

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

**Karl Kristian Alasi**

**Sooritusvõimet mõjutavate näitajate seos tajutava pingutusega  
astmelisel koormustestil Eesti sõudjate A koondise, U23 koondise  
ja U19 koondise näitel**

**Functional data and its relation to perceived exertion on a gradual load test  
in Estonian oarsmen in national team A, Under-23 and Under 19 national  
teams**

**Magistritöö**

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja:

Teadur, PhD, Priit Purge

Tartu, 2020

# SISUKORD

LÜHENDID .....	3
LÜHIÜLEVAADE.....	4
ABSTRACT .....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1. Sõudmise treening ja iseloom.....	6
1.1.1. Sõudjate treeningud sõudeergomeetril .....	7
1.2. Treeningu tajutav pingutus .....	8
1.3. Saavutusvõime hindamine sõudjatel.....	9
1.3.1. Pingutuse üldise taju seos sooritusvõimega.....	10
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	12
3. METOODIKA .....	13
3.1. Uuritavad .....	13
3.2. Uuringu korraldus.....	13
3.3. Andmetöötlus.....	14
4. TÖÖ TULEMUSED .....	15
4.1. Sõudjate funktsionaalsete näitajate võrdlus.....	15
4.2. Sõudekoondise sportlaste koormustesti tulemuste korrelatiivsed seosed.....	17
5. ARUTELU .....	20
6. JÄRELDUSED.....	24
KASUTATUD KIRJANDUS .....	25
TÄNUSÕNAD .....	28
LISAD .....	29
Lisa 1. Fosteri modifitseeritud 10 pt skaala pingutuse raskuse hindamiseks .....	29
LIHTLITSENTS.....	30

## LÜHENDID

AeL	Aeroobne lävi
AeL <sub>F</sub>	Aeroobse läve tajutav hinnang väsimusele
AeL <sub>SLS</sub>	Aeroobse läve südamelöögisagedus (l/min)
AeL <sub>w</sub>	Aeroobse läve võimsus (W)
AnL	Anaeroobne lävi
AnL <sub>F</sub>	Anaeroobse läve tajutav hinnang väsimusele
AnL <sub>SLS</sub>	Anaeroobse läve südamelöögisagedus (l/min)
AnL <sub>w</sub>	Anaeroobse läve võimsus (W)
F 1-10	Tajutav hinnang pingutusele Fosteri numbrilisel skaalal 1-10
La	Laktaadi kontsentratsioon veres (mmol/L)
Pa <sub>max</sub>	Maksimaalne aeroobne võimsus (W)
P <sub>max</sub>	Maksimaalne võimsus (W)
SLS <sub>max</sub>	Maksimaalne südamelöögisagedus (l/min)
VE	Ventilatsioon kopsudes (L/min)
VO <sub>2max</sub>	Maksimaalne hapnikutarbimine (L/min)
VO <sub>2max/kg</sub>	Suhteline maksimaalne hapnikutarbimine (ml/min/kg)

## LÜHIÜLEVAADE

**Töö eesmärk:** Magistritöö eesmärk oli leida astmelisel koormustestil sooritusvõimet mõjutavate näitajate ja tajutava pingutuse skaala vahelised seosed. Selleks viidi läbi 87 astmelist koormustesti sõudeergomeetrial Eesti koondise sõudjatega.

**Metoodika:** Uuringus osalesid meessoost sõudjad, kes olid aastatel 2018–2019 U19, U23 või A koondise liikmed. Sõudjad olid 16–38 aasta vanused. Uuring viidi läbi ettevalmistusperioodil ning uuringusse kaasatud sportlased osalesid mõõtmiste ajal täies mahus nii treeningutel kui võistlustel. Sõudjad sooritasid astmelise koormustesti sõudeergomeetrial, kus koormust tõsteti igal minutil 20W. Igal minutil küsiti sportlaste käest nende hinnangut pingutuse raskusastme kohta, lähtudes Fosteri modifitseeritud 10-palli skaalast.

**Tulemused:** Koormustestil suutsid kõige suuremat võimsust arendada A koondise sportlased, kellele järgnesid U23 koondise ja U19 koondise sportlased. Sama intensiivsuste erinevus esines samuti ka  $AeL_W$  ja  $AnL_W$ . U19 koondise sportlastel oli statistiliselt oluliselt erinev ( $p < 0,05$ ) ka  $AnL_{SLS}$  väärtus.  $AeL_F$  ja  $AnL_F$  osas A koondise ja U23 koondise vahel statistiliselt olulist erinevust ei leidunud ( $p \geq 0,05$ ), samas oli see statistiliselt oluliselt erinev ( $p < 0,05$ ) U19 koondise hinnatud raskuse osas. A koondise korrelatsioonitabelist oli näha positiivset seost  $Pa_{max}$  ja vere La kontsentratsiooni vahel ( $r = 0,52$ ). Negatiivne seos tuli välja  $AnL_{SLS}$  ning  $AeL_F$  ja  $AnL_F$  hinnangu vahel ( $r = -0,47$ ). U23 sõudekoondise koormustesti tulemustes esines oluline positiivne korrelatiivne seos ( $p < 0,05$ )  $VO_{2max/kg}$  ja  $AeL_F$  vahel ( $r = 0,50$ ). Lisaks esines positiivne seos ka  $AnL_W$  ja  $AnL_F$  vahel ( $r = 0,55$ ). U19 sõudekoondise sportlastel koormustestil mõõdetud tulemustest tuli välja positiivne korrelatiivne seos ( $p < 0,05$ )  $AeL_W$  ja  $AeL_F$  vahel ( $r = 0,46$ ).

**Kokkuvõte:** Kõikide sõudekoondiste lõikes oli näha, et sooritusvõimet mõjutavate näitajate suurenedes oli ka tajutav hinnang pingutusele suurem. Astmelisel koormustestil hindasid tajutavat pingutust A koondisest ja U23 koondisest oluliselt kõrgemalt U19 sõudekoondise sportlased. Saavutusvõimet mõjutava tegurina mõõdetud võimsuse osas näitasid kõige paremat suutlikkust A sõudekoondise sportlased.

**Märksõnad:** sõudmine, Fosteri skaala, funktsionaalsed näitajad

## ABSTRACT

**Aim:** The aim of this study was to find correlations between ratings of perceived exertion and functional data on gradual load test. 87 gradual load tests on rowing ergometers were carried out with oarsmen of the Estonian national team.

**Methods:** The study included male rowers who were members of U19, U23 or A-level Estonian National teams in 2018–2019. Rowers were 16–38 years old. The study was performed during a preparation period while all the athletes were exercising and competing regularly. Participants had to perform a gradual load test on a rowing ergometer where power was increased by 20W every minute. After every minute, all the athletes were asked to rate their own effort from 1–10 on Foster's modified scale of perceived exertion.

**Results:** Oarsmen of the national A-level team were able to produce the most power on the gradual load test, followed by members of the U23 and U19 teams. The same intensity difference was found on aerobic threshold and anaerobic threshold power as well. U19 team oarsmen had a statistically important difference ( $p < 0,05$ ) in anaerobic threshold heart rate. There was no difference in perceived exertion on thresholds between A and U23 team ( $p \geq 0,05$ ), although there was a significant difference compared to U19 team ( $p < 0,05$ ). Positive correlation was found between maximal aerobic power and blood lactate concentration ( $r = 0,52$ ) and negative correlation was found between anaerobic threshold heart rate and threshold perceived exertion rating in A-level team athletes ( $r = -0,47$ ). In U23 team results showed a positive correlation between  $VO_{2max/kg}$  and aerobic threshold perceived exertion ( $r = 0,50$ ), also between anaerobic threshold power and perceived exertion ( $r = 0,55$ ). A positive correlation ( $p < 0,05$ ) was also found between aerobic threshold power and aerobic threshold perceived exertion in U19 oarsmen ( $r = 0,46$ ).

**Conclusions:** Results of this study showed that ratings of perceived exertion on a gradual load test increase together with the load and functional data. U19 oarsmen rated the effort significantly higher than A-level and U23 oarsmen. Rowing power as an influence to performance ability was measured and collected data showed the best performers to be the athletes of the A-level national team.

**Keywords:** rowing, rating of perceived exertion, functional data

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Sõudmise treening ja iseloom

Sõudmist peetakse jõuvastupidavuse spordialaks, kus liigutuste struktuur on tsükliline (Šmida et al., 2018) ja nii ülakeha kui ka alakeha töötavad koos sünkroonis (Steinacker, 1993). Sõudmine nõuab sportlaselt väga häid tehnilisi oskusi ning kõrgel tasemel füüsilist võimekust (Lamb, 1989). Kuna sõudjate treeningud ei toimu aastaringselt ainult vee peal, on sõudeergomeetrite abiga võimalik treeninguid simuleerida ka kuival maal (Lamb, 1989). Kuna antud spordiala harrastatakse välitingimustes ja on suuresti sõltuv ilmast, (tuul, vihm, temperatuur) on sõudeergomeetri olemasolu eriti tähtis piisavalt regulaarsete treeningvõimaluste loomiseks (Mello et al., 2009) ja sportlaste testimiseks (Elliott et al., 2002).

