

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Paul-Feliks Frei

**Reie nelipealihase ja reieluu morfofunktsionaalsete näitajate ning
funktsionaalse võimekuse muutused vananemisel**

**Associations between changes in morpho-functional characteristics of the quadriceps
femoris muscle, femur and functional performance in aging**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendajad:

Prof. M. Pääsuke

MSc K. Medijainen

Tartu, 2022

SISUKORD

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID	5
LÜHIÜLEVAADE.....	6
ABSTRACT.....	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	8
1.1. Skeletilihaste morfofunktsionaalsete- ning funktsionaalse võimekuse näitajate muutused vananemisel ning nende erinevused sugude vahel	8
1.2. Luukoe morfofunktsionaalsete näitajate muutused vananedes ning nende erinevused sugude vahel	11
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	16
3. TÖÖ METOODIKA	17
3.1. Uuritavate üldiseloomustus ja uuringu korraldus	17
3.2. Uurimismeetodid	17
3.2.1. Antropomeetilised mõõtmised.....	17
3.2.2. Erinevused eakate ning noorte meeste ja naiste reie nelipealihase ning reieluu mahtude absoluutväärtustes ja muutuste osakaaludes.....	18
3.2.3. Erinevused valitud funktsionaalset võimekust iseloomustavates parameetrites ja muutuste osakaaludes eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega.....	18
3.2.3.1. Isomeetriline dünamomeetria	18
3.2.3.2 TUG test.....	19
3.3. Andmete statistiline analüüs	19
4. TÖÖ TULEMUSED	20
4.1. Erinevusd eakate ning noorte meeste ja naiste reie nelipealihase mahtude absoluutväärtustes ja muutuste osakaaludes	20
4.1.1. Reie nelipealihase mahu parameetrite erinevused eakate ja noorte meeste vahel ..	20
4.1.2. Reie nelipealihase mahu parameetrite erinevused eakate ja noorte naiste vahel	20
4.1.3. Reie nelipealihase mahtude osakaalude erinevused eakatel meestel ja naistel võrdlusena noorte meeste ja naistega	21

4.2. Funktsionaalse võimekuse näitajate erinevused eakatel meestel ja naistel võrdlusena noorte meeste ja naistega	21
4.2.1. Funktsionaalse võimekuse näitajate erinevused eakate ja noorte meestel vahel	21
4.2.2. Funktsionaalse võimekuse näitajate erinevused eakate ja noorte naiste vahel	22
4.3. Reieluu mahtude erinevused mahtude absoluurväärtustes ja muutuste osakaaludes eakatel meestel ja naistel võrdlusena noorte meeste ja naistega.....	24
4.3.1. Reieluu mahtude parameetrite erinevused eakate ja noorte meeste vahel	24
4.3.2. Reieluu mahtude erinevused eakate ja noorte naiste vahel	24
4.3.3. Reieluu morfofunktsionaalsete näitajate osakaalude erinevused eakatel meestel ja naistel võrdlusena noorte meeste ja naistega.....	25
4.4. Reie nelipealihase- ja reieluu morfofunktsionaalsete näitajate seosed valitud funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetritega noortel ja eakatel meestel ja naistel	26
5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU	27
5.1. Reie nelipealihase mahu erinevused eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega	27
5.2. Funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetrite erinevused eakatel meestel ja naistel võrreldunud noortega.....	29
5.3. Alajäseme reiepiirkonna luukoe morfofunktsionaalsete näitajate erinevused eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega.....	31
5.4. Reie nelipealihase kogu- ning reieluu mahtude seosed funktsionaalse võimekuse näitajatega.....	34
5.5. Antud uurimistöö tugevused ja limiteerivad tugevused.....	35
6. JÄRELDUSED.....	36
KASUTATUD KIRJANDUS	37
LISA 1. Reie nelipealihase- ja reieluu morfofunktsionaalsete näitajate seosed valitud funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetritega noortel ja eakatel meestel ja naistel	44
Tabel 4. Reieluu ja nelipealihase seosed antropomeetriliste- ja funktsionaalse võimekuse näitajatega noortel meestel	44

Tabel 5. Reieluu- ja nelipealihase seosed antropomeetriliste- ja funktsionaalse võimekuse näitajatega vanadel meestel ($r=0,59$; $p<0,05$).	44
Tabel 6. Reieluu- ja nelipealihase seosed antropomeetriliste- ja funktsionaalse võimekuse näitajatega noortel naistel ($r=0,53$; $p<0,05$).	45
Tabel 7. Reieluu- ja nelipealihase seosed antropomeetriliste- ja funktsionaalse võimekuse näitajatega vanadel naistel ($r=0,53$; $p<0,05$).	45
LIHTLITSENTS	46

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID

AWGS - *The Asian Working Group for Sarcopenia*

BMD - Luu mineraalne tihedus (g/m^2) (ingl. k. *Bone mineral density*)

EM – Eakad mehed

EN – Eakad naised

LEP - Absoluutsed alajäsemete sirutuslihaste võimsus (W)

MRT – Magnetresonantstomograafia

NM – Noored mehed

NN – Noored naised

OS - Osteosarkopeenia

PT - Maksimaalne jõumoment ($\text{N}\cdot\text{m}$) (ingl. k. *Peak torque*)

QF - Reie nelipealihas (ingl. k. *m. quadriceps femoris*)

RF - Reie sirglihas (lad. k. *m. rectus femoris*)

RFD – Jõugradient (N/s) (ingl. k. *Rate of force development*)

SE – Standardviga (ingl. k. *Standard Error*)

TUG – Tõuse ja kõnni test (sek) (ingl. k. *Timed up and Go test*)

VI - Vahepealne pakslihas (lad. k. *m. vastus intermedius*)

VL - Külgmine pakslihas (lad. k. *m. vastus lateralis*)

VM - Keskmine pakslihas (lad. k. *m. vastus medialis*)

$\text{VO}_{2\text{max}}$ - Maksimaalne hapniku tarbimisvõime ($\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$) (ingl. k. *Maximal oxygen uptake*)

WHO - Maailma Terviseorganisatsioon (ingl. k. *World Health Organization*)

1 RM - Ühe korduse maksimum (kg) (ingl. k. *1 repetition maximum*)

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli analüüsida erinevusi reie nelipealihase ja reieluu morfofunktsionaalsetes näitajates ning funktsionaalset võimekust iseloomustavates parameetrites eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega, samuti selgitada välja nende näitajate seosed.

Metoodika: Uuringus osales 50 vaatlusalust: kokku 22 noort ja eakat meest ning 28 noort- ja eakat naist. Valimi suurus eakate ja noorte gruppides oli mõlema soo puhul võrdne. Noorte meeste keskmine vanus oli $24,91 \pm 0,74$ ja noorte naiste keskmine vanus oli vastavalt $21,71 \pm 0,44$. Eakate meeste grupi keskmine vanus oli $71,18 \pm 1,14$ ja eakate naiste keskmine vanus oli vastavalt $74,71 \pm 1,26$. Kõikidel eakatel vaatlusalustel puudusid kardioloogilised-, neuroloogilised- jm haigused. Vaatlusalustel määrati antropomeetrilised näitajad, isomeetrilisel dünamomeetril reie nelipealihase tahtelise kontraktsiooni jõuproduktiooni parameetrid (jõugradient ja jõumoment) ning TUG testi tulemused. Lisaks määrati kõikidel vaatlusalustel MRT- meetodil reie nelipealihase (VM, VI, VL, RF)- ja reieluu erinevate osade mahud.

Tulemused: Eakatel meestel olid reie nelipealihase kõik hinnatud keskmised mahud väiksemad võrreldes noorte meestega ($p < 0,001$), v.a VM ($p < 0,01$). Eakatel naiste kõik reie nelipealihase keskmised mahud olid väiksemad võrreldes noorte naistega ($p < 0,001$). Mõlemal sool oli eakate erinevus noortest suurim RF osakaalu ning kõige väiksem VI osakaalu osas. Eakatel meeste kõik funktsionaalse võimekuse näitajad olid väiksemad kui noortel meestel ($p < 0,001$), v.a TUG testi tulemused ($p < 0,05$). Eakatel naistel kõik funktsionaalse võimekuse näitajad olid väiksemad võrreldes noorte naistega ($p < 0,001$), v.a maksimaalne jõumoment ($p < 0,01$). Eakatel meestel oli noortest kõige väiksema osakaaluga erinevus TUG testi osas, eakatel naistel maksimaalse jõumomendi osas võrdluses noorte naistega. Mõlemal sool ilmses eakate grupis suurem reieluu medullaarala keskmine maht ($p < 0,05$).

Kokkuvõte: Reie nelipealihase mahud on eakatel meestel ja naistel madalamad kui noortel. Suurim erinevus ilmses mõlemal sool eakate grupis reie sirglihase (RF) grupis. Funktsionaalne võimekus on eakatel meestel ja naistel ootuspäraselt madalam, sealjuures naistel enam väljendunud, v.a maksimaalse jõumomendi osas, kus meestel ilmses suurema osakaaluga erinevus. Mõlemal sool ilmses reieluu medullaarala suurenemine eakate grupis.

Märksõnad: vananemine, sarkopeenia, luukoe geomeetria

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to analyse in aspects of the quadriceps femoris muscle, femur and functional performance (and their interaction) in aging.

Methods: 50 persons participated, 22 men (11 young) 28 women (14 young). The average age of the young men was 24.91 ± 0.74 and of the young women was 21.71 ± 0.44 . The average age of the elderly men group was 71.18 ± 1.14 and of the elderly women was 74.71 ± 1.26 . All subjects had a medical history free of any serious diagnosis. The assessment of the participants involved anthropometrical parameters, the isometric dynamometry of the quadriceps muscle (QF) (rate of force development and peak torque) and TUG test. MRI was used to obtain volumes of quadriceps muscle (VM, VI, VL, RF) and the femur.

Results: In elderly men, the volumes of the QF were lower compared to young men ($p < 0,001$), except for VM ($p < 0,01$). The volumes of QF were lower in elderly women compared to young women ($p < 0,001$). In both genders, the difference between the elderly and the youngest was the largest in average proportions of RF and the smallest in proportions of VI. Elderly lower rates of functional capacity compared to young ($p < 0,001$), except for the TUG test in men ($p < 0,05$) and for peak torque ($p < 0,01$) in women. In both genders, the average volumes of the medullary area of the femur were higher in elderly ($p < 0,05$).

Conclusions: The volumes of the quadriceps were lower in elderly men and women compared to young men and women. The greatest decrease in both elderly groups occurred in rectus femoris (RF). Functional capacity is lower as expected in older men- and women, being more pronounced in women, except for peak torque, where men had a larger difference. In both genders, the average volumes of the medullary area of the femur were higher in elderly groups compared to young groups.

Keywords: aging, sarcopenia, bone geometry

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Vananemine on füsioloogiline ja dünaamiline protsess, mis algab umbes neljandal elukümnendil. Bioloogilist vananemist iseloomustavad progresseeruvad vanuselised muutused ainevahetuses ja rakkude füüsikalises-keemilistes omadustes, mille tulemusteks on sealhulgas ka skeletilihassüsteemi muutused, mis mõjutab omakorda vanurite füüsilist seisundit (Dziechciarz & Filip, 2014). Vananemisel toimuvaid muutusi skeleti-lihassüsteemis ning nende soolisi erinevusi on oluline mõista ravimeetodite optimeerimiseks tervishoius (Roberts et al., 2018), sh füsioteraapias.

1.1. Skeletilihaste morfofunktsionaalsete- ning funktsionaalse võimekuse näitajate muutused vananemisel ning nende erinevused sugude vahel

Maksimaalne lihasmass saavutatakse tavaliselt vanusevahemikus 30-40 aastat ja see väheneb seejärel järk-järgult, millega kaasneb funktsionaalse võimekuse vähenemine (Janssen et al., 2000). Vanusega seotud lihasmassi kadu ehk sarkopeenia mõjutab nii mehi kui ka naisi ning sellega kaasneb lihasjõu vähenemine ja lihaste düsfunktsioon, mis resulteerub halvenenud elukvaliteedis (Roberts et al., 2018).

Sarkopeenia on *The Asian Working Group for Sarcopenia* (AWGS) kohaselt (2014) defineeritud järgmiselt: „vanusega seotud lihasmassi kadu, millele lisandub madal lihasjõud ja/või madal füüsiline võimekus“. Lihasmassi vähenemist võivad sealjuures põhjustada mitmesugused tegurid, sealhulgas nt erinevad haigused, vähenenud tarbitud kaloraaž, halb verevool lihastesse, mitokondriaalne düsfunktsioon, anaboolsete hormoonide vähenemine ja põletikueelsete tsütokiinide suurenemine (Morley et al., 2014). Vananemisel esinev mitokondriaalne düsfunktsioon põhjustab metaboolseid häireid, muuhulgas insuliiniresistentsust, mis võib põhjustada lihaskoe kvantitatiivseid- ja kvalitatiivseid kõrvalekaldeid, mis resulteerub sarkopeenias (Nishikawa et al., 2021).

Eelnimetatud mehhanismid määravad lihasmassi- ning kvaliteedi vähenemise, millest tulenevalt väheneb lihaste funktsionaalne tase. Üldiselt väheneb vananemisel lihasmass keskmiselt 25-30% (Nishikawa et al., 2021).

On leitud, et lihasmassi atroofiat põhjustavad mehhanismid erinevad vananevatel meestel ja naistel - naistel esineb suurem tüübisisene heterogeensus ja on märgatud ~5 korda suuremat I tüüpi lihaskiudude rühmitust (Roberts et al., 2018).

Jäsemete lihaste atroofia ja lihaste jõudluse languse kujunemine vananemisel on nii meestel kui ka naistel sarnase ulatusega. Seevastu histoloogiliselt ja müotsellulaarsel tasemel on lihaste atroofia- ja -jõudluse langus sooliselt erinev. Naistel väheneb vananedes kogu lihasmass ning see on suuresti tingitud II tüüpi lihaskiudude atroofiast (Roberts et al., 2018). Võrreldes naiste nelja vanuserühma, leidsid Roberts ja kaasautorid oma uuringuga (2018), et IIX tüüpi lihaskiudude atroofia algab u vanuses 37 ning IIA tüüpi lihaskiudude atroofia algab u vanuses 61. IIX tüüpi lihaskiudude hulk oli 72- aastastel naistel poole väiksem kui 25-aastastel naistel. Meestel oli lihase kogumassi langus sarnasel tasemel, kuid üldiselt ei täheldatud IIA ja IIX tüüpi kiudude atroofiat, vaid I tüüpi kiudude suurenemist ~15% võrreldes nooremate meestega (Roberts et al., 2018).

Lihajõu parameetrite muutuste kirjeldamisel on oluline eristada absoluutset- ning suhtelist jõudu, samuti ka lihasvõimsust. Absoluutset alajäsemete sirutujalihaste võimsust (*leg extension muscle power*, edaspidi LEP) vananemisel uurinud Alcazar jt, tuvastasid oma uuringuga (2020), et LEP väärtused säilivad 20-45 aastastel naistel, misjärel toimub kiire langus, kuid meestel täheldati 40-60 eluaastaste vahel stabiilset langust. Suhteline langusmäär ehk aastased muutused LEP-s erinesid 40-45 aastaste naiste ja meestel vahel, olles meestel suurem (vastavalt $-1,1 \pm 0,4 \%$ vs $0,0 \pm 0,2\%$) (Alcazar et al., 2020). Samade autorite kohaselt püsis suhteline lihasjõud naistel vahemikus 20-40 aastat, pärast mida toimus langus $0,05 \pm 0,01$ W/kg aastas kuni 75. eluaastani. Pärast 75. eluaastat langes suhteline lihasjõud naistel veidi väiksemal määral ($0,03 \pm 0,01$ W/kg⁻¹). Meeste seas jäi suhteline lihasjõud samuti muutumatuks vanuses 20-40. Alates 40. eluaastast langes meestel suhteline lihasjõud määraga $0,06 \pm 0,01$ W/kg⁻¹. Siiski ei leitud statistiliselt olulisi soolisi erinevusi alajäsemete suhtelise lihasjõu muutustel vananemisel (Alcazar et al., 2020).

