

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Kristin Raudberg

**KEHA STAATILISE TASAKAALU MUUTUSED
VELOERGOMEETRIL SOORITATUD KÕRGE INTENSIIVSUSEGA
KOORMUSE MÕJUL NOORTEL JA VANEMAEALISTEL MEESTEL**

Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendajad:

Prof. M. Pääsuke

PhD T. Kums

Tartu, 2019

SISUKORD

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID	3
LÜHIÜLEVAATED	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1. Asendikontrolli füsioloogiline olemus.....	6
1.2 Vananemismuutused ja keha tasakaal	7
1.3 Kõrge intensiivsusega intervalltreening	8
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED.....	10
3. METOODIKA	11
3.1 Vaatlusalused	11
3.2 Uurimismeetodid	11
3.2.1 Antropomeetrilised mõõtmised	11
3.2.2 Keha staatilise tasakaalu määramine	12
3.2.3 Wingate test	13
3.2.4 Uuringu korraldus.....	13
3.2.5 Andmete statistiline analüüs.....	13
4. TULEMUSED	14
4.1 Südame löögisageduse ja koormusel arendatava võimsuse muutused.....	14
4.2 Keha survetsentri nihke muutused ette-tahasuunas koormuse mõjul	14
4.3 Keha survetsentri nihke muutused külgsuunas koormuse mõjul.....	15
4.4 Keha survetsentri nihke trajektoori pikkuse muutused koormuse mõjul	16
4.5 Keha survetsentri nihke kiiruse muutused koormuse mõjul.....	17
4.6 Keha survetsentri nihke pindala muutused koormuse mõjul	18
4.7 Korrelatsioonianalüüs	19
5. ARUTELU.....	21
5.1 Keha survetsentri nihe ette-tahasuunas ja külgsuunas.....	21
5.2 Keha survetsentri nihke trajektoori pikkus, kiirus ja pindala.....	21
5.3 Korrelatiivsed seosed keha staatilise tasakaalu näitajate, lihasvõimsuse languse ja südame löögisageduse vahel.....	22
5.4 Limiteerivad faktorid	23
6. JÄRELDUSED.....	24
KASUTATUD KIRJANDUS.....	25

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID

AP- keha survetsentri nihe ette-tahasuunas

ML- keha survetsentri nihe külgsuunas

SLS- südame löögisagedus

HIIT- kõrge intensiivsusega intervalltreening

LÜHIÜLEVAATED

Eesmärk: Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada keha staatilise tasakaalu muutused kõrge intensiivsusega koormuse mõjul veloergomeetril noortel ja vanemaealistel meestel.

Metoodika: Uuring viidi läbi noorte (vanusega 22-31 aastat) ning vanemaealiste (vanusega 51-76 aastat) meestega. Uurimistöös käsitleti keha tasakaalu näitajate muutusi ühekordse intensiivse koormuse mõjul enne, vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust. Intensiivne korduv koormus sooritati veloergomeetril (6 Wingate'i testi 4-minutilise puhkepausiga) ning kahe tasakaal registreeriti dünamograafilisel platvormil.

Tulemused: Keha survetsentri nihe ette-tahasuunas suurenes nii noortel ($p < 0.05$) kui vanemaealistel ($p < 0.01$) meestel vahetult pärast koormust. Survetsentri nihe külgsuunas suurenes noortel meestel vahetult pärast koormust ($p < 0.05$). Noortel meestel keha survetsentri nihke trajektoori pikkus vähenes vahetult pärast koormust ($p < 0.01$) ja 15-minutit pärast koormust võrreldes enne koormust mõõdetud tulemustega ($p < 0.05$). Vanemaealistel keha survetsentri nihke trajektoori pikkus suurenes vahetult pärast koormust ($p < 0.05$). Keha survetsentri nihke kiirus vähenes nii noortel ($p < 0.01$) kui ka vanemaealistel meestel ($p < 0.05$) vahetult pärast koormust. Keha survetsentri nihke pindala suurenes nii noortel ($p < 0.05$) kui ka vanemaealistel meestel ($p < 0.05$) vahetult pärast koormust.

Kokkuvõte: Kõrge intensiivsusega koormuse järgselt esines nii noortel kui ka vanemaealistel meestel keha tasakaalu halvenemine. Tasakaal taastus lähtetasemele 15-minutilise puhkuse järel.

Märksõnad: koormus, intensiivsus, staatiline tasakaal.

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to determine the changes that occur in human static balance during high intensity load. Results were compared between younger and older men.

Methods: Values of balance were measured before, right after and 15-minutes after intensive load. Exercises were performed using bicycle (6 Wingate test with 4-minute rest period) and balance was measured on a force plate Kistler.

Results: AP appear to have fluctuation considering both young ($p < 0.05$) and older men ($p < 0.01$) right after heavy load. ML increased right after load considering young men ($p < 0.05$). Considering older men ML decreased compared with the results measured right after load and 15-minutes later ($p < 0.01$). Trace length in young men decreased right after ($p < 0.01$) and 15-minutes after load ($p < 0.05$), when in older men the length increased right after load ($p < 0.05$) and then decreased 15-minutes later ($p < 0.01$). Speed decreased in both young ($p < 0.01$) and older men ($p < 0.05$) right after load. Area increased in both young and older men right after load ($p < 0.01$).

Conclusions: After high intensity load balance was decreased in both young and older men. Balance normalized after resting for 15-minutes.

Keywords: load, exercise, static balance.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Asendikontrolli füsioloogiline olemus

Asendi- ehk posturaalkontroll on oluline inimese igapäevaelus normaalseks toimetulekuks ning on teostatav läbi keha kesknärvisüsteemi, mille sisenditeks on sensoorsed impulsid, mida saadakse visuaalse süsteemi, vestibulaarsüsteemi ning liigutusaparaadi proprioretseptorite kaudu (Carnel et al., 2006). Optimaalne posturaalkontroll on oluline ka igapäevasteks tegevusteks ning on teostatav mitmel erineval moel- ka paigal seismisel kohandab keha asetust nii pahkludes, põlvedes, puusades kui ka selgroos (Allum et al., 1998). Kesknärvisüsteemi ülesandeks on keha tasakaalu muutuste ja nihete tekkimisel tagada optimaalne posturaalkontroll, valimaks selle tagamiseks kõige usaldusväärsema sensoorse sisendi ning vajalikud lihased (Brumagne et al., 2004; Carver et al., 2006). Posturaalset kontrolli peetakse madalama tasemega lihaspingeks nii distaalses kui ka proksimaalses skeetilihases (Knight, 2016) mida teostavad väsimusresistentsed aeglased lihaskiud (Ivanenko & Gurfinkel, 2018).

Kehahoiak ja tasakaal on igapäevaelus olulise tähtsusega selleks, et sooritada ohutult kõiksugu liikumisi ja liigutusi, mis hõlmavad keha segmentide või kogu keha nihutamist ja liigutamist. Posturaalkontroll on protsess, mille peamiseks ülesandeks on hoida keha raskuskese vertikaalses asendis ning tugineb visuaalsete, vestibulaarsete ja somatosensoorsete struktuuride kiirele ja pidevale tagasisidele. Tõhus ja efektiivne tasakaal mitte ainult ei vähenda riski keha tasakaalutuseks ja vigastuste tekkeks, vaid aitab kaasa ka sooritusele mitmete erinevate spordialade näitel (Brachman et al, 2017).

Kirjanduses (Ricotti, 2011; Brachman et al, 2017) on välja toodud mitmeid strateegiaid kuidas säilitada tasakaalu nii staatilise kui ka dünaamilise tegevuse puhul. Näiteks hüppeliigese strateegia, mida keha kasutab tasakaalu säilitamiseks juhul kui keha tasakaal on häiritud vähesel määral ning mille korral on enamasti tugipind püsiv ja kindel. Niinimetatud puusa strateegiat kasutatakse olukorras, kus eelnevalt nimetatud strateegia ei suuda enam keha tasakaalu ja stabiilsust säilitada. Kui aga tasakaal on väga suurel määral häiritud, tuleb keha raskuskeskme säilitamiseks kasutada sammu- või hüppestrateegiat.