Standardne võistlusdistsants rahvusvahelistel ja regionaalsetel tiitlivõistlustel on 2000 meetrit pikk (FISA, 2017). Kõikidele võistlejatele peavad olema loodud võrdsed tingimused ning vees asetsema kuus üksteisest eraldatud sirget rada (FISA, 2017). Üldjuhul on ühe sõidu kestvuseks, sõltuvalt paadiklassist, 320–460 sekundit (Ingham et al., 2002). Tõmmete sagedus ulatub 200–250 tõmbeni kogu distantsi vältel, varieerudes paadiklasside vahel (Steinacker, 1993).

Kui aeroobse läve (AeL) ja anaeroobse läve (AnL) tähtsus treenimisel olulisemaks muutus, siis üsna tihti sooritati vastupidavustreeninguid AnL piiril (Steinacker 1993). Selline praktika viis aga tihti ülekoormuseni, kuna taastumine polnud piisav (Steinacker, 1993). Kuna sõudjate treeningmaht aastas on üle 800 tunni, siis treeningutel tuleks rõhuda rohkem mahule, mitte niivõrd palju intensiivsusele (Steinacker, 1993). Sellest tulenevalt on aina tähtsamaks muutunud treeningu intensiivsused AeL piiril (Fiskerstrand & Seiler, 2004).

AeL ei mängi võistlussituatsioonis küll kõige tähtsamat rolli, kuid on siiski väga oluline indikaator treeningute intensiivsuse määramisel – tippsõudjad treenivad hooaja jooksul enamuse arvu tunde AeL piiril (Fiskerstrand & Seiler, 2004). Ka Steinacker (1993) leiab, et treeningutest kõige olulisema osa moodustab vastupidavustreening madalal intensiivsusel – tippsõudjatel toimub 70%–90% treeningu kestvusest alla AnL. Aastatel 1970–2000 Norras rahvusvahelistelt võistlustelt medaleid võitnud sportlastelt kogutud andmed näitavad, et kolmekümne aasta jooksul on sõudjate aeroobne võimekus kasvanud rohkem kui 10% (Fiskerstrand & Seiler, 2004).

Anaeroobse läve võimsus (AnL<sub>w</sub>) on tippsõudjatel umbes 80%–85% maksimaalsest sooritusvõimest (Steinacker, 1993). AnL<sub>w</sub> peaks olema selline võimsus, kus sõudja suudab 30–

60 sekundit koormust konstantselt hoida, ilma, et laktaadi (La) kontsentratsioon veres kasvaks (Steinacker, 1993). Kuigi  $AnL_w$ , La hulk ja maksimaalne hapnikutarbimine ( $VO_{2max}$ ) on omavahel seoses, on võistlustasemel tippsoudjatel leitud selles osas ka teatud erisusi (Steinacker, 1993). Näiteks võib madalam anaeroobse läve südamelöögisagedus ( $AnL_{SLS}$ ) olla kompenseeritud suuremate jõunäitajate või suurenenud La tolerantsuse poolt (Howald, 1988).

Jõud ja paadi kiirus on korrelatsioonis  $VO_{2max}$  näitajaga, mis ulatub 6,0–6,6 L/min (Steinacker, 1993).  $VO_{2max}$  võistluste ajal on seoses aeglase lihaskiududega, aeroobse läve südamelöögisageduse ( $AeL_{SLS}$ ) ja  $AnL_{SLS}$  ning negatiivses seoses maksimaalse La hulgaga (Steinacker, 1993).

### 1.1.1. Sõudjate treeningud sõudeergomeetril

Sõudeergomeetrite populaarsus on aastatega kasvanud ja moodustab väga suure osa sõudjate ettevalmistavast treeningust (Lamb, 1989). Sõudeergomeetritel sõudmine on muutunud lausa nii populaarseks, et sellel alal peetakse mitmeid rahvusvahelisel ja riiklikul tasandil võistlusi (Erdman & Meyers, 1986). Kuna sõudeergomeeter on statsionaarne vahend treeningu simuleerimiseks kuival maal, puudub sellel paadile omane veetakistus, kuid seevastu on seadmelt võimalik saada tagasisidet tehtud töö kohta reaajas (Lamb, 1989). Võrreldes kõigi olemasolevate sõudeergomeetritega on enim kasutatud *Concept 2* (Concept II, Morrisville, Ameerika Ühendriigid) sõudeergomeeter (Elliott et al., 2002).

Lamb (1989) viis läbi uuringu, et kinemaatilisel võrrelda sõudjate tehnikat nii paadis kui ka sõudeergomeetril. Urijal oli kaks hüpoteesi, mis mõlemad pidasid paika:

- 1) Sõudeergomeetrid on piisavalt valiidsed seadmed, et simuleerida tegelikku sõudmist;
- 2) Kehatüvi on põhiline toetaja tõmbeliigutuse sooritamisel ning aeru kiiruse võimaldamisel (Lamb, 1989).

Katsealuste tehnikast oli näha tugevat sarnasust kehatüve ja jalgade osas nii sõudeergomeetril kui ka paadis ning samuti pidas paika, et kehatüvi on peamine tegur tugeva tõmbe saavutamiseks (Lamb, 1989). Mello et al. (2009) toovad vastuolulisena siiski välja, et paadis sõudmine on tehniliselt veidi keerulisem ja liigutuste dünaamika veidi erinev, kuna vee peal on paadis vaja hoida tasakaalu.

## 1.2. Treeningu tajutav pingutus

Treeningu tajutava pingutuse skaala on meetod, millega hinnatakse pingutuse intensiivsust (Herman et al., 2006). Borgi 10-punkti skaala tajutava pingutuse hindamiseks loodi selleks, et anda lihtsaid, usaldusväärseid ja põhjendatud hinnanguid treeningu intensiivsusele (Borg, 1998). Skaala baseerub mõttele, kus tajutav pingutuse hinnang 10 on kurnatuse tase ja 0 täielik puhkus, mida sportlane koormusega tunneb (Borg, 1998). Foster et al. (2001) pakkus selle skaala põhjal välja koormuse tunnetuslikuks hindamiseks modifitseeritud 10-palli skaala. See 10-palli skaala on kujunenud tänapäeval standardseks ja enim kasutatavaks meetodiks lisaks objektiivsetele näitajatele, millega hinnata pingutuse taset sportlaste testimisel, treeningutel ja ka rehabilitatsioonis (Day et al., 2004).

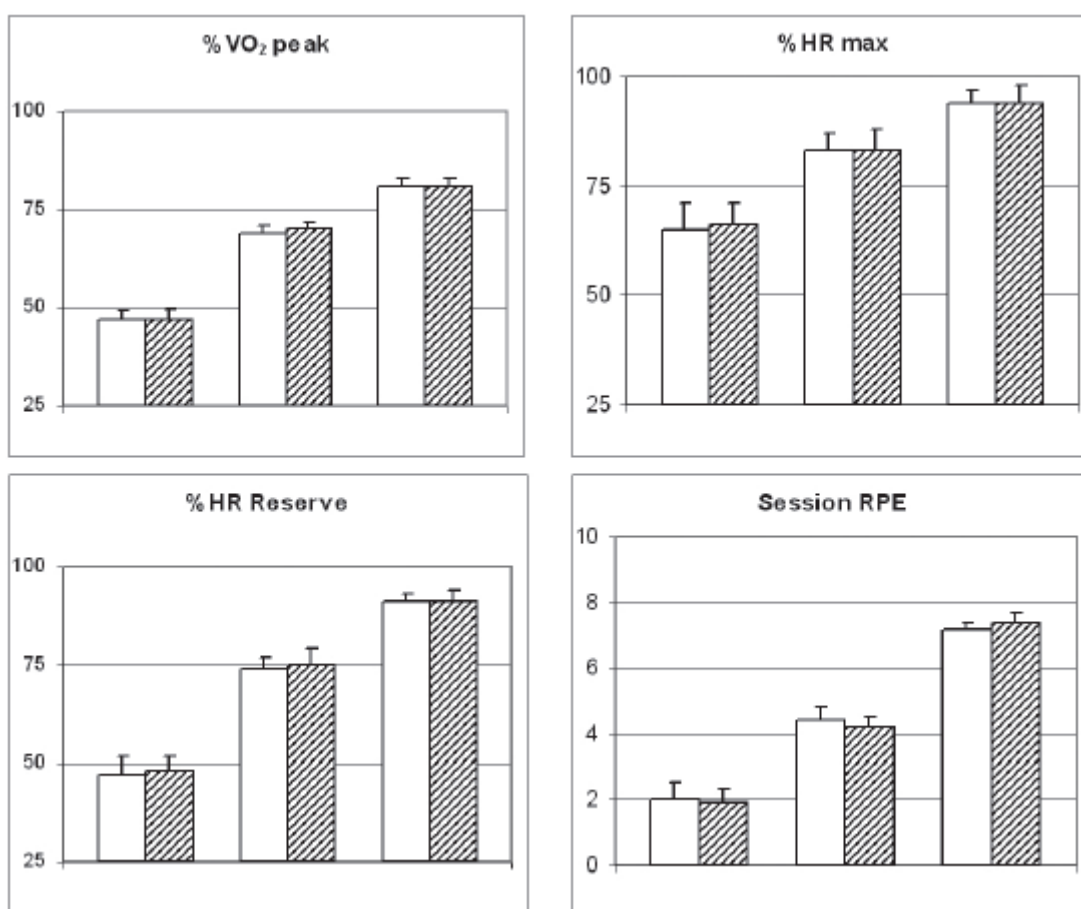
Treeningukoormuste ja intensiivsuse hindamine vastupidavusspordis on oluline ja lahutamatu osa treeningute periodiseeritud planeerimisest, sest treeningu intensiivsus, maht ja taastumine on äärmiselt tähtis maksimaalselt parimate tulemuste saavutamiseks (Ratamess et al., 2009). Kõrge intensiivsusega treeningute mahtu ja osakaalu on keeruline planeerida, kuna sellist tüüpi treeningute mõju kehale ei saa päris objektiivselt hinnata ainult südamelöögisageduse (SLS) näitajate järgi (Foster et al., 2001). Day et al. (2004) uurisid subjektiivse hinnanguga treeningu intensiivsuse skaala efektiivsust, et jaotada treeningu intensiivsust vastupidavustreeningute ajal. Uuringu tulemustest võib järeldada, et katsealused hindasid harjutuste puhul subjektiivselt raskemaks väiksemat korduste arvu ja kõrgemat intensiivsust (Day et al., 2004).

