

TARTU ÜLIKOOL  
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

**Lisette Tõnutare**

**Vitamiin D manustamise ja 12-nädalase jõutreeningu mõju kehakoostisele  
vitamiin D vaeguses treenimata noortel meestel**  
**The effect of vitamin D supplementation and 12-week resistance training programme on  
body composition among vitamin D deficient untrained young men**

**Magistritöö**

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:  
Professor, biol knd Vahur Ööpik

Kaasjuhendaja:  
MSc Saima Timpmann

*Autori allkiri*

Tartu, 2018

# SISUKORD

UURIMISTÖÖ LÜHIÜLEVAADE.....	4
ABSTRACT .....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	6
1.1. Vitamiin D erinevad molekulaarsed vormid inimese organismis.....	6
1.2. Indiviidi vitamiin D staatuse hindamine .....	7
1.3. Tegurid, mis mõjutavad indiviidi vitamiin D staatust .....	8
1.4. Vitamiin D toimemehhanismid ja funktsioonid inimese organismis.....	9
1.5. Vitamiin D staatus ja kehakoostis.....	9
1.5.1. Vitamiin D staatus ja rasvkude.....	9
1.5.2. Vitamiin D staatus ja lihaskude .....	10
1.5.3. Vitamiin D staatus ja luukude .....	10
1.6. Jõutreeningu mõju kehakoostisele .....	10
1.7. Vitamiin D staatus ja jõutreeningu mõju kehakoostisele.....	11
2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	13
3. UURIMISTÖÖ METOODIKA.....	14
3.1. Uuritavad .....	14
3.2. Uuringu üldine korraldus .....	15
3.3. Jõutreeningu programm .....	15
3.3.1. Treeningute korraldus ettevalmistavas faasis .....	16
3.3.2. Treeningute korraldus põhifaasis.....	17
3.4. Vitamiin D ja platseebo manustamine .....	18
3.5. Antropomeetrilised mõõtmised.....	18
3.6. Vereproovide võtmine ja kaltsiidooli kontsentratsiooni määramine .....	18
3.7. Kehakoostise mõõtmine.....	19
3.8. Andmete statistiline analüüs .....	19
4. UURIMISTÖÖ TULEMUSED.....	20
4.1. Kaltsiidooli kontsentratsioon seerumis .....	20
4.2. Keha mass .....	21
4.3. Luude mineraalne sisaldus ja luude mineraalne tihedus .....	21
4.4. Kogu keha rasva mass ja protsent.....	21
4.5. Androidne rasva mass ja protsent .....	22
4.6. Kogu keha rasvavaba mass ja kehatüve rasvavaba mass.....	23

4.7. Jäsemete rasvavaba mass .....	24
5. UURIMISTÖÖ TULEMUSTE ARUTELU .....	26
6. JÄRELDUSED.....	32
KASUTATUD KIRJANDUS .....	33
LISA. Jõusaali harjutusprogramm.....	38
Tänuavaldused .....	42
Autori lihtlitsens töö avaldamiseks.....	43

## UURIMISTÖÖ LÜHIÜLEVAADE

**Eesmärk:** Peamine eesmärk oli kontrollida hüpoteesi, mille kohaselt vitamiin D manustamine toidulisandina jõutreeninguga tegelevatele vitamiin D vaeguses treenimata noortele meestele suurendab treeningu efektiivsust, mis väljendub keha rasvavaba massi suuremas juurdekasvus ja rasva massi ulatuslikumas vähenemises. Sekundaarne eesmärk oli hinnata, kas vitamiin D manustamine toidulisandina vitamiin D vaeguses noortele meestele tugevdab jõutreeningu võimalikku mõju luunäitajatele.

**Metoodika:** Uuringus kasutati 25 uuritava andmeid. Uuritavad osalesid neljakuulises jõutreeningu programmis, mille raames toimusid treeningud 2-3 korda nädalas. Treeningud koosnesid seitsmest harjutusest. Vitamiin D grupi liikmetele (n = 13) manustati põhifaasi jooksul 8000 IU vitamiini D<sub>3</sub> päevas, platseebogrupi liikmetele (n = 12) platseebot. Pärast iga põhifaasi treeningut manustasid uuritavad vadakuvalku. Vitamiin D staatus määrati veenivereproovidega ja kehakoostise mõõtmiseks kasutati DXA aparatuuri.

**Tulemused:** Vitamiin D grupi seerumi kaltsidiooli tase tõusis uuringuperioodi jooksul oluliselt ( $p < 0,05$ ) võrreldes esmase mõõtmisega ettevalmistava faasi alguses ning platseebogrupiga viimasel kolmel mõõtmisel. Kuigi 8000 IU vitamiin D päevane manustamine tõstab oluliselt kaltsidiooli kontsentratsiooni seerumis juba kuu aja jooksul, puudub 12-nädalasel jõutreeningul koos vitamiin D manustamisega oluline efekt noorte treenimata vitamiin D vaeguses meeste kehakoostisele ja luu mineraalne sisaldusele ja tihedusele võrreldes jõutreeningu ja platseebo manustamisega.

**Kokkuvõte:** Peamine hüpotees ei leidnud käesoleva magistritöö raames kinnitust, samuti ei tugevdanud vitamiin D manustamine jõutreeningu mõju luunäitajatele. Võimalik, et 8000 IU vitamiini D päevas on liiga kõrge kogus ning kutsus esile 24,25(OH)D kontsentratsiooni tõusu. 24,25(OH)D tõus võib takistada kaltsitriooli toimemehhanisme organismis ja seega takistada vitamiin D soovitud mõjude ilmnemist.

**Märksõnad:** vitamiin D, jõutreening, kehakoostis, noored mehed

## ABSTRACT

**Aim:** The main aim of this study was to control the hypothesis according to which vitamin D supplementation to deficient untrained young men in conjunction with resistance training would increase training efficiency, which would manifest in a more extensive increase of lean body mass and decrease of fat mass. The secondary purpose was to assess, whether vitamin D supplementation to deficient young men would improve the possible effect of resistance training to bone parameters.

**Methods:** The data of 25 young men was used in this study. The participants attended a four-month resistance training programme and trained 2-3 times a week. The training programme consisted of seven exercises. Members of the vitamin D group (n = 13) consumed 8000 IU of vitamin D daily during the main phase, while members of the placebo group (n = 12) consumed placebo. After every training session in the main phase, the participants consumed whey protein. Vitamin D status was assessed by venous blood samples and DXA was used to assess body composition.

**Results:** The calcidiol concentration of the vitamin D group increased significantly ( $p < 0,05$ ) during the study period compared to prephase concentration and the placebo group concentration (during the last three assessments). Although daily supplementation with 8000 IU of vitamin D increased calcidiol concentrations significantly, there were no differences between groups in body composition or bone mineral density and content as a result of 12-week resistance training programme.

**Conclusions:** The main hypothesis was not confirmed by this study and vitamin D supplementation had no effect on bone parameters. It is possible, that the amount of 8000 IU daily is too high and could raise 24,25(OH)D concentrations. 24,25(OH)D concentrations may block the mechanisms of calcitriol in the body and therefore hinder the desired effects of vitamin D.

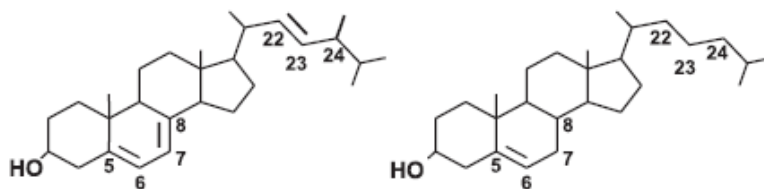
**Keywords:** vitamin D, resistance training, body composition, young men

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Vitamiin D erinevad molekulaarsed vormid inimese organismis

Vitamiin D kaks peamist vormi on D<sub>2</sub> (ergokaltsiferool) ja D<sub>3</sub> (kolekaltsiferool) (Peterson, 2015). Nende eellased on vastavalt ergosterool ja kolesterool (Christakos *et al.*, 2016; Peterson, 2015), mis on väga sarnase keemilise struktuuriga ühendid (Joonis 1; Pichler & Riezman, 2004).

Inimese toidus leidub nii vitamiini D<sub>2</sub> kui D<sub>3</sub> (Holick, 2006), kuid vitamiini D<sub>3</sub> sünteesitakse ka inimese nahas päikesevalguse, täpsemalt ultravioletse spektri kindla vahemiku B (UVB; lainepikkus 290-315 nm) toimel (Christakos *et al.*, 2016; Peterson, 2015). Inimese nahas sünteesitava vitamiin D<sub>3</sub> vahetu eellane on kolesterooli derivaat 7-dehüdrokolesterool (Christakos *et al.*, 2016; Holick, 2006).



Joonis 1. Vasakul ergosterooli ja paremal kolesterooli keemiline struktuur (Pichler & Riezman, 2004).

Vitamiin D (nii D<sub>2</sub> kui D<sub>3</sub>) seotakse veres vitamiini D siduva valguga (*vitamin D binding protein*, VDBP) ja transporditakse maksa. Maksas hüdroksüülitakse vitamiin D ensüümi vitamiin D 25-hüdroksülaasi (CYP2R1) poolt, mis tähendab, et 25. süsiniku aatomi juurde liidetakse hüdroksüülrühm. Selliselt tekib 25-hüdroksüvitamiin D (25(OH)D) ehk kaltsidiool, mis on veel bioloogiliselt inaktiivne vitamiin D vorm. (Christakos *et al.*, 2016; DeLuca, 2004; Peterson, 2015)

VDBP-ga seotult transporditakse kaltsidiool neerudesse, kus see veelkord hüdroksüülitakse 1- $\alpha$ -hüdroksülaasi (CYP27B1) poolt katalüüsivas reaktsioonis, kus liidetakse esimese süsiniku aatomi juurde samuti hüdroksüülrühm. Tekib bioloogiliselt aktiivne 1,25-dihüdroksüvitamiin D (1,25(OH)<sub>2</sub>D) ehk kaltsitriool. (Christakos *et al.*, 2016; Peterson, 2015)

Kaltsitriool toimib organismis sarnaselt hormoonidega (Bikle, 2014). Seerumis ringlev kaltsitriool pärineb peamiselt neerudest, kuid 1- $\alpha$ -hüdroksülaasi esineb ka paljudes teistes kudedes, sealhulgas skeletilihaskoes, kus sünteesitud kaltsitriool toimib lokaalselt (Christakos *et al.*, 2016; Pojednic & Ceglia, 2014; Srikuea *et al.*, 2012; Zitterman, 2003).

Neerudes esineb tsütokroom P-450 (CYP24A1), mis katalüüsib nii kaltsidiooni kui kaltsitrioli hüdroksüülimist 24,25(OH)<sub>2</sub>D-ks. Peamiselt aktiveerub ensüüm CYP24A1 kaltsitrioli taseme ulatuslikuma tõusu korral. 24,25(OH)<sub>2</sub>D-l puudub kaltsitrioolile omane bioloogiline aktiivsus, see pärsib kaltsitrioli toimimist ja vähendab kaltsidiooni kättesaadavust kaltsitrioli sünteesimiseks. (Christakos *et al.*, 2016) Seega kujutab CYP24A1 aktiveerumine endast organismi kaitsemehhanismi, mis ennetab vitamiin D taseme liiga ulatuslikku tõusu veres ja sellest tuleneda võivat toksilist toimet (Christakos *et al.*, 2016; Owens *et al.*, 2017).

## 1.2. Indiviidi vitamiin D staatuse hindamine

Vereseerumi kaltsidiooni kontsentratsiooni loetakse kõige adekvaatsemaks indiviidi vitamiin D staatuse markeriks (Christakos *et al.*, 2016; DeLuca, 2004; Holick, 2007; Ross *et al.*, 2011), samas seerumi kaltsitrioli tase pole sobiv vitamiin D staatuse hindamiseks mitmel põhjusel. Esiteks on kaltsitrioli kontsentratsioon veres väga muutlik, kuna selle poolväärtusaeg inimese organismis on erinevatel andmetel vaid 4 (Holick *et al.*, 2011) kuni 15 tundi (Jones, 2008). Samas on kaltsidiooni poolväärtusaeg 2-3 nädalat (Holick, 2009; Holick *et al.*, 2011; Jones, 2008). Seega peegeldab seerumi kaltsidiooni kontsentratsioon organismi varustatust vitamiiniga D mõõtmisele eelnenud ligikaudu 15 päeva jooksul (Jones, 2008).