Üheks peamiseks potentsiaalseks põhjuseks posturaalse kontrolli vähenemisel võib pidada lokaalset ja üldist lihasväsimust (Simoneau et al., 2006). Füüsilise koormusega kaasnev lihasväsimus mõjutab sensoorse informatsiooni kvaliteeti ning see läbi posturaalse kontrolli regulatsioonimehhanisme (Cetin et al., 2008; Harkins et al., 2005). Väsimuse negatiivsest

efektist posturaalsele kontrollile on välja toodud mitmetes uuringutes, kus avaldatakse, et nii lokaalne lihasväsimus (Cetin et al., 2008; Faigenbaum et al., 2013; Harkins et al., 2005) kui ka üldine väsimus omavad posturaalse kontrolli kvaliteedi puhul rolli (Paillard, 2012). Intensiivne koormus, millega kaasneb hüperventilatsioon ja laktaadi kogunemine lihasesse on näidatud staatilisel seismisel kohest posturaalse kõikumise suurenemist (Zemkova & Hamar, 2014). Paillard (2012) leiab, et üldine füüsiline koormus, mis mobiliseerib suure hulga keha lihaskonnast, põhjustab füsioloogilisi muutusi mis vähendavad posturaalse kontrolli regulatsioonimehhanisme.

Väsimus, mis järgneb füüsilisele koormusele, on kombinatsioon füsioloogilistest protsessidest, mis ilmnevad kesk- ja perifeerses närvisüsteemis ning mille peamisteks ülesanneteks on tulla toime võimetusega rakendada oodatavat jõudu ning viivitustega posturaalkontrolli poolt sooritavates liigutustes (Vuillerme et al., 2007, Bove et al., 2007, Gribble & Hertel, 2004, Springer & Pincivero, 2009).

1.2 Vananemismuutused ja keha tasakaal

Vananemine on normaalne ja inimesele loomumane progressiivne protsess, mis põhjustab funktsionaalse võimekuse languse (Tavares et al., 2012). Vananemine kui füsioloogiline protsess viib muutusteni skeletilihase kvantiteedis ja kvaliteedis ning põhjustab järkjärgult lihasjõu ja lihasvastupidavuse vähenemist ning töövõime teket (Seene & Kaasik, 2012). Loomulik vananemine on seotud funktsionaalsete häiretega neuromuskulaarses süsteemis, millest üheks märgatavamaks peetakse lihasmassi kontraktiilsete omaduste vähenemist (Power et al., 2013).

Skeletilihase massi ja jõu progressiivset vähenemist nimetatakse sarkopeeniaks, mida peetakse suurimaks märgatavamaks muutuseks vananemise puhul (Cruz-Jentoft et al., 2010). 50-eluaastast alates kaotab inimene lihasmassis ja jõus umbkaudu 1-2% aastas. Vananemisest tuleneva sarkopeenia tekkega kaasnevad lisaks lihase massi ja jõu kahanemisele ka lihasesisese rasva akumulatsioon, lihasatroofia, satelliitrakkude proliferatsiooni ja diferentseerumisvõime ning mootorsete ühikute vähenemine (Muscaritoli et al., 2012). Orr (2006) leiab, et enne veel, kui kahanema hakkab inimese lihasjõud, väheneb lihaste jõugenererimise võime. Antud nähtust nimetatakse dünapeeniaks (Clark & Manini, 2008).

Vananemisega väheneb ka põhiainevahetuse kiirus 5-25%, mis viib eelkõige kehakaalu tõusu ning keha rasvasisalduse suurenemiseni isegi kui inimese toitumis- ja liikumisharjumused

püsivad muutusteta (St-Onge & Gallagher, 2010). Tavapärane on, et keha rasvamass hakkab järk-järgult tõusma 20.-25. eluaasta vahel ning seda kuni 65-eluaastani (Wilson & Kennel, 2002; Hunter et al., 2010). Oluline on märkida, et rasva ladestumine toimub enamasti kõhupiirkonda elutähtsatesse organitesse ja nende ümber ning samuti ka luudesse ja lihastesse (Hunter et al., 2010; Lang et al., 2010; Bredella et al., 2014, Ilich et al., 2014). Sellele vaatamata nähtub vananemisega nii lihase kui luukoe vähenemine. Lihasmass jõuab haripunkti ligikaudu 30-eluaastatel ning hakkab siis järk-järgult kahanema. 70-aastaselt inimesel leitakse keskmiselt olema lihasmassi kadu umbkaudu 20-40% (Cohn et al., 1980; Kalyani et al., 2014).

Vananemisega kaasneb paratamatult keha tasakaalu halvenemine (Woollacott, 1993) põhjusel, et toimub langus inimese sensoorsete süsteemide funktsioonis (Lord & Menz, 2000; Baloh et al., 2003; Du Pasquier et al., 2003; Fransson et al., 2004). Keha tasakaaluks nimetatakse kompleksset funktsiooni, mille peamiseks ülesandeks on kontrollida ja säilitada keha raskuskeskme asendit (Gandevia, 2001). Posturaalkontroll sõltub vestibulaarse, somatosensoorse ja visuaalse informatsiooni integratsioonist (Woollacott, 1993). Vananedes inimese tundlikkus perifeersetes sensoorsetes süsteemides väheneb- see põhjustab ka tasakaalu halvenemise, ent seda peetakse normaalseks vananemise tagajärjeks (Horak et al., 1989).

1.3 Kõrge intensiivsusega intervalltreening

Kõrge intensiivsusega intervalltreening (HIIT) viitab treeningprogrammidele või harjutusele, mida iseloomustavad suhteliselt lühiajalised plahvatuslikud ja jõulised liigutused, mille vahele jääb kas täielik taastumine või madala intensiivsusega liigutustegevus (Hannan et al., 2018). Kõrge intensiivsusega treeningud, mis kestavad lühiajaliselt 15-60 sekundit ning vahelduvad 1-5 minutiliste puhkepausidega on efektiivseks vahendiks nii aeroobse kui ka metaboolse võimekuse arendamiseks (MacInnis & Gibala, 2016). Antud treening on küll lühiajaline (15-20 minutit) võrreldes traditsioonilise madala intensiivsusega treeninguga (45-60 minutit), kuid sellegi poolest suureneb kõrge intensiivsusega lühiajalise treeningu puhul võrreldes traditsioonilise treeninguga rohkem nii maksimaalne hapnikutarbimine, skeetilihase mass ning väheneb ka keha rasvasisaldus (Gibala et al., 2012).

HIIT-treening on ajasäästlik treeningmeetod kardiorespiatorsete ja metaboolsete funktsioonide parandamiseks, et tõsta sportlase töö- ja sooritusvõimet (Buchheit & Laursen, 2013). Kõige populaarsem viis antud treeningmeetodi läbi viimiseks on aeroobne tegevus, mida sooritatakse linttrenažööril joostes või veloergomeetril pedaalides (Salazar-Martinez et al., 2018). Treeningu intensiivsusest, kestusest, taastumisperiodist ning korduste ja seeriade arvust

(Buchheit & Laursen, 2013) sõltuvalt stimuleerib HIIT-treening keha hapniku transporti ja kasutamist täiustades seeläbi maksimaalset hapniku tarbimist täiskasvanud inimestel (Laursen & Jenkins, 2002). Kõrge intensiivsusega intervalltreening stimuleerib mitokondrite biogeneesi skeletilihases ja nende remodulleerumist oksüdatiivse fenotüübi suunas (Gibala et al., 2006; Perry et al., 2008)- see tõstab lihasrakkude väsimusresistentsust (Paulsen et al., 2014).