Enamik teste hindamaks lihaste vastupidavust koosnevad harjutustest, kus isomeetriselt tuleb hoida kontraktsiooni nii kaua kui võimalik (näiteks hantli hoidmine käes, ilma küünarvart painutamata), või siis tehes nii palju liigutusi kui võimalik, kus samal ajal toimub liigutustele spetsiifiline vastupanu (Dedering et al., 1999). Lihaste vastupidavuse hindamiseks võib kasutada asendi hoidmise aega, korduste arvu lugemist või siis ka elektromüograafia näitajaid (Kankaanpää et al., 1997). Demoulin et al. (2006) soovitasid katse sooritajatelt küsida ka nende arvamust ja hinnangut selle kohta, kui raske pingutus nende arvates oli, lähtudes Borgi hinnangust treeningu tajutava pingutuse skaalal, kus number 6 tähistab pingutuse puudumist ja number 20 maksimaalset pingutust. Dedering et al. (1999) on toonud välja korrelatsioonid Borgi skaala, elektromüograafia ja vastupidavuse aja vahel.

Herman et al. (2006) läbiviidud uuringus osalesid 14 kehaliselt aktiivset ja tervet (7 meest ja 7 naist) inimest. Kõik osalejad tegid läbi 7 erinevat treeningut minimaalselt 2-päevase puhkusega trennide vahel.

Antud uuringust võib järeldada, et treeningu tajutava pingutuse skaala ei ole usaldusväärne sama ülesande stiimuli korduval väljakutsumisel, kuid sobib väga hästi treeningu intensiivsuse objektiivsete mõõtudega, mis on esitatud joonisel 1 (Herman et al., 2006). Treeningu intensiivsuse kohta käiv tajutava pingutuse hinnang osutus regressioonianalüüsi tulemusel usaldusväärseks (Herman et al., 2006). Katse esimese ja teise päeva hinnangud olid statistiliselt olulise muutusega (Herman et al., 2006). Uuringust lähtuvalt peavad uuringu autorid tajutava pingutuse skaalat piisavalt usaldusväärseks vahendiks, et mõõta erinevate treeningute mõju sportlase kehale (Herman et al., 2006).

**Joonis 1.**  $VO_{2\text{tipp}}$ ,  $SLS_{\text{max}}$ ,  $SLS_{\text{reserv}}$  protsentuaalsed näitajad ja tajutav pingutuse hinnang katse esimese ja teise päeva võrdluses kolmel erineval intensiivsuse tasandil (Herman et al., 2006).



### 1.3. Saavutusvõime hindamine sõudjatel

Praeguseks on välja kujunenud üldine arusaam, et vastupidavusspordis on üheks sooritust limiteerivaks teguriks füsioloogilised faktorid nagu jõud, kiirus ja vastupidavus (Hawley & Stepto, 2001). Siiski diskuteeritakse endiselt selle üle, milline peaks treeningute ülesehitus päevade lõikes olema, et kõige paremini just eelnimetatud tegureid arendada ja

seeläbi sooritusvõimet parandada (Seiler & Kjerland, 2006). Ajalooliselt on arvatud, et sportlase sooritusvõimet ei piira ventilatoorsed või respiratoorsed tegurid (Volianitis et al., 2001). Siiski on leitud, et respiratoorse lihaskasvatuse teke pärast submaksimaalset treeningut (Loke et al., 1982) ja pärast lühiajalist maksimaalset pingutust (McConnell et al., 1997) annab kopsude ventilatsioonivõimekus (VE) märku maksimaalset sooritusvõimet piirava tegurina (Volianitis et al., 2001). Kõikidest treeningut puudutavatest muutujatest diskuteeritakse kõige kriitilisemalt just treeningu intensiivsusest ja selle jaotamisest (Seiler & Kjerland, 2006).

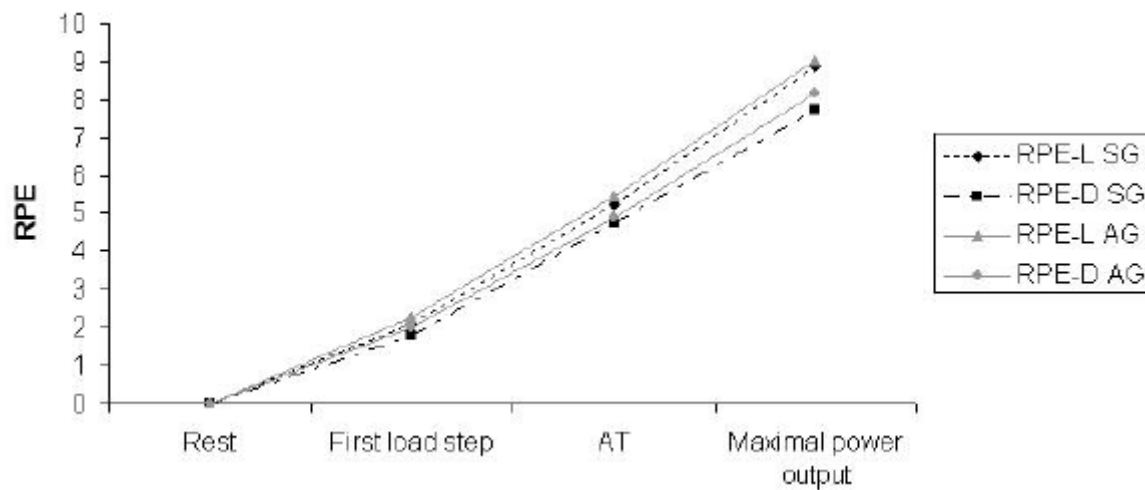
Ka Uzelac-Šciran ja Vucetic (2017) väidavad, et treeningu intensiivsuse doseerimine ja jaotamine on tihti peale üks peamisi tegureid, samas ka suuremaid küsimusi spordis, et saavutada parimaid tulemusi. Intensiivsuse jaotamiseks, hindamiseks ja kontrollimiseks on mitmeid erinevaid võimalusi: füüsilise pingutuse hindamine tajutava pingutuse skaalal, SLS, tempo, võimsus ja La hulk (Uzelac-Šciran & Vucetic, 2017). Kuna ühest ja parimat variant pole, tähendab see, et ükski meetod üksikuna ei anna täielikult aimu tegevuse intensiivsusest (Uzelac-Šciran & Vucetic, 2017). Sellest tulenevalt on soovitatav erinevaid meetodeid omavahel kombineerida, et suurendada tulemuste usaldusväärsust (Uzelac-Šciran & Vucetic, 2017).

Energiavarude kolme faasi ja kahte läve on võimalik kirjeldada treeningu intensiivsuse muutudes (Gearhart Jr. et al., 2004). Energia varustuse esimeses faasis leiab aset suuremamahuline hapniku eraldumine läbi rakkude, mille tõttu on väljahingatavas õhus vähem hapnikku (Zamuner et al., 2011). Sellest tulenevalt leiab aset hapniku omastamise lineaarne suurenemine ( $VO_2$ ), süsihappegaasi eraldumine ( $VCO_2$ ) ja kopsude VE (Zamuner et al., 2011).

