

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Rasmus Zarubin

**Verevarustuse piiramine jõutreeningul ja selle mõju
lihasjõule ja -hüpertroofiale**

**Blood flow restricted resistance training and its effects
on muscle strength and hypertrophy**

Bakalaureusetöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja:

PhD A. Pehme

Tartu 2016

SISUKORD

Kasutatud lühendid.....	3
SISSEJUHATUS.....	4
1. Kaatsu treeningu ajalugu.....	6
2. Kaatsu treeningu füsioloogia.....	7
3. Kaatsu meetodi rakendused.....	9
3.1. Astronautide treening.....	9
3.2. Eakate treening	10
3.3. Mõju sportlikule sooritusele	13
4. Kaatsu meetodi variatsioonid.....	18
4.1. Kombineeritud treening	18
4.2. Keharaskusega treening	20
Kokkuvõte	23
Kasutatud kirjandus	25
Summary.....	28

KASUTATUD LÜHENDID

KM – korduse maksimum

SLS – südamelöögi sagedus

VO₂max – maksimaalse hapniku tarbimise näitaja

GH – kasvuhormoon

IGF-1 – insuliinisarnane kasvufaktor 1

EMG – elektromüograafia

IHT – Intervall hüpoksia treening

MRI – Magnetresonantstomograafia

mTOR – inglise keeles: *mammalian target of rapamycin*

NASA – inglise keeles: *National Aeronautics and Space Administration*

SISSEJUHATUS

Skeletilihasmassil on väga suur tähtsus nii inimeste igapäeva eludes kui ka sportlaste sooritustes. Tavainimese vaatenurgast aitavad skeletilihased meil eelkõige muidugi liikuda, ilma skeletilihasteta ei suudaks me ühtegi liigutust sooritada. Samuti on skeletilihased keha suurimad glükoosimahutid ja mängivad suurt rolli rasvhapete oksüdatsioonis ning inimestel on vaja adekvaatset lihasmassi suurust, et elada täisväärtusliku elu. Sportlastel mõjutab lihasmassi kvantiteet ja kvaliteet otseselt sportliku sooritust, baasainevahetust, energiakulu ja jõudu.

Kui lihas ei ole aktiivne, siis see atrofeerub ja sellega kaasneb sportlase puhul soorituse langus ja tavainimese puhul elukvaliteedi langus. Lihasmassi, -jõu ja lihasaktiivsuse suurendamiseks on traditsiooniliselt kasutatud jõutreeningut, kus raskused on 70–85% ringis ühe korduse maksimumist (1KM). Selline intensiivsus ja koormus esitab väljakutse nii sportlastele kui tavainimestele. Suurte raskustega jõutreening käib tihti üle võimete vanematele inimestele, samuti võib inimestel esineda haigusi ja terviseprobleeme, mis osutuvad takistavaks faktoriks.

Sportlaste puhul on suurim takistus koormustest taastumine, tavaline jõutreening paneb kehale küllalt suure koormuse, millest taastumine võtab aega 24–72 tundi olenevalt treenitud lihastest ja treeningu intensiivsusest. Sama moodi on probleeme vigastustest taastuvatel sportlastel, kes ei ole võimelised veel nii kõrgel intensiivsusel treenima ilma vigastust süvendamata.

Eelpool kirjeldatud olukordades on abiks vereringe piirangutega jõutreening ehk kaatsu treening. Viimase puhul paljud uuringud näidanud, et piirates jäsemete verevarustust, on võimalik isegi väikeste koormustega, 20–50% 1KM-st, saavutada lihasmassi ja -jõu kasvu.

Kaatsu treeninguna tuntud vereringe piiranguga jõutreening loodi Jaapanis Yoshiaki Sato poolt 1970.–1980. aastatel. Nagu eelnevalt mainitud, hõlmab kaatsu treening verevarustuse piiramist lihasesse. Selleks kasutatakse dünaamilise harjutuse sooritamise ajal välist abivahendit, näiteks vererõhumõõtjat, kummilinti või tavalist sidet. Eesmärgiks on venoosse vereringe piiramine ilma arteriaalset vereringet mõjutamata – teisisõnu eesmärgiks on see, et veri läheb lihasesse, kuid välja ei pääse. Teooria kohaselt, koguneb seeläbi lihaskudedesse kulk metaboliite ning samal ajal tekib lihaskudedes hapniku vaegus, mis annab signaali kehale stimuleerida valgusünteesi ja lihashüpertroofiat.

Käesoleva bakalaureusetöö teema on valitud tulenevalt autori huvist üldfüüsilist ettevalmistust hõlmava ja täiendava materjali vastu. Kuigi tänapäeval ei toimu jõutreeningus

enam erilisi läbimurdeid, annab kaatsu treening siiski lootust, et olemasolevaid meetodeid on võimalik veel täiustada

Käesoleva töö eesmärk on leida, kuidas vereringe piiranguga jõutreening toimib ja kuidas see mõjutab lihashüpertroofiat ja -jõudu, mis on selle positiivsed ja negatiivsed küljed ning kuidas saaksid sportlased, astronautid ja tavainimesed seda oma treeningutes rakendada.

Märksõnad: kaatsu treening, verevarustuse piiramine jõutreeningul, lihashüpertroofia, sooritusvõime, jõutreening.

Keywords: kaatsu training, blood flow restricted resistance training, muscle hypertrophy, performance, resistance training.

1. KAATSU TREENINGU AJALUGU

Kaatsu treening meetodi leiutas jaapanlane Y. Sato. Inspiratsiooni selleks sai ta viibides pikka aega põlvitusistes Budistlikul tseremoonial. Pärast mõnda aega istumist avastas ta, et sääres ilmnev kangus ja paistetud tunne on sarnane treeningutel tehtavate sääre lihaste harjutustele. Ta eeldas, et see tuleneb vereringe piiratud istuvas asendis. Seejärel alustas ta vereringe piiramist eksperimentidega, et leida optimaalne rõhutugevus ja rõhksideme asukoht lihashüpertroofia stimuleerimiseks. Esimene läbimurre ilmnis kui Y. Sato suusaõnnetuses tugevalt vigas ja tema mõlemad jalad kipsi pandi. Kipsis olles rakendas ta enda peal algjärgus olevat kaatsu treeningut ning kipsi eemaldades avastas arst, et mitte ainult ei olnud lihasatroofiast ühtegi märki, vaid selle asemel oli toimunud lihashüpertroofia. See andis Y. Satole kinnitust, et ta on õigel teel. Pärast seda alustas ta meetodi rakendamist ka teiste inimeste peal, mis hõlbustas kaatsu treeningu täiustamist. 1997. aastal patenteeris Y. Sato lõpuks selle meetodi nii Jaapanis kui ka Euroopas ja Ameerika Ühendriikides (Y. Sato 2005).

Kaatsu treening meetod seisnebki treenitava lihase verevarustuse piiramises eesmärgiga suurendada lihasmassi. Treening koosneb madala intensiivsusega jõuharjutustest samal ajal kui üpriski kerge ja elastne rõhkside ümbritseb kehaliikme ülemist osa ning avaldab piisavat survet, et peatada venoosne vereringe. Viimase 10 aasta jooksul läbiviidud uuringud on näidanud, et kaatsu treening ei aita mitte ainult kasvatada lihasmassi ja jõudu tervete inimeste puhul, vaid töötab efektiivselt ka patsientide peal, kellel on kardiovaskulaarsed või ortopeedilised terviseprobleemid. Erinevad arstid ja treenerid on isegi täheldanud juhtumeid, kus ratastoolis inimesed on saanud uuesti kõndima hakata või siis vähemalt saanud tunded jalgadesse tagasi. See tähendab, et kaatsu meetod võib aja jooksul saada taastusravis ja füsioteraapias väga revolutsiooniliseks vahendiks ning ei ole piiratud ainult tavainimese või sportlaste treeningutega (Y. Sato 2005).

