

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Stanislav Mutsenik

Erinevate külmaaplikatsioonide mõju säärelihaste toonuse näitajatele ning funktsioonile noortel korvpalluritel

Effect of different cold applications on calf muscles tone characteristics and function in young basketball players

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendajad:

Tartu Ülikooli teadur, H. Gapeyeva, MD, PhD

Tartu Ülikooli doktorant, M. Vahimets, MSc

Tartu 2017

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	4
TÖÖ LÜHIÜLEVAADE.....	5
ABSTRACT	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 Külmaaplikatsioonide olemus ning külmaaplikatsioonide kasutamine.....	7
1.1.1 Külmavann	8
1.1.2 Külmakott.....	8
1.1.3 Game Ready seade	8
2.1 Külmaaplikatsioonide toimed	9
2.1.1 Külmaaplikatsioonide mõju lihaste mehaanilistele omadustele	9
2.1.2 Külmaaplikatsioonide teised mõjud inimorganismile.....	9
3.1 Koormusjärgse lihasvalulikkuse tekkemehanismid.....	10
3.2 Külmaaplikatsioonide mõju koormusjärgsele lihasvalulikkusele.....	11
4.1 Skeetilihaste toonuse hindamine sportlastel	11
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	13
3. METOODIKA	14
3.1 Vaatlusalused	14
3.2 Uuringu korraldus	15
3.3 Uurimismeetodid	17
3.3.1 Antropomeetrilised mõõtmised	17
3.3.2 Hüppeliigese ja jala seisundi subjektiivne hindamiskaala.....	17
3.3.3 Treeningujärgse väsimuse subjektiivne hindamiskaala.....	17
3.3.4 Subjektiivne valu tugevuse hindamiskaala sääre lihastel	17
3.3.5 Goniomeetria.....	18
3.3.6 Dünamomeetria	19
3.3.7 Lihastoonuse, elastsuse ja jäikuse näitajate hindamine.....	20

3.4 Andmete statistiline analüüs	21
4. TÖÖ TULEMUSED	22
4.1 Uuritavate antropomeetrilised näitajad	22
4.2 Hüppeliigese ja jala seisundi subjektiivne hindamisskaala	22
4.3 Treeningujärgse väsimuse subjektiivne hindamisskaala	22
4.4 Subjektiivne treeningujärgse lihasvalu tugevuse hindamisskaala säärelihastel.....	23
4.5 Hüppeliigese aktiivne liikuvusulatus	23
4.6 Säärelihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud	25
4.7 Lihastoonuse näitajad	26
4.8 Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel	28
5. ARUTELU	31
6. JÄRELDUSED	36
KASUTATUD KIRJANDUS:	37
TÄNUAVALDUS	43
LIHTLITSENTS.....	44

KASUTATUD LÜHENDID

dom – domineeriv jalg

DOMS – koormusjärgne hiline lihasvalulikkus (ingl. *Delayed Onset of Muscle Soreness*).

FAOS – hüppeliigese ja labajala seisundi subjektiivne hindamiskaala (ingl. *Foot and Ankle Outcome Score*).

GM – *m. gastrocnemius caput mediale*

KAJ – külmaaplikatsioon jääkottiga

KAS – külmaaplikatsioon Game Ready seadmega

KAV – külmaaplikatsioon külmavanniga

mdom – mittedomineeriv jalg

TA – *m. tibialis anterior*

VAS – valu tugevuse subjektiivne hindamiskaala (ingl. *Visual Analog Scale*)

TÖÖ LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva töö eesmärgiks oli analüüsida erinevate külmaaplikatsioonide mõju säärelihaste toonuse näitajatele ning funktsioonile noorkorvpalluritel.

Metoodika: Uuringus osales 15 meessoost noorkorvpallurit vanuses 16-18 eluaastat. Külmaaplikatsioonidest kasutati uuringus säärelihaste domineerival jalal külma vee vanni temperatuuriga 9-10°C, jääga täidetud külmakotti temperatuuriga 1,5°C ning Game Ready seadme sääre manžetti temperatuuriga 2°C. Kõiki aplikatsioone rakendati ühekordselt viieks minutiks ühe korra nädalas. Treeningujärgse lihasvalu ja väsimustunde hindamiseks kasutati vastavalt VAS ning Borgi hindamisskaalasid, hüppeliigese aktiivset liikuvust mõõdeti Lafayette standartse mehaanilise goniomeetriga, hüppeliigese isomeetrilist maksimaaljõudu mõõdeti Lafayette dünamomeetriga ning skeetilihaste *m. gastrocnemius caput mediale* ning *m. tibialis anterior* mehaanilisi omadusi mõõdeti Myoton-3 müotonomeetriga.

Tulemused: *M. gastrocnemius caput mediale* ning *m. tibialis anterior* domineeriva jala omavõnkesageduse näitajad vähenesid suuremal määral, võrreldes mittedomineeriva jalaga pärast ühekordset külmakotti ($p < 0,05$) ning ühekordset Game Ready seadme ($p < 0,01$) rakendamist. Kustuvate lihasvõnkumiste logaritmilise dekremendi (LLD) näitajad samades lihastes suurenesid suuremal määral domineerival jalal külmakotti ($p < 0,01$) ning Game Ready seadme ($p < 0,01$) rakendamise järgselt. Olulised muutused toimusid *m. tibialis anterior* lihasjäikuse näitajates pärast külmakotti ($p < 0,05$) ning Game Ready seadme ($p < 0,01$) rakendamist säärelihastele. Hüppeliigese aktiivse liikuvuse ja isomeetrilise maksimaaljõu näitajad nii dorsaal- kui ka plantaarfleksiooni suurenesid domineerival jalal ($p < 0,05$). Kõikide aplikatsioonide järgselt toimus ka lihasvalu tugevuse vähenemine ($p < 0,05$).

Kokkuvõte: Noorkorvpallurite säärelihaste lihastoonuse ja lihasjäikuse näitajad vähenesid suuremal määral pärast ühekordset külmakotti ning Game Ready seadme rakendamist domineerival jalal, võrreldes külmavanni aplikatsiooniga. Säärelihaste LDD näitajad pärast kõiki külmaaplikatsioone olid suuremad, võrreldes protseduuri eelsete tulemustega, mis näitavad lihaselastsuse vähenemist. Samuti domineerivas jalas toimuvad suuremad muutused lihaste mehaanilistes omadustes, võrreldes mittedomineeriva jalaga kõikide kolme külma aplikatsioonide järgselt. Domineerivas jalas liigesliikuvuse ning maksimaalse isomeetrilise jõu näitajate muutused pärast kolme külmaaplikatsiooni on toimunud suuremal määral, võrreldes mittedomineeriva jalaga.

Märksõnad: külmavann, külmakott, Game Ready seade, müotonomeetria, liigesliikuvus, isomeetiline lihasjõud

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to analyze the impact of different cold applications on calf muscles tone characteristics and function in young basketball players.

Methods: Fifteen male basketball players aged 16-18 years participated in the study. Cold applications were used on dominant leg's calf as following: cold water immersion with the temperature 9-10°C, the cold pack filled with ice with temperature 1,5°C and the shin cuff of the Game Ready device with temperature 2°C. All cold applications were applied once for five minutes one time per week. Post-exercise muscle pain and fatigue were investigated by VAS and Borg's scales respectively, ankle joint active range of motion (AROM) was measured by standard Lafayette goniometer, isometric maximum voluntary contraction (IMVC) strength of calf muscles was measured by Lafayette dynamometer and muscle tone, elasticity and stiffness characteristics of *m. gastrocnemius caput mediale* and *m. tibialis anterior* were recorded by device Myoton-3.

Results: Muscle frequency characteristics decreased to a greater extent in dominant leg in *m. gastrocnemius caput mediale* and *m. tibialis anterior*, compared to non-dominant leg after cold pack application ($p < 0,05$) and Game Ready application ($p < 0,01$). Decrement parameters increased in the same muscles to a greater extent in dominant leg after cold pack application ($p < 0,01$) and Game Ready application ($p < 0,01$). Statistically significant changes occurred in dominant leg *m. tibialis anterior* muscle stiffness characteristics after cold pack application ($p < 0,05$) and Game Ready application ($p < 0,01$) on calf muscles. Ankle dorsal and plantarflexion AROM and IMVC strength increased both in dominant leg ($p < 0,05$). After all cold applications a muscle pain score decreased statistically significantly ($p < 0,05$).

Conclusions: In young basketball players dominant leg calf muscles muscle tone and muscle stiffness values decrease much more after single cold pack and Game Ready applications, compared to the cold water immersion application. Calf muscles decrement values after all three cold applications are increasing, compared to the pre-procedure values, showing a decrease in muscles elasticity. Also in the dominant leg muscles there are bigger changes in muscles mechanical characteristics after all cold applications, compared to non-dominant leg. Dominant leg ankle AROM and IMVC strength values changes are bigger after three applications use, compared to non-dominant leg.

Keywords: cold water immersion, cold pack, Game Ready, myotonometry, joint mobility, isometric muscle strength

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Külmaaplikatsioonide olemus ning külmaaplikatsioonide kasutamine

Külmaaplikatsioonide kasutamise all mõistetakse taastusravi meetodit, kus patsientide ja sportlaste erinevate haiguste ja probleemide ravis kasutatakse kas lokaalset külmaaplikatsiooni või kogu keha ülikülmravi protseduuri (Lubkowska, 2012). Külmaaplikatsioone on kasutatud sajandeid erinevate terviseprobleemide ravimises. Pindmist jahutamist ehk lokaalseid külmaaplikatsioone rakendatakse palju taastusravi protseduurides oma lihtsa kasutamise, odavuse, turvalisuse ja efektiivsuse tõttu (Shankar & Randall, 2002). Selleks, et külmaga seotud protseduure teostada, peab täpselt teadma madalate temperatuuride kasutamise sihtotstarbeid ja meetodeid. Põhjusteks on, patsientide organismi erinevad reaktsioonid külmale, mis sõltuvad rakendatava aplikatsiooni temperatuurist, protseduuri kestvusest, õhu niiskusest ning patsientide vanusest ja isikuomadustest (Bleakley et al., 2014; Lubkowska, 2012).

Külma kui ravimeetodit kasutatakse väga erinevates valdkondades, näiteks esmaabis erinevate vigastuste ja traumade korral, traumajärgsete liiges- ja lihasvalude korral, lihaskahjustuste, liigeshaiguste, erinevate reumaatiliste haiguste ravis ning samuti ka spordis treeningjärgsel taastumisel (Bleakley et al., 2014; Unger et al., 2015). On teada, et külmaaplikatsioonidel on hea põletikuvastane toime pärast erinevaid pehmete kudede vigastusi ning külmaaplikatsioonid aitavad vähendada kudede ainevahetuse kiirust, turset, valu ning lihasspasme (Bleakley & Davison, 2010; Lubkowska, 2012). Erinevad külmaaplikatsioonide meetodid, nii kogu keha ülikülmravi, kui ka külmavannide, külmakottide kasutamine, ennetavad lihasvalude tekkimist pärast treeninguid ning kiirendavad ka oluliselt sportlaste taastumisprotsessi (Bleakley et al., 2012; Costello et al., 2015).

