eesmärgiks oli analüüsida 15-17-aastaste Eesti noorsuusatajate subjektiivset treeningu raskuse hinnangut 60-minutilise madalal intensiivsusel sooritatud koormusel paaristõuke ergomeetril ning selle seost sportlase töövõime näitajatega kasvavate koormustega testil.

Vastavalt töö eesmärgile püstitati järgmised ülesanded:

1. Mõõta vaatlusaluste aeroobne lävi, anaeroobne lävi,  $VO_{2max}$  kasvavate koormustega paaritõuke ergomeetri testil.
2. Mõõta vaatlusaluste koormuse subjektiivse raskuse, südame löögisageduse, laktaadi kontsentratsiooni ja väsimuse muutust 60-minutilisel konstantse intensiivsusega paaristõuke ergomeetri testil.
3. Analüüsida südame löögisageduse, koormuse subjektiivse raskuse ning laktaadi kontsentratsiooni muutusi 60-minutilisel madala intensiivsusega koormusel paaristõuke ergomeetril.
4. Leida võimalikud seosed, kas tekkinud muutuse ulatus RPE skaalal on seotud sportlase aeroobse võimekuse parameetritega, mis olid mõõdetud kasvavate koormustega testil.

Töö hüpoteesiks seati, et südame löögisagedus ja vere laktaadi tase ei muutu ja 60-minutilise testi vältel oluliselt, kuid muutus on oluline subjektiivse koormuse hinnangu väärtuses.

### 3. METOODIKA

#### 3.1 Vaatlusalused

Käesoleva magistr töö uuringus osalemiseks andis nõusoleku 10 noorsportlast. Nende vanusevahemik oli 15-17- eluaastat ning vaatlusaluste hulgas oli kolm tüdrukut ja seitse poissi. Kõik uuringus osalenud vaatlusalused tegelesid aktiivselt võistlustasemel murdmaasuusatamisega. Uuringu protseduurid ja protokollid olid heaks kiidetud Tartu Ülikooli Eetikakomitee poolt (luba nr. 362/T-14, väljastatud 26.04.2022). Vaatlusalused olid uuringus kasutatavate töövõime testidega varasemalt tuttavad, sest olid neid teste kasutanud ka varasemalt oma treeningute käigus, kasutades paaristõuke ergomeetrit. Kõikidele uuringus osalejatele, nende lapsevanematele või seaduslikele eestkostjatele selgitati testimise protseduure ja võimalikke riske enne, kui nad andsid oma kirjaliku informeeritud nõusoleku uuringus osalemiseks. Vaatlusaluseid iseloomustavad karakteristikud on välja toodud tabelis 1.

**Tabel 1:** Uuringus osalejate (n = 10) üldiseloomustavad parameetrid (aritmeetiline keskmine  $\pm$  SD)

Parameetrid	Keskmine ( $X \pm SD$ )	Miinum	Maksimum
Vanus (a)	15,9 $\pm$ 0,7	15,1	16,6
Kehapikkus (cm)	174,0 $\pm$ 8,1	166,2	189,0
Keha mass (kg)	64,8 $\pm$ 7,7	49,1	76,2
KMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	21,5 $\pm$ 2,8	17,65	25,85

KMI- kehamassiindeks

#### 3.2 Uuringu disain

Kasvavate koormustega testid viidi läbi Tartu Ülikooli sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi spordifüsioloogia laboris. Uuringu testimised toimusid suusatajate ettevalmistusperioodil 2022. aastal oktoobrikuus. Esimesel kohtumisel mõõdeti sportlaste

peamised antropomeetrilised näitajad kehamass (Seca robusta 813, Seca GmbH & Co, Hamburg, Saksamaa) ja kehapikkus (Seca height rod 225, Seca GmbH & Co, Hamburg, Saksamaa), vastavalt 0,01 kg ja 0,1 cm täpsusega). Samal testimise päeval sooritasid uuritavad paaristõuke ergomeetril kasvavate koormustega testi. Teisel kohtumisel sooritati paaristõuke ergomeetril 60-minutiline test konstantsel intensiivsusel. Ajaperiood kahe koormustesti vahel oli vähemalt 48 tundi. Esimesel koormustestil hindasid osalejad oma pingutuse tajutavat raskusastet (RPE) (Tabel 2) iga minuti lõpus RPE 10 punkti skaala järgi (Foster et al., 2001) ning 60-minutilisel testil iga 10 minuti järel. Peale koormustesti mõõdeti vaatlusaluste kapillaarverest kolmanda ja viienda taastumisminuti laktaadi kontsentratsioon. Uuringu osalejatel paluti 24 tundi enne mõlemale koormustestile tulemist hoiduda raskest treeningust.

