

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

**Martin Tikk**

**Jõuvõimete ja lihashüpertroofia arendamine kesk- ja vanemaealistel  
inimestel**

**Development of strength and muscle hypertrophy in middle-aged and older  
people**

**Magistritöö**

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja:

Kaasprofessor, PhD A.Pehme

Tartu, 2023

# SISUKORD

LÜHIÜLEVAADE.....	3
ABSTRACT .....	4
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	5
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	10
3. METOODIKA.....	11
4. TÖÖ TULEMUSED.....	13
4.1. Jõutreeningu mõju keskealiste inimeste jõuvõimetele.....	13
4.2. Jõutreeningu mõju vanemaealiste inimeste jõuvõimetele .....	15
4.3. Jõutreeningu mõju keskealiste inimeste lihashüpertroofiale .....	22
4.4. Jõutreeningu mõju vanemaealiste inimeste lihashüpertroofiale .....	27
5. ARUTELU.....	34
6. JÄRELDUSED.....	40
7. KASUTATUD KIRJANDUS .....	41
8. AUTORI LIHTLITSENTS TÖÖ AVALDAMISEKS .....	48

## LÜHIÜLEVAADE

**Eesmärk:** Selgitada teaduskirjanduse põhjal välja optimaalsed võimalused jõuõimete ja lihahüpertroofia arendamiseks kesk- ja vanemaealistel inimestel.

**Metoodika:** Antud töös kasutatud uurimis- ja andmetöötlusmeetoditeks oli teadusinfo otsingumootor PubMed, lisaks Google Scholar. Artikleid oli rohkelt ja keskea määratluseks võeti vanus 36-59 eluaastat ning vanemaealiste vanuseks 60 ja vanemad. Kirjanduse otsimisel kasutati viimase viie aasta (2019-2023) jooksul publitseeritud artikleid, et saada võimalikult ajakohased andmed, mida viimastel aastatel on jõuõimete ja lihahüpertroofia arendamisel kesk- ja vanemaealiste inimeste puhul läbi viidud.

**Tulemused:** Kesk- ja vanemaealistel inimestel on arendatavad kõik jõuliigid ja jõuga seotud liigutuslikud funktsioonid. Jõuõimete puhul soovitav treeningukoormus on 30-85% 1 KM-st ja antud protsentuaalne number sõltub indiviidi treenitusest, tervislikest näitajatest ning eesmärkidest. Jõuõimete puhul lihasjõud suureneb 1-30%, haardejõud suureneb 1-10%, lihasvõimsus suureneb 5-40%, jõuvastupidavus suureneb 5-40% ja funktsionaalsed liigutused paranaevad 1-10 sekundit. Lihahüpertroofia puhul soovitav treeningukoormus on 40-90% 1 KM-st ja antud protsentuaalne number sõltub indiviidi treenitusest, tervislikest näitajatest ning eesmärkidest. Lihahüpertroofia puhul lihasmass suureneb 1-5%, I tüüpi lihaskiudude ristlääbilõike pindala, suureneb 1-33%, II tüüpi lihaskiudude ristlääbilõike pindala suureneb 1-27%, lihaste diameeter suureneb 1-5 cm, rasva mass väheneb 1-5%, I tüüpi lihaskiudude osakaal väheneb 1-10% ja II tüüpi lihaskiudude osakaal suureneb 1-10%. Soovitavad jõuharjutused kesk- ja vanemaealistele on alakeha puhul reie nelipea-, reie kakspea- ja tuharalihastele fookuseeritud harjutused. Ülakeha puhul on soovitavad õlaliigest läbivad jõuharjutused rinna-, delta-, selja-, biitseps- ja triitsepslihastele. Kehatüve tugevdamiseks on vajalikud kõhu sirg- ja põikilihaste ning alaseljalihaste jõuharjutused.

**Kokkuvõte:** Kesk- ja vanemaealistel inimestel on arendatavad jõuõimed ja lihahüpertroofia vastava treeningumahuga, treeningukoormusega ja sobivate jõuharjutustega nii õla- kui ka alakehale.

**Märksõnad:** jõutreening, jõuõimed, lihahüpertroofia, keskealised inimesed ja vanemaealised inimesed.

## **ABSTRACT**

**Aim:** To find out the optimal options for developing strength and muscle hypertrophy in middle-aged and older people based on scientific literature.

**Methods:** The research and data processing methods used in this work where the scientific information search engine PubMed, in addition Google Scholar. There were a lot of articles and middle age was limited from 36 to 59 years of age and older adults from 60 to older. Articles published during last five years (2019-2023) were included to obtain the most up-to-date data that has been carried out on the development of strength and muscle hypertrophy in middle-aged and older people.

**Results:** Middle-aged and older people can develop all types of strength and strength-related movement functions. In the case of strength, the recommended training load is 30-85% of 1 KM, and the given percentage number depends on the individual's training, health indicators and goals. For strength, muscle strength increased by 1-30%, grip strength increased by 1-10%, muscle power increased by 5-40%, strength endurance increased by 5-40%, and functional movements improved for 1-10 seconds. In the case of muscle hypertrophy, the recommended training load is 40-90% of 1 KM, and the given percentage number depends on the individual's training, health indicators and goals. In the case of muscle hypertrophy, muscle mass increased by 1-5%, cross-sectional area of type I muscle fibers increased by 1-33%, cross-sectional area of type II muscle fibers increased by 1-27%, muscle diameter increased by 1-5 cm, fat mass decreased by 1-5%, type I the proportion of muscle fibers decreased by 1-10% and the proportion of type II muscle fibers increased by 1-10%. Recommended strength exercises for the lower body in middle age and older adults are those focused on the quadriceps, hamstring and gluteal muscles. Recommended strength exercises for the upper body are the pectoral, deltoid, back, biceps, and triceps muscles strength exercises that go through the shoulder joint. To strengthen the trunk, strength exercises for the rectus and transverse muscles of abdomen and for the lower back muscles are recommended.

**Conclusions:** Strength abilities and muscle hypertrophy can be developed in middle-aged and older people with certain training volume, training load and suitable strength exercises for the upper and lower body.

**Keywords:** strength training, strength assessment, muscle hypertrophy, middle-aged people and older people.

## 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Inimese oodatav eluiga on aja jooksul järjest tõusnud ja inimkonna vananemine arenenud riikides on kasvanud hämmastava kiirusega (Pina *et al.*, 2019). Prognooside kohaselt kahekordistub vananev elanikkond 65-aastased ja vanemad 2050. aastaks ligikaudu 1,5 miljardini, mistõttu on vajalik tõhusate meetodite väljatöötamine füüsilise funktsiooni säilitamiseks (Balachandran *et al.*, 2023). Hoolimata asjaolust, et inimesed elavad kauem kui kunagi varem, põhjustab inimese vananemine mitmesuguseid haiguslikke muutusi (Shea *et al.*, 2019). Inimese skeetilihast mõjutavatest muutustest on kõige enam levinud sarkopeenia (lihasmassi ja lihasjõu vähenemine) (Negares *et al.*, 2019 ja Zhu *et al.*, 2019). Sarkopeenia on omakorda tingitud erinevatest teguritest nagu toitumine, füüsiline aktiivsus, pärilikkus ja hormonaalsed muutused (Pina *et al.*, 2020). Sarkopeeniaga kaasnev lihasnõrkus põhjustab kukkumist, sellest tulenevat võimalikku puuet ning haiglaravi ja suremuse riski tõusu kesk- ja vanemaealistel inimestel (Dolan *et al.*, 2019, Dupont *et al.*, 2019, Hanach *et al.*, 2019, Ko *et al.*, 2020, Suetta *et al.*, 2019, Talar *et al.*, 2021 ja Witard *et al.*, 2020). Sarkopeenial on kaks staadiumit, millest esimene on "eelsarkopeenia", mis on määratletud kui madal lihasmass, ja teiseks on "sarkopeenia", mis on määratletud kui madal lihasmass ja lihasjõud või kehv lihasfunktsioon (Vikberg *et al.*, 2019). Samuti mängib olulist rolli vananemisel rasvkude, täpsemalt intramuskulaarne rasvkude, mille suurenemine kehas kutsub esile madalama lihasjõu ja lihasfunktsiooni (Ogawa *et al.*, 2023). Kesk- ja vanemaealiste inimeste jõutreeningutest hoidumise peamised põhjused on pikk ajakulu, vähene entusiasm ja kallidus. Pidades silmas sarkopeenia suurt ja kasvavat levimust tuleb eelnimetatud aspekte arvesse võtta, et kesk- ja vanemaealised inimesed hakkaks jõutreeningut tegema (Lichtenberg *et al.*, 2019).

Teaduslikult on tõestatud, et pärast 50. eluaastat väheneb inimestel lihasmass 1-2% aastas (McKendry *et al.*, 2020). See järkjärguline lihasmassi kadu koos lihasjõu vähenemisega on märkimisväärses seoses suremusega (Huang *et al.*, 2021 ja Liao *et al.*, 2019). Vananemisel väheneb lihasjõud 8-10% kümnendi jooksul (Maykish *et al.*, 2020). Muutused alajäsemete lihasjõus mõjutavad kesk- ja vanemaealiste inimeste kehaliigutusi, nagu kõndimine, istumine, seismine ja ronimine, põhjustades alajäsemete lihaste funktsiooni vähenemist, tasakaalu- ja kõnnihäireid, mis omakorda suurendavad kukkumist (Li *et al.*, 2023). Lihasmassi vähenemine on eriti murettekitav, arvestades selle olulist rolli füsioloogilistes protsessides nagu liikumine, ainevahetus, signaalide edastamine, resistentsus infektsioonidele ja muudele haigustele, iseseisvus ja elukvaliteet (Lavin *et al.*, 2019 ja Zdzieblik *et al.*, 2021).

Jõutreening on inimestele tõhus meetod vanusega seotud lihaskiudude atroofia ja lihasnõrkuse vältimiseks (Nunes *et al.*, 2020). Kesk- ja vanemaealistel inimestel võib pärast jõutreeningut suureneda II tüüpi lihaskiudude hulk ja nende ristlabilõike pindala (Blocquiaux *et al.*, 2020, Callahan *et al.*, 2021, Fragala *et al.*, 2019). Samuti kaasneb uute mononukleotiidide lisandumine olemasolevatesse lihaskiududesse (Sartori *et al.*, 2021). Neuromuskulaarsete kahjustuste vastu võitlemiseks on kesk- ja vanemaealistel inimestel soovitatav teha jõutreeningut (Li *et al.*, 2023 ja Tomeleri *et al.*, 2019).

Lihaskiudude tasandil põhjustab vananemine II tüüpi lihaskiudude atroofiat ja satelliitrakkude vähenemist (Moro *et al.*, 2020). II tüüpi lihaskiudude vähenemine mõjutab vananemisel inimeste lihasjõudu ja lihasvõimsust. Lisaks väheneb kapillaaride tihedus lihastes ja suureneb I tüüpi lihaskiudude osakaal (Bagheri *et al.*, 2019). Jõutreeningu peamine eesmärk vananemisel on II tüüpi lihaskiudude osakaalu säilitamine, et optimeerida või vähemalt säilitada lihasfunktsiooni, mis parandab elukvaliteeti (Moro *et al.*, 2020). Jõutreening parandab füüsilist vormi (lihasjõudu ja aeroobset võimekust), mille tulemuseks on ainevahetuse ja funktsionaalse suutlikkuse märgatav paranemine (Callahan *et al.*, 2021).

Jõuvõimete ja lihashüpertroofia arendamisel jälgitakse nii treeningumahu jaotust (treeningute arv nädalas, seeriad treeningutel, kordused seeriates) kui ka treeningu intensiivsust (koormus või vastupanu) ja ajastust (intervallid seeriade või treeningute vahel) (Reggiani *et al.*, 2020). See on vajalik, et maksimaalselt parandada jõuvõimete arengut või suurendada lihashüpertroofiat (Loenneke *et al.*, 2019a ja Loenneke *et al.*, 2019b). Jõutreeningust põhjustatud skeletilihasmassi ja jõuvõimete suurenemine ei sõltu inimese soost ja spetsiifilistest jõutreeningu muutujatest, vaid sõltub treeninguplaanist (Morton *et al.*, 2019). Praegune soovitus on, et kesk- ja vanemaealised inimesed treeniks jõuvõimete arendamiseks 30-85% 1 KM-st (1 KM ehk kordusmaksimum on raskus, mida suudame tõsta) (Bezerra *et al.*, 2019 ja Talar *et al.*, 2019) ja lihashüpertroofia saavutamiseks 40–90%-lise intensiivsusega 1 KM-st (Fragala *et al.*, 2019, Kirk *et al.*, 2019, Straight *et al.*, 2020 ja Wackerhage *et al.*, 2019).

Treeningumaht arvatakse olevat üks kõige tõhusamaid jõuvõimete ja lihashüpertroofia mõjutajaid (Lopez *et al.*, 2021 ja de Santana *et al.*, 2021). Üks peamisi viise treeningumahu korrigeerimiseks on seeriade ja korduste arvu jälgimine (Schoenfeld *et al.*, 2019). Treeningumaht tähistab jõutreeningu ajal tehtud tööd ja seda saab väljendada seeriade arvu, korduste ja treeningukoormuse kaudu (Santana *et al.*, 2021). Võrdsustades treeningumahu rühmade vahel, tuleks treeningu korrigeerimisel arvestada mõjutajaid, mis võivad treeningu viiside vahel erineda ja mida on võimalik jälgida (Nunes *et al.*, 2021b). Lisaks võib

treeningumahu järkjärguline suurendamine tagada progresseeruva koormuse tõstmise, vältides platoo tekkimist jõutreeningul (Scarpelli *et al.*, 2020). Soovitud skeetilihaste struktuursete muutuste esilekutsumiseks kasutatakse ka erinevaid treeninguetappe, kus eelnev võib soodustada järgnevat etappi (näiteks keha koostise parandamine üldettevalmistusperioodil enne lihashüpertroofia arendamist spetsiaallettevalmistusperioodil ning omakorda enne maksimaaljõu arendamist võistlusperioodil) (Travis *et al.*, 2020).

Lihaskõuet arengut jõutreeningul toetavad mitmed morfoloogilised ja neuraalsed tegurid. Need võivad tagada muutuseid neuromuskulaarse süsteemi erinevatel tasanditel. Antud kasulikud mõjud võivad oluliselt parandada funktsionaalset liikuvust ja kognitiivset kontrolli (Drozdova-Statkevičienė *et al.*, 2021). Lihaskõuet suurendamine jõutreeningu tegijatel enne järjestikust plahvatus- ja jõutreeningu harjutusi, tagab suurema jõuetõuet arengu (Loennekke *et al.*, 2019).

Lihaskõuet iseloomustatakse sageli skeetilihase ristläbilõike pindala (sRLP) kaudu (Moro *et al.*, 2020). Skeetilihased on dünaamiline kude, mis suudab struktuurselt ja füsioloogiliselt kohaneda erinevate mõjutustega (Totó *et al.*, 2020). Sportlaste puhul on spetsiifiliste ja mitmekesiste treeningu mõjutuste kasutamise eesmärgiks esile kutsuda organismi bioloogilisi muutusi parandamiseks konkreetse spordiala sooritust (Roberts *et al.*, 2020). Lihaskõuet tekib siis, kui lihasvalkude süntees ületab lihasvalkude degradatsiooni, mille üheks saavutamise viisiks on pidev jõutreeningute kordamine (Krzysztofik *et al.*, 2019 ja Yasuda *et al.*, 2022). Lihaskõuet saavutamiseks on soovitatav väikestel koormustel treenida täieliku väsimuseni ja suurtel koormustel vältida täielikku väsimust (Grgic *et al.*, 2022). Liikuvuse ulatuse seisukohast on soovitatav täieliku liikuvuse ulatuse puhul sooritada mitut liigest hõlmavaid jõuharjutusi ning osalise liikuvuse ulatuse korral ühte liigest hõlmavaid jõuharjutusi (Wolf *et al.*, 2023). Praegused juhised soovivad teha mitut liigest hõlmavaid jõuharjutusi enne üht liigest hõlmavaid jõuharjutusi (Nunes *et al.*, 2021a ja Cardozo *et al.*, 2019). Mitmed autorid on soovitanud lihaste eelkurnamist, et suurendada lihashüpertroofiat (Ribeiro *et al.*, 2019).

Meeste vananemise puhul on eelkõige täheldatud testosterooni taseme langust, mis omakorda mõjutab meeste jõuetõuet arengut (Gharahdaghi *et al.*, 2019) Jõuharjutuste sooritamine suurendab lihasvalkude sünteesi ja translatsiooni efektiivsust (Negaresh *et al.*, 2019). Naistel hakkab keskeas vähenema naissuguhormooni östrogeeni süntees, mis tekitab mitmeid füsioloogilisi protsesse naise kehas (vaginaalne kuivus, tuju kõikumine, õised higistamised, kuumahood - need on vaid mõned näited muutustest) (Pina *et al.*, 2019).

Lühiajalised jõutreeningu perioodid (6-12 treeningnädalat) parandavad vananevate naiste dünaamilist ja isomeetrilist lihaskontraktsiooni ja -lihasjõudu (Fragala *et al.*, 2019). Lisaks toimub keharasva vähenemine ja lipiidide profiili, oksüdatiivse stressi ning põletikuliste biomarkerite näitude paranemine (Tomeleri *et al.*, 2023).