Tänapäeval kasutatakse HIIT-treeningut vastupidavuslike näitajate parandamiseks nii vastupidavusalade esindajate (Kilen et al., 2014; Stöggl & Sperlich, 2014; Stöggl & Björklund, 2017), meeskonna mängijate (Helgerud et al., 2011; Purkhus et al., 2016) kui ka teiste individuaalalade sportlaste hulgas (Bonato et al., 2015; Fernandez-Fernandez et al., 2015; Monks et al., 2017). Samuti on HIIT-treening soovituslik nii mõõdukalt treenivale (Helgerud et al., 2007) kui ka istuva eluviisiga inimesele (Burgomaster et al., 2008).

Mitmed uuringud näitavad, et HIIT-treening on sobilik nii nooremaealistele kui ka vanemaalistele inimestele. Wisløff (2007) leidis, et HIIT-treening on jõukohane ning teostatav ka vanemaaliste seas kellel esineb südamehaigusi ning veel enam tuleb antud treening kasuks ka infarktjärgsetele patsientidele elukvaliteedi parandamisel. Samuti on leitud, et HIIT-treening alandab vanemaalistel maksimaalset südame löögisagedust ning rahuoleku pulssi, suurendab maksimaalset hapnikutarbimist ja kopsude maksimaalset ventilatsiooni (Broman et al., 2006).

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada keha staatilise tasakaalu muutused kõrge intensiivsusega koormuse mõjul veloergomeetril noortel ja vanemaealistel meestel.

Vastavalt töö eesmärgile olid püstitatud järgnevad ülesanded:

1. Määrata keha staatilise tasakaalu näitajad dünamograafilisel platvormil seistes enne, vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust veloergomeetril.
2. Võrrelda saadud andmeid noortel ja vanemaealistel meestel.
3. Selgitada välja korrelatiivsed seosed tasakaalu ning lihasvõimsuse ja pulsisageduse vahel.

3. METOODIKA

3.1 Vaatlusalused

Antud uuringus osales 12 noort meest vanuses 22-31 eluaastat, kellest 10 sooritasid uuringu täies mahus ning kaks katkestasid isiklikel põhjustel. Veel osales uuringus 11 vanemaealist meest vanuses 51-76 eluaastat. Vaatlusaluste hulka olid valitud mehed, kes tegelevad või on varasemalt tegelenud vastupidavusliku suunitlusega treeninguga. Vaatlusaluste vanus ja antropomeetrilised näitajad on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Vaatlusaluste vanus ja antropomeetrilised näitajad (keskmine ± standardhälve).

Grupp	Noored mehed (n=10)	Vanemaealised mehed (n=11)
Vanus (a.)	25,9±3,5	63,7±8,3
Pikkus (cm)	177,9±5,9	177,5±5,0
Kehamass (kg)	82,1±13,4	83,6±8,6
Kehamassiindeks (kg·m⁻²)	25,9±3,6	26,5±2,1

3.2 Uurimismeetodid

3.2.1 Antropomeetrilised mõõtmised

Vaatlusaluste kehapikkus mõõdeti seinale kinnitatud mõõdulindiga ja nende kehamass meditsiinilise kaaluga.

Kehamassiindeks arvutati valemiga $KMI = \text{kehamass}[\text{kg}] / (\text{kehapikkus}[\text{m}])^2$.

3.2.2 Keha staatilise tasakaalu määramine

Keha tasakaalu näitajate registreerimiseks kasutati dünamograafilist platvormi mõõtmega 40x60 cm (Kistler, Šveits), millel vaatlusalusel paljajalu seisis. Keha surveysentri nihked registreeriti liigutusanalüüsi *Elite* ja tarkvara *SWAY* abil. Vaatlusalusel registreeriti keha staatilise tasakaalu biomehaanilised karakteristikud enne, vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust. Vaatlusalune seisis platvormil kahel jalal, silmad avatud, vaade suunatud 2 meetri kaugusele paigutatud pildil olevale punktile, mis asetses vaatlusaluse silmade kõrgusel.

Keha surveysentri nihke parameetrid registreeriti:

1. Nihe ette-tahasuunas
2. Nihe külgsuunas
3. Nihke trajektoori pikkus
4. Nihke kiirus
5. Nihke pindala



Joonis 1. Keha staatilise tasakaalu mõõtmine dünamograafilisel platvormil.

3.2.3 Wingate test

Vaatlusalused sooritasid testi veloergomeetril (Monark 834E, Rootsi) pedaalides maksimaalse võimaliku intensiivsusega kuus korda 30 sekundit. Pedaalidele rakendatud jõumoment moodustas 0,7 Nm kehakaalu kilogrammi kohta. Puhkepaus pingutuste vahel oli määratud 4 minutit. Testimise käigus määrati maksimaalset rakendatud võimsust esimese seeria alguses ja lõpus ning kuuenda seeria alguses ja lõpus (W). Südame löögisagedust määrati seadmetega Polar RS300X, Soome. Antud uuringus kasutati südame löögisagedust testituna vahetult pärast koormuse lõppu.

3.2.4 Uuringu korraldus

Käesolev uurimistöö on sündinud koostöös Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboriga ning selle eksperimentaalne osa viidi läbi ajavahemikus 2017. aasta november kuni 2018. aasta märts. Andmed on kogutud koostöös Tartu Ülikoolis tehtud uuringuga „Adaptiivsed muutused skeletilihastes kõrge intensiivsusega intervalltreeningu mõjul noortel ja vanemaealistel“, mida viisid läbi sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi teadlased.

3.2.5 Andmete statistiline analüüs

Uurimistöö tulemuste statistiliseks analüüsiks kasutati programmi Microsoft Excel, mille abil arvutati erinevate parameetrite aritmeetiline keskmine, standardhälve ($\pm SD$) ja aritmeetilise keskmise viga ($\pm SE$). Gruppidevaheliste näitajate erinevusi hinnati Student t-testiga ning grupisiseste muutuste olulisust hinnati paaride t-testiga. Madalaimaks statistilise olulisuse nivooks võeti $p < 0,05$.