Teiseks, seerumi kaltsidiooni kontsentratsioon on 500-1000 korda kõrgem, kui kaltsitrioli tase (Holick, 2009; Holick *et al.*, 2011; Zitterman, 2003), mis teeb seerumi kaltsidiooni kontsentratsiooni mõõtmise täpsemaks ja lihtsamaks.

Kolmandaks, kaltsitrioli taset veres mõjutab parathormoon. Vitamiin D defitsiidi korral ilmneb Ca<sup>2+</sup> taseme langus veres, mis stimuleerib parathormooni sekretsiooni intensiivistumist. Parathormoon soodustab kaltsiumi omastamist toidust ja selle vabanemist luukoest ja ühtlasi stimuleerib kaltsitrioli sünteesi. Seetõttu võib vaatamata vitamiin D puudusele või vaegusele kaltsitrioli tase veres jääda normaalseks või isegi tõusta. (Holick, 2009)

*Institute of Medicine* (IOM) andmetel on seerumi kaltsidiooni kontsentratsioon 50 nmol/L (20 ng/mL) piisav 97,5%-le populatsioonist. IOM-i seisukoht on, et alates kaltsidiooni tasemest 125 nmol/L (50 ng/mL) võib suurenda tõenäosus vitamiin D kahjuliku mõju avaldumiseks (Ross *et al.*, 2011). *Endocrine Society* (ES) defineerib vitamiin D vaegust (*deficiency*), kui seerumi kaltsidiooni taset alla 50 nmol/L (20 ng/mL) ja puudust (*insufficiency*), kui kaltsidiooni taset 52,5-72,5 nmol/L (21-29 ng/mL). Piisav kaltsidiooni tase ES andmetel on 75 nmol/L (30 ng/mL) kuni 250 nmol/L (100 ng/mL) ning vitamiin D võimaliku kahjuliku toime avaldumise tõenäosus ei

suurene enne kui kaltsiidooli kontsentratsioon seerumis ületab taseme 375 nmol/L (150 ng/mL) (Holick *et al.*, 2011). Vieth (2007) analüüs näitab, et vitamiin D toksilisus võib ilmned juhul, kui kaltsiidooli tase seerumis ületab vähemalt 600 nmol/L (240 ng/mL) piiri.

Heaney (2011) seisukoht on, et puuduse ja vaeguse eristamine pole vajalik, kuna seerumi kaltsiidooli kontsentratsioonid alla 120 nmol/L on seotud erinevate ennetatavate haigustega ning seetõttu võib selliseid kontsentratsioone pidada hüpovitamiiniks.

### **1.3. Tegurid, mis mõjutavad indiviidi vitamiin D staatust**

Vitamiini D ei leidu üldjuhul taimsetes toiduainetes ja on vähe loomsetes toiduainetes (DeLuca, 2004). Erandina tuuakse Eesti Toitumis- ja Liikumissoovitustes (Pitsi *et al.*, 2017) välja rikkalike vitamiin D allikatena (>2 µg/100 g) enamik kuumtöödeldud kalu (räim, lõhe) ning keedetud muna. Samas mainiti teisigi toiduaineid, nagu mõned lahjad mageveekalad ja maks ning vitamiiniga D<sub>3</sub> rikastatud toiduained, näiteks piim ja piimatooted, margariinid, õlid, leib ning soja- ja riisijoogid. Veel sisaldavad vitamiini D näiteks kalamaksaõli (Christakos *et al.*, 2016; DeLuca, 2004), süvavee rasvased kalad (Ross *et al.*, 2011) ja taimedest *Solanum glaucophyllum* (DeLuca, 2004). Üldjuhul saadakse toidust vitamiini D alla 400 IU päevas (Ross *et al.*, 2011). IU tähistab rahvusvahelist ühikut (*international unit*, 1 IU = 0,025 µg) (Holick, 2007).

Vitamiini D teeb eriliseks asjaolu, et kogu inimorganismi vajaduse selle järele võib rahuldada süntees nahas UVB kiirguse toimel (Larson-Meyer & Willis, 2010; Lewis *et al.*, 2013; Zittermann, 2003). Sünteesi efektiivsus oleneb mitmest tegurist, mis on seotud nahale jõudva UVB kiirguse intensiivsusega.

Erinevatel andmetel on vitamiin D endogeenne süntees madal või puudub täielikult suurema osa talvekuudest kõrgematel põhja- ja lõunalaiustel kui 33-37° (Holick *et al.*, 2011; Peeling *et al.*, 2013). Seejuures on seerumi kaltsiidooli kontsentratsioonid kõige madalamad talve keskpaigast varakevadeni (Hyppönen & Power, 2007; Kull *et al.*, 2009). Lisaks võib UVB kiirguse jõudmist nahapinnale takistada pilvkatte paksus (Hyppönen & Power, 2007) ja õhusaaste (Larson-Meyer & Willis, 2010) ning päikesevalguse nurk (seniidi puhul jõuab kõige suurem osa UVB kiirgusest maale) (Holick & Chen, 2008).

Õues viibitud aeg mängib vitamiin D staatuse juures olulist rolli suvel ja sügisel, kuid mitte niivõrd talvekuudel (Hyppönen & Power, 2007; Ross *et al.*, 2011). Ka on peamiselt siseruumides treenivate sportlaste kaltsiidooli kontsentratsioon oluliselt madalam kui välitingimustes treenivatel sportlastel (Peeling *et al.*, 2013).

Inimestel, kes kannavad kogu keha katvaid riideid, on kehvem vitamiin D staatus ja seda ka juhul, kui nad elavad madalamatel laiuskraadidel (Hatun *et al.*, 2005). Ka tumedama nahapigmentatsiooniga inimesed on ohustatud vitamiin D puudusest, sest melaniin, sarnaselt päikesekaitsevahenditele, neelab UVB kiirgust, pärssides vitamiin D endogeenset sünteesi (Garland *et al.*, 2011; Holick & Chen, 2008, Ross *et al.*, 2011). Eakad inimesed on samuti ohustatud D hüpvitamiiniosist, kuna kaltsidioli süntees maksas ja kaltsitrioli süntees neerudes on vähenenud ning nahas on vähem 7-dehüdrokolesterooli (Tiwaskar, 2013).

#### **1.4. Vitamiin D toimemehhanismid ja funktsioonid inimese organismis**

Keemiliselt on vitamiin D näol tegu rasvlahustuva steroidhormooniga, mis toimib genoomselt ja mittegenoomselt. Vitamiin D genoomne toime realiseerub läbi vitamiin D retseptori (VDR) rakutuumas. (Bikle, 2014) Kaltsitriool mõjutab enam kui 1000 geeni transkriptsiooni (Tavera-Mendoza & White, 2007).

Vitamiin D mittegenoomne toime avaldub kiiremini kui genoomne. Mittegenoomselt toimib vitamiin D rakumembraanis paiknevate VDR-de kaudu, aktiveerides kinaase, fosfataase ja ioonkanaleid (Bikle, 2014). Näiteks skeetilihases toimib kaltsitriool nii genoomselt, mõjutades valgusünteesi, kui mittegenoomselt, reguleerides kaltsiumi ringlust, mis on oluline lihaskontraktsiooni seisukohast (Pojednic & Ceglia, 2014).

VDR-e on leitud praktiliselt kõikides kudedes (Zitterman, 2003). Kõige paremini tuntakse vitamiin D tähtsust luustiku normaalse arengu ja seisundi tagamisel (Larson-Meyer & Willis, 2010), kuid kaltsitriool mõjutab ka skeetilihase (Larson-Meyer & Willis, 2010, Pojednic & Ceglia, 2014), rasvkoe (Peterson, 2015), aju (Larson-Meyer & Willis, 2010), soolestiku (Pojednic & Ceglia, 2014), südame-vereringe süsteemi (Vanga *et al.*, 2010), kopsude (Black & Scragg, 2005) ja immuunsüsteemi (Schwalfenberg, 2011) funktsiooni.

#### **1.5. Vitamiin D staatus ja kehakoostis**

##### **1.5.1. Vitamiin D staatus ja rasvkude**

Kuna vitamiin D näol on tegu rasvlahustuva vitamiiniga, akumulereerub see rasvkoes, mis piirab selle ringluses olevat kogust. Seetõttu on inividid, kelle kehamassiindeks (KMI) on  $>30 \text{ kg/m}^2$ , enam ohustatud vitamiin D madalast tasemest veres. (Holick *et al.*, 2011) Kull *et al.* (2009) leidsid, et uuritavatel KMI-ga  $>30 \text{ kg/m}^2$  oli madalam seerumi kaltsidioli tase, kui uuritavatel, kelle KMI

oli madalam. Kui uurijad võtsid võrreldavaks piirväärtuseks KMI 34 kg/m<sup>2</sup>, oli erinevus veelgi märgatavam.

Heller *et al.* (2015) leidsid, et uuritavate madalam kaltsiidooli kontsentratsioon seerumis korreleerus suurema rasva massiga. Sealhulgas keha massil, kasvul (mitte pikkus, vaid keha suurus) ega indiviidi sool polnud seost kaltsiidooli kontsentratsiooniga. Uurijad leidsid, et vitamiin D staatus pole sõltuv keha rasva massist enne, kui tegu on liigse rasva massiga (> 20 kg).

### **1.5.2. Vitamiin D staatus ja lihaskude**

Skeletilihase funktsiooni langus ilmneb, kui seerumi kaltsiidooli kontsentratsioon langeb alla 12 nmol/L (Owens *et al.*, 2014). Kull *et al.* (2009) leidsid, et eestlastest meesuuritavate kaltsiidooli taseme erinevuse amplituud oli aasta lõikes ulatuslikum, võrreldes naisuuritavatega. Võimalik, et mehed vajavad enam vitamiini D, et säilitada lihasraku funktsiooni ning vähese UVB kiirguse korral tühjenevad nende vitamiin D varud kiiremini (Kull *et al.*, 2009). Hiljutises uuringus täheldati positiivset seost kõrgema vitamiin D taseme ja rasvavaba massi vahel mees-, kuid mitte naisuuritavate seas (Lewis *et al.*, 2013).

Hiirtel tehtud uuringud näitavad, et nii kaltsitrioolil kui kaltsiidoolil on skeletilihase satelliitrakkude regulatsiooni mõjutav toime. Võimalik, et nad aitavad parandada kahjustunud skeletilihast, avaldades mõju müoblastide proliferatsioonile. (Srikuea *et al.*, 2012)

### **1.5.3. Vitamiin D staatus ja luukude**

On teada, et vitamiin D vaegus põhjustab rahhiiti ja osteomalaatsiat ning on seotud osteoporoosi arenemisega. Soome sõjaväelaste seas tehtud uuringu põhjal on madalam seerumi kaltsiidooli kontsentratsioon luu väsimusmurdu soodustav faktor. (Ruohola *et al.*, 2006)

Kuuekuuline sekkumisuuring vitamiin D manustamisega (4000 IU päevas) ujujate ja sukedujate seas ei mõjutanud terve keha luude mineraalne tihedust võrreldes platseebogrupiga. Kuna ühelgi uuritaval ei esinenud vitamiin D puudust, säilis parathormooni kontsentratsioon normaalsena ja sellega seoses ka luu mineraalne tihedus. (Lewis *et al.*, 2013)

## **1.6. Jõutreeningu mõju kehakoostisele**

Levinger *et al.* (2007) uuringus oli 10-nädalasel jõutreeningu programmil positiivne mõju talje ümbermõõdule, keha rasvaprotsendile ja rasva massile madala metaboolsete riskifaktorite arvuga indiviidide hulgas. Ka Hulmi *et al.* (2015) uuringus vähenes 12-nädalase jõutreeningu tulemusel keha rasva mass ja alajäsemete rasva mass ning androidne rasva mass. Erinevate uuringute põhjal väheneb rasva mass jõutreeningu tulemusel (keskmiselt 3 kuud) umbes 1,8 kg (Westcott, 2012).