Vanematele inimestele mõeldud harjutuste valimisel tuleks eelkõige tähelepanu pöörata alakeha tugevdamisele, sest lihasjõu ja lihasmassi vähenemine kipub olema alakehas rohkem väljendunud kui ülakehas (Ribeiro *et al.*, 2020). Alajäsemete harjutuste hulgas peetakse kükki üheks oluliseks harjutuseks, mis aitab parandada vananevatel inimestel lihasfunktsiooni. Kükitreening parandab oluliselt alajäsemete lihasjõudu ja erineva sügavusega kükiharjutused aktiveerivad erinevaid lihaseid (Kubo *et al.*, 2019). Sobilik alternatiiv on *smithi* masinaga kükk, mis piirab liikumist kolmemõõtmelises ruumis ja muudab seetõttu selle variatsiooni lihtsamaks ja potentsiaalselt ohutumaks kui vabaraskusega ehk kang turjal kükk. Kolmandaks alternatiiviks on *hack* kükk, mille puhul selgroogu toetab masina seljatugi ja masin määrab ka ette liikumistrajektoori. Neljas alternatiivne harjutus on jalapress, mis aktiveerib lisaks reie nelipealihasele ka suurt tuharalihast. Jalapress annab minimaalse koormuse lülisambale, seega on see sobiv alternatiiv inimestele, kes ei suuda sooritada vabaraskusega kükke (Bezzerra *et al.*, 2019).

Ülakeha lihased on võrdselt olulised selliste tegevuste jaoks nagu lükkamine, tõmbamine, tõstmine, hoidmine, kehatüve painutamine, kere pööramine ja stabiliseerimine. Õlaliiges on ülioluline ülakeha liigutuste tegemiseks kolmemõõtmelises ruumis ja selle eest vastutavad suur rinnalihase, deltalihas ja selja lailihase. Suur rinnalihase aktiveerub optimaalselt põikitasandil õla adduktsiooni ajal, mistõttu on lamades surumine kangiga hea võimalus rinnalihase aktiveerimiseks. Lamades surumine kangiga nõuab tasakaalu ja motoorset koordinatsiooni ehk kui vanemal inimesel neid omadusi ei ole, on istes rinnalt surumine masinal alternatiiviks. Selja lailihase harjutused hõlmavad õla sirutamist ja õla adduktsiooni vastavalt sagitaal- ja frontaaltasandil, mistõttu on vertikaalne ploki tõmme istudes hea treeninguvõimalus. Õlafunktsiooni häire korral (näiteks bursiit ja/või kõõlusepõletik) on hea sooritada liigutusi sagitaaltasandil, näiteks horisontaalne ploki tõmme istudes või horisontaalsed tõmbed vabade raskustega. Õlapress on deltalihaste arendamiseks hea harjutus, mis liigutab liigest kolmemõõtmelises ruumis. Deltalihase eesmine pea aktiveerub surumisharjutustel, tagumine pea aga tõmbeharjutustel. Seega ei pruugi spetsiifilised deltalihasele suunatud harjutused olla vajalikud, kui tehakse ülakehale mitut liigest hõlmavaid tõi- ja tõmbeharjutusi. Soovitav on treenida ka õla sisemisi ja väliseid rotaatoreid, mida on

hea teha treeningukummide ja TRX (Total Body Resistance Exercise) rihmadega, uus treeningumeetod, mis kasutab keharaskust vastupanuna jõu, tasakaalu, koordinatsiooni, painduvuse, kere ja liigeste stabiilsuse parandamiseks (Ribeiro *et al.*, 2020). Kõhulihased aitavad kaasa kehatüve stabiliseerimisele üla- ja alajäsemete liigutamisel igapäevaelus, võimaldades seeläbi kiiremat jõuvõimete arengut (Cangussu-Oliveira *et al.*, 2019). Kõhulihaste hulka kuuluvad kõhu sirg- ja põikilihased. Sagedased alaseljavalud tulenevad nende lihaste nõrkusest, seega on soovitatav sooritada näiteks kaldpingil alaselja tõsteid ja neutraalpingil puusatõsteid. Kõhusirglihase peamine roll on kehatüve painutamine, aga osadel inimestel võib istessetõusu sooritamine olla raske. Sel juhul võivad isomeetrilised harjutused, nagu küünarvarstoenglamang ehk plank, olla alternatiiviks, et aktiveerida kõhu sirglihast ja põikilihaseid (Ribeiro *et al.*, 2020).

## **2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED**

### **Töö eesmärk**

Selgitada teaduskirjanduse põhjal välja uuemad seisukohad ja optimaalsed võimalused jõuvõimete ning lihashüpertroofia arendamiseks kesk- ja vanemaealistel inimestel.

### **Töö ülesanded**

- 1) uurida teaduskirjanduse põhjal jõutreeningu mõju kesk- ja vanemaealiste jõuvõimetele.
- 2) uurida teaduskirjanduse põhjal jõutreeningu mõju kesk- ja vanemaealiste lihashüpertroofiale.
- 3) leida tõhusad harjutused kesk- ja vanemaealiste jõuvõimete arengu parandamiseks ja lihashüpertroofia tekitamiseks.

### 3. METOODIKA

Antud töös kasutatavateks uurimis- ja andmetöötlusmeetoditeks on teadusinfo otsingumootor PubMed, lisaks Google Scholar. Vastavates otsingumootorites alustati kirjanduse otsimist märksõnadega *strength training*, *strength assessment*, *muscle hypertrophy*, *middle-aged people* ja *older people*.

PubMedis otsiti järgnevate märksõnade ja nende kombinatsioonide alusel: „strength training AND „middle-aged people“, „middle-aged people“ AND „muscle hypertrophy“, „strength assessment“ AND „middle-aged people“ AND „muscle hypertrophy“, „strength training“ OR „strength assessment“ AND „middle-aged people“ AND „muscle hypertrophy“, „middle-aged people“ AND „strength assessment“, „older people“ AND „strength assessment“ AND „middle-aged people“, „strength assessment“ OR „muscle hypertrophy“ AND „older people“, „strength training“ OR „strength assessment“ AND „older people“ AND „muscle hypertrophy.“ Allikaid oli teatud märksõnadega palju (ligikaudu 3000) ja osadega vähe (ligikaudu 50). Kõige rohkem allikaid esines märksõna paariga „strength assessment“ OR „muscle hypertrophy“ AND „older people“, kus artiklite arvuks oli 6365. Kõige vähem märksõngadega „strength assessment“ AND „middle-aged people“ AND „muscle hypertrophy“, kus artiklite arvuks 9. Kasutades kõiki märksõnu koos, saadi artiklite arvuks 6.

Google Scholaris otsiti samade märksõnade ja nende kombinatsioonide alusel: „strength training AND „middle-aged people“, „middle-aged people“ AND „muscle hypertrophy“, „strength assessment“ AND „middle-aged people“ AND „muscle hypertrophy“, „strength training“ OR „strength assessment“ AND „middle-aged people“ AND „muscle hypertrophy“, „middle-aged people“ AND „strength assessment“, „older people“ AND „strength assessment“ AND „middle-aged people“, „strength assessment“ OR „muscle hypertrophy“ AND „older people“, „strength training“ OR „strength assessment“ AND „older people“ AND „muscle hypertrophy.“ Allikaid oli rohkelt, täpsemalt leiti iga märksõna paariga 20,000 allikat. Kõige rohkem allikaid leidis märksõna paariga strength training AND „middle-aged people“, kus artiklite arv 50,800. Kõige vähem aga märksõna paariga „strength training“ OR „strength assessment“ AND „older people“ AND „muscle hypertrophy.“ Täpsemalt 15,800 artiklit. Kasutades kõiki märksõnu koos, saadi artiklite arvuks 17,200.

Pärast otsingusõnade sisestamist vaadati üle artikli pealkiri ning selle kokkuvõte, mille põhjal otsustati, kas artikkel on käesoleva töö kontekstis sobiv või ei. Andmebaaside puhul, kus

otsingusõnade sisestamine andis üle 500 tulemust, vaadati üle 500 esimest tulemust ja kokkuvõtet. Peamised sissearvamise kriteeriumid selle töö puhul olid järgmised: 1) uuringus osalejad olid kesk- või vanemaealised inimesed; 2) uuringus mõõdeti osalejate jõuvõimete arengut ja/või lihashüpertroofiat; 3) uuring oli ingliskeelne; 4) artikli täistekst oli vabalt kättesaadav.

Keskea määratluseks võeti vanus 36-59 eluaastat ja vanemaealiste puhul 60 ja vanemad. Lisaks kasutati kirjanduse otsimisel viimase viie aasta (2019-2023) jooksul publitseeritud artikleid, et saada võimalikult ajakohased andmed, mida viimastel aastatel on jõuvõimete ja lihashüpertroofia arendamisel kesk- ja vanemaealiste inimeste puhul läbi viidud.

## 4. TÖÖ TULEMUSED

### 4.1. Jõutreeningu mõju keskealiste inimeste jõuvõimetele

Wolf *et al.*, (2023) uurisid liikuvuse ulatuse kasutamist jõuvõimete arendamiseks. Teadlased viisid läbi metaanalüüsi 27 uuringu kohta, mis vastasid nende kriteeriumitele. Uuritavad määrati juhuslikult kas osalise liikuvuse ulatuse või täieliku liikuvuse ulatuse jõutreeningu rühma. Treeninguprogrammid varieerusid treeningu sageduse, treeningu intensiivsuse ja treeningu kestuse poolest, kuid kõik sisaldasid harjutusi alakeha ja/või ülakeha lihasrühmadele. Leiti, et nii osalise kui ka täieliku liikuvuse ulatusega jõutreening parandas oluliselt lihasjõudu ja lihasvõimsust, mis mõlemad suurenesid keskmiselt +2,8%; 95% CI: -1,69% kuni +7,42%. Osalise liikuvuse ulatusega treeningurühm sai tulemuseks lihasvõimsuse märkimisväärselt suurema paranemise võrreldes täieliku liikuvuse ulatuse treeningurühmaga – 0,28%; 95% CI: -0,81%, +0,16%. Autorid viitavad sellele, et selle põhjuseks võivad olla treeningu mõjutused, kuna osaline liikuvusulatuse jõutreening võimaldab liigutusega seotud suuremat lihaskoormust. Osaline liikuvuse ulatusega jõutreening võib aga olla eriti kasulik lihasvõimsuse parandamiseks, eriti sportlastel, kes peavad tegema plahvatuslikke liigutusi (Wolf *et al.*, 2023).

Bagheri *et al.*, (2019) uuris ülakeha, alakeha ja kombineeritud jõutreeningu mõju isomeetrilisele reie nelipealihaste ja mõlema käe haardejõule keskealistel meestel. Uuringus osales 40 keskealist meest keskmises vanuses  $46,5 \pm 3,1$  eluaastat, kes määrati juhuslikult ühte neljast rühmast: ülakeha treeningurühm (ÜK)  $n=10$ , alakeha treeningurühm (AK)  $n=10$ , kombineeritud üla- ja alakeha treeningurühm (ÜAK)  $n=10$  ja kontrollrühm (K)  $n=10$ . Treeningurühmad treenisid 3 korda nädalas 8 nädala jooksul. Treeningu koormuseks määrati 50-80% 1 KM-st, treeningutel 3-4 seeriat ja seerias 8-15 kordust. Tulemused näitasid, et kõigis kolmes treeningurühmas v.a. kontrollrühm, kus muutusi ei esinenud suurenes isomeetiline reie nelipealihaste lihasjõud ja isomeetiline haardejõud. Reie nelipealihase isomeetiline lihasjõud suurenes oluliselt kõikides treeningurühmades võrreldes kontrollrühmaga ( $p < 0,05$ ), keskmiselt paranes tulemus ÜK 2,4 kg, AK 4,6 kg ja ÜAK 3,6 kg. AK puhul suurenes isomeetiline reie nelipealihaste lihasjõud suuremal määral kui ÜAK või AK treeningurühmal ( $p < 0,05$ ). Käe isomeetrilisel haardejõul ilmnis märkimisväärne tõus kõigis treeningurühmades võrreldes kontrollrühmaga ( $p < 0,05$ ). Parema käe isomeetiline haardejõud paranes ÜK treeningurühmal keskmiselt 4,6 kg, AK rühmal 2,4 kg, ÜAK rühmal 2,7 kg ja vasaku käe

isomeetriline haardejõud paranes ÜK rühmal 3,2 kg, AK 1,5 kg ning ÜAK rühmal 3,2 kg. ÜK suurenes parema ja vasaku käe isomeetriline haardejõud suuremal määral kui ÜAK ja AK eraldi ( $p < 0,05$ ) (Bagheri *et al.*, 2019).

Callahan *et al.*, (2021) uuringus osales 35 istuva eluviisiga keskealist meest vanuses  $39 \pm 3$  aastat, kes jaotati juhusliku valiku tulemusena treeningurühmadesse ja sellele järgnes kuus nädalat, kas vastupidavustreeningut (VT)  $n=12$ , kõrge intensiivsusega intervalltreeningut (KIIT)  $n=12$  või jõutreeningut (JT)  $n=11$ , millele omakorda järgnes 2,5 nädalat treeningupausi. Uuriti jõuvõimeid. Jõutreening puhul sooritati 3 treeningut nädalas, treeningul 3-4 seeriat, seerias 9-12 kordust 60-80% 1 KM-st. Lihaskõuet hinnati algtasemel ning pärast treeningut ja treeningupausi. Tulemused näitasid, et jalapressi 1 KM suurenes  $70 \text{ kg} \pm 31 \text{ kg}$  ( $p < 0.001$ ); reie nelipealihaste sirutuste 1 KM suurenes  $23 \text{ kg} \pm 11 \text{ kg}$  ( $p < 0.001$ ) ja lamades surumise 1 KM suurenes vastavalt  $10 \pm 4 \text{ kg}$  ( $p < 0.001$ ). Pärast treeningu katkestamise perioodi säilis maksimaalse lihaskõue suurenemine JT rühmas (Callahan *et al.*, 2021).

Zdzieblik *et al.*, (2021) uuringus analüüsiti jõutreeningu mõju jõuvõimetele, mida sooritati kolm korda nädalas 60 minuti jooksul. Autorid viisid läbi uuringu, milles osales 31 tervet keskealist meest vanuses 30–60 aastat, kes ei tegelenud regulaarselt jõutreeninguga. Mõõdeti jalgade isomeetrilist lihaskõuet ja keha koostist. Lihaskõuet hinnati algtasemel ning 12 nädala pärast. 1-2 nädalal sooritati treeningul 15 kordust 70% KM-st, nädalal 3–4: 12 kordust 75% 1 KM-st, nädalal 5-8: 10 kordust 80% 1 KM-st; nädalal 9–12: 8 kordust 85% 1 KM-st. Juhul, kui kõik seeriad sooritati õige tehnikaga, suurendati koormust 5–10%. Kõigil osalejatel oli oluliselt ( $p < 0,01$ ) paranenud jalagade lihaskõued ligikaudu 100 N ehk 10 kg (Zdzieblik *et al.*, 2021).

Balachandran *et al.*, (2023) uurisid traditsioonilise ja kergema koormusega jõutreeningu mõju lihaskõuele, lihaskõuetusele, haardejõuele, lihaskõuetusele ja jõuvastupidavusele keskealistel. 23 täiskasvanut, kelle keskmine vanus oli 59 aastat, kellest 61% olid naised, kes jaotati kahte rühma: traditsiooniline jõutreening (TJ)  $n=11$  (8–12 kordust) või kergem koormus, suuremad kordused (KKSK)  $n=12$  (20–24 kordust). Alakeha lihaskõuetust hinnati pneumaatilise jalapressi abil, määrati kolme korduse suurim tippkõuetus, seeriade vaheline puhkepaus kestis 1 min. Istme asend võimaldas lähteasendis säilitada põlve  $90^\circ$  nurka. Pärast lihaskõuetuse hindamist hinnati alakeha maksimaalset lihaskõuetust 1 KM testiga pneumaatilisel jalapressil. Pärast 3 soojendusseeriat 50–70% nende tajutavast maksimaalsest mahust saadi 1 KM 4–6 seeriaga. Järjestikuste katsete vahel anti 2–3-minutiline puhkus ja vastupanu

suurendati järk-järgult 2,5–20 kg. Peatamise kriteeriumiks oli täieliku korduse sooritamata jätmise õige vormi abil või testimise jätkamisest keeldumine. Jõuvastupidavuse hindamiseks kasutati 65% 1 KM-i, mis sooritati suutlikuseni. Korduste koguarv registreeriti. Ülakeha lihasjõudu mõõdeti domineerival käel Jammari haardejõu dünamomeetriga, nagu eelnevalt kirjeldatud. Registreeriti suurim väärtus kahe katse jooksul. Lihaskontsentratsiooni hinnati võimalikult kiiresti läbi viidud toolilt tõusmise testi abil. Osalejatel paluti istuda tooli keskel, käed risti rinnal, ja täita 10 toolilt tõusmist nii kiiresti kui võimalik. Koguaeg registreeriti. Iga tempo kohta tehti kaks katset 1-minutilise puhkepausiga ja registreeriti kiirem aeg. 1 KM jalapressi lihasjõud suurenes TJ rühmas  $146 \pm 57$  kg ja KKS rühmas  $157 \pm 54$  kg. 65% 1 KM lihasjõud suurenes TJ:  $95 \pm 37$  kg ja KKS:  $101 \pm 36$  kg. Jalapressi lihasvõimsus suurenes TJ rühmas  $1076 \pm 427$  W ja KKS-s  $1152 \pm 463$  W. Haardejõud suurenes TJ rühmas  $38 \pm 13,1$  kg ja KKS-s  $38,25 \pm 11,2$  kg. Lihaskontsentratsioon toolilt tõusmise testis paranes TJ rühmas  $20,8 \pm 4,3$  s ja KKS rühmas  $18,2 \pm 4,1$  s. Jõuvastupidavus suurenes TJ rühmas keskmiselt 2 korduse võrra, 6,1 % ja KKS rühmas paranes 10 korduse võrra, 37 %. Uuring ei võimaldanud tuvastada statistiliselt olulisi erinevusi, seega tuleks rühmadevahelisi võrdlusi vaadelda kriitiliselt. Leiti, et kogu keha hõlmav kõrge intensiivsusega jõutreening kergemate koormustega (20–24 kordust) parandas mõlema treeningurühma lihasjõudu, lihasvõimsust, haardejõudu, lihasfunktsiooni ja jõuvastupidavust (Balachandran *et al.*, 2023).