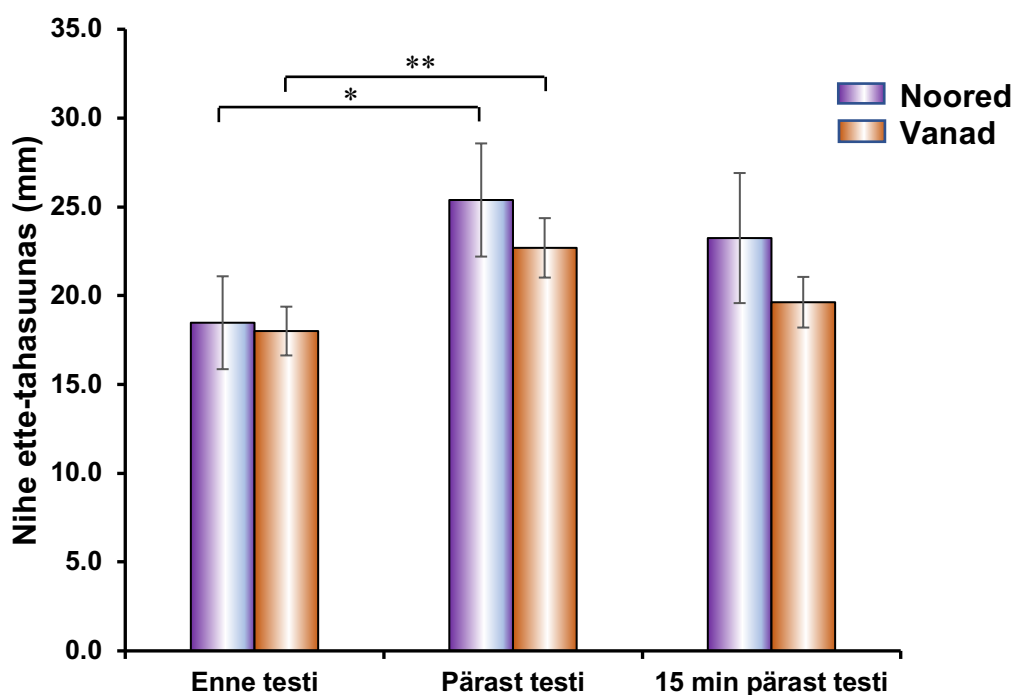
4. TULEMUSED

4.1 Südame löögisageduse ja koormusel arendatava võimsuse muutused

Südame löögisagedus oli vahetult pärast koormuse lõppu noortel keskmiselt $165,7 \pm 11,84$ l/min ning vanemaealistel meestel $150,27 \pm 12,85$ l/min. Veloergomeetril arendatav võimsus oli esimese koormuse alguses noortel meestel keskmiselt $686,3 \pm 155,8$ W ja vanemaealistel meestel keskmiselt $684,91 \pm 90,27$ W. Kuuenda koormuse alguses oli see näitaja noortel meestel keskmiselt $473,9 \pm 112,44$ W ja vanemaealistel meestel keskmiselt $343,0 \pm 65,4$ W. Kuuenda seeria lõpus arendatud võimsus oli keskmiselt noortel meestel $367,2 \pm 68,1$ W ning vanemaealistel meestel $297,91 \pm 43,05$ W. Nii noortel kui ka vanemaealistel meestel olid koormuse puhused nihked arendatud võimsuses statistiliselt olulised ($p < 0,05$).

4.2 Keha survetsentri nihke muutused ette-tahasuunas koormuse mõjul

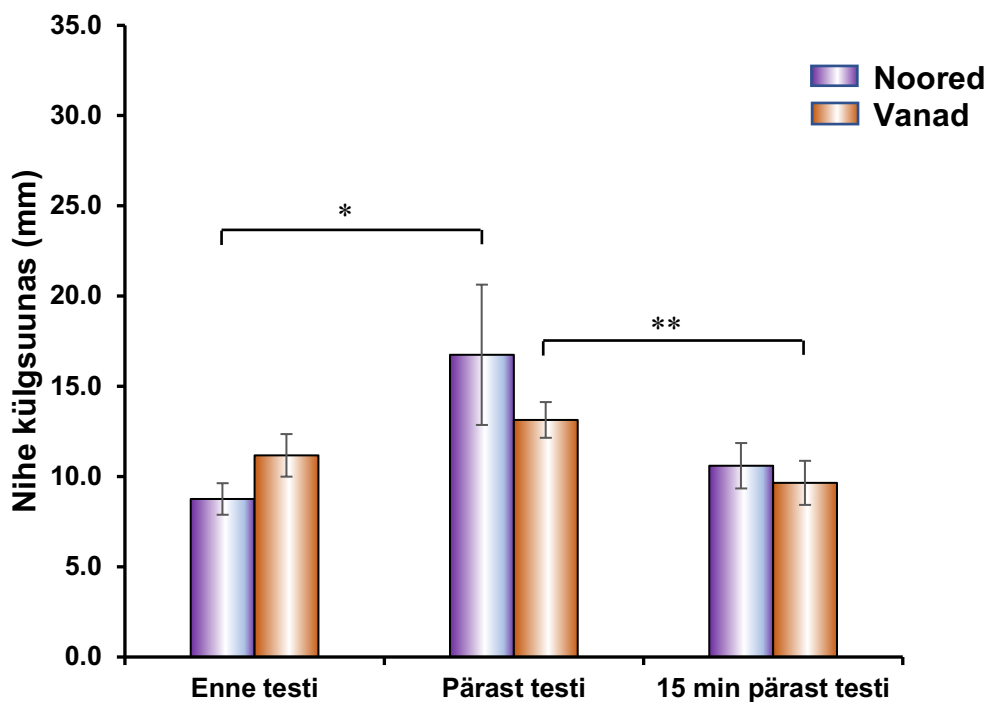
Vanemaealistel meestel suurenes keha survetsentri nihe ette-tahasuunas vahetult pärast intensiivse koormuse rakendamist ($p < 0,01$) ning langes 15-minutit pärast koormust algtaseme lähedale. Antud nähtus esines ka noorte meeste puhul, kus ette-tahasuunas keha survetsentri nihe vahetult pärast intensiivset koormust suurenes ($p < 0,05$). Suurenenud ette-tahasuunas keha survetsentri nihet võrrelduna enne testimist nähtuvaga esines veel ka 15-minutit pärast koormust, kuid statistiliselt mitte olulisel määral ($p > 0,05$). Keha survetsentri nihe ette-tahasuunas on esitatud joonisel 1.



Joonis 2. Keha survetsentri nihe ette-tahasuunas (AP) vanemaealistel (n=11) ja noortel (n=10) meestel enne, vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust (keskmine \pm SE); *p<0,05;**p<0,01.

4.3 Keha survetsentri nihke muutused külgsuunas koormuse mõjul

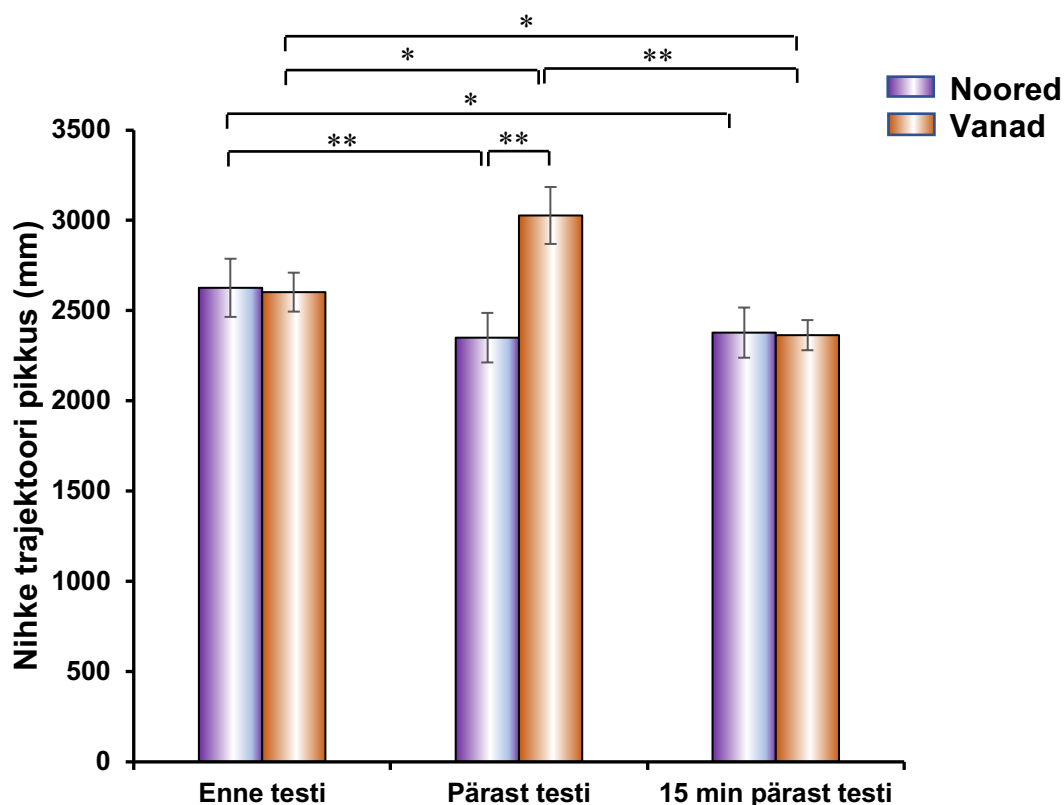
Keha survetsentri külgsuunalise nihke suurenemist täheldati suuremal määral noorte meeste puhul, kellel enne ja vahetult pärast koormust mõõdetud näitajate vahel esines statistiliselt oluline erinevus (p<0.05). Vanemaealiste puhul oli keha survetsentri nihe külgsuunas suurenenud vahetult pärast koormust vähesel määral (p>0,05), ent väga tugevat statistiliselt olulist erinevust sai täheldada vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust mõõdetud tulemustes, kus vanemaealistel oli nihe külgsuunas märgatavalt vähenenud (p<0.01) ning seda võrrelduna ka enne koormuse rakendamist mõõdetud tulemustega. Keha survetsentri nihe külgsuunas on esitatud joonisel 2.