Uuringute põhjal suureneb jõutreeningu toimetel keha rasvavaba mass ning alajäsemete rasvavaba mass (Hulmi *et al.*, 2015; Levinger *et al.*, 2007; Morton *et al.*, 2016). Keha rasvavaba mass suureneb erinevate uuringute põhjal keskmiselt 3-kuulise jõutreeningu tulemusel umbes 1,4 kg (Westcott, 2012).

Treeningvormid, mis soodustavad lihasmassi kasvu, soodustavad ka luu mineraalne tiheduse tõusu ning jõutreening tõstab enam luu mineraalne tihedust, kui teised treeningvormid (Westcott, 2012). Almstedt *et al.* (2011) leidsid, et 24-nädalase jõutreeningu programmi mõjul kasvas noorte meeste luude mineraalne tihedus 2,7-7,7%, naistel kuni 1,5%.

### **1.7. Vitamiin D staatus ja jõutreeningu mõju kehakoostisele**

Carrillo *et al.* (2013) uuringus selgus, et 12-nädalase jõutreeningu tulemusel koos vitamiin D manustamisega ei muutunud oluliselt uuritavate rasva mass ega rasvavaba mass võrreldes algtasemega. Ühtlasi korreleerus 12-nädala jooksul tõusnud vitamiin D staatus ulatuslikuma talje ümbermõõdu vähenemisega, kuid mitte rasva massi vähenemisega vitamiin D grupis.

Agergaard *et al.* (2015) leidsid, et vitamiin D on seotud skeletilihaste remodelleerumisega ning on olulisema tähtsusega eakate ja vitamiin D puudusega indiviidide hulgas. Vitamiin D manustamine kombineerituna 12-nädalase jõutreeninguga vähendas müostatiini lihasmassi negatiivselt reguleerivat mõju noorte meeste hulgas ning oluliselt tõusis nii noorte kui eakate meeste *m. quadriceps femoris*-e ristlâbilõike pindala.

On leitud, et üle 50-aastaste meeste seas parandas vitamiiniga D ja kaltsiumiga rikastatud piima tarvitamine koos mitmetahulise treeninguga (sisaldas ka jõutreeningut) luu mineraalne tihedust (umbes 1,8%) ning ühtlasi tõusis rasvavaba mass, kuid sarnaselt mõjus ka treening isoleeritult. (Kukuljan *et al.*, 2009)

Kokkuvõtteks on vitamiinil D palju funktsioone, mille hulgas võib olla ka kehakoostist mõjutav toime. Kehakoostisele avaldab kindlasti mõju jõutreening. Täpsemat uurimist vajab, kas ja kuidas mõjutab jõutreening kehakoostist erineva vitamiin D staatusega indiviididel.

Jõutreeningu ja vitamiin D manustamise mõju kehakoostisele vitamiin D vaeguses indiviididel võib tuleneda näiteks müostatiini ja follistatiini ekspressiooni muutustest. Müostatiin on regulatoorne valk, mis pärsib skeletilihase kasvu (Elliott *et al.*, 2012). Loomeksperimentide andmed näitavad, et vitamiin D vaegusega kaasneb müostatiini ekspressiooni suurenemine (Girgis *et al.*, 2015).

Follistatiin on regulatoorne valk, mis inhibeerib müostatiini (Amthor *et al.*, 2004). Müostatiini inhibeerimine suurendab luumassi ja vähendab rasvamassi (Deng *et al.*, 2017; Elliott *et al.*, 2012). Uuringud rakukultuuridel on näidanud, et vitamiin D stimuleerib follistatiini ekspresiooni (Garcia *et al.*, 2011).

Seega teoreetiliselt võib vitamiin D manustamine vitamiin D vaeguses indiviididele mõjutada müostatiini ja follistatiini ekspresiooni viisil, mis soodustab keha rasvavaba massi kasvu ja rasva massi vähenemist. Selline vitamiin D toime peaks veelgi selgemini esile tulema kombineerituna jõutreeninguga, millel on kehakoostisele samasuunaline mõju.

## 2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva uurimistöo peamine eesmärk oli kontrollida hüpoteesi, mille kohaselt vitamiin D manustamine toidulisandina jõutreeninguga tegelevatele vitamiin D vaeguses noortele treenimata meestele suurendab treeningu efektiivsust, mis väljendub keha rasvavaba massi suuremas juurdekasvus ja rasva massi ulatuslikumas vähenemises. Sekundaarne eesmärk oli hinnata, kas vitamiin D manustamine toidulisandina selle vaeguses noortele meestele tugevdab jõutreeningu võimalikku mõju luu mineraalne sisaldusele ja luu mineraalne tihedusele.

Eesmärkide saavutamiseks püstitati uurimistöole järgmised ülesanded:

- 1) Võrrelda kaltsidiooni kontsentratsiooni muutusi veres kahes uuritavate grupis: neil, kes manustasid hilissügisest varakevadeni regulaarselt toidulisandina vitamiini D ja neil, kes manustasid samal ajavahemikul platseebot;
- 2) Võrrelda neis kahes uuritavate grupis 12-nädalase süstemaatilise jõutreeningu tulemusena ilmnenuid muutusi kehakoostises.

### 3. UURIMISTÖÖ METOODIKA

#### 3.1. Uuritavad

Kirjaliku informeeritud nõusoleku uuringus osalemiseks andsid 30 meest vanuses 18-30 aastat. Uuritavate kaasamise kriteeriumiks oli nende soov osaleda neljakuulises jõutreeningu programmis ja krooniliste haiguste puudumine. Uuringust väljajätmise kriteeriumiteks olid omaalgatuslik vitamiin D manustamine toidulisandina, kaltsiidooli tase veres esimesel mõõtmisel detsembri alguses üle 60 nmol/L, osalemine võistlusspordis või süstemaatilise jõutreeningu harrastamine viimase aasta vältel enam kui kaks kuud. Uuringus osalemise ajal ei olnud uuritavatel lubatud kasutada solaariumi teenuseid.

Uuring kestis detsembrist 2016 kuni aprillini 2017 ning see jagunes ettevalmistavaks faasiks (esimesed neli nädalat) ja põhifaasiks (järgmised 12 nädalat). Ettevalmistavas faasis tutvustati uuritavatele treeningprogrammi, neile õpetati harjutuste sooritamise õiget tehnikat ja neid harjutati treenima 2-3 korda nädalas. Ettevalmistava faasi jooksul loobusid uuringus osalemisest 4 uuritavat ning seda peamiselt motivatsiooni ja ajapuuduse tõttu.

Uuringu põhifaasis osalesid uuritavad süstemaatilises jõutreeningu programmis, tarbides samal ajal toidulisandina vitamiini D (vitamiin D grupp) või platseebot (platseebogrupp). Grupid moodustati vahetult põhifaasi alguses.

Üks platseebogrupi liige haigestus uuringuperioodi jooksul ja langes uuringust välja. Seetõttu on uurimistöös kasutatud 25 uuritava andmeid (Tabel 1). Gruppide vahel polnud statistiliselt olulisi erinevusi ( $p > 0,05$ ) vanuse, pikkuse, keha massi, KMI ega kaltsiidooli kontsentratsiooni osas ettevalmistava faasi alguses.

**Tabel 1.** Uuritavate antropomeetrilised näitajad, vanus ja vitamiin D staatus ettevalmistava faasi alguses ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp  $n = 12$ , vitamiin D grupp  $n = 13$ )

Näitaja	Kõik osalejad	Platseebogrupp	Vitamiin D grupp
Vanus (a)	24,0 ± 2,4	24,0 ± 2,7	24,0 ± 2,3
Pikkus (cm)	183,4 ± 5,9	184,5 ± 5,7	182,3 ± 6,2
Keha mass (kg)	80,48 ± 9,35	81,26 ± 9,60	79,76 ± 9,44
KMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,9 ± 2,5	23,9 ± 2,7	24,0 ± 2,4
Kaltsiidool (nmol/L)	48,3 ± 11,4	46,4 ± 12,3	50,0 ± 10,7

Uuring oli kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringu eetikakomiteega (protokollid nr. 262/T24, 19.09.2016 ja nr 265/M-27, 19.12.2016).

### **3.2. Uuringu üldine korraldus**

Käesolev magistritöö on osa laiahaardelisemast projektist, mis käsitleb vitamiin D staatuse võimalikku mõju jõutreeningu efektiivsusele erinevas vanuses meestel. Käesoleva töö autor on nimetatud projekti teostava uurimisgrupi liige. Autor juhendas nelja kuu vältel jõusaalis 25 noore mehe treeninguid ning analüüsib käesolevas töös enda poolt juhendatud uuritavate kehakoostise andmeid.

Uuring toimus detsembrist aprillini, mil päikesevalguse vähesuse tõttu on vitamiin D vaeguse levimus Eestis kõrge nii üldpopulatsioonis (Kull *et al.*, 2009) kui noorte tervete meeste seas (Ööpik *et al.*, 2017). Kõik treeningud viidi läbi Tartu Ülikooli Akadeemilise Spordiklubi jõusaalis, mis asub Tartus, Ujula 4 spordihoone II korrusel. Uuritavate antropomeetriliste näitajate mõõtmine, vereproovide võtmine ja esmane töötlemine ning kehakoostise uuringud toimusid Tartu Ülikooli sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi spordifüsioloogia laboratooriumis Tartus, Jakobi 5. Tartu asub põhjalaiuskraadil 58° 22'.

Uuritavate pikkus mõõdeti ettevalmistava faasi alguses. Kehakaal mõõdeti ettevalmistava faasi alguses ning põhifaasi alguses ja kolme järgnenud neljanädalase treeningtsükli lõpus. Veenivere proovid andsid uuritavad hommikul tühja kõhuga samadel päevadel nende kaalumiseiga.

Uuritavate kehakoostise parameetreid mõõdeti kaks korda – uuringu põhifaasi alguses ja selle lõpus.

### **3.3. Jõutreeningu programm**

Jõusaali harjutusprogramm koosnes seitsmest harjutusest (Lisa 1). Harjutused olid järgmised: rinnalihase harjutus (*chest press* modifikatsioon), jalapress (*leg press*), tõmme ülalt rinnale (*lateral pulldown*), õlavarre kolmpealihase harjutus (*triceps push-down*), reie nelipealihase harjutus (*knee extension*), tõmme eest rinnale (*seated row*), õlavarre kakspealihase harjutus (*biceps curl*) (Levinger *et al.*, 2007).

Rinnalihaste harjutust tehti masinal Technogym Silverline. Reie nelipealihase harjutuse tegemiseks kasutati masinat Icarian Model 605 Leg Extension Machine. Jalapressi tehti masinal David 14. Ülejäänud neli harjutust (tõmme ülalt rinnale, tõmme eest rinnale, õlavarre kaks- ja

kolmpealihase harjutused) tehti masinal Icarian CW2137, mis oli kombineeritud kokku neljast erinevast treenažöörist.

### **3.3.1. Treeningute korraldus ettevalmistavas faasis**

Ettevalmistavas faasis toimusid treeningud 2-3 korda nädalas. Selle faasi peamine rõhk oli harjutuste korrektse sooritustehnika õppimisel ning treeningu regulaarsusega harjumisel. Treeningu juhendaja viis läbi soojenduse, näitas ette jõuharjutused ning korrigeeris uuritavate tehnikat. Soojenduseks paluti uuritavatel joosta või kasutada sõude- või veloergomeetrit ning teha dünaamilisi liigesliikuvusharjutusi. Soojenduse pikkus oli umbes 10 minutit ning selle eesmärk oli lihaste ettevalmistamine jõuharjutuste sooritamiseks.

Esimese kolme nädala jooksul tehti igal treeningul läbi kõik seitse eelnevalt mainitud harjutust. Ettevalmistavas faasis aitas esialgu treeningul kasutatavad raskused valida treeningu juhendaja. Täpsem treeningu intensiivsus ning seeriade ja korduste arvud on toodud Tabelis 2. Harjutuste kontsentiline ja ekstsentriline faas kestis 1-2 s ning seeriade ja harjutuste vahel oli puhkus 1-3 minutit (Agergaard *et al.*, 2015).