2. KAATSU TREENINGU FÜSIOLOOGIA

Kui eelnevalt arvati, et vajalik treeningintensiivsus, millega lihashüpertroofiat ja jõukasvu esile kutsuda oli 65–85% 1KM-st (Baechle & Earle 2000; Kraemer & Rattamess 2004), siis kaatsu treening on tõestanud teisiti, tuues esile unikaalseid nähtusi. Meetod hõlmab treenimist isegi nii madalatel intensiivsustel kui 20% 1KM-st, sooritades tavaliselt kolm kuni viis seeriat lühikeste puhkepausidega. Kordusi tehakse seejuures suurel hulgal, tihti kuni ebaõnnestumiseni, kasutatakse samal ajal mõõdukat verevarustuse piirangut. Sellist meetodit kasutades on uuringud näidanud, et lihashüpertroofia toimub tavaliselt juba kolme nädalaga, kuid samas on ka uuringuid, kus lihaskasvu on täheldatud juba pärast esimest nädalat (Loenneke et al., 2009). Üheks edu põhjuseks usutakse olevat varajane kiirete-glükolüütiliste lihaskiudude rekruteerimine. Lihashüpertroofia toimub suuremal määral pigem kiiretes-glükolüütilistes lihaskiududes kui aeglastes-oksüdatiivsetes lihaskiududes. Teooria kohaselt väsivad I tüüpi lihaskiud verepiirangust tuleneva madala hapniku tõttu kiiresti ära ning töösse rekruteeritakse kiired II tüüpi lihaskiud, see kõik nõuab, aga rohkem anaeroobset keskkonda. See viib metaboliitide ja laktaadi kuhjumiseni lihastes ja veres, mis omakorda annab kehale signaale lihashüpertroofiaks. Üheks peamiseks faktoriks selles protsessis on suure tõenäosusega kasvuhormooni (GH) suur kasv. Kui klassikalise jõutreeningu puhul kasvuhormoon tavaliselt kahekordistub, siis kaatsu treeningu puhul on täheldatud nelja kordset GH taset (Loenneke et al., 2009).

Kuigi uuringutes on täheldatud kasvuhormooni tõusu kaatsu treeningul, siis insuliinisarnases kasvufaktoris 1 (IGF-1) mingeid muutusi ei täheldatud (Kawada & Ishii 2005). Insuliinisarnane kasvufaktor 1 on 70-st aminohappest koosnev peptiid, mis sünteesitakse valdavalt maksas, vähesel määral ka enamustes teistes kudedes. IGF-1 süntees sõltub kasvuhormooni sekretsiooni aktiivsusest ja on sellega korrelatsioonis, kuid esineb ka kasvuhormoonist sõltumatu IGF-1 süntees. IGF-1 reguleerib omakorda hüpotalamuse kaudu tagasiside printsiibil GH sekretsiooni. IGF-1 soodustab rakus aminohapete vastuvõtmist ja valgusünteesi ning pidurdab valkude degradatsiooni. Sarnaselt insuliiniga suurendab IGF-1 ka glükoosi ja vabade rasvhapete vastuvõtmist rakku (Nindl 2009). IGF-1 tõusu puudus tähendab, et see ei pruugi olla alati vajalik lihashüpertroofiaks, kui muud faktorid nagu müostatiini langus on mängus (Kawada, Ishii 2005). Abe et al. (2006) väitsid, et asjaolu, et IGF-1 ei tõusnud võib olla tingitud sellest, et treeningute intensiivsus on kaatsu treeningmetoodika puhul võrdlemisi madal (20–50%) võrreldes traditsioonilise jõutreeninguga.

Kawada ja Ishii (2005) leidsid oma uuringus rottide peal, et kaatsu treeningu tulemusel langes märgatavalt müostatiini geeni ekspressioon. Müostatiin iseenesest kontrollib negatiivselt lihase kasvu ning mida suurem on selle geeni ekspressioon seda raskem on lihahüpertroofiat saavutada (Zhu et al., 2000). Müostatiini eksperssiooni langus kaatsu treeningul hõlbustab tähelepanuväärselt lihasmassi kasvu (Kawada, Ishii 2005).

Reeves et al. (2006) leidsid oma uuringus, et kaatsu treening ei toonud esile muutusi ei testosteroonis ega kortisoolis. Küll aga leidsid kinnitust juba eelnevates uuringutes esile kerkinud faktid, et GH tõusis nelja kordselt võrreldes tavalise kahe kordse tõusuga klassikalise jõutreeningu puhul ning samamoodi täheldati ka laktaadi tõusu veres. Viimati nimetatud asjaolu on huvitav, kuna enamikul puhkudel kui laktaadi tase veres jõutreeningu puhul suureneb, siis suureneb ka testosterooni tase – konkreetse uuringu puhul see, aga nii ei olnud.

Intratsellulaarsed regulatsioonimehhanismid, mis viivad jõutreeningu sooritamisel valgusünteesi intensiivistumisele, on peamiselt seotud *mammalian target of rapamycin*'ga (mTOR-ga). mTOR on insuliinist sõltuv ja aminohapete tundlik kinaas, mille aktiivus peegeldab valgusünteesi intensiivistumist lihasrakus (Downling, 2010). mTOR-i aktiivsust ja lihase valgusünteesi uurisid oma töös Fujita et al. (2007) ning vastavalt oma hüpoteesile avastasidki nad kaatsu treeningu protokolliga jälgijate puhul mTOR signaali ja lihase valgusünteesi kasvu.

3. KAATSU MEETODI RAKENDUSED

3.1. Astronautide treening

Inimest on alati huvitanud elu väljaspool oma planeeti. Seetõttu nähakse väga palju vaeva ja iga aasta kulutatakse miljardeid eurosid, et saata inimesi kosmosesse, kus valitseb 0-gravitatsioon ja mis on inimese jaoks ebakõlblik keskkond. Kuna gravitatsioon puudub hakkavad lihased atrofeeruma ja luud demineraliseeruma, kuna nad ei pea enam 0-gravitatsioonil keharaskust toetama. Pärast kahte nädalast kosmoses on lihasmass vähenenud kuni 20% ning poole aastaga jõuab langus kuni 30%-ni. On leitud, et lihastes toimuv valgusüntees langeb 15%, lihaskiudude ristlääbilõige väheneb 20–50% ja selle tulemusel langeb ka jõud. Pärast lühikesi kosmoselende on mõõdetud põlvesirutusjõul 12%-list kadu ja pärast pikemaid lende 31%-list kadu. Lisaks gravitatsiooni puudumisele mängib kindlasti rolli ka piiratud toitumine (Williams et al., 2009).

Kui lihasmass ja -jõud taastuvad Maale naastes üpriski kiirelt, siis luustikuga on teine lugu. 0-gravitatsioon viib luutiheduse languseni kuna luustik ei pea keharaskust enam toetama, tõsi ka siin mängivad oma rolli piiratud kättesaadavad toitained nagu vitamiin D. Luude demineralisatsioon hakkab pihta kohe kui kosmosesse jõutakse ning kestab läbi terve missiooni. Normaalses tingimustes raskust kandvates luudes toimub luutiheduse langus keskmiselt 1%–2% võrra kuus. Maale naastes võib minna mitu aastat kuni luutihedus on täielikult taastunud (Williams et al., 2009).

Põhiline viis kuidas lihasmassi kadumise ja luustiku hõrenemise vastu võidelda kosmoselennu ajal on treenimine. Kuigi kaks tundi päevas treenimist raiskab lisaenergiat, mille tõttu kulub rohkem toitu, vett, hapnikku ja tööaega, on see hädavajalik vältimaks liiga ulatusliku lihasatroofiat ja osteoporoosi. NASA-s töötavad kehalise treeningu eksperdid juurdlevad pidevalt probleemi üle, kuidas kosmoses treenimist efektiivsemaks teha. Lisaks gravitatsiooni puudumise probleemile peavad nad arvestama, et liiga palju jõudu avaldades võivad astronautide treeningud mõjutada kosmoselaeva liikumistrajektoori. Sellises kontekstis peaks kaatsu treening väga hästi sobima, kuna sellel puhul kasutatakse väiksemaid raskuseid ja seetõttu avaldatakse iga kordusega vähem võimsust.

Kaatsu treeningu efekt avaldub siiski peamiselt lihashüpertroofias. Paraku puuduvad teaduslikud uuringuid, mis tõestaks, et see mõjutab positiivselt ka luutihedust. Astronautide põhiline probleem ei ole, aga mitte lihasatroofia vaid hoopis osteoporoos. Lihasmassi ja -jõu

näitajate langus kosmoses ei ole nii hull kui luustiku näitajate allakäik. Samuti ei ole lihasmassi taastamine võrreldes luutiheduse taastamisega nii suur probleem (Williams et al., 2009).

Teisalt, isegi kui kaatsu meetod osteoporoosi vastu ei aita, siis juhul kui see teeks jõutreeningu kosmoselennul efektiivsemaks oleks see ikkagi väärt rakendamist. Lisaks liigub kosmoselennul astronautidel vereplasma rohkem ülakehasse ning Maale naastes esineb neil ortostaatiline hüpotensioon, sest gravitatsiooni naasmisel viib keha liiga palju verd alakehasse. On aga teada, et jalgade vereringe piiramisel rõhksidemetega suureneb sinna verevool ning selle efektid on sarnased 1G gravitatsiooniga (Hackney et al., 2012).