### **1.3.1. Pingutuse üldise taju seos sooritusvõimega**

Borg (1982) selgitas, et füüsilise pingutuse üldine taju tuleneb erinevate sümptomite integratsioonist läbi kasutatavate lihaste, kardiovaskulaarse ja hingamisteede süsteemi, liigete, higistamise, võimaliku valu, peapöörituse jms. Zamuner et al. (2011) viisid läbi uuringu, kus otsiti seost AnL ja füüsilise pingutuse vahel, kasutades füüsilise pingutuse subjektiivseks hindamiseks Fosteri 10-palli skaalat. AnL määramiseks kasutati koormustesti veloergomeetrit (Zamuner et al., 2011). Uuringu tulemusena leiti statistiliselt olulised korrelatsioonid  $VO_{2max}$ , SLS, võimsuse ja füüsilise pingutuse subjektiivse hindamise vahel, mis on esitatud joonisel 2 (Zamuner et al., 2011).

**Joonis 2.** Jala (RPE-L) ja hingelduse (RPE-D) tajutava pingutuse ajajoon puhkeseisundis, esimesel koormuse astmel, AeL ja maksimaalsel võimsusel aktiivse grupi (AG) ja inaktiivse grupi (SG) puhul (Zamuner, et al., 2011).



## 2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Töö eesmärk oli leida astmelisel koormustestil sooritusvõimet mõjutavate näitajate ja tajutava pingutuse skaala vahelised seosed. Selleks viidi läbi 87 astmelist koormustesti sõudeergomeetril Eesti sõudekoondise sõudjatega.

Tööle püstitatud uurimisülesanded on järgmised:

1. Selgitada antropomeetrilised põhiandmed Eesti U19, U23 ja A koondise sõudjatel ning võrrelda saadud andmeid omavahel;
2. Selgitada sooritusvõime näitajad läbi astmelise koormustesti sõudeergomeetril Eesti U19, U23 ja A sõudekoondise sõudjatel ning võrrelda saadud andmeid omavahel;
3. Selgitada subjektiivne hinnang koormustestile läbi tajutava pingutuse skaala Eesti U19, U23 ja A sõudekoondise sõudjatel ning võrrelda saadud andmeid omavahel;
4. Leida võimalikud seosed koormustestil määratud sooritusvõime näitajate ja tunnetusliku väsimuse vahel Eesti U19, U23 ja A sõudekoondiste sõudjatel.

### 3. METOODIKA

#### 3.1. Uuritavad

Magistritöö uuringus osalesid meessoost Eesti koondise sõudjad, kes kuulusid aastatel 2018–2019 U19, U23 või A koondisesse. Uuringusse kaasati 28 A koondise, 33 U23 koondise ja 26 U19 koondise sõudjatel läbi viidud koormustesti. Sõudjad olid 16–38 aasta vanused. Uuringusse kaasatud sportlased osalesid mõõtmiste ajal täies mahus nii treeningutel kui võistlustel. Uuringus osalemine oli kõigile vabatahtlik. Vaatlusaluste koondandmed on esitatud tabelis 1.

**Tabel 1.** Uuringust osa võtnud sõudjate antropomeetrilised põhinäitajad.

	M±SD	Max	Min
Vanus (a)	21,98±5,09	38	16
Pikkus (cm)	185,8±7,14	202	168
Kaal (kg)	83,88±11,32	107	61
KMI (kg/m <sup>2</sup> )	24,2±2,05	28,47	19,66

M - aritmeetiline keskmine, SD - standardhälve, Max - maksimaalne tulemus ja Min - minimaalne tulemus.

#### 3.2. Uuringu korraldus

Sportlased sooritasid ettevalmistusperioodi alguses koormustesti sõudeergomeetril (Concept II, Morrisville, Ameerika Ühendriigid) astmeliselt tõusvate koormustega. Esimene koormus oli 40W ning iga minut tõsteti koormust 20W võrra. Igal koormusastmel küsiti sportlase käest, kui raske antud koormus talle Fosteri modifitseeritud 10-palli skaala (Foster et al., 2001) järgi tundub. Test kestis seni, kuni sportlane ei suutnud enam koormust hoida või lõpetas testi ise ära. Testi käigus määrati hapnikuanalüsaatoriga (Metamax 3B, Cortex Biophysic GbmH, Leipzig, Saksamaa) sportlase väljahingatavast õhust  $VO_{2max}$ , suhteline maksimaalne hapnikutarbimine ( $VO_{2max/kg}$ ), VE ja maksimaalne südamelöögisagedus ( $SLS_{max}$ ). Ensümaatilisel teel määrati La kontsentratsioon veres taastumise 3., 5. ja 15. minutil aparaadiga EKF-diagnostic GmbH, Saksamaa. Enne testi oli kõikidel sportlastel soojenduseks aega 10 minutit. Koormustest viidi läbi sarnaselt varem tehtud uuringuga (Purge et al., 2017).

### **3.3. Andmetöötlus**

Andmete analüüsimiseks ja töötlemiseks kasutati programmi MS Excel ning SPSS Statistics 20.0. Töö tulemused on esitatud tabelite ning tekstina. Andmete normaaljaotust kontrolliti Kolmogorov-Smirnovi testiga. Töö käigus leiti mõõdetud andmete keskmised ja standardhälbed, keskmiste võrdluseks kasutati sõltumatute valimite t-testi. Tunnuste vaheliste seoste leidmiseks on kasutatud Pearsoni korrelatsioonanalüüsi. Olulisusnivooks on võetud  $p < 0,05$ .

## 4. TÖÖ TULEMUSED

Uuringus osalenud sõudjad jagunesid kolme gruppi: A koondis, U23 koondis ja U19 koondis. Gruppide üldised põhiandmed on välja toodud tabelis 2.

**Tabel 2.** Sõudjate antropomeetrilised põhinäitajad koondiste kaupa (M±SD).

	A koondis	U23 koondis	U19 koondis
Vanus (a)	27,25±5,76	20,73±,76#	17,88±1,42#
Pikkus (cm)	192,64±4,54	183,76±4,73#	181,04±6,55#
Kaal (kg)	95,53±6,64	77,75±7,81#	79,11±9,47#

# - statistiliselt oluliselt erinev A koondise näitajast ( $p<0,05$ ).

A koondise sportlased olid võrreldes U23 koondise ja U19 koondise sportlastega pikemad, raskemad ja vanemad ( $p<0,05$ ). Samas U23 koondise ja U19 koondise vahel pikkuse ja kaalu osas statistiliselt olulist erinevust ( $p\geq 0,05$ ) ei täheldatud.

### 4.1. Sõudjate funktsionaalsete näitajate võrdlus

Sõudjate koormustestil saadud tulemused on välja toodud tabelis 3. Koormustestil suutsid kõige suuremat võimsust arendada A koondise sportlased, kellele järgnesid U23 ja U19 koondise sportlased. Sarnane võimsuse erinevus esines samuti ka AeL ja AnL. A koondise ja U23 koondise sõudjatel jäi astmelisel koormustestil maksimaalne SLS alla 190 l/min (Tabel 3), samas oli U19 koondise sõudjatel SLS testi lõpus üle 190 l/min (Tabel 3), mis oli statistiliselt oluliselt erinev ( $p<0,05$ ) nii A koondise kui ka U23 koondise näitajast. U19 koondise sportlastel oli ka statistiliselt oluliselt erinev ( $p<0,05$ ) AnL<sub>SLS</sub> väärtus (Tabel 3).

La kontsentratsioon veres pärast koormustesti oli U23 koondise sportlastel veidi väiksem kui A koondise sportlastel ning kiiret langust näitaja osas ei toimunud. AeL<sub>F</sub> ja AnL<sub>F</sub> osas A koondise ja U23 koondise vahel statistiliselt olulist erinevust ei leidunud ( $p\geq 0,05$ ), samas oli see statistiliselt oluliselt erinev U19 koondise hinnatud raskuse osas ( $p<0,05$ ).

Astmelise koormustesti järgselt pärast kolmandat, viiendat ja viieteistkümnendat minutit mõõdetud vere La kontsentratsioonis statistiliselt olulist erinevust A koondise ja U23 koondise vahel ei esinenud, samas langes U19 koondise vere La kontsentratsioon pärast 15-minutilist taastumist võrreldes A koondise ja U23 koondise näitajaga oluliselt madalamale ( $p<0,05$ ) (Tabel 3).