Joonis 3. Keha survetsentri nihe külgsuunas (MP) vanemaealistel (n=11) ja noortel (n=10) meestel enne, vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust (keskmine \pm SE); *p<0,05;**p<0,01.

4.4 Keha survetsentri nihke trajektoori pikkuse muutused koormuse mõjul

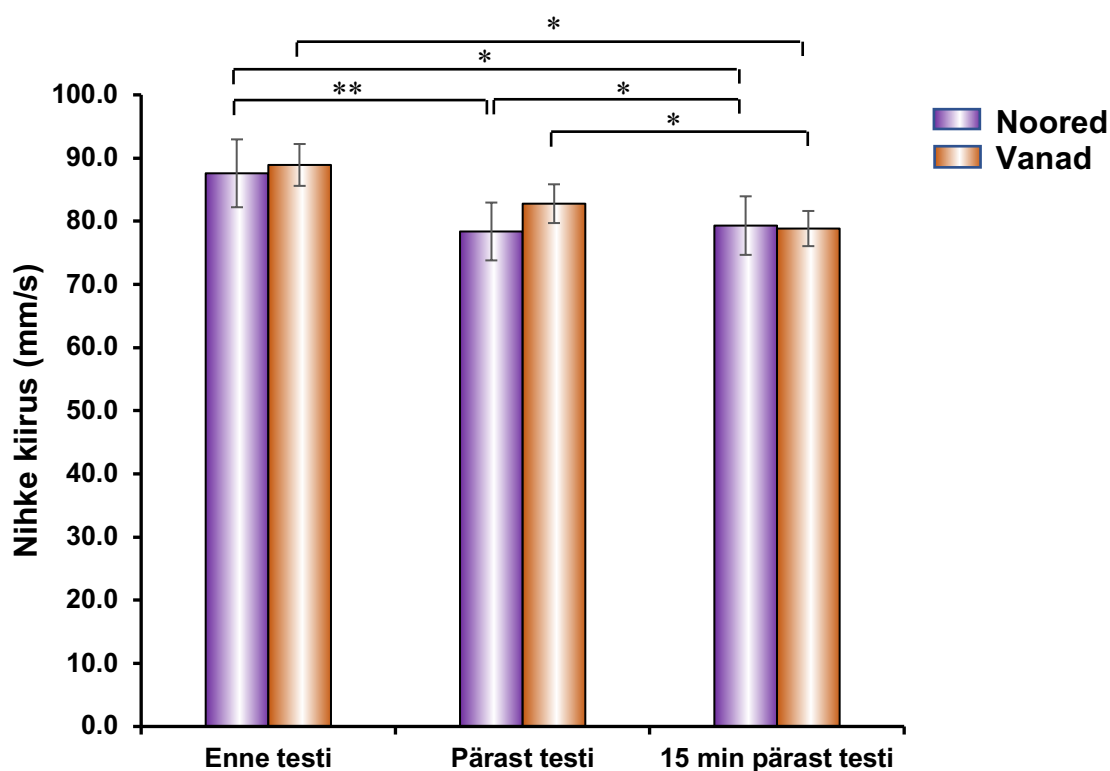
Keha survetsentri nihke trajektoori pikkuse seisukohalt oli statistiliselt olulisi erinevusi palju. Vanemaealiste meeste trajektoori pikkuse suurenemine vahetult pärast koormust oli kordades märgatavam kui seda oli noorematel meestel. Noorte puhul oli antud näitaja algtasemega hoopis vähenenud ning haripunktis enne koormuse rakendamist. Statistiliselt väga olulist erinevust sai täheldada noorte seisukohalt enne ja vahetult pärast koormust ($p < 0.01$), vanemaealiste puhul vahetult pärast ning 15-minutit pärast koormust ($p < 0.01$). Samuti olid omavahel seotud ka noorte ning vanemaealiste meeste näitajad vahetult pärast koormust ($p < 0.01$). Veel enam on oluline märkida ka erinevust noorte ja vanemaealiste meeste enne ja 15-minutit pärast ($p < 0.05$) näitajate vahel. Kui vanemaealistel meestel oli kõrgeim näit vahetult pärast koormust, siis nooremate puhul nähtus see hoopis enne testimist. Keha survetsentri nihke trajektoori pikkus on esitatud joonisel 3.



Joonis 4. Keha survetsentri nihke trajektoori pikkus vanemaealistel ($n=11$) ja noortel ($n=10$) meestel enne, vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust (keskmine \pm SE); * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

4.5 Keha survetsentri nihke kiiruse muutused koormuse mõjul

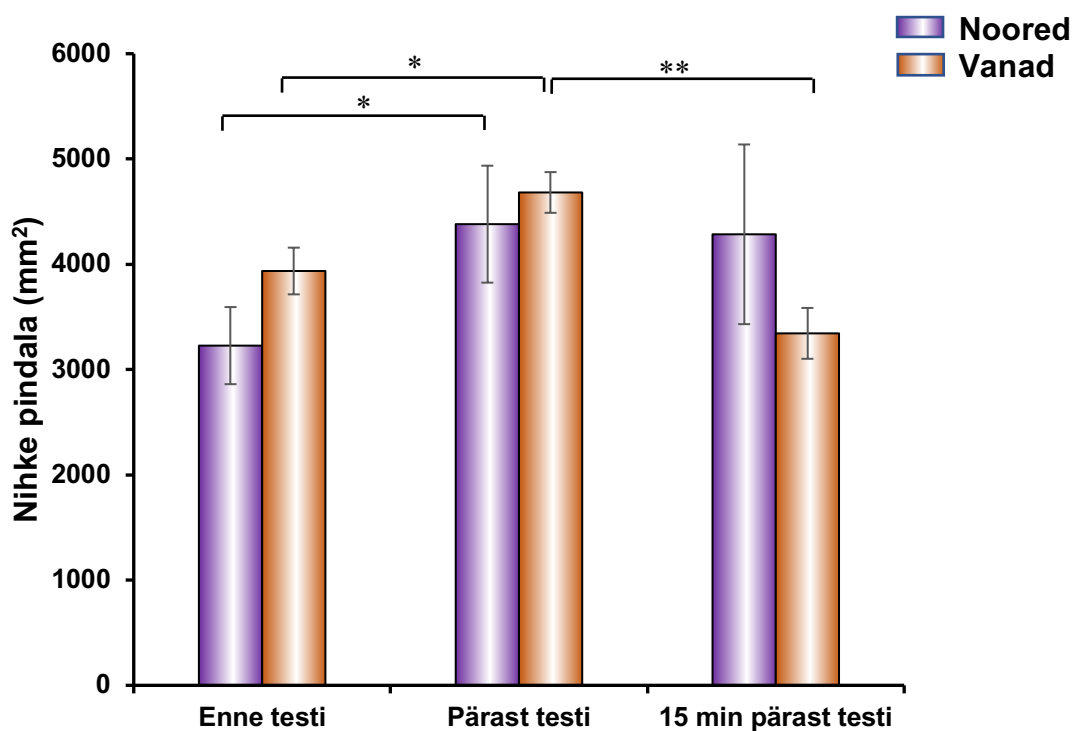
Keha survetsentri nihke kiiruse seisukohalt on samuti näha langust võrrelduna enne koormust ning vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust mõõdetud tulemustega. Statistiliselt olulist erinevust noorte puhul sai täheldada enne ja vahetult pärast ($p < 0.01$), enne ja 15-minutit pärast ($p < 0.05$) ning vahetult pärast ja 15-minutit pärast ($p < 0.05$) mõõdetud tulemuste põhjal. Vanemaealiste puhul oli statistiliselt oluline erinevus enne ja 15-minutit pärast ($p < 0.05$) ning vahetult pärast ja 15-minutit pärast ($p < 0.05$) mõõdetud tulemustes. Keha survetsentri nihke kiirus on esitatud joonisel 4.