Erinevate muutuste koosmõjul, sh ka II tüüpi lihaskiudude atroofia tõttu, väheneb vananemisel funktsionaalne võimekus (lihasjõud, vastupidavus, kiiruslikud omadused ning paindumus) ja see resulteerub iseseisvuse vähenemisega igapäevategevustes (Riebe et al., 2009). Funktsionaalsus hõlmab endas funktsionaalset võimekust, mida on vaja osalemaks iseseisvalt igapäevategevustes. Lisaks muutustele lihaskoes väheneb vananedes progresseeruvalt (funktsionaalsusele mõju avaldav) maksimaalne aeroobne võimekus (VO₂max), mõõdetuna maksimaalse O₂ tarbimise järgi (Wilson & Tanaka, 2000), sealjuures on vähenemise ulatus Pimentel jt kohaselt (2003) mittetreenitud meestel vastavalt keskmiselt 3,9 ml/kg/min elukümnendi jooksul ning mittetreenitud naistel -3,2 ml/kg/min elukümnendi kohta. Malaisia teadlaste poolt läbi viidud uuringu kohaselt ei esine soolisi erinevusi aga väga lihtsasti hindamiseks kasutatava füüsilise võimekuse/mobiilsuse testi *Timed up and Go test*

(TUG) puhul – sooritamise aeg pikeneb vanuse kasvades alates 60. eluaastast nii meestel kui ka naistel (Ibrahim et al., 2017). Eestis aga magistr töö autorile teadaolevalt pole teostatud uurimistöid, kuid oleks hinnatud seda aspekti meestel ja naistel.

Sarkopeeniaga toimuvate muutuste aeglustamisel või vähendamisel on füsioteraapial oluline roll, kuna muutused alajäsemete lihaste omadustes ja -jõudluses võivad oluliselt mõjutada inimeste iseseisvust igapäevaelus. Füüsiline aktiivsus on oluline sarkopeenia ennetamises ja -ravis ning seetõttu on oluline mõista vananemisel toimuvaid muutuseid ja nende erinevusi sooliselt. Seega on oluline välja selgitada QF lihasrühma, mis on väga oluline erinevate igapäevaelutegevuste sooritamisel, atroofia määr vananemisel ning nende erinevused sooliselt. Magistritöö autor on seisukohal, et arvestades lihasmassi soolisi erinevusi, on lisaks lihasjõu languse absoluutväärtustele asjakohane analüüsida ka lihasatroofia määra osakaaludena, mis võimaldab vananemisel toimuvate muutuste soolisi aspekte paremini eristada.

Vananemisel toimuva jõuproduktiooni langust näitavad funktsionaalsed testid nagu ka eelmainitud TUG test. Kiire jõutootmise võime on seotud igapäevategevustega ja seda võib seostada eakate kukkumiskõhaga (Thompson et al., 2013). Jõuproduktiooni objektiivseks ja detailseks hindamiseks on väärtuslik jõugradiendi (*rate of force development*, edaspidi RFD) parameetrite määramine. Võrreldes maksimaalse tahtelise kontraktsioonijõuga on RFD parameetrid paremini ülekantavad funktsionaalsusse igapäevaelus (Maffiuletti et al., 2016). Varesco jt (2019) leidsid uurides lihaskontraktsiooni erinevates faasides jõugradiendi, et vananemisel on põlve sirutuse korral enam mõjutatud kontraktsiooni algfaas. RFD tulemused eakatel olid faasis 0-50ms oluliselt madalamad võrreldes noortega. Seevastu eakate jõugradiendi tulemused ei erinenud faasis 100-200ms võrreldes noorte vaatlusalustega. Eelnev viitab vajadusele vaadelda lihastööd iseloomustavaid parameetreid kontraktsiooni erinevates faasides. Siiski uuriti eelnimetatud uuringus vaid muutuseid eakatel meestel, mistõttu jõuproduktiooni muutuste soolised erinevused on veel ebaselged.

Lihaskõhu määramisel on lisaks eelnimetatud parameetritele ka uuritud maksimaalset jõumomenti (PT). Vaatamata lihaskõhu üldisele vähenemisele säilitavad eakad ekstsentrilises faasis paremini lihaskõhu parameetreid võrreldes isomeetrilise kontraktsiooniga. On leitud, et eakatel on maksimaalsed ekstsentrilised jõumomendid keskmiselt 6,5% madalamad võrreldes noortega. PT parameetrid vähenesid seevastu eakatel oluliselt suuremal määral just isomeetrilise kontraktsiooni korral (20,5%) (Rosete et al., 2021). Sellest tulenevalt määrati käesolevas uuringus just vananemisel toimuvate isomeetrilise kontraktsiooni PT parameetrite muutuseid sooliselt. Sealjuures oli fookuses reie nelipealihase (*m. quadriceps femoris*,

edaspidi QF), mis on põlveliigeste ekstensorina kriitiline nt istest püsti tõusmisel ja oluline ka paljude teiste igapäevaelutegevuste sooritamisel (Ploutz-Snyder et al., 2002). Lisaks on näidatud, et QF on vastuvõtlikum vananemisel tekkivale lihasatroofiale võrreldes teiste lihasrühmadega, mistõttu vähenebki QF lihase osakaal teiste reie piirkonna lihastega suuremal määral (Macaluso et al., 2002; Maden-Wilkinson et al., 2013; Hogrel et al., 2015).

Ka füsioteraapias määravad füsioterapeudid vanemaealistele sageli jõuharjutusi QF tugevdamiseks, kuid puudub teadmine, kas lihasjõulangus QF erinevates lihasgruppides on vananemisel sooliselt erinev. Arvestades eelmainitud väiteid, et QF on vastuvõtlikum vananemisel tekkivale lihasatroofiale ja QF-i olulist rolli igapäevaelutegevuste sooritamisel, siis seetõttu lisab antud magistritöö asjakohase panuse, selgitamaks välja vananemisel toimuva QF lihasatroofiast enim haaratud lihasgrupid. Uuringu võimalikud tulemused sooliste erinevuste esinemisel võivad huvi pakkuda füsioterapeutidele, võimaldades tänu sellele potentsiaalselt planeerida efektiivsemat sekkumist.

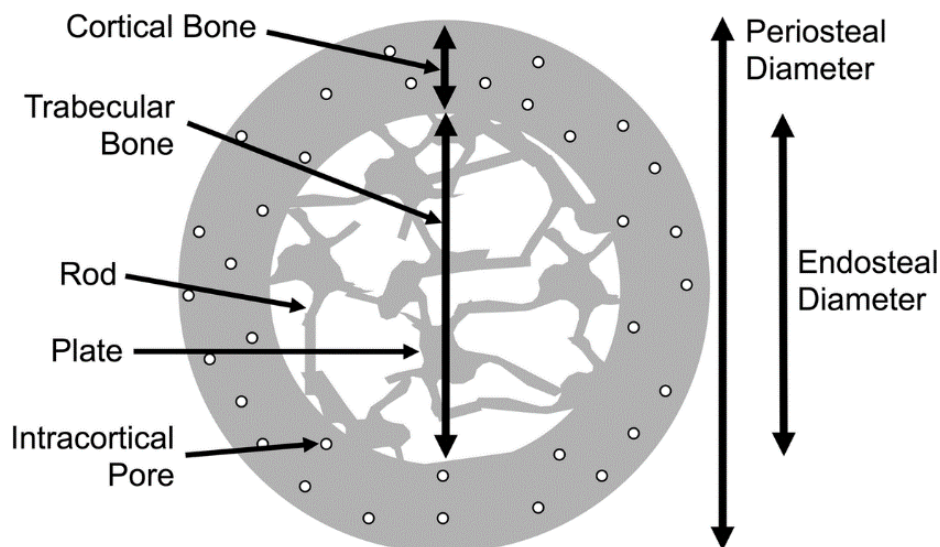
1.2. Luukoe morfofunktsionaalsete näitajate muutused vananedes ning nende erinevused sugude vahel

Täiskasvanu luustik koosneb enam kui 200 luust, millest igaüks kohandab kooskõlastatult oma morfoloogiat, et toetada igapäevaste tegevuste käigus tekkivaid füsioloogilisi koormuseid. Luutüüpe on mitmeid, sealhulgas pikad luud ehk toruluud, mis esinevad jäsemete skeletis, näiteks reieluu (Choksi et al., 2018).

Luul saab eristada erinevaid osi. Kortikaalne luu on tihe välimine kest, mis jaguneb kolmeks pinnaks: periostealne pind, kortikaalsed poorid ja endostealne pind. Trabekulaarne luu on ümbritsetud kortikaalse luuga ja koosneb ühendatud käsniast võrgustikust (vt joonis 1, järgmisel leheküljel). Tugevuse saavutamiseks esineb toruluudes, sealhulgas reieluus, kortikaalne osa luude diafüüsides (silindriline luu keskosa) ning trabekulaarne luu metafüüsiipiirkondades, mis kuulub epifüüsi ehk toruluu liigesepinnapoolse otsa juurde. Kortikaalse ja trabekulaarse luu osakaal varieerub sõltuvalt asukohast- näiteks küünarluu distaalne osa koosneb ligikaudu 25% kortikaalsest ja 75% trabekulaarsest luust (Choksi et al., 2018).

Luukvaliteeti säilitatakse varases täiskasvanueas luukoe pideva remodulleerimisega (Seeman, 2002). Berger jt (2010) leidsid, et selgroo lumbaarosa maksimaalse luumassi saavutavad naised vanusevahemikus 33-40 aastat ning mehed vahemikus 19-33 aastat. Noorte naiste seas saavutati kogu puusa- ning reieluukaela maksimaalne luumass vanuses 16-19.

Meestel seevastu vanusevahemikus 19-21. Nii meestel kui naistel on 16 eluaastaks juba 94% maksimaalsest luumassist saavutatud (Looker et al., 1998).



Joonis 1. Kortikaalne- ja trabekulaarne luu (Choksi et al., 2018).

Cortical bone= kortikaalluu; *Trabecular bone*= trabekulaarluu; *Intracortical pore*= kortikaalsed poorid; *Periosteal diameeter*= Periosteaalne diameeter; *Endosteal diameter*= Endosteaalne diameeter

Vanuse suurenemisel väheneb remodulleerimise osakaal resorptsiooni poole, põhjustades luukadu ja struktuurseid kahjustusi. Naistel vähendab menopausiga seotud östrogeeni puudus remodulleerumist ning ülekaalus on resorptsioon, mis kiirendab luude hõrenemist nii kortikaalses- kui ka trabekulaarses piirkonnas. Meestel puudub samaväärne keskeas sündmus ning remodulleerimise osakaal väheneb vanusega järk-järgult (Seeman, 2002).

Östrogeeni kadu on naiste ja teatud määral ka meeste luuhõrenemise peamine tegur, mis vananedes aina süveneb. Siiski pole östrogeen vananemisel toimuva luukoe hõrenemise ainus põhjus (Manolagas, 2010), kuna on leitud, et nii naistel kui meestel algab luude hõrenemine reieluu proksimaalses piirkonnas juba kolmanda kümnendi alguses ehk vahetult pärast maksimaalse luumassi saavutamise tippu, mida ei saa selgitada suguhormoonide vähenemisega (Looker et al., 1998).

Kõige kiiremat luu mineraalse koostise (*Bone mineral density*, edaspidi BMD) kaotust pärast maksimaalse luumassi saavutamist täheldati mõlemal sool reieluu kaela piirkonnas (Berger et al., 2010). BMD analüüsiga on leitud, et mõlemal sugupoolel esineb mitmel pool märkimisväärne trabekulaarse ehk luu käsna sisekesta hõrenemine enne suguhormoonide taseme langust (Riggs et al., 2008). Sellegipoolest kiireneb naistel pärast menopausi oluliselt lülisamba trabekulaarse luu kadu ning suureneb ka randme-, lülisamba- ja puusaluumurdude

esinemissagedus, mis näitab östrogeeni vähenemise mõju luuhõrenemisel (Khosla & Riggs, 2005).

Kortikaalne luuhõrenemine hakkab seevastu pärast 50. eluaastat mõlemal sool vähenema, kuid naistel toimub vähenemine kiiremini kui meestel (Khosla & Riggs, 2005).

Kõik eelnimetatud muutused võivad lõpuks resulteeruda haigustega, millest üks levinumaid on osteoporoos. Osteoporootilised luumurrud ületavad südame-veresoonkonna haiguste või vähi esinemissagedust 3-4 korda (Sözen et al., 2017). Vaid 31-36%-l üle 70 aastastest inimestest puuduvad mõni osteopeenia või osteoporoosi vorm. Seega tegemist on väga sagedase probleemiga.

Maailma Terviseorganisatsioon (*World Health Organization*, edaspidi WHO) kirjeldab osteoporoosi kui progresseeruvat süsteemset skeletihaigust. Osteoporoosi iseloomustab vähene luumass ja luukoe mikroarhitektuurne halvenemine, millega kaasneb luude hapruse suurenemine. Kõik need progresseeruvad sümptomid suurendavad luumurdude tõenäosust (Kanis et al., 1994).

Osteoporoosi - ilmse halvenenud luukvaliteedi määratlemiseks on kasutusel WHO (1994. a välja töötatud) spetsiifilised kriteeriumid. BMD väljendatakse standardhälvena (SD) võrreldes soospetsiifilise noore täiskasvanu keskmisega, mis on tuntud kui *T-score*. T-skoor ± 1 SD on normaalväärtus. Osteopeenia ehk luuvähesuse korral on T-skoor -1 SD kuni $-2,5$ SD. Osteoporoosi korral on T-skoor $\leq -2,5$ SD (Kanis et al., 1994).

Osteoporoosi sageduse määramiseks on reieluumurrud kõige paremaks näitajaks. Kuigi reieluumurrud moodustavad vähem kui 20% kõigist osteoporootilistest luumurdudest, siis moodustavad need suurema osa luumurdudega seotud tervishoiukuludest ja suremusest üle 50 aastastel meestel ja naistel (Ström et al., 2011).

Varasem praktika on kasutanud osteoporoosi määramiseks BMD parameetreid, mis ennustab reieluumurde üsna hästi, kuid endiselt on selle põhjus ebaselge. Vananemine ja osteoporoos muudavad reieluu luukoe jaotumist ja hulka ja tänu sellele võib olla luukoe kvaliteedi parema määramise aluseks hoopiski luukoe geomeetria (Kaptoge et al., 2008).