Neljandal nädalal toimus viie kordusmaksimumi (5 RM) määramine. 5 RM-i määramine toimus treeningu esimeses pooles ja võimalusel nädala kahe esimese treeningu jooksul. Treeningu juhendaja aitas raskuste valikuga ning kontrollis individuaalselt kõikide uuritavate 5RM soorituskatseid. Nädala esimesel treeningul määrati 5 RM ülalt rinnale tõmbel, õlavarre kolmpealihase harjutusel, jalapressil ja rinnalihaste harjutusel. Nädala teisel treeningul määrati ülejäänud kolme harjutuse 5 RM. Enne harjutuse määramiskatse sooritamist soovitati uuritavatel teha iga harjutust läbi kümnekond kordust kerge raskusega. 5 RM-i sooritamiseks oli uuritavatel kuni kaks katset.

Harjutused, mille kordusmaksimume ei mõõdetud, tegid uuritavad läbi ühe seeria, 15-20 kordust. Kolmandal treeningul oli võimalik mõne harjutuse 5 RM-i katse uuesti sooritada, juhul kui see esimesel korral ebaõnnestus. Kõiki teisi harjutusi tehti läbi üks seeria, 15-20 kordust.

5 RM-i põhjal tuletati üks kordusmaksimum (1 RM), et leida intensiivsus, millega põhifaasi lülituda. 1 RM on raskeim raskus, millega indiviid jõuab harjutusest ühe korduse teha, säilitades korrektse tehnika ja kasutamata kompensatoorseid liigutusi (Levinger *et al.*, 2007). 5 RM on vastavalt raskeim raskus, millega indiviid jõuab teha harjutust viis kordust, säilitades korrektse tehnika ja kasutamata kompensatoorseid liigutusi. 5 RM-i põhjal 1 RM-i tuletamiseks kasutati tabelit Baechle & Earle (2008) raamatust.

### 3.3.2. Treeningute korraldus põhifaasis

Uuringu põhifaasis toimusid treeningud kolm korda nädalas. Põhifaasis oli treeningu juhendaja peamine roll harjutuste korrektse sooritustehnika jälgimine ja 5 RM-i testide läbiviimine. Soojenduse tegid uuritavad iseseisvalt, järgides ettevalmistavas faasis õpitut.

Igal põhifaasi treeningul tehti läbi kõik seitse harjutust, kuid harjutuste intensiivsus ning seeriade ja korduste arvud muutusid olenevalt nädalast (Tabel 2). Harjutuste kontsentrilise ja ekstsentrilise faasi kestus ning puhkepausid seeriade ja harjutuste vahel olid samad, mis ettevalmistavas faasis. Igal neljandal põhifaasi nädalal määrati harjutuste 5 RM-d. 5 RM-i põhjal tuletati 1 RM ning järgneva kolme nädala treeningintensiivsused, sarnaselt ettevalmistava faasi neljandale nädalale.

Raskuseid tõsteti kui uuritav jõudis teha harjutust vastava nädala maksimaalse raskuse ja korduste arvuga ning langetati kui uuritav ei suutnud vastava nädala minimaalse raskusega sooritada harjutuse seeriat minimaalse korduste arvu võrra (Levinger *et al.*, 2007).

**Tabel 2.** Ettevalmistava ja põhifaasi nädalate intensiivsus ning seeriade ja korduste arvud.

Faasid	Nädal	Intensiivsus	Seeriad x kordused
ETTEVALMISTAV FAAS (nädalad 1-4)	1-2	Vabalt valitud	2 x 15-20
	3	Vabalt valitud	3 x 15-20
	4	5 RM mõõtmine	1 x 15-20
PÕHIFAAS (nädalad 5-8)	5-7	60-75% / 1 RM	3 x 12-15
	8	5 RM mõõtmine	1 x 12-15
PÕHIFAAS (nädalad 9-12)	9,10	60-75% / 1 RM	3 x 12-15
	11	75-85% / 1 RM	3 x 8-12
	12	5 RM mõõtmine	1 x 8-12
PÕHIFAAS (nädalad 13-16)	13-15	75-85% / 1 RM	3 x 8-12
	16	5 RM mõõtmine	1 x 8-12

Uuritava andmete kaasamiseks analüüsi, pidi ta osalema põhifaasi treeningutel vähemalt 80% ulatuses.

Uuritavatel paluti uuringus osalemise ajal pidada kinni päeva põhilistest toidukordadest, mitte muuta oma toitumisharjumusi ja mitte tarvitada omaalgatuslikult toidulisandeid.

Kõik uuritavad manustasid uuringu põhifaasis koheselt pärast treeningut šokolaadimaitselist vadakupõhist valgupulbrit (Whey 80, Elite Fitness OY, Soome). Valgupulbri kogus oli 25g ja selles oli 20 g vadakuvalku. Valgukoguse mõõtis igale uuritavale treeningu juhendaja. Uuritav lahustas selle umbes 0,5 liitris vees ja manustas koheselt. Valgupulber sisaldas 100 g kohta 7 g rasvu (sh 5,1 g küllastunud rasvhappeid), 5,5 g süsivesikuid (sh 5,5 g suhkruid, millest laktoosi 5 g), vadakuvalku 80 g ning energiat 417 kcal.

### **3.4. Vitamiin D ja platseebo manustamine**

Vitamiin D grupi liikmed tarvitasid uuringu põhifaasis 8000 IU vitamiini D<sub>3</sub> päevas. Täiskasvanule ohutuks vitamiin D koguseks on pikemaajalise manustamise korral kuni 10 000 IU päevas (Holick *et al.*, 2011; Ross *et al.*, 2011; Vieth, 2007).

Platseebogrupi liikmed tarvitasid uuringu põhifaasis platseebot. Nii vitamiini D kui platseebot manustati kahe želatiinkapsli kaupa üks kord päevas. Vitamiin D ja platseebokapslid olid ühesuguse suuruse ja värvusega. Vajalik arv kapsleid jagati uuritavatele välja põhifaasi alguses ning neile tuletati treeningutel järjekindlalt meelde kapslite manustamise vajadust igapäevaselt.

Uuringus osalemise ajal ei olnud uuritavad ise ega nendega vahetult töötavad uurimisgrupi liikmed informeeritud sellest, kes uuritavatest kuulus vitamiin D ja kes platseebogruppi.

Uurimisperioodi lõppedes said ka platseebogrupi liikmed juhised oma vitamiin D staatuse korrigeerimiseks ning neljaks nädalaks vajaliku koguse vitamiini D arvestusega 4000 IU päevas.

Uuringus kasutatud vitamiin D ja platseebokapslite tootja on Diafarm A/S (Taani) ning tooted on vastavalt Vitamin D3-100 (kood ST45851) ja Placebo N100 (kood ST47202).

### **3.5. Antropomeetrilised mõõtmised**

Kehapikkus mõõdeti stadiomeetriga, täpsusega 0,5 cm. Uuritavad kaaluti elektroonilise kaaluga (CH3G-150I Combics, Sartorius AG, Saksamaa) aluspükste väel, täpsusega 1 g. Saadud näitajate põhjal arvutati KMI, kasutades valemit:  $KMI = \text{keha mass (kg)} / \text{pikkus (m)}^2$ .

### **3.6. Vereproovide võtmine ja kaltsidiooni kontsentratsiooni määramine**

Veenivereproovid (5 ml) võeti vaakumtuubidesse (BD Vacutainer SST II Plus; Becton, Dickinson & Co, USA). Tuubid seisid 10 min toatemperatuuril ning seejärel tsentrifuugiti 4 °C juures 10 min, 3000 pöret/min tsentrifuugil Eppendorf 5804R (Eppendorf AG, Saksamaa). Seerumis määrati

kaltsiidiooni kontsentratsioon immunokemiluminesentsmeetodil (Liaison XL, DiaSorin S.p.A, Itaalia).

### **3.7. Kehakoostise mõõtmine**

Uuritavate kehakoostist mõõdeti DXA (*dual energy X-ray absorptiometry*) meetodil (Lunar DPX IQ, Lunar Corp, USA). Mõõdeti järgmised 12 parameetrit: luude mineraalne sisaldus (*bone mineral content*), luude mineraalne tihedus (*bone mineral density*), androidse rasva mass ja protsent, kogu keha rasva mass ja protsent, kogu keha rasvavaba mass, kehatüve rasvavaba mass, vasaku ja parema ülajäseme rasvavaba mass, vasaku ja parema alajäseme rasvavaba mass.

### **3.8. Andmete statistiline analüüs**

Andmete statistiliseks töötlemiseks kasutati tarkvaraprogrammi Statistica 13. Arvutati erinevate parameetrite aritmeetiline keskmine ja standardhälve. Andmete normaaljaotust kontrolliti Kolmogorov-Smirnovi testiga. Grupiseste ja gruppidevaheliste erinevuste statistilise olulisuse hindamiseks kasutati kahefaktorilist (grupp x aeg) kordumõõtmistega dispersioonanalüüsi (ANOVA). Keskväärtuste paariviisiliseks võrdlemiseks kasutati Tukey HSD testi. Keskmiste väärtuste erinevus loeti statistiliselt oluliseks  $p < 0,05$  korral. Luu mineraalne tiheduse ja luu mineraalne sisalduse ning kaltsiidiooni vahelise seose kontrollimiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonanalüüsi.

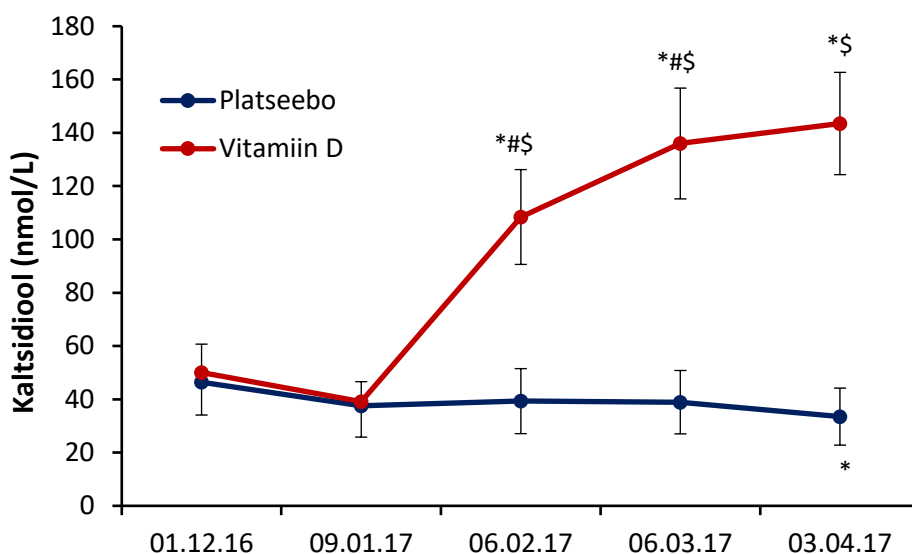
## 4. UURIMISTÖÖ TULEMUSED

### 4.1. Kaltsidioli kontsentratsioon seerumis

Seerumi kaltsidioli kontsentratsioon oli vitamiin D ja platseebogrupis ühesugune nii uuringu ettevalmistava faasi kui ka põhifaasi alguses (vastavalt 01.12.16 ja 09.01.17; joonis 2).

Põhifaasi esimese, teise ja kolmanda kuu lõpuks ületas vitamiin D grupi kaltsidioli keskmine tase platseebogrupi vastavat näitajat ligi 2,8, 3,5 ja 4,3 korda. Kõige ulatuslikum kaltsidioli kontsentratsiooni tõus ilmnes vitamiin D grupis pärast manustamise esimest kuud (09.01-06.02.17). See jätkus väiksemas ulatuses teise kuu jooksul (06.02-06.03.17) ning lakkas kolmandal kuul (06.03-03.04.17).

Platseebogrupis ilmnes kogu uuringu vältel seerumi kaltsidioli taseme languse trend ja uuringu lõpuks oli see ettevalmistava faasiga võrreldes vähenenud statistiliselt olulisel määral (27.8%).



**Joonis 2.** Kaltsidioli kontsentratsioon seerumis ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp  $n = 12$ , vitamiin D grupp  $n = 13$ ). \*  $p < 0,05$  võrreldes 01.12.16; #  $p < 0,05$  võrreldes eelneva ajapunktiga; \$  $p < 0,05$  võrreldes platseebogrupiga.