#### 4.2. Jõutreeningu mõju vanemaealiste inimeste jõuvõimetele

Bezerra *et al.*, (2019) uurisid kiirusliku jõu jõutreeningu (KJT) mõju jõuvõimete arengule vanemaealistel naistel. 6 naist vanuses  $65 \pm 5$  aastat sooritas 8 nädala vältel jõutreeningut, sagedusega kolm treeningut nädalas, kusjuures treeningu koormused ja kordused põhinesid kükiharjutuse keskmisel kontsentrilisel pingutusel. Harjutustena sooritati jõuvõimete parandamiseks kang turjal kükist hüppeid 4 seeriat ja 6 kordust seerias 30-50% 1 KM-st. Tulemused näitasid, et märkimisväärselt paranes reie nelipealihaste ja reie kakspealihaste lihasvõimsus, lihasjõud, kõndimiskiirus ja lihasfunktsioon. Lisaks täheldati uuritutel külgmise reie pakslihaste ja reie sirglihaste lihasmassi olulist suurenemist. Tõusmis-kõndimis testi kiirus paranes 1 sekund, keskmiselt 7 sekundilt 6-le ( $p \leq 0,01$ ), kükist üleshüppe tulemus paranes keskmiselt 3 cm, 10 cm-lt 13-le cm ( $p = 0,03$ ). Kangiga kükist üleshüppe, kang turjal, tulemus paranes statistiliselt oluliselt ( $p = 0,04$ ), keskmiselt 8 kg, 10 kg-lt 18 kg-ni ja reie nelipealihase dünaamiline sirutus isokineetilisel dünamomeetril  $0,2 \text{ Nm} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( $p = 0,04$ ). Reie nelipealihase sirutusjõud isomeetrisel pingutsel ja reie kakspealihase dünaamiline pingutusjõud jäseme kõverdamisel statistiliselt oluliselt ei muutunud. Leiti, et KJT võib parandada vanemaealiste

inimeste jõuvõimete arengut. KJT võib olla alternatiiv traditsioonilisele jõutreeningule vanemaealistel, kellel võib olla raskusi suurte treeningu koormuste käsitlemisel ja kellel on suurem vigastuste oht (Bezerra *et al.*, 2019).

Lavin *et al.*, (2019) uuring käsitles jõuharjutuste võimalusi võitluses vananemisega kaasnevate muutuste mõju vähendamiseks närvi-lihassüsteemile. Uuringu tulemustest selgus, et vanemaealistel vanuses 65-78 eluaastat on soovitatav teha vähemalt 2 kogu keha jõutreeningut nädalas, minimaalse efektiivsusega 1 päev nädalas ja maksimaalse efektiivsusega 3 päeva nädalas. 20-nädalases uuringus parandas suure treeningumahuga treeninguprogramm, 3 seeriat või 1 täieliku väsimuseni seeria, oluliselt keskealiste lihasjõudu, lihasvastupidavust ja 400-meetrise kõndimise aega. Antud uuringus sooritati vaatlusalustel isotoonilise lihasjõu 1 KM testi seitsme harjutuse puhul, mõõdeti isokineetilist ja isomeetrilist põlvesirutaja lihasjõudu ning lihasvastupidavust istes rinnalt surumise masina ja jalapressi harjutuste puhul. Füüsiline sooritus hõlmas ajastatud toolilt tõusmist, tavalist ja kiiret 6-meetrist kõndi, 6-meetrist tagurpidi kõndimist, 400-meetrist kõndimist, põrandalt tõusmist püsti ja trepist üles kõndimist. Lisaks määrati vaatlusaluste keha koostis. Mõlemad treeninguprogrammid parandasid funktsionaalseid liigutusi (toolilt tõus, 6-meetrine tagurpidi kõndimine, trepist üles kõndimine) ja lihasvastupidavust. Antud uuringus polnud välja toodud konkreetseid parameetreid. Uuring toetab järkjärgulise treeningukoormuse suurendamise teooriat, millest lähtuvalt treeningute käigus muudetakse seeriade mahtu, sagedust ja/või intensiivsust (Lavin *et al.*, 2019).

Blocquiaux *et al.*, (2020) uuris treenimise, treeningupausi ja uuesti treeningute alustamise mõju vanemaealiste meeste lihasjõule. Uuringus osales 40 tervet vanemaealist meest, kes jagati vastavatesse treeningurühmadesse: treenijate rühm (TR) n=30, keskmine vanus  $66 \pm 5$  aastat; kontrollrühm (KR) n=10, keskmine vanus  $65 \pm 5$  aastat, kes osalesid 12-nädalases jõutreeningus, millele järgnes 12-nädalane treeningupaus ja uuesti treeningute alustamine. Harjutustena sooritati jalapressi ja reie nelipealihaste sirutusi masinal. 1-4 nädalal tehti 2 seeriat ja 15 kordust 65% 1 KM-st, 4-8 nädalal 3 seeriat ja 12 kordust 70% 1 KM-st, 8-12 nädalal 3 seeriat 8 kordust 80% 1 KM-st, 24-28 nädalal 2 seeriat ja 15 kordust 65% 1 KM-st, 28-32 nädalal 3 seeriat ja 12 kordust 70% 1 KM-st ja 32-36 nädalal 3 seeriat 8 kordust 80% 1 KM-st. Kokkuvõttes jalapressi 1 KM paranes, arvestades treeninguperioodi, treeningupausi ja taas treeningute alustamist, 100 kg. Samuti teostati reie nelipealihaste dünamomeetril isomeetrilist, isotoonilist ja isokineetilist maksimaalset kontraktsiooni testi 90° kraadise põlve nurga all. Jõutreening parandas oluliselt reie nelipealihaste isomeetrilist, isotoonilist ja isokineetilist lihasvõimsust. Kokkuvõttes, arvestades treeninguperioodi, treeningupausi ja taas

treeningute alustamist, isomeetriline paranes 40 W, isotooniline paranes 20 W ja isokineetiline paranes 20 W ( $p < 0,001$ ). Treeningupaus põhjustas mõõduka jõuvõimete ja lihasvõimsuse kaotuse -5 kuni -15% ( $p \leq 0,004$ ) (Blocquiaux *et al.*, 2020).

Cardozo *et al.*, (2019) uurisid ringtreeningu harjutuste järjekorra mõju vanemaealiste lihasjõule ja lihasfunktsioonile. Uuringus osales 30 istuva eluviisiga naist vanuses 60–70 eluaastat, kes osalesid 12-nädalases ringtreeningu programmis, mis koosnes kuuest jõuharjutusest: lamades surumine, vertikaalne ploki tõmme istudes, jalapress, reie nelipealihaste sirutused, reie kakspealihaste painutused ja õlapress. Osalejad jaotati juhuslikult ühte kahest treeningurühmast: traditsiooniliste jõuharjutuste (TJ)  $n=15$  treeningurühm sooritas harjutusi traditsioonilises järjekorras (mitut liigest kuni üht liigest hõlmavad lihasgrupid), samas kui mittetraditsiooniliste jõuharjutuste (MTJ)  $n=15$  treeningurühm sooritas harjutusi vastupidises järjekorras (üht liigest kuni mitut liigest hõlmavad lihasgrupid). Mõlemad rühmad treenisid kolm korda nädalas sama treeningu intensiivsuse ja treeningumahuga ehk 3 seeriat treeningul ja 8-10 kordust ( $p \leq 0.05$ ). Lihasjõudu hinnati iga harjutuse 10 KM testiga koormusega 70% 1 KM-st, tõuse ja liigu testiga ning kuueminutilise jalutuskäigu katse abil. Tulemused näitasid, et mõlemad rühmad parandasid oluliselt oma lihasjõudu ja lihasfunktsiooni, kusjuures rühmade vahel olulisi erinevusi ei olnud. Siiski oli TJ treeningurühmal jalapressi 10 KM tõus suurem võrreldes MTJ treeningurühmaga. Teistes harjutustes rühmade vahel olulisi erinevusi ei olnud. Jalapressi 10 KM suurenes TJ-l 25 kg-lt 40 kg-le, suurenemine 60%; vertikaalne ploki tõmme suurenes 18 kg-lt 28 kg-le, suurenemine 55%; põiatõusud suurenesid 12 kg-lt 17 kg-le, suurenemine 41% ja küünarvarte sirutused suurenesid 19 kg-lt 26 kg-le, suurenemine 35%. MTJ rühmas suurenes jalapressi 10 KM 24 kg-lt 38 kg-le, suurenemine 58%; vertikaalne ploki tõmme suurenes 17 kg-lt 27 kg-le, suurenemine 58,8%; põiatõusud suurenesid 14 kg-lt 19 kg-le, suurenemine 35,7% ja küünarvarte sirutused suurenesid 17 kg-lt 30 kg-le, suurenemine 76%. Tõuse ja liigu testi aeg vähenes TJ-l ligikaudu 4 s võrra ja MTJ-l samuti 4 s võrra. Kuueminutilise jalutuskäigu katse aeg vähenes TJ-l 40 s võrra ja MTJ-l 20 s võrra (Cardozo *et al.*, 2019).

Suetta *et al.*, (2019) uuris lihasjõudu, lihasvõimsust ja füüsilist võimekust vanemaealistel, kellest 729 olid naised vanuses  $56.4 \pm 18.9$  eluaastat ja 576 mehed vanuses  $57.0 \pm 17.5$  eluaastat. Meestel oli kõigis vanusevahemikes naistega võrreldes kõrgem haardejõud (HJ) reie nelipealihaste sirutustes (RNS) dünamomeetril ( $p < 0,001$ ). HJ ja RNS vähenesid vanusega järk-järgult nii meestel kui naistel; HJ ligikaudu 3 kg võrra ja RNS ligikaudu 30 W võrra ( $p < 0,01$ ); 30-sekundiline istumis-tõusmis testi lihasfunktsioon (ITL), harjumuspärane

kõnnikiirus (HKK) ja maksimaalne kõnnikiirus (MKK) vähenesid nii meeste kui ka naiste vanuse kasvades kiirendatud langusega ( $p < 0,001$ ); ITL vähenes ligikaudu 3 korduse võrra, HKK vähenes ligikaudu 0,1 m/s võrra, MKK vähenes samuti ligikaudu 0,1 m/s võrra. HKK vähenes meestel ja naistel vanuses  $\geq 70$  aastat, samas kui MKK vähenes alates vanusest  $\geq 60$  aastat võrreldes noorte täiskasvanutega ( $p < 0,001$ ). Sõltumata soost vähenes 30-sekundiline IT alates vanusest  $\geq 50$  aastat võrreldes noore võrdlusrühmaga ( $p < 0,001$ ) (Suetta *et al.*, 2019).

Dupont *et al.*, (2019) näitasid uuringus jõuharjutuste mõju jõuvõimetele vanemaealistel meestel ja naistel vanuses  $>60$  eluaastat. Sooritades 3 korda nädalas jõuharjutusi 12 nädala jooksul suurenes nii üla- kui ka alakeha lihasjõud ja 1 KM. Täpsemalt suurenes reie nelipealihaste ja reie kakspealihaste lihasjõud ja paranes istumis-tõusmise testi ning tõusmistesti aeg (Dupont *et al.*, 2019).

Dolan *et al.*, (2019) uurisid samuti jõutreeningu mõju vanemaealiste meeste ja naiste jõuvõimetele. Vanemaealistega vanuses 55-71 eluaastat läbi viidud uuring näitas, et jõutreening parandab oluliselt lihaste adaptiivset reaktsiooni treeningukoormusele. Sellest tulenevalt on võimalik suurem treeningu intensiivsus ja kiirem treeningujärgne taastumine. Jõutreeningu tulemusena 2-3 korda nädalas 12-24 nädala jooksul suurenes jalapressi ja lamades surumise lihasjõud ning lihasfunktsioon, mida hinnati 30-sekundiise toolilt tõusmise testiga, kuid see ei mõjutanud reie nelipea sirutuste, küünarvarte painutuste, isomeetrilise või isokineetilise lihasvõimsust (Dolan *et al.*, 2019).

Hanach *et al.*, (2019) uurisid jõutreeningu mõju haardejõule ja jalapressi lihasjõule. Kaasamiskriteeriumitele vastas 3 uuringut, milles osales 182 osalejat vanuses  $61 \pm 5$  ja  $81 \pm 1$  eluaastat. Haardejõudu dünamomeetril ja jalapressi sooritati 1 KM testina. Leiti, et jõutreening 3-5 korda nädalas 12 nädala jooksul ei parandanud statistiliselt oluliselt haardejõudu ja jalapressi lihasjõudu vaadeldavatel vanuserühmadel (Hanach *et al.*, 2019).

Ko *et al.*, (2020) uuringus osales 6 vaatlusalust vanuses  $66.6 \pm 10.3$  eluaastat, kellel uuriti jõutreeningu mõju jõunäitajatele. Jõunäitajate poolest uuriti haardejõudu ja 6 meetri kõnnikiirust. Leiti, et viienädalane jõutreening parandas oluliselt vanemaealistel jõuvõimete arengut ja lihasjõudu. Sarkopeeniaeelses alarühmas olid haardejõud ja kõnnikiirus pärast treeninguperioodi suuremad. Haardejõud suurenes 3 kg ja kõnnikiirus 0,15 m/s võrra. Antud parameetrid langesid aga järk-järgult 17. nädalal, eriti haardejõud alla 65-aastastel isikutel (langus 1 kg) ning kõnnikiirus (langus 0,06 m/s) ja haardejõud  $\geq 65$ -aastastel isikutel (langus 1

kg). Uuring näitab, et 5 nädalane jõutreening vähendab lühiajaliselt sarkopeenia mõju, mis taandub 12 nädala jooksul pärast treeningute katkestamist (Ko *et al.*, 2020).

Liao *et al.*, (2019) uuring näitas jõutreeningu mõju lihasjõule. Pikemaajaline jõutreening (> 6 nädalat) parandas oluliselt 73 eluaastastel vanemaealistel lihasjõudu (Liao *et al.*, 2019).

Pina *et al.*, (2019) võrdles erinevate jõutreeningu sageduste mõju lihasjõule vanemaealistel naistel. Uuringusse kaasati 39 vanemat naist keskmises vanuses 64,1 aastat, kes jaotati juhuslikult kahte treeningurühma: kaks korda nädalas treeniv rühm (KAR) n=19 või kolm korda nädalas treeniv rühm (KOR) n=20. Kõik osalejad läbisid 24-nädalase jõutreeningu programmi, mis hõlmas harjutusi peamistele lihasrühmadele, mis omakorda jagati kaheks 12-nädalaseks jõutreeningu perioodiks. Esimesel treeninguperioodil sooritasid osalejad 1 seeria 10-15 kordust seerias igast kaheksast harjutusest, samas kui teisel treeninguperioodil sooritasid nad 2 seeriat 10-15 kordust seerias. Jõuvõimete arengut hinnati rinnapressi, reie nelipealihaste sirutuste ja küünarvarre painutuste 1 KM testiga. Tulemused näitasid, et mõlemad kaks treeninguviisi parandasid oluliselt vanemaealiste naiste lihasjõudu. Treeningrühmade vahel olulisi erinevusi ei olnud. Lihasjõud paranes KAR rühmas 19,5% ja KOR rühmas 22,2% (Pina *et al.*, 2019).