Luukoe geomeetrias eristatakse kolme piirkonda: endosteaalne pind, kortikaalne pind ning periosteaalne pind. Endostealse pinna ehk sisemise pinna vähenemise tõttu toimub periosteaalne apositsioon, mis suurendab luu ristlõikepindala ja mille tulemuseks on koormuse hajumine suuremale pinnale. Ilma periostealse apositsioonita oleks kogu luukoe BMD langus suurem. Meestel on kortikaalne luukadu väiksem kui naistel, kuna periostealse luu moodustumine on suurem, mitte sellepärast, et naistel oleks endosteaalne resorptsioon suurem (Tabensky et al., 2001). Endostealpinna kaotatud luukoe absoluutne kogus on

meestel isegi suurem kui naistel, kuna neil on suurem skelett, kuid keskmiste osakaalude vähenemine toimub naistel siiski suuremal määral. Luuhõrenemist peegeldab vananemise käigus periostealse luupinna suurenemine, millest tuleb lahutada kogu endostealse pinna resorptsioon (Seeman, 2002).

Vanusega seotud luukvaliteedi halvenemisega kaasnev periostealne apositsioon on biomehaaniliselt kriitiline sihtmärk luude hapruse profülaktiliseks raviks (milles füsioterapeutidel oluline roll täita), kuid hetkel pole veel kindlaks tehtud vananemisel vajalikku periostealse pinna laienemise ulatust säilitamiseks luude tugevust. Periostealse apositsiooni määr sõltub luukoe kortikaalse ja -kogu pindala vahelistest seostest ning see varieerub sõltuvalt anatoomilisest kohast (Jepsen & Andarawis-Puri, 2012).

Kuna reieluumurrud on väga sagedased eakate seas, siis võib periostealse apositsiooni määra kindlaks tegemine olla väga oluline tegur vältimaks luumurde ning tänu sellele parandades ka eakate elukvaliteeti. Samuti peab arvestama, et skeleti-lihassüsteem on omavahel biokeemiliselt ja biomehaaniliselt seotud (Kirk et al., 2019), mistõttu luukao- ja lihaskatroofia intensiivistumine vananemisel võibki resulteeruda eelnimetatud osteoporoosi ja sarkopeenia kombinatsiooniga, mida nimetatakse osteosarkopeeniaks (OS) (Hirschfeld et al., 2017).

OS-i võtsid esmakordselt kasutusele Hirschfeld ja kolleegid (2017) . OS on ainulaadne sündroom, mis on määratletud madala luutiheduse, -lihasmassi ja/või -funktsionaalse võimekuse kombinatsiooniga. OS-i levimus suureneb paratamatult koos elanikkonna vananemisega ning selle tulemuseks on sagedasemad kukkumistest põhjustatud luumurrud ning sellest tingitud haiglaravi (Hirschfeld et al., 2017).

Varasemalt on väga palju uuritud eraldiseisvalt vananemisel toimuvaid lihasmassi-, luukoe morfoloogilisi-, mobiilsuse- ja funktsionaalse võimekuse näitajate muutuseid. Siiski on väga vähe uuringuid, mis analüüsivad vananemisel esinevat luu- ja lihaskoe interaktsiooni ja võimalikke soost tulenevaid aspekte muutuste osakaaludes. Luu- ja lihaskoe interaktsiooni määramisel võib paremini ennustada luumurdude tekkimist vananemisel.

Kuna OS levimus aina suureneb, siis tuleb vananemisel tihti käsitleda kahte sündroomi korraga, mistõttu tuleks aina rohkem analüüsida ka luu- ja lihaskoe interaktsiooni. See võib kasuks olla füsioteraapias, mis on väga oluline OS konservatiivses ravis. Seetõttu käesolevas magistritöös analüüsitakse luu- ja lihaskoe parameetrite muutuseid vananemisel, nende soolisi erinevusi ja interaktsioone, et saada ettekujutus, millele peaks vananemisel tekkivatele luu- ja lihaskoe parameetrite muutustele tähelepanu pöörama. Sooliste aspektide arvestamine,

juhul kui need peaksid magistritöös ilmne, oleks kasulik teadmine füsioterapeutele sekkumiskava koostamisel ja teraapia efektiivsemaks muutmisel.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Uurimistöö eesmärgiks oli analüüsida erinevusi reie nelipealihase ja reieluu morfofunktsionaalsetes näitajates ning funktsionaalset võimekust iseloomustavates parameetrites eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega, samuti selgitada välja nende näitajate seosed.

Eesmärgist tulenevalt olid uurimistöö ülesanneteks:

1. Selgitada välja erinevused reie nelipealihase mahus eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega.
2. Selgitada välja erinevused funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetrites eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega.
3. Selgitada välja erinevused reieluu mahus eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega.
4. Selgitada välja reie nelipealihase- ja reieluu morfofunktsionaalsete näitajate seosed funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetritega noortel ja eakatel meestel ning naistel.

3. TÖÖ METOODIKA

3.1. Uuritavate üldiseloomustus ja uuringu korraldus

Antud magistritöö on osa suuremast Sporditeaduste ja füsioteraapia instituudist läbi viidud uuringus. Uuringul on Tartu Ülikooli inimuuringu eetikakomitee luba (nr 189M-12; 28.01.2010).

Käesolevas magistritöös uuriti reie nelipealihase mahu-, reieluu morfofunktsionaalsete ehk reieluu geomeetria- ning funktsionaalse võimekuse näitajaid noorte- ning eakate naiste- ning meeste seas, eesmärgiga välja selgitada vananedes eelpool nimetatud parameetrites ilmnevad muutused meestel ja naistel. Kokku oli uuringus neli vaatlusgrupp – noored mehed (NM, n=11) , eakad mehed (EM, n=11), noored naised (NN, n=14) ja eakad naised (EN, n=14).

Eakad vaatlusalused värvati uuringusse päevakeskustest vabatahtlikkuse alusel. Noored vaatlusalused olid TÜ üliõpilased.

Enne uuringu teostamist said uuritavad kirjalikul ja suulisel viisil lühiülevaate uuringust ja selle eesmärkidest. Uuritavad kinnitasid enda osalemist nõusolekulehel allkirjaga ja võisid loobuda uuringus osalemisest igal hetkel. Uuringus osalemise kriteeriumiteks olid:

- Eakad vanuses >70 a;
- Noored vanusevahemikus 18-40 a;
- Igapäevategevustes täielik iseseisvus;
- Puuduvad kardioloogilised-, neuroloogilised-, liigesvahetused ja muud tervisemured (nt alaseljavalud).

Uurimistöö viidi läbi ajavahemikus 2010-2013 Tartu Ülikooli Kliinikumi radioloogia osakonnas (MRT) ja Sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi Biomehaanika ja kinesioloogia laboris.

Antud magistritöö autori rolliks oli uuringu andmete korrastamine, nende analüüs ja nende põhjal magistritöö kirjutamine.

3.2. Uurimismeetodid

3.2.1. Antropomeetilised mõõtmised

Uuritavate pikkuse mõõtmiseks kasutati spetsiaalset antropomeetrit (Soehnle Professional, Saksamaa, täpsusega $\pm 0,1$ cm). Kehamassi määramiseks kasutati elektroonilist kaalu (Soehnle, Saksamaa, täpsusega $\pm 0,05$ g). Kaal määrati täpsusega $\pm 0,1$

kg. Tulemuste põhjal arvutati kehamassiindeks. Vaatlusaluste antropomeetrilised näitajad on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Vaatlusaluste antropomeetrilised näitajad (keskmine±SE)

Tunnus	NM (n=11)	EM (n=11)	NN (n=14)	EN (n=14)
Vanus (aasta)	24,91±0,74	71,18 ±1,14	21,71±0,44	74,71±1,26
Pikkus (m)	1,79±0,02	1,75 ±0,02	1,66±0,01	1,6±0,02
Kehamass (kg)	76,71±1,92	79,55 ±2,11	60,71±1,97	66,29±2,08
KMI (kg/m ²)	23,84±0,56	26,15±0,89	22,15±0,85	25,82±0,83

NM- Noored mehed; EM- Eakad mehed; NN- Noored naised; EN- Eakad naised; KMI- Kehamassiindeks (kg/m²)

3.2.2. Erinevused eakate ning noorte meeste ja naiste reie nelipealihase ning reieluu mahtude absoluutväärtustes ja muutuste osakaaludes

Selgitamaks välja erinevused reie nelipealihase ning reieluu mahtude absoluutväärtustes ja muutuste osakaaludes eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega kasutati magnetresonantstomograafia (MRT) meetodit.

MRT on mitteinvasiivne tehnika, mis võimaldab visualiseerida struktuurset ja funktsionaalset teavet. Üksikute lihasrühmade üksikasjalikuma ja täpsema analüüsi jaoks soovitatakse kas kompuutertomograafiat või MRT-d (Mandić et al., 2020). Antud uuringu raames teostati MRT uuring Tartu Ülikooli Kliinikumi radioloogia osakonnas, skaneerides uuritava domineeriva jala reis iga 2,5 cm tagant. MRT meetodi abil analüüsiti ja määrati järgmised reie nelipealihase mahud: kogu reie nelipealihase (*m.quadriceps femoris*, edaspidi QF)-, reie sirglihas (*m. rectus femoris*, edaspidi RF)-, vahepealne pakslihas (*m. vastus intermedius*, edaspidi VI)-, keskmine pakslihas (*m. vastus medialis*, edaspidi VM)- ja külgmine pakslihas (*m. vastus lateralis*, edaspidi VL). Reieluu parameetritest kasutati magistritöö andmeanalüüsis MRT meetodil määratud reieluu medullaarala-, kortikaalala- ja summaarse mahu parameetrid.

3.2.3. Erinevused valitud funktsionaalset võimekust iseloomustavates parameetrites ja muutuste osakaaludes eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega

3.2.3.1. Isomeetriline dünamomeetria

Uuritavate funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetritena kaasati uuringusse valitud reie nelipealihase jõudu illustreerivad näitajad. Reie nelipealihase jõud määrati isomeetrilise dünamomeetria meetodil. Dünamomeetriline seade koosneb dünamomeetrilisest pingist, toite- ja võimendusploki ja tensodünamomeetrist. Signaal

teisendatakse numbriliseks ja signaali muutused visualiseeritakse graafikute näol. Vaatlusalused istusid pingil nii, et põlveliigeses oli nurk 90 kraadi ja puusaliigeses 110 kraadi. Kehaasend fikseeriti puusa- ja õlavöötme kõrgusel rihmadega, vältimaks teiste lihasgruppide koaktivatsiooni. Kolmest katsest valiti parima katse tulemused.

Käesolevas uuringus kasutati registreeritud parameetrite hulgast järgmised näitajad:

1. $G_{0,2}$ [N/s] – jõugradient 0,2 s pärast pingutuse algust
2. G_{50} [N/s] – jõugradient 50% maksimaaljõu tasemel
3. PT [N*m] – maksimaalne jõumoment

3.2.3.2 TUG test

TUG test on laialdaselt kasutatud geriaatrilises valdkonnas, hindamaks funktsionaalset võimekust (Bohannon, 2006).

Testi sooritamiseks istus vaatlusalune reguleeritaval seljatoega toolil, millel puudusid käetoed. Istudes oli vaatlusalustel põlveliigeses 90 kraadine nurk, selg toetas vastu seljatuge ja käed toetusid reitele. Vaatlusaluse ülesandeks oli märguande peale tõusta toolilt ning seejärel kõndida 3 meetri kaugusele koonuseni, pöörata ümber koonuse ja kõndida tagasi toolini. Stopper käivitati, kui vaatlusaluse selg eemaldus seljatoest. Stopper peatati, kui vaatlusalune oli tagasi tulles pööranud 180 kraadi ja istunud toolile nii, et selg toetas seljatuge. Tutvumiseks said kõik vaatlusalused ühe testikatse, millele järgnesid ajalised katsed. Testi sooritamiseks kulunud aeg fikseeriti stopperiga ning antud magistr töö analüüsis kasutati kolme katse parimat tulemust.

3.3. Andmete statistiline analüüs

Käesolevas magistr töö kasutavate parameetrite statistiliseks analüüsiks kasutati tabelarvutusprogrammi Microsoft Excel 2016 ja statistikaprogrammi IBM SPSS Statistics 23.0.

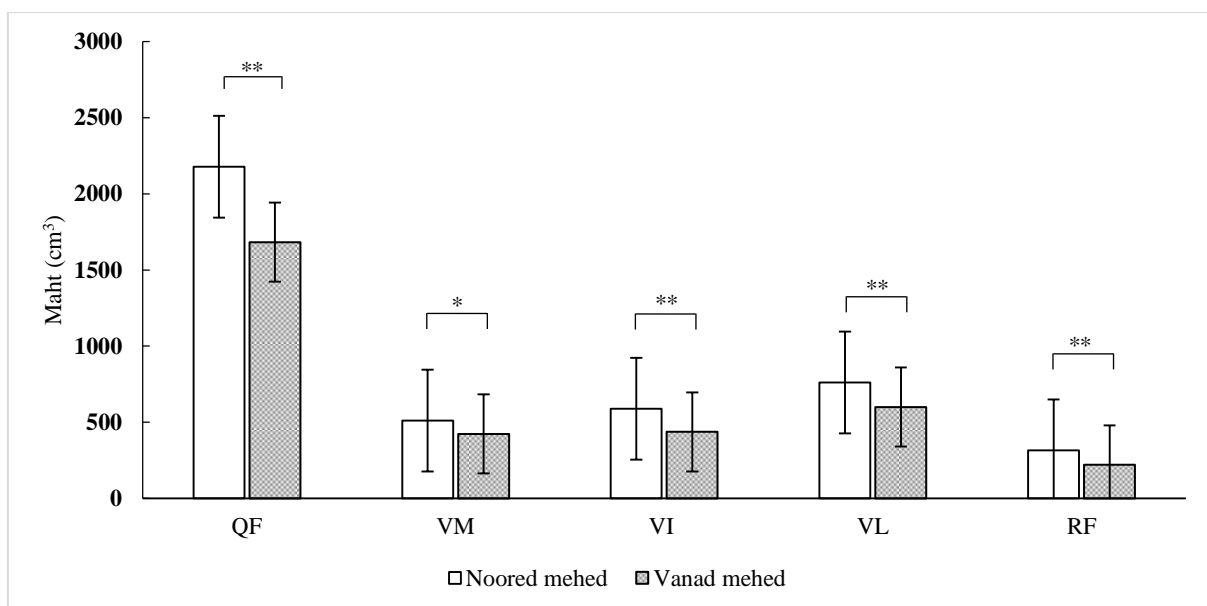
Kõikide töös analüüsitud parameetrite puhul arvutati kõikide gruppide aritmeetiline keskmine ja standardviga (\pm SE). Osakaalu muutused leiti eakate gruppide vahel, võttes noorte vastavate parameetrite absoluutväärtuse 100%-na. Aritmeetiliste keskmiste erinevuse olulisust arvutades kasutati Student t-testi, Wilcoxon W-testi ning ANOVA testi. Korrelatsioonianalüüsiks kasutati Pearsoni korrelatsioonianalüüsi. Statistiliselt olulise nivooks võeti $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Erinevusd eakate ning noorte meeste ja naiste reie nelipealihase mahtude absoluutväärtustes ja muutuste osakaaludes

4.1.1. Reie nelipealihase mahu parameetrite erinevused eakate ja noorte meeste vahel

Joonisel 2 on illustreeritud erinevusi NM ja EM- grupi reiepealse lihaste mahu parameetrid. QF kogumaht, VI-, VL- ning RF mahud olid EM-l statistiliselt oluliselt madalamad võrreldes NM-ga ($p < 0,001$). VM maht oli EM-l samuti statistiliselt oluliselt madalam võrreldes NM-ga niivõel $p < 0,01$.

