

TARTU ÜLIKOOL  
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

**Andrei Jasnev**

**Staatiliste ja dünaamilis-aktiivsete venitusharjutuste mõju lihase funktsionaalsetele näitajatele, lihasvalule ning traumade ennetamisele**

**Effects of static and dynamic-active stretching exercises on muscle functional parameters, muscle pain, and trauma prevention**

**Bakalaureusetöö**

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja: PhD, D.Vahtrik

Tartu 2018

## SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	3
1. LIHASKÕÕLUSÜKSUSE EHITUS JA SELLE FUNKTSIONAALSED OMADUSED .....	4
1.1 Lihaste ehitus ja omadused .....	4
1.2 Kõõluste ehitus ja omadused.....	5
2. VENITUSLIIGID.....	6
2.2 Dünaamiline venitamine .....	7
2.2.1 Dünaamilis-aktiivne venitamine.....	7
2.2.2 Ballistiline venitamine.....	7
2.3 Kontraktsioonile eelnev venitamine.....	7
2.3.1 Proprioretseptiivne neuromuskulaarne fasiliteerimine.....	7
2.3.2 Isomeetrilisele kontraktsioonile järgnev lihaslõdvestus.....	8
2.3.3 Fasiliteerimisele järgnev lihasvenitus.....	8
3. VENITUSTEOORIAD .....	9
3.1 Mehaanilised teooriad lihaselastsuse suurendamiseks.....	9
3.1.1 Viskoelastne deformatsioon .....	9
3.1.2 Plastilisuse deformatsioon .....	10
3.1.3 Järjestikuste sarkomeeride arvu suurenemine .....	10
3.1.4 Neuromuskulaarne lõõgastumine .....	11
3.2 Sensorne teooria lihaselastsuse suurendamiseks.....	11
4. VENITAMISE AJAL TOIMUVAD MUUTUSED LIHASE FUNKTSIONAALSETES NÄITAJATES .....	13
4.1 Venitusharjutuste mõju lihaspikkusele .....	13
4.2 Lihaskõõlus ja lihase sooritusvõime.....	15
5. VENITAMINE VALU LEEVENDAMISEKS.....	18
6. VENITAMINE TRAUMADE ENNETAMISEKS .....	20
KOKKUVÕTTE .....	22
KASUTATUD KIRJANDUS .....	23
SUMMARY .....	29

## SISSEJUHATUS

Termin „venitamine“ on paljudele inimestele tuttav, kuid sageli ei mõisteta venitamise tähtsust või ei teata mida ning milliste printsiipide alusel venitatakse. Venitamine on Eesti tervise- ja spordimaastikul väga populaarne teema, mida on korduvalt kajastatud televisioonis, internetiväljaannetes ja terviseajakirjades. Venitamise kohta on palju vasturääkivat infot- valitseb segadus, kas venitada või mitte, samuti puudub ühtne konsensus venituste mõju kohta. Eelkõige kasutatakse venitamist spordis ja rehabilitatsioonis. Venitusharjutusi teostatakse traumade ennetamise, valu leevendamise, taastumise eesmärgil pärast rasket füüsilist koormust, aga ka sooritusvõime parandamiseks. Venitamisel on väga suur rakendusala, kuid mis on lihaste venitamise täpne toime?

Käeoleva töö teema on kitsendatud staatiliste ja dünaamilis-aktiivsetele venitustele, kuna nimetatud venitusliike kasutavad füsioterapeudid ja sportlased kõige rohkem. Töö eesmärkideks on teaduskirjandusele tuginedes välja selgitada, millise teooria kohaselt on venituse efektiivsus kõige paremini selgitatav, kuidas staatiline ja dünaamilis-aktiivne venitamine mõjutab lihaspikkust ja lihasjõudu ning uurida, kas staatiline ja dünaamilis-aktiivne venitamine leevendab lihasvalu ning omab positiivset mõju traumade ennetamisele või mitte.

Bakalaureusetöö jaguneb kuueks peatükiks, kus kirjeldatakse lihaskõõlusüksust, selle ehitust ja funktsionaalseid omadusi, käsitletakse venitamise põhi- ja alaliike, venitamine erinevaid teooriad ning venitamine ajal toimuvaid muutusi skeletilihase funktsionaalsetes parameetrites nagu lihaspikkus ja lihasjõud. Samuti antakse ülevaade staatilise ja dünaamilis-aktiivse venitamine efektiivsusest lihasvalu leevendamisele ja traumade ennetamisele.

Teema valik tulenes autori kokkupuutest erinevate venitusteooriate ja venitusliikidega, huvist spordi ja füsioteraapia taastumismeetodite vastu ning vastuolulisest venitusalasest infost. Kõnesoleva teema valdamine on kasulik töö autorile, füsioterapeutidele, inimestele, kellele venitamine on oluline ning kes soovivad saada maksimaalselt efektiivse tulemuse taastumis-eesmärkide saavutamisel.

Märksõnad: venitamine, venitamine teooriad, lihasjõud, lihaspikkus.

Keywords: *stretching, stretching theories, muscle strength, muscle length.*

# 1. LIHASKÕLUSÜKSUSE EHITUS JA SELLE FUNKTSIONAALSED OMADUSED

Venitamine on füüsiliste (funktsionaalsete) harjutuste meetod, mille käigus teadlikult venitatakse teatud lihaseid või lihasrühmi (Weerapong et al., 2004). Venitus põhineb lihas-kõõlusüksuse (ingl k *musculotendinous unit*, MTU) pikenemisel. Selleks, et suurendada MTU pikkust on vaja suurendada lihase alguskoha (lad k *origo*) ja kinnituskoha (lad k *insertio*) omavahelist distantsi. MTU produtseerib liigutuse sooritamiseks vajalikku jõudu, mis koosneb lihaskontraktsioonil tehtava lihastöö ja kõõlustes vabaneva elastsusenergia summast. Paratamatult avaldab lihase venitamine mõju ka teistele anatoomilistele struktuuridele nagu liigeskapsel ja fastsia (lad k *fascia*)-nende biomehaanilised omadused erinevad lihaste omast (Johnson, 2012).

## 1.1 Lihaste ehitus ja omadused

Skeletilihase põhiliseks struktuurilemendiks on lihaskiud. Lihaskiud on pikk silindrikujuline hulktuumne rakk (Alter, 2004). Skeletilihaste kokkutõmbevõime tuleneb nendes rakkudes (lihaskiududes) olevatest spetsiifilistest organellidest – müofibrillidest (Hannus et al., 2017). Iga müofibrill omakorda koosneb sarkomeeridest, mis asetsevad üksteise suhtes järjestikku, müofibrillid koosnevad aktiini- ja müosiinifilamentidest, mille vaheline ristsillakeste moodustamine tagab lihaskontraktsiooni (Alter, 2004). Lihase järjestikuse-elastse komponendi moodustavad kõõlused, müofibrillide sidekoelised toesed ja erutunud lihase puhul lisaks aktiivsed ristsillakesed müosiini- ja aktiinifilamentide vahel. Paralleel-elastse komponendi moodustavad fastsia, endo- ja perimüüsium (Pääsuke, 1996).

Lihase bioloogilise keha omaduseks on erutuvus, erutusjuhtivus ja kontraktsioonivõime. Lihase deformatsioonil ehk venitamisel ilmnevad mehaanilised omadused nagu elastsus, viskoossus, plastilisus ja pingete relaksatsioon (Pääsuke, 1996). Elastsus on omadus pikeneda vastavalt avaldatavale jõule ja peale koormuse mõju lakkamist, taastada esialgne kuju, olles ajas sõltumatu. Viskoossus on ajast ja kiirusest sõltuv lihaste omadus, mis ilmneb nii uue pikkuse saavutamisel venitamisel, kui ka algpikkuse taastamisel pärast venituskoormuse lõppu (Özkaya & Nordin, 1999). Plastilisuse puhul jääb lihase korduval deformeerimisel (venitamisel) tekkiv seisund püsima – tekib jääkdeformatsioon (venitusjäägiga seisund). Pingete relaksatsioon tähendab püsiva deformatsiooni (venituse) tingimustes lihasesisese pinge vähenemist (Pääsuke, 1996).