Joonis 5. Keha survetsentri nihke kiirus vanemaealistel ($n=11$) ja noortel ($n=10$) meestel enne, vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust (keskmine \pm SE); * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

4.6 Keha survetsentri nihke pindala muutused koormuse mõjul

Keha survetsentri nihke pindala puhul oli nii nooremate kui ka vanemaealiste meeste puhul märgata tõusu vahetult pärast koormust mõõdetud tulemustes. Statistiliselt oluline oli noorte puhul erinevus enne ja vahetult pärast koormust mõõdetud tulemuses ($p < 0.05$). Noorte meeste puhul sai täheldada küllaltki hüppelist tõusu enne koormust mõõdetud ning vahetult pärast pingutust mõõdetud tulemustes. Samuti nähtus, et nihke pindala näitajad ei langenud algtasemele ka pärast 15-minutilist puhkust. Vanemaealiste puhul oli tõus ning langus selgelt eristatavad. Statistiliselt olulised on näitajad enne ja vahetult pärast ($p < 0.05$) ning vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust ($p < 0.01$). Vanemaealiste puhul on märgatav, et 15-minutilise puhkusega oli trajektoori pindala langenud madalamale ka enne koormust mõõdetud tulemustest. Keha survetsentri nihke pindala on esitatud joonisel 5.



Joonis 6. Keha survetsentri nihke pindala vanemaealistel ($n=11$) ja noortel ($n=10$) meestel enne, vahetult pärast ja 15-minutit pärast koormust (keskmise \pm SE); * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

4.7 Korrelatsioonianalüüs

Keha staatilise tasakaalu näitajate muutuste seosed lihasvõimsuse languse ja SLS muutustega enne ja vahetult pärast koormust on esitatud tabelis 2 ja 3.

Noorte meeste keha survetsentri nihke külgsuunas, nihke trajektoori pikkuse ja nihke kiiruse muutuse ning lihasvõimsuse languse vahel oli positiivne keskmise tugevusega statistiliselt mitte oluline korrelatiivne seos. Nihke trajektoori pikkuse ja nihke kiiruse muutuste ning SLS muutuste vahel esines positiivne keskmise tugevusega statistiliselt mitte oluline korrelatiivne seos.

Tasakaalu näitajate muutuste ja lihasvõimsuse muutuste vahel oli vanemaealistel nõrk seos. Keha survetsentri nihke ette-tahasuunas muutuste ja SLS muutuste vahel oli negatiivne keskmise tugevusega statistiliselt mitte oluline seos. Nihke külgsuunas ja nihke pindala muutuste ning SLS muutuste vahel esines positiivne keskmise tugevusega korrelatiivne seos.

Tabel 2. Tasakaalu näitajate enne ja vahetult pärast koormust mõõdetud tulemuste muutuste seosed lihasvõimsuse languse ja südame löögisageduse (SLS) vahel noortel meestel (n=10).

Noored (n=10)		
Tasakaalu näitajad	Lihaskõimsuse langus	SLS
Keha survetsentri nihe ette-tahasuunas	0,11	-0,01
Keha survetsentri nihe külgsuunas	0,38	0,27
Keha survetsentri nihke trajektoori pikkus	0,42	0,39
Keha survetsentri nihke kiirus	0,42	0,39
Keha survetsentri nihke pindala	-0,09	0,12

Tabel 3. Tasakaalu näitajate enne ja vahetult pärast koormust mõõdetud tulemuste muutuste seosed lihasvõimuse languse ja südame löögisageduse (SLS) vahel vanemaealistel meestel (n=11).

Vanemaealised (n=11)		
Tasakaalu näitajad	Lihaskõimsuse langus	SLS
Keha survetsentri nihe ette- tahasuunas	-0,12	-0,50
Keha survetsentri nihe külgsuunas	0,07	0,33
Keha survetsentri nihke trajektoori pikkus	-0,15	0,18
Keha survetsentri nihke kiirus	-0,27	0,14
Keha survetsentri nihke pindala	0,02	0,53*

* $p < 0,05$

5. ARUTELU

Käesolevas uurimistöös selgitati välja veloergomeetril sooritatud kõrge intensiivsusega koormuse mõju (6 Wingate'i testi 4-minutilise puhkepausiga) keha staatilise tasakaalu näitajatele. Keha tasakaalu näitajate muutusi registreeriti ja võrreldi noortel ning vanemaealistel meestel.

5.1 Keha survetsentri nihe ette-tahasuunas ja külgsuunas

Antud uurimistöös määrati mitmeid erinevaid keha staatilise tasakaalu näitajaid. Käesolevas uurimistöös nähtus, et keha survetsentri nihe ette-tahasuunas suurenes rohkem noorematel meestel, kellel enne koormust mõõdetud tulemuste ning vahetult pärast mõõdetud tulemuste vahel esines 27% erinevus. Vanemaealistel meestel keha survetsentri nihe ette-tahasuunas vahetult pärast intensiivset koormust kasvas 21% võrra. Keha staatiline tasakaal oli taastunud 15-minutilise puhkeaja järgselt. Keha survetsentri külgsuunaline nihe tõusis olulisel määral noortel meestel vahetult pärast intensiivset koormust, kus tõusu sai täheldada lausa 47% ulatuses. Vanemaealistel statistiliselt olulist tõusu enne ja vahetult pärast mõõdetud tulemuste vahel ei nähtunud, ent oluline on märkida, et 15-minutilise puhkepausi järgselt on vanemaealiste meeste survetsentri külgsuunaline nihe langenud 16% võrra võrrelduna vahetult pärast koormust mõõdetud tulemustega. Ka Lundin, Feuerbach ja Grabiner (1993) leidsid, et lihaskõhvimus omab mõju posturaalsele kontrollile ning täheldasid olulist tõusu keha survetsentri külgsuunalisel nihkel koormuse mõjul võrrelduna puhkeseisundiga. Samuti on täheldanud kõhvimuse negatiivset mõju posturaalkontrollile ka Corbeil ja kolleegid (2003).

5.2 Keha survetsentri nihke trajektoori pikkus, kiirus ja pindala

Keha survetsentri nihke trajektoori pikkus noortel meestel intensiivse koormuse järgselt kahanes 11%, kui aga vanemaealistel meestel näitaja vastupidiselt suurenes ning seda 14% võrreldes näitajatega mis registreeriti enne koormuse rakendamist. Statistiliselt olulisel määral kahanes vanemaealiste keha survetsentri nihke trajektoori pikkus 15-minutilise pausi järel 22% võrrelduna vahetult pärast koormust mõõdetud tulemustega. Kui vanemaealistel meestel oli nihke trajektoori pikkus vähim 15-minutilise taastumise järel, siis noortel meestel oli antud näitaja madalaim vahetult pärast intensiivset koormust. Niisamuti esines noortel meestel antud nähtust ka keha survetsentri nihke kiiruse näitajates, kus enne koormust mõõdetud tulemuste ning vahetult pärast koormust mõõdetud tulemuste vahel esines 11% langus. Samuti esines nihke kiiruse langust enne ja vahetult pärast mõõdetud tulemuste vahel ka vanemaealistel

meestel, kus langus oli 7%. Vanemaealistel meestel vähenes survetsentri nihke kiirus ka 15-minutilise taastumise järel ning seda võrrelduna vahetult pärast mõõdetud tulemustega 5%. Nii noortel kui ka vanemaealistel meestel esines statistiliselt oluline erinevus ka enne koormust mõõdetud tulemuste ning 15-minutit pärast koormust mõõdetud tulemuste vahel. Noortel meestel sai antud juhul täheldada 10% langust ning vanemaealistel meestel 11% langust.