**Tabel 2:** Fosteri 10-punktiline skaala koormuse raskuse hindamiseks.

Numbriline väärtus	Sõnaline 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

### **3.3 Kasvavate koormustega test paaristõuke ergomeetril**

Esimesel külastusel sooritasid uuritavad kasvavate koormustega testi maksimaalse suutlikkuseni paaristõuke ergomeetril (Skierg Concept 2, Concept Inc., Morrisville, VT, USA). Esimene võimsus koormustestil oli tüdrukutel 30 W ja poistel 45W, mida suurendati iga minuti järel poistel 15 W ning tüdrukutel 10 W, selleks, et testide kogupikkus ei ületaks 20 minutit. Sportlastel tuli koormust iseseisvalt reguleerida, vajadusel suurendades või vähendades töö võimust, püüdes hoida koormuse keskmist võimsust vastavuses testi protokolliga. Vastav võimsus anti sportlasele testi käigus suuliselt teada iga koormuse alguses. Sportlane lõpetas koormustesti, kui ta ei suutnud enam füüsiliselt jätkata või ei suutnud nõutud koormust (etteantud võimsust) hoida. Vaatlusaluseid ergutati sooritamaks võimalikult maksimaalset pingutust. Väljahingatava õhu analüüsimiseks kasutati testi käigus näomaski ning see oli uuritavatel näo ees kogu kasvavate koormustega testi jooksul. Välise hingamise parameetrid määrati aparaadiga Metamax 3B (Cortex, Leipzig, Saksamaa). Testi käigus määrati vaatlusaluste maksimaalne hapnikutarbimine ( $VO_{2max}$ ) ning sellele vastav võimsus vattides ( $P_{max}$ ), lisaks määrati väljahingatavast õhust minutiventilatsioon liitrites. Sportlase südame löögisagedus (SLS) registreeriti Polar pulsivööga (Polar H7, Polar OY, Kempele, Soome), mis oli ühendatud Metamax tarkvaraga. Lisaks määrati testi käigus vaatlusaluste aeroobne ja anaeroobne lävi, kasutades vastavalt esimese ja teise minutiventilatsiooni murdepunkti (Seiler & Kjerland, 2006). Ekstrapoleerimise teel leiti vastavatele väärtustele sportlase töövõime aeroobsel ja anaeroobsel lävel vattides (W). Lisaks küsiti iga koormuse lõpus vaatlusaluse subjektiivset hinnangut koormuse raskusele (Foster et al., 2001). Koormustesti lõppedes võeti kolmandal ja viiendal taastumisminutil sõrme otsast kapilaarvereproovid, et mõõta laktaadi kontsentratsioon veres (EKF-Diagnostic, Barleben, Saksamaa).

### **3.4 60-minutiline konstantse intensiivsusega test paaristõuke ergomeetril**

Teisel testimise päeval sooritasid uuritavad 60-minutilise konstantse intensiivsusega testi paaristõuke ergomeetril (Skierg Concept 2, Concept Inc., Morrisville, VT, USA). 60 minuti test sooritati vastavalt esimesel testil määratud aeroobse läve võimsusele. Enne testi algust märkis vaatlusalune oma väsimuse astme 10-punktilisel VAS skaalal (Joonis 1) (Micklewright et al., 2017). 60-minutilisel testil määrati ensümaatilisel teel näpu kapillaarverest vaatlusaluse laktaadi kontsentratsioon iga kümne minuti järel ning testi lõppedes taastumise kolmandal ja viiendal minutil. Lisaks küsiti iga kümne minuti järel vaatlusaluselt tema subjektiivset hinnangut koormuse raskusele ning registreeriti ka vastav südame löögisagedus. Südame löögisageduse registreerimiseks kasutati sporditestreid Polar RS400 (Polar OY, Kempele, Soome). Testi lõppedes laeti südame löögisageduse andmed Polar Flow tarkvara

kasutades arvutisse edasiseks analüüsiks. Testi lõpus küsiti vaatlusaluselt väsimuse hinnang 10-punktilisel VAS skaalal (Joonis 1). Vaatlusaluste tajutava pingutuse, südame löögisageduse ja laktaadi kontsentratsiooni muutuse arvutamisel lahutati 60 minuti näitajast 10 minuti näitaja. Väsimuse muutuse arvutamiseks lahutati 60 minuti näitajast enne testi sooritamist registreeritud näitaja. Lisaks arvutati vastavalt kasvavate koormustega testil määratud aeroobsel lävel vaatlusaluste poolt hinnatud RPE väärtusele eeldatav individuaalne sisemine koormus 60-minutiliseks paaristõuke ergomeetri testiks. Selleks korrutati aeroobse läve võimsuse RPE väärtus testi ajaga. 60-minutilise paaristõuke testi järgselt arvutati vaatlusaluste sisemise koormuse vastavalt testi lõpus antud RPE väärtusele.