Kubota et al. (2008) viisid läbi uuringu, mille eesmärk oli välja selgitada, kas kaatsu treening oleks 0-gravitatsioonil otstarbekas või mitte. Nad simuleerisid kaaluta olekut, keerates inimesed lamades pea peale, kuna eelnevad uuringud olid näidanud, et sel puhul toimub 24 tunni jooksul sarnane vedelike ümberasetus inimkehas nagu kaaluta olekus viibides. Uuritavad jagati kahte gruppi ning neil lasti sooritada samas asendis olles jalapressi. Ühe grupi peal rakendati seejuures kaatsu meetodit. Selgitamiseks välja kaatsu meetodi mõju, võeti uuritavatelt enne ja pärast katseid vereproove ning testide ajal mõõdeti ka südametööd. Tulemused olid lubavad ning annavad põhjust viia läbi katseid reaalses kaaluta olekus, et saada täpsem ülevaade, kas kaatsu treening oleks kosmoselennul efektiivne meetod.

Kuigi edasised uuringud on vajalikud, et jõuda selgusele kaatsu meetodi efektiivsuse kohta 0-gravitatsiooni puhul, on alust uskuda, et see võib olla väga hea meetod, millega täiustada astronautide treeninguid. Seejuures tuleb siiski tõdeda, et puuduvad andmed selle kohta, kas kaatsu treeningu rakendamisel kaaluta olekus võib kaasneda ohtusid, mis Maa tingimustes ei ilmne.

3.2. Eakate treening

Lihaskõuetähtsuse põhjuseks vananedes on teadaolevalt lihasmassi vähenemine (Grimby et al., 1982; Mattiello-Sverzut et al., 2003). Lihaskõuetähtsuse ja massi säilitamine või parandamine on aga väga tähtis aspekt keskealiste ja vanurite puhul, et säilitada või parandada nende igapäevast elukvaliteeti. Sarkopeenia on vananemisest põhjustatud lihasmassi ja -kõuetähtsuse kadu, mis vähendab liigeste liikuvust, suurendab kukkumiste ja luu murdude ohtu ning millega kaasneb südamehaiguste ohu kasv (Visser et al., 2004). Varasemalt on teada, et saavutamaks lihaskõuetähtsuse taset tuleb sooritada kõrge intensiivsusega jõuharjutusi 65–85% vahemikus 1KM-st (Baechle & Earle, 2000). On tõestatud, et see kehtib ka eakate inimeste puhul (Fiatarone et al., 1990). Vanemate inimeste puhul on aga probleemiks südamehaigused, ortopeedilised

vigastused või muul põhjusel võimetus sooritada klassikalist jõutreeningut (Pollock et al., 1991). Järelikult on vanematel generatsioonidel vaja madala koormusega, kuid efektiivset treeningut, mis aitab aktiveerida lihaseid ning tõsta või vähemalt säilitada lihasmassi ja -jõudu. Teoreetiliselt peaks kaatsu treening selleks väga hästi sobima, kuna seda on lihtne läbi viia ning ei ole vaja keerulisi harjutusi või varustust peale spetsiaalsete rõhksidemete. Samuti on see uuringute järgi väga efektiivne, kuigi kasutatakse ülimalt madalaid treeningintensiivsusi.

Lihasmassi vähenemisel on leitud, et langeb ka VO₂max, mille langus mõjutab inimese kardiovaskulaarset võimekust ja tähendab lisaohete tervisele. Lisaks langeb insuliini tundlikus ja lihasmassi vähenedes suureneb diabeedi oht (Abe et al., 2010). Järelikult tuleb parandada nii aeroobset võimekust kui arendada lihasmassi ja -jõudu.

Abe et al. (2010) uurisid kaatsu treeningu mõju eakatele inimestele kõndimisel. Varasemad sarnased uuringud noorte meeste peal leidsid, et kaatsu meetodi rakendamine kõndimisel viis lihashüpertroofiani ning lisaks tõusis kõndimise käigus südamelöögisagedus (SLS) 20% kõrgemale kui normaalselt kõndimisel ilma verepiiranguta ning hapniku tarbimine suurenes 17% võrreldes normaalsega (Ozaki et al., 2011). See andis alust uskuda, et kaatsu meetodi rakendamine jalutamisel vanemate inimeste puhul võib viia nii lihashüpertroofiani kui lihasjõu kasvuni ning lisaks võib paraneda ka aeroobne võimekus. Seda osaliselt tänu kaatsu treeningu mõjule hingamissüsteemile kui ka tänu lihashüpertroofiale, mis peaks aitama parandada VO₂max-i (Abe et al., 2010).

Abe ja ta kolleegide uuring koosnes viiest mehest ja üheksast naisest vanuses 60–78 aastat ning nad jagati kahte gruppi: kaatsu treeningu gruppi (KT) ja kontrollgruppi (KNT). Kõik uuringus osalejad olid terved ning aktiivsed isikud, kuid polnud vähemalt kaks aastat jõutreeningutega kokku puutunud. Treeningud kestsid kuus nädalat ning toimusid korra päevas, viis päeva nädalas. Uuritavad kõndisid 20 minutit jooksulindil kiirusega 67 m/min, mis oli sarnane nende normaalsele jalutamiskiirusele. KT grupi liikmetele pandi treeningute ajaks jalgade ümber ka Kaatsu-Master rõhksidemed, mille rõhk ehitati enne iga treeningut järkjärgult ülesse. Esimene nädal oli rõhksidemete rõhk kõndimise ajal 160 mmHg, ning seda tõsteti iga nädal kuni 200 mmHg-ni, mida hoiti uuringu lõpuni. Testimistel kasutati ultraheli, et välja arvutada nii lihasmassi, lihasjämedust kui ka lihaste ristlääbilõiget. Maksimaalse tahtliku isokineetilise ja isomeetrilise jõu hindamiseks reielihaste sirutajatel ja painutajatel kasutati Biodex dünamomeetrit. Lisaks mõõdeti veel hapnikutarbivust jooksulindil kõndides, ning funktsionaalset võimekust toolilt püsti tõusmiste ja kõndimise alusel. Testimised viidi läbi nädal enne treeningute algust ja kolm päeva pärast treeningute lõppu. (Abe et al., 2010)

Uuringute lõpus täheldati kahte tähtsat leidu. Esiteks tõusis KT grupis nii isokineetiline (7–16%) kui isomeetiline (12%) jõud ning suurenes ka reielihaste ristlääbilõige (5,8%) ehk toimus tähelepanuväärne lihashüpertroofia. Need näitajad olid sarnased varem tehtud uuringutele nooremate inimeste peal, mis on üpriski üllatav, sest on teada, et vananedes on aina raskem säilitada või suurendada nii lihasmassi kui -jõudu. Teine avastus oli aga, et uuritavate VO₂max ega aeroobne võimekus ei paranenud. Sellest olenemata ei saa olla tulemuses pettunud, kuna funktsionaalse võimekuse testid paranesid märgatavalt, mis tähendab, et puhtalt lihasjõu areng parandab tunduvalt inimeste elukvaliteeti. Eriti tähtis on seejuures tähelepanu juhtida asjaolule, et uuritavad ei läbinud mingit kõrge intensiivsusega koormavat jõutreeningut, vaid nad lihtsalt jalutasid. See tähendab, et olenemata inimese ortopeedilisest seisundist on vägagi võimalik saavutada nii lihasmassi kasvu kui lihasjõu arengut. (Abe et al., 2010)

Lisaks kõndimisele on uuritud veel kaatsu treeningu mõju eakatele rakendades elastseid kummilinte. Uuringud on näidanud, et kummilindid või -tuubid on heaks alternatiiviks raskustega jõutreeningule, mis võib eakamatele inimestele üle jõu käia (Motalebi & Loke, 2014; Divya et al., 2013). Probleemiks on olnud aga kummilintide olemusest tulenev madalal intensiivsus ehk need ei paku nii palju vastupanu, et tuua esile märkimisväärset lihashüpertroofiat ja jõu kasvu. Kombineerides seda aga kaatsu meetodiga, mis eeldabki madalama vastupanu kasutamist treeningutel, võivad tulemused muutuda. See annaks efektiivse variandi saavutamaks lihashüpertroofiat ja jõu kasvu kodustes tingimustes ilma, et peaks kulutama raha kallile varustusele ning samuti oleks see eakamale kogukonnale palju võimetekohasem kui traditsiooniline jõutreening.