Keha survetsentri nihke pindala suurenes noortel meestel vahetult pärast koormust 26% võrreldes enne koormust mõõdetud tulemustega. Vanemaealistel meestel suurenes nihke pindala 16%. Statistiliselt olulisel määral vähenes vanemaealistel meestel keha survetsentri nihke pindala 15-minutilise taastumise järel. Nimelt langes vanemaealistel meestel 15-minutilise puhkeaja järel nihke pindala algtasemest lausa 29% madalamale.

Sarnaseid uuringuid on veelgi läbi viidud, mis viitavad posturaalkontrolli nõrgenemisele vahetult pärast intensiivset koormust. Näiteks Steinberg ja kolleegid (2016) viisid läbi uuringu noorsportlastel, kus mõõdeti tasakaalu näitajaid enne, vahetult pärast Yo-Yo testi (20 m süstik jooks) ning 10-minutit pärast koormust. Antud uuringus järeldasid teadlased, et posturaalkontroll oli halvenenud vahetult pärast intensiivset koormust ning, et tasakaalu normaliseerumiseks oli piisav 10-minutiline puhkepaus.

Fox ja kolleegid (2008) ning Yaggie ja Armstrong (2004) kasutasid väsimuse mõju uurimiseks posturaalkontrollile Wingate testi ning täheldasid märkimisväärset tasakaalu näitajate halvenemist, ent leidsid, et väsimusest tingitud näitajate halvenemine on lühiajaline. Väsimusseisund põhjustab ajutisi kahjustusi pehmetes kudedes, mis põhjustavad omakorda ajutise ebastabiilsuse, ent on kiirelt taastuvad (Gribble & Hertel, 2004).

5.3 Korrelatiivsed seosed keha staatilise tasakaalu näitajate, lihasvõimsuse languse ja südame löögisageduse vahel

Veel esines nii noorte kui ka vanemaealiste meeste seisukohalt keskmise tugevusega korrelatiivseid seoseid. Noorte meeste puhul ilmsid keskmised korrelatiivsed seosed lihasvõimsuse tööjärgse languse ja koormusjärgse südame löögisageduse ning keha survetsentri külgsuunalise nihke, survetsentri nihke trajektoori pikkuse ja kiiruse muutuste vahel. Vanemaealiste meeste puhul sai täheldada keskmiseid korrelatiivseid seoseid südame löögisageduse ning keha survetsentri ette-tahasuunalise ja külgsuunalise näitajate muutuste vahel.

Zemkova ja Hamar (2014) on leidnud, et intensiivse koormusega kaasnev hüperventilatsioon, millega omakorda kaasneb ka südame löögisageduse intensiivistumine põhjustab staatilisel seismisel kohese tasakaalu halvenemise. Niisamuti leidis Paillard (2012), et lihasvõimsuse languse ning väsimusetekke tagajärel ilmnevad kehas füsioloogilised muutused, mis on tasakaalu halvenemise põhjuseks.

5.4 Limiteerivad faktorid

Antud uuringu peamiseks limiteerivaks faktoriks võib pidada eksperimentaalgruppide valimi väiksust. Samuti olid vaatlusalused väga erineva treenituse taseme ja taustaga. Noorte meeste seas olid suuremal määral vaatlusalusteks tudengid ning vanemaealiste hulka sattusid mehed, kelle rasvaprotsent osutus kohati liiga madalaks.

Töö edasiarendamisel oleks oluline suurendada eksperimentaalgruppide suurust ning määrata selgelt vaatlusaluste treenitus ning sportlik taust.

6. JÄRELDUSED

1. Keha staatiline tasakaal oli noortel ja vanemaealistel meestel vahetult pärast ühekordset korduvat kõrge intensiivsusega koormust veloergomeetril oluliselt halvenenud, kusjuures 15-minutit pärast koormust olulisi erinevusi staatilise tasakaalu parameetrites võrreldes koormuseelse tasemega ei ilmnenu.
2. Vanemaealistel meestel ilmnis vahetult pärast kõrge intensiivsusega korduvat koormust veloergomeetril suurem keha survetsentri nihke trajektoori pikenemine võrreldes noortega.
3. Keskmised korrelatiivsed seosed ilmnisid lihasvõimsuse tööpuhuse languse ja koormusejärgse südame löögisageduse ning keha survetsentri nihke parameetrite muutuste vahel noortel meestel, samuti südame löögisageduse ja keha tasakaalu näitajate vahel vanemaealistel meestel.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Allum J.H, Bloem B.R, Carpenter M.G, Hulliger M, Hadders-Algra M. Proprioceptive control of posture: a review of new concepts. *Gait Posture* 1998; 8(3): 214-242
2. Bahol R.W, Ying S.H, Jacobson K.M. A longitudinal study of gait and balance dysfunction in normal older people. *Archives of Neurology* 2003; 60: 835-839
3. Bonato M, Rampichini S, Ferrara M, Benedini S, Sbriccoli P, Merati G. Aerobic training program for the enhancements of HR and VO₂ off-kinetics in elite judo athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 2015; 55:1277–1284
4. Bove M, Faelli E, Tacchino A, Lofrano F, Cogo C.E, Ruggeri P. Postural control after a strenuous treadmill exercise. *Neuroscience Letters* 2007; 418: 276-281
5. Brachman A, Kamieniarz A, Michalska J, Pawlowski M, Stomka K.J, Juras G. Balance Training Programs in Athletes- A Systematic Review. *Journal of Human Kinetics* 2017; 58: 45-64
6. Bredella M.A, Fazeli P.K, Daley S.M, Miller K.K, Rosen C.J, Klibanski A, Torriani M. Marrow fat composition in anorexia nervosa. *Bone* 2014; 66: 199-204
7. Broman G, Quintana M, Lindberg T, Jansson E, Kaijser L. High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. *European Journal of Applied Physiology* 2006; 98(2): 117-23
8. Brumange S, Cordo P, Verschueren S. Proprioceptive weighting changes in persons with low back pain in elderly persons during upright standing. *Neuroscience Letters* 2004; 366(1): 63-66
9. Burgomaster K.A, Howarth K.R, Phillips S.M, Rakobowchuk M, MacDonald M.J, McGee S.L. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J. Physiol* 2008; 586: 151–160
10. Buchheit M, Laursen P.B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med* 2013; 43: 313-338
11. Carver S, Kiemel T, Jeka J.J. Modeling the dynamics of sensory reweighting. *Biological Cybernetics* 2006; 95(2): 123-134
12. Clark B.C, Manini T.M. Sarcopenia=dynapenia. *Journal Gerontology: Series A* 2008; 63: 829–834
13. Cetin N, Bayramoglu M, Aytar A, Surenkok O, Yemisci O.U. Effects of Lower-Extremity and trunk muscle fatigue on balance. *The Open Sports Medicine Journal* 2008; 2: 16–22
14. Cohn S.H, Vartsky D, Yasumura S, Sawitsky A, Zanzi I, Vaswani A, Ellis K.J. Compartmental body composition based on total-body nitrogen, potassium, and calcium. *American Journal of Physiology* 1980; 239: 524–530