**Joonis 1.** Micklewright et al. (2017) skaala väsimuse hindamiseks.

### 3.5 Andmete statistiline analüüs

Uurimistöö 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 keskväärtuste võrdlemise (Paired-Samples T-Test) abil, kuna andmed olid normaaljaotusega. Tunnuste vahelised seosed arvutati Pearsoni korrelatsioonanalüüsiga. Statistilise olulisuse nivooks rakendati kõikidel analüüsidel  $p < 0,05$ .

## 4. TÖÖ TULEMUSED

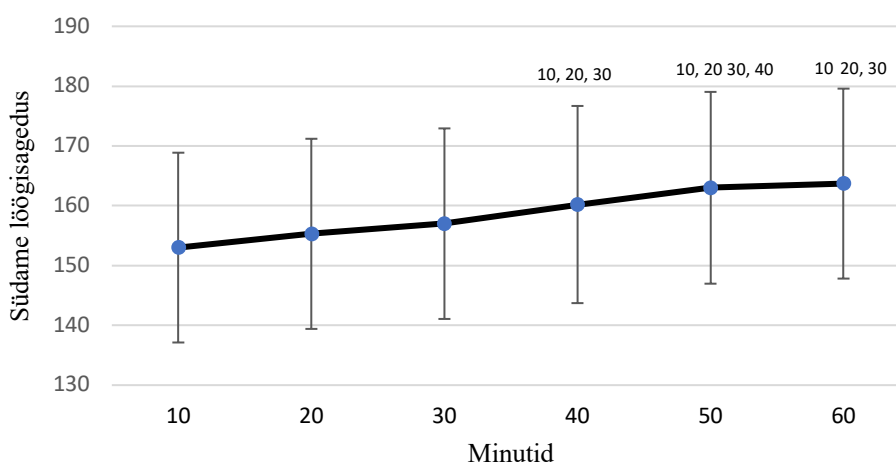
Tabelis 3 on esitatud vaatlusaluste funktsionaalsed näitajad kasvavate koormustega paaristõuke ergomeetri testil. Vaatlusaluste aeroobse läve võimsus oli 50,8% ja anaeroobse läve võimsus 75,2% maksimaalsest võimsusest. Samal ajal olid vastavad pulsisagedused 76,8% ja 90,1% maksimaalsest südame löögisagedusest.

**Tabel 3.** Noorsuusatajate funktsionaalsed näitajad ( $X \pm SD$ ) astmelisel koormustestil.

Parameetrid	$X \pm SD$	Miinumum	Maksimum
$P_{\max}$ (W)	197,0±33,9	150	265
$VO_{2\max}$ (L/min)	3,5 ± 5,1	2,8	4,6
$VO_{2\max/kg}$ (ml/min/kg)	54,6±7,5	46	64
$SLS_{\max}$ (l/min)	198,1±12,1	182	220
AeL W (W)	100,2±16,2	80	125
AeL võimsus (W/kg)	1,6±0,3	1,12	1,98
AeL <sub>SLS</sub> (lööki/min)	152,3±12,9	137	171
AnL W(W)	148,3±26,1	110	190
AnL võimsus (W/kg)	2,3±0,4	1,54	2,77
An L <sub>SLS</sub> (lööki/min)	178,4±11,4	155	199
La post 3 (mmol/L)	9,6±2,6	6,80	13,80
La post 5 (mmol/L)	9,0±2,0	6,80	12,60

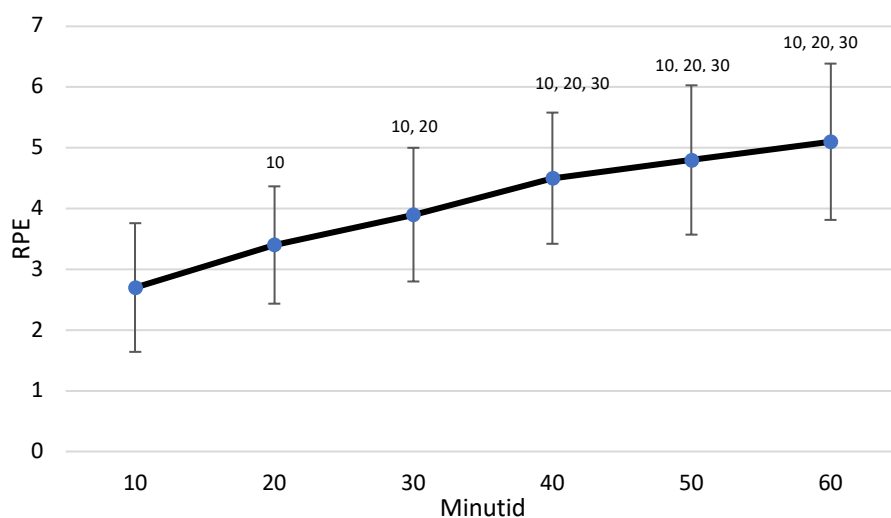
$P_{\max}$  -maksimaalne võimsus,  $VO_{2\max}$ - maksimaalne hapnikutarbimine,  $VO_{2\max/kg}$  – suhteline maksimaalne hapnikutarbimine,  $SLS_{\max}$ – maksimaalne südamelöögisagedus, AeL W- aeroobse läve võimsus, AeL<sub>SLS</sub>– aeroobse läve südamelöögisagedus, AnL W- anaeroobse läve võimsus, AnL<sub>SLS</sub>– anaeroobse läve südamelöögisagedus, La post 3- laktaadi kontsentratsioon peale 3 minutilist puhkust, La post 5- laktaadi kontsentratsioon peale 5 minutilist puhkust.