Nii Hohenauer kaasautoritega (2015) kui ka Lubkowska (2012) on uuringu põhjal jõudnud järeldusele, et lihaste jahutamine pärast treeningut on parim meetod, võrreldes tavaliste passiivsete taasatamise strateegiatega ja puhkuse andmisega pärast väga raskeid ja kurnavaid treeninguid ning lihaseid kahjustavaid harjutusi. Pärast vähemalt 5-minutilist külmaaplikatsiooni kasutamist ei soovitata sportlastele koheselt mänguga, võistlusega või treeninguga jätkata, sest sportlastel langeb nii üla- kui ka alajäsemete lihasjõud, kiirus ning täpsus (Pritchard & Saliba, 2014). Lisaks sellele, külmaaplikatsioonide kasutamine treeningujärgselt, näiteks külma vanni näol, langetab sportlaste keha temperatuuri ning ka lihaste temperatuuri ja mida pikem protseduur, seda rohkem langeb ka temperatuur (Peiffer et

al., 2009). Protseduuride ja uuringute teostamisel tuleb arvestada ka sellega, et erinevate külmaaplikatsioonide kasutamine võib oluliselt mõjutada patsientide tõelisi liigeste liikuvusulatuse ja lihasjõu näitajaid. Külmaaplikatsioonide järgselt väheneb lihaste elastsus ning see mõjutab oluliselt nii lihasjõu omadusi, kui ka liigesliikuvust koheselt pärast külmaga seotud protseduuri toimumist (Mustalampi et al., 2012; Shankar & Randall, 2002).

1.1.1 Külmavann

Külmavannide puhul kasutatakse uuringutes spetsiaalset anumad, mille sees on külm vesi, või jää ja vee segu. Tavaliselt kasutatakse külmavanne sportlaste seas just alajäsemete puhul ning kõige sagedamini saavad külma protseduure jäsemete lihased ja liigesed (Shankar & Randall, 2002). Protseduuride temperatuurid erinevate uuringute kohaselt varieeruvad 5°C ja 15°C vahel (Brophy-Williams et al., 2011; Crystal et al., 2013; Machado et al., 2016). Kusjuures, Machado kaasautoritega (2016) on arvamisel, et lihaste mehaanilistele omadustele avaldab suurema mõju mõõduka temperatuuriga külmavann, mis jääb vahemikku 10°C-15°C. Samas, Bailey kaasautoritega (2007) on arvamisel, et temperatuurid, mis on suuremad kui 10°C avaldavad kiiremat mõju treeningujärgsele DOMS-ile. Külmavannide pikaajalised protseduurid, mis kestavad vähemalt 15 minutit vähendavad treeningujärgset lihasvalu efektiivsemalt, kuid samas 5-minutilised külmavanni protseduurid mõjutavad juba märkimisväärselt lihaste mehaanilisi omadusi (Bleakley & Davison, 2010; Getto & Golden, 2013; Machado et al., 2016).

1.1.2 Külmakott

Külmakotina kasutatakse tavaliselt purustatud või lõhestatud jääd, mis on kilekoti sees ja mida asetatakse otse vigastatud piirkonnale või protseduuri vajavale piirkonnale. Tavaliselt on külmakottide temperatuur 0°C lähedane ning sellise temperatuuri kasutamise puhul saab ennetada külmakahjustuse tekkimist. Seega, on tõhusam kasutada külmakotti otse nahal, mis omaltpoolt suurendab külmaaplikatsiooni tõhusust (Otte et al., 2001). Teaduskirjanduses esineb võrdlemisi vähe uuringuid, mis on seotud külmakottide kasutamisega sportlastel treeningujärgselt, eesmärgiga mõjutada lihastoonust, lihaselastsust ning lihasjäikust. Breslin kaasautoritega (2015) ning Point (2017) kaasautoritega on ühisel arvamisel, et külmakott ja külma õhuga teostatav aplikatsioon on efektiivsem, võrreldes külmavanniga, valu ja tursete vähendamises ning naha temperatuuri vähendamises 4-5 - minutilise protseduuriga.

1.1.3 Game Ready seade

Game Ready seadet kasutatakse tavaliselt kiiremaks vigastustest taastumiseks. Sisseehitatud seadme aktiivne kompressioon ja külma teraapia vähendavad valu ja paistetust

ning soodustavad ka hapniku transporti. Game Ready seade sobib hästi pärast ortopeedilist operatsiooni taastumiseks või rasket vigastust. Game Ready seadmel kasutatakse erinevaid manžette erinevatele liigestele ning lihastele toime avaldamiseks. Ajalist kestvust ning rakendatava temperatuuri saab reguleerida uuringu käigus (madalaim temperatuur on 0°C) (Morsi, 2002; Murgier & Cassard, 2014).

2.1 Külmaaplikatsioonide toimed

2.1.1 Külmaaplikatsioonide mõju lihaste mehaanilistele omadustele

Nagu eelpool mainitud on maailmas tehtud üsna vähe uuringuid külmaaplikatsioonide mõjudest lihaste mehaanilistele omadustele sportlastele. Mustalampi kaasautoritega (2012) on uurinud, kuidas külmakoti kasutamine pärast treeningut mõjutab reie-nelipealihase mehaanilisi omadusi pärast 15-minutilist külmaprotseduuri. Uuringust võtsid osa 39 inimest. Külmetamise tulemusena reie-nelipealihase pinge suurenes, lihas muutus jäigemaks ning vähem elastsemaks. Lisaks sellele, mõõdeti ka lihase mehaanilisi omadusi 15 minuti pärast peale protseduuri ning tulemuseks oli see, et lihaste mehaanilised omadused ei olnud täielikult taastunud. Autorid ei soovita jätkata spordiga koheselt pärast protseduuri. On vaja teha korralik eelsoojendus enne treeninguga jätkamist, et taastada lihaste omadusi ning vältida vigastusi.

Point kaasautoritega (2017) on uurinud, kuidas mõjutab külma õhuga teostatav aplikatsioon uuritavate *m.gastrocnemiuse caput mediale* lihasjäikusele. Uuritavatele tehti ravikuuri, mis hõlmas endas 4 protseduuri kestvusega 4 minutit ning aplikatsiooni temperatuuriks oli -30°C. Lisaks sellele, mõõdeti ka uuritavate lihastemperatuuri ning juba pärast teist protseduuri täheldati lihastemperatuuri langust. Lisaks, autorid jõudsid järeldusele, et selline ravikuur kutsus esile lihasjäikuse suurenemist sportlastel. Autorid on arvamusel, et selline lihasesisene mehaaniliste omaduste muutus võib alandada lihaste venitusvõimet, mida lihaskude suudab säilitada ilma vigastuse tekitamiseta. Samas, Estoni ja Petersi (1999) uuringus jõuti järeldusele, et külmavanni aplikatsiooni järgselt temperatuuriga 15°C toimub lihasjäikuse vähenemine küünarliigest flekseerivates lihastes ning vigastuste tekkimise risk väheneb.

2.1.2 Külmaaplikatsioonide teised mõjud inimorganismile

Lisaks, on teada, et külmaaplikatsioonide rakendamine ühekordselt suurendab protseduuri järgselt patsientide liigesliikuvust ning lihasjõudu, kuid toimib valuvaigistavalt (Brosseau et al., 2003; Metzger et al., 2000). Ühekordsel aplikatsiooni kasutamisel pikema efekti saavutamiseks on aplikatsiooni temperatuur olulise tähtsusega. Mida väiksem on

kasutatava aplikatsiooni temperatuur, seda pikaajalisema efekti tavaliselt saadakse protseduuri käigus. Kuid siinkohal peab arvestama ka sellega, mida väiksemaks läheb rakendatava aplikatsiooni temperatuur, seda raskem on uuritaval seda kannatada. Lisaks, seda võib mõjutada ka protseduuri kestvus, mida kauem kestab protseduur, seda pikaajalisema efekti protseduurist saavutatakse (Hohenauer et al., 2015; Metzger et al., 2000).

Sportlaste vigastuste korral erinevad külmaaplikatsioonid suurendavad liigesliikuvust valuvaigistava efekti kaudu ning sportlastel on tavaliselt lihtsam teostada terapeutilisi harjutusi suurema amplituudiga (Pournot et al., 2011). Liigesliikuvus paraneb oluliselt ka nendel sportlastel, kes järjepidevalt tegelevad spordiga ning peale treeninguid kasutavad ka erinevaid külmaaplikatsioone. Kuid tuleb arvestada ka sellega, et liigne liigesliikuvus mõne spordiala juures võib tekitada suurenenud traumaohu (Stanek et al., 2005).

3.1 Koormusjärgse lihasvalulikkuse tekkemehanismid

Koormusjärgne hiline lihasvalulikkus (DOMS) on lihasvalu ja ebamugavustunne, mis tavaliselt tekib 1-3 päeva pärast füüsilist koormust. Sagedamini esineb DOMS sportlaste seas (Schulze et al., 2009). Arvatakse, et DOMS on rohkem levinud ekstsentriliste kui kontsentriliste harjutuste puhul (Aguilera Eguia & Ibacache Palma, 2014). Tööülesanded, mis vajavad palju kordusi nõudvaid liigutusi, võivad esile kutsuda DOMS-i (Jay et al., 2014). DOMS-i mõju võib varieeruda kergest ebamugavustundest ja pingest, mis kaob rutiinsete igapäevategevuste juures, kurnava valuni, mis piirab loomulikke lihastööd ja liikumist (Vanshika, 2012). Kuigi DOMS-i ei peeta haiguseks, on see valulik ning suureks probleemiks sportlastele, sest mõned päevad pärast koormuse saamist piirab DOMS edasiste treeningute tegemist (Udani et al., 2009).

DOMS-i peamisteks põhjusteks peetakse mikroskoopilisi lihasrebendeid ja lihaste sidekoe kahjustusi (Bleakley et al., 2012). Peamisteks DOMS-i sümptomiteks peetakse valu ja hellust lihastes, mis on kõige enam väljendunud 1–3 päeva peale koormust ning taanduvad umbes 7 päevaga (McHugh et al., 2000). DOMS-iga kaasneva valu tugevus ja levik sõltub sooritatud harjutuste liigist, kestusest ja intensiivsusest (Cleary et al., 2002). Jõu vähenemine DOMS-i puhul tekib tavaliselt kohe koormusejärgselt või esimese 48 tunni jooksul ning täielik taastumine võtab aega rohkem kui 5 päeva (McHugh et al., 2000). DOMS-i ulatus ei väljenda alati lihaskahjustuse tõsidust ja DOMS-i kulgemine ei pruugi ühtida muutustega teistes lihaskahjustuse näitajates (Cheung et al., 2003; Nosaka et al., 2002).