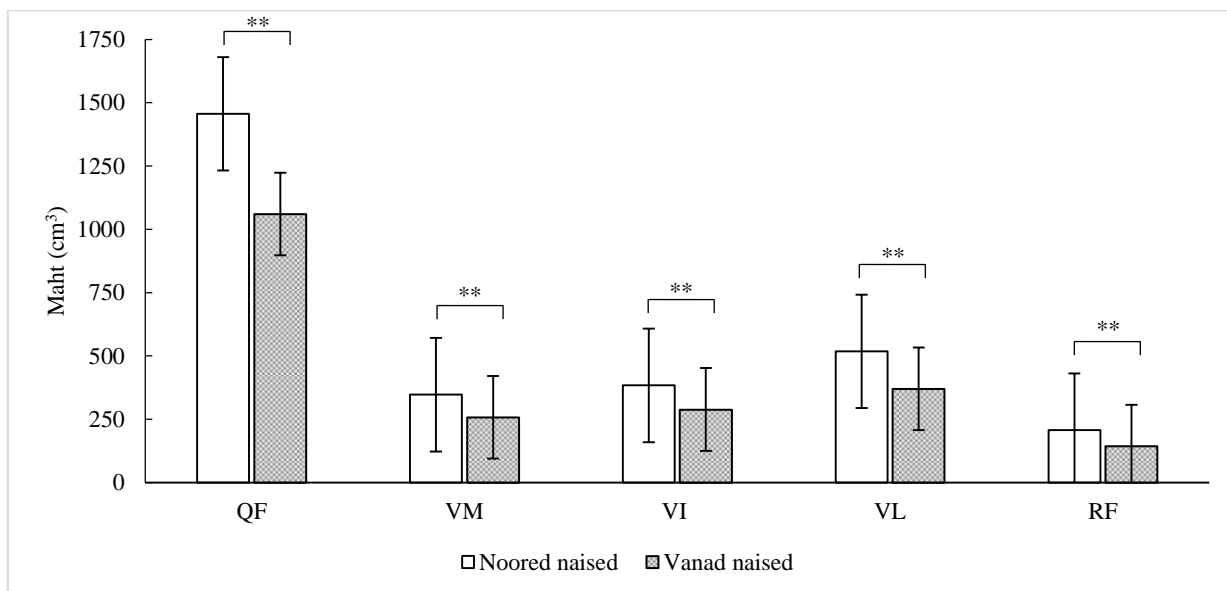


Joonis. 2. Reie nelipealihase keskmised mahud noortel ja vanemaealistel meestel (keskmise \pm SE)

QF- Reie nelipealihase kogumaht; VM- Keskmise pakslihase maht (cm^3); VI- Vahepealse pakslihase maht (cm^3); VL- Külgmise pakslihase maht (cm^3); RF- Reie sirglihase maht (cm^3); * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$

4.1.2. Reie nelipealihase mahu parameetrite erinevused eakate ja noorte naiste vahel

Reie nelipealihase mahu keskmised parameetrid võrdlevalt NN ja EN gruppidel on esitatud joonisel 3 (järgmisel leheküljel). Gruppide vahel esines kõikides QF-i lihaste mahu parameetrite võrdluses statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,001$).



Joonis 3. Reie nelipealihase keskmised mahud noortel ja vanemaelistel naistel (keskmine \pm SE)

QF- Reie nelipealihase kogumaht (cm^3); VM- Keskmise pakslihase maht (cm^3); VI- Vahepealse pakslihase maht (cm^3); VL- Külgmise pakslihase maht (cm^3); RF- Reie sirglihase maht (cm^3); ** $p < 0,001$

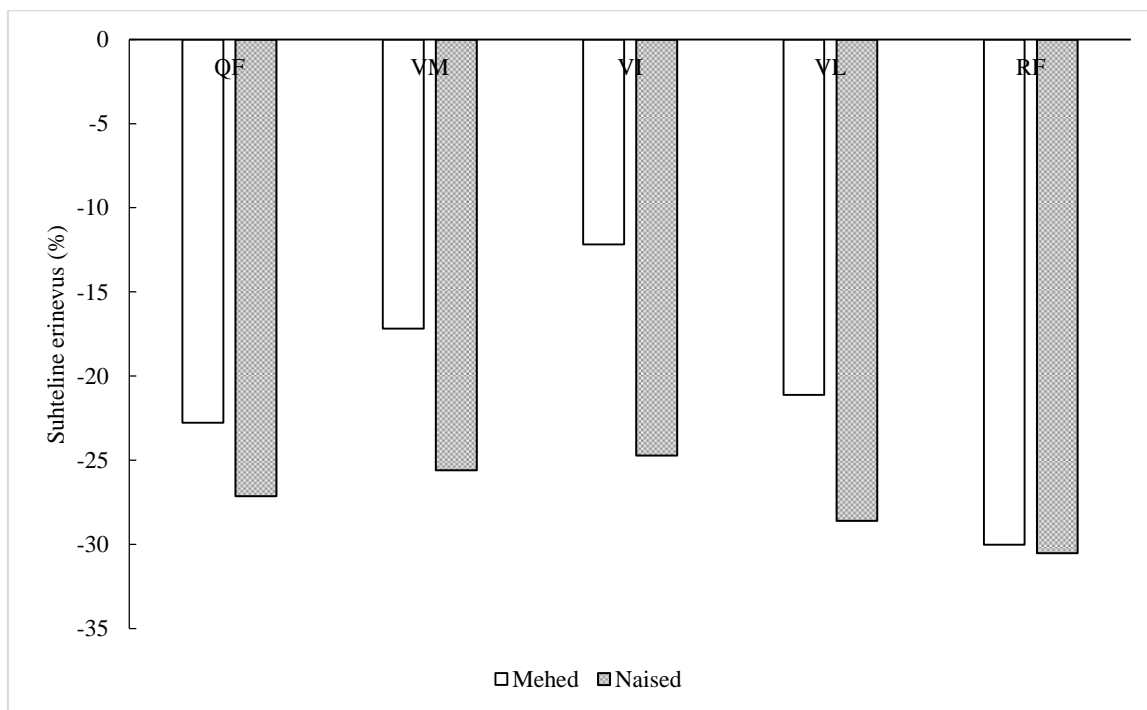
4.1.3. Reie nelipealihase mahtude osakaalude erinevused eakatel meestel ja naistel võrdlusena noorte meeste ja naistega

EM ning EN reie nelipealihaste mahtude osakaalude vähenemine võrreldes NM ning NN gruppidega on välja toodud joonisel 4 (järgmisel leheküljel). EN grupil vähenesid kõikide parameetrite keskmiste mahtude osakaalud suuremal määral võrreldes EM grupiga. Kõige suurem vähenemine toimus mõlemal grupil RF keskmise mahu osakaalus. VI keskmise mahtude osakaal vähenes kõige väiksemal määral mõlemal vanemaalistel grupil, kuid meestel ligikaudu 2 korda vähem.

4.2. Funktsionaalse võimekuse näitajate erinevused eakatel meestel ja naistel võrdlusena noorte meeste ja naistega

4.2.1. Funktsionaalse võimekuse näitajate erinevused eakate ja noorte meestel vahel

NM ning EM gruppide funktsionaalse võimekuse näitajad on esitatud tabelis 2 (järgmisel leheküljel). Jõugeneratsiooni näitajate erinevused olid gruppide vahel statistiliselt olulised nivool $p < 0,001$, TUG testi puhul nivool $p < 0,05$.



Joonis 4. Reie nelipealihaste mahtude osakaalu vähenemine eakatel meestel ja naistel.

QF- Reie nelipealihase kogumaht (cm³); VM- Keskmise pakslihase maht (cm³); VI- Vahepealse pakslihase maht (cm³); VL- Külgmise pakslihase maht (cm³); RF- Reie sirglihase maht (cm³)

Tabel 2. Funktsionaalse võimekuse näitajate võrdlus noorte- ning vanade meeste vahel (keskmine ±SE)

	NM (n=11)	EM (n=11)
Peak torque (N*m)	216,66 ±9,84	145,29 ±6,34**
RFD 0.2 torque (N/s)	840,47 ±46,82	528,94 ±22,21**
RFD50% torque (N/s)	1109,04 ±64,51	703,30 ±42,31**
TUG (sek)	5,18 ±0,16	5,98 ±0,23*

NM- Noored mehed; EM- Eakad mehed; Peak torque- Maksimaalne jõumoment; RFD 0.2 torque- Jõugradient 0,2 s pingutuse algusest; RFD50% torque- Jõugradient 50% kontraktsiooniajal; TUG- Timed up and go test (sek)
 ** Statistiliselt oluliselt erinev noortest meestest p<0,001; * Statistiliselt oluliselt erinev noortest meestest p<0,05

N*m- Maksimaalne jõud*säärepikkus; N/s- Maksimaalne jõud/kontraktsiooniaeg

4.2.2. Funktsionaalse võimekuse näitajate erinevused eakate ja noorte naiste vahel

NN- ja EN gruppide funktsionaalse võimekuse näitajad on esitatud tabelis 3 (järgmisel leheküljel). Kõikide funktsionaalse võimekuse näitajate erinevused olid gruppide vahel statistiliselt olulised (p<0,001).

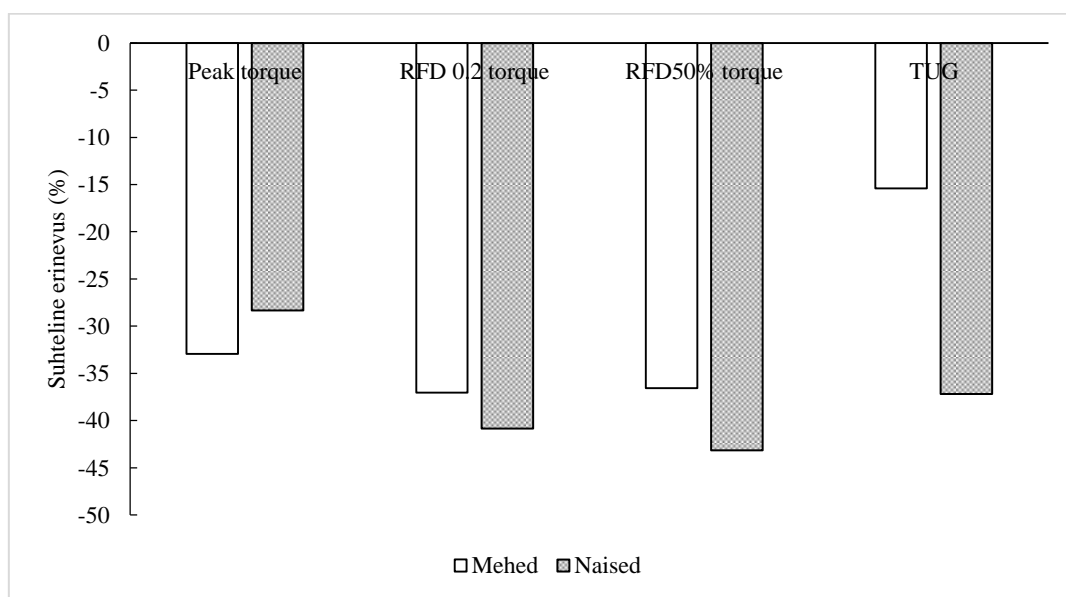
Tabel 3. Funktsionaalse võimekuse näitajate võrdlus noorte- ning eakate naiste vahel (keskmine \pm SE)

	NN (n=14)	EN (n=14)
Peak torque (N*m)	123,02 \pm 6,90	88,19 \pm 6,83*
RFD 0.2 torque (N/s)	519,08 \pm 30,17	307,12 \pm 28,94**
RFD50% torque (N/s)	691,50 \pm 44,74	393,16 \pm 42,05**
TUG (sek)	5,38 \pm 0,13	7,38 \pm 0,19**

NN- Noored naised; EN- Eakad naised; Peak torque- Maksimaalne jõumoment; RFD 0.2 torque- Jõugradient 0,2 s pingutuse algusest; RFD50% torque- Jõugradient 50% kontraktsiooniajal; TUG- Timed up and go test (sek)
 ** Statistiliselt oluliselt erinev noortest naistest $p < 0,001$; * Statistiliselt oluliselt erinev noortest naistest $p < 0,01$
 N*m- Maksimaalne jõud*säärepikkus; N/s- Maksimaalne jõud/kontraktsiooniaeg

4.2.3. Funktsionaalse võimekuse näitajate osakaalude muutused kõikidel gruppidel

EM- ning EN gruppide funktsionaalse võimekuse näitajate osakaalude vähenemine võrreldes NM- ning NN gruppidega on välja toodud joonisel 5.



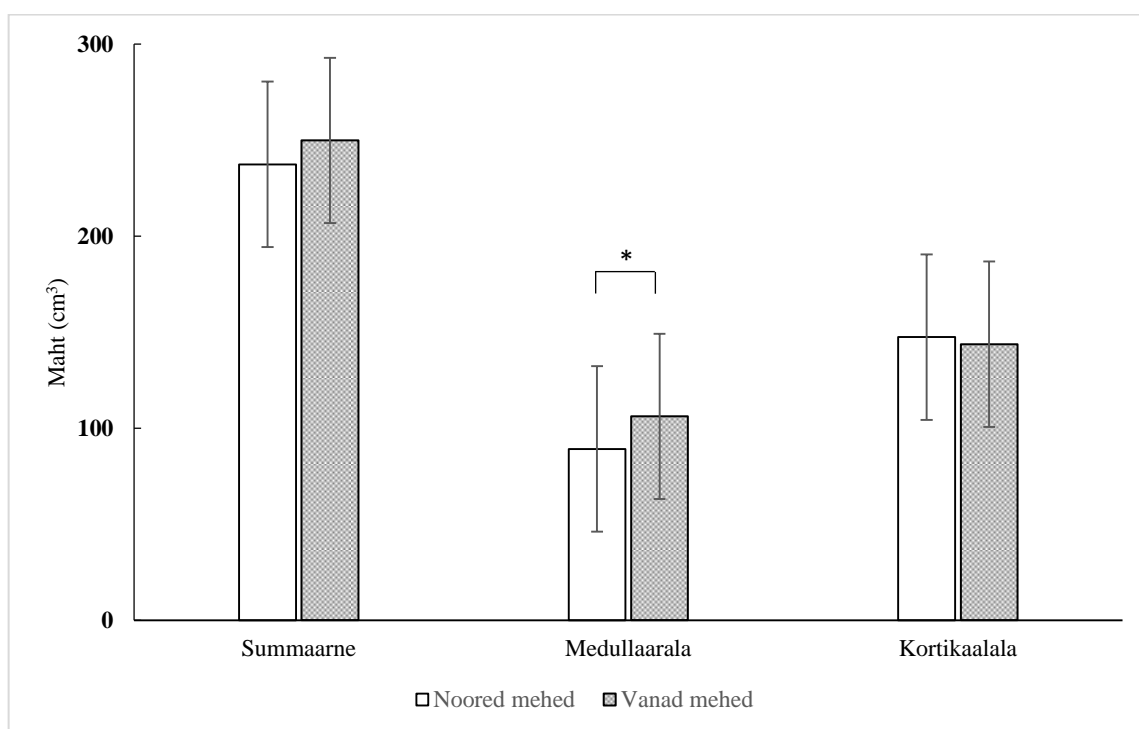
Joonis 5. Funktsionaalse võimekuse parameetrite osakaalu vähenemine eakatel meestel ja naistel.