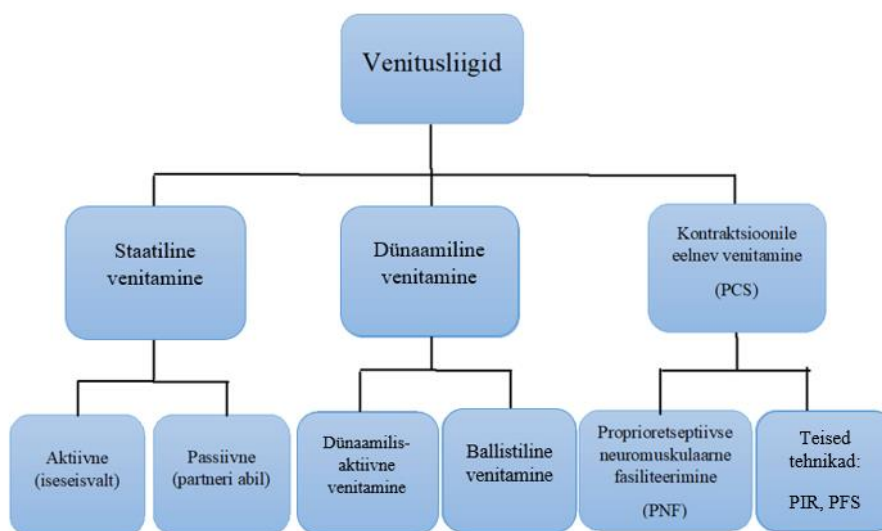
## 1.2 Kõõluste ehitus ja omadused

Kõõluste abil kinnituvad skeetilihased luustikule. Kõõlused koosnevad paralleelsetest kollageenikiudude kimpudest (Pääsuke, 1996). Kõõluste kuju, suurus ja paksus võib olla erinev, olenedes nende asukohast ning lihase funktsioonist. Suuremat jõudu genereerivatel lihastel on lühikesed ja laiad kõõlused, täpsete ja väikses ulatuses liigutusi sooritavatel lihastel aga pikemad ja peenemad kõõlused (Alter, 2004).

Kõõluste ülesandeks on lihase tekitatud jõu ülekanndmine luudele ning seega luukangide liigutamise soodustamine (Hannus et al., 2017). Kõõluste lühenemine ja pikenedmine liigutustegevustel on võimalik kiirustel, mis ei ole sobilik lihaskoe mehaanilistele omadustele, omades seetõttu ka lihaskoe kaitsmise funktsiooni. Oma elastsete omaduste tõttu võivad teatud kõõlused toimida üksustena, milles salvestatakse energia. Kõõlused, milles säilitatakse energia, vabastavad liigutustegevuse tarbeks energia suure jõudlusega, muutes edasiliikumise ökonoomsemaks ja efektiivsemaks. Tänu kõõluste elastsusele ja venivusele, saavad lihased töötada suure jõu genereerimise tingimustes kas ilma lühenemiseta või minimaalse lihaspikkuse muutusega (Thorpe et al., 2013).

## 2. VENITUSLIIGID

Venitused on üldistatuna jagatud kolmeks: staatiline (ingl k *static stretching*), dünaamiline (ingl k *dynamic stretching*) ja kontraktsioonile eelnev (ingl k *pre-contraction stretching*) venitamine, need on omakorda jaotatud alaliikideks (joonis 1) (Sands et al., 2013).



**Joonis 1.** Venituse põhi- ja alaliigid (Page 2012). PIR – isomeetrilisele kontraktsioonile järgnev lihaslõdvustus; PFS – fasiliteerimisele järgnev lihasvenitus.

Jagers (2008) ja Weerapong (2004) kaasautoritega käsitlevad iseseisva venituse meetodina ka ballistilist venitamist (ingl k *ballistic stretching*), kuid käesoleva töös käsitletakse ballistilist venitamist dünaamilise venitamise alaliigina, lähtudes uuematest kirjandusallikatest.

### 2.1 Staatiline venitamine

Staatiline venitamine on traditsiooniline ning kõige enam levinud venitusliik. Staatilise venitamise ajal viiakse lihas või lihasgrupp liigese lõppasendisse (ingl k *range of motion*, ROM) ja hoitakse venituses mõõduka mehaanilise lihaspinge all, misjärel viiakse lihas tagasi algasendisse (Sands et al., 2013). Staatilise venitamise ajal peab inimene tundma kergelt valuaistingut, mis on lühiajaline ja väheneb tavaliselt mõne sekundiga. Staatilist venitamist on võimalik sooritada nii passiivselt ehk partneri abil kui ka aktiivselt ehk iseseisvalt (Page, 2012).

## **2.2 Dünaamiline venitamine**

Dünaamiline venitamine on aktiivne venitusliik, mille ajal toimub antagonistlihase kontraktsioon (Sands et al., 2013). Dünaamilisel venitamisel on kaks alaliiki – dünaamilis-aktiivne venitamine (ingl k *dynamic-active stretching*) ja ballistiline venitamine (Johnson, 2012).

### **2.2.1 Dünaamilis-aktiivne venitamine**

Dünaamilis-aktiivse venituse ajal venitatakse üht või mitut liigest ületavat lihast dünaamiliselt kogu liigutusraja ulatuses liigest sirutades või painutades (Peggy, 2016). Venituse amplituuti ning liigutuse kiirust suurendatakse iga järgmise liigutussooritusega. Venitatakse põhimõttel: nt liigese ulatuslik painutus (lihase venitus), asendi säilitamine kaks sekundit ning jäsme või kehaosa toomine algasendisse. Harjutust korratakse mitmeid kordi järjest (Sands et al., 2013).

### **2.2.2 Ballistiline venitamine**

Ballistilist venitamist kasutatakse vähem kui teisi venitusliike (Page, 2012). Ballistiline venitamine hõlmab kiireid rütmilisi, vahelduvaid liigutusi liigese ROM alg- ja lõppasendites ehk lihase või lihasgruppide venitusasendites (Johnson, 2012; Peggy, 2016). Kui ballistilise venitamise ajal teostatud liigutused on liiga tugevad ning kontrollimatud, võivad need kahjustada liigest ümbritsevaid sidemeid, kõõluseid ja lihaseid, see omakorda on tendiniidi (ingl k *tendonitis*, kõõluse põletik) tekke riskifaktor. Ballistilise venitusega võivad kaasned a lihase mikrobendid, mis vähendavad lihase elastsust ning liigese liikuvust. Suurema vigastusriski tõttu, ei ole ballistiline venitamine soovitatav (ACSM, 2017).

## **2.3 Kontraktsioonile eelnev venitamine**

Kontraktsioonile eelnev venitamine hõlmab endas venitamisele eelneva agonistlihase (ingl k *agonist muscle*) või antagonistlihase (ingl k *antagonist muscle*) kontraktsiooni. Kontraktsioonile eelneva venituse enamlevinud alavorm on proprioretseptiivne neuromuskulaarne fasiliteerimine (ingl k *proprioceptive neuromuscular facilitation*, PNF) (Page, 2012).

### **2.3.1 Proprioretseptiivne neuromuskulaarne fasiliteerimine**

PNF on kompleksne venitusvorm, mis sisaldab lihase isomeetrilise või isotoonilise kontraktsiooni ja passiivse staatilise venitamise kombineeritud tehnikaid (Page, 2012). Lihase või lihasgrupp viiakse venitusasendisse nii, et ületatakse aktiivse

ROM amplituud ning seejärel teostatakse antagonistlihase isomeetriline kontraktsioon 75-100% lihasjõuga. Lihaskontraheeritakse isomeetriliselt vastupanuga venitusasendis kuni 10 sekundit, seejärel lihas lõdvestatakse ning teostatakse passiivne venitus nii, et liikumisamplituud ületab venitatava lihase aktiivse ROM ulatuse. Tavaliselt eristatakse kolme enamkasutatavaid PNF-iga seotud venitustehnikaid: *Hold-relax*, *Contract-relax* ja *Contract-relax agonist contract* (Weerapong et al., 2004).

### **2.3.2 Isomeetrilisele kontraktsioonile järgnev lihaslõdvestus**

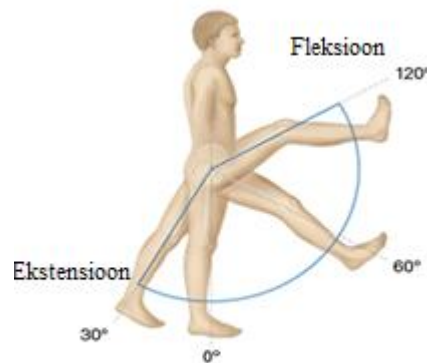
Isomeetrilisele kontraktsioonile järgnev lihaslõdvestus (ingl k *post-isometric relaxation*) on kontraktsioonile eelneva venituse vähemlevinud alavorm, kus lihase isomeetriline kontraktsioon toimub kuni 25% lihasjõuga ning millele järgneb staatiline venitamine (Page, 2012).