3.2 Külmaaplikatsioonide mõju koormusjärgsele lihasvalulikkusele

Juba aastakümneid erinevaid külmaaplikatsioone nagu külmavannid ning jääkottid on kasutatud treeningujärgsel taastumisel sportlastel lihasväsimuse korral ning lihasvalulikkuse korral (Hohenauer et al., 2015). Erineva intensiivsusega treeningud tekitavad erineva raskusastmega muutusi muskuloskeletaalses süsteemis, närvisüsteemis ning sportlaste ainevahetuses (Pointon et al., 2011). Külmaaplikatsioone kirjeldatakse tavaliselt protseduuridena, mis vähendavad treeningujärgset lihasvalulikkust ning põletikku lihastes (Banfi et al., 2010). Külmaravi mehhanism treeningujärgses taastumises põhineb vasokonstriktiivsel toimel, mis vähendab põletikulisi reaktsioone läbi rakkude ainevahetuse vähenemise (White & Wells, 2013). Mõned uuringud näitavad, et näiteks külmavannid, on efektiivsed DOMS-i sümptomite vähendamisel pärast raskeid ja kurnavaid treeninguid (Bleakley et al., 2012, Leeder et al., 2012). Banfi kaasautoritega (2010) on jõudnud järeldusele, et kogu keha krüoterapia kasutamisel on võimalik ennetada ning ravida lihasvigastusi ning samuti vähendada sportlaste taastumisaega kahe treeningu vahel. Lisaks sellele ka Eston ja Peters (1999) oma uuringus on jõudnud järeldusele, et külmavann vähendab treeningujärgset lihaskahjustuste tekkimist peale ekstsentrilise iseloomuga harjutuste sooritamist ning samuti külmavann ei avalda mõju lihasjõu parameetrite vähenemisele, mis on iseloomulik ekstsentrilise iseloomuga harjutuste sooritamise puhul. Samas, Takagi uuring kaasautoritega (2011) näitas, et 20-minutiline külmakottide kasutamine võib negatiivselt mõjuda lihaste regenereerimisvõimele. Lisaks, ka Sellwood kaasautoritega (2007) on jõudnud järeldusele, et 3-minutiline külmavanni apliatsioon on ebaefektiivne DOMS-i sümptomite vähendamisel vähe treenitud inimeste hulgas peale ekstsentrilisi harjutusi reie-nelipealihasele.

4.1 Skeletilihaste toonuse hindamine sportlastel

Termin „lihastoonus“ tähendab mehaanilist pinget skeletilihases, mis esineb lihase tavaolekus ehk puhkeolekus, ilma tahtelist lihaspingutust. Igal lihasel on olemas oma toonuse väärtus, mille vähenemisel vähenevad ka lihase funktsionaalsed omadused (Vain, 2011). Vahimets et al. (2005) poolt läbi viidud uuring on näidanud, et kehalise töövõime paranemisel suureneb ka lihaste toonus. Erinevate uuringute kohaselt selgub, et paljude spordialade noorsportlastel, näiteks korvpallis, jäähokis, jalgpallis on suurenenud lihastoonuse näitajad (Gapeyeva et al., 2005; Makarova, 2009; Vahimets et al., 2005). Gapeyeva et al. (2005) uuring on näidanud ka seda, et noorte balletitantsijate pingestunud lihased suurendavad sisemisi riskifaktoreid saada erinevaid lihastraumasid. Aegajalt mõõdetud lihastoonuse näitajad võivad aidata sportlastel ennetada ülekoormustraumasid balletis ning ka spordis

üldiselt. Samuti lihastoonuse parameetrite jälgimine võib aidata leida optimaalset rehabilitatsiooni meetodit traumajärgselt. Huvitava meetodi tõi välja oma uuringus Vahimets (2009), kes uuris kuidas trigeniksi neuromuskulaarne ravisüsteem mõjutab 15 aasta vanuste korvpallurite lihastoonust ja biomehhaanilisi omadusi. Peale 6 trigeniksi seansi, *m. gastrocnemius caput mediale* toonuse ja jäikuse näitajad olid olulisel määral vähenenud, võrreldes teraapiaeelse seisundiga.

Kokkuvõttes võib teaduskirjanduse põhjal öelda, et lihastoonus koos lihaste mehaaniliste omadustega sportlaste seas on olulised funktsionaalsuse näitajad. Lihastoonuse parameetrite jälgimisega saavad füsioterapeudid aru lihaste mehaanilistest omadustest ning läbi selle on võimalik ennetada ka vigastusi. Teaduskirjanduses on palju uuringuid sellest, kuidas külmaaplikatsioonid leevendavad lihasspasme ning toimivad valuvaigistavalt, kuid vähe on uuringuid sellest, kuidas mõjutab külm lihaste mehaanilisi omadusi ning vähendab DOMS-ist tingitud sümptomeid.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva töö eesmärgiks oli analüüsida erinevate külmaaplikatsioonide mõju säärelihaste toonuse näitajatele ning funktsioonile noorkorvpalluritel.

Seoses töö eesmärgiga püstitati järgmised ülesanded:

1. Võrrelda säärelihaste toonuse, elastsuse ja jäikuse näitajate erinevust enne ja pärast ühekordset külmaaplikatsiooni (külmavann, külmakott, Game Ready) rakendamist.
2. Analüüsida aktiivset hüppeliigese liikuvust ja säärelihaste jõu erinevust dorsaal- ja plantaarfleksioonil enne ja pärast külmaaplikatsioonide rakendamist.
3. Välja selgitada milline külmaaplikatsiooni meetod selle ühekordsel kasutamisel avaldab suurema mõju sportlaste säärelihaste toonusele ja mehaanilistele omadustele.

3. METOODIKA

3.1 Vaatlusalused

Käesoleva uurimistöö valimi moodustasid 15 meessoost noorkorvpallurit vanuses 16-18 aastat, kes olid nõus osalema uuringus vabatahtlikuse alusel, vanemate ja treenerite nõusolekul võistlushooajal. Uuritavaid värvati Eesti meistrivõistluste I liigas osalevatest BC Tartu korvpallikooli noorkorvpalluritest, koostöös klubi treeneritega ning füsioterapeudiga, kes edastasid vaatlusaluste vanematele esmase info toimuva uuringu kohta. Uuringusse kaasatud noorkorvpallurid treenivad kõik ühes ja samas spordiklubis, saavad sarnast kehalist koormust sama treeneri juhendamisel ning treeningute intensiivsus on kõikidel uuritavatel samasugune. Sportlaste vanus, pikkus, kehamass, kehamassiindeks, mõlema jala sääre pikkused ja übermõõdud, nahavoltide paksused säärelihastel ning spordialaga tegelemise periood, on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Vaatlusaluste vanus, antropomeetrilised näitajad ja spordialaga tegelemise staaž ning treeningumahud nädalas ($\bar{X} \pm SD$).

Näitajad	Noored korvpallurid
Vaatlusaluste arv	15
Vanus (a)	16,9 ± 1,0
Kehapikkus (cm)	192,4 ± 4,5
Kehamass (kg)	83,1 ± 11,4
KMI (kg/m ²)	22,5 ± 3,2
Sääre pikkus (cm) parem	46,5 ± 2,1
vasak	46,6 ± 2,1
Sääre übermõõt (cm) parem	38,0 ± 1,5
vasak	37,9 ± 1,5
Nahavoltide paksus (mm) GM parem	7,0 ± 0,6
vasak	7,0 ± 0,6
Nahavoltide paksus (mm) TA parem	6,9 ± 0,8
vasak	7,0 ± 0,9
Treeningute staaž (a)	8,0 ± 2,2
Treeningute maht (korrad nädalas)	5,7 ± 1,0
Treeningute maht (tunnid nädalas)	10,8 ± 2,0

KMI – kehamassiindeks, a – aastad, GM – *m. gastrocnemius caput mediale*, TA – *m. tibialis anterior*

Uuringus osalemise kriteeriumiteks olid uuritavate sobilik vanus, alajäsemete vigastuste ning traumade puudumine viimase kolme kuu jooksul, külmakartlikkuse puudumine,

külmaallergiatega puudumine, tundlikkusehäirete puudumine aplikatsiooni rakendamise kohas ning akuutsete haigestumiste puudumine uuringu toimumise ajal.

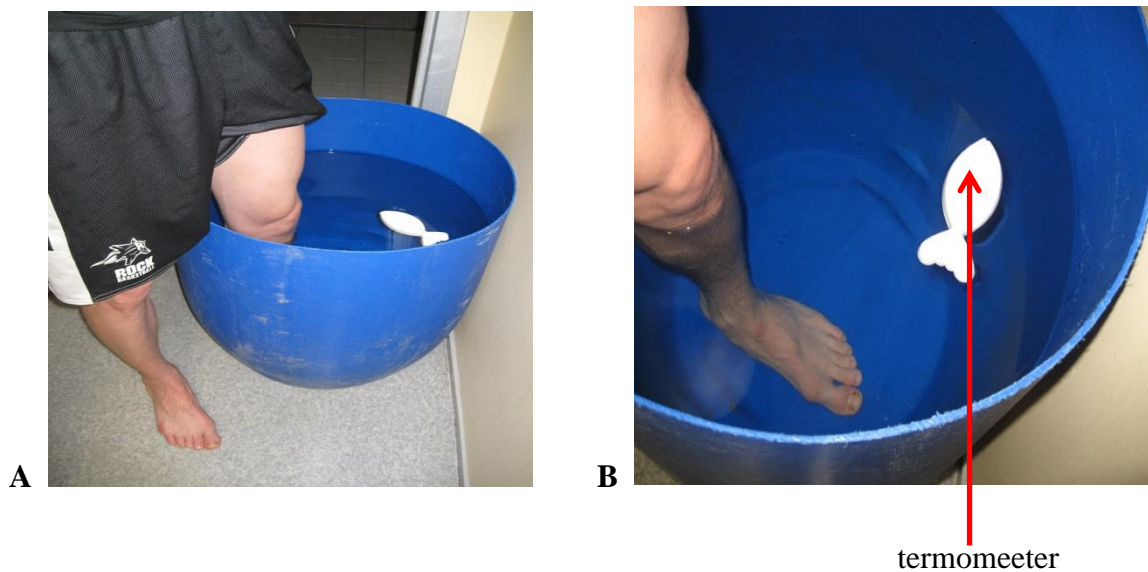
Kõiki vaatlusaluseid ja nende vanemaid informeeriti uuringu eesmärkidest ning meetoditest, nõusolekut noorkorvpallurite osalemiseks uuringus kinnitasid uuritavad ise ning samuti ka nende vanemad allkirjaga. Uurimistulemuste avaldamisel oli tagatud uuritavate anonüümsus ja konfidentsiaalsus, uuritavad olid kodeeritud. Uurimise käigus saadud andmeid säilitati Tartu Ülikooli kehakultuuriteaduskonna kinesioloogia ja biomehaanika arvutis, mis oli kaitstud paroolidega. Uurimistöö läbiviimiseks oli saadud luba nr.263T-7 (väljastatud 21.10.2016) Tartu Ülikooli inimuuringu eetika komiteelt.