Peak torque- Maksimaalne jõumoment (N*m); RFD 0.2 torque- Jõugradient 0,2 s pingutuse algusest (N/s); RFD50% torque= Jõugradient 50% kontraktsiooniajal (N/s); TUG- Timed up and go test (sek)

4.3. Reieluu mahtude erinevused mahtude absoluuväärtustes ja muutuste osakaaludes eakatel meestel ja naistel võrdlusena noorte meeste ja naistega

4.3.1. Reieluu mahtude parameetrite erinevused eakate ja noorte meeste vahel

Keskmine reieluu summaarne maht EM grupil ($249,83 \pm 24,42 \text{ cm}^3$) on NM grupi omast ($237,35 \pm 19,88 \text{ cm}^3$) suurem, kuid p väärtus statistilisest olulisusest gruppide võrdluses ei näidanud. Keskmine reieluu kortikaalala välimise pinna maht EM grupil ($143,69 \pm 10,29 \text{ cm}^3$) on väiksem võrreldes NM grupi keskmiste näitajatega ($147,42 \pm 9,99 \text{ cm}^3$), kuid mitte statistiliselt olulisel määral. Reieluu medullaarala ehk sisemise ala keskmise mahu erinevus oli gruppide vahel statistiliselt oluline ($p < 0,05$), vastavalt oli keskmine reieluu medullaarala maht EM grupil $106,14 \pm 21,51 \text{ cm}^3$ ja NM grupil $89,18 \pm 12,84 \text{ cm}^3$. Tulemusi illustreerib joonis 6.

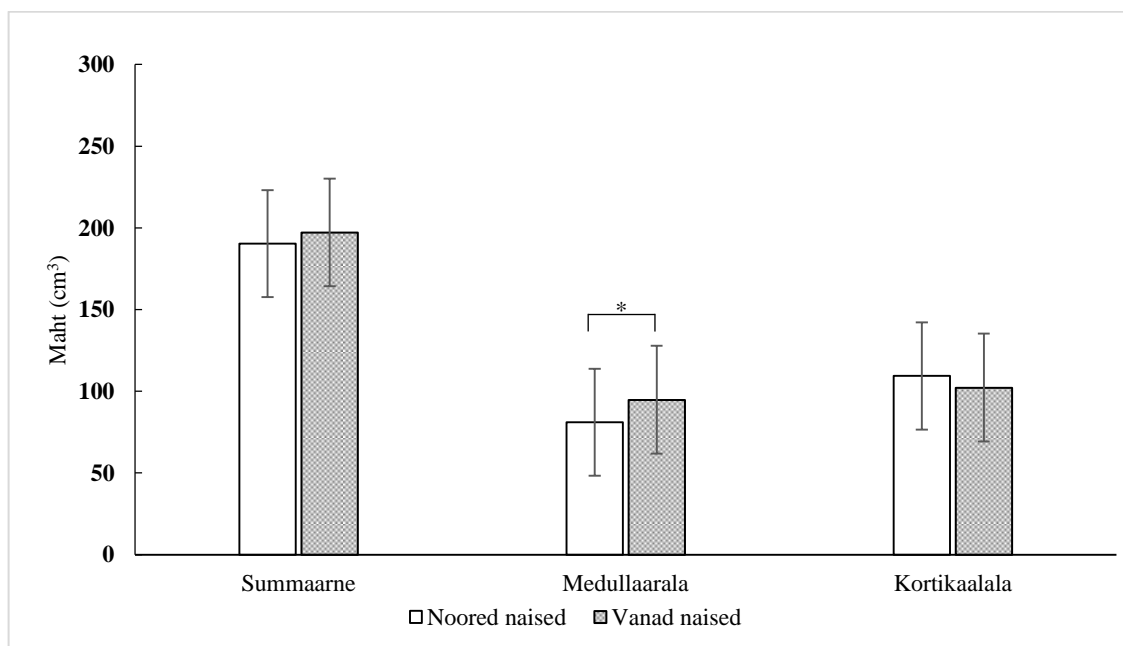


Joonis. 6. Reieluu summaarne, kortikaal- ja medullaarala maht (cm^3) noortel ja vanemaalistel meestel (keskmine \pm SE); * $p < 0,05$

4.3.2. Reieluu mahtude erinevused eakate ja noorte naiste vahel

Kuigi keskmine reieluu summaarne maht oli absoluutarvuliselt EN grupil NN grupi omast suurem, siis andmeanalüüs statistiliselt olulist gruppide erinevusi ei tuvastanud. Sama kehtis ka kortikaalala mahu osast. Reieluu medullaarala keskmise maht oli EN grupil suurem

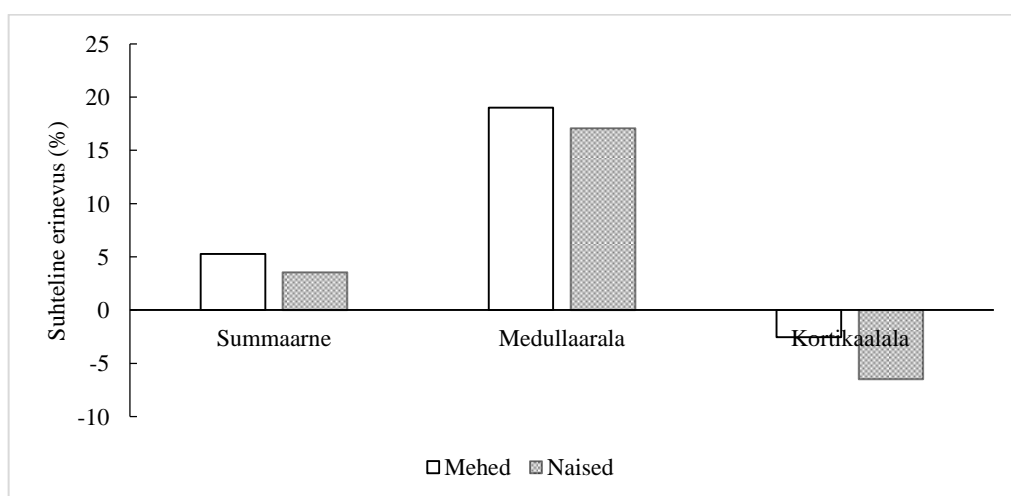
võrreldes NN grupi keskmiste näitajaga ning erinevused olid statistiliselt olulised nivool $p < 0,05$. Tulemusi illustreerib joonis 7.



Joonis 7. Reieluu summaarne, kortikaal- ja medullaarala maht (cm³) noortel ja vanemaealistel naistel (keskmine ± SE); * $p < 0,05$

4.3.3. Reieluu morfofunktsionaalsete näitajate osakaalude erinevused eakatel meestel ja naistel võrdlusena noorte meeste ja naistega

Vananemisel meestel ja naistel ilmnevat reieluu muutuste osakaalusid illustreerib joonis 8 (järgmisel leheküljel). Meestel ilmnes vananemisel arvuliselt suurema osakaaluga reieluu medullaarala- ning summaarne mahu suuremine kui naistel. Reieluu kortikaalse osakaalu vähenemine toimus nii meestel kui naistel, kuid meestel oli osakaalu mõttes vähenemine üle kahe korra väiksem.



Joonis 8. Reieluu erinevate alade mahtude (cm^3) osakaalu muutused eakatel meestel ja naistel.

4.4. Reie nelipealihase- ja reieluu morfofunktsionaalsete näitajate seosed valitud funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetritega noortel ja eakatel meestel ja naistel

Korrelatsioonikordaja r väärtused erinevatel uuringugruppidel on leitavad Lisas 1, tabelites 4-7. Käesoleva uuringu tulemustega leiti statistiliselt olulised seosed üksnes noorte naiste summaarse reieluumahu ja QF mahu ($r=0,53$); summaarse reieluumahu ja TUG testi ($r=-0,59$) ning reieluu medullaarala ja TUG testi vahel ($r=-0,61$).

Kuigi statistiliselt olulised seosed leiti vaid noortel naistel, siis saab välja tuua, et statistiliselt olulise korrelatsioonikordaja r väärtuse lähedal olid järgmised seosed: eakatel meestel reieluu kortikaalala mahu ja reie nelipealihase kogumahu vahel ($r=0,49$) ja reie nelipealihase kogumahu seos PT ja RFD0.2 *torque* vahel (vastavalt $r=0,53$; $r=0,49$).

Eakatel naistel ilmnas suhteliselt statistiliselt olulise kordaja väärtuse lähedane tulemus reieluu kortikaalala mahu ja reie nelipealihase kogumahu vahel ($r=0,41$). - nelipealihase kogumahu ja jõugradientide vahel (vastavalt RFD0.2 *torque* ($r=0,48$) ja RFD50% *torque* ($0,41$). ($r=0,48$; $r=0,41$)). Eakatel meestel oli korrelatsioonikordaja reieluu medullaarala mahu ja jõugradientide vahel positiivne seos vastavalt $r=0,43$ (RFD0.2 *torque*) ja $r=0,52$ (RFD50% *torque*).

5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU

Käesolevas magistritöös uuriti reie nelipealihase mahu- ning reieluu geometria näitajaid noorte- ning vanade naiste- ning meeste seas. Uurimistöö eesmärgiks oli analüüsida erinevusi eelnimetatud näitajate- ning funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetrites eakatel meestel ja naistel, sh eakate tulemuste osakaaludes võrrelduna noortega ning ka hinnatud parameetrite omavahelisi seoseid.

5.1. Reie nelipealihase mahu erinevused eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega

Kuna primaarne vananemine on progresseeruv ja vältimatu protsess, polnud magistritöös leitud reie nelipealihase ja selle osade mahtude vähenemine, s.o atroofia ilmnemine nii eakate meeste kui ka naiste puhul üllatav tulemus. Vananemisel toimuvate alajäsemete lihasmassi- ja funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetrite muutusi ja nende soolisi erinevusi on ka varasemalt omajagu uuritud, kuid tulemused erinevad suurel määral.

Käesoleva töö üheks ülesandeks oli määrata atroofia ulatus reie nelipealihase ja sinna kuuluvate lihasgruppide mahtude erinevus noortel ning eakatel meestel ja naistel.

Võrdluses Maden-Wilkinson jt (2014) uuringuga, kus analüüsiti alajäsemete reiepiirkonna skeetilihaste mahu muutuseid vananedes leiti, et kogu QF-i keskmine kogumaht eakatel meestel ($1368 \pm 204 \text{ cm}^3$) oli ~32% väiksem võrreldes noorte meestega ($2240 \pm 366 \text{ cm}^3$). Antud magistritöö uuringu tulemused erinesid, kuna EM-1 ($1682 \pm 166,1 \text{ cm}^3$) oli QF-i keskmine kogumaht vaid ~22,8% väiksem võrreldes NM-ga ($2178,1 \pm 195 \text{ cm}^3$).

Naiste seas leidsid Maden-Wilkinson ja kaasautorid (2014), et eakatel naistel ($993 \pm 181 \text{ cm}^3$) oli QF-i keskmine kogumaht 27% väiksem võrreldes noorte naistega ($1368 \pm 204 \text{ cm}^3$). Kuigi antud magistritöö uuringus erinesid nii eakate naiste ($1061 \pm 121,9 \text{ cm}^3$) kui ka noorte naiste ($1456,1 \pm 319,8 \text{ cm}^3$) keskmised QF-i kogumahu absoluutväärtused eelnimetatud uuringu näitajatega, siis osakaaludena oli mõlema vanusegrupi keskmine QF-i kogumaht samaväärne.

Uurides QF-i kuuluva VL muutuseid vananemisel, leidsid Hioki jt (2020) samaväärsed tulemused käesoleva uuringuga. Meestel vähenes vananedes VL numbriliselt suuremas määras kui naistel, kuid naistel toimus vähenemine suurema osakaaluga – Hioki ja kaasautorite uuringus eakatel meestel ~31% (vs magistritöös 21%) ning eakatel naistel vastavalt ~39% (vs 28,6% antud uuringus).

Sarnaselt eelmainitutele leidsid käesoleva magistritöö uuringuga võrreldes suuremad osakaaluga lihasmahu erinevused noorte ja vanade vahel Hogrel jt (2015). Antud uuringus uuriti samuti kogu reie nelipealihase lihaste keskmiste mahtusid nii vanuselisel kui ka sooliselt. Reie nelipealihase keskmine kogumaht oli eelmainitud eakatel naistel ~27% ning eakatel meestel ~26% väiksem kui noortel sama näitaja. QF lihase osade keskmised mahud eakatel meestel oli väiksemad kui noortel meestel, vastavalt: RF ~35%, VI ~25%, VL ~28%, VM ~19%. Eakatel naistel olid samad osakaalud noorte naistega võrdluses vastavalt: RF ~37%, VI ~25%, VL ~29%, VM ~19%. Kõik need osakaalud olid ulatuslikumad, kui magistritöös leiti.

Nii käesolev uuring kui ka enamik eelmainitud uuringuid leidsid, et naiste seas vähenesid vananemisel QF keskmised osakaalud suuremal määral võrreldes meestega. Seda võib põhjendada mitmete teguritega sealhulgas suguhormoonide mõjuga- ja lihaskiudude erinevustes. On leitud, et lihaste atroofia on sooliselt erinev, kuna naiste seas on leitud, et IIX tüüpi lihaskiudude hulk oli 72- aastastel naistel poole väiksem kui 25- aastastel naistel. Meestel seevastu ei täheldatud II tüüpi lihaskiudude atroofiat, vaid I tüüpi kiudude suurenemist (Roberts et al., 2018).

Analüüsidest QF-i kuuluvate erinevate lihasgruppide osakaalude muutuseid, võib käesoleva uuringu tulemustega väita, et keskmine RF maht vähenes kõige suuremal määral ning seda kinnitavad ka teised autorid (Maden-Wilkinson et al., 2013; Hogrel et al., 2013). Üheks põhjuseks sellele võib olla vanusega seotud potentsiaalsed liikumismustrite muutused, mis mõjutavad piirkondlikku lihaste aktiveerimist ja sellele tekkivad mehaanilist pinget (Stock et al., 2020). Samuti on leitud, et II tüüpi lihaskiudude osakaal RF ja VL lihastes on suurem võrreldes teiste reie nelipealihase lihasgruppidega (Mizuno et al., 2021).

On leitud, et kõige väiksemal määral toimub atroofia vananemisel VM lihasgrupil (Maden-Wilkinson et al., 2013; Hogrel et al., 2015). See pole kooskõlas antud magistritöö tulemustega, kus leiti kõige väiksem keskmiste mahtude osakaalu erinevus VI lihasgrupil. VM ja VI lihasgruppide osakaalud ei erinenud niivõrd suurel määral, seega võib magistritöö autori arvates põhjuseks olla eelmainitud lihasgruppide II tüüpi lihaskiudude osakaalu erinevus võrreldes RF ja VL lihasgruppidega, mis vähenesid käesolevas uuringus kõige suurema osakaaluga. Samuti esinevad individuaalsed erinevused lihaskiudude osakaalus – nt Maffieuletti ja kaasautorid, leidsid (2016), et VL lihasgrupil erines II tüüpi lihaskiudude osakaal noorte meeste seas vahemikus 25-80%, mistõttu võisidki magistritöö autori arvates käesoleva uuringu tulemused erineda eelnimetatud uuringu tulemustega.

Käesolevas uuringus vähenes eakatel meestel VI keskmine osakaal ligikaudu 2 korda väiksemal määral võrreldes eakate naistega. Käesoleva magistritöö autor spekulereib, et sooline erinevus võis olla tingitud sellest, et meestel on II tüüpi lihaskiud suuremad kui I tüüpi kiud võrreldes naistega (Staron et al., 2000) ning vananedes toimub naistel II tüüpi lihaskiudude atroofia oluliselt suuremal määral võrreldes meestega.