### **2.3.3 Fasiliteerimisele järgnev lihasvenitus**

Fasiliteerimisele järgnev lihasvenitus (ingl k *post-facilitation stretch*) on kontraktsioonile eelneva venituse alavorm, mis on välja töötatud Dr. Vladimir Janda poolt. Fasiliteerimisele järgneva lihasvenituse ajal toimub maksimaalne lihaskontraktsioon lihase ROM keskasendis (ingl k *mid-range of ROM*), millele järgneb kiire lihase väljavenitamine selle maksimaalse pikkuseni ning 15 sekundiline staatiline venitamine (Frank et al., 2009).

### 3. VENITUSTEORIID

Venituse efektiivsus ehk lihaspikkuse suurenemine väidetakse olevat seoses lihaselastsuse (ingl k *muscle extensibility*) paranemisega, mis tavaliselt on mõõdetav liigesliikuvuse ehk ROM suurenemisega. Näiteks põlveliigese või puusaliigese ROM'i kasutatakse hamstringlihase pikkuse muutuse määramiseks (Peggy, 2016). ROM – kindla liigese või kehaosa ümber toimuva liigutuse mõõtmine. ROM'i mõõtmiseks kasutatakse liigese jaoks kohandatud mõõtmisvahendit – goniomeeter (ingl k *goniometer*). Tavaliselt koosneb goniomeeter kahest liikuvast haarast, mis on omavahel ühendatud mõõteskaalaga. Goniomeetriga mõõdetakse liigesnurki alates 0-180°, goniomeetrid on erineva suuruse ja kujuga, eksisteerib nii mehhaanilisi kui elektroonilisi goniomeetreid (McLaughlin, 2012).



Joonis 2. Puusaliigese ROM (McLaughlin, 2012).

#### 3.1 Mehaanilised teooriad lihaselastsuse suurendamiseks

Rehabilitatsioonialane kirjandus osutab tihti, et pärast vahelduvat venitamist täheldatud lihaselastsuse suurenemine on tingitud venitatava lihase mehaaniliste omaduste muutustest. Mehaanilised teooriad hõlmavad viskoelastset deformatsiooni (ingl k *viscoelastic deformation*), plastilisuse deformatsiooni (ingl k *plastic deformation*), järjestikuste sarkomeeride arvu suurenemist (ingl k *increased sarcomeres in series*) ning neuromuskulaarset lõõgastumist (ingl k *neuromuscular relaxation*) (Weppeler & Magnusson, 2010).

##### 3.1.1 Viskoelastne deformatsioon

Skeletilihaseid peetakse viskoelastseteks, kuna nagu tahkete materjalidena on nad elastsed ning tänu vedeliku sisaldusele ka viskoossed. Kui lihas on venitatud ja hoitud nt

staatilises venitusasendis piisav aeg, väheneb järk-järgult lihase venitamise resistentsus. Sellist venitamise resistentsuse vähenemist nimetatakse viskoelastseks stresslõõgastumiseks (ingl k. *viscoelastic stress relaxation*) (Özkaya & Nordin, 1999). Weppler & Magnusson (2010) järeldasid, et venitamisega saavutatud lihaspikkuse kasv sõltub kasutatavast venitusliigist ja venituse kestvusest. Viskoelastne deformatsioon inimese skeetilihastes möödub ajaga (Weppler & Magnusson, 2010), venitamise pikaajalist efekti, mille kestvus püsib kauem kui 1 päev, ei ole leitud (Magnusson et al., 2000). Magnusson kaaskolleegidega (2000) leidis, et staatiline, 45 sekundit kestev hamstringlihaste venitus ei mõjuta oluliselt järgmist venitust, mida teostatakse juba 30 sekundit hiljem. Samas uuringus teostati kolm järjestikust 45-sekundilist staatilist venitust (paus venitamiste vahel 30 sekundit) ning leiti 20%-ne viskoelastne stresslõõgastumine iga venituse ajal, kusjuures järgmise venituse alguseks olid lihased juba taastunud.

### **3.1.2 Plastilisuse deformatsioon**

Termin „plastiline“ kirjeldab materjali, mis pärast koormuse mõju lakkamist muudab oma kuju alaliselt. Elastsed materjalid käituvad plastiliselt siis, kui venitus on teostatud üle nende elastsuse võimete. Lihaste plastilise deformatsiooni ilmnemiseks peab venitamine olema nii intensiivne, et sidekoed koos lihastega ületavad nende elastsuse piiri nii, et pärast koormuse mõju lakkamist ei taasta need oma originaalpikkust ning jäävad alaliselt pikemaks (Weppler & Magnusson, 2010). Weppler & Magnusson (2010) on järeldanud, et venitamisega seotud uuringute tulemused ei toeta plastilisuse deformatsiooni, vaid pigem viskoelastset deformatsiooni, millel on ajutine ja mittepüsiv efekt. Väljatoodud järeldust kinnitab ka Meroni ja tema kaaskolleegide (2010) uuring, kus leiti, et pärast venitusharjutuste programmi lõppemist esineb progresseeruv lihaselastsuse langus, mis väljendub liigese ROM näitajate vähenemises.

### **3.1.3 Järjestikuste sarkomeeride arvu suurenemine**

Loomkatsetega on demonstreeritud, et lihaste järjestikuste sarkomeeride arvu on võimalik muuta lihase jaoks ekstreemsetes asendites pikemaajaliste immobiliseerimistega nt lihase maksimaalse sirutuse asendis (Weppler & Magnusson, 2010). Immobiliseeritud lihastes ei toimunud üldist lihaspikkuse muutust, sest järjestikuste sarkomeeride arvu suurenemine oli tasakaalustatud samaaegse sarkomeeride pikkuse vähenemisega. Kui lihased olid immobiliseeritud nende lühendatud asendis, vähenes järjestikuste sarkomeeride arv ning lihaspikkus

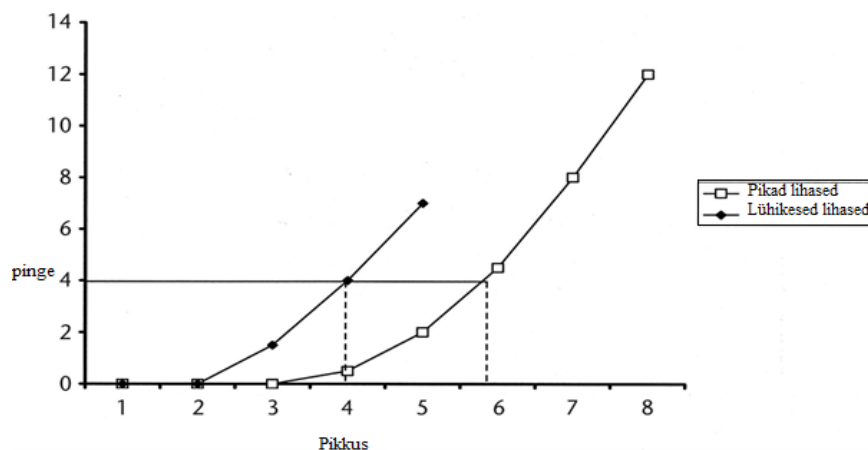
samaaegselt. Lühenenud lihaste järjestikuste sarkomeeride arv ja lihaspikkus taastub pärast immobilisatsiooni algtasemele (Weppler & Magnusson, 2010). Praktilistel ja eetilistel põhjustel ei ole teostatud inimestega seotud histoloogilisi venitusuuringuid selgitamiseks, kas lihaste järjestikuste sarkomeeride arv muutub venitamise tõttu või mitte.

### 3.1.4 Neuromuskulaarne lõõgastumine

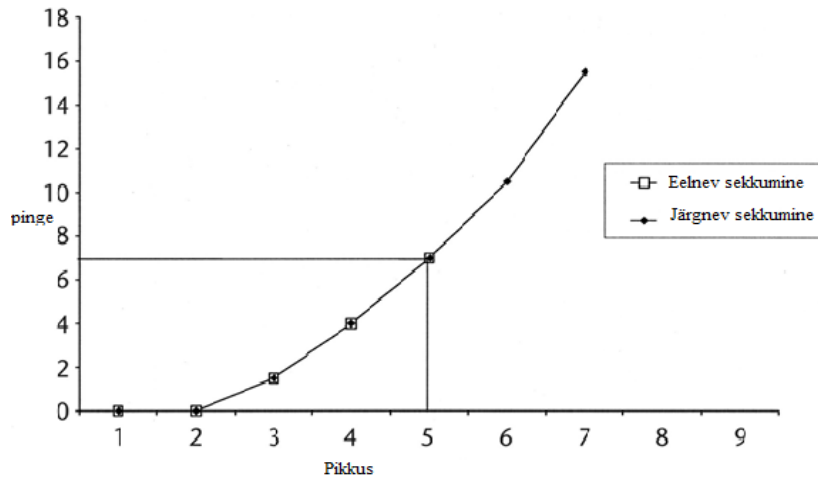
Lihaselastsuse suurendamise selgitamiseks on välja pakutud, et aeglane staatiline venitamine põhjustab neuromuskulaarsete refleksite kohanemist, mis omakorda mõjutab lihase võimet lõõgastuda ja mitte kutsuda esile lihaskontraktsiooni venituste ajal (Winters et al., 2004). Vastupidiselt eelöeldule on leitud, et väga kiire ja lühikese, lihase keskasendis teostatud venituse ajal, aktiveerivad venitusrefleksid lühikese kestvusega lihaskontraktsiooni (Weppler & Magnusson, 2010).