Pina *et al.*, (2020) uuris veel ühes oma uuringus erinevate jõutreeningu sageduste mõju jõuvõimetele vanemaealistel naistel. Uuringus osales 47 väheliikuvat vanemaealist naist keskmises vanuses  $65 \pm 4$  aastat, kes jaotati juhuslikult kahte treeningurühma: kaks treeningut nädalas (KAT) või kolm treeningut nädalas (KOT). Kõik treeningurühmad sooritasid samu harjutusi sama treeninguintensiivsuse ja treeningumahuga, kuid seeriade koguarv võrdsustati treeningute sageduse alusel. Treeninguprogramm kestis 12 nädalat, iga nädal rakendati progresseeruvat treeningukoormust. Jõutreeninguprogramm töötas kogu keha 8 harjutusega, millest üks oli vabade raskustega harjutus ja seitse harjutust masinatega, mida sooritati järgmises järjekorras: istes rinnalt surumine masinal, reie nelipealihaste sirutused, vertikaalne ploki tõmme, reie kakspealihaste painutused, küünarvarre painutus Scotti pingil, istudes sääretõsted, küünarvarre sirutused ja istesetõusud. Iga seeria sooritati maksimaalselt 10-15 kordusega, välja arvatud istuva sääre tõstmine (15-20 kordust) ja kõhutüve painutamine (20-30 kordust, ilma täiendava väliskoormuseta). KAT puhul sooritati iga harjutus kolme seeriaga, KOT puhul aga kaks seeriat ühe harjutuse kohta. Puhkus seeriade ja harjutuste vahel oli vastavalt 1-2 min ja 2-3 min. Katsealuseid juhendati ekstsentrilise faasi ajal sisse hingama ja kontsentrilises faasis välja hingama, säilitades samal ajal konstantse liikumiskiiruse suhtega

ligikaudu 1:2 (vastavalt kontsentiline ja ekstsentriline faas). Koormust suurendati järk-järgult igal nädalal 2-lt 5%-le ülajäsemete harjutuste puhul ja 5-10%-ni alajäsemete harjutuste puhul, kui see oli asjakohane. Maksimaalset jõuvõimekust hinnati 1 KM testide abil, milleks kasutati lamades surumist ja reie nelipealihaste sirutusi masinal. Iga harjutuse testimisele eelnes soojendusseria 6-10 kordust ligikaudu 50% 1 KM-st esimesel katsel kasutatud hinnangulisest koormusest. Seda soojendust kasutati ka katsealuste tutvustamiseks testimisseadmete ja tõstetehnikaga. Testimisprotseduuri alustati kaks minutit pärast soojendamist. 1 KM-testide ajal julgustati osalejaid tegema määratud koormusega kaks kordust ja kolm katsed saavutada 1 KM-i kõigis harjutustes. Puhkepaus oli iga katse vahel 3–5 minutit ja harjutuste vahel 5 minutit. Iga harjutuse tehnika oli töökindluse tagamiseks standardiseeritud ja seda jälgiti pidevalt. Kõiki 1 KM-i testimisi juhendasid kaks kogenud instruktorit, et tagada testimiste ohutus ja korratavus. Verbaalset julgustust pakuti iga testi vältel. Viidi läbi kolm 1 KM-testi, mille vahe oli 48 tundi (istes rinnalt surumine masinal: SEE [hinnangu standardviga] = 0,46 kg ja ICC [klassisisene korrelatsioonikordaja] > 0,97; reie nelipealihaste sirutused: SEE = 1,67 kg ja ICC > 0,91) ja 1 KM registreeriti kui kõige raskem tõstetud koormus, mille puhul katseisik suutis kolme testi hulgas sooritada ainult ühe maksimaalse soorituse. Uuringuga leiti, et märkimisväärset tõus oli lihasjõu määratlemisel 1 KM testis lamades surumises KAT rühmas 11,8% ja KOT rühmas 11,9% ( $p = 0,76$ ) ning reie nelipealihaste sirutuste harjutuses KAT rühmas 17,4% ja KOT rühmas 10,8% ( $p = 0,06$ ) (Pina *et al.*, 2020).

Ribeiro *et al.*, (2020) töid uuringus välja, et vanemaealiste reie nelipealihaste sirutuste lihasvõimsus suurenes pärast 12 nädalat 45° jalapressitreeningut, kuid seal reie kakspealihaste painutustes lihasvõimsus ei suurenenud, mis viitab sellele, et ainult jalapress võib põhjustada põlveliigeses tasakaalustamatust. Seega suletud kineetilise ahela harjutused (kük ja 45° jalapress) ei tohiks kasutada isoleeritud harjutusena vanemaealistel inimestel (Ribeiro *et al.*, 2020).

Shea *et al.*, (2019) uuringus uuriti jalapressi lihasvõimsust ja 1 KM lihasjõudu, haardejõudu, tagurpidi kõnni ja trepist kõndmise ajakulu. Terved vanemaealised vanuses  $\geq 60$  eluaastat puhul sooritasid jalgade lihajõu ja lihasvõimsuse määramiseks harjutusi jalapressi masinal, tehes kiirelt täieliku liikuvuse ulatusega 2 seeriat, seerias 5 kordust 40-70% 1 KM-st. Leiti, et jalapressi võimsus suurenes 40% 1 KM-st ligikaudu 180 W ( $p = 0,61$ ), jalapressi võimsus suurenes 70% 1 KM-st ligikaudu 48 W ( $p = 0,60$ ), jalapressi 1 KM suurenes ligikaudu 58 kg ( $p = 0,84$ ), haardejõud suurenes 0,6 kg ( $p = 0,86$ ), tagurpidi kõnni aeg vähenes 5 s ( $p = 0,82$ ) ja trepist kõnni aeg vähenes 0,17 s ( $p = 0,99$ ) (Shea *et al.*, 2019).

Talar *et al.*, (2021) uuring hõlmas 25 juhuslikult valitud uuringut, milles osales kokku 2267 uuritavat keskmises vanuses  $\geq 65$  eluaastat. Jõuvõimete arengule keskendunud treeningud kestsid 24-36 nädalat, 3 treeningut nädalas, treeningul 2-3 seeriat, seerias 6-12 kordust ja harjutuste raskuseks oli vastavalt 60-85% 1 KM-st. Tehti nii reie nelipealihaste sirutusi, reie kakspealihase painutusi, istes rinnalt surumist masinal, horisontaalis ploki tõmmet, jalapressi ja küünarvarte painutusi. Jõutreening parandas algstaadiumis jõuvõimete arengut ja lihasjõudu. Sooritati unilateraalselt reie nelipealihaste sirutuste 1 KM teste, puusatõstete 1 KM teste ja jalapressi 1 KM teste. Samuti istumis-seismis lihasjõu testi ja isomeetrilist ning isokineetilist unilateraalset reie nelipealihaste sirutuste testi. Leiti statistiliselt oluline haardejõu ja alajäsemete lihasjõu paranemine ( $p < 0,001$ ) (Talar *et al.*, 2021).

Tomeleri *et al.*, (2023) uurisid jõuharjutuste järjestuse mõju lihasjõule vanemaealistel naistel. Uuringus osales 44 istuva eluviisiga naist vanuses  $>60$  eluaastat, kes jaotati juhuslikult ühte kolmest jõuharjutuste treeningurühmast: üheliigeselistest harjutustest mitmeliigeseliste harjutusteni (ÜLML), mimeliigeselistest harjutustest üheliigeseliste harjutusteni (MLÜL) või kontroll (K) treeningurühm. Maksimaalset jõuvõimekust hinnati 1 KM testiga istes rinnalt surumise masinal, reie nelipealihaste sirutuste ja pingil istudes küünarvarte painutustega. Osalejad sooritasid igas harjutuses kolm katsset kolme testimise ajal. Kolm 1 KM-i testimist viidi läbi hommikul, testimiste vaheline taastumise aeg 48 tundi. Puhkeperiood harjutuste vahel oli viis minutit ja katsete vahel 3-5 minutit. 1 KM registreeriti kui suurem tõstetud raskus, milles osaleja suutis sooritada ainult ühe maksimaalse korduse. Lihasjõud määrati 1 KM testi harjutuste kogusummaga. Korrellatsioonikordaja nende testide jaoks oli  $\geq 0,96$  ja standardviga  $\leq 2,0$  kg. Leiti, et ÜLML treeningurühmas lihasjõud paranes rohkem kui MLÜL treeningurühmas. Nimelt ÜLML-s suurenes lihasjõud 18 kg võrra, aga MLÜL-s 12 kg võrra ( $p < 0,05$ ) (Tomeleri *et al.*, 2023).

Kirk *et al.*, (2019) uurisid 16-nädalase jõutreeningu programmi mõju lihasjõule. Vaatlusalisteks olid 24 vanemaealist inimest vanuses  $\geq 60$  eluaastat. Lisaks füüsilise aktiivsuse taset hinnati ka 6 kuud pärast treeningu programmi lõpetamist. Treeninguid sooritati nädalas täieliku väsimuseni 2 korda nädalas mitte järjestikustel päevadel. Iga jõutreening kestis ligikaudu 50 min. Alustati 5-minutilise soojendusega madala intensiivsusega jooksulindil, sõudeergomeetril või jalgrattal, seejärel jätkati 45-minutilise kogu keha jõuharjutustega. Osalejad sooritasid esmalt ühe kerge raskusega üla- ja alakeha soojendusseeria. Seejärel valisid osalejad ise mõõduka raskuse ja sooritasid väsimuse saavutamiseks 2 tööseeriat, mis eraldati 3 minuti puhkepausidega tööseeriade vahel ja 3 minutiga jõuharjutuste vahel. Jõuharjutustena

sooritati järgnevas järjekorras jalapressi, istes rinnalt surumist, põiatõuse, õlapressi, horisontaalset ploki tõmmet ja alaseljatõsteid. Küünarvarte painutusteks kasutati vabaraskusega kangi, kuna masinapõhist võimalust ei olnud. Jõuharjutuste puhul suurendati raskust vastavalt 2,5 kg ja 5 kg võrra, kui osaleja sooritas mõlemas tööseerias rohkem kui 12 kordust. Maksimaalset pingutust ja progresseeruvat treeningukoormust toetas pädev treener. Leiti, et lihasjõu 1 KM väärtused suurenesid jalapressi puhul  $39 \text{ kg} \pm 7 \text{ kg}$  ( $p = 0,006$ ), istes rinnalt surumine  $22 \text{ kg} \pm 4 \text{ kg}$  ( $p < 0,001$ ) ja küünarvarte painutused  $7 \text{ kg} \pm 0 \text{ kg}$  ( $p = 0,002$ ). Järelekontrolli käigus teatas 86% vanematest täiskasvanutest, et nad teevad füüsilist tegevust rohkem kui 1 nädalas. Neist 61% osales endiselt jõu- ja aeroobsetel treeningutel (Kirk *et al.*, 2019).

Vikberg *et al.*, (2019) uurisid 10-nädalase jõutreeningu mõju haardejõule 70-aastastel meestel ja naistel, kellel oli sarkopeenia. Vaatlusalusteks oli 34 osalejat. Kasutati haardejõu dünamomeetrit. Osalejatel paluti samal ajal seista hoides mittedomineerivat kätt 90 kraadise nurga all vöökoha lähedal ja seejärel mõõdeti maksimaalset haardejõudu kilogrammides. Maksimaalne väärtus, mis saadi kahel järjestikusel katsel, registreeriti. Leiti, et haardejõud paranes 0,5 kg võrra ( $p = 0,41$ ) (Vikberg *et al.*, 2019).

Zhu *et al.*, (2019) hindasid 12-24 nädalase jõutreeningu programmi mõju vanemaealiste jõuvõimetele. Uuringusse valiti juhuslikult 40 Hiinas elavat vanemaealist inimest vanuses  $\geq 65$  eluaastat, kellel oli sarkopeenia. Treeningprogramm koosnes 90-minutilise rühmatreeningust kaks korda nädalas ja ühest kodutreeningust 1 kord nädalas 12 nädala jooksul. Rühmatreeningud hõlmasid 5–10-minulist soojendus- ja lõdvestusrutiini, 20–30-minutilise toolipõhiseid jõuharjutusi treeningukummide abil ja 20-minutilise aeroobseid harjutusi. Leiti, et kõnnikiirus paranes 0,16 s võrra ( $p = 0,602$ ), haardejõud paranes 3 kg võrra ( $p = 0,094$ ), reie nelipealihaste sirutused paranesid samuti 3 kg võrra ( $p < 0,0001$ ), toolilt tõusmine paranes 3 s võrra ( $p = 0,004$ ), toppispalli vise paranes 0,13 m ( $p = 0,152$ ), 6-minutiline kõnnitest paranes 12 m võrra ( $p = 0,796$ ) (Zhu *et al.*, 2019).

### **4.3. Jõutreeningu mõju keskealiste inimeste lihashüpertroofiale**

Sartori *et al.*, (2021) käsitlesid keerulisi mehhanisme, mis põhjustavad lihasatroofiat ja lihashüpertroofiat. Lihashüpertroofia tekib vastusena anaboolsetele stiimulitele, nagu jõutreening, erinevad kasvufaktorid ja mehaaniline pinge. Lihasmassi ja lihasfunktsiooni säilitamisel on tähtsus üldise tervise ja elukvaliteedi jaoks. Lihaste väsimusel võivad olla

tõsised tagajärjed ja see nõuab sihipärast sekkumist. Leiti, et lihasatroofia ja lihashüpertroofia mehhanismide mõistmisel on oluline mõju tervisele ja haigustele (Sartori *et al.*, 2021).

Travis *et al.*, (2020) uurisid lihashüpertroofia mõju lihasjõule ja lihasvõimsusele. Osalejad jagati kahte treeningurühma: spordiala põhised (SP) ja mitte spordiala põhised (MSP) treeningurühmad. Mõlemad treeningurühmad tegid kuus nädalat jõutreeningut, kuid SP-rühm keskendus oma valitud spordiala (näiteks sprint, kaugushüpe, erinevad jõualad) harjutustele, samas kui MSP-rühm kasutas treeningutel traditsioonilisi jõuharjutusi. Mõlema treeningurühma lihasjõud ja lihasvõimsus suurenesid märkimisväärselt, kuid SP-rühma spordiala tulemused paranesid MSP-rühmaga võrreldes rohkem. SP-rühmal oli märkimisväärselt paranenud sprindiaeg, vertikaalhüppe kõrgus ja reaktsioonikiirus, samas kui MSP rühmas oli märkimisväärne paranemine ainult kang turjal kükis ja lamades surumise harjutuses. Metaanalüüsist leiti, et spordialaspetsiifiline lihashüpertroofia treening võib olla tõhus lähenemisviis sportlaste jõunäitajate parandamiseks ning lihashüpertroofia aluseks olevate füsioloogiliste mehhanismide paremaks mõistmiseks (Travis *et al.*, 2020).

Morton *et al.*, (2019) rõhutasid progresseeruva treeningukoormuse, sobiva treeningumahu ja treeningu intensiivsuse ning piisava taastumise tähtsust nii lihasjõu kui ka lihashüpertroofia optimeerimisel. Metaanalüüs demonstreeritakse erinevate treeninguprogrammide tõhusust lihasjõu ja lihashüpertroofia arendamiseks, sealhulgas suure ja väikese treeningumahuga ning cluster seeriatega (lühikesed puhkepausid üksikute korduste või seeriatega vahel) tõhusust. Metaanalüüs, mis koosnes 21 uuringust, näitas, et jõutreeningust põhjustatud lihashüpertroofia korral pole suuremad treeningukoormused vajalikud. Tõepoolest, lihashüpertroofia on sarnane väiksema treeningukoormuse 30-50% 1 KM-st ja suurema treeningukoormuse >70% 1 KM-st vahel, kui treeningukoormuseid tõstetakse kuni täieliku suutlikuseni. Lisaks seeriates soovitav sooritada >10 kordust ja <15 seeriat lihasgrupi kohta nädalas (Morton *et al.*, 2019).

Ribeiro *et al.*, (2019) uurisid treeningule eelnevat lihaste väsitamise tehnikat arendamiseks lihashüpertroofiat. Harjutustena kasutati jalapressi ja reie nelipealihaste sirutusi, mida sooritati 1 seeria, seerias 15 kordust 30-60% 1 KM-st. Olemasoleva kirjanduse põhjal leiti, et põhitreeningule eelnev lihaste kurnamine ei paranda mitmeliigeseliste harjutuste jõutreeningu puhul sihtlihase neuromuskulaarset aktiivsust, kuid võib oluliselt parandada sünergilise lihase aktiivsust. Treeningukoormuse seisukohast soosib lihaste eelnev kurnamine suuremat treeningumahu koormust, mis on peamiselt tingitud üheliigeseliste harjutuste

sooritatavate korduste arvu suurenemisest, kuid see võib vähendada mitmeliigeselise harjutuse treeningukoormust. Praeguste andmete vähesus ei võimalda teha järeldusi lihashüpertroofia otsese mõju kohta lihastele. Lihaste treeningueelne väsitamine võib olla strateegia, mida kasutada lihashüpertroofia treeningu mesotsükli ajal. Suuremahulise treeninguprogrammi ajal võib treeningumahu säilitamise hõlbustamiseks kasutada lihaste treeningueelset kurnamist. Teisest küljest võib selline toimine mõjuda pikas plaanis negatiivselt kogu treeningumahule (Ribeiro *et al.*, 2019).

Callahan *et al.*, (2021) uuris oma uuringus ka lihashüpertroofiat. Skeletilihaskiudude omadusi hinnati algtasemel ning pärast treeningut ja treeningupausi. Tulemused näitasid, et rasvavaba kehamass suurenes pärast jõutreeningut  $3,2 \pm 1,6\%$  ( $p < 0,05$ ). Jõutreeningu tulemusena II tüüpi lihaskiudude ristlâbilõike pindala suurenes ja I tüüpi lihaskiudude osakaal vähenes. Pärast treeningu katkestamise perioodi säilis suurenenud lihasmass JT rühmas (Callahan *et al.*, 2021).