Lisaks on Nilwik ja kolleegid (2013) väitnud, et QF ristlõikepindala on eakatel meestel ~14% väiksem kui noortel meestel, kuid II tüüpi lihaskiudude suuruses on erinevus lausa ~29%. Kuna arvutuslik kiudude arv QF-s ei erinenud noorte ja vanemate meeste seas, viitavad tulemused sellele, et II tüüpi spetsiifilised erinevused kiudude suuruses põhjustavad vanuserühmade eelpool välja toodud lihasmassi erinevusi. Eelnimetatud tulemused kinnitavad ka lihasatroofia ulatuse erinevust sooliselt, mis mõjutavad funktsionaalse võimekuse parameetrite langust vananemisel.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et QF keskmiste osakaalude erinevused vananemisel varieerius eelmainitud uuringutes suurel määral ja see võib olla osaliselt seletatud sellega, et vaatlusaluste antropomeetrilised näitajad erinesid suurel määral. Magistritöö autor on seisukohal, et käesoleva uuringu tulemusi võisid mõjutada ka võrdlemisi väikesed vaatlusaluste grupid. Samuti võis tulemusi mõjutada vaatlusaluste igapäevase kehalise aktiivsuse erinevused indiviiti. Tulemuste põhjal saab analüüsida, millised QF-i kuuluvad lihasgrupid on vananemisel enim mõjutatud ja tänu sellele saab planeerida, millele tuleks enim keskenduda (sh ka füsioterapeutidel) sarkopeeniaga isikute ravis.

5.2. Funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetrite erinevused eakatel meestel ja naistel võrreldunud noortega

Funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetrite muutused vananemisel ja nende erinevused sooliselt on leitud, kuid tulemustes esineb väga palju variatiivsust. Üheks parameetrik, mis kirjeldab üldist mobiilsust, sealhulgas ka funktsionaalset võimekust on TUG test. Kirjanduses leidub ka TUG testi osas vastuolulisi tulemusi: nt Okabe jt (2021) leidsid, et eakate naiste- ja meeste TUG tulemuste vahel puudusid erinevused- eakatel naistel olid keskmised tulemused $5,9 \pm 0,9$ sekundit ning meestel vastavalt $5,9 \pm 1,0$. Ibrahim jt (2017) on leidnud, et vanusevahemikus 70-74 on eakate meeste keskmine TUG testi tulemus 10,9 sekundit ning eakatel naistel samas vanusevahemikus vastavalt 12,0 sekundit.

Käesoleva uuringu tulemused erinesid mõlema eelnimetatud uuringuga. Okabe ja kaasautorite (2021) tulemused on kooskõlas käesoleva uuringu tulemustega, et eakad naised sooritavad TUG testi märkimisväärselt aeglasemalt ja erinevuse osakaal oli noorte naiste

tulemustest lausa 37%, seevastu kui eakatel meestel (kellel samuti ajaline sooritus oluliselt erines noorte omast) oli vastav osakaal üksnes u 15%. Antud magistritöö uuringu tulemuste põhjal olid mõlemad eakate grupid märksa kiiremad, kui uuritavad nt Ibrahimil ja kolleegide uuringus (2017). Eelmainitud uuringus toodi välja, et TUG testi tulemused võivad sõltuda ka vaatlusaluste kognitiivsetest võimetest (Ibrahim et al., 2017). Võimalik, et antud magistritöös eakate naiste valimi moodustanud naiste kognitiivne võimekus oli enam muutunud kui eakate meeste grupil võrreldes noortega. Kognitiivselt võimekust antud uuringus aga ei hinnatud ning magistritöö autori hinnangul võiks antud magistritöö uuringuga analoogset uuringut tulevikus korrata valimitel, mis on kontrollitult homogeensed kognitiivse võimekuse osas.

Nagu eelnevalt juba öeldud, oli TUG testi puhul käesolevas magistritöö uuringus EM keskmiste TUG testi tulemuste osakaal selgelt väiksem võrreldes teiste jõuparameetritega osakaaludega. Magistritöö autori arvates võib sellega põhjendada, et TUG test ei väljenda niivõrd II tüüpi lihaskiudude atroofiat, vaid üldist mobiilsust.

Lisaks TUG-ile analüüsiti magistritöös funktsionaalsete näitajatena jõumomenti ja jõugradienti. Jõumomendi muutuste osas vananemisel saab välja tuua Haynes ja kaasautorite uuringu (2020), milles leiti, põlvesirutamise isomeetriline jõud langeb kuuenda elukümneni lõpus meestel ja naistel sama kiirusega, kuid isokineetiline põlvesirutamise PT langus vananemisel erineb naistel ja meestel. Samaväärse ulatusega PT langus ilmnis naistel keskmiselt 41,8 aasta vanuselt ning meestel keskmiselt 66,7 aasta vanuselt (Haynes et al., 2020).

Porter jt (1995) väitsid samuti, et kiirendusliku jõu muutustel esinevad soolised erinevused. Antud magistritöös küll ei uuritud soolisi erinevusi, vaid võrreldi noori ja eakaid mehi ja naisi, kuid magistritööga saab paralleele tõmmata küll. Eelmainitud autorite koostatud uuringus oli vanemate meeste põlvesirutuse kontsentrilises faasis PT osakaal võrreldes noorte meeste väärtustega ~42%, eakatel naistel vastavalt ~53%. Käesolevas uuringus olid mõlema eakate grupi osakaalude muutused võrreldes noorte gruppidega väiksemad võrreldes eelmainitud uuringuga. Tulemuste erinevused võisid esineda, kuna eakate vaatlusgruppide vanusevahemik oli oluliselt suurem (62-89 aastat) võrreldes käesoleva uuringuga. Mis aga oli magistritöös erinev, oli see, et eakatel naistel oli jõumomendi osakaal noortest naistest erinev väiksema osakaalu osas kui meestel.

Ajaliselt piiratud kontraktsioonitingimustes (<200 ms) lihasjõu kiiret arendamist ehk jõugradienti (RFD) peetakse olulisemaks näitajaks funktsionaalsusel võrreldes maksimaalse lihasjõuga (Maffioletti et al., 2016). RFD parameetreid analüüsides leidsid Izquierdo ja kaasautorid (1999), et 20- ja 40- aastastel meestel ei erinenud alajäsemete ekstensorlihaste

maksimaalsed RFD parameetrid, kuid 70- aastastel oli märgata olulist langust võrreldes 20-aastaste meestega. Üldiselt on leitud, et RFD parameetrid vähenevad vananemisel mõlemal sool (Suetta et al., 2004), kuid tulemused, kus on uuritud vananemisel tekkivaid muutuseid pärinevad vanadest uuringutest, mistõttu on vaja täiendavaid uuringuid.

Võrreldes eelmainitud uuringu tulemustega võib väita, et käesoleva magistr töö uuringul osalenud Eesti eakatel olid erinevused väiksemad võrreldes noortega. Üheks põhjuseks võib olla kehalise aktiivsuse tase, kuna see võib aeglustada vananemisel toimuvaid muutuseid, nt lihasfunktsiooni kaotust, lihaste morfoloogilisi muutusi ning düsfunktsionaalsete mitokondrite seisukorda (Hurley et al., 2011). Võib spekuloida, et Eesti eakate kehalise aktiivsuse tase elujooksul on olnud suhteliselt kõrgem.

Kehalise aktiivsuse vorm, millel on positiivsed mõjud lihaskiudude tüüpide muutustele, ja seeläbi ka funktsionaalsete parameetritele, on jõutreening. On leitud, et 4-kuulise jõutreeningu mõjul paranesid eakatel meestel PT parameetrid $33,1 \pm 10,9\%$ (Ferri et al., 2002) ning eakatel naistel leiti 6-kuulise jõutreeningu tulemusena PT parameetrite tõusu 15,6% (Rabelo et al., 2011). Samuti leidsid Guizelini ja kaasautorid (2018), et jõutreeningu tulemusena paranesid ka RFD keskmised parameetrid eakatel ~27% eakatel.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et jõutreeningul on positiivne mõju lihasparameetritele- ning jõule ning sarkopeenia vältimiseks või -vähendamiseks vananemisel tuleks füsioterapeutidel võtta arvesse eelnimetatud uuringute ja käesoleva uuringu tulemusi, et lihasatroofia ulatus on RF ja VL reie nelipealihase lihasgruppide suurim. See annab vihjeid, milliseid harjutusi tuleks harjutuskavasse lisada.

5.3. Alajäseme reiepiirkonna luukoe morfofunktsionaalsete näitajate erinevused eakatel meestel ja naistel võrrelduna noortega

Vananemisel toimuvate luukoe muutuseid- ja sellega seonduvaid soolisi aspekte on tähtis mõista, vähendamaks luumurdude tekkeid ning parandades läbi selle ka eakate elukvaliteeti.

Käesolevas uuringus kajastas endostealset resorptsiooni luukoe medullaarala maht. Periostealset apositsiooni kajastas keskmiste luukoe kogumaht ning kortikaalosa muutuseid kajastas reieluu välimise pinna maht.

Varasemates uuringutes on analüüsitud vaid luukoe kogumahu muutuseid ehk periostealset apositsiooni vananemisel. Nt uurides reieluukaela kogumahu muutuseid 20- ja 80- aastaste naiste seas leidsid Khoo ja kollegid (2018), et keskmised reieluukaela kogumahu

näitajad suurenesid vanemal vaatlusgrupil 9%, mis oli suurem võrreldes käesoleva uuringu tulemustega. Siiski võis üheks erinevuse põhjuseks olla uuritud piirkonna erinevus.

Võrreldes reieluu kogumahtu naistel, leidsid Maden-Wilkinson ja kolleegid (2014), et eakatel naistel ($205 \pm 32 \text{ cm}^3$) oli reieluu keskmine kogumaht ~2,5% suurem võrreldes noorte naistega ($200 \pm 20 \text{ cm}^3$). Antud magistritöö uuringu tulemused olid võrdlemisi erinevad, kuna nii eakate naiste- ($197,1 \pm 23,5 \text{ cm}^3$) kui ka noorte naiste ($190,2 \pm 23,8 \text{ cm}^3$) keskmine reieluu kogumaht oli väiksem võrreldes eelmainitud uuringuga ehk erinevus oli veidi suurem (~3,6%) kui eelmainitud uuringul, mis näitab, et käesolevas uuringus oli eakatel naistel suurem vananemisel kriitiline periosteaalne apositsioon. Üheks erinevuse põhjuseks võis olla uuringute meetodika erinevus – eelmainitud uuring arvutas reieluu kogumahtu korrutades reieluu 60% ristlõikepindala reieluu pikkusega.

Seevastu võrreldes reieluu kogumahtu meestel, leidsid Maden-Wilkinson koos kolleegidega (2014), eakatel meestel oli reieluu keskmine kogumaht ($289 \pm 49 \text{ cm}^3$) ~1,4% suurem võrreldes noorte meestega ($285 \pm 38 \text{ cm}^3$). Käesoleva magistritöö uuringu tulemused olid samuti võrdlemisi erinevad, kuna nii eakate meeste- ($249,8 \pm 24,4 \text{ cm}^3$) kui ka noorte meeste ($237,4 \pm 19,9 \text{ cm}^3$) keskmine reieluu kogumaht oli väiksem võrreldes eelmainitud uuringuga. Samuti võisid erinevuste põhjuseks olla mainitud uuringu meetodika erinevus.

Üldiselt on enamik varasemaid uuringuid leidnud, et vananemisel toimuv periosteaalne apositsioon toimub meeste seas suurema osakaaluga (Seeman, 2003; Feik et al., 2000). Käesolevas uuringus vihjavad samuti tulemused, et periosteaalne apositsioon toimus meeste seas suurema osakaaluga, kuid erinevustel puudus statistiline olulisus. Seega ei saa käesoleva uuringu tulemuste põhjal periostealse apositsiooni ulatuse osas järeldusi teha ja samuti ei luba tulemused enamike uuringu tulemustele vastu vaielda.

Periostealse apositsiooni mahu võrdluses sooliselt on siiski vaja ka edaspidiseid uuringuid, toetamaks enamiku uuringute järeldusi, et periosteaalne apositsioon, mis on väga oluline luukoe tugevuse säilitamiseks, toimub vananemisel meeste seas suuremal määral ja millised on põhjused. Periostealse apositsiooni osakaalu varieeruvus on luu suuruse lõikes kuni kaheksa korda ning see näitab, et täiskasvanute luu morfoloogia varieeruvus on oluline tegur, mida tuleks kliinilistes uuringutes arvesse võtta (Jepsen & Andarawis-Puri, 2012).

Naiste luukoe morfofunktsionaalsete näitajate muutuseid vananemisel käsitlevaid uuringuid on oluliselt rohkem, kuna naiste seas intensiivistuvad luukoe morfofunktsionaalsete parameetrite muutused just menopausi ajal. Kuigi antud magistritöö uuringu tulemused analüüsisid eakate naiste luukoe morfofunktsionaalseid näitajaid pärast menopausiga kaasnevate muutuste intensiivistumist, siis võib siiski nende tulemuste põhjal väita, et naiste

seas sagedasem uuringute läbi viimine on põhjendatud, kuna käesoleva uuringu tulemusteks oli reieluu kortikaalala keskmiste osakaalude vähenemine meeste seas üle kahe korra väiksem. See seletab ka osaliselt seda, et naistel esineb osteoporoosist tingitud luumurde sagedamini kui meestel, mille tõttu on soolistest aspektidest arusaamine oluline reieluumurdude ennetamiseks ja võimaliku selektiivse jälgimise jaoks (Sigurdsson et al., 2006) ning seda võimaldab veelgi täpsemalt teha luukoe geomeetria võrdlus.

Luu geomeetria analüüsimine on oluline meetod luu tugevuse määramiseks vananedes. Varasem luukoe geomeetria analüüs on näidanud, et naistel toimub vananemisel luukoe kortikaalala mahu vähenemine. Nt leidis Allen kaasautoritega (2011), uurides sääreluu proksimaalset piirkonda, et eakatel naistel vähenes kortikaalala maht üle 20%, moodustades 71-80 aastastel naistel seas 78% noorte naiste omast. Antud magistrیتöös oli tuvastatav küll kortikaalala numbriline vähenemine, kuid erinevus polnud statistiliselt oluline ja oli väiksem võrreldes eelmainitud uuringust.

Küll aga erinesid antud magistrیتöös statistiliselt oluliselt reieluu medullaarala mahud noorte ja eakate naistel vahel, mida leidsid ka Allen ja kolleegid (2011) – eakatel naistel suurenesid sääreluu proksimaalse piirkonna keskmised medullaarala mahud ~59% (vs magistrیتöös 17,1%), mis kajastasid vananemisel toimuvat endosteaalset resorptsiooni. Magistrیتöö autor on arvamusel, et erinevused esinesid uuringute tulemuste vahel osalt meetodiliste aspektide erinevuse tõttu või vaatlusaluste toitumuslike vms asjaolude tõttu. Üheks erinevuste põhjuseks võis olla samuti luukoe piirkondade erinevus, kuid siiski näitavad mõlema uuringu tulemused, et vananemisel toimub naistel endosteaalne resorptsioon suurel määral.