### 3.2 Sensoorne teooria lihaselastsuse suurendamiseks

Uuringutes on hinnatud lihaste biomehaanilisi omadusi enne ja pärast venitamist. Lihaspikkuse hindamisel mõõdeti lisaks lihaspinge näitajat, mille alusel konstrueeriti graafiliselt vastavad pikkuse/pinge kõverad. Kui lihaselastsuse suurenemine oli tingitud lihaspikkuse suurenemisest, ükskõik millise mehaanilise teooria alusel, kõver nihkub paremale, kajastades pikemat lihaspikkuse näitajat vastava passiivse pinge punktis (joonis 3). Kui puudub mehaaniline muutus lihaspikkuses pärast sekkumist, siis puudub nihkumine passiivses pikkuse/pinge kõveras, ja sekkumiseelse lihaspikkuse näitaja saavutamiseks vajalik pinge jääb muutumatuks (joonis 4) (Weppler & Magnusson, 2010).



**Joonis 3.** Nihkumisega pikkuse/pinge mudel. Numbrilised väärtused on absoluutsed, kõver on teoreetiline näide (Weppler & Magnusson, 2010).



**Joonis 4.** Nihketa passiivse pikkuse/pinge mudel. Numbrilised väärtused on absoluutsed, kõver on teoreetiline näide (Weppler & Magnusson, 2010).

Subjektiiivselt hinnatavateks aistinguteks on valu, maksimaalne venitus ning maksimaalne valutalumatus venitamise lõpp-faasis, mis uuringutulemustele tuginedes ilmnevad venituse hilises faasis ja võivad olla seletatud sensoorse modifikatsiooni abil (Ben & Harvey, 2010; Bishop & George, 2017; Nakamura et al., 2014; Ylinen et al., 2009). Lihaselastsuse või lihaspikkuse suurenemine, mis on tuvastatav kohe pärast venitamist ning pärast lühiajalist (kolme- kuni kaheksanädalast) venitusravi, on peamiselt tingitud muutustest venitamise taluvusvõimes (Bishop & George, 2017; Muanjai et al., 2017; Weppler & Magnusson, 2010).

On võimalik, et psühholoogilised tegurid mängivad samuti rolli lihaselastsuse suurenemises. Venitusuuringus osalejad võivad demonstreerida elastsuse suurenemist, sest nad eeldavad, et see on venitamise tulemus. Suurenenud lihaselastsus võib olla tingitud psühholoogilistest teguritest meelelundkonna toimel või inimeste soovist taluda suurema venituse (Folpp et al., 2006; Magnusson et al., 2000).

## 4. VENITAMISE AJAL TOIMUVAD MUUTUSED LIHASE FUNKTSIONAALSETES NÄITAJATES

### 4.1 Venitusharjutuste mõju lihaspikkusele

Paljud füsioterapeudid, sportlased, harrastussportlased kasutavad venitamist eesmärgiga suurendada lihaspikkust. Venitamise efektiivsus sõltub venitamise eesmärgist, näiteks võimlejad või balletitantsijad venitavad lihaseid rohkem, sest vajavad oma erialal paremat lihaselastsust kui teiste erialade sportlased (jooksjad, jõutõstjad). Liigne lihaselastsus aga võib vähendada lihaste ja kõõluste energia säilitamise ja vabastamise võimekust kõndimisel, jooksmisel ja hüppamisel (McHugh & Cosgrave, 2010). Piiratud lihaselastsus ehk liigete liikuvuspiiratus võib suurendada lihase vigastusriski, kuna lihas ei suuda energiat piisavalt hästi omandada (Magnusson et al., 2000).

Staatiliste venituste kestvus võib olla väga varieeruv. Bandy kaasautoritega (1997) leidis, et juba 15-30 sekundiline staatiline venitus avaldab positiivset mõju lihaspikkuse näitaja suurenemisele ning nad järeldasid, et staatilise venitamisega, kestvusega vahemikus 30-60 sekundit, ei kaasne parem lihaspikkuse näitaja suurenemine. Samadele tulemustele on jõudnud O'Hora kaasautoritega (2011), kes on uurinud üks kord päevas sooritatud 30-sekundilise staatilise venitamise ja PNF venitamise mõju lihaspikkuse näitajatele. Juba 30-sekundit staatilist venitamist päevas võimaldab akuutselt (ingl k *acute*, lühiajaliselt) parandada piiratud põlveliigese ekstensiooni (O'Hora et al., 2011). Akuutse staatilise venitamisega saavutatud lihaselastsuse näitaja suurenemine säilib keskmiselt 15 minutit, hiljem lihaselastsus väheneb, jäädes siiski oluliselt elastsemaks kui venituseelselt (O'Sullivan, 2009). Staatiliste venituste efektiivsus ja kestvus ei ole vanusest sõltuv (Haab & Wydra, 2017). Samuti ei ole leitud lihaspikkuse näitajate veelgi efektiivsemat suurenemist kui lihast venitatakse kaks kuni kolm korda päevas (Marques et al., 2009; O'Hora et al., 2011). Neljanädalane venitusuuring hindas venitusharjutuste efektiivsust lihaspikkuse näitajatele ning leiti, et kolm nädalas teostatud venitusharjutustel oli oluliselt parem mõju lihaspikkuse näitajatele kui üks kord nädalas teostatud venitustel. Viis korda nädalas teostatud venitusharjutused olid sama efektiivsed kui kolm korda nädalas teostatud venitused. (Marques et al., 2009; Santonja et al., 2007). Dünaamilis-aktiivsete venituste kestvus varieerub lähtuvalt uuringust, kuid valdavalt soovitatakse venitada mitte vähem kui 15 sekundit või 8 kordust (Hannus et al., 2017).

On leitud, et nii staatiline kui ka dünaamilis-aktiivne venitamine on efektiivsed meetodid lihaspikkuse ja venitamise taluvusvõime näitajate parandamisel (ACSM, 2017; Muanjai et al., 2017), kuid samuti on leitud, et nende akuutne ja krooniline efektiivsus on erinev (Meroni et al., 2010).

Meroni (2010) kaasautoritega võrdles staatilise venitamise ja dünaamilis-aktiivse venitamise lühiajalist (3 ja 6 nädalat) ning kroonilist (uuringu lõppedes neljanädalase venitamise järgselt) mõju hamstringlihaste pikkusele, mida hinnati piiratud põlveliigese aktiivse ekstensiooni näitajaga. Uuringus osales 33 tervet vaatlusalust, kes jagati kaheks gruppiks: grupp 1 teostas dünaamilis-aktiivset venitamist ja grupp 2 teostas staatilist venitamist. Et hinnata kroonilise venitamise mõju hamstringlihase pikkusele kaasati kõikidest vaatlusalustest 22, neli nädalat kestvasse uuringujärgsesse venitusprogrammi. Töö autorid leidsid, et kolmenädalase venitamise järgselt suurenes grupp 1. põlveliigese ekstensioon  $5,7^{\circ}$  ja grupp 2. sama näitaja  $3^{\circ}$ . Kuuenädalase venitamise järgselt suurenes grupp 1. põlveliigese ekstensioon  $8,7^{\circ}$  ja grupp 2. sama näitaja  $5,3^{\circ}$ . Neli nädalat pärast uuringut oli grupp 1. põlveliigese ekstensioon  $6,3^{\circ}$  suurem võrreldes uuringueelse näitajaga, samas grupp 2. vastav näitaja oli ainult  $0,1^{\circ}$  suurem uuringueelsest näitajast. Töö tulemuste põhjal järeldati, et põlveliigese aktiivset ekstensiooni mõjutab enam ja kiiremini dünaamilis-aktiivne venitamine, ka kroonilise venitamise osas näitab dünaamilis-aktiivne venitamine paremaid tulemusi.