Joonisel 2 on esitatud vaatlusaluste südame löögisageduse väärtuste muutused 60-minutilisel testil aeroobse läve intensiivsusel. Konstantse 60-minutilise testi südame löögisageduse muutused oli statistiliselt usutavalt erinevad ( $p < 0,05$ ) 40-minutil võrreldes 30, 20, 10 minutiga, 50-minutil võrreldes 10, 20, 30 minutiga ning 60-minutil võrreldes, 10, 20, 30 minutiga (Joonis 2).



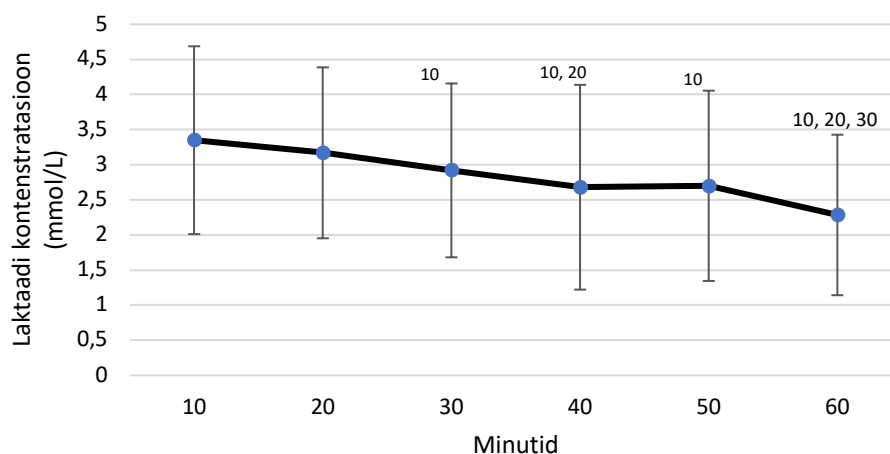
**Joonis 2.** Vaatlusaluste südamelöögisageduse muutus 60-minutilisel aeroobse läve intensiivsusel sooritatud testil. Numbrid joonisel iseloomustavad südame löögisageduse statistiliselt olulist ( $p < 0,05$ ) erinevust vastava testi minuti väärtusest.

Vaatlusaluste subjektiivne hinnang koormusele hakkas oluliselt suurenema 20. minutil ja suurenes oluliselt 40 minutini, millest alates enam oluliselt ( $p < 0,05$ ) ei suurenenud. (Joonis 3).



**Joonis 3.** Vaatlusaluste subjektiivselt hinnatud raskuseaste muutus 60-minutilisel aeroobse läve intensiivsusel sooritatud testil. Numbrid joonisel iseloomustavad subjektiivse koormus hinnangu (RPE) statistiliselt olulist ( $p < 0,05$ ) erinevust vastava testiminuti väärtusest

Joonisel 4 on välja toodud vereplasma laktaadi kontsentratsiooni muutused. Laktaadi kontsentratsioon langes oluliselt 30. minutil võrreldes 10 minuti kontsentratsiooniga ( $p < 0,05$ ). Seejärel langes laktaadi kontsentratsioon oluliselt 40 minutiks, ning sealt edasi 60. minutil võrreldes 40 minuti näiduga oli muutus statistiliselt olulisuse piiril ( $p = < 0,05$ ). 50 ja 60 minuti vaheline muutus laktaadi kontsentratsioonis ei olnud statistiliselt oluline ( $p > 0,05$ ).



**Joonis 4.** Vaatlusaluste vereplasma laktaadi kontsentratsiooni muutus 60-minutilisel aeroobse läve intensiivsusel sooritatud testil. Numbrid joonisel iseloomustavad laktaadi kontsentratsiooni (mmol/L) statistiliselt olulist ( $p < 0,05$ ) erinevust vastava testiminuti väärtusest.

Vaatlusaluste hinnang väsimusele enne 60-minutilist paaristõuke testi aeroobsel lävel oli  $1,2 \pm 1,03$  ning pärast testi lõppu  $4,9 \pm 1,29$  ning see muutus oli statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ).