Uuritavatest ( $n = 25$ ) 40% arvas uuringu põhifaasi lõppedes õigesti ära, kumba gruppi nad uuringu ajal kuulusid: platseebogrupis oli õigesti arvanuid 50% ja vitamiin D grupis 30,8%.

## 4.2. Keha mass

Keha mass (tabel 3) oli ühesugune vitamiin D ja platseebogrupidis uuringu põhifaasi eel ja järgselt. Keha mass ei muutunud ka grupisiseselt põhifaasi jooksul.

**Tabel 3.** Keha mass põhifaasi eel ja järgselt ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp n = 12, vitamiin D grupp n = 13).

Keha mass (kg)	Enne	Pärast
Platseebo	80,47 ± 10,00	81,55 ± 8,66
Vitamiin D	79,50 ± 10,17	79,99 ± 10,05

## 4.3. Luude mineraalne sisaldus ja luude mineraalne tihedus

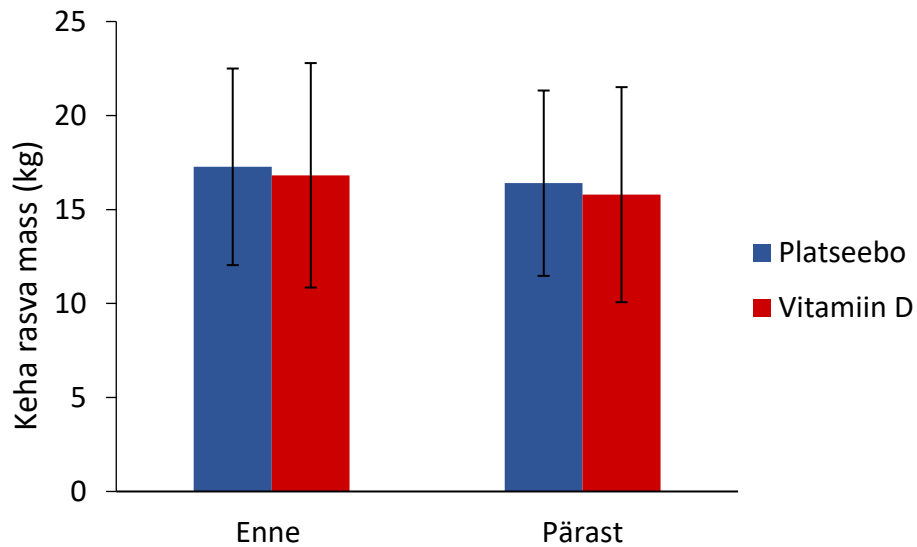
Luude mineraalne sisaldus ja luude mineraalne tihedus oli kahes grupis ühesugune enne ja pärast uuringu põhifaasi (tabel 4). Pearsoni korrelatsioonanalüüs ei näidanud seoseid luude mineraalne sisalduse ja kaltsiidooli kontsentratsiooni vahel enne ( $r = 0,206$ ;  $p > 0,05$ ) ega pärast ( $r = -0,099$ ;  $p > 0,05$ ) uuringu põhifaasi ega luude mineraalne tiheduse ja kaltsiidooli kontsentratsiooni vahel enne ( $r = -0,132$ ;  $p > 0,05$ ) ega pärast ( $r = -0,127$ ;  $p > 0,05$ ) uuringu põhifaasi. Puudusid grupisisesed erinevused luude mineraalne sisalduse ja tiheduse osas enne ja pärast uuringu põhifaasi.

**Tabel 4.** Luude mineraalne sisaldus ja luude mineraalne tihedus põhifaasi eel ja järgselt ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp n = 12, vitamiin D grupp n = 13)

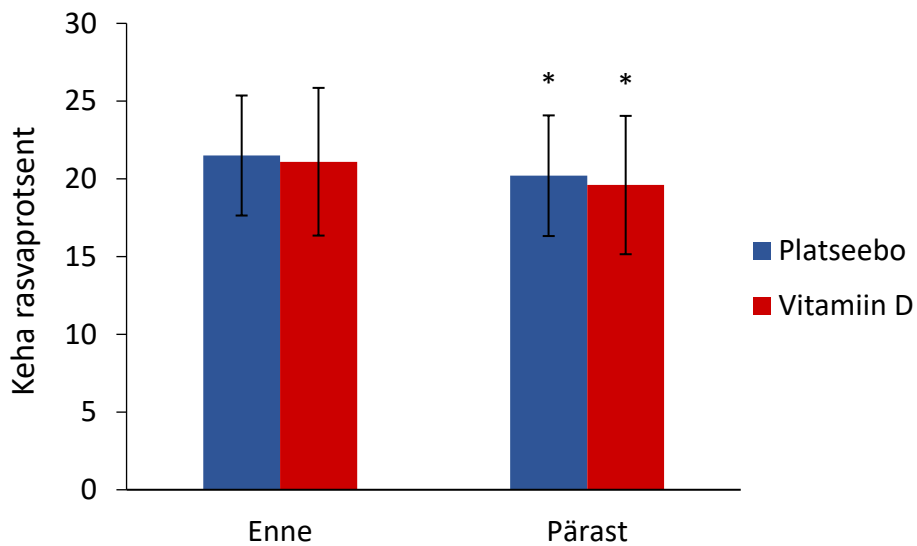
Näitaja	Grupp	Enne	Pärast
Luude mineraalne sisaldus (g)	Platseebo	3096,0 ± 359,3	3106,0 ± 361,0
	Vitamiin D	3044,3 ± 399,9	3047,9 ± 387,3
Luude mineraalne tihedus (g/cm <sup>2</sup> )	Platseebo	1,277 ± 0,095	1,289 ± 0,100
	Vitamiin D	1,274 ± 0,120	1,267 ± 0,125

## 4.4. Kogu keha rasva mass ja protsent

Kogu keha rasva mass oli vitamiin D ja platseebogrupidis ühesugune põhifaasi eel ja järgselt (joonis 3) ega vähenenud põhifaasi jooksul grupisiseselt. Keha rasvaprosent (joonis 4) vähenes jõutreeningu tulemusel mõlemas grupis, täpsemalt platseebogrupidis 1,3% ja vitamiin D grupis 1,5%. Gruppidevahelisi erinevusi keha rasvaprosendis uuringu põhifaasi tulemusel ei ilmnenu.



**Joonis 3.** Keha rasva mass ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp n = 12, vitamiin D grupp n = 13).

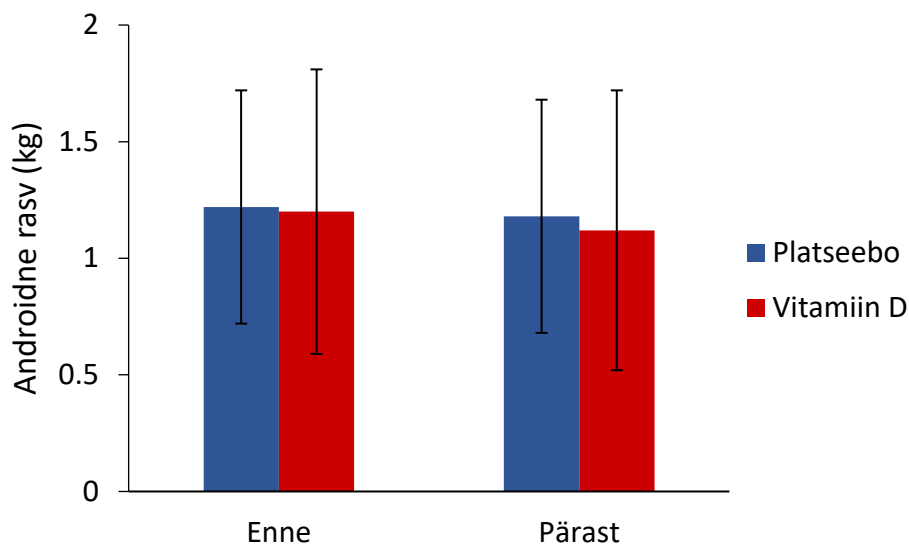


**Joonis 4.** Keha rasvaprotsent ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp n = 12, vitamiin D grupp n = 13).

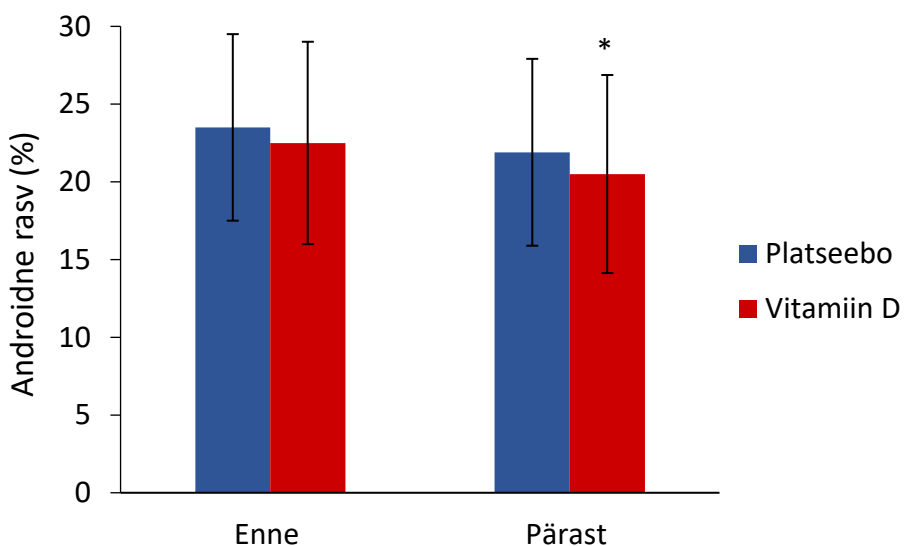
\* p < 0,05 võrreldes Enne.

#### 4.5. Androidne rasva mass ja protsent

Androidne rasva mass oli kahes grupis ühesugune uuringu põhifaasi alguses ja lõpus (joonis 5), samuti ei esinenud grupisiseseid erinevusi põhifaasi alguses ja lõpus. Võrreldes androidse rasvaprotsendi andmeid enne ja pärast põhifaasi, toimus vitamiin D grupis vähenemine 2% (joonis 6), kuid gruppidevahelisi erinevusi ei ilmnenu.



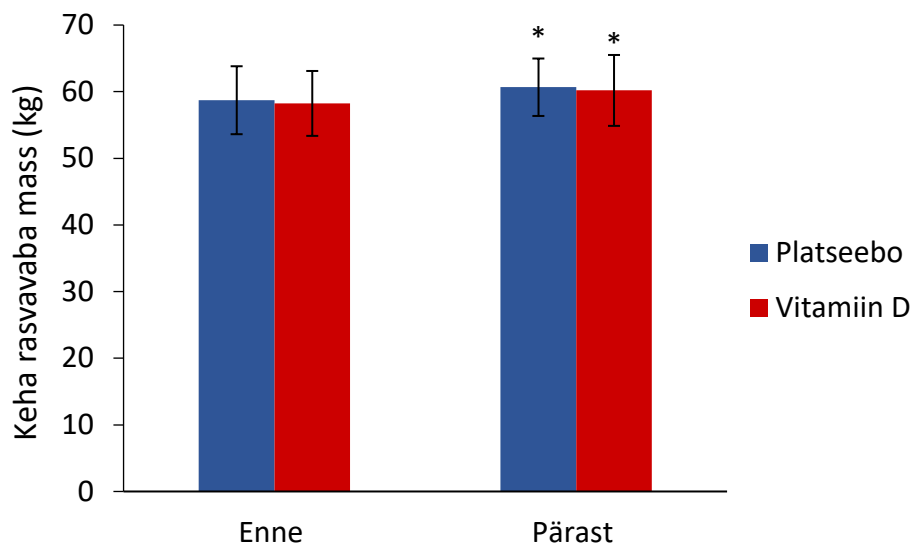
**Joonis 5.** Androidne rasva mass ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp n = 12, vitamiin D grupp n = 13).



**Joonis 6.** Androidne rasvaprotsent ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp n = 12, vitamiin D grupp n = 13). \* p < 0,05 võrreldes Enne.