Sarnastele tulemustele jõudis ka Su (2017) kaasautoritega, kes võrdles akuutselt staatilise, dünaamilis-aktiivse venitamise ja massaažirullimise (ingl k *foam rolling*) efektiivsust reie nelipea- ja hamstringlihaste ROM näitajate osas. Kõige efektiivsemad tulemused saadi massaažirullimisega, kõige vähem efektiivseks peeti staatilist venitamist. Autorid järeldasid ka, et nii massaažirullimise kui ka dünaamilis-aktiivsete venitustega ei kaasnenud lihasjõu näitajate langust, vaid vastupidi, lihasjõud suurenes, mida ei täheldanud staatilise venitamiste puhul (vt peatükk 4.2). Eelöeldule tuginedes soovitatakse treeningute soojendusosana eelistada dünaamilis-aktiivseid venitusi või massaažirullimist.

Staatilisi või dünaamilis-aktiivseid venitusharjutusi sooritatakse treeningu soojendusosa järel, eesmärgiga valmistada ette treeningul kõige enam koormust saavad liigesed ja lihased (O'Sullivan et al., 2009).

O'Sullivan (2009) kaasautoritega hindas aktiivse aeroobse soojenduse, staatilise ja dünaamilis-aktiivse venitamise mõju hamstringlihaste elastsusele. Töö tulemuste põhjal järeldasid autorid, et aktiivse aeroobse soojendusega kaasnes märkimisväärne

hamstringlihaste elastsuse paranemine ning staatiline venitamine, mis teostati pärast soojendust, parandas lihase elastsust veelgi rohkem. Soojendusele järgnenud dünaamilis-aktiivne venitamine ei mõjutanud hamstringlihase elastsust.

Vaatamata sellele, et ei teostata spetsiifiliselt venitusharjutusi, on võimalik põlveliigese liikuvusulatust või reielihaste elastsust suurendada ka jõuharjutustega. Potier (2009) kaasautoritega on leidnud, et 8 nädalane ekstsentriline lihasjõutreening suurendas maksimaalset lihasjõudu 34%, passiivset põlveliigese ROM'i 5% ja fastsia pikkust 34%. Nelson (2006) kaasautoritega järeldas, et ekstsentriline lihasjõutreening on efektiivsem kui staatiline venitamine põlveliigese ROM näitajate suurenemiseks.

#### **4.2 Lihaskjoud ja lihase sooritusvõime**

Lihaskjoud (ingl k. *muscle strenght*) – on kehaline võime, mis võimaldab teostada liigutusi vastu takistust. Lihaskjoud iseloomustab maksimaalset jõudu, mida lihased suudavad avaldada (Valerius et al., 2015).

Maksimaalne jõud (ingl k. *maximum muscle strenght*) – on ühekordse korduse maksimum, mida määratletakse maksimaalse raskusega, mida isik saab tõsta ainult üks kord läbi täieliku liigeseliikuvuse. Lihaskjõu hindamiseks kasutatakse dünamomeetrit. Maksimaalne lihasjoud sõltub lihase:

1. Füsioloogilisest omadustest – lihase suurusest, lihase ristlabilõikepindalast ja reaktsioonist treeningutele;
2. Neuroloogilisest omadustest – närvi-lihassignaali tugevusest;
3. Mehaanilistest omadustest – luukangidest, kehade võimest taluda deformeerivaid koormusi (Nurmekivi, 2007).

Lihase sooritusvõime (ingl k. *muscle performance*) – on lihase või lihasgrupi suutlikkus teha tööd. Lihase sooritusvõime põhielemendid on lihasjoud, lihasvastupidavus ja lihaskiirus (Holodov & Kuznetsov, 2007). Lihase sooritusvõime parandamiseks tuleb arvestada kõigi kolme aspektiga. Lihase sooritusvõimet mõjuvad ka organismi teised süsteemid, nagu nt:

1. Lihase morfoloogilised omadused;
2. Neuroloogilised, biokeemilised ja biomehaanilised mõjud;
3. Metaboolne, kardiovaskulaarne, hingamisteede ja emotsionaalne funktsioon (Valerius et al., 2015).

Lihaskjoud ja venitamine on paljude harjutusprogrammide põhikomponendid, kuid siiski pole selge, kuidas kõige paremini neid ühes treeningprogrammis omavahel

kombineerida (Holodov & Kuznetsov, 2007). Sportlased, treenerid, füsioterapeudid ja harrastussportlased kasutavad soojendusharjutustena tavaliselt staatilist või dünaamilis-aktiivset venitamist, mõned venitavad isegi treeningu ajal (Meerits et al., 2014).

Juba mõnda aega ollakse teadlikud, et intensiivne venitamine võib akuutselt mõjutada lihasjõudu ja lihase sooritusvõimet. Venitamise akuutne efekt sõltub sellest, kas tegemist on staatilise või dünaamilis-aktiivse venitusega (Holodov & Kuznetsov, 2007). On leitud, et enne treeningut või võistlust soojendusharjutustena teostatud staatiline venitus vähendab dünamomeetriga mõõdetud lihajõudu (Herda et al., 2008; Nakamura et al., 2014).

Viiekümne vaatlusalusega uuringus võrreldi erineva kestvusega (0 ehk venitamist ei toimunud, 10, 20, 30, 60 sekundit) staatilise venituse mõju reie nelipealihase maksimaalsele isomeetrilisele ja isokineetilisele lihasjõule. Leiti, et lihasjõu langus esines 30. ja 60. sekundiliste staatiliste venituste järgselt. Reie nelipealihase isomeetriline lihasjõud langes 30. sekundilise venitamise järgselt 8,5%, isokineetiline lihasjõud 5,5%. 60 sekundilise venitamisega kaasnes isomeetrilise lihasjõu langus 16% ja isokineetilise lihasjõu langus 11,6% (Siatras et al., 2008).

Lihaskõikumine, mis tekib pärast staatilist venitust nimetatakse „venitusest tingitud lihasjõu languseks“ (ingl k *stretch-induced strength loss*) (McHugh & Cosgrave, 2010). Siiani puudub arusaadav selgitus, miks tekib venitusest tingitud lihasjõu langus. Hough (2009) kaasautoritega viitavad neuroloogiliste teguritele, samas kui Herda (2008) kaasautoritega toovad esile mehaanilisi tegureid. Lihaskõikumine võib olla seotud ka lihase pikkusega selle hindamise ajal (Herda et al., 2008) või venitamise kestusega (Fortier et al., 2013; Siatras et al., 2008). Staatiline venitamine enne treeningut või võistlust põhjustab ka lihase sooritusvõime languse, mis väljendub jooksu- või hüppetulemustes (Fortier et al., 2013; Hough et al., 2009; Meerits et al., 2014).

Kaheksateistkümne meesvaatlusalusega uuringus hinnati staatilise venituse mõju lihase sooritusvõimele dünaamiliste soojendusharjutuste järgselt 60 ja 100 m kiirjooksu tulemuste võrdluses. Hinnati jooksutulemusi 20-, 40-, 60- ja 100 m distantisi läbimisel ning leiti, et vaatlusalused, kes sooritasid enne jooksmist staatilisi venitusi, jooksid esimesed 40 m aeglasemalt kui sportlased, kes ei sooritanud jooksu eel staatilisi venitusi. Pärast 40 meetri läbimist ei erinenud kahe vaatlusaluste grupi jooksukiirus, kuid jooksu esimeses osas kaotatud aega ei suutnud staatilist venitust teostanud grupp tagasi joosta (Kistler et al., 2010).

Staatiline venitus, mida teostatakse maksimumist väiksema venituskoormusega, lühema kestusega (vähem kui 30 sek), väiksema korduste arvuga (vähem kui 6 kordust), pikema taastumisperioodiga staatilise venituse ning sportliku soorituse vahel (kuni 5 minutit), ei mõju lihasjõule ja lihase sooritusvõimele pärssivalt (Chaouachi et al., 2010).

Võrreldes staatilise venitamisega ei ole dünaamilis-aktiivne venitamine seotud lihasjõu ega lihase sooritusvõime langusega- vastupidi, on leitud, et dünaamilis-aktiivse venitamise järgselt on lihajõud suurem (Herda et al., 2008; Herman & Smith, 2008; Su et al., 2017) ja sooritusvõime parem hüppamisel ja jooksmisel (Hough et al, 2009; Meerits et al., 2014).