Tomohiro Yasuda et al. (2014) poolt läbi viidud uuringu eesmärk oligi uurida kuidas mõjutavad vanemaid inimesi jõuharjutused kummilintidega, rakendades kaatsu meetodit. Uuringus osales 17 meest ja naist (vastavalt 2 ja 15) vanuses 61–85, kes jagati kahte gruppi: kaatsu grupp ja kontrollgrupp. Treening protokoll hõlmas endast kaks korda nädalas treeninguid 12 nädala vältel. Igal treeningul sooritati kummilintidega 75 kordust (kordusi seeriates vastavalt: 30, 15, 15, 15) nii küünarvarre kõverdusi kui küünarvarre sirutusi. Mehed kasutasid jämedamat rohelist kummilinti ning naised väiksemat kollast kummilinti. Enne ja pärast treeningperioodi testiti osalejatel küünarvarre sirutuse ja kõverduse maksimaalset isomeetrilist jõudu, lisaks mõõdeti veel õlavarre-kakspea ja -kolmpea lihaste ristilääbilõiget, tehti vereanalüüse, testiti arteriaalset funktsionaalsust, mõõdeti lihasaktiivsust EMG-ga, mõõdeti treeningute aeg SLS-st ja kasutati ultraheli, et hinnata lihasrakkude jämedust pärast harjutusi. Vereringe piiramiseks kasutati 30 mm Kaatsu-Master rõhksidemeid, esimesel päeval kasutati rõhku kuni 120 mmHg ning seda tõsteti 10-20 mmHg võrra igal treeningul kuni jõuti

umbkaudu 270 mmHg juurde. Rõhksidemed olid peal terve treeningu vältel, mille keskmiseks pikkuseks oli 11 minutit.

Tulemused olid sarnased teiste kaatsu meetodit lahkavate uuringutega. Kaatsu grupp tunnistas kõrgemat pingutust harjutuste vältel kui kontrollgrupp, mis arvatavasti tuleb metaboliitide kogunemisest lihastesse ja sellest tulenevatest signaalidest. Kaatsu grupi antagonistihase lihasaktiivsus kasvas ka märkimisväärselt rohkem seeriatega jooksul kui kontrollgruppi oma. Samamoodi suurenes ka kaatsu grupi küünarvarre sirutajate ja painutajate ristiläbilõige (vastavalt 17,4% ja 17,6%) erinevalt kontrollgrupist, kellel mingeid positiivseid muutusi ei toimunud, ning see kordus ka isomeetrilise maksimaaljõu testis, kus kaatsu grupi küünarvarre painutajate ja sirutajate jõunäitajad suurenesid vastavalt 7,8% ja 16,1%, kuid kontrollgrupis muutusi ei toimunud. SLS-s ja vererõhu näitajates treeningute aeg gruppidel märkimisväärselt vahet ei olnud. Samuti ei leitud kaatsu grupil arteriaalset jäikust, mida on mõnes eelnevas uuringus esile toodud. (Yasuda et al., 2014)

Tulemuste põhjal võib öelda, et ainult elastilistest lintidest ei piisanud, et kutsuda esile positiivseid muutusi lihasmassis või -jõus. Vereringe piiramine jõutreeningul toob aga esile märkimisväärsed muutusi nii lihasjõus kui -hüpertroofias ka eakamatel inimestel. See on tähelepanuväärne, et kaatsu meetod põhjustab nii suure erinevuse treeningute efektiivsuses. See, nagu ka varasemalt mainitud tulemused, annavad tunnistust sellest, et oleks põhjust koolitada välja inimesi, kes suudaksid laiemale publikule kaatsu treeningut tutvustada ning õpetada selle kasutamist oma treeningutel. Ainuke puudus, mis kaatsu meetodil võib olla, on selle võimalik väheldane mõju luustikule, mis on vanema populatsiooni puhul väga tähtis. Sellest hoolimata oleks hea kasutada vereringe piiranguga treeningut, et ehitada üles lihasmassi ja -jõudu, mis lubaks seejärel kasutada natukene suuremaid raskusi, et tuua esile positiivseid muutusi luustikus.

Tulevikus oleks vaja läbi viia edasisi ja pikemaajalisi uuringuid, et saada veelgi põhjalikumaid ülevaadeid kaatsu treeningu mõjudest eakamale populatsioonile: Eelkõige selleks, et mõista, kas sellel on ka negatiivseid lühi- või pikaajalisi tagajärgi. Kaatsu treening on praegu rohkem levinud Jaapanis, kus kõik toimub koolitatud treenerite järelevalvel. Ideaalis võiks üritada seda inimestele rohkem kättesaadavamaks teha, sest tegelikkuses ei ole selle kasutamine põhitõdesid tundes kuigi keeruline.

3.3. Mõju sportlikule sooritusele

Kaatsu treeningu mõju sportlaste sooritusele on väga paeluv teema, sest kui see mõjuks näiteks hüppevõimele ja sprindikiirusele samalaadse efektiivsusega nagu see mõjub lihashüpertroofiale, siis oleks see revolutsiooniline meetod saavutusspordis. Nimelt kurnab see keha palju vähem kui traditsiooniline jõu- ja kiirustreening ning seetõttu on taastumisaeg lühem ning see omakorda lubaks rohkem treenida.

Ühes uuringus kaatsu meetodi mõjudest sportlastele, osalesid 15 kergejõustiklast, peamiselt sprinterid ja kaugushüppajad. Nad jagati kahte gruppi, üheksa inimest kaatsu gruppi ja kuus kontrollgruppi. Kontrollgrupp jätkas oma tavaliste sprindi- ja hüppe treeningutega ning jõutreeningus ei osalenud. Kaatsu grupp aga treenis kaks korda päevas, tund aega korraga, kaheksa päeva järjest. Pärast standardset soojendust sooritati kolm seeriat, 15 kordust seerias, kükke ja masinal jalakõverdusi 20% 1KM-st, puhkusega 30 sekundit iga seeria vahel. Treeningu ajal piirati jalgade vereringet spetsiaalse elastse kummiga, esimesel treeningpäeval oli sidemete rõhk 160 mmHg ja seda suurendati 20 mmHg võrra iga päev kuni jõuti 240 mmHg-ni. Testid viidi läbi enne treeningute algust ja kaks päeva pärast viimast treeningut. Maksimaalset jõudu testiti isotoonilise jalapressi masinaga, samuti mõõdeti jalalihase ristlõiget ja jämedust. Kiirust mõõdeti 30 meetri sprindis paigalt lähtega ning kasutati elektroonilist mõõtmisüsteemi. Hüppevõime teste oli kolm, paigalt kaugushüppe, paigalt kolmikhüppe ja paigalt viie sammuline hüpe. (Abe et al., 2005)

Enne eksperimendi läbiviimist gruppide vahel erinevusi ei olnud. Hilisemal testimisel, selgus, et kaatsu grupi reielihase ristlõige suurenes katse järgselt 4,5%, kontrollgruppi oma aga hoopis kahanes 1% võrra. Samuti suurenesid kaatsu grupi reie-nelipealihase ja reie-kakspealihase jämedus vastavalt 5,9% ja 4,5%, kuid kontrollgrupis muutusi ei leitud. Samamoodi suurenes märkimisväärselt (9,6%) ka kaatsu grupi jala maksimaaljõud, kontrollgrupil oli kasv poole väiksem. Hüppetestides ei olnud muutusi kummalgi grupil. 30 meetri sprinditestil aga kaatsu grupi aeg paranes ja seda just esimese 10 meetri arvelt. (Abe et al., 2005)

Kuigi uuring kinnitas eelkõige eelnevate uuringute tulemusi, siis oli huvitav näha ka arengut 30 meetri sprindis ja seda eelkõige just stardikiiruse arvelt. Põhjuseks võib seejuures olla, et kaatsu treeningu käigus värvatakse palju II tüüpi lihaskiudusid. Teisalt on huvitav, et see ei avaldanud mõju hüppevõimele, sest üksnes lihashüpertroofia ja jõu kasvu tõttu, oleks hüppejõu paranemine olnud ootuspärane.