Korrelatsioonanalüüs (tabel 4) näitas, et vaatlusaluse aeroobse läve suhteline intensiivsus oli positiivses seoses väsimuse ( $r=0,674$ ;  $p < 0,05$ ) ja RPE ( $r=0,736$ ;  $p < 0,05$ ) muutusega. Lisaks oli anaeroobse läve suhteline intensiivsus korrelatsioonis väsimuse muutusega ( $r=0,669$ ;  $p < 0,05$ ).

**Tabel 4.** Noorsuusatajate astmelisel paaristõuke testil määratud töövõime näitajate seosed konstantse koormusega testi parameetrite muutusega.

	dVÄS	dSLS	dLA	dRPE
AeLW (W)	0,573	0,111	0,255	0,61
AeL võimsus (W/kg)	0,674*	0,271	0,024	0,736*
AnL W (W)	0,512	0,192	0,355	0,424
AnL võimsus (W/kg)	0,699*	0,376	0,137	0,602
P <sub>max</sub> (W)	0,352	0,377	0,335	0,342
P <sub>max</sub> (W/kg)	0,487	0,553	0,098	0,485
VO <sub>2max</sub> (L/min)	0,386	0,18	0,071	0,642*

AeLW –aeroobse läve võimsus, AeL võimsus- suhteline aeroobse läve võimsus, AnLW- anaeroobse läve võimsus, AnL võimsus- suhteline anaeroobse läve võimsus, P<sub>max</sub> -maksimaalne võimsus, P<sub>max</sub> – suhteline maksimaalne võimsus, VO<sub>2max</sub>- maksimaalne hapnikutarbimine, dVÄS- väsimuse muutus, dSLS.- südame löögisageduse muutus, dLA- laktaadi kontsentratsiooni muutus veres, dRPE- subjektiivselt hinnatud pingutuse muutus, \*- statistiliselt oluline korrelatiivne seos  $p < 0,05$ .

Vaatlusaluste eeldatav koormus 60-minutilisel paaristõuke testil aeroobsel lävel oli oluliselt madalam võrreldes nende sisemise koormusega testi järgselt ( $192 \pm 97$  KÜ vs  $306 \pm 77$  KÜ;  $p < 0,05$ ).

## 5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli analüüsida 15-17-aastaste Eesti noorsuusatajate subjektiivset treeningu raskuse hinnangut 60-minutilisel madalal intensiivsusel sooritatud koormusel paaristõuke ergomeetril. Samuti oli töö eesmärgiks analüüsida selle näitaja seost sportlase töövõime näitajatega kasvavate koormustega testil. Käesolevas magistritöös kasutati modifitseeritud 10 punkti skaalat (Foster et al., 2001) ning leiti, et 60-minutilise konstantse intensiivsusega testil suurenes vaatlusaluste subjektiivne hinnang oluliselt alates 20 minutist ning suurenes oluliselt 40 minutini (joonis 3).

Varasemad uuringud on näidanud, et madala intensiivsusega treeningud moodustavad murdmaasuusataja aastasest treeningmahust suurima osa (Sandbakk et al., 2011, 2016; Tønnessen et al., 2014). Samas on teaduskirjanduses väga vähe uuritud, mil viisil võiks treeningu mahtu ja intensiivsust efektiivselt kombineerida, selleks, et treeninguga kohanemine oleks vastavuses treeningu eesmärgiga. (Hofmann & Tschakert, 2017). Üheks selliseks parameetriks võib olla sportlase subjektiivne väsimuse hinnang (RPE) koormusjärgselt, mille konkreetne väärtus võiks olla vastavaks sihtmärgiks seoses eeldatava treeningu eesmärgiga. Selleks aga oleks vajalik uurida, mil viisil ja millises ulatuses subjektiivsed koormushinnangud muutuvad konstantse madala intensiivsusega koormuse käigus.

Kuigi RPE-d on enamasti peetud vahendiks, mis sõltub peamiselt treeningu intensiivsusest (Foster et al., 2001), viitavad varasemad uuringud ka sellele, et RPE-d võib mõjutada treeninguga seotud muud tegurid, nagu näiteks treeninguaeg (Fusco et al., 2020a) või sportlase treenitus ning seeläbi võimekus akuutset koormust paremini taluda (Pind et al., 2021a). Varasemalt tehtud uuring, kus vaadeldi treeningu kestvuse mõju RPE-le näitas, et 30-minutilise konstantsel kiirusel tehtud jooksutreeningu ajal olid RPE väärtused kõrgemad kui sarnaste intensiivsustega 15-minutilise jooksu ajal (Jesus et al., 2021). Mõju ilmnes aga vaid mõõduka või raske intensiivsuse puhul, mitte madala intensiivsusega treeningute puhul. Samas ei tuvastanud uuring RPE muutust koormuse kestvuse suurenedes (Jesus et al., 2021). Lisaks on leitud, et treeningu kestuse pikenemine, hoolimata konstantsest intensiivsusest omas mõju vaatlusaluste treeningujärgsele RPE-le (Fusco et al., 2020a). Viimane uuring oli aga tehtud intensiivsusel, mis ületas anaeroobset läve, mille osas on teada, et väsimuse kuhjumine, ja seetõttu ka vastav koormuse hinnang, suurenevad oluliselt kestvuse suurenedes. Käesolevas uuringus leidsime, et konstantsel 60-minutilisel aeroobsel lävel tehtud treeningul hakkas vaatlusaluste RPE oluliselt suurenema 20. minutil ja suurenes oluliselt 40. minutini, millest alates enam oluliselt ei suurenenud. Samas südame löögisagedus hakkas suurenema oluliselt