Meerits (2014) kaasautoritega võrdles staatilise ja dünaamilis-aktiivse venituse mõju hamstringlihase toonusele ja elastsusele ning üleshüppe sooritusvõimele. Uuringust võttis osa kaksteist meessportlast, kes aktiivselt treenisid kiirust ja plahvatuslikku lihasjõudu (sprint, hüpped). Tulemustest selgus, et staatilise venitamisega kaasnes üleshüppe kõrguse langus 5,2% ja dünaamilis-aktiivse venitamisega üleshüppe kõrguse tõus 7,1% võrra. Autorid järeldasid, et staatiline venitamine vahetult enne üleshüppeid vähendab plahvatuslikku lihasjõudu, dünaamilis-aktiivne venitamine aga parandab, mistõttu on soovitatav teostada dünaamilis-aktiivseid venitusi soojendusarjutuste osas.

Käesoleva töö autori hinnangul võivad staatilise venitamisega nagu ka jõutreeninguga kaasneda lihaste mikrotraumad või süvenevad varasemad traumad, mis on tekkinud eelnevast treeningust (vt peatükk 5 ja 6). Kuna lihastel on võime regeneratiivsete protsesside alusel taastuda mikrotraumadest, siis treeningkoormuste suurenemisel tugevneb traumeeritud piirkond ning suureneb võime taluda koormusi ilma vigastusteta. Staatilise venitamisega saadud mikrotraumadest paranemine võib omakorda väljenduda lihase hüpertroofiaga ning maksimaalse lihasjõu või sooritusvõime suurenemisega. Töö autori hinnangul on kõige parem aeg staatiliseks venitamiseks päev pärast koormust või kui treening on sooritatud hommikul, siis venitada õhtul, sest siis on lihastel aega treeninguga tekkinud mikrotraumadest paraneda. Kirjeldatud venituspausiga välditakse uusi lihasvigastusi või akuutset lihasjõu ja sooritusvõime langust ning stimuleeritakse regeneratiivsete mehhanismide alusel hoopis lihaskasvu.

## 5. VENITAMINE VALU LEEVENDAMISEKS

Pärast füüsiliselt koormavaid kehalisi tegevusi esinev lihasvalu (ingl k. *muscle soreness*) on tavaline nähtus (Sarnataro, 2003). Treeningu ajal tekkiv lihasvalu, tuntud ka kui äge lihasvalu (ingl k. *acute muscle soreness*), on põhjustatud laktaadi või mõne teise toksiini sisalduse kasvust lihastes. Treeningu jätkamisega lihasjäõud langeb ning lihasvalu suureneb. Seda tüüpi valulikkus möödub tavaliselt pärast puhkust kolme kuni kümne minuti jooksul (Wilmore et al., 2008). Paar tundi pärast treeningut võib tekkida teist tüüpi valu, mida nimetatakse hilinenud lihaste valulikkusest tingitud sündroomiks (ingl k. *delayed-onset muscle soreness, DOMS*) (Sarnataro, 2003).

Kaasaegne teooria viitab sellele, et DOMS on seotud lihase kahjustusega, mis on tingitud kas mitesobivatest või ülemäärase koormusega sooritatud harjutustest. Kuigi DOMS'i täpseid mehhanisme pole suudetud siiani seletada, teatakse et DOMS on põletik, mis on põhjustatud mikrokoopilistest rebenditest sidekoeelementides, mis ärritavad notsitseptoreid suurendades ja kutsudes esile valuaistingu (Schoenfeld & Contreras, 2013). Nii kontsentiline kui ka ekstsentriline lihastöörežiim põhjustab DOMS'i, kuid ekstsentriline sagedamini (Wilmore et al., 2008).

Lihaskvalu tekib tavaliselt 6-8 tundi peale treeningut ja on kõige tugevam 48 tundi treeningu järgselt. DOMS'i täpne aeg ja kestvus varieeruvad mitme päeva ulatuses (Sarnataro, 2003), sõltuvalt teguritest nagu näiteks harjutuste intensiivsus, vähene treeningkogemus aga ka geneetiline taust (Wilmore et al., 2008). DOMS ei ole soost sõltuv (Schoenfeld & Contreras, 2013; Wilmore et al., 2008). Spordifüsioterapeudid ja treenerid ei ole veel DOMS'i jaoks leidnud sobivaimat taastumismeetodit, kuid siiski on leitud, et külmakompressioon, soojaravi, puhkus, põletikuvastane ravim, massaaž ja lihaste venitamine võivad vähendada DOMS'i (Sarnataro, 2003).

Dünaamilis-aktiivne ja staatiline venitamine, mis on teostatud kas enne ja/või pärast füüsilist treeningut, ei vähenda DOMS'i (Herbert et al., 2011; Xie et al., 2018) vaid vastupidi, lihastaastumine võib hoopis aeglustada (Mika et al., 2007; Wilmore et al., 2008). Vaatamata eelöeldule on ka täheldatud, et lihaste venitamine võib vähendada tulevase DOMS'i tekkimise riski 8% (Jamtyedt et al., 2010).

Nii nagu treeningkoormused ise, võivad ka venitamised tekitada DOMS'i, seda enam kui on venitatud kas liiga tugevalt või intensiivselt. Staatiline venitamine võib kahjustada lihaskiudusid, tekitades lihastes mikrobebendid ehk mikrotraumasid, mis suurendavad lihasvalu (Wilmore et al., 2008). Kui taastumise eesmärgiks on vähendada

valulikkust, peab eelistama harjutusi, mis parandavad kahjustatud piirkonna verevarustust, nagu nt madala koormusega teostatud aeroobne treening (Mika et al., 2007). Staatilise venitamisega nagu ka aeroobse treeninguga kaasneb lihaste akuutse verevarustuse paranemine, mis sõltuvalt venituse tugevusest võib kesta keskmiselt kuni 15 sekundit pärast venitamise lõpetamist (Kruse et al., 2016). Kuna verevarustuse intensiivistumise efekt staatilise venitamise järgselt on lühiajaline, siis ei ole aita see vältida treeningujärgset DOMS`i. DOMS`i vältimiseks soovitatakse teostada 24 või 48 tundi pärast treeningut madala koormusega aeroobseid harjutusi või massaažirullimist 15 kuni 20 minutit (Pearcey et al., 2015; Rey et al., 2017).

## 6. VENITAMINE TRAUMADE ENNETAMISEKS

Igal inimesel, kes on füüsiliselt aktiivne, esineb vigastusrisk. Vigastus võib tekkida kas kõõluses või lihases, kuid kõige sagedamini lihas-kõõluse ühenduskohas. Lihaste vigastused tekivad enamasti ekstsentrilise kontraktsiooni ajal, kui lihas ei suuda piisavalt absorbeerida energiat ja harvem kui ületatakse lihase venitatavuse piir (McHugh & Cosgrave, 2010). Vigastusi võib jagada kaheks: akuutseteks vigastusteks ja ülekoormusvigastusteks (ingl k *overuse injury*). Akuutne vigastus on tavaliselt ühe traumaatilise sündmuse tagajärg, nt lihasrebend, randmeluu murd, õlaliigese dislokatsioon või hüppeliigese nikastus (ingl k *ankle strain*). Ülekoormusvigastused spordis esinevad sagedamini kui akuutsed ja kujunevad välja tavaliselt pikema aja jooksul, mistõttu on nende diagnoosimine ja ravi keeruline. Ülekoormusvigastused kujunevad korduvalt tekkinud luude, kõõluste ja lihaste mikrotraumade tagajärjel. Tavaliste näidete hulka kuuluvad tennisisti küünarliigese sündroom, ujuja õlg, jooksja põlv, hüppaja põlv, kannakõõluse tendiniit või sääreluu väsimusmurd (Andrews et al., 2011).

Arvatakse, et venitamine suurendab lihaselastsust, mis võimaldab ulatuslikuma liigesliikuvuse ning traumade riski vähenemise (Magnusson et al., 2000). Samas on leitud, et ainult venitamine sõltumata sellest, kas tegemist on staatilise või dünaamilis-aktiivse venitamisega, sooritatuna enne või vahetult pärast füüsilist koormust, ei vähenda statistiliselt oluliselt kõikide vigastuste riski (Jamtvedt et al., 2010; Pope et al., 2000; Zakaria et al., 2015). Ka McHugh ja Cosgrave (2010) tõdevad, et venitamine ei mõjuta lihaselastsust ekstsentriliste harjutuste sooritamise järgselt, mistõttu lihasvigastuste risk ekstsentrilise lihastöörežiimi ajal püsib kõrge.

Staatiline või dünaamilis-aktiivne venitamine sensoorse teooria järgi suurendab venitamise taluvusvõimet. Valu on aga organismi kaitsereaktsioon organismis tekkinud kahjustusele, mis annab põhjuse füüsilise koormuse vähendamiseks ning võimaldab ennetada traumat. Kui inimene ei taju valu adekvaatselt ning jätkab füüsilist tegevust sama või veelgi tugevama intensiivsusega, on vigastusrisk veelgi suurem (Weppeler & Magnusson, 2010).