Kaatsu treeningu mõju sportlastele testisid ka kaatsu treeningu looja Y. Sato et al.(2002). Nad uurisid kaatsu treeningu mõju ragbi mängijatele. Uuringus osales 17 meest, 12 neist olid professionaalsed mängijad. Kuus mängijat moodustas kaatsu treeningu grupi, kuus

mängijat läbisid sama treeningu ilma vereringe piiranguta ning kontrollgrupis olevad viis inimest ei teinud midagi. Uuring kestis kaheksa nädalat, ning treeningud viidi läbi kaks korda nädalas, kasutati jalasirutus masinat ning ka testid mõõtsid reie nelipealihase ristiläbilõiget, jõudu ja vastupidavust, testiti mitte-dominantset jalga. Treeningud hõlmasid endast neli seeriat jalasirutus masinal kasutades raskuseks 50% 1KM-st, ning seeriade vaheline puhkus oli ainult 30 sekundit. Kaatsu grupi rõhtsideme rõhutugevus oli 200 mmHg. Uuringute tulemused sarnanesid varem leitud – kaatsu treeningut kasutav grupp parandas reie sirutamise jõudu 14,3% ning sirutajalihaste ristiläbilõige suurenemine natuke üle 12%, ning samuti leiti ka paranemisi lihasvastupidavuse näol, seda just lihasväsimuse vähenemise arvelt. Tavatreeningute grupi ja kontrollgrupi tulemuste vahel märkimisväärseid erinevusi ei leitud. (Sato et al., 2002)

Selle uuringu tulemused olid väga üllatuslikud – kaatsu grupi lihasjõu ja läbilõike kasv oli väga suur arvestades, et need on professionaalsed ja treenitud sportlased. Muidugi võib arutleda selle üle, milline oli nende treening ajalugu ja taust, kuid enamik professionaalseid ragbi mängijad on väga heas füüsilises vormis ning töökad. Nagu ka eelnevate uuringute puhul, siis võib ka siin kasu uuringu valim oli piisav – kuus inimest on tõenäoliselt liiga väike arv, et inimesi korralikult veenda kaatsu treeningu efektiivsuses sportlaste puhul. Samas, jälgides kuidas erinevate uuringute tulemused kattuvad, peab mõnema, et vereringe piiramisega jõutreening on efektiivne treeningmeetod.

Samalaadse uuringu viis läbi ka T. Yamanaka koos kolleegidega Ameerika Ühendriikide Tennessee osariigi ülikooli ameerika jalgpallurite peal. Kuna uuringus osalenud meeskond mängib divisjonis 1A, mis on ülikooli liigades kõrgeim tase, siis olid uuritavad suure tõenäosusega ulatusliku jõutreeningu taustaga ja väga hästi treenitud. Uuritavate vereringe piirangu efektiivsust jõutreeningul üla- ja alakehale. Uuringus osales 32 mängijat ning nad jagati juhuse alusel kahte gruppi: kaatsu gruppi või kontrollgruppi. Uuritavaid testiti enne ja kaks päeva pärast treeninguid, mõõdeti rinna, käte ja reite ümbermõõde ning küki ja lamades surumise 1KM. Vereringe piiramiseks kasutati takjapaelaga elastiksidemeid rõhuga 50–100 mmHg. Uuritavate treeningud kestsid neli nädalat, mille käigus tehti kolm korda nädalas pärast tavapäraseid hooajaväliseid treeninguid neli seeriat lamades surumist ja kükki, esimesed seeriad koosnesid 30. kordusest ja järgmised kolm seeriat 20. kordusest, seeriade vaheline puhkus oli 45 sekundit. Kohe kui lamades surumine läbi sai, võeti kätelt sidemed ära ja pandi kükkide jaoks jalgadele. (Wortman, 2012)

Uuringu tulemused näitasid, et vereringe piiranguga grupi 1KM nii lamades surumises kui kükkis kasvas rohkem (vastavalt 7% ja 8% kasv), kui kontrollgrupil. Sama tulemus oli ka

rindkere ja vasaku käe ülemise osa übermõõdus, kus kaatsu grupi übermõõdu suurenemine oli suurem kui kontrollgrupil (Wortman, 2012).

Kui enamik uuringuid kaatsu treeningu mõjudest sportlastele on viidud läbi meeste peal, siis Mannimanakorn et al. (2013) viisid läbi sellise uuringu 30 nais-netpalli mängija peal. Lisaks kaatsu treeningu mõjudele uuriti samas testis ka intervall hüpoksia treeningu (IHT) mõjusid.

Uuritavate kogemustes või füüsilises võimekuses ega kehaehituses tähelepanuväärseid erinevusi ei olnud ning nii jagati nad juhuslikult kolme rühma, kaatsu treening grupp (KT), intervall hüpoksia treening grupp (HT) ja kontrollgruppi (KNG). Treeningprotokoll koosnes viiest nädalast, mille jooksul tehti kolm korda nädalas kolm seeriat nii põlveliigese sirutusi kui painutusi, raskuseks kasutati 20% 1KM-st, mis leiti kaks päeva enne treeningute alustamist. KT grupp kasutas jalgadel Kaatsu-Master spetsiaalseid rõhksidemeid, algselt oli rõhk 160 mmHg, ning seda tõsteti 10 mmHg võrra kuni 230 mmHg-ni kaheksandal päeval, pärast mida see jäi samaks. HT grupp kasutas treeningute ajal spetsiaalset IHT masinat koos maskiga. KT grupp sooritas kordusi seeriates kuni ebaõnnestumiseni ning HT ja KNG grupid tegid seejärel sama palju kordusi kui KT grupp tagamaks võrdseid treeningkoormusi. (Mannimanakorn et al., 2013)

Uuringus testiti FitnessWorks masinal nii jala sirutusel kui painutamisel maksimaalset tahtliku pingutust kolme sekundi jooksul, isomeetrilist vastupidavust 30 sekundi jooksul ning dünaamilist vastupidavust kordustele. Samuti kasutati MRI masinat, et mõõta reie sirutaja- ja painutajalihaste ristiläbilõiget ning EMG-d, et mõõta signaale *vastus lateralise*'lt ja *vastus medialis*'lt teiste testide ajal. Kõik testid viidi läbi üks kuni kaks päeva vastavalt enne ja pärast treeningute algust ja lõppu. (Mannimanakorn et al., 2013)

Tulemused kinnitasid varasemaid uuringuid, KT ja HT grupi lihasjõud, -vastupidavus ja lihaste ristiläbilõige kasvasid märgatavalt võrreldes kontrollgrupiga. KT grupi reielihaste ristiläbilõige suurenes 6,6% võrra, maksimaalne tahteline lihasjõud, 13,3% võrra ja isomeetiline lihasvastupidavus 9,3% võrra. Need tulemused on sarnased ragbi mängijatega tehtud uuringu tulemustega, kuigi kasutati märkimisväärselt madalamaid raskusi, 20% 1KM-st võrreldes ragbi mängijate 50%. Uuringus kasutatud EMG tulemus näitas, et vähemalt osaliselt paranes lihasjõud tänu rohkem rakendunud motoorsetele üksustele, mille põhjuseks on arvatavasti kaatsu treeningu käigus suurem rakendatud II tüübi lihaskiudude arv, kuigi selle kindlaks tegemine nõuab veel edasisi uuringuid. (Mannimanakorn et al., 2013)

Uuring näitas, et kaatsu treeningul on naistele samasugune efekt nagu meestele ehk toob uuritavates esile samasuguseid reaktsioone ja tulemusi olenemata soost.

Sarnaselt teiste valdkondadega on edasised uuringud ka siin vajalikud, et luua selgemat pilti, milline võiks olla kaatsu treeningu roll sportlaste ettevalmistuses. See ei asenda küll sportlaste praeguseid igapäevaseid treeninguid, kuid võib olla väga tähtis osa nende üleüldisest treeningplaanist. Kaatsu treening võib aga tulevikus väga suurt rolli mängida just vigastustest taastumisel. Loodetavasti hakkab kaatsu treeningmeetod rohkem populaarsust ka Eestis koguma, et vajadusel pakkuda meie sportlastele edasijõudnud võimalusi nii treeningutel kui taastusravis.

4. KAATSU MEETODI VARIATSIOONID

4.1. Kombineeritud treening

Uuringud on näidanud, et traditsiooniline jõutreening, mis hõlmab raskuste tõstmist 70–85% ulatuses 1KMst, on kõige tõhusam viis parandamiseks lihasjõudu, suurendamiseks lihasmassi ja tõstmaks sportliku soorituse taset (Yasuda et al., 2010). Inimesed võivad endale aga väga lihtsalt viga teha nii suurte intensiivsustega kui puudub eelnev kogemus ja adekvaatne treener. On tähtis leida alternatiive, et stimuleerida lihashüpertroofiat ja lihasjõu kasvu inimestel, kes ei suuda või ei saa sooritada traditsioonilisi jõutreeninguid. Vereringe piiranguga jõutreeningud võib olla hea variant neile inimestele, kuna uuringutes on ilmnenu, et tänu väiksematele kasutatud raskustele ei nõua kaatsu meetod nii pikka taastumisaega treeningute vahel. Samad uuringuid on aga näidanud, et relatiivsed jõunäitajad kaatsu treeningu käigus ei suurenenud, mis tähendab, et igasugune jõu juurdekasv kaatsu treeningu käigus võib tuleneda ainult lihashüpertroofiast, mitte neuroloogilisest adaptatsioonist. (Yasuda et al., 2010)