3.2 Uuringu korraldus

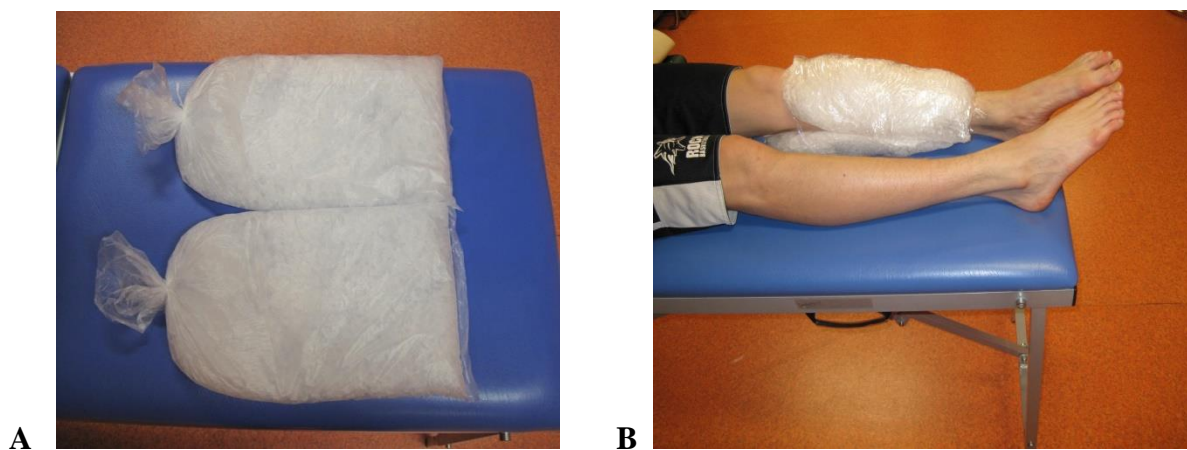
Antud magistritöö eksperimentaalne osa viidi läbi Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboris (aadressil Ujula 4, Tartu) 2017. aastal jaanuaris-veebruaris. Andmete kogumise ajal noorkorvpallurid käisid aktiivselt treeningutel ning said ka võrdset treeningkoormust. Kõik mõõtmised olid teostatud kohe pärast treeningu lõppu. Uuringu käigus said kõik uuritavad ühekordselt kasutada kolme erinevat külmaaplikatsiooni (külmavann, külmakott, Game Ready seade (*Coolsystems, Inc.*, Concord, California)). Kõiki aplikatsioone rakendati uuritavatel ühekordselt. Kõik protseduurid kestsid ajaliselt 5 minutit. Külmaaplikatsioonide rakendamise ajal uuritava domineeriv alajäse sai külmaaplikatsiooni, teine alajäse jäi ilma aplikatsioonita. Domineerivaks alajäsemeks määrati seda jalga, mis oli tõukejalaks või hüpejalaks korvpalli viskamiseks korvi. Võimalikult adekvaatsete uurimistulemuste saavutamiseks uuriti peale külmaaplikatsiooni rakendamist korraga ainult kahte noorkorvpallurit. Külmavannis uuritav oli püstises asendis, külmakoti ning Game Ready seadme kasutamisel uuritav oli seliliasendis massaažilaua peal.

Külmavanni aplikatsiooni korral vanni temperatuur püsis 9°C - 10°C vahel. Ruumi temperatuur, kus uuring toimus püsis külmavanni protseduuride ajal 23,5°C – 24,5°C vahemikus. Uuritav alajäse oli külmavannis sees kuni põlveliigeseni (joon. 1 A,B). Külmakoti jääga aplikatsiooni korral jääkoti temperatuur oli 1,5°C ning ruumi temperatuur, kus külmakotti rakendati püsis 24°C - 25°C vahemikus. Ühe külmakoti kaaluks oli 1,5 kg ning külmakoti laiuks oli 25 cm ja pikkuseks 45 cm. Uuringu käigus korraga rakendati kahte jääkotti anterioorselt ning posterioorselt säärelihaste peal. Uuringus testitavad lihased (*m. gastrocnemius caput mediale* ja *m. tibialis anterior*) olid külmakotiga kaetud (joon. 2 A,B). Game Ready seadme rakendamisel kasutati ainult külmaravi protseduuri, kompressiooni kasutamist uuringute ajal lülitati välja (joon. 3 A,B). Game Ready seadmel kasutati sääre

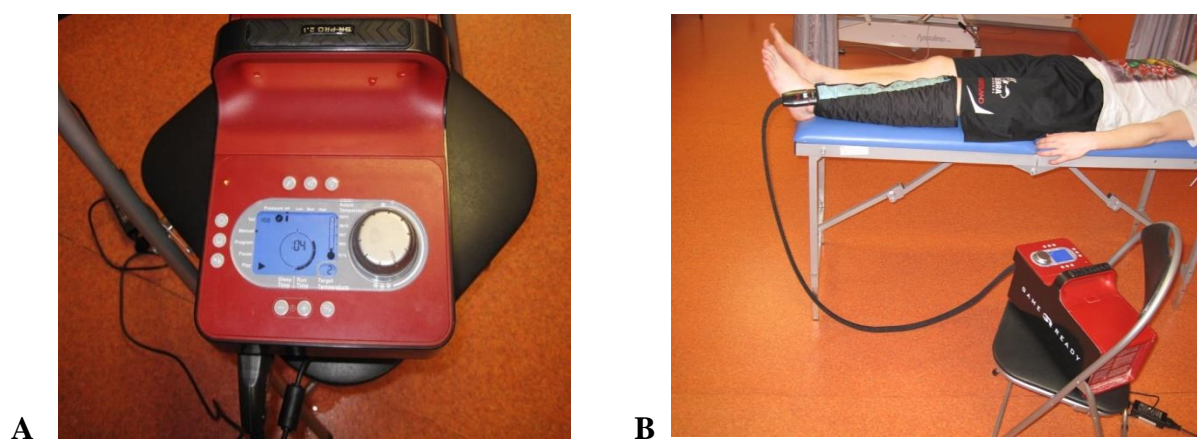
manžetti, temperatuuri 2°C ning ruumi temperatuur, kus seadet rakendati püsis 24°C - 25°C vahemikus.



Joonis 1. Kül mavanni aplikatsiooni rakendamise üldvaade (A) ning alajäseme asend (B).



Joonis 2. Kasutatavad kül makotid (A) ning kül makoti jääga aplikatsiooni rakendamine (B).



Joonis 3. Game Ready seade (A) ja selle rakendamine (B).

3.3 Uurimismeetodid

Kui uuritavad ja nende vanemad andsid oma nõusoleku uuringus osalemiseks, siis esmalt uuritavad pidid täitma hüppeliigese ja jala seisundi subjektiivset hindamisskaalat küsimustiku näol ning uuringukaarti, kus sai välja selgitada uuritavate treeningstaaži, treeningmahu ning vigastuste kohta. Seejärel mõõdeti uuritavate antropomeetrilisi näitajaid, liigesliikuvust, lihasjõudu, skeletilihaste mehaaniliste omaduste näitajaid. Pärast treeningut ning enne külmaaplikatsiooni rakendamist uuriti noorkorvpallurite väsimusastet Borgi skaalaga ning samuti hinnati VAS (*Visual Analog Scale*) skaalal lihasvalulikkust enne rakendatavat aplikatsiooni ning pärast protseduuri lõppemist.

3.3.1 Antropomeetrilised mõõtmised

Uuritavate kehapikkust mõõdeti standartse antropomeetriga (Soehnle, Saksamaa) (täpsusega $\pm 0,1$ cm) ja kehamassi mõõdeti elektroonilise kaaluga (Soehnle, Saksamaa) (täpsusega $\pm 0,05$ kg). Säärte pikkust ning sääрте übermõõdu mõõdeti standartse mõõdulindiga (Rosscraft anthrotape, USA) pikkusega 150 cm (täpsusega $\pm 0,1$ cm). Nahavoltide paksust uuritavatel lihastel mõõdeti standartse kaliipriga (Slimguide, Plymouth Mich, USA).

3.3.2 Hüppeliigese ja jala seisundi subjektiivne hindamisskaala

Hüppeliigese ja jala seisundi subjektiivset hindamisskaalat FAOS (ingl. k. *Foot and Ankle Outcome Score*) kasutati selleks, et hinnata patsientide arvamust erinevatest labajala ja hüppeliigese seotud probleemidest. See küsimustik koosneb viiest subskaalast, milleks on „valu“, „sümptomid“, „funktsioon ja igapäevaelu“, „spordi- ja vabaaja tegevused“ ning „elukvaliteet“. Iga subskaala kohta arvuatakse eraldi tulemus, kus 100 punkti näitab probleemi puudust ning 0 punkti maksimaalset probleemi esinemist (Roos et al., 2001). Käesolevas uurimistöös analüüsiti kõiki nende subskaalade tulemusi.

3.3.3 Treeningujärgse väsimuse subjektiivne hindamisskaala

Treeningujärgse koormuse ning väsimusastme tunnetuslikuks hindamiseks kasutati uuringus pärast treeningut (enne külmaaplikatsiooni rakendamist) Borgi skaalat (6-20 punkti), kus 6 punkti näitas mitte mingisugust pingutust treeningujärgselt ning 20 punkti näitas maksimaalset väsimust treeningujärgselt (Borg, 1998).

3.3.4 Subjektiivne valu tugevuse hindamisskaala sääрте lihastel

Treeningujärgset alajäsemete lihasvalulikkust hinnati subjektiivselt visuaal-analoog skaalaga (VAS) enne külmaaplikatsiooni rakendamist ja pärast protseduuri lõppu. Uuringus

kasutati 100 mm-ist skaalat, kus 100 mm iseloomustas kõige tugevamat valu ning 0 mm näitas valu puudumist (täpsusega $\pm 0,1$ mm) (Bodian et al., 2001).

3.3.5 Goniomeetria

Hüppeliigese aktiivse liikuvuse määramiseks kasutati standartset mehaanilist goniomeetrit (*Biplane Goniometer, Lafayette Instrument Company, USA*) (joon. 4).

Hüppeliigese aktiivset liikuvusulatust (AROM) määrati dorsaalfleksioonil ja plantaarfleksioonil paremal ja vasakul jalal (joon. 5) enne ja pärast kõikide külmaaplikatsioonide kasutamist.



Joonis 4. Jala algasend hüppeliigese dorsaal- ja plantaarfleksiooni mõõtmisel.



Joonis 5. Hüppeliigese aktiivse liikuvusulatuse määramine dorsaalfleksioonil (vasakul) ja plantaarfleksioonil (paremal) goniomeetriga *Biplane Goniometer*.

Mõõtmise ajal oli patsient teraapialaual seliliasendis. Mõõtmisi alustati neutraalsest asendist, kus uuritava jalg oli täisnurga all sääreluu suhtes. Uuritava jalad ulatusid üle laua ääre nii, et mõõtjal oli võimalik õigesti asetada goniomeetrit. Goniomeetri liikumatu telg asetati *malleolus lateralis*'e keskkohaga kohati. Uuritav sooritas aktiivse dorsaalfleksiooni ja

seejärel plantaarfleksiooni. Mõõtmisi teostati mõlemal liigutusel bilateraalset kolm korda ning arvesse võeti suurim saavutatud tulemus. Goniomeetri valiidsust hüppeliigese AROMi mõõtmisel kinnitati uuringus, kus osalesid absoluutselt terved inimesed ning mõõtmisi teostati kolm korda (Konor et al., 2012).

3.3.6 Dünamomeetria

Hüppeliigese lihaste tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu määramiseks dorsaal- ja plantaarfleksioonil kasutati dünamomeetrit *Laffayette Manual Muscle Test System* (*Lafayette Instrument Company, USA*) (joon. 6) enne ja pärast kõikide külmaaplikatsioonide kasutamist.

Mõõtmiste ajal oli uuritav teraapialual seliliasendis. Dünamomeeter asetati uuritava jala dorsaalsele või plantaarsele pinnale vastavalt uuritavale lihasrühmale (joon. 7).



Joonis 6. Dünamomeeter *Laffayette Manual Muscle Test System*



Joonis 7. Isomeetrilise maksimaaljõu määramine hüppeliigese aktiivsel dorsaalfleksioonil (paremal) ja plantaarfleksioonil (vasakul) dünamomeetriga *Laffayette Manual Muscle Test System*

Uuritav pidi mõõtja käskluse peale sooritama maksimaalset isomeetrilist pingutust kestusega 2-3 sekundit, surudes vastu dünamomeetri mõõtekoonust. Pingutuse lõppedes

fikseeriti dünamomeetri näit. Mõõtmisi sooritati kolm korda, millest arvesse võeti suurim tulemus. Käelisel dünamomeetril on hea usaldusväärsus alajäsemete isomeetrilise lihasjõu hindamiseks tervetel inimestel (Mentiplay et al., 2015).