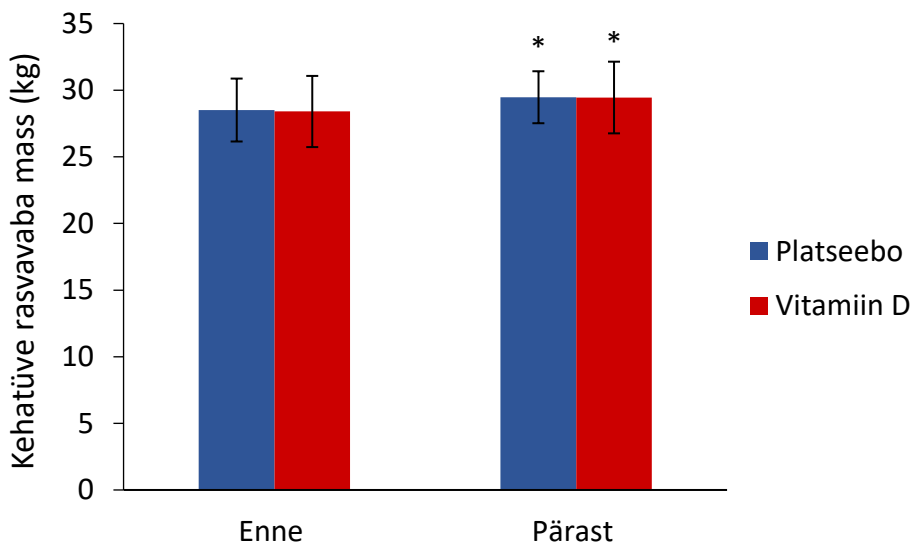
#### 4.6. Kogu keha rasvavaba mass ja kehatüve rasvavaba mass

Kogu keha rasvavaba mass suurenes nii platseebo kui ka vitamiin D grupis 3,2% 12-nädalase uuringu põhifaasi jooksul (joonis 7). Lisaks kogu keha rasvavaba massi suurenemisele suurenes ka kehatüve rasvavaba mass mõlemas grupis uuringu põhifaasi jooksul (joonis 8) ning seda platseebogrupis 3,3% ja vitamiin D grupis 3,6%. Gruppidevahelisi erinevusi ei esinenud kogu keha rasvavaba massi ega kehatüve rasvavaba massi osas.



**Joonis 7.** Keha rasvavaba mass ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp n = 12, vitamiin D grupp n = 13).

\* p < 0,05 võrreldes Enne.



**Joonis 8.** Kehatüve rasvavaba mass ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp n = 12, vitamiin D grupp n = 13). \* p < 0,05 võrreldes Enne.

#### 4.7. Jäsemete rasvavaba mass

Jäsemete rasvavaba massi osas esines statistiliselt olulisi muutuseid nii platseebo- kui ka vitamiin D grupis (tabel 5). Vasaku ülajäseme rasvavaba mass platseebogrupid suurenes 5,8% ja vitamiin D grupis 5,3% ning parema ülajäseme rasvavaba mass vastavalt 5,8% ja 5,2%. Vaid

platseebogrups suurenes oluliselt (3,4%) vasaku alajäseme rasvavaba mass jõutreeningu tulemusel. Gruppide vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei ilmnenu.

**Tabel 5.** Jäsemete rasvavaba mass ( $\bar{x} \pm SD$ ; platseebogrupp n = 12, vitamiin D grupp n = 13).

Näitaja	Grupp	Enne	Pärast
Vasaku ülajäseme rasvavaba mass (kg)	Platseebo	3,25 ± 0,37	3,45 ± 0,38*
Parema ülajäseme rasvavaba mass (kg)	Vitamiin D	3,20 ± 0,38	3,38 ± 0,47*
Vasaku alajäseme rasvavaba mass (kg)	Platseebo	3,57 ± 0,50	3,79 ± 0,41*
Parema alajäseme rasvavaba mass (kg)	Vitamiin D	3,45 ± 0,32	3,64 ± 0,42*
Vasaku ülajäseme rasvavaba mass (kg)	Platseebo	9,79 ± 1,01	10,13 ± 0,96*
Parema ülajäseme rasvavaba mass (kg)	Vitamiin D	9,71 ± 0,95	9,93 ± 0,95
Vasaku alajäseme rasvavaba mass (kg)	Platseebo	9,99 ± 1,15	10,20 ± 0,91
Parema alajäseme rasvavaba mass (kg)	Vitamiin D	10,05 ± 0,95	10,36 ± 1,10

\* p < 0,05 võrreldes Enne.

## 5. UURIMISTÖÖ TULEMUSTE ARUTELU

Käesoleva uurimistöõ peamine eesmärk oli kontrollida hüpoteesi, mille kohaselt vitamiin D manustamine toidulisandina jõutreeninguga tegelevatele vitamiin D vaeguses treenimata noortele meestele suurendab treeningu efektiivsust, mis väljendub keha rasvavaba massi suuremas juurdekasvus ja rasva massi ulatuslikumas vähenemises. Hüpotees ei leidnud kinnitust, kuna platseebo- ja vitamiin D gruppide vahelisi erinevusi kehakoostises 12-nädalase jõutreeningu vältel ei ilmnunud, vaatamata kaltsiidooli oluliselt kõrgemale tasemele vitamiin D grupis võrreldes platseebogrupiga. Samas esinesid mitmed muutused platseebo- ja vitamiin D gruppide siseselt, mis kinnitavad jõutreeningu programmi efektiivsust.

Agergaard *et al.* (2015) leidsid samuti, et vitamiin D manustamine samaaegselt 12-nädalase jõutreeninguga ei suurendanud jõutreeningu efektiivsust lihasmassi ja -jõu juurdekasvu osas noortel treenimata meestel. Selle uuringu oluline limiteeriv tegur oli asjaolu, et nii vitamiini D kui platseebot manustanud uuritavate keskmine kaltsiidooli tase veres kinnitas nende võrdlemisi head vitamiin D staatust ning gruppide vaheline erinevus (kuigi statistiliselt oluline) oli üsna väike (platseebogrupis ligikaudu 50 nmol/L, vitamiin D grupis umbes 70 nmol/L). Seega on võimalik, et Agergaard *et al.* (2015) ei suutnud tuvastada vitamiin D manustamise efekti kahe uuritavate grupi suhteliselt sarnase vitamiin D staatuse tõttu. Kuid see asjaolu ei seleta vitamiin D mõju puudumist käesolevas uuringus, kuna gruppidevaheline erinevus kaltsiidooli kontsentratsiooni osas oli väga suur – platseebogrupis keskmine tase 12-nädalase treeningu vältel 39-34 nmol/L, vitamiin D grupis 108-144 nmol/L.

Küsimuses, millisest tasemest alates näitab kaltsiidooli kontsentratsioon seerumis organismi normaalset vitamiin D staatust, puudub konsensus. IOM-i seisukoht on, et selleks tasemeks on 50 nmol/L (Ross *et al.*, 2011). Käesolevas uuringus on lähtutud ES positsioonist, mille kohaselt on kaltsiidooli piisav kontsentratsioon seerumis vähemalt 75 nmol/L (Holick *et al.*, 2011). Samale piirväärtusele on tuginetud ka varem Eestis teostatud uuringutes (Kull *et al.*, 2009; Ööpik *et al.*, 2017). Seega, kõik Agergaard *et al.* (2015) uuritud mehed osutusid IOM-i hinnangule tuginedes olema normaalse vitamiin D staatusega, kuid meie platseebogrupi liikmetel oli vitamiin D vaegus ilmne nii IOM-i kui ES-i kriteeriumeid rakendades.

Käesolevas uuringus manustatud vitamiin D kogus, 8000 IU päevas, ei ole teadaolevalt täiskasvanutele ohtlik pikemaajalise kasutamise korral (Holick *et al.*, 2011; Ross *et al.*, 2011; Vieth, 2007). Vitamiin D kahjuliku mõju avaldumise tõenäosus võib erinevatel hinnangutel

suureneda, kui kaltsiidiooni tase veres ületab 125 nmol/L (Ross *et al.*, 2011), 375 nmol/L (Holick *et al.*, 2011) või 600 nmol/L (Vieth, 2007). Seega, kuigi kaltsiidiooni keskmine kontsentratsioon vitamiin D grupis ulatus 12-nädalase manustamisperioodi lõpuks ligikaudu 144 nmol/L, jäi see suurema osa kirjanduses avaldatud hinnangute valguses selgelt alla terviseriskide suurenemisega seonduva taseme.

Owens *et al.* (2014) on avaldanud mõttekäigu, mille kohaselt on vitamiin D manustamisel positiivne efekt skeetilihase funktsioonile juhul, kui seerumi kaltsiidiooni kontsentratsiooni lähtetase jääb alla 12 nmol/L. Seerumi kaltsiidiooni lähtetase, mille korral võiks eeldada, et vitamiin D manustamine avaldab mõju kehakoostisele, ei ole teada. Samas on tõenäoline, et kui skeetilihase funktsioon on häiritud vitamiin D vaeguse tõttu, siis vähendab see ka jõutreeningu tulemuslikkust, sealhulgas kehakoostise muutuste osas. Niivõrd madal (12 nmol/L või alla selle) kaltsiidiooni tase ei olnud omane ühelegi platseebogrupi liikmele. See võib vähemalt osaliselt seletada, miks oli jõutreeningu mõju sarnane mõlemas grupis ning vitamiin D manustamine ei avaldanud olulist mõju kehakoostisele.

Kõige uuematel andmetel (Owens *et al.*, 2017) põhjustab suurte koguste (35 000 või 70 000 IU nädalas ühe doosina) vitamiin D manustamine esmalt seerumi kaltsiidiooni ja kaltsitriooli kontsentratsiooni tõusu, kuid seejärel hakkab kaltsitriooli tase langema. Seevastu 24,25(OH)D kontsentratsioon tõuseb. Kaltsitriooli toime võib seetõttu väheneda, kuna 24,25(OH)D võib blokeerida VDR retseptorid. Kuigi 24,25(OH)D taseme tõstmine on oluline kaitsemehhanism, mis ennetab kaltsiidiooni ja kaltsitriooli taseme liiga ulatuslikku tõusu veres ja sellest tuleneda võivad toksilist toimet, võib see ühtlasi olla ka põhjus, miks suurte koguste vitamiin D manustamine toidulisandina alati oodatud efekti ei anna. On võimalik, et vitamiin D manustamine väiksemate, aga sagedaste (igapäevaste) doosidena aitab vältida 24,25(OH)D taseme ulatuslikku tõusu ning soodustada vitamiin D positiivse toime avaldumist (Owens *et al.*, 2017). Kuigi 8000 IU ühekordse doosina on oluliselt väiksem kogus kui 35 000 või 70 000 IU, ei saa välistada, et ka käesoleva uuringu uuritavatel ilmnes 24,25(OH)D taseme tõus, mis võis segada oodatud muutuste ilmnemist nende kehakoostises.

Uuringu ettevalmistava faasi alguses olid kõik uuritavad vitamiin D puuduses või vaeguses. Uuringu põhifaasi alguseks (jaanuar) oli nende vitamiin D staatus veelgi langenud, kuigi statistiliselt mitteolulisel määral. Need andmed on kooskõlas eelnevate uuringutega, mis näitavad, et Eestis ja Eestiga sarnastel laiuskraadidel on seerumi kaltsiidiooni kontsentratsioonid aasta lõikes

kõige madalamad talve keskpaigast varakevadeni nii üldpopulatsioonis (Hyppönen & Power, 2007; Kull *et al.*, 2009) kui ka noortel tervetel meestel (Ööpik *et al.*, 2017).

Sarnaselt Owens *et al.* (2014) tulemustele, tõusis juba kuuajalisel vitamiin D manustamisel vitamiin D grupi kaltsiidiooni kontsentratsioon statistiliselt olulisel määral ( $p < 0,05$ ) võrreldes manustamise eelse perioodiga. Owens *et al.* (2014) uuringus oli manustatava vitamiin D kogus 10 000 IU päevas. Close *et al.* (2013) leidsid enda uuringus, et 12. nädalaks ühtlustusid kaltsiidiooni tasemed uuritavate seas, olenemata sellest, kas manustati 20 000 või 40 000 IU vitamiini D nädalas.