T. Yasuda koos kolleegidega (2010) viisid läbi uuringu, et näha kaatsu ja traditsioonilise jõutreeningu kombineeritud mõju, uskudes, et kaks meetodit täiendavad üksteist. Uuringus osalesid 40 vabatahtlikku noort meest (22–32 aasta vanused). Uuritavad olid nii-öelda harrastus-sportlased. 12 uuritavat tegelesid aeroobset tüüpi treeninguga, nagu jooksmine ja jalgrattasõit, kaks kuni kolm korda nädalas umbes 30 minutit korraga, kuid ükski uuritav polnud vähemalt kuus kuud enne uuringuid tegelenud jõutreeninguga. Nad jaotati juhuse alusel nelja gruppi: (1) traditsiooniline jõutreening, (2) piiratud vereringega jõutreening, (3) kombineeritud traditsiooniline jõutreening ja piiratud vereringega jõutreening ning (4) mittetreeniv kontrollgrupp. Uuritavad läbisid kuue nädalase treeningtsükli ning neid testiti enne ja pärast treeningtsükli. Kolm treeninggruppi sooritasid kuue nädala jooksul vabade raskustega lamades surumist kolm päeva nädalas. Esimene grupp sooritas kolme seeria jooksul 10 kordust, puhates kaks kuni kolm minutit seeriade vahel, kasutades 75% 1KM-st. Teine grupp sooritas esimeses seerias 30 kordust ja seejärel kolm seeriat 15 kordusega, puhates 30 sekundit seeriade vahel. Kombineeritud grupp sooritas kaks korda nädalas kaatsu grupi kava ja korra nädalas traditsioonilise jõutreeningu grupi kava. Pärast kolmandat treeningnädalat kontrolliti traditsioonilise jõutreeningu grupi 1KM üle ning vastavalt muudeti edasisi numbreid. Kõigile uuritavatele pandi südamele, et nad jälgiks sarnast toitumiskava. Vereringe piiramiseks kasutati rõhksidet, esimesel treeningul oli rõhuks 100 mmHg, ning survet suurendati 10mmHg võrra igal järgneval treeningul, kuni jõuti 160 mmHg juurde, surve tasemed tuletati varasematest uuringutest.

Testiti lamades surumise 1KM, õlavarre-kolmapealihase maksimaalset isomeetrist jõudu kasutades isokineetilist dünamomeetrit ning samal ajal mõõdeti EMG-ga õlavarre-kakspealihase aktiivsust ning neljandaks mõõdeti MRT-ga suure rinnalihase ja õlavarre-kolmpealihase läbimõõtu. Esimeste testimiste järel gruppidel märkimisväärseid erinevusi ei olnud, samuti ei muutunud ühelgi grupil kehakaal pärast kuut nädalat testimist. Lamades surumine arenes kõigil peale kontrollgrupi. Traditsiooniline jõutreeningu grupp ja kombineeritud treeningu grupp arenesid rohkem kui kaatsu treeningu grupp. Isomeetiline maksimaaljõud suurenes ainult traditsioonilise jõutreeningu grupil ja kombineeritud grupil. Relatiivne jõud suurenes kõige rohkem traditsioonilise jõutreeningu grupil, järgnesid kombineeritud grupp ja kaatsu grupp. (Yasuda et al., 2010).

Tulemused kinnitasid uuringu korraldajate hüpoteesi, et traditsiooniline jõutreening kombineerituna kaatsu treeninguga arendab rohkem relatiivset jõudu kui piiratud vereringega jõutreening üksi. Samas kinnitas see uuring varem tehtud uuringute leide, et kaatsu treening on efektiivne lihashüpertroofia saavutamiseks (Yasuda et al., 2010).

Selle uuringu puhul tuleb jällegi arvestada, et kuigi uuritavad olid muidu aktiivsed inimesed, siis jõutreeninguga polnud nad varem eriti kokku puutunud, mis tähendab, et algul nende areng ongi kiire ja ulatuslik. Samas kuna kõik uuritavad olid algajad siis saab relatiivselt ikkagi jälgida, kuidas erinevad treeningmeetodid neid mõjutavad, lihtsalt kogemuste puudus võib olla faktor, sest traditsiooniline jõutreening nõuab rohkem kogemust suuremate raskuste tõttu, mis eeldab pingutusoskust ja head tehnikat.

Kombineeritud meetodite kasutamine on mõttekas nii algajate kui sportlaste puhul. Sportlased saavad lisa mahtu teha, ilma taastumisaega väga palju suurendamata lisades kaatsu meetodi oma treeningutele. Samas saavad algajad ja harrastajad, kes on suuremate raskuste puhul kartlikud, ehitada kaatsu treeningu abil üles oma lihasmassi ning samal ajal vastavalt mugavusele tasapisi suurendades traditsioonilise jõutreeningu osakaalu treeningutes. Probleemiks on aga kaatsu treeninguteks vajaliku varustuse kättesaadavus. Kuigi teoreetiliselt on võimalik vereringet piirata ka tavaliste sidemete või kummidega, siis see ei ole kõige ohutum viis ning miski ei taga, et surve liiga nõrk või tugev ei oleks. Tegelikult oleks vaja spetsiaalseid rõhksidemeid, mille hind tänapäeval enam ei ole nii kõrge ning on palju kättesaadavamad nüüd kui 10 aastat tagasi. Samuti oleks vaja eksperte selles valdkonnas, kes viiksid läbi loenguid ja seminare õpetamaks, kuidas kaatsu treeninguid korrektselt läbi viia.

Cook et al. (2014) viisid poolprofessionaalsete ragbi mängijate peal läbi natuke teistsuguse uuringu. Nad kasutasid vereringe piiramist kõrge intensiivsusega jõutreeningul. 20 meest jagati kahte gruppi, ühe grupi liikmed kandsid treeningutel vereringet piiravaid

rõhksidemeid samas kui kontrollgrupp läbis treeningud ilma sidemeteta. Treening protokoll hõlmas endast kolme nädala vältel kolm korda nädalas treeninguid. Treeningutel tehti kolm harjutust: kük, rippes käte kõverdused ja lamades surumine, igat harjutust sooritati viis seeriat, igas seerias viis kordust ning raskuseks kasutati 70% 1KM-st. Vereringe piiranguga grupp pidi treeningute aeg jalgadel kandma rõhksidemeid laiuselga 10,5 cm ning kasutatav rõhk oli 180 mmHg, seeriade vahel lasti aga rõhk alla. Uuritavaid testiti enne ja pärast treeninguid, testiti küki ja lamades surumise 1KM, samuti paigalt üleshüppe võimet ning 40 meetri sprindikiirust. Lisaks mõõdeti pärast esimest, neljandat ja seistsmendat treeningut testosterooni ja kortisool tasemeid.

Vereringe piiranguga grupp nägi märkimisväärselt suuremat arengut nii kükis, lamades surumises, sprindikiiruses kui paigalt üleshüppes ja samamoodi oli nende testosterooni tase kõrgem. (Cook et al.,2014)

Tulemused on järjekordselt väga üllatavad arvestades, et uuritavad sportlased olid väga heas füüsilises vormis ja sooritasid regulaarselt jõutreeninguid. Nende areng nii lühikese ajaga – kui kolm nädalat – oli märkimisväärne ja annab põhjuse uskuda, et vereringe piiramine toob tulemusi esile kiiremini kui traditsiooniline jõutreening ilma vereringe piiranguta. Kindlasti on tarvis viia läbi sarnaseid uuringuid suurema arvu uuritavatega, et teha kindlaid järeldusi.

Veel tähelepanuväärsem on aga fakt, et lamades surumine arenes vereringe piiranguga grupil samalaadselt kui kük kuigi rõhksidemeid kasutati ainult jalgadel. Sarnane efekt on ilmnenud ka teiste kaatsu treeningut lahkatel uuringutel. (Cook et al.,2014) See annab põhjust uskuda, et vereringe piiramine on süstemaatilise mõjuga, ehk see annab signaale kogu kehale, mitte ainult kehaliikmetele, kus vereringe reaalselt piiratakse. See lubab näiteks taastusravis efektiivsemalt ravida kehaosa, mida väga hästi veel liigutada ei saa, piirates verd mõnes teises kehaliikmes ja sooritada tollega käe või jalaga harjutusi.

4.2. Keharaskusega treening

Kaatsu treening, mille tulemusel esineb isegi väikeste koormustega treenides lihashüpertroofia, paneb mõtlema, kas samasugune tulemus oleks võimalik kui rakendada seda ainult oma keharaskusega treeningul. See annaks inimestele, kellel on kas vähe aega või lihtsalt ei soovi jõusaalides käia hea alternatiivi, et sooritada oma treeningud kodus ja ikka saavutada sarnased tulemused.