3.3.7 Lihastoonuse, elastsuse ja jäikuse näitajate hindamine

Hüppeliigese liikuvust teostavate lihaste toonuse hindamiseks kasutati portatiivset müotonomeetrit Myoton-3 (Müomeetria OÜ, Eesti). Müomeetri põhimõte seisneb lihasele doseeritud löögi andmises, millele lihas kui viskoosne-elastne keha vastab sumbuvate võnkumistega. Löökotsik annab skeetilihasele uurija poolt valitud punktis standardse jõu (kuni 0,4 N) ja kestvusega mehaanilise jõuimpulsi (15 ms). Pärast jõuimpulsi lakkamist jääb löökotsik kontakti lihasega ja võngub koos võnkuma pandud lihasmassiga, kuni võnkumine lõpeb (Gapeyeva & Vain, 2007).

Lihastoonust mõõdeti rahulolekus bilateraalselt järgmistes lihastes vastavas järjekorras: *m. tibialis anterior* (TA) (seliliasendis) (joon. 8) ning *m. gastrocnemius caput mediale* (GM) (kõhuliasendis) (joon. 9).



Joonis 8. *M. tibialis anterior* hindamine müotonomeetriga Myoton-3 seliliasendis



Joonis 9. *M. gastrocnemius caput mediale* hindamine müotonomeetriga Myoton-3 kõhuliasendis

Mõõtmiseks vajalikud sümmeetrilised punktid lihaskõhu keskel tuvastati lihaskontraktsiooni käigus ning vastav punkt tähistati markeriga nahal (*Surgical Skin Marker, Viscot Medical, USA*). Enne mõõtmise teostamist paluti uuritaval lõõgastada jalalihaseid ja uurija veendus palpeerimise teel, et uuritav lihasgrupp ei ole pinges. Seejärel asetati müotonomeetri löökotsik eelnevalt tähistatud lihaspunktile ning teostati mõõtmist.

Mõõtmisel hinnati järgmiseid näitajaid: lihase omavõnkesagedus [Hz] (ingl. k *frequency*), mis iseloomustab lihase toonust; sumbuva võnkumiste logaritmiline dekrement (ingl. k *logarithmic decrement of the dampening of muscle oscillations*), mis iseloomustab lihase elastsust; jäikus [N/m] (ingl. k *stiffness*) iseloomustab lihase võimet osutada vastupanu tema juhu muutvale jõule (Gapeyeva & Vain, 2008).

Mõõtmised viidi läbi Multiscan režiimis, mõõtes igat lihast 5 korda, mille põhjal saadi keskmised näitajad. Kasutati tarkvara versiooni Myoton 3 3.15.0. Myoton 3 müotonomeeter on näidanud head usaldusväärsust erinevates uuringutes (Gapeyeva & Vain, 2008).

3.4 Andmete statistiline analüüs

Saadud andmete analüüsimisel kasutati tarkvara paketti Microsoft Excel 2010. Andmete analüüsimiseks arvutati aritmeetiline keskmine, standardhälve (SD) ja standardviga (SE). Uuritud gruppide keskmiste erinevuse statistilist olulisust hinnati Student'i paaris *t*-testi alusel. Korrelatsioonianalüüs teostati Pearson'i korrelatsioonikordajate baasil, et selgitada seosed FAOS subskaala näitajate, valu tugevuse näitajate, väsimusskaala näitajate, hüppeliigese AROM-i, jõu, alajäsemete lihaste mehaaniliste omaduste näitajate ning antropomeetriliste näitajate vahel. Korrelatsioonianalüüsi teostati IBM SPSS *Statistics Data Editor* 22.0 programmi abil. Madalam statistiliselt oluline nivoo oli $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1 Uuritavate antropomeetrilised näitajad

Uuritavate KMI oli väiksem kui 25,0 kg/m² ning ülekaalulisust ei esinenud. Sääre pikkused ning ümbermõõdud parema ja vasaku jala vahel oluliselt ei erinenud. Nahavoldi paksus kehapoolte vahel uuritud lihastel statistiliselt oluliselt ei erinenud.

4.2 Hüppeliigese ja jala seisundi subjektiivne hindamisskaala

Uuritud hüppeliigese ja jala seisundi subjektiivse hindamise tulemused on toodud välja tabelis 2. Korvpallurite sümptomite subskaala oli kõige madalamate tulemustega ning kõige kõrgematega tulemustega oli funktsiooni ja igapäevaelu subskaala tulemused.

Tabel 2. Noorte korvpallurite (n=15) hüppeliigese ja jala seisundi subjektiivse hindamise näitajad ($\bar{X} \pm SD$).

Subskaala	Tulemused
Valu	89,82 ± 10,05
Sümptomid	78,57 ± 12,22
Funktsioon ja igapäevaelu	95,49 ± 4,46
Spordi- ja vabaajategevused	84,67 ± 11,57
Elukvaliteet	82,50 ± 13,40

4.3 Treeningujärgse väsimuse subjektiivne hindamisskaala

Uuritud treeningujärgse väsimuse subjektiivse hindamise tulemused on toodud välja tabelis 3.

Tabel 3. Noorte korvpallurite (n=15) treeningujärgse väsimuse subjektiivse hindamise näitajad ($\bar{X} \pm SD$).

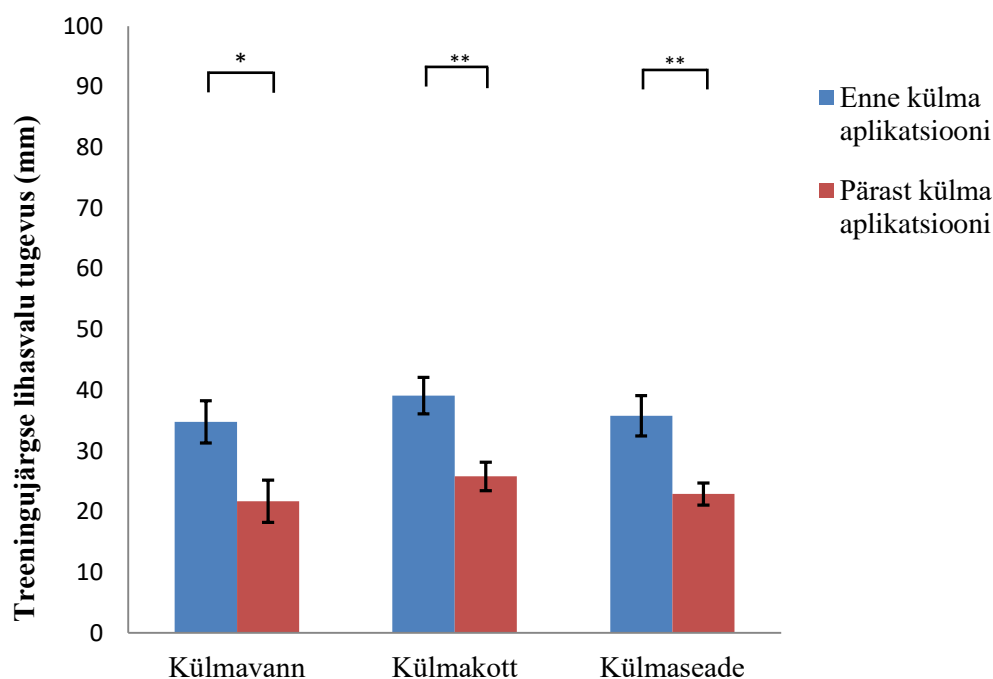
Aplikatsioon	Tulemused
Enne KAV	14,07 ± 1,79
Enne KAJ	13,13 ± 1,51
Enne KAS	13,73 ± 1,91

KAV – külmaaplikatsioon veega (külmavann), KAJ - külmaaplikatsioon jääga (külmakott), KAS – külmaaplikatsioon seadmega (Game Ready)

Kõige kõrgemate tulemustega treeningujärgne väsimus oli enne külmavanni aplikatsiooni rakendamist, kõige madalaim treeningujärgne väsimus oli enne külmakotti jääga aplikatsiooni rakendamist, aga enne kõigi kolme kasutatava külmaaplikatsioonide rakendamist treeningujärgse väsimuse näitajad statistiliselt oluliselt omavahel ei erinenud.

4.4 Subjektiivne treeningujärgse lihasvalu tugevuse hindamisskaala säärelihastel

Uuritud treeningujärgse valu tugevuse hindamise tulemused (VAS skaalal) enne ja pärast külmaaplikatsioonide rakendamist säärelihastel on toodud välja joonisel 10. Kõige suuremat efektiivsust säärelihaste treeningujärgse valu leevendamisele näitas külmavann, mille järgselt vähenes valu korvpalluritel 37,6%. Game Ready seadme kasutamise järgselt vähenes valu korvpalluritel 36,0% ning pärast külmakotti aplikatsiooni kasutamist 34,0%. Külmavanni järgselt valu tugevuse näitajad enne ja pärast aplikatsiooni rakendamist erinesid oluliselt ($p < 0,05$). Samuti oli leitud ka statistiliselt oluline erinevus külmakoti kasutamise järgselt ($p < 0,01$) ning ka pärast Game Ready seadmega külmaaplikatsiooni rakendamist ($p < 0,01$).



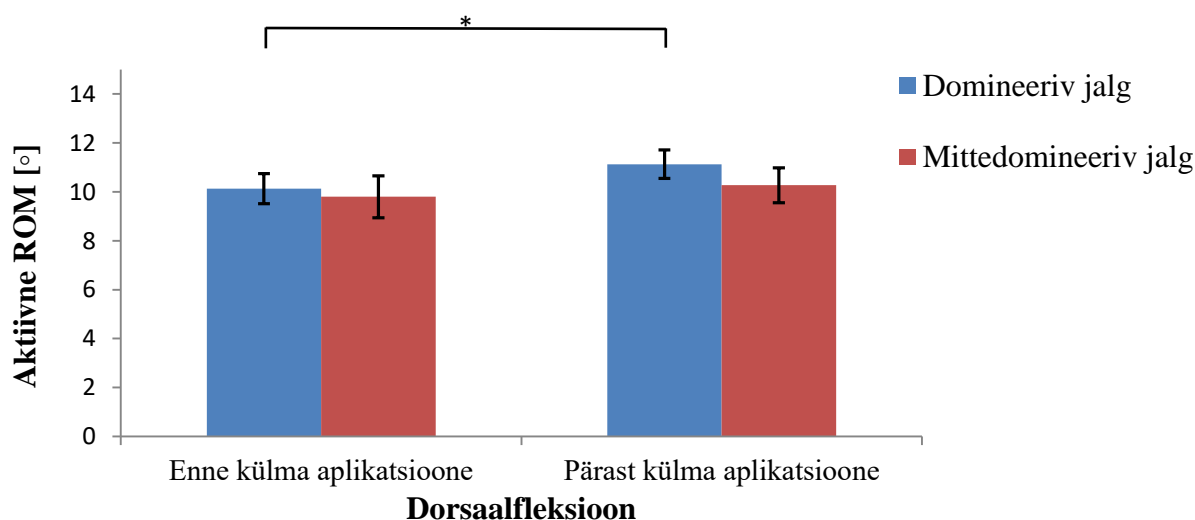
Joonis 10. Noorte korvpallurite ($n=15$) treeningujärgse valu tugevuse hindamise näitajad säärelihastel enne ja pärast külmaaplikatsioonide rakendamist ($\bar{X} \pm SE$), *- $p < 0,05$; **- $p < 0,01$.