**Tabel 3.** Eesti sõudekoondise sportlaste koormustesti tulemused (M±SD).

	A koondis	U23 koondis	U19 koondis
VO <sub>2max</sub> (L/min)	5,5±,5	4,81±,63#	4,65±,97#
VO <sub>2max/kg</sub> (ml/min/kg)	58,17±4,87	61,87±7,93	57,65±8,04
Pa <sub>max</sub> (W)	430,39±31,79	352,51±36,73#	321,34±57,67#
VE (L/min)	218,07±19,25	192,57±22,33#	176,03±31,64#
AeL <sub>SLS</sub> (l/min)	144,14±10,83	147,33±7,41	153,8±11,01#
AeL <sub>W</sub> (W)	229,82±19,67	185,36±23,33#	180,19±38,08#
AeL <sub>F</sub> (F 1-10)	3,54±,67	3,76±,79	4,31±,97#
AnL <sub>SLS</sub> (l/min)	168,96±11,04	170,9±6,95	179,19±9,36α#
AnL <sub>W</sub> (W)	322,57±22,06	265,42±33,41#	249,3±48,22#
AnL <sub>F</sub> (F 1-10)	5,32±,81	5,67±,92	6,81±1,23α#
P <sub>max</sub> (W)	453,92±31,69	372,78±35,84#	339,23±62,87#
SLS <sub>max</sub> (l/min)	189,1±11,42	188,6±5,47	195,3±6,96α
La <sub>3</sub> (mmol/L)	14,75±3,44	13,67±2,27	12,74±2,64
La <sub>5</sub> (mmol/L)	14,35±4,03	13,32±2,36	12,45±2,41
La <sub>15</sub> (mmol/L)	11,06±4,14	9,22±3,17	8,34±2,26#

VO<sub>2max</sub> – maksimaalne hapnikutarbimine, VO<sub>2max/kg</sub> – suhteline maksimaalne hapnikutarbimine, Pa<sub>max</sub> – maksimaalne aeroobne võimsus, VE – ventilatsioon, AeL<sub>SLS</sub> – aeroobse läve südamelöögisagedus, AeL<sub>W</sub> – aeroobse läve võimsus, AeL<sub>F</sub> – tajutav väsimus aeroobsel lävel, AnL<sub>SLS</sub> – anaeroobse läve südamelöögisagedus, AnL<sub>W</sub> – anaeroobse läve võimsus, AnL<sub>F</sub> – tajutav väsimus anaeroobsel lävel, P<sub>max</sub> – maksimaalne võimsus, SLS<sub>max</sub> – maksimaalne südamelöögisagedus, La – laktaadi kontsentratsioon veres, # - erinevus A koondisest (p<0,05), α - erinevus U23 koondisest (p<0,05).

VO<sub>2max</sub> väärtustes olid A koondise sportlastel oluliselt suuremad näitajad (p<0,05), kui U23 koondise ja U19 koondise sportlastel, kuid suhtes kehakaaluga VO<sub>2max/kg</sub> erinevate koondiste vahel olulisi erinevusi (p≥0,05) ei esinenud. A koondise sportlastel olid samuti statistiliselt oluliselt (p<0,05) kõrgemad väärtused maksimaalse aeroobse võimsuse (Pa<sub>max</sub>), VE, AeL<sub>W</sub> ja AnL<sub>W</sub> osas võrreldes U23 ja U19 koondise sõudjatega. U19 koondise sportlastel olid koormustestil saadud tulemustes statistiliselt oluliselt (p<0,05) kõrgemad väärtused AeL<sub>SLS</sub>, AeL<sub>F</sub>, AnL<sub>F</sub>, SLS<sub>max</sub> ja La<sub>15</sub>, kui U23 ja A koondise sõudjatel.

## 4.2. Sõudekoondise sportlaste koormustesti tulemuste korrelatiivsed seosed

Teises analüüsi osas leiti korrelatiivseid seoseid koormustesti tulemuste vahel Eesti U19, U23 ja A koondise sportlastel. Tabelis 4 on välja toodud A koondise korrelatiivsed seosed astmelisel koormustestil saadud põhitulemuste vahel.

**Tabel 4.** A sõudekoondise sportlaste funktsionaalsete näitajate seosed  $AeL_F$ ,  $AnL_F$ ,  $VO_{2max/kg}$  ja  $La_{15}$  väärtustega.

	$AeL_F$	$AnL_F$	$VO_{2max/kg}$	$La_{15}$
$VO_{2max}$ (L/min)	,32	,04	,48*	-,11
$VO_{2max/kg}$ (ml/min/kg)	,15	,02	1	-,39*
$Pa_{max}$ (W)	-,19	-,09	-,14	,52*
VE (L/min)	-,31	-,14	-,29	,37
$AeL_{SLS}$ (l/min)	-,29	-,38*	,01	,45*
$AeL_W$ (W)	,33	,02	-,02	-,01
$AnL_{SLS}$ (l/min)	-,43*	-,47*	-,06	,59*
$AnL_W$ (W)	,07	,11	-,19	,24
$P_{max}$ (W)	-,07	-,08	-,32	,64*
$SLS_{max}$ (l/min)	-,52*	-,46*	-,17	,53*
$La_3$ (mmol/L)	-,44*	-,35	-,42*	,89*
$La_5$ (mmol/L)	-,40*	-,33	-,41*	,93*
$La_{15}$ (mmol/L)	-,32	-,28	-,39*	1

$AeL_F$  – tajutav väsimus aeroobsel lävel,  $AnL_F$  – tajutav väsimus anaeroobsel lävel,  $VO_{2max/kg}$  – suhteline maksimaalne hapnikutarbimine,  $La$  – laktaadi kontsentratsioon veres,  $VO_{2max}$  – maksimaalne hapnikutarbimine,  $Pa_{max}$  – maksimaalne aeroobne võimsus, VE – ventilatsioon,  $AeL_{SLS}$  – aeroobse läve südamelöögisagedus,  $AeL_W$  – aeroobse läve võimsus,  $AnL_{SLS}$  – anaeroobse läve südamelöögisagedus,  $AnL_W$  – anaeroobse läve võimsus,  $P_{max}$  – maksimaalne võimsus,  $SLS_{max}$  – maksimaalne südamelöögisagedus, \*- statistiliselt oluline korrelatiivne seos ( $p < 0,05$ ).

$AeL_F$  omas negatiivset korrelatiivset seost  $AnL_{SLS}$  ( $r = -0,43$ ),  $SLS_{max}$  ( $r = -0,52$ ),  $La_3$  ( $r = -0,44$ ) ja  $La_5$  ( $r = -0,4$ ) vahel.  $AnL_F$  väärtused omasid negatiivseid korrelatiivseid seoseid  $AeL_{SLS}$  ( $r = -0,38$ ),  $AnL_{SLS}$  ( $r = -0,47$ ) ja  $SLS_{max}$  ( $r = -0,46$ ) vahel.  $VO_{2max/kg}$  väärtused omasid negatiivset korrelatiivset seost  $La_3$  ( $r = -0,42$ ),  $La_5$  ( $r = -0,41$ ) ja  $La_{15}$  ( $r = -0,39$ ) väärtustega.  $La_{15}$  omas positiivset korrelatiivset seost  $Pa_{max}$  ( $r = 0,52$ ),  $AeL_{SLS}$  ( $r = 0,45$ ),  $AnL_{SLS}$  ( $r = 0,59$ ),  $P_{max}$  ( $r = 0,64$ ),  $SLS_{max}$  ( $r = 0,53$ ),  $La_3$  ( $r = 0,89$ ) ja  $La_5$  ( $r = 0,93$ ) näitajatega ning negatiivset korrelatiivset seost  $VO_{2max/kg}$  ( $r = -0,39$ ) väärtusega.

U23 sõudekoondise sportlaste koormustestil määratud funktsionaalsete näitajate seosed  $AeL_F$ ,  $AnL_F$ ,  $VO_{2max/kg}$  ja  $La_{15}$  on esitatud tabelis 5.

**Tabel 5.** U23 sõudekoondise sportlaste funktsionaalsete näitajate seosed  $AeL_F$ ,  $AnL_F$ ,  $VO_{2max/kg}$  ja  $La_{15}$  väärtustega.

	$AeL_F$	$AnL_F$	$VO_{2max/kg}$	$La_{15}$
$VO_{2max}$ (L/min)	,22	,37*	,69*	-,36*
$VO_{2max/kg}$ (ml/min/kg)	,50*	,32	1	-,14
$Pa_{max}$ (W)	-,02	,16	,21	,12
VE (L/min)	,22	,22	,18	,06
$AeL_{SLS}$ (l/min)	,05	-,13	-,06	,15
$AeL_W$ (W)	,34	,42*	,48*	-,19
$AnL_{SLS}$ (l/min)	-,09	-,14	,01	,32
$AnL_W$ (W)	-,00	,55*	,37*	-,24
$P_{max}$ (W)	,07	,24	,29	,16
$SLS_{max}$ (l/min)	-,29	-,26	-,17	,46*
$La_3$ (mmol/L)	-,22	-,23	-,12	,79*
$La_5$ (mmol/L)	-,27	-,23	-,15	,79*
$La_{15}$ (mmol/L)	-,07	-,35*	-,14	1

$AeL_F$  – tajutav väsimus aeroobsel lävel,  $AnL_F$  – tajutav väsimus anaeroobsel lävel,  $VO_{2max/kg}$  – suhteline maksimaalne hapnikutarbimine,  $La$  – laktaadi kontsentratsioon veres,  $VO_{2max}$  – maksimaalne hapnikutarbimine,  $Pa_{max}$  – maksimaalne aeroobne võimsus, VE – ventilatsioon,  $AeL_{SLS}$  – aeroobse läve südamelöögisagedus,  $AeL_W$  – aeroobse läve võimsus,  $AnL_{SLS}$  – anaeroobse läve südamelöögisagedus,  $AnL_W$  – anaeroobse läve võimsus,  $P_{max}$  – maksimaalne võimsus,  $SLS_{max}$  – maksimaalne südamelöögisagedus, \*- statistiliselt oluline korrelatiivne seos ( $p < 0,05$ ).