N. Ishii et al. (2005) viisid läbi uuringu, et näha kas keharaskusega treening kombineeritud mõõduka vereringe piiramisega viib lihashüpertroofiani või mitte. Uuritavateks

olid 24 naist vanuses 28–44 eluaastat, kellel puudus eelnev regulaarne jõutreeningu kogemus. Nad jaotati juhuslikult kahte võrdsesse rühma: vereringe piiranguga rühm (VPR) ja tavaline treeningrühm (TTR). Mõlemad grupid sooritasid sama ringtreeningu, mis koosnes kuuest harjutusest: põlve tõsted, põlv-toengus käte kõverdused, jalgade tõsted, istudes põlvekõverdused, kükk ja väljaaste-kükk. Harjutuste vahel puhati ainult nii palju kui võttis aega ühelt harjutuselt teisele liikumine. VPR rühmale pandi jäsemetele Kaatsu-Sportwear'i elastilised sidemed rõhuga 50–80 mmHG ülakeha jäsemetel ja 80–120 mmHg alakeha jäsemetel, mis on võrreldes standard rõhkudega pigem madalad.

Kompuutertomograafia abil mõõdeti kummagi reielihaste ristlõiget nii enne kui kohe pärast kaheksa nädalast treeningtsükli. Pärast kaheksa nädalast programmi mõõdeti mõlemas jalgas 3% ristlõikeline kasv VPR grupis samas kui TTR grupis muutusi ei täheldatud. (Ishii et al., 2005)

Uuring andis järjekordset tõestust, et vereringe piiramine jõutreeningul viib lihashüpertroofiani, seda ka ilma välise lisaraskuseta. Samas peab täheldama, et 3% ristlõikeline kasv on eelnevate uuringutega võrreldes üpriski väike arvestades, et uuritavatel puudus eelnev jõutreeningu kogemus. Selle põhjus võib aga peituda vereringe piiramisel kasutatud sidemete madalas rõhus, ehk vereringet piirati väiksema rõhuga kui on täheldatud olema optimaalne.

Sarnane uuring viidi läbi ka Koreas, kus uuringus osales 17 ülikooli õpilast, kes jagati kahte gruppi. Esimene grupp, kus oli 10 õpilast, sooritas keharaskusega harjutusi kasutades sidet vereringe piiramiseks, teine grupp, mis koosnes seitsmest õpilasest, sooritas harjutusi ilma sidemeteta. Treening protokoll kestis kuus nädalat, mille jooksul sooritati kolm korda nädalas keharaskusega kükke ja väljaaste-kükke. Testimiseks kasutati süsteemi nimega Humac Norm, millega mõõdeti isokineetilist põlve lihaskonna funktsiooni, testid viidi läbi 24 tundi enne esimest treeningut ja 24 tundi pärast viimast treeningut. Samamoodi mõõdeti ka reieümbermõõte. Tulemustes avastati, et kuigi kaatsu meetodit kasutava grupi reielipealihase jõu kasv oli suurem kui kontrollgrupi oma, siis põhiline muutus oli siiski lihasümbermõõdus, kus kontrollgrupil oli kasv minimaalne, kaatsu meetodi grupil oli kasv aga 5,1% (Kang et al. 2015).

Koreas tehtud uuring kasutas vereringe piiramiseks küll tavalist sidet, kuid tulemused oli siiski sarnased eelnevatele tulemustele, kus põhiline muutus on ikka lihasmassi suurenemises. Tavaliste sidemete kasutamine vähendab samamoodi uuringu valiidsust, kuna ei saa teada, mis oli kasutatavate sidemete rõhk. Samas näitab see, et kodustes tingimustes oleks vägagi võimalik kasvatada lihasmassi ja mõnel määral ka lihasjõudu ning kindlasti kandub see

üle ka vanemale populatsioonile ning inimestele, kellel on raskustega treenimine probleemne. Eelteadmiste ja rõhksidemete olemasolul oleks väga lihtne viia läbi treeninguid oma kodus või isegi välistes tingimustes. Kõigile ei meeldi raskustega jõutreening ja paljud inimesed eelistavad kasutada ainult oma keharaskust. Sellistele inimestele oleks kaatsu meetodi rakendamine ideaalne saavutamaks laialdasemat lihashüpertroofiat. Samamoodi saaksid füsioterapeudid rakendada seda oma patsientidega, eriti nendega, kellel on tõsised liikumiskõhased, võimalused on tegelikult lõputud.

KOKKUVÕTE

Jõutreening on juba paarkümmend aastat püsinud üsnagi muutumatuna. Et saavutada lihashüpertroofiat või -jõu juurdekasvu tuleb treenida raskustega 65–85% 1KM-st. Y. Sato Jaapanist leidis aga juhuslikult, et vereringe piiramisel jalgades ja kätes on võimalik saavutada lihashüpertroofia kasutades nii madalat intensiivsust kui 20% 1KM-st. 30 aastaga on sellest leiust välja arenenud nn kaatsu treening, mille puhul kasutatakse raskusi 20–50% piires 1KM-st ning sooritatakse väga palju kordusi samal ajal kui rõhksidemed piiravad kasutatava kehaliikme venoosset vereringet.

Käesolev töö eesmärgiks oli uurida kaatsu treeningu funktsiooni ning selle mõjusid lihashüpertroofiale ja -jõule. Täpsemalt selgitada välja vereringe piiranguga jõutreeningu mõju ja kasulikkus sportlastele, astronautidele ja eakatele. Lõpptulemusena tuleb tõdeda, et seda meetodit lahkavate uuringute tulemused on tähelepanuväärsed, sest kaatsu meetod kutsub esile ulatusliku lihashüpertroofia ja -jõu kasvu.

Erinevad uuringud ja analüüsid on näidanud, et kaatsu treening toimib. Testimised on seejuures läbi viidud nii sportlaste kui ka tavainimeste, sh eakama populatsiooni peal, ning tulemused on läbivalt sarnased. Uuritavates on täheldatud märkimisväärset lihashüpertroofiat ning lihasjõu kasvu. Samuti on osades uuringutes leitud ka kiiruslike võimete arengut. Arvestades, et enamik uuringuid on lühiajalised, 3–12. nädalased, on tulemused seda muljetavaldavamad.

Üheks kaatsu treeningu efektiivsuse põhjuseks usutakse olevat varajane kiireteglükolüütiliste lihaskiudude rekruteerimine. Põhiteooria kohaselt väsivad I tüüpi lihaskiud verepiirangust tuleneva madala hapniku tõttu kiirelt ära ning töösse rekruteeritakse kiired II tüüpi lihaskiud. See viib metaboliitide ja laktaadi kuhjumiseni lihastes ja veres, mis omakorda annab kehale signaale lihashüpertroofiaks. Samuti on kaatsu treeningu puhul täheldatud nelja kordset GH taset võrreldes normaalsega. Rottide peal on kaatsu meetodit rakendades leitud, et langes müostatiin geeni ekspressioon.

Vanemaid inimesi käsitletud uuringute puhul on tulemused olnud samalaadsed, kuigi treeningutel on kasutatud vähekoormavaid vahendeid nagu elastsed kummilindid või treeningud on koosnenud üksnes kõndimisest. See annab põhjust uskuda, et kaatsu treening on väga hea alternatiivmeetod eakamale populatsioonile.

Isegi sportlaste puhul on ilmnenu ulatuslik lihashüpertroofia ja lihasjõu kasv rakendades kaatsu meetodit. Seda ka ragbi ja ameerika jalgpalli mängijate seas, kes on

jõutreeningu valdkonnas väga kogenenud. Kaatsu meetod ei saa küll asendada nende tavapärast treeningut, kuid see võib seda täiendada. Lisaks võib sellest palju kasu olla vigastustest taastudes.

Kaatsu meetod peaks oma olemuselt kosmoselennul olevatele astronautidele väga hästi sobima, kuid praegusel hetkel puuduvad kõikehõlmavad uuringud, et seda tõekindlalt väita. Astronautide treening on aga palju lubav valdkond, kus võiks kaatsu meetodist tulu tõusta. Seetõttu oleks vaja edasisi uuringuid selleks, et selgitada välja, kas see oleks otstarbekas või mitte.

Praegu seisuga puudub paraku ülevaade kaatsu treeningu lühi- ja pikaajalistest negatiivsetest tagajärgedest. Verepiirangu rakendamine jõutreeningul on aga kasvava populaarsusega meetod. Edasised uuringud võiksid süvitsi lahata kaatsu treeningu potentsiaalseid negatiivseid tagajärgi, lisaks tuleks leida moodus, kuidas seda inimestele kättesaadavamaks teha.