Totó *et al.*, (2020) vaatlesid nelja uuringut võrdlemaks lihashüpertroofia mõju tavaliste seeriade (TS) ja cluster seeriade (CS) vahel. Mehed treenisid vähemalt 2 korda nädalas, 5-12 nädala jooksul, tehes iga jõuharjutuse jaoks 4 seeriat ja seerias 10 kordust. Cluster seeriade treeningurühm sooritas 4 seeriat 30-sekundilise puhkepausiga iga seeria vahel. Samas traditsiooniliste seeriade treeningurühm sooritas 4 seeriat järjest 2-minutilise puhkepausiga iga harjutuse vahel. Koormus oli vastavalt kas 60-75% 1 KM-st või 10 KM. Mõõdeti biitsepsi ja trititsepsi lihasmassi ultraheli abil ning hinnati lihasjõudu 1 KM testide abil küünarvarre painutus- ja sirutusharjutuste tegemisel. Uuring näitas, et mõlemal treeningurühmal oli pärast 5-t või 12-nädalast jõutreeningut oluliselt suurenenud lihasmass ja lihasjõud (Totó *et al.*, 2020).

Sarnaseid seoseid Travis *et al.*, (2020) uuringule leiab ka Reggiani *et al.*, (2020) uuring, kus lihashüpertroofia ja lihasjõu vahel on korrelatsioon, kuid see ei tähenda tingimata põhjuslikku seost. Lihashüpertroofiat ja lihasjõudu võivad mõjutada erinevad tegurid, nagu neuraalsed protsessid ja muutused lihaskiudude tüübis. Lihashüpertroofia ja lihasjõud ei ole tingimata sõltuvad muutujad ning lihasmassi suurendamisele suunatud sekkumised ei pruugi alati kaasa tuua vastavat jõuvõimete arengut (Reggiani *et al.*, 2020).

Fragala *et al.*, (2019) uuring leidis, et keskealistel meestel vanuses >50 eluaastat, et nii I kui ka II tüüpi lihaskiudude ristlâbilõike pindala suureneb vastavalt 33 ja 27%. Kompuutertomograafilised uuringud näitavad ka reie nelipealihaste lihasmassi üldist

suurenemist pärast 30-nädalast jõutreeningut keskmise intensiivsusega 50-75% 1 KM-st kuni kõrge intensiivsusega 75-90% 1 KM-st. Treeningul seeriaid sooritati vastavalt 1-3 seeriat, seerias tehti 8-12 kordust ning treeninguid nädalas oli 2-3 korda. Harjutustena sooritati istes rinnalt surumist masinal, õlapressi, küünararte sirutusi ja painutusi, plokil vertikaalis ja horisontaalis tõmmet, alaselja tõsteid, istesetõuse, reie nelipealihaste sirutusi ja reie kakspealihase painutusi ning põiatõuse. Huvitav on see, et treenimata meeste skeletilihased näitavad I ja II tüüpi lihaskiudude struktuuris mõningaid erinevusi (Fragala *et al.*, 2019).

Zdzieblik *et al.*, (2021) uuringus analüüsiti jõutreeningu mõju ka lihahüpertroofiale, mida sooritati kolm korda nädalas 60 minuti jooksul. Antud uuringus määrati vaatlusaluste rasvavaba massi ja rasvamassi muutused röntgenabsorptsiomeetria meetodiga (DXA). Kõigil osalejatel oli oluliselt paranenud rasvavaba mass  $1,83 \pm 2,09$  kg, skeletilihassmass  $0,514 \pm 1,05$  kg ja rasvamass vähenenud  $3,39 \pm 3,13$  kg ( $p < 0,01$ ) (Zdzieblik *et al.*, 2021).

Negaresh *et al.*, (2019) uuris kogu keha jõutreeningu (KKJT) mõju skeletilihaste hüpertroofiale sarkopeenilistel keskealistel meestel. Uuringusse võeti 31 keskealist meest vanuses 55-70 eluaastat, kes jaotati kahte gruppi: terved keskealised mehed (TKM)  $n=15$  ja sarkopeenilised keskealised mehed (SKM)  $n=16$ . Uuritavad osalesid 8-nädalases KKJT programmis, mis koosnes kolmest treeningust nädalas. Jõutreening sisaldas iga treeningu alguses 10 minutit soojendust ja 10 minutit lõdvestust. Jõutreening koosnes 4 seeriast ja 10 kordusest seerias. Puhkepausid harjutuste ja seeriade vahel olid vastavalt 3 min ja 1 min. Korduste mustrit määras metronoom, mille järgi iga kordus kestis 3 s, 1,5 s kontsentiline pingutus ja 1,5 s ekstsentriline pingutus. Harjutustena sooritati lamades surumist, istes rinnalt surumist masinal, reie nelipealihaste sirutusi, kükki, reie nelipealihaste sirutusi, küünarvarte sirutusi, küünarvarte painutusi, vertikaalset ploki tõmmet ja õla press. Treeningkoormus oli esimesel nädalal 50% 1 KM-st; koormuse suurenemisega 5% 1 KM/nädalas (viimane nädal: 85% 1 KM-st). Skeletilihaste hüpertroofiat hinnati ultraheliuuringu abil, et mõõta reie nelipealihaste ristlääbilõike pindala. Tulemused näitasid, et sarkopeenilise rühma tugevus suurenes rohkem kui tervetel ( $p < 0,05$ ). Nimelt reie nelipealihaste ristlääbilõike pindala suurenes rohkem aga tervete rühmal ( $p < 0,05$ ), nimelt TKM-l suurenes  $62 \text{ cm}^2$ -lt  $65 \text{ cm}^2$ -le ja SKM-l suurenes  $57 \text{ cm}^2$ -lt  $58 \text{ cm}^2$ -le. Reie kakspealihaste ristlääbilõike pindala suurenes samuti rohkem tervete rühmal, nimelt TKM-l suurenes  $27 \text{ cm}^2$ -lt  $29 \text{ cm}^2$ -le ja SKM-l suurenes  $25 \text{ cm}^2$ -lt  $26 \text{ cm}^2$ -le (Negaresh *et al.*, 2019).

Nunes *et al.*, (2021a) metaanalüüs uuris jõuharjutuste järjestuse mõju keskealiste lihahüpertroofiale, kes olid vanuses 40-60 eluaastat. Jõutreeningut tehti 12 nädalat, 2 korda nädalas, 1 seeria treeningul lihasgrupi kohta ja 8-12 kordust seerias. Harjutustena tehti lamades surumist, reie nelipealihaste sirutusi, plokil lendamist rinnalihastele, ploki ülevedu, istesetõususid, alaselja tõsteid ja vertikaalset ploki tõmmet. Leiti, et järjestus mitmeliigeselisest harjutustest (ML) üheliigeselise harjutuseni (ÜL) võib olla kiirem lihasmassi üldiseks kasvuks (võrreldes järjestusega vastupidiselt). Antud meetod võimaldab sooritada suuremat treeningumahtu (see tähendab rohkem kordusi ja/või üldist koormust, eriti mitmeliigeselistes harjutustes, mis aktiveerib rohkem lihasrühmi). Keskendudes konkreetse lihasrühma (nt suur rinnalihas) lihahüpertroofiale, on parem sooritada üksikuid üheliigeselisi harjutusi (nt plokil lendamine rinnalihastele) enne mitmeliigeselisi harjutusi (nt lamades surumine kangiga), et tagada selle konkreetse lihasgrupi suurem stimulatsioon. Jõuharjutuste järjestus ei omanud statistiliselt olulist mõju lihahüpertroofia arengule (Nunes *et al.*, 2021a).

Ogawa *et al.*, (2023) uurisid vabaraskustega ja oma keharaskusega põhineva jõutreeningu mõju lihaste ristlääbilõike pindalale keskealistel inimestel. Vaatlusalusteks olid keskealised inimesed vanuses 30–64 aastat, kes määrati kas vabaraskustega treeningurühma (VT)  $n = 21$  või oma keharaskusega treeningurühma (OKT)  $n = 16$ . Mõlemad treeningurühmad tegid kogu keha jõuharjutusi 2 korda nädalas 8 nädala jooksul. VT jõuharjutused (küübid, lamades surumine, jõutõmme, horisontaalsed hantli tõmbed ja alaselja tõsted) hõlmasid treeningu koormust 70% 1 KM-st kolme seeriaga 8–12 kordust harjutuse kohta. Üheksa kehamassil põhinevat jõuharjutust (lamades koos jalgade tõsted, küübid, tagumistele deltadele lendamised, pea kohal sooritatav õla mobiilsus harjutus, sõudeergomeeter, rööbaspuudel surumised, väljaasted, ühe jalaga rumeenia jõutõmme ja kätekõverdused) sisaldasid maksimaalselt võimalikke kordusi treeningu kohta, mis sooritati üks või kaks seeriat. Reie keskosa magnetresonantspildid tehti kahepunktilise Dixoni meetodil enne ja pärast treeningut. Piltide põhjal mõõdeti lihaste ristlääbilõike pindala (LRP). Mõlemad rühmad näitasid oluliselt suurenenud lihaste LRP-d pärast treeningut, sest VT-s ( $p = 0,001$ ) ja OKT-s ( $p = 0,002$ ). LSR-i sisaldus VT-s vähenes oluliselt ( $p = 0,036$ ), kuid ei muutunud oluliselt OKT-s ( $p = 0,076$ ). Need tulemused viitavad sellele, et vabaraskustega ja oma keharaskusel põhinevad jõuharjutused võivad esile kutsuda lihahüpertroofiat (Ogawa *et al.*, 2023).

#### 4.4. Jõutreeningu mõju vanemaealiste inimeste lihahüpertroofiale

Wackerhage *et al.*, (2019) uurisid erinevaid mõjutusi, mis käivitavad skeletilihaste hüpertroofia pärast jõuharjutusi. Vanemaealised mehed vanuses  $70 \pm 5$  eluaastat sooritasid reie nelipealihase sirutusi 20–90% 1 KM-st. See uuring näitas suuremat lihasvalkude sünteesi suuremate koormuste korral, saavutades haripunkti 60–90% 1 KM-st. Lisaks leiti, et lihaspinge, organismi metaboolne stress ja lihaskahjustus olid kolm peamist tegurit, mis käivitasid lihahüpertroofia. Arvatakse, et lihaskahjustus, mis tekib lihaskiudude liigsel kurnamisel, põhjustab lihahüpertroofiat satelliitrakkude aktiveerimise kaudu, mis vastutavad lihaste taastumise ja lihaskasvu eest (Wackerhage *et al.*, 2019).

Nunes *et al.*, (2021b) uurisid, kas jõutreeningu mahu võrdsustamine erinevate lihahüpertroofiale keskendunud treeninguprogrammide vahel tooks kaasa sarnased muutused lihasmassis, lihasjõus ja jõuvastupidavuses. Metaanalüüsist leiti, et treeningumahu võrdsustamine erinevate lihahüpertroofiale keskendunud treeninguprogrammide vahel võib viia sarnaste muutusteni lihasmassis, lihasjõus ja jõuvastupidavuses (Nunes *et al.*, 2021b).

Roberts *et al.*, (2020) uuringus jagati varem treenimata vanemaealised mehed jagati madala intensiivsusega treeningurühma (MITR) ja kõrge intensiivsusega treeningurühma (KITR). Mõlemad treeningurühmad tegid 6 kuud kogu keha jõutreeningut, kuid MITR kasutas raskusi, mis vastasid 55% 1 KM-st, samas kui KITR kasutas raskusi, mis vastasid 82% 1 KM-st. Ülakeha ja alakeha tugevust mõõdeti vastavalt istes rinnalt surumise masina ja jalapressi harjutustega enne ja pärast jõutreeningut. Seejärel kõik osalejad ei treeninud 12 kuud ja lihastugevust hinnati uuesti. KITR sai jõutreeninguga rohkem lihasjõudu juurde, mida oli oodata, kuid KITR-s oli pärast ulatuslikku treeninguperioodi rohkem lihasjõudu kui MITR-s. Huvitav on see, et lihasjõu ja lihasvõimsuse suurenemine jõutreeninguga toimub enne lihahüpertroofiat. Jõutreeningu perioodidel võivad lihaskiudude hüpertroofia korral tekkida erinevad morfoloogilised muutused. Uuring kinnitab, et sarkoplasmaatiline hüpertroofia omab rolli jõutreeningul (Roberts *et al.*, 2020).

de Santana *et al.*, (2021) uurisid optimaalset jõutreeningu mahtu, et parandada keskealiste lihasmassi tundlikkust. Selleks, et vanemad inimesed saaksid palju kasu jõutreeningust, tuleb treeningmuutujaid vastavalt korrigeerida. Uuringus nõustatakse, et treeningu maht on lihahüpertroofia jaoks oluline, aga selle mõju ulatuse osas üksmeel puudub. Järelikult puudub vanemate inimeste jõutreeningue reageerimise oluliseks parandamiseks mõeldud treeningumahu optimaalne tase. Uuringust tuleb välja, et optimaalne treeningumaht

vanemaealistel võib põhineda seeriade arvul lihasrühma kohta, hõlmates vähemalt 10 seeriat nädalas. Ilmselt ei tähenda see seda, et vanemad inimesed ei reageeriks muudele treeningumahtudele vähem kui 10 seeriat, vaid ainult seda, et mõnel mittereageerival või madala reageerimisvõimega inimesel võivad olla konkreetses vahemikus kiiremad morfoloogilised muutused. Praktikas saab pärast esialgset treeningu perioodi treeningu mahtu selles vahemikus jaotada ja kohandada vastavalt individuaalsetele erisustele, et saavutada kiiremaid tulemusi. Selle seeriade arvu saavutamiseks tuleb hoolikalt valida jõuharjutused iga lihasrühma ja iganädalase sageduse jaoks (de Santana *et al.*, 2021).

Dolan *et al.*, (2019) uuringus toodi välja, et jõutreening võib anda märkimisväärset kasu ka skeletilihassmassi mõjutamisele vanemas populatsioonis. Vanemaealistega vanuses 55-71 eluaastat läbi viidud uuring näitas, et jõutreeningu tulemusena 2-3 korda nädalas 12-24 nädala jooksul suurenes rasvavaba kehamass, sooritades 30-sekundilist toolilt tõusmise testi (Dolan *et al.*, 2019).

Cardozo *et al.*, (2019) uurisid ringtreeningu harjutuste järjekorra mõju ka vanemaealiste rasvaprotsendile, rasvavaba kehamassile ja rasvamassile. Uuringus osales 30 istuva eluviisiga naist vanuses 60–70 eluaastat, kes osalesid 12-nädalases ringtreeninguprogrammis, mis koosnes kuuest jõuharjutusest: lamades surumine, istes ploki tõmme, jalapress, reie nelipealihaste sirutused, reie kakspealihaste painutused ja õlapress. Osalejad jaotati juhuslikult ühte kahest treeningurühmast: traditsiooniliste jõuharjutuste (TJ) n=15 treeningurühm sooritas harjutusi traditsioonilises järjekorras (mitut liigest kuni üht liigest hõlmavad lihasgrupid), samas kui mittetraditsiooniliste jõuharjutuste (MTJ) n=15 treeningurühm sooritas harjutusi vastupidises järjekorras (üht liigest kuni mitut liigest hõlmavad lihasgrupid). Rasvaprotsent vähenes TJ rühmas ligikaudu 2% võrra ja MTJ rühmas ligikaudu 1,5% võrra. Rasvavaba kehamass suurenes TJ rühmas ligikaudu 1 kg võrra ja MTJ rühmas samuti 1 kg võrra. Rasvamass vähenes TJ rühmas ligikaudu 1 kg võrra ja MTJ rühmas samuti 1 kg võrra (Cardozo *et al.*, 2019).

Moro *et al.*, (2020) uuris 12-nädalase progresseeruva jõutreeningu programmi mõju lihaskiutüüpide spetsiifilisele skeletilihaste hüpertroofiale vanemaealistel. Uuringusse kaasati 19 vanemat vanemaealist meest n=10 ja naist n=9 vanuses  $71,1 \pm 4,3$  eluaastat. Treeninguid sooriati nädalas 3 tükki ja tehti kogu keha hõlmavaid harjutusi. Harjutustena toodi uuringus välja jalapress ja reie nelipealihaste sirutused. Treeningutel sooritati 3 seeriat, seerias 15 kordust 60% 1 KM-st. Programmi lõpu osas sooritati 3 seeriat, seerias 10 kordust 70% 1 KM-st. Enne

treeningu intensiivsuse parandamist 60-lt 65-le või 70%-le 1 KM-st viidi läbi iga kuu 6 KM test. Oluliseks aspektiks oli uuringul see, et uuriti lihaste ristlabilõike pindala. Lihaste ristlabilõike pindala, olenemata kiu tüübist, näitas statistilist tendentsi lihashüpertroofia tekkeks, kus tõusuks saadi 20,6% ( $p = 0,09$ ). Eraldades I ja II tüüpi lihaskiududeks, oli oluline põhimõju nii kiutüübile kui ka treeningule. Analüüs näitas, et treeningueelne I tüüpi lihaskiu ristlabilõike pindala oli suurem kui II tüüpi lihaskiu ristlabilõike pindala ( $p = 0,04$ ) ja treeninguga suurenes oluliselt ainult II tüüpi lihaskiu ristlabilõike pindala, kus kasvuks saadi 23,3% ( $p = 0,03$ ). Jõutreening kutsus esile II tüüpi lihaskiudude osakaalu suurenemise ja samaaegse I tüüpi lihaskiudude osakaalu vähenemise. Nimelt jõutreeningu tulemusena suurenes II tüüpi lihaskiudude osakaal 51%-lt 58%-le ja I tüüpi lihaskiudude osakaal vähenes 49%-lt 42%-le. Keskmise lihaste ristlabilõike pindala suurenes märkimisväärselt ainult II tüüpi lihaskiududes 23,3% ( $p < 0,05$ ) (Moro *et al.*, 2020).