Kombineerides venitusharjutusi teiste terapeutiliste harjutustega, nagu näiteks jõu- ja tasakaalutreening, väheneb traumade risk (ACSM, 2017). Enne treeningut sooritatud venitamine ei mõjuta tegevusi, mille puhul lihaselastsusel puudub oluline tähtsus nagu näiteks soojendusjooks (Andrews et al., 2011).

Coppack kaasautoritega (2011) uuris venitus- ja jõuharjutuste preventatiivset mõju põlveliigese eesmisele valule (ingl k *anterior knee pain*), mis oli tingitud ülekoormusest. Uuringus osales 1502 sõjaväelast vanuses 17-25 aastat, kes jagati kontrollgrupiks (jõuharjutused + aktiivne soojendus) ning venitusgrupiks (jõuharjutused + venitused). Uuring kestis 14 nädalat, harjutusi teostati seitse korda nädalas. Uuringu tulemustele tuginedes järelitati, et kombineerituna jõu- ja venitusharjutuste sooritamine väheneb põlveliigese eesmist valu 75%.

Parim võimalus traumade ennetamiseks on märgata signaale, mida keha annab. Ignoreerides liigeste ja lihaste väiksemaidki valusid, võib tekkida tõsisem vigastus. Kui keha on eelnevatest treeningutest väsinud või kurnatud, soovitatakse puhkust või väga madala intensiivsusega treeningut (Andrews et al., 2011). Ülekoormusvigastuste vältimiseks on oluline vältida harjutuste rutiini. Vaheldus treeningtegevustes on olulinejooksmise võib asendada rattasõiduga, aeroobse treeningu jõutreeninguga, ujumise sukeldumisega. Ülekoormatud lihased ja liigesed saavad vajalikku puhkust ning vähekoormatud lihased ja liigesed saavad efektiivsemalt aktiveeritud. Iga treeningtsükkel peab sisaldama puhkepäeva. Puhkepäev on treeningprogrammi oluline osa, mis võimaldab kehal taastuda ja on vigastuste vältimisel määrava tähtsusega. Puhkepäevi peab olema vähemalt üks kuni kaks korda nädalas. Et treeningueesmärgid maksimaalselt saavutada ning akuutseid vigastusi vältida on teinekord oluline teha ka treeningu ajal lühiajalisi puhkepause (ACSM, 2017).

## KOKKUVÕTTE

Käesoleva töö kirjanduse ülevaate analüüsile tuginedes võib väita, et tänapäeval eristatakse kolme venitamise põhiliiki: staatiline, dünaamiline ja kontraktsioonile eelnev venitamine, mis omakorda jaotatakse alaliikideks.

Kui varem arvati, et venitamise efektiivsus, mis on seotud lihaselastsuse suurenemisega, on tingitud venitatava lihase mehaaniliste omaduste muutustest, siis kaasaegne kirjandus viitab sellele, et akuutsele või lühiajalisele venitusravile (kestusega kolm kuni kaheksa nädalat) järgnev lihaselastsuse suurenemine on tingitud venitamise taluvusvõime suurenemisest, mida toetab venituste sensoorne teooria, mitte lihase mehaaniliste omaduste muutustest, mida toetab venituste mehaaniline teooria. Saadud teadmised on kasulikud lühiajaliste venitusprogrammide planeerimisel ja nende efektiivsuse ning vajaduse hindamisel.

Nii staatilise kui ka dünaamilis-aktiivse venitamisega kaasneb lihaspikkuse näitaja suurenemine, kuid dünaamilis-aktiivse venitamise järgselt saavutatakse lihaspikkuse parem näitaja kiiremini ning vastav seisund püsib kauem võrreldes staatilise venitamisega. Lisaks dünaamilis-aktiivsetele venitustele peetakse lihaspikkuse näitajate arendamisel efektiivseks kaheksanädalast ekstsentrilist lihasjöutreeningut ja massaažirullimist.

Staatilise venitamisega kaasneb akuutselt nii isomeetrilise kui ka isokineetilise lihasjõu näitaja ja sooritusvõime langus, seda nii jooksu- kui hüppetulemuste võrdluses. Staatilise venituste asemel on soovitatav eelistada dünaamilis-aktiivset venitamist, kuna sellega kaasneb lihasjõu näitaja ja sooritusvõime paranemine, seda nii jooksu- kui hüppetulemuste võrdluses.

Nii staatiline kui dünaamilis-aktiivne venitamine ei vähenda DOMS'i - vastupidi mõlema venitusliigi harjutuse sooritamise järgselt võib lihasvalulikkus suurenda ning taastumine aeglustada. DOMS'i vältimiseks soovitatakse madala koormusega aeroobset treeningut või 15 kuni 20 minutilist massaažirullimist.

Ainult staatiline või dünaamilis-aktiivne venitamine ei vähenda statistiliselt oluliselt kõikide vigastuste riski. Samuti ei mõjuta venitamine tegevusi, mille puhul lihaselastsusel puudub oluline tähtsus. Venitamisega kaasneb venitamise taluvusvõime suurenemine, mistõttu ei taju inimene valu adekvaatselt ning suureneb traumade risk. Parim võimalus traumade ennetamiseks on kuulda keha hoiatusmärke, vältida harjutuste rutiini ning anda oma kehale lisa puhkuspäevi väsimuse, DOMS või nõrkustunne korral.

## **KASUTATUD KIRJANDUS**

1. ACSM (American College of Sport Medicine). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017.
2. Alter MJ. Science of Flexibility. 3th ed. Human Kinetics; 2004.
3. Andrews JR, Harrelson GL, Wilk KE. Physical Rehabilitation of the Injured Athlete E-Book. Elsevier Health Sciences 2011.
4. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Physical Therapy* 1997; 77(10):1090-1096.
5. Ben M, Harvey LA. Regular stretch does not increase muscle extensibility: a randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2010; 20(1):136-144.
6. Bishop MD, George SZ. Pain sensitivity and torque used during measurement predicts change in range of motion at the knee. *Journal of Pain Research* 2017; 10:2711-2716.
7. Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, Brughelli M, Turki A, et al. Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2010; 24(8):2001-2011.
8. Coppack RJ, Etherington J, Wills AK. The effects of exercise for the prevention of overuse anterior knee pain: a randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine* 2011; 39(5):940-948.
9. Folpp H, Deall S, Harvey LA, Gwinn T. Can apparent increases in muscle extensibility with regular stretch be explained by changes in tolerance to stretch? *Aust J Physiother* 2006; 52:45-50.
10. Fortier J, Lattier G, Babult N. Acute effects of short-duration isolated static stretching or combined with dynamic exercises on strength, jump and sprint performance. *Sci Sport* 2013; 28(5):111-117.
11. Frank CC, Page F, Lardner R. Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach. Human Kinetics; 2009.
12. Haab T, Wydra G. The effect of age on hamstring passive properties after a 10-week stretch training. *Journal of Physical Therapy Science* 2017; 29(6):1048-1053.

13. Hannus A, Jalak R, Loko J, Männik G, Nurmekivi A, et al. Spordi üldained: abitreener. Tase 3 (5. tr). Tallinn: Spordikoolituse ja -teabe Sihtasutus; 2017.
14. Herbert RD, de Noronha M, Kamper SJ. Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2011; 1(7):44-77.
15. Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, McHugh MP, Stout JR. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2008; 22(3):809-817.
16. Herman SL, Smith DT. Four-week dynamic stretching warm-up intervention elicits longer-term performance benefits. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2008; 22(4):1286-1297.
17. Holodov ZK, Kuznetsov BS. [Theory and methods of physical education and sport]. 5th ed. Moscow: ACADEMA; 2007, 21-45. (In Russian).
18. Hough PA, Ross EZ, Howatson G. Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2009; 23(2):507-512.
19. Jagers JR, Swank AM, Frost KL, Lee CD. The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2008; 22(6):1844-1849.
20. Jamtvedt G, Herbert RD, Flottorp S, Odgaard-Jensen J, Håvelsrud K, et al. A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *British Journal of Sports Medicine* 2010; 44(14):1002-1009.
21. Johnson J. *Therapeutic Stretching*. Human Kinetics; 2012.
22. Kistler BM, Walsh MS, Horn TS, Cox RH. The acute effects of static stretching on the sprint performance of collegiate men in the 60- and 100-m dash after a dynamic warm-up. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2010; 24(9):2280-2284.
23. Kruse NT, Silette CR, Scheuermann BW. Influence of passive stretch on muscle blood flow, oxygenation and central cardiovascular responses in healthy young males. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* 2016; 310(9):1210-1221.