Vereringe piiramine jõutreeningul on praeguse seisuga potentsiaalselt hea alternatiiv traditsioonilisele jõutreeningule inimeste puhul, kellel on viimasega raskusi. Samuti sobib see tavatreeningutele täiendavaks osaks ja võib taastusravis olla võtmetähtsusega.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Abe T, Kawamoto K, Yasuda T, Kearns CF, Midorikawa T, et al. Eight days KAATSU-resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes. *International Journal of KAATSU Training Research* 2005; 1(1): 19–23.
2. Abe T, Kearns CF., Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *Journal of Applied Physiology* 2006; 100(5): 1460–1466.
3. Abe T, Sakamaki M, Fujita S, Ozaki H, Sugaya M, et al. Effects of Low-Intensity Walk Training With Restricted Leg Blood Flow on Muscle Strength and Aerobic Capacity in Older Adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy* 2010; 33(1): 34–40.
4. Baechle TR, Earle RW. *Essentials of Strength Training and Conditioning* 2nd ed. Human Kinetics, Champaign, IL pp; 2000, 412–415.
5. Cook CJ, Liam PK, Beaven CM. Improving Strength and Power in Trained Athletes With 3 Weeks of Occlusion Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2014; 9: 166-172.
6. Divya RS, Mallikarjunaiah HS, Maheshwari P. Effectiveness of 4-Weeks Exercise Program Using Elastic Tubing as Perturbation Force on Balance in Elderly Subjects. *International Journal of Physiotherapy and Research* 2013; 01(03): 88–92.
7. Dowling RJO, Topisirovic I, Fonseca BD, Sonenberg N. Dissecting the role of mTOR: lessons from mTOR inhibitors. *Biochimica et Biophysica Acta* 2010; 1804(3): 433-439.
8. Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, et al. High-Intensity Strength Training in Nonagenarians: Effects on Skeletal Muscle. *The Journal of the American Medical Association* 1990; 263(22): 3029–3034.
9. Hackney KJ, Everett M, Scott JM, Ploutz-Snyder L. Blood flow-restricted exercise in space. *Extreme Physiology & Medicine* 2012; 1: 1-12.
10. Ishii N, Madarame H, Odagiri K, Naganuma M, Shinoda K. Circuit training without external load induces hypertrophy in lower-limb muscles when combined with moderate venous occlusion. *International Journal of KAATSU Training Research* 2005; 1(1): 24–28.

11. Kang DY, Kim HS, Lee KS, Kim YM. The effects of bodyweight-based exercise with blood flow restriction on isokinetic knee muscular function and thigh circumference in college students. *Journal of Physical Therapy Science* 2015; 27(9): 2709–2712.
12. Kawada S., Naokata I. Skeletal Muscle Hypertrophy after Chronic Restriction of Venous Blood Flow in Rats. *Medicine and science in sports and exercise* 2005; 37(7): 1144–50.
13. Kraemer WJ, Ratamess N. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine and science in sports and exercise* 2004; 36(4): 674–88.
14. Kubota N, Takano H, Tsutsumi T, Kurano M, Iida H, et al. Resistance exercise combined with KAATSU during simulated weightlessness. *International Journal of KAATSU Training Research* 2008; 4: 9-15.
15. Loenneke JP, Thomas P. The Use of Occlusion Training to Produce Muscle Hypertrophy. *Strength and Conditioning Journal* 2009; 31(3): 77–84.
16. Manimmanakorn A, Manimmanakorn N, Taylor R, Draper N, Billaut F, Shearman JP, Hamlin MJ. Effects of resistance training combined with vascular occlusion or hypoxia on neuromuscular function in athletes. *European Journal of Applied Physiology* 2013; 113(7): 1767–1774.
17. Mattiello-Sverzut AC, Chimelli L, Moura MS, Teixeira S, Oliveira JAM. The effects of aging on biceps brachii muscle fibers: a morphometrical study from biopsies and autopsies. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria* 2003; 61(3A): 555–560.
18. Motalebi SA, Loke SC. Efficacy of Progressive Resistance Tube Training in Community Dwelling Older Adults: A Pilot Study. *International Journal of Gerontology* 2014; 8(4): 213–218.
19. Nindl B. C. Insuline-like growth factor-1 as a candidate metabolic biomarker: military relevance and future directions for measurements. *Journal of Diabetes Science and Technology* 2009; 3: 371–376.
20. Ozaki H, Sakamaki M, Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, et al. Increases in Thigh Muscle Volume and Strength by Walk Training with Leg Blood Flow Reduction in Older Participants. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2011; 66A(3): 257–263.
21. Pollock ML, Carroll JF, Graves JE, Leggett SH, Braith RW, Limacher M, Hagberg JM. Injuries and adherence to walk/jog and resistance training programs in the elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1991; 23(10): 1194–1200.

22. Reeves G, Kraemer V, Hollander RR, Clavier DB, Thomas J, et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *Journal of Applied Physiology* 2005; 101(6): 1616–1622.
23. Sato Y. The history and future of KAATSU training. *International Journal of Kaatsu Training Research* 2005; 1(1): 1–5.
24. Takarada Y, Sato Y, Naokata I. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European Journal of Applied Physiology* 2002; 86(4): 308–14.
25. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, et al. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology* 2000; 88(6): 2097–2106.
26. Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M. Muscle Mass, Muscle Strength, and Muscle Fat Infiltration as Predictors of Incident Mobility Limitations in Well-Functioning Older Persons. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2005; 60(3): 324–333.
27. Williams D, Kuipers A, Mukai C, Thirsk R. Acclimation during space flight: effects on human physiology. *Canadian Medical Association Journal* 2009; 180(13): 1317–1323.
28. Wortman J. Occlusion Training Increases Strength in Football Players. *Breakingmuscle* 2012. <http://breakingmuscle.com/strength-conditioning/occlusion-training-increases-strength-in-football-players> 29.04.2016
29. Yasuda T, Fukumura K, Uchida Y, Koshi H, Iida H, et al. Effects of Low-Load, Elastic Band Resistance Training Combined With Blood Flow Restriction on Muscle Size and Arterial Stiffness in Older Adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2015; 70(8): 950–958.
30. Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, et al. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *European Journal of Applied Physiology* 2011; 111(10): 2525–2533.
31. Zhu X, Hadhazy M, Wehling M, Tidball JG., McNally EM. Dominant negative myostatin produces hypertrophy without hyperplasia in muscle. *FEBS Letters* 2000; 474(1): 71–75.

SUMMARY

Blood flow restricted resistance training or kaatsu training is a training method involving the use of cuffs placed around an upper part of the limb during exercise to maintain arterial inflow while preventing venous return. Kaatsu training can be used with weights based resistance training or with other modalities like elastic band resistance training, body weight resistance training or even walking.

Blood flow restricted resistance training uses low loads (20–50% of 1RM) to increase strength and bring forth muscle hypertrophy. Kaatsu training appears to increase muscle mass and strength more than resistance training without blood flow restriction when using matched relative loads but are either similar in efficacy or slightly less effective than conventional resistance training with high relative loads.

There is evidence that gives reason to believe that resistance training with blood flow restriction might improve power and sprinting speed and that non-resistance training methods like walking or cycling with blood flow restriction can cause hypertrophy.

Blood flow restricted resistance training with low relative loads displays greater muscle activity when compared to conventional resistance training with matched loads, which might mean increased muscle fiber recruitment, especially type II, which can explain the hypertrophy. There have also been findings of four times higher than normal GH after a bout of kaatsu training. Another factor which might explain the muscle hypertrophy is the downregulation of myostatin gene expression which has been found to be the case with rats.

Kaatsu training has shown to be effective for both athletes and non-athletes. It can be really useful for the elderly, since their bodies might not be able to handle the demands of conventional resistance training. Studies have shown that applying katsu method to elderly combined with walking on a treadmill can bring forth muscle hypertrophy, same with using elastic resistance bands. Same methods can also be applied to rehabilitation, both for athletes or non-athletes.

There is also potential for blood flow restricted resistance training to be applied to training while in space, further studies have to be done to make sure it's in 0 gravity. But it could makes astronauts lives a lot easier while also helps them save energy.

Further studies have to be conducted to make sure there are no negative consequences to kaatsu training both short and long term. But it could be a huge part of training protocols in the future for both athletes and everyday people. Already a lot of *National Basketball*

Association and *National Football League* athletes are applying it to their training protocols. Hopefully it will gain popularity as time goes on and become accessible to wider range of people.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Rasmus Zarubin (sünnikuupäev: 22.03.1992)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Verevarustuse piiramine jõutreeningul ja selle mõju lihasjõule ja –hüpertroofiale“, mille juhendaja on PhD Ando Pehme
 - 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 06.05.2016