Nunes *et al.*, (2021a) uurisid jõuharjutuste järjestuse mõju ka vanemaealiste lihashüpertroofiale, kes olid vanuses  $\geq 60$  eluaastat. Jõutreeningut tehti 7 nädalat, 3 korda nädalas, 2 seeriat treeningul lihasgrupi kohta ja 10-15 kordust seerias. Harjutustena tehti lamades surumist, reie nelipealihaste sirutusi, küünarvarte sirutusi ja painutusi, reie kakspealihaste painutusi, reie eemaldajaid ja lähendajaid, vertikaalset ploki tõmmet. Leiti, et harjutuste järjekord ei oma mõju vanemaealiste lihashüpertroofiale (Nunes *et al.*, 2021a).

Nunes *et al.*, (2020) uuringus võeti aluseks 12-nädalane jõutreeningu (JT) programm, mille puhul sooviti leida, kuidas skeletilihasmassi (SLM) kasvule reageerivad (R) ja mittereageerivad (MR) vanemaealised naised. 39 vanemat naist vanuses  $\geq 60$  eluaastat läbisid 24-nädalase kogu kehale keskenduva JT-programmi 2-3 korda nädalas, kaheksa harjutust, 1–2 seeriat treeningul, 10–15 kordust seerias. Uuringus hinnati vaatlusaluste SLM-i röntgenabsorptsiomeetria meetodiga (DXA). Osalejaid peeti R-ks, kui nad ületasid piirväärtuse pärast 12-nädalast JT programmi, samas kui MR olid need, kes ei jõudnud SLM-i piirini. Tulemused näitasid, et 22 naisest MR treeningurühmas koges ainult 3 inimest SLM-i kasvu, mis ületasid pärast 12 täiendavat treeningunädalat reageerimispotentsiaali piirväärtust. Samas 19 naist MR treeningurühmas säilitasid või esitasid negatiivseid SLM-i muutuseid. 17 naist R treeningurühmas jätkasid kõik SLM-i kasvu pärast teist 12-nädalast JT programmi. Olulist korrelatsiooni SMM-i muutuste ja osalejate mis tahes algtaseme vahel ei täheldatud. MR-d ei näidanud muutusi ülemiste jäsemete pehmetes kudedes, sest treeningueelne tulemus oli  $4,5 \pm 0,7$  kg ja pärast treeningut samuti  $4,5 \pm 0,7$  kg; alajäseme pehmetes kudedes oli treeningueelne tulemus  $13,8 \pm 2,1$  kg ja pärast treeningut samuti sarnane tulemus  $13,8 \pm 2,0$  kg ja kogu keha

rasvavaba pehme koe tulemus treeningueelselt oli  $38,1 \pm 5,1$  kg ja pärast treeningut samuti sarnane tulemus  $38,1 \pm 4,9$  kg. R näitas märkimisväärset kasvu ülemiste jäsemete pehmetes kudedes, sest treeningeelne oli tulemus  $4,1 \pm 0,9$  kg ja pärast treeningut oli suurenenud  $4,4 \pm 0,9$  kg; alajäseme pehmetes kudedes oli treeningeelne tulemus  $13,0 \pm 2,5$  kg ja pärast treeningut oli tulemus  $13,8 \pm 2,4$  kg ja kogu keha rasvavaba pehme koe tulemus oli treeningueelselt  $36,7 \pm 6,7$  kg ja pärast treeningut oli tulemus  $38,3 \pm 6,7$  kg. Hinnangulise SLM-i muutuste puhul ei täheldatud olulist erinevust rühmade vahel kummalgi ajahetkel, sest enne treeningut R-rühmal  $18,65 \pm 3,9$  kg ja MR-rühmal  $20,27 \pm 3,2$  kg, treeningu keskel R-rühmal  $19,50 \pm 3,9$  kg ja MR-rühmal  $20,29 \pm 3,1$  kg, pärast treeningut R-rühmal  $19,92 \pm 3,8$  kg ja MR-rühmal  $20,12 \pm 3,1$  kg. Kõik SMM-i muutused kogu treeningperioodi jooksul olid R treeningurühma puhul oluliselt suuremad kui MR treeningurühmas ( $p < 0,001$ ). R rühm näitas märkimisväärset kasu treeningueelsest treeningust kuni treeningu keskpaigani ja ka treeningu keskpaigast treeningujärgseni, kuigi viimane oli märkimisväärselt madalam kui esimene. Ükski 22-st MR osalejast ei saavutanud teises 12-nädalases jõutreeningu faasis SMM-i kasvu üle reageerimisvõime piirpunkti. 17 osalejast, keda peeti R-ks esimese 12 nädala jooksul, võtsid ainult 4 osalejat SLM-i teises treeningufaasis juurde rohkem kui 0,580 kg ja 13-l oli muutus 0 kg ja 0,580 kg vahel. MR ei näidanud mõõdetavat muutust pärast esimest 12 treeningnädalat ega saavutanud mingit kasu treeningu keskpaiga ja treeningujärgse vahel. Keskmise protsentuaalne muutus treeningueelselt treeningu keskpaigani oli R puhul keskmiselt 4,7% ja MR puhul keskmiselt 0,2%, samal ajal kui treeningu keskpaigast treeningujärgseks muutuseks oli R puhul keskmiselt 2,3% ja MR puhul vähenes keskmiselt 0,9%. Eeltreeningust treeningujärgseks oli keskmine muutus R puhul keskmiselt 7,1% ja MR puhul vähenes keskmiselt 0,6%. Arvestades kogu valimit, leiti SLM-st lihasvõimsuse statistiliselt mitteolulist suurenemist. Leiti, et mõned vanemaealised naised on R-d, samas kui teised on JT-st tulenevalt MR-d SLM-i kasvule (Nunes *et al.*, 2020).

Pina *et al.*, (2020) uuris oma uuringus ka erinevate jõutreeningu sageduste mõju lihasmassile ja rasvkoele vanemaealistel naistel. Uuringus osales 47 väheliikuvat vanemaealist naist keskmises vanuses  $65 \pm 4$  aastat, kes jaotati juhuslikult kahte treeningurühma: kaks treeningut nädalas (KAT) või kolm treeningut nädalas (KOT). Kõik treeningurühmad sooritasid samu harjutusi sama treeninguintensiivsuse ja treeningumahuga, kuid seeriade koguarv võrdsustati treeningute sageduse alusel. Treeninguprogramm kestis 12 nädalat, iga nädal rakendati progresseeruvat treeningukoormust. Jõutreeninguprogramm töötas kogu keha 8 harjutusega, millest üks oli vabade raskustega harjutus ja seitse harjutust masinatega, mida

sooritati järgmises järjekorras: istes rinnalt surumine masinal, reie nelipealihase sirutused, vertikaalne ploki tõmme, reie kakspealihaste painutused, küünarvarte painutus Scotti pingil, istudes sääretõsted, küünarvarte sirutused ja istesetõusud. Iga seeria sooritati maksimaalselt 10-15 kordusega, välja arvatud istuva sääre tõstmine, mida sooritati 15-20 kordust ja kõhutüve painutamine 20-30 kordust, ilma täiendava väliskoormuseta. KAT puhul sooritati iga harjutus kolme seeriaga, KOT puhul aga kaks seeriat ühe harjutuse kohta. Puhkus seeriate ja harjutuste vahel oli vastavalt 1-2 min ja 2-3 min. Katsealuseid juhendati ekstsentrilise faasi ajal sisse hingama ja kontsentrilises faasis välja hingama, säilitades samal ajal konstantse liikumiskiiruse suhtega ligikaudu 1:2 ehk vastavalt kontsentriline ja ekstsentriline faas. Koormust suurendati järk-järgult igal nädalal 2-lt 5%-le ülajäsemete harjutuste puhul ja 5-10%-ni alajäsemete harjutuste puhul, kui see oli asjakohane. Tulemused näitasid, et mõlemad treeningurühmad parandasid oluliselt lihaskiudu, lihasmassi ja rasvavaba kehamassi ning vähenes ka keha rasvaprotsent. Lihasmass suurenes märkimisväärselt mõlemas treeningurühmas. KAT rühmas suurenes 1,7% ja KOT rühmas 1,7% ( $p = 0,83$ ), samas kui keharasv vähenes pärast treeninguperioodi KAT rühmas 0,7% ja KOT rühmas 2,9% ( $p = 0,09$ ) (Pina *et al.*, 2020).

Straight *et al.*, (2020) metaanalüüs uuris vanemaealiste jõutreeninguga seotud skeetilihaskiudude suurenemist. Nende töö hõlmas 35 uuringut, milles osales kokku 1089 osalejat vanuses 59-89 eluaastat, kes sooritasid jõutreeningut vähemalt üheksa nädalat. Vaatluselused sooritasid nädalas 2-3 treeningut, koormusega 40-80% 1 KM-st. Peamised tulemused olid lihaskiudude osakaalu muutused. Metaanalüüsi tulemused näitasid, et jõutreening parandas vanemaealistel lihaskiudude suurus, kusjuures suurimat paranemist täheldati 60–69-aastastel osalejatel. Täpsemalt suurenes I ja II tüüpi lihaskiudude suurus 60–69-aastastel osalejatel. Tulemused näitasid, et I tüüpi lihaskiudude suurus suurenes pärast struktureeritud jõutreeningut ( $p < 0,001$ ). I tüüpi lihaskiudude suurenemine oli järjepidev, kuna 36 juhtu (81,8%) olid nullist suuremad, 11,4% väikese, 20,4% keskmise, 18,2% suure ja 31,8% väga suure mõjuga. Sarnaseid muutusi täheldati ka 30 juhu puhul, mis uurisid II tüüpi lihaskiudude suuruse muutuseid ning täheldati suuremaid muutuseid kui I tüüpi lihaskiudude puhul ( $p < 0,001$ ). II tüüpi lihaskiude osakaalu suurenemine oli samuti olemat järjekindel, kuna 27 juhtu (90,0%) olid nullist suuremad, 3,3% väikese, 10,0% keskmise, 30,0% suure ja 46,7% väga suure mõjuga. II tüüpi lihaskiudude alatüüpe uuriti harvemini; kõik näitasid aga kiu suuruse paranemist pärast jõutreeningut. IIA tüüpi lihaskiud ( $p < 0,001$ ), IIX tüüpi lihaskiud ( $p = 0,03$ ) ja IIAX tüüpi lihaskiud ( $p < 0,001$ ) (Straight *et al.*, 2020).

Pina *et al.*, (2019) võrdles erinevate jõureeningu sageduste mõju ka lihassmassile vanemaealistel naistel. Uuringusse kaasati 39 vanemat naist keskmises vanuses 64,1 aastat, kes jaotati juhuslikult kahte treeningurühma: kaks korda nädalas treeniv rühm (KAR) n=19 või kolm korda nädalas treeniv rühm (KOR) n=20. Kõik osalejad läbisid 24-nädalase jõutreeningu programmi, mis hõlmas harjutusi peamistele lihaskühmadele, mis omakorda jagati kaheks 12-nädalaseks jõutreeningu perioodiks. Esimesel treeninguperioodil sooritasid osalejad 1 seeria 10-15 kordust seerias igast kaheksast harjutusest, samas kui teisel treeninguperioodil sooritasid nad 2 seeriat 10-15 kordust seerias. Tulemused näitasid, et mõlemad kaks treeninguviisi parandasid oluliselt vanemaealiste naiste lihassmassi. Treeningurühmade vahel ei olnud olulisi erinevusi üheski tulemuses. Lihassmass paranes KAR rühmas 3,0% ja KOR rühmas 1,6%. Suurema lihassmassi saavutasid nii kaks kui ka kolm korda nädalas treenijad, kuid erinevused ei olnud statistiliselt olulised (Pina *et al.*, 2019).

Huang *et al.*, (2021) viis läbi juhuslikult valitud uuringute metaanalüüsi, kus uuriti jõutreeningu mõju  $\geq 60$ -aastaste vanemaealiste rasvavaba kehamassi suurenemisele. Jõutreeningut sooritati 2-5 korda nädalas, 2-4 seeriat treeningul, seerias 8-20 kordust 50-85% 1 KM-st. Harjutustena sooritati reie nelipealihaste sirutusi, jalapressi, istes rinnalt surumist masinal ja küünarvarte painutusi. Analüüsiti 20 uuringut. Leiti, et jõutreening suurendas vanemaealiste rasvavaba kehamassi ligikaudu 0,6 % ( $p = 0,05$ ) (Huang *et al.*, 2021).

Gharahdaghi *et al.*, (2019) uuris 9 terve vanemaealise mehe rasvavaba lihassmassi, rasvaprotsendi, lihaste diameeter, lihaste ristlabilõike pindala ja I ning II tüüpi lihaskiudude ristlabilõike pindala muutuseid vanuses 65-75 eluaastat. Treeninguprogramm hõlmas kolm korda nädalas kogu keha jõuharjutusi, milleks olid reie nelipealihaste sirutused, jalapress, reie kakspealihase painutused, plokil vertikaalne tõmme, õlapress ja istes rinnalt surumine masinal. Treeningutel sooritati 3 seeriat ja seerias 8-10 kordust 80% 1 KM-st 6 nädala jooksul. Leiti, et kogu rasvavaba lihassmass suurenes pärast 6-nädalast jõutreeningut 54.1 kg kuni 54.8 kg ( $p = 0,007$ ). Lisaks vähenesid rasvaprotsent ja rasva kogumass oluliselt. Jõutreeningu programmi tulemusena suurenes lihaste diameeter ja reie nelipealihase ristlõike pindala oluliselt ( $p < 0,0001$ ). I ja IIa tüüpi lihaskiudude ristlabilõike pindala suurenes pärast jõutreeningu programmi ( $p < 0,05$ ), kuid IIx tüüpi lihaskiudude ristlabilõike pindala suurenes märkimisväärselt olulisemalt 3455  $\mu\text{m}^2$  kuni 4576  $\mu\text{m}^2$  (Gharahdaghi *et al.*, 2019).

Talar *et al.*, (2021) uuring hõlmas 25 juhuslikult valitud uuringut, milles osales kokku 2267 uuritavat keskmises vanuses  $\geq 65$  eluaastat. Lihassmassi arengule suunatud treeningud

kestsid 12 nädalat, 3 treeningut nädalas, treeningul seeriad 3 tükki ja seerias 8-12 kordust 2-3 minutiliste puhkepausidega seeriade vahel, harjutuste raskused 60-70% 1 KM-st. Jõutreening parandas lihasmassi ( $p = 0.002$ ) ja vähendas rasvamassi ( $p = 0.001$ ) sarkopeenia hilises staadiumis (Talar *et al.*, 2021).

Tomeleri *et al.*, (2023) uurisid jõuharjutuste järjestuse mõju rasvamassile ja rasvaprotsendile vanemaealistel naistel. Uuringus osales 44 istuva eluviisiga naist vanuses >60 eluaastat, kes jaotati juhuslikult ühte kolmest jõuharjutuste treeningurühmast: üheliigeselistest harjutustest mitmeliigeseliste harjutusteni (ÜLML), mimeliigeselistest harjutustest üheliigeseliste harjutusteni (MLÜL) või kontroll (K) treeningurühm. Mõlemad treeningurühmad sooritasid samu harjutusi (jalapress, lamades surumine, vertikaalne ploki tõmme istudes, reie nelipealihaste sirutused, õlapress, küünarvarte painutused ja sirutused) ja treenisid kolm korda nädalas, 3 seeriat treeningul 10-15 kordust seerias, 12 nädala jooksul. Leiti, et ÜLML treeningurühmas vähenes rasvamass rohkem kui MLÜL treeningurühmas. Nimelt ÜLML-s vähenes ligikaudu 2 kg võrra ja MLÜL-s vähenes ligikaudu 1 kg võrra. Rasvaprosent vähenes ÜLML-s ligikaudu 3% võrra ja MLÜL-s ligikaudu 2% võrra (Tomeleri *et al.*, 2023).

Blocquiaux *et al.*, (2020) uuris treenimise, treeningupausi ja uuesti treeningute alustamise mõju ka vanemaealiste lihaskiudude osakaalule. Jõutreening suurendas reie nelipealihaste lihasmassi parameetreid kuni 10% ( $p < 0,001$ ) ja suurendas II tüüpi lihaskiudude osakaalu poole võrra 20%-lt 10%-le ( $p = 0,034$ ), mille tulemusena vähenes I tüüpi lihaskiudude osakaal. Treeningupaus põhjustas II tüüpi lihaskiu ristlabilõike pindala vähenemise 17% ( $p = 0,087$ ). 12-nädalast taastreeningut seostati II tüüpi lihaskiudude hüpertroofiaga 29% ( $p = 0,050$ ) ja I tüüpi lihaskiu ristlabilõike pindala osakaalu suurenemisega. IIA tüüpi lihaskiude analüüs eraldi näitas märkimisväärset vähenemist antud lihaskiudude suuruses pärast treeningupausi, võrreldes treeningujärgsete muutustega. I tüüpi lihaskiudude suuruses ei toimunud muutuseid pärast treeningupausi (Blocquiaux *et al.*, 2020).