U23 sõudekoondise tulemustes omas  $AeL_F$  positiivset korrelatiivset seost  $VO_{2max/kg}$  ( $r=0,5$ ).  $AnL_F$  väärtused omasid positiivset korrelatiivset seost  $VO_{2max}$  ( $r=0,37$ ),  $AeL_W$  ( $r=0,42$ ),  $AnL_W$  ( $r=0,55$ ) ja negatiivset seost  $La_{15}$  ( $r=-0,35$ ) näitajatega.  $VO_{2max/kg}$  väärtused omasid positiivset korrelatiivset seost  $AeL_W$  ( $r=0,48$ ) ja  $AnL_W$  ( $r=0,37$ ) väärtustega.  $La_{15}$  omas positiivset korrelatiivset seost  $SLS_{max}$  ( $r=0,46$ ),  $La_3$  ( $r=0,79$ ) ja  $La_5$  ( $r=0,79$ ) väärtustega ning negatiivset seost  $VO_{2max}$  ( $r=-0,36$ ) näitajaga.

U19 sõudekoondise sportlaste koormustestil määratud funktsionaalsete näitajate seosed  $AeL_F$ ,  $AnL_F$ ,  $VO_{2max/kg}$  ja  $La_{15}$  on esitatud tabelis 6.

**Tabel 6.** U19 sõudekoondise sportlaste funktsionaalsete näitajate seosed  $AeL_F$ ,  $AnL_F$ ,  $VO_{2max/kg}$  ja  $La_{15}$  väärtustega.

	$AeL_F$	$AnL_F$	$VO_{2max/kg}$	$La_{15}$
$VO_{2max}$ (L/min)	,32	,20	,71*	,02
$VO_{2max/kg}$ (ml/min/kg)	,47*	,24	1	,25
$Pa_{max}$ (W)	,46*	,17	,83*	,26
VE (L/min)	,50*	,21	,72*	,06
$AeL_{SLS}$ (l/min)	-,15	-,19	-,29	,01
$AeL_W$ (W)	,54*	,24	,77*	,19
$AnL_{SLS}$ (l/min)	-,34	-,24	-,33	,02
$AnL_W$ (W)	,49*	,25	,85*	,22
$P_{max}$ (W)	,38	,14	,82*	,19
$SLS_{max}$ (l/min)	-,41*	-,31	-,36	,13
$La_3$ (mmol/L)	,17	-,11	,44*	,72*
$La_5$ (mmol/L)	,12	-,15	,28	,87*
$La_{15}$ (mmol/L)	,23	-,11	,25	1

$AeL_F$  – tajutav väsimus aeroobsel lävel,  $AnL_F$  – tajutav väsimus anaeroobsel lävel,  $VO_{2max/kg}$  – suhteline maksimaalne hapnikutarbimine,  $La$  – laktaadi kontsentratsioon veres,  $VO_{2max}$  – maksimaalne hapnikutarbimine,  $Pa_{max}$  – maksimaalne aeroobne võimsus, VE – ventilatsioon,  $AeL_{SLS}$  – aeroobse läve südamelöögisagedus,  $AeL_W$  – aeroobse läve võimsus,  $AnL_{SLS}$  – anaeroobse läve südamelöögisagedus,  $AnL_W$  – anaeroobse läve võimsus,  $P_{max}$  – maksimaalne võimsus,  $SLS_{max}$  – maksimaalne südamelöögisagedus, \*- statistiliselt oluline korrelatiivne seos ( $p < 0,05$ ).

U19 sõudekoondise puhul omas  $AeL_F$  positiivset korrelatiivset seost  $VO_{2max/kg}$  ( $r=0,47$ ),  $Pa_{max}$  ( $r=0,46$ ), VE ( $r=0,5$ ),  $AeL_W$  ( $r=0,54$ ),  $AnL_W$  ( $r=0,49$ ) näitajatega ning negatiivset seost  $SLS_{max}$  ( $r=-0,41$ ) väärtusega.  $VO_{2max/kg}$  näitajad omasid positiivset korrelatiivset seost  $Pa_{max}$  ( $r=0,83$ ), VE ( $r=0,72$ ),  $AeL_W$  ( $r=0,77$ ),  $AnL_W$  ( $r=0,85$ ),  $P_{max}$  ( $r=0,82$ ) ja  $La_3$  ( $r=0,44$ ) väärtustega.  $La_{15}$  omas positiivset seost  $La_3$  ( $r=0,72$ ) ja  $La_5$  ( $r=0,87$ ) näitajatega.  $AnL_F$  ja teiste mõõdetud väärtuste vahel statistiliselt olulist seost ei leidunud ( $p \geq 0,05$ ).

## 5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli sõudjate sooritusvõimet mõjutavate näitajate ja tajutava pingutuse vaheliste seoste leidmine astmelisel koormustel.

Uurimistöö esimeseks uurimisülesandeks oli antropomeetriliste põhiandmete väljaselgitamine sõudjatel koondiste kaupa. Tulemusi analüüsid selgub, et A koondise sõudjad on oluliselt pikemat kasvu ( $192,64 \pm 4,54$  cm) võrreldes U23 ( $183,76 \pm 4,73$  cm) ja U19 ( $181,04 \pm 6,55$  cm) koondise sportlastega (Tabel 3). Samuti on tulemustest näha, et A koondise sõudjad on kehakaalult ( $95,53 \pm 6,64$  kg) oluliselt raskemad kui U23 koondise sõudjad ( $77,75 \pm 7,81$  kg) (Tabel 3). Saadud andmeid analüüsid tuleb välja, et kuigi U19 koondise liikmed on pikkuselt veidi lühemad, kui U23 koondise sõudjad, kaaluvad U19 koondise sõudjad U23 koondise sõudjatest rohkem ( $79,11 \pm 9,47$  kg). See tuleneb arvatavasti sellest, et U23 koondises olid mitmed kergekaalu sõudjad, kelle kehakaal jääb 70-75 kg vahele. A koondise sõudjate raskem kaal tuleneb kindlasti ka nende suuremast pikkusest ja lihasmassist. Huang et al. (2007) leidsid enda läbiviidud uuringus, et pikkus on üks tugevamaid ja määravamaid faktoreid ennustamaks 2000 meetri sõudmisvõimekust. Lisaks leidsid nad, et kui pikkus sõltumatu muutujana välja jätta, siis on väga oluline võimekuse näitaja ka sõudja kaal ja vanus (Huang et al., 2007). See annab aluse arvata, et pikematel ja veidi jõulisematel sõudjatel võib olla eelis kergemate ja lühemate sõudjate ees sõudeergomeetril maksimaalsel pingutusel.

Magistritöö teiseks uurimisülesandeks oli saavutusvõimet mõjutavate näitajate välja selgitamine koondiste kaupa ning nende omavaheline võrdlemine. Saadud tulemusi analüüsid tuli välja, et A koondise sportlastel oli statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ) kõrgem  $AeL_w$  ( $229,82 \pm 19,76$  W), kui U23 koondise sportlastel ( $185,36 \pm 23,33$  W) (Tabel 3). See tähendab, et A koondise sõudjad olid madalama SLS juures võimelised rohkem mehaanilist tööd tegema. Samuti näitasid A koondise sõudjad võrreldes U23 koondise sõudjatega statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ) paremaid tulemusi  $Pa_{max}$  võimsuse osas. A koondise sportlastel jäi  $Pa_{max}$  võimsuseks  $430,39 \pm 31,79$  W, U23 koondise sõudjatel oli näitaja  $352,51 \pm 36,73$  W (Tabel 3). U19 koondise sõudjatel oli  $AeL_{SLS}$  küll kõige kõrgem ( $153,8 \pm 11,01$  l/min), kuid samas  $AeL_w$  kõige madalam ( $180,19 \pm 38,08$  l/min) (Tabel 3). Samas on teada, et vanusega kaasneb  $SLS_{max}$  langus, mis tähendab ka madalamat südamelöögisagedust füüsilise pingutuse puhul (Christou & Seals, 2008). Saadud tulemused võivad aimu anda oluliselt paremast treenituse tasemest ja ökonoomsusest A koondise sportlaste puhul. Kopsude VE osas oli A koondise, U23 ning U19 koondise vahel samuti statistiliselt oluline erinevus ( $p < 0,05$ ), kus A koondise näitajaks jäi  $218,07 \pm 19,25$  L/min, U23 koondisel  $192,57 \pm 22,33$  L/min ning U19 koondisel  $176,03 \pm 31,64$

L/min (Tabel 3). Kuigi kopsude VE ei ole kõige olulisem sooritusvõimet piirav tegur, on siiski leitud, et lühiajalise maksimaalse pingutuse korral võib kopsude VE saada sooritusvõimet piiravaks teguriks (Volianitis et al., 2001).