Varasem luukoe geomeetria analüüs on leidnud, et ka meestel toimub vananemisel kortikaalala ristlõikepindala vähenemine. Nt leidis McNeil kaasautoritega (2009), et sääreluu proksimaalses piirkonnas moodustas kortikaalala eakatel meestel (vanusevahemikus 80-91) ~78% noorte meeste omast (McNeil et al., 2009). Antud magistrیتöös oli küll kortikaalala numbriline vähenemine väiksem võrreldes eelmainitud uuringust, kuid erinevus polnud statistiliselt oluline.

Küll aga erinesid antud magistrیتöö uuringu tulemused statistiliselt oluliselt reieluu medullaarala mahud ka noorte- ja eakate meeste vahel, mida leidsid ka McNeil ja kolleegid (2009) – eakatel meestel suurenesid sääreluu proksimaalse piirkonna keskmised medullaarala ristlõikepindalad ~33% (vs magistrیتöös 19%). Üheks erinevuse põhjuseks võib lisaks piirkonna erinevusele olla ka meetodika erinevus, kuna erinevuste leidmiseks kasutati teisi

meetodeid, kuid siiski näitavad mõlema uuringu tulemused, et vananemisel toimub ka meestel endostealne resorptsioon suurel määral.

Analüüsides kõiki eelnimetatud parameetrite muutuseid vananemisel nii naistel kui ka meestel võib väita, et nende varieeruvus on suur ning neid mõjutab ka suurel määral eakate elustiil, sh toitumine ja treening. Vähendamaks kukkumisi ja nendega seotud luumurde eakatel naistel, on soovitatud D-vitamiini manustamist minimaalselt 20–25 µg (800–1000 IU) päevas (Bischoff-Ferrari et al., 2012). On leitud D-vitamiini manustamise positiivseid mõjusid menopausijärgses eas naistel- 120 µg (4800 IU päevas) annuse manustanud naistel esines oluliselt väiksem kukkumiste sagedus võrreldes naistega, kes manustasid 40–80 µg (1600–3200 IU) (Smith et al., 2017). Antud magistritöös aga ei küsitud uuritavatel D-vitamiini ja teiste toidulisandite tarvitamise osas, kuid edaspidi võiks korrata uuringut moel, milles ka see oluline faktor on arvesse võetud.

Ka ei olnud antud magistritöös fookuses kehaline aktiivsus, mis on samuti oluline luukude mõjutav tegur. On leitud erineva iseloomuga treeningute mõju vananemisel toimuvate muutuste vähendamisel: nt reieluukaela BMD tõusule osteoporootiliste patsientide seas on kõige tõhusamaks treeningprogrammiks olnud alajäsemete progresseeruv jõutreening. Lülisamba BMD tulemuste paranemist näitas hoopiski mitmekomponendiline treeningprogramm, mis hõlmab endas aeroobse võimekuse parandamist, progresseeruvat jõutreeningut, tasakaaluharjutusi ja tantsimist (Benedetti et al., 2018). Samuti on leitud kehakaalu kandvad aeroobsed- ja vibreerivate platvormidega treeningute positiivne mõju BMD-le (Benedetti et al., 2018).

5.4. Reie nelipealihase kogu- ning reieluu mahtude seosed funktsionaalse võimekuse näitajatega

Johannesdottir jt leidsid aastal 2012, et reiepiirkonna lihasmassi parameetrid korreleerusid mõlemal sool enim reieluu kortikaalala ja reieluu kogupindala vahel. Eelmainitud uuring leidis samuti, et mõlemal sool esines luu- ja lihaskoe interaktsioon, kuna luumurrud olid seotud järgmiste parameetritega: madala reielihaste CSA, madala QF jõunäitajate, suure reieluu medullaarala ja madala reieluu kortikaalalaga ning väitsid, et periostealne apositsioon ei ole piisav kaitsmaks luud endostealsest resorptsioonist tingitud medullaarala laienemise eest.

Käesoleva uuringu uuritavateks olid terved eakad ja noored, kellel polnud anamneesis varasemaid luumurde. Magistritöös leiti negatiivsed korrelatsioonid vaid noorte naiste

vaatlusgrupil, millest võib järeldada, et mida suurem on reieluu summaarne- ja medullaarne maht, seda kiirem on TUG testi sooritusaeg. Statistiliselt oluliste seoste vähene esinemine oli arvatavasti tingitud vaatlusaluste väikesest arvust. Siiski võib märgata keskmiste seoste seas mõningast tendentsi statistilisele olulisusele, kuid võrdlevat analüüsida magistritöö tulemusi eelnimetatud uuringuga teha ei saa.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et käesolevas uuringus ei esinenud eakatel luu- ja lihaskoe parameetritel statistiliselt olulisi seoseid funktsionaalse võimekuse näitajatega. Siiski viitavad ka käesoleva uuringu tulemused sellele, et seosed on olemas, kuid nende kohta järelduste tegemiseks on vaja tulevikus täiendavaid uuringuid, mis sisaldavad suuremaid vaatlusalustegruppe.

5.5. Antud uurimistöö tugevused ja limiteerivad tugevused

Käesoleva uurimistöö peamise limiteeriva tegurina saab tuua uuringul osalenud gruppide suurused – kummaski meeste grupis oli 11 liiget ja naiste gruppides 14. Suuremate gruppide puhul ilmselt enim olnud mõjutatud uuringu raamest teostatud korrelatsiooni analüüsi tulemused – ilmselt oleks mõned hetkel mitte statistiliselt oluliseks osutunud tulemused selleks muutunud. Samuti oleks oluliselt suuremate gruppide puhul võimalik jagada noorte- ja vanade grupid omakorda vanusevahemike järgi, tänu millele saaks analüüsida veelgi täpsemalt soolisi aspekte vananemisel.

Töö väärtust suurendaks ka, kui saaks uuringus arvesse võtta eelmainitud kehalise aktiivsuse ja toitumise, ennekõike kaltsiumi ja D-vitamiini tarbimist.

Antud uurimistöö tugevuseks võib pidada gruppide antropomeetriliste näitajate homogeensust ning väga täpseks peetava MRT-meetodi kasutamist, mis võimaldas määrata luu geomeetriat ning analüüsida täpsemalt üksikuid lihasrühmi. See annab parema ülevaate QF lihasgruppides toimuvate muutuste kohta, mida on füsioterapeutidel võimalik rakendada näiteks sarkopeenia raviplaanis.

6. JÄRELDUSED

Käesoleva uurimistöö tulemuste põhjal tehti järgmised järeldused:

1. Eakatel meestel ja naistel olid reie nelipealihase erinevate peade mahud väiksemad võrreldes noortega. Seejuures suurim langus vananemisel ilmnes reie sirglihase ja väikseim langus vahelmise pakslihase osas.
2. Noortega võrreldes oli eakatel meestel ja naistel funktsionaalne võimekus madalam. Sealjuures suurim erinevus võrreldes noortega ilmnes eakatel meestel TUG testi osas ja eakatel naistel reie nelipealihase maksimaalse jõumomendi osas.
3. Eakatel naistel ja meestel oli reieluu medullaarala maht suurem võrreldes noortega, kuid summaarse ja kortikaalala mahu osas ealisi iseärasusi ei ilmnunud.
4. Noortel naistel korreleerus reieluu summaarne ja medullaarala maht TUG testi ajaga negatiivselt ning reie nelipealihase kogumaht korreleerus neil reieluu summaarse mahuga positiivselt.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Alcazar, Julian, Per Aagaard, Bryan Haddock, Rikke S Kamper, Sofie K Hansen, Eva Prescott, Luis M Alegre, Ulrik Frandsen, ja Charlotte Suetta. „Age- and Sex-Specific Changes in Lower-Limb Muscle Power Throughout the Lifespan“. *The Journals of Gerontology: Series A* 75, nr 7 (18. juuni 2020): 1369–78.
2. Allen, Matti D., Jennifer Johnstone, Charles L. Rice, ja Greg D. Marsh. „Differences in Leg Bone Geometry in Young, Old and Very Old Women“. *European Journal of Applied Physiology* 111, nr 11 (1. november 2011): 2865–71.
3. Benedetti, Maria Grazia, Giulia Furlini, Alessandro Zati, ja Giulia Letizia Mauro. „The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients“. *BioMed Research International* 2018 (23. detsember 2018): 4840531.
4. Berger, Claudie, David Goltzman, Lisa Langsetmo, Lawrence Joseph, Stuart Jackson, Nancy Kreiger, Alan Tenenhouse, et al. „Peak Bone Mass From Longitudinal Data: Implications for the Prevalence, Pathophysiology, and Diagnosis of Osteoporosis“. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 25, nr 9 (september 2010): 1948–57.
5. Bischoff-Ferrari, Heike A., Walter C. Willett, Endel J. Orav, Endel J. Oray, Paul Lips, Pierre J. Meunier, Ronan A. Lyons, et al. „A Pooled Analysis of Vitamin D Dose Requirements for Fracture Prevention“. *The New England Journal of Medicine* 367, nr 1 (5. juuli 2012): 40–49.
6. Bohannon, Richard W. „Reference Values for the Five-Repetition Sit-to-Stand Test: A Descriptive Meta-Analysis of Data from Elders“. *Perceptual and Motor Skills* 103, nr 1 (august 2006): 215–22.
7. Choksi, Palak, Karl J. Jepsen, ja Gregory A. Clines. „The challenges of diagnosing osteoporosis and the limitations of currently available tools“. *Clinical Diabetes and Endocrinology* 4, nr 1 (29. mai 2018): 12.
8. Dziechciaż, Małgorzata, ja Rafał Filip. „Biological Psychological and Social Determinants of Old Age: Bio-Psycho-Social Aspects of Human Aging“. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 21, nr 4 (26. november 2014): 835–38.
9. Feik, S. A., C. D. Thomas, R. Bruns, ja J. G. Clement. „Regional Variations in Cortical Modeling in the Femoral Mid-Shaft: Sex and Age Differences“. *American Journal of Physical Anthropology* 112, nr 2 (juuni 2000): 191–205.

10. Ferri, A., G. Scaglioni, M. Pousson, P. Capodaglio, J. Van Hoecke, ja M. V. Narici. „Strength and Power Changes of the Human Plantar Flexors and Knee Extensors in Response to Resistance Training in Old Age“. *Acta Physiologica Scandinavica* 177, nr 1 (2003): 69–78.
11. Gonzalez-Freire, Marta, Rafael de Cabo, Stephanie A. Studenski, ja Luigi Ferrucci. „The Neuromuscular Junction: Aging at the Crossroad between Nerves and Muscle“. *Frontiers in Aging Neuroscience* 6 (11. august 2014): 208.
12. Guizelini, Pedrode Camargo, Rafael Alves de Aguiar, Benedito Sérgio Denadai, Fabrizio Caputo, ja Camila Coelho Greco. „Effect of Resistance Training on Muscle Strength and Rate of Force Development in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis“. *Experimental Gerontology* 102 (1. veebruar 2018): 51–58.
13. Haynes, E.M.K., N.A. Neubauer, K.M.D. Cornett, B.P. O’Connor, G.R. Jones, ja J.M. Jakobi. „Age and sex-related decline of muscle strength across the adult lifespan: a scoping review of aggregated data“. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 45, nr 11 (november 2020): 1185–96.
14. Hioki, Maya, Nana Kanehira, Teruhiko Koike, Akira Saito, Kiyoshi Shimaoka, Hisataka Sakakibara, Yoshiharu Oshida, ja Hiroshi Akima. „Age-Related Changes in Muscle Volume and Intramuscular Fat Content in Quadriceps Femoris and Hamstrings“. *Experimental Gerontology* 132 (1. aprill 2020): 110834.
15. Hirschfeld, H. P., R. Kinsella, ja G. Duque. „Osteosarcopenia: Where Bone, Muscle, and Fat Collide“. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 28, nr 10 (oktoober 2017): 2781–90.
16. Hogrel, Jean-Yves, Yoann Barnouin, Noura Azzabou, Gillian Butler-Browne, Thomas Voit, Amélie Moraux, Gaëlle Leroux, Anthony Behin, Jamie S. McPhee, ja Pierre G. Carlier. „NMR imaging estimates of muscle volume and intramuscular fat infiltration in the thigh: variations with muscle, gender, and age“. *Age* 37, nr 3 (juuni 2015): 60.
17. Hurley, Ben F., Erik D. Hanson, ja Andrew K. Sheaff. „Strength Training as a Countermeasure to Aging Muscle and Chronic Disease“. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 41, nr 4 (1. aprill 2011): 289–306.
18. Ibrahim, Azianah, Devinder Kaur Ajit Singh, ja Suzana Shahr. „‘Timed Up and Go’ Test: Age, Gender and Cognitive Impairment Stratified Normative Values of Older Adults“. *PLOS ONE* 12, nr 10 (3. oktoober 2017): e0185641.

19. Izquierdo, M., X. Aguado, R. Gonzalez, J. L. López, ja K. Häkkinen. „Maximal and Explosive Force Production Capacity and Balance Performance in Men of Different Ages“. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 79, nr 3 (veebbruar 1999): 260–67.
20. Janssen, I., S. B. Heymsfield, Z. M. Wang, ja R. Ross. „Skeletal Muscle Mass and Distribution in 468 Men and Women Aged 18-88 Yr“. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 89, nr 1 (juuli 2000): 81–88.
21. Jepsen, Karl J., ja Nelly Andarawis-Puri. „The Amount of Periosteal Apposition Required to Maintain Bone Strength During Aging Depends on Adult Bone Morphology and Tissue-Modulus Degradation Rate“. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 27, nr 9 (september 2012): 1916–26.
22. Johannesdottir, Fjola, Thor Aspelund, Kristin Siggeirsdottir, Brynjolfur Y. Jonsson, Brynjolfur Mogensen, Sigurdur Sigurdsson, Tamara B. Harris, Vilmundur G. Gudnason, Thomas F. Lang, ja Gunnar Sigurdsson. „Mid-Thigh Cortical Bone Structural Parameters, Muscle Mass and Strength, and Association with Lower Limb Fractures in Older Men and Women (AGES-Reykjavik Study)“. *Calcified Tissue International* 90, nr 5 (1. mai 2012): 354–64.
23. Kanis, J. A., L. J. Melton, C. Christiansen, C. C. Johnston, ja N. Khaltsev. „The Diagnosis of Osteoporosis“. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 9, nr 8 (august 1994): 1137–41.
24. Kanis, J. A., A. Odén, E. V. McCloskey, H. Johansson, D. A. Wahl, ja C. Cooper. „A systematic review of hip fracture incidence and probability of fracture worldwide“. *Osteoporosis International* 23, nr 9 (september 2012): 2239–56.
25. Kaptoge, Stephen, Thomas J Beck, Jonathan Reeve, Katie L Stone, Teresa A Hillier, Jane A Cauley, ja Steven R Cummings. „Prediction of Incident Hip Fracture Risk by Femur Geometry Variables Measured by Hip Structural Analysis in the Study of Osteoporotic Fractures“. *Journal of Bone and Mineral Research* 23, nr 12 (detsember 2008): 1892–1904.
26. Khosla, Sundeep, ja B. Lawrence Riggs. „Pathophysiology of Age-Related Bone Loss and Osteoporosis“. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America* 34, nr 4 (detsember 2005): 1015–30, xi.