## 5. ARUTELU

Uurides jõutreeningu mõju keskealiste inimeste jõuvõimetele, leiti et jõutreeninguga seotud treeningurühmad näitasid lihasjõu ja lihasvõimsuse paranemist. Läbiv põhimõte oli see, et jõutreening on tõhus lähenemisviis keskealiste inimeste erinevate jõuvõimete parandamiseks. Nii osaline kui ka täieliku ulatusega jõutreening võib viia lihasjõu ja lihasvõimsuse olulise paranemiseni, mis võib tuua kaasa täiendavaid eeliseid plahvatuslikke liigutusi vajavatele sportlastele (Wolf *et al.*, 2023). Kubo *et al.*, (2019) leidsid, et madalad kui ka sügavad küikid võivad meestel olla tõhusad reie nelipealihaste, reie kakspealihaste ja adduktorite lihasmahu suurendamiseks. Mitmed uuringud näitasid, et lihasmass ja lihasjõud vähenevad vanuse kasvades keskealistel inimestel ning rõhutasid sihipäraste sekkumiste, näiteks jõutreeningu rakendamise tähtsust, et võidelda nende vanusega seotud probleemide vastu (Lavin *et al.*, 2019 ja Suetta *et al.*, 2019). Balachandran *et al.*, (2023) kogu keha hõlmav kõrge intensiivsusega jõutreeningu uuring näitas, et kergemate koormustega 20–24 kordust on keskealiste jõuvõimete arendamiseks parim. Lisaks leiti, et jõutreening toob kaasa lihasmassi ja lihasjõu märkimisväärse paranemise isegi pärast treeningu katkestamise perioodi, rõhutades jõutreeningu pikaajalisele mõjule selles populatsioonis (Callahan *et al.*, 2021). Bagheri *et al.*, (2019) uurisid erinevat tüüpi jõutreeningu mõju isomeetrilistele reie nelipealihaste sirutustele ja haardejõule keskealistel meestel. Leiti, et kõigil kolmel treeningurühmal (ülakeha, alakeha ja kombineeritud) paranes oluliselt isomeetiline lihasjõud, rõhutades taaskord jõutreeningu üldist tõhusust keskealiste inimeste lihasjõu parandamisel. Sartori *et al.*, (2021) andsid väärtuslikke teadmisi lihashüpertroofia ja lihasatroofia mehhanismidest. Nende mehhanismide mõistmine on lihasmassi ja lihasfunktsiooni säilitamiseks oluline ning tõstab esile jõutreeningu rolli lihasatroofia ennetava meetmena keskealistel inimestel. Zdzieblik *et al.*, (2021) leidsid samuti, et jõutreening parandas keskealistel meestel keha koostist ja lihasjõudu. Li *et al.*, (2023) leidsid, et jõutreening koos verevoolu piiramisega võib tõhusalt parandada alajäsemete lihasjõudu ja kõndimisvõimet keskealistel inimestel.

Jõutreeningu mõju osas vanemaealiste inimeste jõuvõimetele oli üks järjepidev leid uuringutes jõutreeningu oluline kasu lihaste tervise erinevatele aspektidele. Nimelt on uuringud, mille viisid läbi Bezerra *et al.*, (2019), Blocquiaux *et al.*, (2020), Cardozo *et al.*, (2019), Dupont *et al.*, (2019), Dolan *et al.*, (2019), Gharahdaghi *et al.*, (2019), Hanach *et al.*, (2019), Huang *et al.*, (2021), Ko *et al.*, (2020), Liao *et al.*, (2019), Pina *et al.*, (2019), Pina *et al.*, (2020), Talar *et al.*, (2021), Tomeleri *et al.*, (2023), Witard *et al.*, (2020) ja Zhu *et al.*, (2019)

näidanud, et jõutreening tõi kaasa vanemaealistel inimestel lihasjõu ja funktsionaalse liikuvuse ulatuse olulise paranemise. See rõhutab jõutreeningu mõju vanemaealiste inimeste lihaste üldisele tervisele ja funktsionaalsele võimekusele. Dupont *et al.*, (2019) ja Dolan *et al.*, (2019) viisid läbi uuringud jõuharjutuste mõju kohta vanemaealiste inimeste lihasjõule, kusjuures mõlemad uuringud teatasid märkimisväärsest jõuvõimete paranemisest. Dupont *et al.*, (2019) leidis, et 12 nädala jooksul kolm korda nädalas tehtud jõuharjutused parandasid nii üla- kui ka alakeha lihasjõudu. Samamoodi on Dolan *et al.*, (2019) ja Kirk *et al.*, (2019) täheldanud pärast jõutreeningut suurenenud jalapressi ja lamades surumise lihasjõudu. Siiski, Dolan *et al.*, (2019) märkis, et mõju ei olnud kõigi testitud lihasrühmade puhul ühtlane. Shea *et al.*, (2019) leidis samuti suurenemist jalapressi lihasjõus ja ka lihasvõimsuses. Hanach *et al.*, (2019) uurisid lähemalt vanemaealiste inimeste haardejõudu ja jalapressi lihasjõudu. Huvitaval kombel ei ühtinud nende leiud Dupont *et al.*, (2019), Dolan *et al.*, (2019) ja Kirk *et al.*, (2019), Shea *et al.*, (2019) leidudega, kuna nad teatasid, et jõutreening 3-5 korda nädalas 12 nädala jooksul ei toonud kaasa haardejõu ega jalapressi lihasjõu olulist suurenemist. See lahknevus võib olla tingitud uuringu ülesehituse, osalejate omaduste või treeninguprogrammide erinevustest. Ko *et al.*, (2020), Lichtenberg *et al.*, (2019) ja Vikberg *et al.*, (2019) märkisid paranemist haardejõus ja kõndimiskiiruses vanemaealistel inimestel. Liao *et al.*, (2019) ja Maykish *et al.*, (2020) viisid läbi uuringud, mis hindasid jõutreeningu mõju lihasjõule ja lihasvastupidavusele. Liao *et al.*, (2019) leidis, et pikaajaline jõutreening parandas vanemaealistel inimestel lihasjõudu, mis on kooskõlas teistes uuringutes täheldatud lihasjõu parandamise laiemaga. Lisaks teatasid Maykish *et al.*, (2020) lihasvastupidavuse ja ülemiste jäsemete haardejõu paranemisest pärast 12-nädalast jõutreeningut. Erinevate harjutuste järjestuste mõju osas täheldati üht märkimisväärset aspekti. Nimelt Cardozo *et al.*, (2019), Pina *et al.*, (2019), Pina *et al.*, (2020) ja Tomeleri *et al.*, (2023) uurisid erinevate jõutreeningu järjestuste mõju vanemate naiste lihasjõule. Huvitaval kombel oli ühe liigeselisest harjutustest mitme liigeselise harjutuseni parandas lihasjõudu rohkem kui mitme liigeselisest harjutusest ühe liigeselise harjutuseni. See tõstab esile harjutuste järjestamise olulisust ja võimalikke eeliseid, mis tulenevad mitme liigesega harjutuste integreerimisest vanemaealiste inimeste jõutreeningu programmidesse. Samuti täheldasid Cangussu-Oliveira *et al.*, (2020), et nõrgema kehatüvelihaste funktsiooniga naistel esines suurem tõenäosus lülisambamurde kui neil, kelle kehatüve lihaste funktsioon on tugevam. Drozdova-Statkevičienė *et al.*, (2021) leidsid vanemaealistel meestel, et jõutreening võib parandada kehahoiakut. Lisaks Ribeiro *et al.*, (2020) tõstis tähelepanekut suletud kineetiliste ahelatega harjutuste (nt jalapressi) kasutamisel isoleeritud harjutustena vanemaealistel inimestel. Antud uuringu leiud viitasid võimalikule põlveliigese lihasjõu

tasakaalustamatusele, mis on seotud ainult jalapressi treenimisega, rõhutades tasakaalustatud treeningu valiku tähtsust võimalike kahjulike mõjude vältimiseks.

Jõutreeningu mõju osas keskealiste inimeste lihashüpertroofia läbivaks teemaks oli lihashüpertroofia ja lihasjõu vaheline seos. Travis *et al.*, (2020) ja Reggiani *et al.*, (2020) uurisid antud seost, näidates, et kuigi korrelatsioon nende kahe vahel on olemas, pole otsest põhjuslikku seost alati kindlaks tehtud. See ühine arusaam rõhutab lihaste kohanemise keerukust ja tõstab esile ainult lihasmassi kõrval olevate tegurite rolli üldise lihasjõu määramisel. Lisaks ilmneb treeningu intensiivsuse ja treeningu mahu roll lihashüpertroofia edendamisel. Morton *et al.* (2019), Schoenfeld *et al.*, (2019) ja Totó *et al.*, (2020) viitasid sellele, et treeningukoormus, treeningumaht ja taastumine on lihaskasvu määravad tegurid. Morton *et al.*, (2019) esitas nüansirikka vaatenurga, mis selgitab, et suurem treeningukoormus ei pruugi olla vajalik lihashüpertroofia jaoks, mis seab kahtluse alla tavapärased tõekspidamised. Schoenfeld *et al.*, (2019) tõid välja, et jõutreeningu maht on oluline tegur lihashüpertroofia soodustamisel ning suuremaid treeningumahtusid seostatakse suurema lihaskasvuga. Totó *et al.*, (2020) võrdlesid traditsioonilisi jõutreeningu seeriaid nn cluster seeriatega, rõhutades treeningu struktuuride kohanemisvõimet, andes siiski olulisi lihashüpertroofia tulemusi. Spordispetsiifiline lihashüpertroofia treening, nagu uurisid Travis *et al.*, (2020) ja Nunes *et al.*, (2021a), lisab arutelule intrigeeriva mõõtme. Need uuringud näitavad, et treeningu kohandamine valitud spordiala nõuete järgi võib optimeerida lihashüpertroofiat ja lihasfunktsiooni. See tõstab esile sihipäraste treeningu meetodite potentsiaali, et saavutada funktsionaalseid eeliseid peale lihaste suuruse. Siiski ilmnevad ka erinevused, eriti seoses treeningueelse lihasväsimuse rolliga. Ribeiro *et al.*, (2019) viitavad sellele, et väsimusseelsed tehnikad võivad mõjutada treeningute mahtu ja potentsiaalselt suurendada lihashüpertroofia tulemusi spetsiaalsetes treeningutsüklites. Seda väidet kinnitab Grgic *et al.*, (2022), kes toovad välja, et lihaste eelväsitamise tehnika võib olla strateegia, mida kasutada lihashüpertroofia treeningu mesotsükli ajal üldettevalmistusetapis. Krzysztolik *et al.*, (2019) toovad välja, et cluster seeriad, drop seeriad (täieliku väsimuseni seeria sooritamine, seejärel kohe kaalu vähendamine ja teise täieliku väsimuseni seeria sooritamine ning selle protsessi kordamine) ja verevoolu piiramise meetod võivad olla ka tõhusad lihashüpertroofia arendamiseks teatud lihasrühmades. See vaatenurk on vastuolus laiema rõhuasetusega progresseeruvatele koormustele ja sobivale mahule, mida on arutanud Morton *et al.*, (2019) ja Totó *et al.*, (2020). Lihasmassi arendamisele suunatud treeningud ei pruugi alati kaasa tuua vastavat lihasmassi suurenemist. Selleks on vajalikud täiendavad uuringud, et paremini mõista lihashüpertroofiat ja selgitada välja selle

aluseks olevad mehhanismid. Sellest tulenevalt on oluline valida meetodeid, mida kasutatakse lihashüpertroofia arendamiseks (Reggiani *et al.*, 2020, Loenneke *et al.*, 2019a ja Loenneke *et al.*, 2019b). Fragala *et al.*, (2019) ja Negaresh *et al.*, (2019) täheldasid, et keskealistel inimestel suurenes märkimisväärselt lihaste ristlääbilõike pindala. Ogawa *et al.*, (2023) täheldasid, et vabaraskustega ja oma keharaskusel põhinevad jõuharjutused võivad esile kutsuda lihashüpertroofiat.

Jõutreeningu mõju osas vanemaealiste lihashüpertroofiale oli järjekindlaks teemaks treeningu mahu ja treeningu intensiivsuse keskne roll vanemaealiste inimeste lihashüpertroofia tekitamisel. Nunes *et al.*, (2021b), de Santana *et al.*, (2021), Moro *et al.*, (2020), Talar *et al.*, (2021) ja Tomeleri *et al.*, (2023) rõhutavad ühiselt hästi üles ehitatud jõutreeningu programmide ja sobiva treeningmahu tähtsust lihasmassi kasvu soodustamisel. Nunes *et al.*, (2021b) ja de Santana *et al.*, (2021) tõstavad esile potentsiaali ühtlustada treeningmahtusid erinevate treeningprogrammide lõikes, mis toob kaasa sarnaseid muutusi lihasmassis ja lihasjõus. Talar *et al.*, (2021) rõhutavad veelgi vajadust treeningu parameetrite hoolika planeerimise järele, et tagada maksimaalne kasu treeningust. Veelgi enam, Nunes *et al.*, (2020), Pina *et al.*, (2020) ja Straight *et al.*, (2020) täheldavad vanemaealiste inimeste jõutreeningule reageerimise individuaalset treeninguprogrammi. Nunes *et al.*, (2020) näitavad lihasmassi kasvule reageerijate ja mittereageerivate inimeste olemasolu, mis näitab vajadust isikupärastatud lähenemisviiside järele. Individuaaliseeritud treeningumahuga treeningprogramm leiti suurendavat jalalihaste ristlääbilõike pindala rohkem kui ühesugune populatsioonile antud treeningumahuga treeningprogramm (Scarpelli *et al.*, 2020). Pina *et al.*, (2020) uurivad treeningusageduse mõju lihasmassile ja lihaskoostisele, näidates, et nii kaks kui ka kolm nädalast treeningut võivad viia positiivsete muutusteni. Straight *et al.*, (2020) esitavad uuringu, mis kinnitab lihaskiudude suuruse ja osakaalu järjekindlat paranemist erinevates vanuserühmades. Sarnasel viisil on Roberts *et al.*, (2020) andnud ülevaate lihasjõu, lihashüpertroofia ja treeningu intensiivsuse vahelisest keerulisest seosest. Nende leiud viitavad sellele, et lihasjõu suurenemine võib eelneda lihashüpertroofiale vastuseks jõutreeningule, rõhutades sellega seotud keerulisi kohanemisprotsesse. Gharahdaghi *et al.*, (2019) viisid läbi uuringu, milles uuriti erinevaid lihasmassi ja lihasjõuga seotud parameetreid vanemaealistel meestel. Nende leiud näitasid, et kuuenädalane kogu keha jõutreeningu programm suurendas märkimisväärselt lihasmassi, vähendas keha rasvaprotsenti ja kogu rasva massi ning tõi kaasa lihaste diameetri ja reie nelipealihase ristlääbilõike pindala märkimisväärse suurenemise. Lisaks suurenes ka konkreetsete lihaskiudude tüüpide ristlääbilõike pindala, mis tõstab esile

lihaskiudude kohanemise potentsiaali. Samuti täheldas Yasuda *et al.*, (2022) ja McKendry *et al.*, (2020), et jõutreening suurendab märkimisväärselt lihaste ristlâbilõike pindala. Huang *et al.*, (2021) keskendus jõutreeningu mõjule vanemaealiste inimeste rasvavabale kehamassi suurenemisele. Nende randomiseeritud uuringute metaanalüüs näitas rasvavaba kehamassi mõõdukat suurenemist vastusena jõutreeningule, kinnitades arusaama, et see treeninguvorm võib aidata kaasa positiivsetele muutustele keha koostises. Lisaks Tomeleri *et al.*, (2019) annavad ainulaadse vaatenurga, uurides harjutuste järjestuse mõju lihasmassile. Nende uuring näitab, et harjutuste järjekord võib mõjutada lihasmassi suurenemist, kusjuures ühest liigesest mitme liigesega harjutuste järjestus annab suuremaid edusamme võrreldes vastupidise järjestusega.

Kokkuvõttes näitavad uuringud, mis uurivad jõutreeningu mõju jõuvõimetele ja lihashüpertroofiale kesk- ja vanemaealistel inimestel, et jõutreeningutel on rohkelt aspekte, mida arvesse võtta. Alustades näiteks treeningu intensiivsusest ja treeningumahust kuni treeningute järjestamise ja individuaalse varieeruvuseni. Antud uuringud pakuvad ühiselt väärtuslikku teavet tõhusate jõutreeningute kavandamiseks, mis on suunatud jõuvõimetele ja lihashüpertroofiale ning suurendavad selle populatsiooni funktsionaalset võimekust. Arvestades neid mitmetahulisi leide, saavad treenerid ja teadlased kohandada jõutreeningu programme, et optimeerida keskealiste ja vanemaealiste inimeste jõuvõimeid ja lihashüpertroofiat.

Antud töö puhul on mõned kitsaskohad. Esiteks kesk- ja vanemaealiste ea määratlus on riigiti erinev. Teiseks puudus osades uuringutes kasutatud täpne harjutuste loetelu ehk milliseid harjutusi tehti. Osades uuringutes oli küll räägitud üla- või alakehale suunatud harjutusest, aga ei toodud välja konkreetset harjutust. Kolmandaks pole teada, kas pikas perspektiivis jõutreeningu sooritamine pikendab inimese eluiga.