AnL puhul oli näha sarnast tendentsi, nagu AeL puhul – kõige madalam oli AnL<sub>SLS</sub> A koondise sõudjatel ( $168,96 \pm 11,04$  l/min), veidi kõrgem U23 koondisel ( $170,9 \pm 6,95$  l/min) ning kõige kõrgem U19 koondise sõudjatel ( $179,19 \pm 9,36$  l/min) (Tabel 3). AnL<sub>SLS</sub> puhul tuli välja statistiliselt oluline erinevus U19 koondise ja U23 koondise vahelises lävede võrdluses ( $p < 0,05$ ). Ka AnL<sub>W</sub> puhul tuli välja U23 koondise sportlaste statistiliselt oluliselt madalam AnL<sub>W</sub> kui A koondise sportlastel ( $p < 0,05$ ). Samuti oli statistiliselt oluliselt madalam ( $p < 0,05$ ) Pa<sub>max</sub> näitaja.

VO<sub>2max</sub> tulemusi uurides selgub, et U23 koondise sõudjatel on statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ ) madalam absoluutne VO<sub>2max</sub> näitaja ( $4,81 \pm 0,63$  L/min) kui A koondise sõudjatel ( $5,5 \pm 0,5$  L/min) (Tabel 3). A sõudekoondise tulemus oli statistiliselt oluliselt erinev ( $p < 0,05$ ) ka U19 koondise tulemusest ( $4,65 \pm 0,97$  L/min) (Tabel 3). Lisaks tuleb saadud uuringust välja, et U23 koondise sportlastel ja ka U19 sõudekoondise sportlastel on statistiliselt oluliselt madalam Pa<sub>max</sub> võrreldes A sõudekoondise sportlastega ( $p < 0,05$ ). Oluliselt madalam VO<sub>2max</sub> näitaja nooremate sportlaste puhul võib meile aimu anda jällegi A koondise sportlaste paremast treenituse tasemest. Parem treenituse tase vanemate sportlaste puhul on ka arusaadav, kuna sportlased on spordiala treeningutega oluliselt kauem tegelenud ja koormustega paremini kohanenud.

Magistritöö kolmandaks uurimisülesandeks oli sportlaste tajutava pingutuse välja selgitamine astmelisel koormustestil. Kuigi AeL<sub>F</sub> koondiseti statistiliselt oluliselt ei erinenud, siis AnL<sub>F</sub> hindasid U19 koondise sõudjad statistiliselt oluliselt kõrgemaks ( $p < 0,05$ ) nii U23 koondisest kui ka A koondisest. U19 koondisel jäi keskmiseks näitajaks  $6,81 \pm 1,23$ , samas kui A koondisel oli selleks  $5,32 \pm 0,81$  ja U23 koondisel  $5,67 \pm 0,92$  (Tabel 3). Foster et al. (2001) leidsid oma uuringus, et SLS ja tajutava pingutuse hinnang on omavahel tugevalt seotud, mis tähendab, et kõrgema SLS puhul on ka tajutav pingutus kõrgem. See teadmine leidis ka antud uurimistööl puhul kinnitust. Magistritöö tulemuste põhjal võiks arvata, et nooremate sportlaste kõrgem hinnang pingutusele võib tuleneda ka kogenematusel. Iga inimese võimekus adekvaatselt treeningu raskust hinnata on tähtis teema ja pole siiani lõplikku lahendust leidnud (Gondoni et al., 2010). Nooremate sõudjate taju pingutusele võib olla teistsugune, kuna sportlane ei pruugi olla kogenud piisavalt erineva raskusastmega treeninguid. Seetõttu võib puududa ülevaade ja arusaam, mida tähendab näiteks väga kerge koormus või siis vastupidi maksimaalne pingutus. Samuti on nooremate sportlaste treeningstaaž oluliselt lühem võrreldes

tiptasemel täiskasvanud sportlastega, mille tõttu on ka kogemus eri tüüpi pingutuste osas väiksem. Sellest tulenevalt on äärmiselt oluline, et Fosteri skaala kasutamisel treeningu intensiivsuse hindamiseks saaksid sportlased läbi teha võimalikult palju erineva raskusastmega treeninguid, et tekiks kogemus ja arusaamine ning võrdlus treeningute hindamiseks.

Käesoleva magistritöö neljandaks uurimisülesandeks oli leida võimalikud seosed astmelisel koormustestil mõõdetud sooritusvõimet mõjutavate näitajate ja tajutava pingutuse vahel, kasutades selleks korrelatsioonanalüüsi. Scherr et al. (2013) läbiviidud uuringus tuli suure valimi puhul välja tugev seos nii La kontsentratsiooni hulga kui  $SLS_{max}$  vahel. Ka käesolevas uurimistöös tuli nii A koondise ( $r=0,53$ ) kui ka U23 koondise ( $r=0,46$ ) puhul välja tugev positiivne seos ( $p<0,05$ )  $SLS_{max}$  ja  $La_{15}$  kontsentratsiooni vahel. Lisaks tuli tulemustest välja A sõudekoondise sportlaste puhul ka statistiliselt oluline seos ( $p<0,05$ )  $P_{max}$  ( $r=,52$ ),  $P_{max}$  ( $r=0,64$ ) ja vere La kontsentratsiooni vahel. U23 ja U19 koondise sportlastel seda seost ei leidunud. Saadud tulemustest võib järeldada, et pärast maksimaalset pingutust astmelisel koormustestil on sportlastel taastumine pigem aeglasem ning mida kõrgem oli SLS näitaja, seda kõrgem oli ka koormuse järgselt La kontsentratsioon veres.

A koondise korrelatsioonanalüüsist tuli samuti välja tugev negatiivne seos ( $p<0,05$ )  $AnL_{SLS}$  ja  $AnL_F$  vahel ( $r=-0,47$ ), samas kui U23 koondise puhul tuli välja tugev positiivne seos. U19 koondise puhul statistiliselt olulist seost  $AnL_{SLS}$  ja  $AnL_F$  hinnangu vahel ei leidunud ( $p\geq 0,05$ ). Küll aga tuli U19 koondise korrelatsioonanalüüsist välja tugev positiivne seos ( $p<0,05$ )  $AeL_W$  ( $r=,545$ ) ning  $AnL_W$  ( $r=0,49$ )  $AnL_F$  vahel. Positiivne seos nii  $AeL$  kui  $AnL$  puhul võib anda aimu sellest, et sportlased tajuvad oma pingutust adekvaatselt ning koormuse suurenedes nende hinnang kasvab koos sooritusvõime näitajatega. Kindlasti tuleb siin olla kriitiline ja võtta arvesse ka teisi faktoreid, mis sportlase hinnangut mõjutada võivad, nagu näiteks väsimus, individuaalne tunnetus, toitumine, vigastused jne.

A koondise korrelatsioonanalüüsist võib huvitavana välja tuua tugeva negatiivse seose ( $p<0,05$ )  $SLS_{max}$  ning  $AeL_F$  ja  $AnL_F$  vahel. Sama tuli välja ka U19 koondise analüüsist, küll aga ainult  $AeL_F$  puhul ( $r=-0,41$ ). Negatiivne seos annab aimu sellest, et  $SLS_{max}$  suurenedes sportlaste hinnang lävede tajutavale pingutusele tegelikult vähenes. Kuigi SLS mõõtmine ning selle järgi intensiivsuse jaotamine tsoonidesse on üks kõige lihtsamini kättesaadavaid vahendeid, tuli siiski Seileri ja Kjerlandi (2006) uuringust välja, et SLS järgi kogu treeningu mõju hindamine ei lange kokku tajutava pingutuse ning La kontsentratsiooni näiduga. Seega tuleks ka siin lisaks hinnata võimsust,  $VO_{2max}$  ning La kontsentratsiooni veres, et saada hinnang kogu pingutuse mõjust.

Korrelatsioonanalüüsi tulemusena tuli välja seoseid, mis esinesid ainult A sõudekoondise sportlaste puhul. U23 ja U19 koondiste puhul neid seoseid ei leidunud, või ei olnud need statistiliselt olulised ( $p \geq 0,05$ ). Ühe statistiliselt olulise seosena ( $p < 0,05$ ) tuli välja negatiivne seos nii  $AeL_{SLS}$  ja  $AnL_F$  ( $r = -0,38$ ) kui ka  $AnL_{SLS}$  ja  $AnL_F$  ( $r = -0,47$ ) vahel. Saadud tulemus näitab, et kõrgem SLS lävel tähendab madalamat hinnangut koormusele. Ka see võib aimu anda A sõudekoondise sportlaste paremast treenituse tasemest ja kohanemisest koormustega. Samas suudavad ka A koondise sportlased pikaajalise kogemuse tõttu pingutust paremini tunnetada ja seda ka hinnata.