4.5 Hüppeliigese aktiivne liikuvusulatus

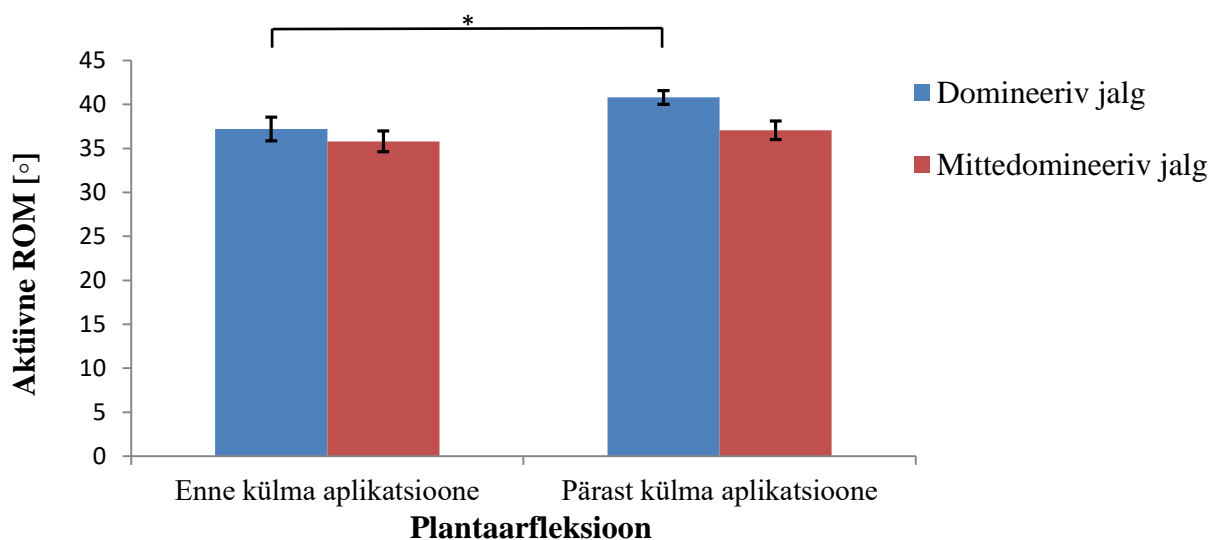
Hüppeliigese ROM aktiivsel dorsaal- ja plantaarfleksioonil on toodud joonistel 11. Dorsaalfleksiooni liikuvusulatus domineerival jalal suurenes külmaaplikatsioonide kasutamise

järgselt 9,9%. Mittedomineeriva jala dorsaalfleksiooni liikuvusulatus suurenes uuringu järel 4,8% (joon. 11A). Plantaarfleksiooni liikuvusulatus suurenes külmaaplikatsioonide kasutamise järgselt 9,7% ning mittedomineerival jalal suurenes 3,6% (joon. 11B). Domineeriva jala ROM näitajates aktiivsel dorsaalfleksioonil leiti statistiliselt olulist erinevust ($p < 0,05$) enne ja pärast kõigi kolme külmaaplikatsiooni rakendamist, samuti esines ka statistiliselt oluline erinevus ka domineeriva jala ROM näitajates aktiivsel plantaarfleksioonil ($p < 0,05$). Mittedomineeriva jala ROM näitajates aktiivsel dorsaal- ja plantaarfleksioonil külmaaplikatsioonide järgselt statistiliselt olulist erinevust ei esinenud.

A



B

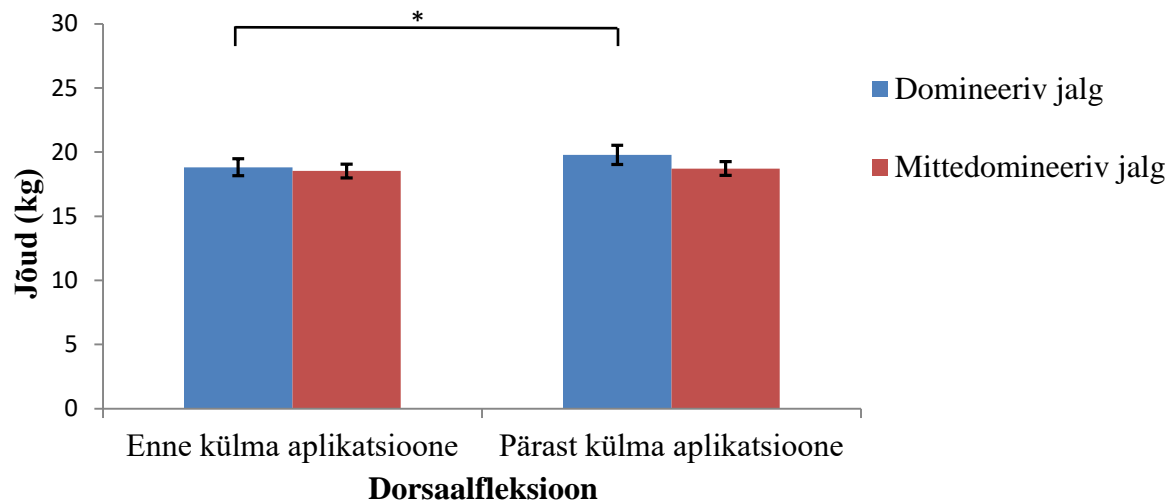


Joonis 11. Noorte korvpallurite hüppeliigese liikuvuse näitajad aktiivsel dorsaalfleksioonil (A) ja plantaarfleksioonil (B) enne ja pärast külmaaplikatsioonide rakendamist ($\bar{X} \pm SE$), *- $p < 0,05$.

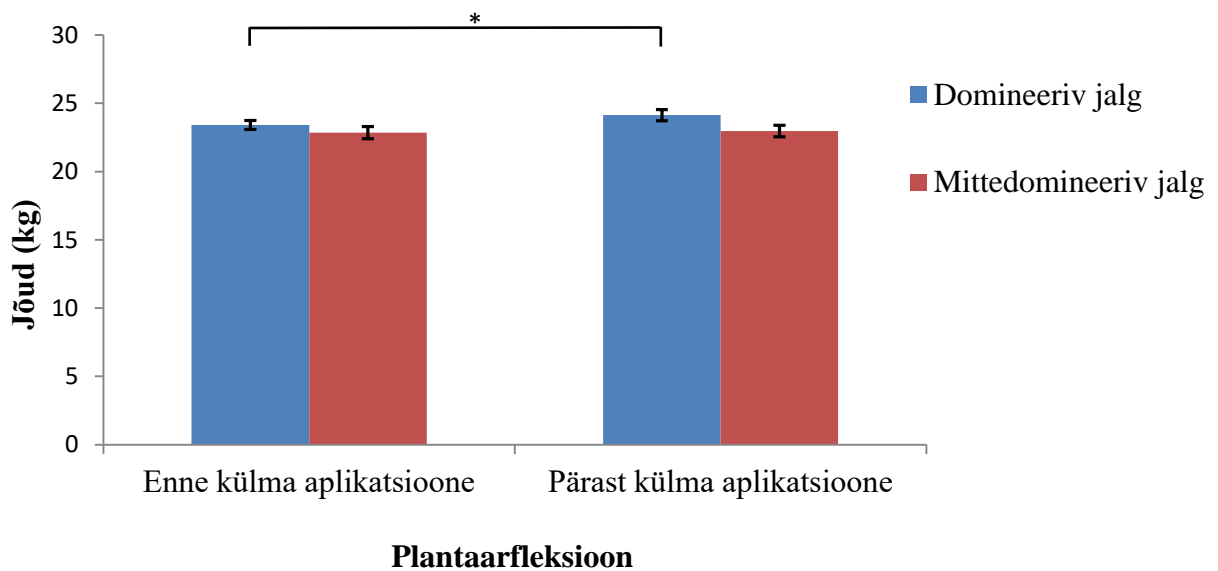
4.6 Säärelihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud

Säärelihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud dorsaal- ja plantaarfleksioonil on toodud joonistel 12. Dorsaalfleksiooni näitajad suurenesid külmaaplikatsioonide kasutamise järgselt 5,2% domineerival jalal ning 1% mittedomineerival jalal (joon. 12A). Plantaarfleksiooni näitajad samuti suurenesid külmaaplikatsioonide kasutamise järgselt 3% domineerival jalal ning 0,5% mittedomineerival jalal (joon. 12B).

A



B



Joonis 12. Noorte korvpallurite (n=15) säärelihaste isomeetrilise maksimaaljõu näitajad dorsaalfleksioonil (A) ja plantaarfleksioonil (B) enne ja pärast külmaaplikatsioonide rakendamist ($\bar{X} \pm SE$), *-p<0,05.

Domineeriva jala tahtelise isomeetrilise maaksimaaljõu näitajates dorsaalfleksioonil leiti statistiliselt olulist erinevust ($p < 0,05$) enne ja pärast kõigi kolme külmaaplikatsiooni rakendamist, samuti esines ka statistiliselt oluline erinevus ka domineeriva jala tahtelise isomeetrise maaksimaaljõu näitajates aktiivsel plantaarfleksioonil ($p < 0,05$). Mittedomineeriva jala tahtelise isomeetrise maaksimaaljõu näitajates dorsaal- ja plantaarfleksioonil statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud.

4.7 Lihastoonuse näitajad

Uuritud korvpallurite skeletilihaste toonuse, elastsuse ja jäikuse näitajad on toodud vastavalt tabelites 4, 5 ja 6.

Tabel 4. Noorte korvpallurite ($n=15$) skeletilihaste toonuse näitajad enne ja pärast külmaaplikatsioonide rakendamist ($\bar{X} \pm SD$).