alles 40. minutil. Seega ei leidnud kinnitust hüpotees, et vaatamata RPE hinnangute olulisele muutusele ei esine olulisi muutusi südamelöögisageduses.

Vastupidavusspordialadel, nagu seda on murdmaasuusatamine, on oluline sportlase ökonoomsus ja koormustaluvus. Antud uuringus osalesid 15-17-aastased, kelle keskmine  $VO_{2max}$  oli  $54,6 \pm 7,5$  (ml/min/kg). Leidsime, et vaatlusaluste aeroobne võimsus oli positiivses seoses nende RPE ja väsimuse muutusega. Mauder (2021) on välja toonud, et keha füsioloogilised reaktsioonid pikaajalisel treeningul sõltuvad sportlase akuutsest koormustaluvusest, mida iseloomustab aeg, millal sportlase töövõime omadused hakkavad langema. Pikaajalisel treeningul võib hakata langema sportlase ökonoomsus, mis iseloomustab organismi hapnikutarbimise tööd kindlal submaksimaalsel intensiivsusel (Scherr et al., 2013). Sellele viitavad ka Pind et al. (2021b) oma uuringus, kes leidsid, et sportlased, kes treenisid sarnase plaani järgi samadel välistel koormustel hindasid enda subjektiivselt hinnatud pingutust erinevalt. Samas on just ökonoomsuse areng võimalik ka pikema aja jooksul, tagades vastupidavusliku võimekuse paranemise. Noorsportlastel seevastu aga toimub areng valdavalt aeroobse süsteemi võimsuse arvelt, makstes mõnevõrra lõivu ökonoomsusele (Mauder et al., 2021). Meie uuringu vaatlusalustel, kelle RPE oli madala intensiivsusega treeningutel kõrgem, oli ka nende võimsus esimese minutiventilatsiooni murdepunktis kõrgem (aeroobsel lävel). Sellega on ka seletatavad positiivsed seosed läve võimsuste ning väsimuse ning koormuse raskuse suurenemise vahel (Tabel 4). Võib eeldada, et hilisem ökonoomsuse areng selle positiivse seose kaotab. Ka Mauder et al. (2021) on argumenteerinud, et sportlaste akuutne koormustaluvus ei ole väga hästi hinnatav kasvavate koormustega testil. Kasemets (2021) uuris jooksulindi ja paaristõuke ergomeetri kasvavate koormustega testide funktsionaalsete parameetrite erinevusi noorsuusatajatel vanuses  $17,0 \pm 1,6$ , kelle  $VO_{2max}$  oli  $55,8 \pm 8,3$  (ml/min/kg) ning leidis, et jooksulindi testi sooritati ajaliselt kauem kui suusaergomeetri testi ning uuritavate  $VO_{2max}$  näitajad jooksulindi ja paaristõuke ergomeetri testil erinesid statistiliselt oluliselt. Ülakeha jõu olulisust on välja toonud ka Børve et al. (2017), kus pärast kuue nädalast spetsiifilist jõutreeningu tsüklit paranesid vaatlusaluste rullsuuskadel tehtud paaristõuke testi tulemused ning ka suusatehnika. Käesolevas uuringus osalenud noorsportlaste  $VO_{2max}$  oli madalam, kui varasemalt tehtud uuringutes (Børve et al., 2017; Kasemets, 2021). Tulemused viitavad sellele, et ka nende ülakeha võimekus on madalam ja seetõttu on madalam ka koormustaluvus, mida näitas 60-minutilise konstantse intensiivsusega tehtud paaristõuke ergomeetri testil parameetrite tõus. Käesolevas töös langes 60-minutilisel konstantse intensiivsusega testil laktaadi kontsentratsioon veres statistiliselt oluliselt alates 30 minutist, mis viitab glükogeenivarude langusele, mille tagajärjeks on väsimus ja sportliku

soorituse halvenemine (Foster, 1998). Fusco et al. (2021a) uuringus leiti sarnased tulemused, kui vaatlusaluste RPE treeningu ajaga suurenes ning leiti ka väike langus laktaadi kontsentratsioonis veres. Tulemused viitavad samuti sellele, et sportlaste glükogeenivarud seeriate vahel langesid ning RPE võib olla meetodiks treeningu koormuse ning üleliigse väsimuse vältimiseks.