15. Corbeil P, Blouin J.S, Begin F, Nougier V, Teasdale N. Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. *Gait Posture* 2003; 18(2); 92-100
16. Cruz-Jentoft A.J, Baeyens J.P; Bauer J.M, Boirie Y, Cederholm T, Landi F et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing* 2010; 39: 412-423
17. Du Pasquier R.A, Blancy Y, Sinnreich M, Landis T, Burkhard P, Vingerhoets F.J.G. The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal study. *Clinical Neurophysiology* 2003; 33: 213-218
18. Faigenbaum A.D, Farrell A.C, Fabiano M, Radler T.A, Naclerio F, Ratamess N.A, Myer G.D. Effects of detraining on fitness performance in 7-year-old children. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2013; 27: 323–330
19. Fernandez-Fernandez J, Sanz-Rivas D, Sarabia J.M, Moya M. Preseason training: the effects of a 17-Day high-intensity shock microcycle in elite tennis players. *J. Sports Sci. Med* 2017; 14: 783–791
20. Fox Z.G., Mihalik J.P, Blackburn J.T, Battaglini C.L, Guskiewicz K.M. Return of postural control to baseline after anaerobic and aerobic exercise protocols. *Journal of Athletic Training* 2008; 43: 456–463
21. Fransson P.A, Kristindottir E.K, Hafström A, Magnusson M, Johansson R. Balance control and adaption during vibratory perturbations in middle-aged and elderly humans. *European Journal of Applied Physiol* 2004; 91: 595-603
22. Gandevia S.C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews* 2001; 81: 1725-1789
23. Gibala M.J et al. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J. Physiol* 2012; 590: 1077-1084
24. Gibala M.J. et al. Short-term sprint intervall versus traditional endurance training: Similar initial adaptions in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006; 590: 1077-1084
25. Gribble P.A, Hertel J. Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2005; 14: 641-646
26. Gribble P.A, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 589-92
27. Hannan A.L, Hing W, Simas V, Climstein M, Coombes J.S, et al. High-intensity intervall training versus moderaate-intensity continuos training within cardiac rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *J. Sports Med* 2018; 9: 1-17

28. Harkins K.M, Mattacola C.G, Uhl T.L, Malone T.R, McCrory J.L. Effects of 2 ankle fatigue models on the duration of postural stability dysfunction. *Journal of Athletic Training* 2005; 40: 191–194
29. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg, P, Bjerkaas M. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med. Sci. Sports Exercise* 2007; 39: 665–671
30. Helgerud J, Rodas G, Kemi O.J, Hoff J. Strength and endurance in elite football players. *Int. J. Sports Med* 2011; 32: 677–682
31. Horak F.B, Shupert C.L, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiol Aging* 1989; 10: 727-738
32. Hunter G.R, Govwer B.A, Kane B.L. Age related shift in visceral fat. *International Journal of Body Composition* 2010; 8: 103-108
33. Ilich J.Z, Kelly O.J, Kim Y, Spicer M.T. Low-grade chronic inflammation perpetuated by modern diet as a promoter of obesity and osteoporosis. *Archives of Industrial Hygiene & Toxicology* 2014; 65: 139-148
34. Ivanenko Y & Gurfinkel V.S. Human Postural Control. *Frontiers in Neuroscience* 2018; 12: 171
35. Kalyani R.R, Corriere M, Ferrucci L. Age-related and disease-related muscle loss: the effect of diabetes, obesity, and other diseases. *The Lancet* 2014; 2: 819–829
36. Kilen A, Larsson T.H, Jørgensen M, Johansen L, Jørgensen S, Nordborg N.B. Effects of 12 weeks high-intensity & reduced-volume training in elite athletes. *PLOS ONE* 2014; 9
37. Knight K. Muscle revisited. *Journal of Experimental Biology* 2016; 219: 129-133
38. Lang T, Cauley J.A, Tylavsky F, Bauer D, Cummings S, Harris T.B & Health ABC Study. Computed tomographic measurements of thigh muscle cross-sectional area and attenuation coefficient predict hip fracture: The health, aging, and body composition study. *Journal of Bone and Mineral Research* 2010; 25: 513-519
39. Laursen P.B, Jenkins D.G. The scientific basis for high intensity intervall training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med* 2002; 32: 53-73
40. Lord S.R, Menz H.B. Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology* 2000; 46: 306-310
41. Lundin T.M, Feuerbach J.W, Grabiner M.D. Effect of plantarflexor and dorsiflexor fatigue on unilateral postural control. *Journal Applied Biomechanics* 1993; 9: 191-201
42. MacInnis M.J, Gibala M.J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J. Physiol* 2016

43. Monks L, Seo M.W, Kim H.B, Jung H C, Song J.K. High intensity interval training and athletic performance in Taekwondo athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 2017; 57: 1252–1260
44. Muscaritoli M, Lucia S, Molino A, Cederholm T, Fenelli F.R. Muscle atrophy in aging and chronic disease: is it sarcopenia or cachexia? *Internal and Emergency Medicine* 2012; 8: 553-560
45. Orr R, de Vos N.J, Singh N.A et al. Power training improves balance in healthy older adults. *Journal Gerontology: Series A* 2006; 61: 78-85
46. Paillard T. Effects of general and local fatigue on postural control: a review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2012; 36: 162–176
47. Paulsen G. et al. Vitamin C and E supplementation hampers cellular adaptation to endurance training in humans. A double-blind, randomised, controlled trial. *J. Physiol* 2014; 592: 1887-1901
48. Perry C.G. et al. High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolism capacities in human skeletal muscle. *J.Appl. Physiol. Nutr. Metab* 2008; 33: 1112-1123
49. Power G.A, Dalton B.H, Rice C.L. Human neuromuscular structure and function in old age: A brief review. *J Sport Health Science* 2013; 2(4): 215-226
50. Purkhús E, Krstrup P, Mohr M. High-intensity training improves exercise performance in elite women volleyball players during a competitive season. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2016; 30: 3066–3072
51. Ricotti R. Static and dynamic balance in young athletes. *Journal of Human Sport and Exercise* 2011; 6: 616-628
52. Salazar- Martinez E, Santalla A, Orellana J.N, Strobl J, Burtscher M, Menz V. Influence of high-intensity interval training on ventilatory efficiency in trained athletes. *Respiratory Physiology & Neurobiology* 2018; 250: 19-23
53. Simoneau M, Begin F, Teasdale N. The effects of moderate fatigue on dynamic balance control and attentional demands. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 2006; 3: 22
54. Springer B.K, Pincivero D.M. The effects of localized muscle and whole-body fatigue on single-leg balance between healthy men and women. *Gait Posture* 2009; 30(1): 50-54
55. Steinberg N, Eliakim A, Zaav A, Pantanowitz M, Halumi M et al. Postural balance following aerobic fatigue tests: a longitudinal study among young athletes. *Journal of Motor Behavior* 2016; 1-9

56. Stöggl T.L, Björklund G. High intensity intervall training leads to greater improvements in acute heart rate recovery and anaerobic power as high völvme low intensity training. *Frontiers in Physiology* 2017; 8: 562
57. Stöggl T, Sperlich B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology* 2014; 5: 33
58. St-Onge M.P & Callagher D. Body composition changes with aging: the cause or the result of alternations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition* 2010; 26: 152-155
59. Vuillerme N, Anziani B, Rougier P. Trunk extensor muscles fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults. *Clinical Biomechanics* 2007; 22: 489-494
60. Wilson P.W & Kannel W.B. Obesity, diabetes and risk of cardiovascular disease in the elderly. *American Journal of Geriatric Cardiology* 2002; 11: 119-123
61. Wisløff U, Støylen A, Loennechen J.P, Bruvold M, Rognmo O, Haram P.M et al. Superior Cardiovascular Effect of Aerobic Interval Training Versus Moderate Continuous Training in Heart Failure Patients. A Randomized Study. *Circulation* 2007; 115:3086-3094.
62. Woolacott M.H. Age-related changes in posture and movement. *Journal Gerontol* 1993; 48:56-60
63. Yaggie J, Armstrong W.J. Effects of lower extremity fatigue on indices of balance. *Journal of Sports Rehabilitation* 2004; 13: 312–322
64. Zemkova E, Hamar D. Physiological mechanisms of post-exercise balance impairment. *Sports Medicine* 2014; 44: 437–448

Mina, Kristin Raudberg,

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

Keha staatilise tasakaalu muutused veloergomeetrial sooritatud kõrge intensiivsusega koormuse mõjul noortel ja vanemaealistel meestel,

mille juhendajateks on Mati Pääsuke ja Tatjana Kums

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.

Kristin Raudberg

20.05.2019