Lihase nimetus ning aplikatsioon	Omvõnkesagedus (Hz)		Toimunud muutused (%)
	Enne	Pärast	
GM dom KAV	15,12 ± 0,96	14,83 ± 0,78	1,95
GM dom KAJ	14,10 ± 0,65	13,46 ± 0,91*	4,53
GM dom KAS	14,69 ± 0,83	14,28 ± 0,49	2,79
TA dom KAV	19,31 ± 2,64	18,89 ± 1,84	2,16
TA dom KAJ	20,80 ± 2,57	19,36 ± 1,69*	6,92
TA dom KAS	22,10 ± 2,17	20,55 ± 2,41**	6,99
GM mdom KAV	15,57 ± 1,28	14,86 ± 0,84*	4,61
GM mdom KAJ	14,13 ± 1,40	13,99 ± 1,04	0,99
GM mdom KAS	14,48 ± 0,84	14,31 ± 0,74	1,19
TA mdom KAV	19,37 ± 2,64	20,15 ± 1,74	-4,02
TA mdom KAJ	20,44 ± 2,59	20,49 ± 2,32	-0,22
TA mdom KAS	21,73 ± 1,86	21,82 ± 2,06	-0,39

GM – *m. gastrocnemius caput mediale*, TA – *m. tibialis anterior*, dom – domineeriv jalg ehk külmaaplikatsiooni saanud alajäse, mdom – mitte domineeriv jalg ehk külmaaplikatsioonita alajäse, KAV – külmaaplikatsioon veega, KAJ – külmaaplikatsioon jääga, KAS – külmaaplikatsioon seadmega, *- $p < 0,05$, võrreldes enne ja pärast aplikatsiooni rakendamist, **- $p < 0,01$, võrreldes enne ja pärast aplikatsiooni rakendamist

Domineerival jalal GM ja TA omavõnkesageduse näitajad vähenesid pärast kõiki aplikatsioone. GM suurem protsentuaalne vahe esines pärast külmakoti kasutamist (4,53%), samas TA omavõnkesageduse näitajates kõige suurem protsentuaalne vahe esines pärast Game Ready seadme kasutamist (6,99%). Mittedomineerival jalal toimusid omavõnkesageduse muutused suuremal määral, võrreldes domineeriva jalaga, külmavanni aplikatsiooni kasutamise järgselt. GM ja TA omavõnkesageduse näitajad pärast külmakoti kasutamist erinesid statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$), võrreldes näitajatega enne

külmaaplikatsiooni rakendamist. Samuti esines ka statistiliselt oluline erinevus ka Game Ready seadme kasutamise järgselt domineerival jalal TA puhul ($p < 0,01$). Lisaks, esines ka statistiliselt oluline erinevus ka mittedomineeriva jala näitajates enne ja pärast külma vee vanni protseduuri ($p < 0,05$). Teistes andmetes omavõnkesageduse muutused ei olnud statistiliselt olulised.

Tabel 5. Noorte korvpallurite ($n=15$) skeletilihaste elastsuse näitajad enne ja pärast külmaaplikatsioonide rakendamist ($\bar{X} \pm SD$).

Lihase nimetus ning aplikatsioon	Dekrement		Toimunud muutused (%)
	Enne	Pärast	
GM dom KAV	0,82 ± 0,15	0,88 ± 0,14	7,10
GM dom KAJ	0,90 ± 0,12	1,02 ± 0,15**	12,56
GM dom KAS	0,94 ± 0,17	1,03 ± 0,21*	9,72
TA dom KAV	0,56 ± 0,13	0,54 ± 0,08	-4,37
TA dom KAJ	0,60 ± 0,11	0,68 ± 0,12**	12,96
TA dom KAS	0,60 ± 0,09	0,70 ± 0,16**	17,20
GM mdom KAV	0,79 ± 0,18	0,91 ± 0,17*	14,37
GM mdom KAJ	0,93 ± 0,15	1,00 ± 0,19	7,49
GM mdom KAS	0,95 ± 0,17	1,04 ± 0,19***	9,12
TA mdom KAV	0,59 ± 0,08	0,61 ± 0,11	3,83
TA mdom KAJ	0,69 ± 0,13	0,73 ± 0,14	5,01
TA mdom KAS	0,65 ± 0,12	0,71 ± 0,13**	9,28

Dekrement – sumbuvaat võnkumiste logaritmiline dekrement, GM – *m. gastrocnemius caput mediale*, TA – *m. tibialis anterior*, dom – domineeriv jalg ehk külmaaplikatsiooni saanud alajäse, mdom – mitte domineeriv jalg ehk külmaaplikatsioonita alajäse, KAV – külmaaplikatsioon veega, KAJ – külmaaplikatsioon jääga, KAS – külmaaplikatsioon seadmega, *- $p < 0,05$, võrreldes enne ja pärast aplikatsiooni rakendamist, **- $p < 0,01$, võrreldes enne ja pärast aplikatsiooni rakendamist, ***- $p < 0,001$, võrreldes enne ja pärast aplikatsiooni rakendamist

Domineeriva jala TA näitajad pärast külma vee vanni protseduuri vähenesid. Domineeriva jala ülejäänud GM ja TA dekremendi näitajad suurenesid pärast kõigi kolme aplikatsiooni rakendamist. GM kõige suurem protsentuaalne vahe esines pärast külmakoti kasutamist (12,56%), samas TA dekremendi näitajate suurim protsentuaalne vahe esines pärast Game Ready seadme kasutamist (17,20%). Külmavanni kasutamise järgselt toimusid suuremad protsentuaalsed muutused GM ja TA mittedomineeriva jala dekremendi näitajates, võrreldes domineeriva jalaga. Külmakottide ja Game Ready seadme kasutamise järgselt GM ja TA näitajad suurenesid rohkem domineerival jalal, võrreldes mittedomineeriva jalaga. Statistilest olulised erinevused esinesid külmakoti kasutamise järgselt nii GM kui ka TA puhul ($p < 0,01$). Samuti esines ka statistiliselt oluline erinevus Game Ready seadme kasutamise järgselt nii GM domineerival jalal ($p < 0,05$), TA domineerival jalal ($p < 0,01$), GM mittedomineerival jalal ($p < 0,001$), TA mittedomineerival jalal ($p < 0,01$). Teiste andmete puhul

dekremendi näitajate muutused enne ja pärast külmaaplikatsioone ei olnud statistiliselt olulised.

Tabel 6. Noorte korvpallurite (n=15) skeletilihaste jäikuse näitajad enne ja pärast külmaaplikatsioonide rakendamist ($\bar{X} \pm SD$).

Lihase nimetus ning aplikatsioon	Lihasjäikus (N/m)		Toimunud muutused (%)
	Enne	Pärast	
GM dom KAV	235,49 ± 18,97	228,33 ± 17,15	3,04
GM dom KAJ	224,25 ± 20,84	217,49 ± 13,50	3,01
GM dom KAS	231,56 ± 29,57	227,07 ± 15,23	1,94
TA dom KAV	404,07 ± 59,52	401,8 ± 71,73	0,56
TA dom KAJ	436,83 ± 73,43	393,77 ± 54,10*	9,86
TA dom KAS	472,75 ± 56,62	439,67 ± 60,00**	7,00
GM mdom KAV	234,51 ± 21,36	227,60 ± 17,07	2,95
GM mdom KAJ	225,64 ± 19,40	219,86 ± 18,56	2,56
GM mdom KAS	225,72 ± 18,42	224,83 ± 11,98	0,40
TA mdom KAV	408,00 ± 84,52	431,19 ± 57,62	-5,68
TA mdom KAJ	427,33 ± 68,55	428,74 ± 56,48	-0,33
TA mdom KAS	468,27 ± 50,29	470,73 ± 40,13	-2,22

GM – *m. gastrocnemius caput mediale*, TA – *m. tibialis anterior*, dom – domineeriv jalg ehk külmaaplikatsiooni saanud alajäse, mdom – mitte domineeriv jalg ehk külmaaplikatsioonita alajäse, KAV – külmaaplikatsioon veega, KAJ – külmaaplikatsioon jääga, KAS – külmaaplikatsioon seadmega, *-p<0,05, võrreldes enne aplikatsiooni rakendamist, ** - p<0,01, võrreldes enne aplikatsiooni rakendamist

Domineeriva jala GM ja TA lihasjäikuse näitajad vähenesid pärast kõigi kolme külmaaplikatsiooni rakendamist. Domineerival jalal GM lihasjäikuse suurem protsentuaalne vahe esines pärast külma vee vanni kasutamist (3,04%), samas TA lihasjäikuse näitajates kõige suurem protsentuaalne vahe esines pärast külmakoti kasutamist (9,86%). Domineeriva jala kõik GM ja TA lihasjäikuse näitajate, enne ja pärast külma protseduure, protsentuaalsed vahed olid suuremad, võrreldes mittedomineeriva jalaga. Statistiliselt olulised erinevused esinesid külmakoti kasutamise järgselt TA puhul (p<0,05) ning samuti ka Game Ready seadme kasutamise järgselt TA puhul (p<0,01). Teiste andmete puhul lihasjäikuse muutused ei olnud statistiliselt olulised.

4.8 Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel

Korrelatsiooni analüüs viidi läbi seoste otsimiseks antropomeetriliste näitajate, FAOSE küsimustiku subskaalade näitajate, lihasvalu tugevuse näitajate, väsimusskaala (Borg) näitajate, hüppeliigese aktiivse ROM-i, maksimaalse isomeetrilise jõu ning alajäsemete müomeetriliste näitajate vahel domineerival jalal.

Noortel korvpalluritel esines positiivne korrelatiivne seos vanuse ning domineeriva jala sääre pikkuse vahel ($r=0,7$, $p<0,01$), mittedomineeriva jala sääre pikkuse vahel ($r=0,67$, $p<0,01$), domineeriva jala sääre ümbermõõdu vahel ($r=0,63$, $p<0,01$), mittedomineeriva jala sääre ümbermõõdu vahel ($r=0,64$, $p<0,01$). Lisaks, esines ka positiivne korrelatiivne seos vanuse ning domineeriva jala isomeetrilises maksimaaljõus toimunud protsentuaalsete muutuste näitajate vahel plantaarfleksiooni aktiivsel liikuvusel ($r=0,56$, $p<0,05$) külma aplikatsioonide kasutamise järgselt.

Positiivne korrelatsioon esines ka kehamassi ning domineeriva jala sääre ümbermõõdu näitajate vahel ($r=0,58$, $p<0,05$), mittedomineeriva jala sääre ümbermõõdu näitajate vahel ($r=0,54$, $p<0,05$). Lisaks, esines ka positiivne korrelatiivne seos kehamassi ning domineeriva jala TA omavõnkesageduses toimunud protsentuaalsete muutuste näitajate vahel Game Ready seadme kasutamise järgselt ($r=0,62$, $p<0,05$).

Positiivne korrelatsioon esines ka domineeriva jala isomeetrilises maksimaaljõus toimunud protsentuaalsete muutuste näitajate ning domineeriva jala sääre pikkuse näitajate vahel ($r=0,62$, $p<0,05$) ning ka domineeriva jala sääre ümbermõõdu näitajate vahel ($r=0,73$, $p<0,01$).

Positiivne korrelatsioon oli leitud ka treeningumahu ning domineeriva jala hüppeliigese aktiivses dorsaalfleksioonis, enne ja pärast külma rakendamist, toimunud protsentuaalsete muutuste vahel ($r=0,61$, $p<0,05$) ning ka domineeriva jala hüppeliigese aktiivses plantaarfleksioonis, enne ja pärast külma rakendamist, toimunud protsentuaalsete muutuste vahel ($r=0,54$, $p<0,05$).

Positiivne korrelatiivne seos esines ka lihasvalu tugevuse enne külmavanni aplikatsiooni rakendamist ning domineeriva jala hüppeliigese aktiivse plantaarfleksiooni näitajate vahel enne külmaaplikatsioonide esmast rakendamist ($r=0,54$, $p<0,05$) ning samuti ka domineeriva jala isomeetrilise maksimaaljõu näitajate vahel enne külmaaplikatsioonide esmast rakendamist ($r=0,66$, $p<0,01$). Lisaks, esines ka negatiivne korrelatiivne seos lihasvalu tugevuse enne külmakoti rakendamist ning GM domineeriva jala omavõnkesageduses toimunud protsentuaalsete muutuste näitajate vahel enne ja pärast külmakotti rakendamist ($r=-0,67$, $p<0,01$). Samuti negatiivne korrelatiivne seos oli leitud lihasvalu tugevuse enne Game Ready seadme rakendamist ning GM domineeriva jala dekremendis toimunud protsentuaalsete muutuste näitajate vahel Game Ready seadme kasutamise järgselt ($r=-0,54$, $p<0,01$).