Antud töö tugevaks küljeks võib esiteks pidada seda, et töö temaatika käsitleb inimkonna vananemisega seotud sarkopeenia ja lihasjõu vähenemist, mis on ühiskonnas laialt levinud probleem. Teiseks on antud põhjalik ülevaade teemast, kasutades viimase viie aasta (2019-2023) materjale. Kolmandaks tugevaks küljeks võib pidada, et on antud konkreetsed praktikasse rakendatavad meetmed probleemi lahendamiseks.

Antud uuringu tulemuste põhjal soovitab töö autor edaspidi uurida põhjalikumalt vaid ühte kitsast valdkonda, näiteks kesk- ja vanemaealiste geneetilised eeldused jõutreeninguks,

kesk- ja vanemaealiste erinevate dieetide mõju jõuvõimetele ja lihashüpertroofiale või tippportlasest kesk- ja vanemaealiste treeningumetoodika. Teadusuuringu tegijatel on soovitatav edaspidi keskenduda erinevate spordialadega tegelenud kesk- ja vanemaealistele, sest selle alusel on võimalik välja tuua, millised on peamised erinevused tavaliste jõusaaliharrastajate ning mõne muu spordiala esindajate vahel. Lisaks on soovitatav klassifitseerida, milline on kesk- ja vanemaealiste treeningute taust ning jagada uuritavad rühmad selle alusel. Juhul, kui uuringu eesmärk on võrrelda kesk- ja vanemaealisi harrastajaid ning tippportlasi, tuleb uuringusse kaasata vaid kindlas vanuses võistlevad sportlased, sest sellisel juhul ei mõjuta vanus uuringu tulemusi.

## 6. JÄRELDUSED

Antud tööst saab teha järelused:

- 1) Kesk- ja vanemaealistele inimestele sobib jõutreening kõigi jõuliikide ja jõudu nõudvate liigutuslike funktsioonide arendamiseks.
- 2) Jõuvõimete arendamiseks kesk- ja vanemaealiste inimeste jõutreeningus soovitatakse treeningu intensiivsusi 30-85% KM-st, treeningumahuga 1-3 seeriat, 6-20 kordust seerias, puhkeintervalliga 1-4 minutit seeriade vahel ja 1-5 minutit jõuharjutuste vahel, 1-3 treeningut nädalas.
- 3) Lihashüpertroofia arendamiseks kesk- ja vanemaealiste inimeste jõutreeningus soovitatakse treeningu intensiivsusi 40-90% KM-st, treeningumahuga 1-3 seeriat, 8-20 kordust seerias, puhkeintervalliga seeriade ja jõuharjutuste vahel 30 sekundit kuni 2 minutit, 2-4 treeningut nädalas.
- 4) Kesk- ja vanemaealistel on soovitatavad jõuharjutused jõuvõimete ja lihashüpertroofia arendamiseks alakeha puhul reie nelipea-, reie kakspea- ja tuharalihastele fookuseeritud harjutused; ülakeha puhul on soovitatavad õlaliigest läbivad jõuharjutused rinna-, delta-, selja-, biitseps-, triitsepslihastele; kehatüve tugevdamiseks on vajalikud kõhu sirg- ja põikilihaste ning alaseljalihaste jõuharjutused.

## 7. KASUTATUD KIRJANDUS

- 1) Bagheri R, Rashidlamir A, Motevalli MS, Elliott BT, Mehrabani J et al. Effects of upper-body, lower-body, or combined resistance training on the ratio of follistatin and myostatin in middle-aged men. *European Journal of Applied Physiology*, 2019; 119(9): 1921-1931.
- 2) Balachandran AT, Wang Y, Szabo F, Watts-Batthey C, Schoenfeld BJ et al. Comparison of traditional vs. lighter load strength training on fat-free mass, strength, power and affective responses in middle and older-aged adults: A pilot randomized trial. *Exp Gerontol*, 2023; 178: 112219.
- 3) Bezerra ES, Pinto S, Nogueira T, Mendes L, Avelino A et al. Changes neuromuscular and functional performance of elderly after velocity-based resistance training. *Swed J Sci Res*, 2019; 6(1): 23–8.
- 4) Blocquiaux S, Gorski T, Van Roie E, Ramaekers M, Van Thienen R et al. The effect of resistance training, detraining and retraining on muscle strength and power, myofibre size, satellite cells and myonuclei in older men. *Exp. Gerontol*, 2020; 133: 110860.
- 5) Callahan MJ, Parr EB, Snijders T, Conceição MS, Radford BE et al. Skeletal muscle adaptive responses to different types of short-term exercise training and detraining in middle-age men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2021.
- 6) Cangussu-Oliveira LM, Porto JM, Freire Junior RC, Capato LL, Gomes JM et al. Association between the trunk muscle function performance and the presence of vertebral fracture in older women with low bone mass. *Aging Clin Exp Res*, 2020; 32(6): 1067-1076.
- 7) Cardozo DC, De Salles BF, Mannarino P, Vasconcelos APS, Miranda H et al. The Effect of Exercise Order in Circuit Training on Muscular Strength and Functional Fitness in Older Women. *Int J Exerc Sci*, 2019; 12(4): 657–665.
- 8) Dolan E, Artioli GG, Pereira RMR, Gualano B. Muscular Atrophy and Sarcopenia in the Elderly: Is There a Role for Creatine Supplementation? *Biomolecules*, 2019; 9(11): 642.
- 9) Drozdova-Statkevičienė M, Česnaitienė VJ, Levin O, Pauwels L, Pukėnas K et al. The beneficial effects of acute strength training on sway activity and sway regularity in healthy older men: Evidence from a posturography study. *Neurosci Lett*, 2021; 749: 135718.

- 10) Dupont J, Dedeyne L, Dalle S, Koppo K, Gielen E. The role of omega-3 in the prevention and treatment of sarcopenia. *Aging Clin Exp Res*, 2019; 31(6): 825–836.
- 11) Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer WJ et al. Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res*, 2019; 33(8): 2019-2052.
- 12) Gharahdaghi N, Rudrappa S, Brook MS, Idris I, Crossland H et al. Testosterone therapy induces molecular programming augmenting physiological adaptations to resistance exercise in older men. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 2019; 10(6): 1276-1294.
- 13) Grgic J, Schoenfeld BJ, Orazem J, Sabol F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci*, 2022; 11(2): 202–211.
- 14) Hanach NI, McCullough F, Avery A. The impact of dairy protein intake on muscle mass, muscle strength, and physical performance in middle-aged to older adults with or without existing sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *Adv. Nutr*, 2019; 10(1): 59–69.
- 15) Huang LP, Condello G, Kuo CH. Effects of Milk Protein in Resistance Training-Induced Lean Mass Gains for Older Adults Aged  $\geq 60$  y: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 2021; 13(8): 2815.
- 16) Kirk B, Mooney K, Amirabdollahian F, Khaiyat O. Exercise and Dietary-Protein as a Countermeasure to Skeletal Muscle Weakness: Liverpool Hope University – Sarcopenia Aging Trial (LHU-SAT). *Front Physiol*, 2019; 10: 445.
- 17) Ko CH, Wu SJ, Wang ST, Chang YF, Chang CS et al. Effects of enriched branched-chain amino acid supplementation on sarcopenia. *Aging (Albany NY)*, 2020; 12(14): 15091-15103.
- 18) Krzysztofik M, Wilk M, Wojdała G, Gołaś A. Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019; 16(24): 4897.
- 19) Kubo K, Ikebukuro T, Yata H. Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes. *Eur J Appl Physiol*, 2019; 119(9): 1933–42.
- 20) Lavin KM, Roberts BM, Fry CS, Moro T, Rasmussen BB et al. The Importance of Resistance Exercise Training to Combat Neuromuscular Aging. *Physiology*, 2019; 34(2): 112–122.

- 21) Li S, Wang P, Xin X, Zhou X, Wang J et al. The Effect of Low Intensity Resistance Training with Blood Flow Restriction on Fall Resistance in Middle-Aged and Older Adults: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 2023; 20(6): 4723.
- 22) Liao Y, Peng Z, Chen L, Zhang Y, Cheng Q et al. Prospective Views for Whey Protein and/or Resistance Training Against Age-related Sarcopenia. *Aging Dis*, 2019; 10(1): 157–173.
- 23) Lichtenberg T, von Stengel S, Sieber C, Kemmler W. The Favorable Effects of a High-Intensity Resistance Training on Sarcopenia in Older Community-Dwelling Men with Osteosarcopenia: The Randomized Controlled FrOST Study. *Clin Interv Aging*, 2019; 14: 2173–2186.
- 24) Loenneke JP, Buckner SL, Dankel SJ, Abe T. Exercise-Induced Changes in Muscle Size do not Contribute to Exercise-Induced Changes in Muscle Strength. *Sports Med*, 2019; 49: 987–991. (a).
- 25) Loenneke JP, Dankel S, Bell Z, Buckner S. Is muscle growth a mechanism for increasing strength? *Med Hypotheses*, 2019; 125: 51–6. (b).
- 26) Lopez P, Radaelli R, Taaffe DR, Newton RU, Galvao DA et al. Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 2021; 53(6): 1206-1216.
- 27) Maykish A, Sikalidis AK. Utilization of Hydroxyl-Methyl Butyrate, Leucine, Glutamine and Arginine Supplementation in Nutritional Management of Sarcopenia—Implications and Clinical Considerations for Type 2 Diabetes Mellitus Risk Modulation. *Journal of Personalized Medicine*, 2020; 10(1):19.
- 28) McKendry J, Currier BS, Lim C, Mcleod JC, Thomas ACQ et al. Nutritional Supplements to Support Resistance Exercise in Countering the Sarcopenia of Aging. *Nutrients*, 2020; 12(7): 2057.
- 29) Moro T, Brightwell CR, Volpi E, Rasmussen BB, Fry CS. Resistance exercise training promotes fiber type-specific myo-nuclear adaptations in older adults. *J. Appl. Physiol*, 2020; 128: 795-804.
- 30) Morton RW, Colenso-Semple L, Phillips SM. Training for strength and hypertrophy: an evidence-based approach. *Curr Opin Physiol*, 2019; 10: 90–5.

- 31) Negaresh R, Ranjbar R, Baker J. Skeletal muscle hypertrophy, insulin-like growth factor 1, myostatin and follistatin in healthy and sarcopenic elderly men: the effect of whole-body resistance training. *Int J Prev Med*, 2019; 10: 29.
- 32) Nunes JP, Grgic J, Cunha PM, Ribeiro AS, Schoenfeld BJ et al. What influence does resistance exercise order have on muscular strength gains and muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis. *Eur J Sport Sci*, 2021; 21(2): 149-157. (a).
- 33) Nunes JP, Kassiano W, Costa BDV, Mayhew JL, Ribeiro AS et al. Equating resistance-training volume between programs focused on muscle hypertrophy. *Sports Med*, 2021; 51: 1171-1178. (b).
- 34) Nunes JP, Pina FLC, Ribeiro AS, Cunha PM, Kassiano W et al. Responsiveness to muscle mass gain following 12 and 24 weeks of resistance training in older women. *Aging Clin Exp Res*, 2020; 33(4): 1071-1078.
- 35) Ogawa M, Hashimoto Y, Mochizuki Y, Inoguchi T, Kouzuma A et al. Effects of free weight and body mass-based resistance training on thigh muscle size, strength and intramuscular fat in healthy young and middle-aged individuals. *Experimental Physiology*, 2023; 108: 975–98.
- 36) Pina FLC, Nunes JP, Nascimento MA, Ribeiro AS, Mayhew JL et al. Similar effects of 24 weeks of resistance training performed with different frequencies on muscle strength, muscle mass, and muscle quality in older women. *Int J Exerc Sci*, 2019; 12: 623–635.
- 37) Pina FLC, Nunes JP, Schoenfeld BJ, Nascimento MA, Gerage AM et al. Effects of different weekly sets-equated resistance training frequencies on muscular strength, muscle mass, and body fat in older women. *J Strength Cond Res*. 2020;34(10):2990–5.
- 38) Reggiani C, Schiaffino S. Muscle hypertrophy and muscle strength: dependent or independent variables? A provocative review. *Eur J Transl Myol*, 2020; 30(3): 9311.
- 39) Ribeiro AS, Nunes JP, Cunha PM, Aguiar AF, Schoenfeld BJ. The potential role of pre-exhaustion training in maximizing muscle hypertrophy: a review of the literature. *Strength Cond J*, 2019; 41(1): 75–80.
- 40) Ribeiro AS, Nunes JP, Schoenfeld BJ. Selection of Resistance Exercises for Older Individuals: The Forgotten Variable. *Sports Medicine*, 2020; 50(6): 1051-1057.

- 41) Roberts MD, Haun CT, Vann CG, Osburn SC, Young KC. Sarcoplasmic Hypertrophy in Skeletal Muscle: A Scientific “Unicorn” or Resistance Training Adaptation? *Front. Physiol*, 2020; 11: 816.
- 42) de Santana DA, Castro A, Cavaglieri CR. Strength Training Volume to Increase Muscle Mass Responsiveness in Older Individuals: Weekly Sets Based Approach. *Front Physiol* , 2021; 12: 759677.
- 43) Sartori R, Romanello V, Sandri M. Mechanisms of muscle atrophy and hypertrophy: implications in health and disease. *Nat Commun*, 2021; 12: 330.
- 44) Scarpelli MC, Nóbrega SR, Santanielo N, Alvarez IF, Otoboni GB et al. Muscle hypertrophy response is affected by previous resistance training volume in trained individuals. *J Strength Cond Res*, 2022; 36(4): 1153-1157.
- 45) Schoenfeld B, Contreras B, Krieger J, Grgic J, Delcastillo K et al. Resistance training volume enhances muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc*, 2019; 51: 94–103.
- 46) Shea MK, Fielding RA, Dawson-Hughes B. The effect of vitamin D supplementation on lower-extremity power and function in older adults: A randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr*, 2019; 109(2): 369–379.
- 47) Straight CR, Fedewa MV, Toth MJ, Miller MS. Improvements in skeletal muscle fiber size with resistance training are age-dependent in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Appl Physiol*, 2020; 129: 392–403.
- 48) Suetta C, Haddock B, Alcazar J, Noerst T, Hansen OM et al. The Copenhagen Sarcopenia Study: lean mass, strength, power, and physical function in a Danish cohort aged 20-93 years. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2019; 10(6): 1316- 29.
- 49) Talar K, Hernández-Belmonte A, Vetrovsky T, Steffl M, Kałamacka E et al. Benefits of Resistance Training in Early and Late Stages of Frailty and Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. *Journal of Clinical Medicine*, 2021; 10(8): 1630.
- 50) Tomeleri CM, Ribeiro AS, Nunes JP, Schoenfeld BJ, Souza MF et al. Influence of Resistance Training Exercise Order on Muscle Strength, Hypertrophy, and Anabolic Hormones in Older Women: A Randomized Controlled Trial. *J Strength Cond Res*, 2019; 20(10): 000-000.

- 51) Tomeleri CM, Cunha PM, Dib MM, Schiavoni D, Kassiano W et al. Effect of Resistance Exercise Order on Cardiovascular Disease Risk Factors in Older Women: A Randomized Controlled Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2023; 20(2): 1165.
- 52) Totó ECC, Conceição M, Vieira A, Pareja-Blanco F, Bottaro M, Boullosa D. Are cluster sets an effective method to induce Equating Resistance-Training muscular hypertrophy in response to resistance training? *Braz J Sport Med*, 2020; 42: 1–6.
- 53) Travis SK, Ishida A, Taber, CB, Fry AC, Stone MH. Emphasizing Task-Specific Hypertrophy to Enhance Sequential Strength and Power Performance. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2020; 5(76).
- 54) Vikberg S, Sörlén N, Brandén L, Johansson J, Nordström A et al. Effects of Resistance Training on Functional Strength and Muscle Mass in 70-Year-Old Individuals With Pre-sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *JAMDA*, 2019; 20(1): 28-34.
- 55) Wackerhage H, Schoenfeld BJ, Hamilton DL, Lehti M, Hulmi JJ. Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. *J. Appl. Physiol*, 2019; 126(1): 30-43.
- 56) Witard OC, Combet E, Gray SR. Long-chain n-3 fatty acids as an essential link between musculoskeletal and cardio-metabolic health in older adults. *Proc Nutr Soc*, 2020;79(1): 47-55.
- 57) Wolf M, Androulakis-Korakakis P, Fisher JP, Schoenfeld BJ, Steele J. Partial vs full range of motion resistance training: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Strength and Conditioning*, 2023: 3(1).
- 58) Yasuda J, Murata K, Hasegawa T, Yamamura M, Maeo S et al. Relationship between protein intake and resistance training-induced muscle hypertrophy in middle-aged women: A pilot study. *Nutrition*, 2022; 97: 111607.
- 59) Zdzieblik D, Jendricke P, Oesser S, Gollhofer A, König D. The Influence of Specific Bioactive Collagen Peptides on Body Composition and Muscle Strength in Middle-Aged, Untrained Men: A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health*, 2021; 18(9): 4837.

60) Zhu LY, Chan R, Kwok T, Cheng KCC, Ha A et al. Effects of exercise and nutrition supplementation in community-dwelling older Chinese people with sarcopenia: a randomized controlled trial. *Age and Ageing*, 2019; 48 (2): 220–228.

## 8. AUTORI LIHTLITSENTS TÖÖ AVALDAMISEKS

Mina, Martin Tikk,

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

„Jõuvõimete ja lihahüpertroofia arendamine kesk- ja vanemaealistel inimestel“,

mille juhendaja on Ando Pehme,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Martin Tikk

24.08.2023