24. Magnusson SP, Aagaard P, Nielson JJ. Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. *Med Sci Sports Exercise* 2000; 32:1160-1164.
25. Marques AP, Vasconcelos AP, Cabral CMN, Sacco ICN. Effect of frequency of static stretching on flexibility, hamstring tightness and electromyographic activity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2009; 42(10):949-953.
26. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2010; 20(2):169-181.
27. McLaughlin, E. What Is Range of Motion (ROM)? - Definition, Types, Testing & Exercises - Video & Lesson Transcript. 2012.  
<http://study.com/academy/lesson/what-is-range-of-motion-rom-definition-types-testing-exercises.html> 25.02.2018.
28. Meerits T, Pääsuke M, Ereline J, Cicchella A, Gapeyeva H. Acute effect of static and dynamic stretching on tone and elasticity of hamstring muscle and on vertical jump performance in track-and-field athletes. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 2014; 20:48-59.
29. Meroni R, Cerri CG, Lanzarini C, Barindelli G, Morte GD, et al. Comparison of active stretching technique and static stretching technique on hamstring flexibility. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 2010; 20(1):8-14.
30. Mika A, Mika P, Fernhall B, Unnithan VB. Comparison of recovery strategies on muscle performance after fatiguing exercise. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 2007; 86(6):474-481.
31. Muanjai P, Jones DA, Mickevicius M, Satkunskiene D, Snieckus A, et al. The acute benefits and risks of passive stretching to the point of pain. *European Journal of Applied Physiology* 2017; 117(6):1217-1226.
32. Nakamura K, Kodama T, Mukaino Y. Effects of Active Individual Muscle Stretching on Muscle Function. *Journal of Physical Therapy Science* 2014; 26(3):341-344.
33. Nelson RT. A Comparison of the Immediate Effects of Eccentric Training vs Static Stretch on Hamstring Flexibility in High School and College Athletes. *North American Journal of Sports Physical Therapy* 2006; 1(2):56-61.

34. Nurmekivi A. Treenerite tasemekoolitus, Spordi ülesandeid, III tase; 2007.
35. O'Hora J, Cartwright A, Wade CD, Hough AD, Shum GL. Efficacy of Static Stretching and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretch on Hamstrings Length After a Single Session. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2011; 25(6):1586.
36. O'Sullivan K, Murray E, Sainsbury D. The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2009; 10:37.
37. Page P. Current Concepts in Muscle Stretching for Exercise and Rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy* 2012; 7(1):109-119.
38. Pearcey GEP, Bradbury-Squires DJ, Kawamoto JE, Drinkwater EJ, Behm DG, et al. Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *Journal of Athletic Training* 2015; 50(1):5-13.
39. Peggy AH. *Therapeutic Exercise for Musculoskeletal Injuries*. 4th ed. Human Kinetics; 2016.
40. Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD, Graham BJ. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2000; 32(2):271-277.
41. Potier TG, Alexander CM, Seynnes OR. Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement. *European Journal of Applied Physiology* 2009; 105(6):939-944.
42. Pääsuke M. *Inimese liikumisaparaadi biomehaanika*. Tartu: AS ATLEX; 1996.
43. Rey E, Padrón-Cabo A, Costa PB, Barcala-Furelos R. The Effects of Foam Rolling as a Recovery Tool in Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2017.
44. Sands WA, McNeal JR, Murray SR, Ramsey MW, Sato K, et al. Stretching and Its Effects on Recovery: *Strength & Conditioning Journal* 2013; 35(5):30.
45. Santonja MFM, Sainz De Baranda Andújar P, Rodríguez García PL, López Miñarro PA, Canteras Jordana M. Effects of frequency of static stretching on straight-leg raise in elementary school children. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2007; 47(3):304-308.

46. Sarnataro BR. Delayed Onset Muscle Soreness 2003.  
<https://www.webmd.com/fitness-exercise/features/sore-muscles-dont-stop-exercising> 24.03.2018.
47. Schoenfeld BJ, Contreras B. Is Postexercise Muscle Soreness a Valid Indicator of Muscular Adaptations? *Strength & Conditioning Journal* 2013; 35(5):16.
48. Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, Vamvakoudis EA. The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2008; 22(1):40-46.
49. Su H, Chang NJ, Wu WL, Guo LY, Chu IH. Acute Effects of Foam Rolling, Static Stretching, and Dynamic Stretching During Warm-ups on Muscular Flexibility and Strength in Young Adults. *Journal of Sport Rehabilitation* 2017; 26(6):469-477.
50. Zakaria AA, Kinningham RB, Sen A. Effects of Static and Dynamic Stretching on Injury Prevention in High School Soccer Athletes: A Randomized Trial. *Journal of Sport Rehabilitation* 2015; 24(3):229-235.
51. Thorpe CT, Birch HL, Clegg PD, Screen HR. The role of the non-collagenous matrix in tendon function. *International Journal of Experimental Pathology* 2013; 94(4):248-259.
52. Valerius KP, Frank A, Kolster BC, Hamilton C, Lafont EA, et al. [The Muscle Book. Anatomy. Testing. Movement]. Moscow: Practical Medicine; 2015, 1-7. (In Russian).
53. Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. Stretching: Mechanisms and Benefits for Sport Performance and Injury Prevention. *Physical Therapy Reviews* 2004; 9(4):189-206.
54. Wepler CH, Magnusson SP. Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? *Physical Therapy* 2010; 90(3):438-449.
55. Wilmore JH, Costill DL, Kenney WL. *Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics*; 2008.
56. Winters MV, Blake CG, Trost S, et al. Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 2004; 84:800-807.
57. Özkaya N, Nordin M. *Fundamentals of Biomechanics: Equilibrium, Motion, and Deformation*. 2nd ed. New York: Springer; 1999.

58. Xie Y, Feng B, Chen K, Andersen LL, Page P, et al. The Efficacy of Dynamic Contract-Relax Stretching on Delayed-Onset Muscle Soreness Among Healthy Individuals: A Randomized Clinical Trial. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 2018; 28(1):28-36.
59. Ylinen J, Kankainen T, Kautiainen H, Rezasoltani A, Kuukkanen T, Häkkinen A. Effect of stretching on hamstring muscle compliance. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2009; 41(1):80-84.

## **SUMMARY**

### **Effects of static and dynamic-active stretching exercises on muscle functional parameters, muscle pain, and trauma prevention.**

Based on the literature review analysis of the following thesis, currently three main types of stretching can be defined: static, dynamic, and pre-contraction stretching, which, in turn, can be divided into subtypes.

Earlier it was believed that stretching efficiency, which is associated with an increase in muscle extensibility, is caused by changes in mechanical properties of the stretched muscle. Modern literature indicates that the increase in muscle extensibility after acute or short-term stretching treatment (duration from three to eight weeks) is caused by an increase in stretch tolerance, which is supported by the sensory stretching theory, not by the changes in mechanical properties of the muscle, which is supported by the mechanical stretching theory. The obtained knowledge is useful in the planning of short-term stretching programs and evaluation of their efficiency and necessity.

Increase in muscle length follows both static and dynamic-active stretching, but with dynamic-active stretching a better muscle length is achieved sooner and the respective state persists longer compared to static stretching. In addition to dynamic-active stretching, eight-week-long eccentric training and foam rolling is considered to be effective in increasing muscle length.

Static stretching is accompanied acutely by both isometric and isokinetic decline in muscle strength and performance capacity in comparing both running and jumping results. Instead of static stretching, dynamic-active stretching is recommended, because it is accompanied by an improvement in muscle strength and performance capacity in comparing both running and jumping results.

Both static and dynamic stretching do not reduce DOMS - on the contrary, after doing both types of stretching, muscle pain could be increased and recovery could be delayed. To avoid DOMS, low-load aerobic training or 15 to 20 minute foam rolling is recommended.

Only static or dynamic stretching does not significantly reduce statistically all injury risks. Likewise, stretching does not affect activities in which muscle extensibility is not of great importance. Stretching is accompanied by an increase in stretch tolerance, because of which person does not perceive pain adequately and risk of trauma increases. The best way to prevent trauma is to listen to the body's warning signs, avoid exercise

routine, and give your body additional days of rest in case of fatigue, DOMS, or weakness.

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Andrei Jasnev (sünnikuupäev: 05.05.1996)

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

Staatiliste ja dünaamilis-aktiivsete venitusharjutuste mõju lihase funktsionaalsetele näitajatele, lihasvalule ning traumade ennetamisele

mille juhendaja on Doris Vahtrik,

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 autoriõiguste 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.

Tallinnas, 02.05.2017