Varasemalt tehtud uuringud on leidnud, et sama välise (aeg) ja sisemise (SLS) koormusega treeningul suureneb RPE seoses treeningu kestusega (Fusco et al., 2020b). Käesolev uuring toetab samuti kontseptsiooni, et RPE sõltub nii treeningu kestusest (mahust) kui ka treeningu intensiivsusest. Samas, nagu eespool kirjeldatud, siis vastupidiselt meie hüpoteesile, et aeroobsel lävel sooritatav 60-minutiline töö ei tohiks olulisel määral mõjuda koormushinnangut, siis tõenäoliselt tulenevalt vaatlusaluste ülakeha treenitusest ning seeläbi mõnevõrra madalamast akuutsest koormustaluvusest, muutus koormushinnang progressiivselt suuremaks kogu testi jooksul.

Heinsoo (2014) uuris noorsportlaste ning treenerite subjektiivseid hinnanguid treeningu raskuse kohta ning leidis, et taastavatel treeningutel hindasid sportlased treeninguid keskmiselt kõrgema skooriga kui treenerid treeningut planeerides. Käesolevas töös leiti, et vaatlusaluste eeldatav koormus 60-minutilise paaristõuke testil aeroobsel lävel oli oluliselt madalam võrreldes nende sisemise koormusega testi järgselt ( $192 \pm 97$  KÜ vs.  $306 \pm 77$  KÜ;  $p < 0,05$ ). Need tulemused näitavad, et praktilise treeneritöö käigus võibki sportlase akuutne koormustaluvus olla faktoriks, kus planeeritud treeningud võivad just madalas intensiivsustsoonis olla raskesti hinnatavad ning võivad viia ebasobivate kohanemisteni treeningprotsessis, seda eriti noorsportlaste puhul, kus akuutne koormuse talumise võime on veel vähem arenenud.

Käesoleva uuringu oluliseks puuduseks võib nimetada suhteliselt vähest vaatlusaluste arvu ning nii poiste, kui tüdrukute andmete kasutamist ühtses andmeanalüüsis. Samas, arvestades uuringu eesmärki, siis ei tohiks erinevatest soost vaatlusaluste kasutamine tulemuste analüüsil olulist rolli mängida. Me tegime ka andmeanalüüsi, kasutades tulemuste kontrollimist soo suhtes, kuid see ei muutnud olulisel määral meie tulemusi ja seetõttu ka töös kajastatud ei ole. Samuti võib puudusena välja tuua laktaadi kontsentratsiooni langemise veres, mis viitab glükogeenivarude langemisele ning sellest tulenevalt oli sellel tulemusel kindlasti ka oluline mõju RPE hinnangutele. Selle vältimiseks oleks olnud mõistlik 60-minutilise koormuse ajal manustada süsivesikuid. Kuna antud uuring on läbi viidud suhteliselt spetsiifilist töövõimet analüüsides, siis ei saa neid tulemusi laiendada teistele spordialadele isegi, kui vaatlusaluste vanus oleks samas vahemikus. Ehkki, on näidatud, et RPE hinnang ning seeläbi arvatav

treeningu sisemine koormus on üsna universaalne erinevaid spordialasid silmas pidades (Foster et al., 2021), võib pikema-ajalisel tööl näiteks kaasatud lihaste hulk või töö iseloom siiski erinevate alade puhul olla mõnevõrra erinevad (Foster et al., 2021). Seega on oluline jätkata uuringuid ka erinevate spordialade kontekstis, et uurida mil viisil RPE ja kas RPE hinnang madala intensiivsusega treeningutel sobiks kasutada koormuse paremal planeerimisel.

## 6. JÄRELDUSED

Käesoleva magistritöö põhjal võib teha järgmised järeldused:

1. Koormuse subjektiivne hinnang noorsuusatajatel tõusis 60-minutilisel konstantse intensiivsusega testil oluliselt alates testi algusest, seevastu südame löögisagedus püsis testi algfaasis konstantsena ning suurenes oluliselt alates testi 40 minutist.
2. Noorsuusatajate aeroobse ja anaeroobse läve suhtelised intensiivsused olid olulises seoses väsimuse ja RPE hinnangute muutustega 60-minutilisel aeroobse läve intensiivsusega koormusel paaristõuke ergomeetril.
3. Tulenevalt muutustest subjektiivsetes koormushinnangustes oli noorsuusatajate eeldatav ning tegelik sisemine treeningu koormus 60-minutilisel aeroobse läve intensiivsusel sooritatud paaristõukelisel tööl oluliselt erinev, mida on oluline silmas pidada vastavate treeningute planeerimisel praktilise treeneritöö käigus.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Borg, G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine* 1970; 2: 92-98.
2. Borresen, J., & Lambert, M. I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine* 2009; 39: 779–795.
3. Børve, J., Jevne, S. N., Rud, B., & Losnegard, T. Upper-Body Muscular Endurance Training Improves Performance Following 50 min of Double Poling in Well-Trained Cross-Country Skiers. *Frontiers in physiology* 2017; 8: 690.
4. Foster, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and science in sports and exercise* 1998; 30: 1164–1168.
5. Foster, C., Florhaug, J., Franklin, J. G., Hrovatin, L. A., Parker, S., et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2001; 15: 109-115.
6. Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & de Koning, J. J. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *International journal of sports physiology and performance* 2017; 12: 22-28.
7. Fusco, A., Knutson, C., King, C., Mikat, R. P., Porcari, J. P., et al. Session RPE During Prolonged Exercise Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2020a; 15: 292-294.
8. Fusco, A., Sustercich, W., Edgerton, K., Cortis, C., Jaime, S. J., et al. Effect of Progressive Fatigue on Session RPE. *Journal of functional morphology and kinesiology* 2020b; 5: 15.
9. Green, J. M., Hornsby, J., Timme, L., Gover, L., & Mayes, J. Effect of exercise duration on session RPE at an individualized constant workload. *European Journal of Applied Physiology* 2009; 107: 501-507.
10. Halson, S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports medicine* 2014; 44: 139–147.
11. Heinsoo, E. Treeningintensiivsuste subjektiivse hindamise kasutamine noorsuusatajate treeningus. Magistritöö. Tartu: Tartu Ülikool kehakultuuriteaduskond; 2014.
12. Hofmann, P., & Tschakert, G. Special needs to prescribe exercise intensity for scientific studies. *Cardiology research and practice* 2010; 2011: 209302.
13. Hofmann, P., & Tschakert, G. Intensity- and Duration-Based Options to Regulate Endurance Training. *Frontiers in Physiology* 2017; 8: 337.

14. Jesus, R. S., Batista, R. É., Santos, V. M., Ohara, D., Alves, E. D., et al. Exercise Duration Affects Session Ratings of Perceived Exertion as a Function of Exercise Intensity. *Perceptual and motor skills* 2021; 128: 1730–1746.
15. Kasemets, A. Jooksulindi ja paaristõuke ergomeetri kasvavate koormustega testide funktsionaalsete parameetrite võrdlus noorsuusatajatel. Magistritöö. Tartu: Tartu Ülikool kehakultuuriteaduskond; 2021.
16. Lundby, C., & Robach, P. Performance Enhancement: What Are the Physiological Limits? *Physiology* 2015; 30: 282–292.
17. Maunder, E., Seiler, S., Mildenhall, M. J., Kilding, A., & Plews, D. The Importance of 'Durability' in the Physiological Profiling of Endurance Athletes. *Sports Medicine* 2021; 51: 1619–1628.
18. Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., et al. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *Medicine and science in sports and exercise* 2013; 45: 186–205.
19. 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.
20. Pind, R., Hoffmann, 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* 2021a; 12: 735565.
21. 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. *Journal of strength and conditioning research* 2021b; 37: 187-193.
22. Robertson, R. J., Moyna, N. M., Sward, K. L., Millich, N. B., Goss, et al. Gender comparison of RPE at absolute and relative physiological criteria. *Medicine and science in sports and exercise* 2000; 32: 2120–2129.
23. Sandbakk, Ø., Hegge, A. M., Losnegard, T., Skattebo, Ø., Tønnessen, E., et al. The Physiological Capacity of the World's Highest Ranked Female Cross-country Skiers. *Medicine and science in sports and exercise* 2016; 48: 1091–1100.
24. Sandbakk, Ø., Holmberg, H. C., Leirdal, S., & Ettema, G. The physiology of world-class sprint skiers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 2011; 21: 9-16.

25. Scherr, J., Wolfarth, B., Christle, J. W., Pressler, A., Wagenpfeil, S., & Halle, M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European journal of applied physiology* 2013; 113: 147–155.
26. Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. 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.
27. Stoudemire, N. M., Wideman, L., Pass, K. A., McGinnes, C. L., Gaesser, G. A., et al. The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise* 1996; 28: 490–495.
28. Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., et al. The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PloS one* 2014; 9: e101796
29. Viru, A., Smirnova, T., Karelson, K., Snegovskaya, V., & Viru, M. Determinants and modulators of hormonal responses to exercise. *Biology of Sport* 1996; 13: 169-187.
30. Yeo, W. K., Paton, C. D., Garnham, A. P., Burke, L. M., Carey, A. L., et al. Skeletal muscle adaptation and performance responses to once a day versus twice every second day endurance training regimens. *Journal of applied physiology* 2008; 105: 1462–1470.

## **LISA 1. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Kirte Katrin Sarevet,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose Koormuse intensiivsuse ja mahu seos madala intensiivsusega treeningtsoonis noortel murdmaasuusatajatel, mille juhendaja on Jarek Mäestu, 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.

Kirte Katrin Sarevet

**22.05.2023**