27. Kirk, Ben, Ahmed Al Saedi, ja Gustavo Duque. „Osteosarcopenia: A Case of Geroscience“. *Aging Medicine (Milton (N.S.W))* 2, nr 3 (september 2019): 147–56.
28. Looker, A. C., H. W. Wahner, W. L. Dunn, M. S. Calvo, T. B. Harris, S. P. Heyse, C. C. Johnston Jr, ja R. Lindsay. „Updated Data on Proximal Femur Bone Mineral Levels of US Adults“. *Osteoporosis International* 8, nr 5 (1. august 1998): 468–90.
29. Macaluso, Andrea, Myra A. Nimmo, John E. Foster, Muriel Cockburn, Nigel C. McMillan, ja Giuseppe De Vito. „Contractile Muscle Volume and Agonist-Antagonist Coactivation Account for Differences in Torque between Young and Older Women“. *Muscle & Nerve* 25, nr 6 (juuni 2002): 858–63.
30. Maden-Wilkinson, T. M., H. Degens, D. A. Jones, ja J. S. McPhee. „Comparison of MRI and DXA to Measure Muscle Size and Age-Related Atrophy in Thigh Muscles“. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions* 13, nr 3 (september 2013): 320–28.
31. Maden-Wilkinson, T. M., J. S. McPhee, J. Rittweger, D. A. Jones, ja H. Degens. „Thigh muscle volume in relation to age, sex and femur volume“. *Age* 36, nr 1 (veebbruar 2014): 383–93.
32. Maffiuletti, Nicola A., Per Aagaard, Anthony J. Blazevich, Jonathan Folland, Neale Tillin, ja Jacques Duchateau. „Rate of Force Development: Physiological and Methodological Considerations“. *European Journal of Applied Physiology* 116, nr 6 (1. juuni 2016): 1091–1116.
33. Mandić, Mirko, Eric Rullman, Per Widholm, Mats Lilja, Olof Dahlqvist Leinhard, Thomas Gustafsson, ja Tommy R. Lundberg. „Automated assessment of regional muscle volume and hypertrophy using MRI“. *Scientific Reports* 10 (10. veebruar 2020): 2239.
34. Manolagas, Stavros C. „From Estrogen-Centric to Aging and Oxidative Stress: A Revised Perspective of the Pathogenesis of Osteoporosis“. *Endocrine Reviews* 31, nr 3 (juuni 2010): 266–300.
35. McNeil, Chris J., Graydon H. Raymer, Timothy J. Doherty, Greg D. Marsh, ja Charles L. Rice. „Geometry of a Weight-Bearing and Non-Weight-Bearing Bone in the Legs of Young, Old, and Very Old Men“. *Calcified Tissue International* 85, nr 1 (1. juuli 2009): 22–30.
36. Morley, John E., Stefan D. Anker, ja Stephan von Haehling. „Prevalence, incidence, and clinical impact of sarcopenia: facts, numbers, and epidemiology—update 2014“. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 5, nr 4 (detsember 2014): 253–59.

37. Nilwik, Rachel, Tim Snijders, Marika Leenders, Bart B. L. Groen, Janneau van Kranenburg, Lex B. Verdijk, ja Luc J. C. van Loon. „The Decline in Skeletal Muscle Mass with Aging Is Mainly Attributed to a Reduction in Type II Muscle Fiber Size“. *Experimental Gerontology* 48, nr 5 (1. mai 2013): 492–98.
38. Nishikawa, Hiroki, Shinya Fukunishi, Akira Asai, Keisuke Yokohama, Shuhei Nishiguchi, ja Kazuhide Higuchi. „Pathophysiology and Mechanisms of Primary Sarcopenia (Review)“. *International Journal of Molecular Medicine* 48, nr 2 (25. juuni 2021): 156.
39. Okabe, Takuhiro, Makoto Suzuki, Hiroshi Goto, Naoki Iso, Kilchoon Cho, Keisuke Hirata, ja Junichi Shimizu. „Sex Differences in Age-Related Physical Changes among Community-Dwelling Adults“. *Journal of Clinical Medicine* 10, nr 20 (19. oktoober 2021): 4800.
40. Pimentel, Annemarie E., Christopher L. Gentile, Hirofumi Tanaka, Douglas R. Seals, ja Phillip E. Gates. „Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained than in sedentary men“. *Journal of Applied Physiology* 94, nr 6 (1. juuni 2003): 2406–13.
41. Ploutz-Snyder, Lori L., Todd Manini, Robert J. Ploutz-Snyder, ja Douglas A. Wolf. „Functionally Relevant Thresholds of Quadriceps Femoris Strength“. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 57, nr 4 (aprill 2002): B144-152.
42. Porter, Michelle M., Aung Myint, John F. Kramer, ja Anthony A. Vandervoort. „Concentric and Eccentric Knee Extension Strength in Older and Younger Men and Women“. *Canadian Journal of Applied Physiology* 20, nr 4 (detsember 1995): 429–39.
43. Rabelo, Heloisa T., Lídia A. Bezerra, Denize F. Terra, Ricardo M. Lima, Maria AF Silva, Tailce K. Leite, ja Ricardo J. de Oliveira. „Effects of 24 Weeks of Progressive Resistance Training on Knee Extensors Peak Torque and Fat-Free Mass in Older Women“. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 25, nr 8 (august 2011): 2298–2303.
44. Riebe, Deborah, Bryan J. Blissmer, Mary L. Greaney, Carol Ewing Garber, Faith D. Lees, ja Philip G. Clark. „The Relationship between Obesity, Physical Activity, and Physical Function in Older Adults“. *Journal of Aging and Health* 21, nr 8 (detsember 2009): 1159–78.

45. Riggs, B. Lawrence, L. Joseph Melton, Richard A. Robb, Jon J. Camp, Elizabeth J. Atkinson, Lisa McDaniel, Shreyasee Amin, Peggy A. Rouleau, ja Sundeep Khosla. „A Population-Based Assessment of Rates of Bone Loss at Multiple Skeletal Sites: Evidence for Substantial Trabecular Bone Loss in Young Adult Women and Men“. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 23, nr 2 (veebruar 2008): 205–14.
46. Roberts, Brandon M., Kaleen M. Lavin, Gina M. Many, Anna Thalacker-Mercer, Edward K. Merritt, C. Scott Bickel, David L. Mayhew, et al. „Human Neuromuscular Aging: Sex Differences Revealed at the Myocellular Level“. *Experimental Gerontology* 106 (1. juuni 2018): 116–24.
47. Rosete, Fernando, L. Brilla, David Suprak, Erik Hummer, ja Jun San Juan. „Isometric, Eccentric, and Concentric Strength in Trained and Untrained Older Adults: A Pilot Study“. *International Journal of Kinesiology and Sports Science* 9 (18. detsember 2021): 13–20.
48. Seeman, Ego. „Reduced Bone Formation and Increased Bone Resorption: Rational Targets for the Treatment of Osteoporosis“. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 14 Suppl 3 (2003): S2-8.
49. Seeman, Ego. „Periosteal Bone Formation--a Neglected Determinant of Bone Strength“. *The New England Journal of Medicine* 349, nr 4 (24. juuli 2003): 320–23.
50. Sigurdsson, Gunnar, Thor Aspelund, Milan Chang, Birna Jonsdottir, Sigurdur Sigurdsson, Gudny Eiriksdottir, Adalsteinn Gudmundsson, Tamara B. Harris, Vilmundur Gudnason, ja Thomas F. Lang. „Increasing Sex Difference in Bone Strength in Old Age: The Age, Gene/Environment Susceptibility-Reykjavik Study (AGES-REYKJAVIK)“. *Bone* 39, nr 3 (september 2006): 644–51.
51. Smith, Lynette M., J. Christopher Gallagher, ja Corinna Suiter. „Medium Doses of Daily Vitamin D Decrease Falls and Higher Doses of Daily Vitamin D3 Increase Falls: A Randomized Clinical Trial“. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 173 (oktoober 2017): 317–22.
52. Staron, R. S., F. C. Hagerman, R. S. Hikida, T. F. Murray, D. P. Hostler, M. T. Crill, K. E. Ragg, ja K. Toma. „Fiber Type Composition of the Vastus Lateralis Muscle of Young Men and Women“. *The Journal of Histochemistry and Cytochemistry: Official Journal of the Histochemistry Society* 48, nr 5 (mai 2000): 623–29.

53. Stock, Matt S., Dustin J. Oranchuk, Adam M. Burton, ja David C. Phan. „Age-, Sex-, and Region-Specific Differences in Skeletal Muscle Size and Quality“. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme* 45, nr 11 (november 2020): 1253–60. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0114>.
54. Suetta, Charlotte, Per Aagaard, Anna Rosted, Ane K. Jakobsen, Benn Duus, Michael Kjaer, ja S. Peter Magnusson. „Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse“. *Journal of Applied Physiology* 97, nr 5 (november 2004): 1954–61.
55. Sözen, Tümay, Lale Özışık, ja Nursel Çalık Başaran. „An overview and management of osteoporosis“. *European Journal of Rheumatology* 4, nr 1 (märts 2017): 46–56.
56. Tabensky, Aaron, Yunbo Duan, Jan Edmonds, ja Ego Seeman. „The Contribution of Reduced Peak Accrual of Bone and Age-Related Bone Loss to Osteoporosis at the Spine and Hip: Insights from the Daughters of Women with Vertebral or Hip Fractures“. *Journal of Bone and Mineral Research* 16, nr 6 (2001): 1101–7.
57. Thompson, Brennan J., Eric D. Ryan, Eric J. Sobolewski, Eric C. Conchola, ja Joel T. Cramer. „Age Related Differences in Maximal and Rapid Torque Characteristics of the Leg Extensors and Flexors in Young, Middle-Aged and Old Men“. *Experimental Gerontology* 48, nr 2 (1. veebruar 2013): 277–82.
58. Varesco, Giorgio, Loïc Espeit, Léonard Feasson, Thomas Lapole, ja Vianney Rozand. „Rate of Force Development and Rapid Muscle Activation Characteristics of Knee Extensors in Very Old Men“. *Experimental Gerontology* 124 (1. september 2019): 110640.
59. Wilson, Teresa M., ja Hirofumi Tanaka. „Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status“. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* 278, nr 3 (1. märts 2000): H829–34.
60. World Health Organization. „Assessment of Fracture Risk and Its Application to Screening for Postmenopausal Osteoporosis : Report of a WHO Study Group [Meeting Held in Rome from 22 to 25 June 1992]“. World Health Organization, 1994.

LISA 1. Reie nelipealihase- ja reieluu morfofunktsionaalsete näitajate seosed valitud funktsionaalset võimekust iseloomustavate parameetritega noortel ja eakatel meestel ja naistel

Tabel 4. Reieluu ja nelipealihase seosed antropomeetriliste- ja funktsionaalse võimekuse näitajatega noortel meestel ($r=0,59$; $p<0,05$).

Parameeter	Summaarne	Medullaarala	Kortikaalala	QF kogu
	RM	RM	RM	maht
Kehamass (kg)	0,23	0,16	0,24	0,00
Kehamassiindeks (m^2/kg)	-0,36	-0,36	-0,33	-0,25
QF kogu maht (cm^3)	0,18	0,14	0,19	X
Maksimaalne jõumoment ($N*m$)	0,27	0,15	0,38	0,44
RFD0.2 torque (N/s)	0,38	0,25	0,50	0,32
RFD50% torque (N/s)	0,45	0,38	0,48	0,14
TUG (sek)	0,53	0,46	0,54	0,27

Summaarne RM- Reieluu kogumaht (cm^3); Medullaarala RM- Reieluu medullaarala maht (cm^3); Kortikaalala RM- Reieluu kortikaalala maht (cm^3); RFD0.2 torque- jõugradient 0,2 s pingutuse algusest; RFD50% torque- jõugradient 50% kontraktsiooni ajal; TUG- *Timed up and go test*.

Tabel 5. Reieluu- ja nelipealihase seosed antropomeetriliste- ja funktsionaalse võimekuse näitajatega vanadel meestel ($r=0,59$; $p<0,05$).

Parameeter	Summaarne	Medullaarala	Kortikaalala	QF kogu
	RM	RM	RM	maht
Kehamass (kg)	0,01	0,08	-0,15	0,33
Kehamassiindeks (m^2/kg)	-0,41	-0,30	-0,36	0,05
QF kogu maht (cm^3)	0,30	0,10	0,49	X
Maksimaalne jõumoment ($N*m$)	0,00	-0,14	0,31	0,53
RFD0.2 torque (N/s)	0,43	0,43	0,12	0,49
RFD50% torque (N/s)	0,49	0,52	0,08	0,15
TUG (sek)	0,06	-0,05	0,25	0,30

Summaarne RM- Reieluu kogumaht (cm^3); Medullaarala RM- Reieluu medullaarala maht (cm^3); Kortikaalala RM- Reieluu kortikaalala maht (cm^3); RFD0.2 torque- jõugradient 0,2 s kontraktsiooni algusest; RFD50% torque- jõugradient 50% kontraktsiooni ajal; TUG- *Timed up and go test*.

Tabel 6. Reieluu- ja nelipealihase seosed antropomeetriliste- ja funktsionaalse võimekuse näitajatega noortel naistel ($r=0,53$; $p<0,05$).

Parameeter	Summaarne	Medullaarala	Kortikaalala	QF kogu
	RM	RM	RM	maht
Kehamass (kg)	0,09	0,04	0,14	0,41
Kehamassiindeks (m^2/kg)	-0,27	-0,25	-0,23	0,20
QF kogu maht (cm^3)	0,54*	0,46	0,51	X
Maksimaalne jõumoment ($N*m$)	-0,12	-0,12	0,07	0,15
RFD0.2 torque (N/s)	-0,20	-0,33	0,02	0,03
RFD50% torque (N/s)	-0,25	-0,38	0,00	-0,02
TUG (sek)	-0,56*	-0,61*	-0,34	-0,33

Summaarne RM- Reieluu kogumaht (cm^3); Medullaarala RM- Reieluu medullaarala maht (cm^3); Kortikaalala RM- Reieluu kortikaalala maht (cm^3); RFD0.2 torque- jõugradient 0,2 s kontraktsiooni algusest; RFD50% torque- jõugradient 50% kontraktsiooni ajal; TUG- *Timed up and go test*.*- $p<0,05$.

Tabel 7. Reieluu- ja nelipealihase seosed antropomeetriliste- ja funktsionaalse võimekuse näitajatega vanadel naistel ($r=0,53$; $p<0,05$).

Parameeter	Summaarne	Medullaarala	Kortikaalala	QF kogu
	RM	RM	RM	maht
Kehamass (kg)	0,47	0,21	0,51	0,04
Kehamassiindeks (m^2/kg)	-0,09	-0,25	0,07	-0,22
QF kogu maht (cm^3)	0,31	0,04	0,41	X
Maksimaalne jõumoment ($N*m$)	0,12	-0,10	0,26	0,17
RFD0.2 torque (N/s)	0,26	0,08	0,32	0,48
RFD50% torque (N/s)	0,15	0,14	0,10	0,41
TUG (sek)	0,24	0,17	0,20	0,17

Summaarne RM- Reieluu kogumaht (cm^3); Medullaarala RM- Reieluu medullaarala maht (cm^3); Kortikaalala RM- Reieluu kortikaalala maht (cm^3); RFD0.2 torque- jõugradient 0,2 s kontraktsiooni algusest; RFD50% torque- jõugradient 50% kontraktsiooni ajal; TUG- *Timed up and go test*.

LIHTLITSENTS

Lihlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Paul-Feliks Frei**

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihlitsentsi) minu loodud teose **Reie nelipealihase ja reieluu morfofunktsionaalsete näitajate ning funktsionaalse võimekuse muutused vananemisel**, mille juhendajad on Mati Pääsuke ja Kadri Medijainen, 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 lihlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Paul-Feliks Frei

20.05.2022