Sarnaselt Owens *et al.* (2014) tulemustele, tõusis juba kuuajalisel vitamiin D manustamisel vitamiin D grupi kaltsiidiooni kontsentratsioon statistiliselt olulisel määral ( $p < 0,05$ ) võrreldes manustamise eelse perioodiga. Owens *et al.* (2014) uuringus oli manustatava vitamiin D kogus 10 000 IU päevas. Close *et al.* (2013) leidsid enda uuringus, et 12. nädalaks ühtlustusid kaltsiidiooni tasemed uuritavate seas, olenemata sellest, kas manustati 20 000 või 40 000 IU vitamiini D nädalas. Garland *et al.* (2011) leidsid, et 6100 IU päevas on piisav vitamiin D kogus, et populatsioonis 97,5%-l oleks kaltsiidiooni kontsentratsioon üle 75 nmol/L ning 9600 IU päevas on piisav kogus, et see oleks üle 100 nmol/L. Käesolevas uuringus saavutasid vitamiin D grupi uuritavad juba kuuajalise vitamiin D manustamisega keskmiselt kõrgema kaltsiidiooni kontsentratsiooni, kui 100 nmol/L. Teise kuu vältel tõusis kaltsiidiooni kontsentratsioon veelgi, kuid kolmandal kuul kaltsiidiooni kontsentratsioon seerumis stabiliseerus. Seega võib väita, et 8000 IU igapäevane tarbimine kutsub esile ulatusliku kaltsiidiooni kontsentratsiooni tõusu vereseerumis juba kuuajalisel manustamisel ja pärast kahekuulist manustamist stabiliseerub see tasemel ligikaudu 135-145 nmol/L.

Kuigi vitamiin D manustamine kehakoostist ei mõjutanud, oli jõutreeningul positiivne toime kehakoostise parameetritele. Jõutreeningu mõjul langes mõlemas grupis rasvaprotsent, suurenes keha rasvavaba mass ja kehatüve rasvavaba mass ning ülajäsemete rasvavaba mass. Vaid vitamiin D grupis suurenes androidne rasvaprotsent ning vaid platseebogrupis suurenes vasaku alajäseme rasvavaba mass.

Sarnase kestusega jõutreeningu puhul on rasvaprotsendi vähenemist (1,5%) täheldanud ka Lvinger *et al.* (2007), uurides madala metaboolsete riskifaktorite arvuga (kuni üks) indiviide. Hulmi *et al.* (2015) leidsid, et 12-nädalase treeningperioodi jooksul vähenes uuritavate rasva mass. Carrillo *et al.* (2013) uuringus ei muutunud 12-nädalase jõutreeningu tulemusel uuritavate rasvaprotsent ega rasvamas. Käesolevas uuringus ei vähenenud platseebo- ega vitamiin D grupis

rasva mass, vaatamata rasvaprotsendi vähenemisele. Üks võimalik seletus rasvaprotsendi, kuid mitte rasva massi vähenemisele on, et rasvavaba massi tõustes vähenes rasvaprotsent.

Käesolevas uuringus vähenes vaid vitamiin D grupis androidne rasvaprotsent, kuid androidse rasva massi olulist langust ei ilmnenud kummaski uuritavate grupis. Androidne rasv viitab ülakeha keskosa rasva depoole ning kaasab maksa, kõhunäärme ja südame alumise osa rasvkoe akumulatsiooni (Hulmi *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2011). Keharasva kogunemine sinna on enam seotud kardiometaboolsete riskifaktoritega, kui günoide (ehk perifeerse) rasvadepoo suurenemine. (Kang *et al.*, 2011) Käesolevas uurimistöös ei vähenenud androidne rasva mass, kuidi Carrillo *et al.* (2013) uuringus ilmnis trend kaltsiidiooli kontsentratsiooni muutuste ja androidse rasva massi muutuste seose suunas ning Hulmi *et al.* (2015) uuringus vähenes androidne rasva mass jõutreeningu tulemusel. Taas võib androidse rasvaprotsendi, kuid mitte massi vähenemist seletada kehatüve rasvavaba massi tõusuga ning Carrillo *et al.* (2013) uuringu põhjal võiks eeldada, et kaltsiidiooli kõrgemal tasemel võib olla seos androidse rasva massi vähenemisega. Võimalik, et oluline asjaolu Hulmi *et al.* (2015) uuringu puhul on, et treeningprogramm kaasas harjutusi lokaalselt kehatüvele (painutajatele ja sirutajatele), mida käesolevas uuringus ei tehtud; sellegipoolest esines käesolevas uuringus kehatüve rasvavaba massi tõus.

Käesolevas uuringus leitud kogu keha rasvavaba massi suurenemist sarnase kestusega jõutreeningu tulemusel toetavad ka varasemad uuringud (Hulmi *et al.*, 2015; Levinger *et al.*, 2007; Lewis *et al.*, 2013; Morton *et al.*, 2016). Sarnaselt käesolevale uuringule, tuvastasid Lewis *et al.* (2013) lisaks kogu keha rasvavaba massi suurenemisele ka kehatüve rasvavaba massi tõusu. Nad leidsid, et meesuuritavatel oli nii kogu keha kui kehatüve rasvavaba massi tõus positiivselt seotud kuue kuu jooksul toimunud kaltsiidiooli kontsentratsiooni tõusuga (manustati 4000 IU vitamiini D päevas).

Käesolevas uuringus tõusis ka ülajäsemete rasvavaba mass mõlemas grupis. Üks võimalik seletus ülajäsemete, kuid mitte alajäsemete rasvavaba massi suurenemisele on, et seitsmest harjutusest nelja sooritamiseks oli vajalik ülajäsemete kaasatus. Täpsemalt, õlavarre kolm- ja kakspealihase harjutused, tõmme ülalt rinnale ja tõmme eest rinnale. Ka rinnalihaste harjutusel töötasid kaasa ülajäsemed. Kaks harjutust seitsmest toimisid alajäsemetele ning ülajäsemete kaasamine harjutuse sooritamiseks polnud vajalik (jalapress, reie nelipealihase harjutus).

Morton *et al.* (2016) uuringu põhjal tõuseb 12-nädalase jõutreeningu toimel alajäsemete rasvavaba mass. Käesoleva uuringu tulemus, mille kohaselt vaid platseebogrupis ning vaid vasaku

alajäseme rasvavaba mass uuringu põhifaasi jooksul suurenes, ei ole käesoleva töö autorile teadaolevalt teaduskirjanduse põhjal seletatav ning on ilmselt juhuslik.

Töö sekundaarne eesmärk oli hinnata, kas vitamiin D manustamine toidulisandina D-vitamiini vaeguses noortele meestele tugevdab jõutreeningu võimalikku mõju luutiheduse näitajatele. Käesoleva uurimistöö raames ei ilmnenu erinevusi luu mineraalne sisalduse ega tiheduse osas gruppide sees ega gruppide vahel. Hinnatavateks väärtusteks valiti kogu keha luu mineraalne sisaldus ja tihedus. Reid *et al.* (2014) põhjal on võimalik täheldada olulisi muutusi luu mineraalne tiheduses vitamiin D toimet hinnates ühe piirkonna (näiteks reieluukaela) luu mineraalne tiheduse muutusi, kuid need muutused võivad olla juhuslikud ning üldjuhul on vitamiin D (keskmiselt 23,5 kuulisel) manustamisel üksinda madal efekt luu mineraalne tihedusele.

Lewis *et al.* (2013) uurisid ujujaid ja sukeldujaid, kelle treeningprogrammi kuulus ka jõutreening. Uuritavatel ei esinenud vitamiin D vaegust. Ilmnes, et kuuekuulisel sekkumisel vitamiiniga D ei olnud mõju luude mineraalne sisaldusele ega tihedusele. Almstedt *et al.* (2011) leidsid, et 24-nädalase (umbes 6 kuud) jõutreeningu programmi mõjul meeste luude mineraalne tihedus 2,7-7,7%. Käesolevas uuringus oli platseebogrupp vitamiin D vaeguses, kuid erinevusi luunäitajates polnud uuringu alguses ega ilmnenu treeningu ja vitamiin D manustamise järgselt grupisiseselt ega gruppide vaheliselt. Võimalik, et pikema jõutreeningu perioodi jooksul oleksid ilmnenu erinevused luunäitajates ka käesolevas uuringus.

Antud uuringul on mõned piirangud. Esiteks võib välja tuua suhteliselt lühikese uuringuperioodi ja võrdlemise kõrge manustatava vitamiin D koguse (8000 IU päevas), võrreldes näiteks Eesti Toitumis- ja Liikumissoovitustes (Pitsi *et al.*, 2017) välja toodud päevase tarbimise ülempiiriga, mis on 4000 IU. On võimalik, et pikema treeningperioodi jooksul ning madalamate vitamiin D koguste manustamisel oleksid muutused kehakoostises olnud selgemini märgatavad (Owens *et al.*, 2017). Teiseks ei mõõdetud 24,25(OH)D kontsentratsiooni, mis oleks andnud märku organismi reaktsioonist vitamiin D manustamisele (Owens *et al.*, 2017). Kolmandaks ei mõõdetud kehakoostist ettevalmistava faasi alguses. Hulmi *et al.* (2015) uuringus selgus, et juba neljanädalase ettevalmistava faasi jooksul vähenesid kogu keha, kehatüve ja androidne rasva mass ning alajäsemete rasva mass ja suurenes rasvavaba mass. Kuigi vitamiini D hakati käesolevas uuringus manustama alles põhifaasi alguses, on võimalik, et olulised muutused kehakoostises toimusid juba ettevalmistava faasi jooksul.

Antud uuringu tugevusena võib välja tuua, et uuring toimus perioodil, mil Eestis elavatel inimestel praktiliselt puudub endogeenne vitamiin D süntees vähese päikesevalguse tõttu (Kull

*et al.*, 2009; Ööpik *et al.*, 2017). Tänu sellele oli võimalik välistada kaltsiidiooni kontsentratsiooni tõus uuringuperioodi vältel päikese käes viibimise tõttu. Teiseks, eristus uuritavate gruppide vitamiin D staatus selgelt võrreldes varasemate uuringutega, kuna vitamiin D grupi uuritavate kaltsiidiooni kontsentratsioon tõusis ulatuslikult. Kolmandaks, nii platseebo- kui vitamiin D grupi liikmed manustasid uuringu põhifaasi treeningute järgselt 25 g valgupulbrit, mis aitas kaasa dieedi ühtlustamisele.

## 6. JÄRELDUSED

1. Vitamiin D manustamine noortele treenimata vitamiin D vaeguses meestele ei mõjuta 12-nädalase jõutreeningu tulemuslikkust keha rasvavaba massi ega rasva massi osas.
2. Vitamiin D manustamine noortele treenimata vitamiin D vaeguses meestele samaaegselt 12-nädalase jõutreeninguga ei mõjuta luu mineraalne sisaldust ega tihedust.
3. Vitamiin D manustamine noortele treenimata vitamiin D vaeguses meestele koguses 8000 IU päevas kutsus esimese nelja nädalaga esile ulatusliku tõusu seerumi kaltsidioli kontsentratsioonis, mis jätkub aeglasemalt järgmise nelja nädala jooksul ja seejärel stabiliseerub.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Agergaard J, Trøstrup J, Uth J, Vestergard Iversen J, Boesen A *et al.* Does vitamin-D intake during resistance training improve the skeletal muscle hypertrophic and strength response in young and elderly men? – A randomized controlled trial. *Nutrition and Metabolism* 2015; 12:32
2. Almstedt HC, Canepa JA, Ramirez DA, Shoepe TC. Changes in bone mineral density in response to 24 weeks of resistance training in college-age men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2011; 25:1098-1103
3. Amthor H, Nicholas G, McKinnell I, Kemp F, Sharma M. Follistatin complexes Myostatin and antagonises Myostatin-mediated inhibition of myogenesis. *Developmental Biology* 2004; 270:19-30
4. Baechle TR, Earle RW. *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Third edition. Hong Kong: Human Kinetics; 2008
5. Bikle DD. Vitamin D Metabolism, mechanism of action, and clinical applications. *Chemistry & Biology* 2014; 21:319-329
6. Black PN, Scragg R. Relationship between serum 25-hydroxyvitamin D and pulmonary function in the third national health and nutrition examination survey. *Chest* 2005; 128:3792-3798
7. Carrillo AE, Flynn MG, Pinkston C, Markofski MM, Jiang Y *et al.* Impact of vitamin D supplementation during a resistance training intervention on body composition, muscle function, and glucose tolerance in overweight and obese adults. *Clinical Nutrition* 2013; 32:375-381
8. Christakos S, Dhawan P, Verstuyf A, Verlinden L, Carmeliet G. Vitamin D: metabolism, molecular mechanism of action, and pleiotropic effects. *Physiological Reviews* 2016; 96:365-408
9. Close GL, Leckey J, Patterson M, Bradley W, Ownes DJ *et al.* The effects of vitamin D<sub>3</sub> supplementation on serum total 25(OH)D concentration and physical performance: a randomised dose-response study. *British Journal of Sports Medicine* 2013; 47:692-696
10. DeLuca HF. Overview of general physiologic features and functions of vitamin D. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2004; 80:1689S-1696S
11. Deng B, Zhang F, Wen J, Ye S, Wang L *et al.* The function of myostatin in the regulation of fat mass in mammals. *Nutrition & Metabolism* 2017; 14:29