A sõudekoondise sportlaste puhul leiti ka negatiivsed seosed ( $p < 0,05$ ) La kontsentratsiooni ja  $VO_{2max}$  vahel. Seosed leidsid nii  $La_3$  ( $r = -0,42$ ),  $La_5$  ( $r = -0,41$ ) kui ka  $La_{15}$  ( $r = -0,39$ ) vahel. Kuna La näol on tegemist anaeroobse energia tekkemehhanismi jääkproduktiga, annab saadud tulemus meile aimu A sõudekoondise sportlaste suuremast aeroobsest võimekusest ja seeläbi ka vähemast La kontsentratsioonist veres

Lisaks leidis seos, mis esines U23 ja U19 sõudekoondise sportlaste puhul, kuid A koondise puhul seost ei leitud. Statistiliselt oluline positiivne seos ( $p < 0,05$ ) leidis  $VO_{2max}$  ja  $AeL_W$  ning  $AnL_W$  vahel. Positiivne seos võib olla seotud sellega, et U23 ja U19 koondise sportlastel ei ole aeroobsed võimed veel maksimaalselt välja arenenud, samas kui A sõudekoondise sportlaste puhul on juba aeroobsed võimed suuresti välja arenenud ja soorituse võimekus sõltub rohkem juba lihasvõimsusest.

Käesoleva töö tugevuseks võib pidada suurt valimit nii sportlaste kui ka koondiste lõikes, kuna testi sooritasid kolme erineva koondise sportlased, kes on sooritusvõime näitajate poolest erinevad. Töö nõrkuseks on samal teemal uuringute puudumine, seega magistr töö tulemuste võrdlemine sarnaste uuringutega on raskendatud. Samuti võib nõrkuseks pidada ka pingutuse tajutava hinnangu skaala kontrollimatust ning objektiivsuse puudumist. Sportlase taju pingutusele on mõjutatav ka läbi paljude teiste tegurite peale koormuse.

## 6. JÄRELDUSED

Käesoleva magistritöö eesmärk oli välja selgitada astmelisel koormustestil sooritusvõimet mõjutavate näitajate ja tajutava pingutuse skaala vahelised seosed Eesti Sõudeliidu A koondise, U23 koondise ja U19 koondise näitel. Läbiviidud uuringu tulemuste põhjal võib järeldada:

1. Eesti A sõudekoondise sportlased olid raskemad ja pikemad, samas U19 ja U23 koondiste sportlased olid antropomeetrilistes põhinäitajates sarnased;
2. Eesti A sõudekoondise sportlastel olid sooritusvõime näitajad kõige paremad, U23 ja U19 koondiste sportlaste saavutusvõime osas olid erinevused oluliselt väiksemad;
3. Koormustestil tajutud pingutust AeL ja AnL hindasid A sõudekoondise ja U23 sõudekoondise sportlased sarnaselt, samas U19 sõudekoondise sportlaste tajutud hinnangud olid oluliselt kõrgemad;
4. Leides koormustesti tulemuste omavahelises võrdluses koondiste kaupa erinevaid positiivseid ja negatiivseid seoseid, viitab see asjaolule, et vanuse ja kogemuse suurenemisega sportlaste sooritusvõimega seotud tegurid muutuvad.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1982; 14: 377–381.
2. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Stockholm: Human Kinetics; 1998.
3. Christou D, Seals D. Decreased maximal heart rate with aging is related to reduced (beta)-adrenergic responsiveness but is largely explained by a reduction in intrinsic heart rate. *Journal of Applied Physiology*, 2008; 105: 24–29.
4. Day ML, McGuigan MR, Brice G, Foster C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2004; 18(2): 353–358.
5. Dederling A, Nemeth G, Harms-Ringdahl K. Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower neck. *Clinical Biomechanics*, 1999; 14: 103–111.
6. Demoulin C, Vanderthommen M., Duysens C, Crielaard JM. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine*, 2006; 73: 43–50.
7. Elliott B, Lyttle A, Birkett O. The RowPerfect ergometer: a training aid for on-water single scull rowing. *Sports Biomechanics*, 2002; 1: 123–134.
8. Erdman A, Meyers G. New Concept: Rowing ergometer for instant feedback or data analysis. *SOMA*, 1986; 24–28.
9. FISA. FISA Rule Book. World Rowing Federation, 2017.
10. Fiskerstrand A, Seiler K. Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970-2001. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2004; 14: 303–310.
11. Foster C, Florhaug J, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin L, et al. A new ppproach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2001; 15(1): 109–115.
12. Gearhart Jr R, Becque M, Hutchins M, Palm C. Comparison of memory and combined exercise and memory-anchoring procedures on ratings of perceived exertion during

- short duration, near-peak-intensity cycle ergometer exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 2004; 99 (3): 775–784.
13. Gondoni L, Nibbio F, Caetani G, Augello G, Tironi A. What are we measuring? Considerations on subjective ratings of perceived exertion in obese patients for exercise prescription in cardiac rehabilitation programs. *International Journal of Cardiology*, 2010; 140: 236–238.
  14. Hawley J, Stepto N. Adaptations to training in endurance cyclists: implications for performance. *Journal of Sports Medicine*, 2001; 31: 511–520.
  15. Herman L, Foster C, Maher M, Mink R, Porcarl J. Validity and reliability of the session RPE method for monitoring exercise training intensity. *South African Journal of Sports Medicine*, 2006; 18(1): 14–17.
  16. Howald H. Leistungsphysiologische Grundlagen des Ruderns, in Steinacker J.M. (ed): Rudern. Sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte. (In German). Berlin: Springer; 1988.
  17. Huang CJ, Nesser T, Edwards J. Strength and power determinants of rowing performance. *Journal of Exercise Physiology*, 2007; 10(4): 43–50.
  18. Ingham S, Whyte G, Jones K, Nevill A. Determinants of 2.000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *European Journal of Applied Physiology*, 2002; 88: 243–246.
  19. Kankaanpää M, Taimela S, Webber Jr C, Airaksinen O, Hänninen O. Lumbar paraspinal muscle fatigability in repetitive isoinertial loading: EMG spectral indices, Borg scale and endurance time. *European Journal of Applied Physiology*, 1997; 76: 236–242.
  20. Lamb D. A Kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. *The American Journal of Sports Medicine*, 1989; 17(3): 367–373.
  21. Loke J, Mahler D, Virgulto J. Respiratory muscle fatigue after marathon running. *Journal of Applied Physiology*, 1982; 52: 821–824.
  22. McConnell A, Caine M, Sharpe G. Inspiratory muscle fatigue following running to volitional fatigue: The influence of baseline strength. *International Journal of Sports Medicine*, 1997; 18: 169–173.

23. Mello F, Bertuzzi R, Grangeiro P, Franchini E. Energy systems contributions in 2000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. *European Journal of Applied Physiology*, 2009; 107: 615–619.
24. Purge P, Hofmann P, Merisaar R, Mueller A, Tschakert G, et al. The effect of upper body anaerobic pre-loading on 2000-m ergometer-rowing performance in college level male rowers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2017; 16: 264–271.
25. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2009; 41(3): 687–708.
26. Scherr J, Wolfarth B, Christle J, Pressler A, Wagenpfeil S, et al. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 2013; 113: 147–155.
27. Seiler K, Kjerland G. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2006; 16: 49–56.
28. Steinacker J. Physiological aspects of training in rowing. *International Journal of Sports and Medicine*, 1993; 14: S3–S10.
29. Šmida M, Macejkova Y, Ryzkova E. Aerobic workout on a rowing ergometer and blood sugar level. *Journal of Physical Education and Sport*, 2018; 54: 392–396.
30. Zamuner A, Moreno M, Camargo T, Graetz J, Rebelo A, et al. Assessment of subjective perceived exertion at the anaerobic threshold with the Borg CR-10 scale. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2011; 10: 130–136.
31. Uzelac-Šciran T, Vucetic V. Evaluation of anaerobic threshold in elite handball players on different playing positions using rating of perceived exertion. In Zvonar M, Sajdlova S (ed.). *Croatian Scientific Bibliography. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Kinanthropology*; 2017 Nov 29 – Dec 1; Brno, Czech Republik; 2017, 955–964.
32. Volianitis S, McConnell A, Koutedakis Y, McNaughton L, Backx K, et al. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2001; 33: 803–809.

## **TÄNUSÕNAD**

Täna magistritöö juhendajat Priit Purget kannatlikkuse, abivalmiduse ja nõuannete eest. Täna Eesti sõudekoondise sõudjaid koostöö eest.

## LISAD

### Lisa 1. Fosteri modifitseeritud 10 pt skaala pingutuse raskuse hindamiseks

- 0- Puhkus
- 1- Väga, väga kerge
- 2- Kerge
- 3- Mõõdukas
- 4- Keskmise
- 5- Raske
- 6-
- 7- Väga raske
- 8-
- 9-
- 10- Maksimaalne

## **LIHTLITSENTS**

Mina, Karl Kristian Alasi (sünnikuupäev: 16.02.1996),

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose, Sooritusvõimet mõjutavate näitajate seos tajutava pingutusega astmelisel koormustestil Eesti sõudjate A koondise, U23 koondise ja U19 koondise näitel, mille juhendaja on Priit Purge, 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 punktis 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.

Karl Kristian Alasi

**21.05.2020**