12. Elliott B, Renshaw D, Getting S, MacKenzie R. The central role of myostatin in skeletal muscle and whole body homeostasis. *Acta Physiologica* 2012; 205:324-340
13. Garcia LA, King KK, Ferrini MG, Norris KC, Artaza JN. 1,25(OH)<sub>2</sub> vitamin D<sub>3</sub> stimulates myogenic differentiation by inhibiting cell proliferation and modulating the expression of promyogenic growth factors and myostatin in C<sub>2</sub>C<sub>12</sub> skeletal muscle cells. *Endocrinology* 2011; 152:2976-2986
14. Garland CF, French CB, Baggerly LL, Heaney RP. Vitamin D supplement doses and serum 25-hydroxyvitamin D in the range associated with cancer prevention. *Anticancer Research* 2011; 31:617-622
15. Girgis CM, Cha KM, Houweling PJ, Rao R, Mokbel N. Vitamin D receptor ablation and vitamin D deficiency result in reduced grip strength, altered muscle fibers, and increased myostatin in mice. *Calcified Tissue International* 2015; 97:602-610
16. Hatun S, Islam Ö, Cizmecioglu F, Kara B, Babaoglu K *et al.* Subclinical vitamin D deficiency is increased in adolescent girls who wear concealing clothing. *The Journal of Nutrition* 2005; 135:218-222
17. Heaney RP. Assessing vitamin D status. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care* 2011; 14:440-444
18. Heller JE, Thomas JJ, Hollis BW, Larson-Meyer DE. Relation between vitamin D status and body composition in collegiate athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2015; 25:128-135
19. Holick MF. Resurrection of vitamin D deficiency and rickets. *The Journal of Clinical Investigation* 2006; 116:2062-2072
20. Holick MF. Vitamin D deficiency. *The New England Journal of Medicine* 2007; 357:266-281
21. Holick MF, Chen TC. Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2008; 87:1080S-1086S
22. Holick MF. Vitamin D status: measurement, interpretation, and clinical application. *Annals of Epidemiology* 2009; 19:73-78
23. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, Gordon CM, Hanley DA *et al.* Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an endocrine society clinical practice guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2011; 96:1911-1930

24. Hulmi JJ, Laakso M, Mero AA, Häkkinen K, Ahtiainen JP *et al.* The effects of whey protein with or without carbohydrates on resistance training adaptations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2015; 12:48
25. Hyppönen E, Power C. Hypovitaminosis D in British adults at age 45 y: nationwide cohort study of dietary and lifestyle predictors. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2007; 85:860-868
26. Jones G. Pharmacokinetics of vitamin D toxicity. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2008; 88:582S-586S
27. Kang SM, Yoon JW, Ahn HY, Kim SY, Lee KH. Android fat depot is more closely associated with metabolic syndrome than abdominal visceral fat in elderly people. *Plos ONE* 2011; 6:e277 694 doi:10.1371/journal.pone.0027694
28. Kukuljan S, Nowson CA, Bass SL, Sanders K, Nicholson GC *et al.* Effects of a multi-component exercise program and calcium-vitamin-D<sub>3</sub>-fortified milk on bone mineral density in older men: a randomised controlled trial. *Osteoporosis International* 2009; 20:1241-1251
29. Kull M, Kallikorm R, Tamm A, Lember M. Seasonal variances of 25-(OH) vitamin D in the general population of Estonia, a Northern European country. *BMC Public Health* 2009; 9:22
30. Larson-Meyer DE, Willis KS. Vitamin D and athletes. *Current Sports Medicine Reports* 2010; 9:220-226
31. Levinger I, Goodman C, Hare DL, Jerums G, Selig S. The effect of resistance training on functional capacity and quality of life in individuals with high and low numbers of metabolic risk factors. *Diabetes Care* 2007; 30:2205-2210
32. Lewis RM, Redzic M, Thomas DT. The effects of season-long vitamin D supplementation on collegiate swimmers and divers. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism* 2013; 23:431-440
33. Morton RW, Oikava SY, Wavell CG, Mazara N, McGlory C *et al.* Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance trained young men. *Journal of Applied Physiology* 2016; 121:129-138
34. Owens DJ, Webber D, Impey SG, Tang JCY, Donovan TF *et al.* Vitamin D supplementation does not improve human skeletal muscle contractile properties in insufficient young males. *European Journal of Applied Physiology* 2014; 114:1309-1320

35. Owens DJ, Tang JCY, Bradley WJ, Sparks AS, Fraser WD *et al.* Efficacy of high-dose vitamin D supplements for elite athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2017; 49:349-356
36. Peeling P, Fulton SK, Binnie M, Goodman C. Training environment and vitamin D status in athletes. *International Journal of Sports Medicine* 2013; 34:248-252
37. Peterson CA. Vitamin D deficiency and childhood obesity: interactions, implications, and recommendations. *Nutrition and Dietary Supplements* 2015; 7:29-39
38. Pichler H, Riezman H. Where sterols are required for endocytosis. *Biochimica et Biophysica Acta* 2004; 1666:51-61
39. Pitsi T, Zilmer M, Vaask S, Ehala-Aleksejev K, Kuu S *et al.* Eesti toitumis- ja liikumissoovitused 2015. Tervise Arengu Instituut. Tallinn, 2017
40. Pojednic RM, Ceglia L. The emerging biomolecular role of vitamin D in skeletal muscle. *Exercise and Sports Sciences Reviews* 2014; 42:76-81
41. Reid IR, Bolland MJ, Grey A. Effects of vitamin D supplements on bone mineral density: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet* 2014; 383:146-155
42. Ross AC, Manson JE, Abrams SA, Aloia JF, Brannon PM *et al.* The 2011 report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D from the Institute of Medicine: what clinicians need to know. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2011; 96:53-58
43. Ruohola JP, Laaksi I, Ylikomi T, Haataja R, Mattila VM *et al.* Association between serum 25(OH)D concentrations and bone stress fractures in finnish young men. *Journal of Bone and Mineral Research* 2006; 21:1483-1488
44. Schwalfenberg GK. A review of the critical role of vitamin D in the functioning of the immune system and the clinical implications of vitamin D deficiency. *Molecular Nutrition & Food Research* 2011; 55:96-108
45. Srikuea R, Zhang X, Park-Sarge OK, Esser KA. VDR and CYP27B1 are expressed in C2C12 cells and regenerating skeletal muscle: potential role in suppression of myoblast proliferation. *American Journal of Physiology* 2012; 303:C396-C405
46. Zittermann A. Vitamin D in preventive medicine: are we ignoring the evidence? *British Journal of Nutrition* 2003; 89:552-572
47. Tavera-Mendoza LE, White JH. Cell defenses and the sunshine vitamin. *Scientific American* 2007; 297:62-65, 68-70, 72

48. Tiwaskar M. Vitamin D and elderly. *RGUHS Journal of Medical Sciences* 2013; 3:159-164
49. Vanga SR, Good M, Howard PA, Vacek JL. Role of vitamin D in cardiovascular health. *American Journal of Cardiology* 2010; 106:798-805
50. Vieth R. Vitamin D toxicity, policy, and science. *Journal of Bone and Mineral Research* 2007; 22:V64-V68
51. Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports* 2012; 11:209-216
52. Ööpik V, Timpmann S, Rips L, Olveti I, Kõiv K *et al.* Anabolic adaptations occur in conscripts during basic military training despite high prevalence of vitamin D deficiency and decrease in iron status. *Military Medicine* 2017; 182:e1810-e1818

## LISA. Jõusaali harjutusprogramm



**Harjutus 1.** Rinnalihase harjutus (*chest press* modifikatsioon)



**Harjutus 2.** Jalapress (*leg press*)



**Harjutus 3.** Tõmme ülalt rinnale (*lateral pulldown*)



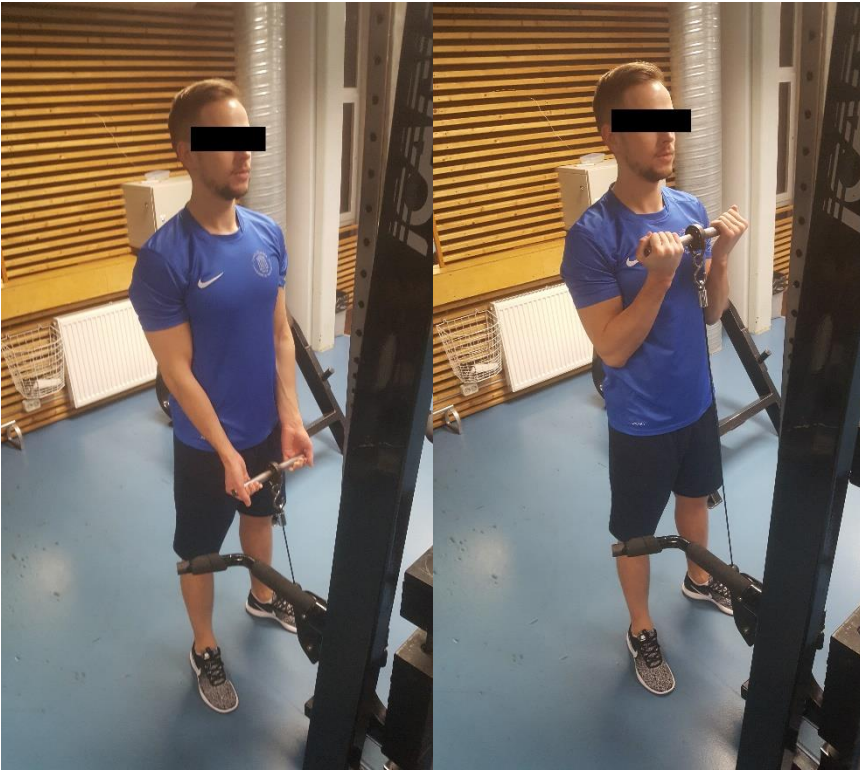
**Harjutus 4.** Õlavarre kolmpealihase harjutus (*triceps push-down*)



**Harjutus 5.** Reie nelipealihase harjutus (*knee extension*)



**Harjutus 6.** Tõmme eest rinnale (*seated row*)



**Harjutus 7.** Õlavarre kakspealihase harjutus (*biceps curl*)

## **Tänuavaldused**

Käesoleva magistritöö autor tänab magistritöö juhendajaid Vahur Ööpikut ja Saima Timpmani koostöö ja nõuannete eest. Autor tänab Martin Moosest käesolevas uuringus kasutatud treeningplaani koostamise eest, Evelin Lätti kehakoostise analüüside läbiviimise eest ning Lauri Savolainenit abi ja usalduse eest uuringuperioodil ja selle järgselt.

Autor tänab uuringus osalejaid aja ja motivatsiooni leidmise eest. Suur tänu ka Tartu Ülikooli Akadeemilisele Spordiklubile jõusaali kasutusõiguse eest uuringu läbiviimiseks.

## **Autori lihtlitsens töö avaldamiseks**

Mina, Lisette Tõnutare (sünnikuupäev: 02.08.1993)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsents) enda loodud teose, Vitamiin D manustamise ja 12-nädalase jõutreeningu mõju kehakoostisele vitamiin D vaeguses treenimata noortel meestel, mille juhendaja on Vahur Ööpik,
  - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 14.05.2018