Lisaks oli leitud ka tugev negatiivne korrelatiivne seos FAOS küsimustiku „sümptomid“ sub skaala ning Borgi subjektiivse väsimusskaala näitajate vahel enne Game Ready seadme kasutamist ($r = -0,74$, $p < 0,001$).

Teiste uuritud andmete ja karakteristikute vahel korrelatiivsed seosed olid väga nõrgad.

5. ARUTELU

Käesoleva töö eesmärgiks oli analüüsida erinevate külmaaplikatsioonide mõju säärelihaste toonuse näitajatele ning funktsioonile noorkorvpalluritel.

Viimaste aastate jooksul tehtud uuringute tulemustest selgus, et paljude spordialade noorsportlastel, näiteks korvpallis, jalgpallis, jäähokis, esinevad suurenenud lihastoonuse näitajad. Samuti on teada, et pingestunud lihased omakorda suurendavad sisemisi riskifaktoreid saada erinevaid lihasvigastusi ning traumasid, mida noorsportlaste seas esineb üsna sageli (Gapeyeva et al., 2005; Makarova, 2009; Vahimets et al., 2005). Samas, teaduskirjanduses leidub vähe informatsiooni sellest, kas erinevate külmaaplikatsioonide kasutamine on efektiivne lihaste mehaaniliste omaduste mõjutamises, mis on üks olulisematest taastusravimeetoditest, sest töö autori arvates erinevate külmaaplikatsioonide kasutamine on muutumas aina populaarsemaks erinevate spordiklubide seas.

Uuritud noorkorvpallurite domineeriva jala GM omavõnkesageduse näitajad pärast külmakoti protseduuri ning pärast Game Ready aplikatsiooni ning domineeriva jala TA omavõnkesageduse näitajad pärast Game Ready seadme kasutamist erinesid statistiliselt oluliselt, võrreldes näitajatega, mida saadi enne nende külmaaplikatsioonide rakendamist. Nende aplikatsioonide järgselt toimus noorkorvpalluritel GM ja TA lihaste oluline omavõnkesageduse vähenemine. Eelnevalt Mustalampi koos kaasautoritega (2012) on leidnud, et sportlaste lihastoonus treeningujärgselt reie-nelipealihases suureneb 15-minutilise külmakotti aplikatsiooni kasutamise järgselt. Erinevaid tulemusi saab põhjendada sellega, et käesolevas uuringus kasutati lühemat külmakoti aplikatsiooni pikkust (5 minutit) ning GM ja TA lihasmassid on väiksemad, võrreldes reie-nelipealihasega, mis võib avaldada mõju uuringutest saadud tulemustele. Mittedomineeriva jala GM omavõnkesageduse näitajad olid statistiliselt olulised pärast külma vee vanni protseduuri, mis tähendab seda, et omavõnkesageduse vähenemine toimus ka külmaaplikatsioonita jäänud alajäsemel. Seda saab põhjendada sellega, et intensiivse treeningu järel toimuvad vasokonstriktiivsed muutused mõlemas jalas ning lihaspinge väheneb (White & Wells, 2013).

Uuritavate domineeriva jala GM ja TA dekremendi näitajad pärast külmakoti aplikatsiooni rakendamist ning pärast Game Ready aplikatsiooni erinesid statistiliselt oluliselt, võrreldes näitajatega, mida saadi enne nende külmaaplikatsioonide rakendamist. Nende aplikatsioonide järgselt toimus GM ja TA lihaste dekremendi suurenemine, mis tähendab seda, et lihased muutuvad külmaaplikatsioonide järgselt vähem elastsemaks. Lihaselastsuse vähenemist külmajärgselt sportlaste seas on toodud välja ka teistes uuringutes (Peiffer et al.,

2009; Mustalampi et al., 2012). Tuleb tõdeda asjaolu, et lihaselastsus külma kasutamise järgselt tõepoolest väheneb, sest lihaste sees toimub verevarustuse aeglustumine ning lihase valmisolek edaspidisteks kontraktsioonideks on väiksem. Lisaks, Peiffer kaasautoritega (2009) toob välja seda, et lihase elastsuse vähenemine on põhjustatud külmast tingitud lihase enda temperatuuri langemisest. Need tulemused võivad olla ka põhjuseks, miks mõnede uuringute autorid ei soovita pärast mingisugust külmaaplikatsiooni rakendamist kohe treeninguga või harjutustega jätkata, sest külmaaplikatsiooni kasutamise järgselt langeb nii maksimaalne lihasjäik, kiirus, liigutuste täpsus kui ka maksimaalne sooritusvõime erinevate spordivaldkondade puhul ning vigastuse risk on suurem (Mustalampi et al., 2012; Pritchard & Saliba, 2014). Dekremendi näitajate puhul huvitav oli ka see, et mittedomineeriva jala näitajad pärast GM külma vee vanni protseduuri ning GM ja TA pärast Game Ready seadme rakendamist olid samuti statistiliselt olulised. Järelikult, intensiivne treening muudab lihaseid võimalikult palju elastsemaks bilateraalselt ning treeningu lõppedes toimub lihaselastsuse vähenemine samuti bilateraalselt, kuid külma kasutamisel saadud muutuste protsentuaalsed muutused näitavad, et lihaselastsus väheneb külmaaplikatsiooni kasutamise järgselt suuremini.

Uuritavate domineeriva jala TA lihasjäikuse näitajad pärast külmakoti rakendamist ning pärast Game Ready aplikatsiooni erinesid statistiliselt oluliselt, võrreldes näitajatega, mida saadi enne nende külmaaplikatsioonide rakendamist. Nende aplikatsioonide järgselt toimus noorkrovpalluritel TA oluline lihasjäikuse vähenemine. Eelnevate uuringute tulemused lihasjäikuse kohta on vastuolulised. Mustalampi kaasautoritega (2012) on leidnud, et reie-nelipealihase muutub jäigemaks pärast külmakoti rakendamist. Samuti leidsid ka Point kaasautoritega (2017), et külma õhuga toimiv 4-minutiline aplikatsioon -30°C juures, muudab GM lihast jäigemaks. Samas Estoni ja Petersi uuringus (1999) küünarliigese fleksiooni teostatavate lihaste lihasjäikuse näitajad vähenesid. Kindlasti olulist rolli selliste tulemuste saamisele mängisid aplikatsioonide temperatuurid ning ka protseduuri pikkused.

Tõepoolest kasutatava aplikatsiooni temperatuur ning protseduuri pikkus võivad avaldada suurt mõju uuringutest saadud tulemustele. Käesoleva uuringu kõikide protseduuride pikkuseks oli 5 minutit ning külmaveevanni temperatuur oli $9-10^{\circ}\text{C}$, külmakoti temperatuur oli $1,5^{\circ}\text{C}$ ning Game Ready seadme temperatuur oli 2°C . Paljud autorid väidavad, et mida lühem on ühekordselt kasutatava aplikatsiooni temperatuur, seda paremat efekti saadakse tavaliselt protseduuri käigus. Samuti, mida pikem on protseduur, seda pikemaajalisema efekti saavutatakse (Metzger et al., 2000; Hohenauer et al., 2015). Samas, jällegi ühes uuringus leiti ka seda, et 20-minutiline külmakottide kasutamine võib negatiivselt mõjuda lihaste

regeneerimisvõimele (Takagi et al., 2011). Käesolevas uuringus on just külmakoti ning Game Ready seadme kasutamine, kus olid kasutatud väiksemad aplikatsioonide temperatuurid, avaldanud suurema mõju omavõnkesageduse, dekremendi ning lihaskõvumise näitajatele. Lisaks, Machado kaasautoritega (2016) on välja toonud, et lihaste mehaanilistele omadustele avaldab suuremat mõju mõõduka temperatuuriga külmavann 10-15°C, kuid käesoleva uuringu tulemuste põhjal niimoodi väita ei saa, sest domineeriva jala külma vee vanni aplikatsiooni järgselt statistiliselt olulisi muutusi ei esinenud. Samuti vastuoluline on Getto & Goldeni (2013) väide, et 5-minutiline külmavanni aplikatsioon mõjutab juba oluliselt sportlaste lihaste mehaanilisi omadusi. Samas, selles uuringus on osalenud rohkem uuritavaid (n=23) ning see võib olla ka põhjuseks, miks tulemused on vastuolulised.

Töö tulemustest on selgunud, et kõikide aplikatsioonide kasutamise järgselt on vähenenud lihasvalu tugevus säärelihastes, mida hinnati subjektiivselt VAS skaala järgi. Kõikide aplikatsioonide enne ja pärast näitajate võrdlemisel on leitud ka statistiliselt oluline erinevus. Külmavanni järgselt vähenes valu kõige rohkem 37,6%, Game Ready seadme kasutamise järgselt 36% ning pärast külmakotti 34%. Väga paljud uuringud on näidanud, et tõepoolest erinevate külmaaplikatsioonide kasutamine ennetavad lihasvalude tekkimist pärast treeninguid ning kiirendavad ka oluliselt sportlaste taastumisprotsessi treeningujärgselt (Bleakley et al., 2012; Costello et al., 2015; Leeder et al., 2012). Breslin kaasautoritega (2015), on jõudnud oma uuringus järeldusele, et külmakott on efektiivsem, võrreldes külmavanniga valu vähendamisel 5-minutilise protseduuri käigus, kuid siin tuleb tõdeda, et siin uuriti inimesi, kes spordiga ei tegelenud. Mõned uuringud, mis olid viidud just sportlaste seas näitavad, et näiteks külmavannid on kõige efektiivsemad DOMS-i sümptomite ning riskifaktorite vähendamisel pärast intensiivseid treeninguid (Bleakley et al., 2012; Leeder et al., 2012). Samas jällegi Sellwood kaasautoritega (2007) on jõudnud oma uuringus järeldusele, et külmavann on väheefektiivne DOMS-i sümptomite vähendamisel vähe treenitud inimeste hulgas pärast reie-nelipealihasele sooritatud ekstsentrilisi harjutusi. Põhjus peitub arvatavasti selles, et vähe treenitud inimeste lihased pole harjunud intensiivsete treeningute koormustega, selle lihastoonuse näitajad on väiksemad, võrreldes sportlastega ning DOMS-i sümptomite vähendamine võtab palju pikemat aega, et lihas taastuks, võrreldes sportlastega. Käesolevast uuringust saadud tulemustes olid kõikide aplikatsioonide vahel väikesed protsentuaalsed vahed, mille kohaselt saab väita, et kõik aplikatsioonid olid efektiivsed säärelihaste valu vähendamisel.

Lisaks, noorkorvpallurite seas oli leitud ka positiivne korrelatsioon treeningujärgse lihasvalu tugevuse näitajate enne külmavanni ning hüppeliigese domineeriva jala

plantaarfleksiooni liikuvuse ja domineeriva jala isomeetrilise maksimaaljõu dorsaalfleksiooni näitajate vahel, mida saab põhjendada sellega, et kõik liikuvuse ja jõu näitajad mõõdeti just enne külmavanni protseduuri, mis oli esimeseks apliksatsiooniks. Mida väiksemat valu tundsid uuritavad enne külmavanni protseduuri, seda suuremaid maksimaalseid tulemusi saadi liikuvuse ja jõu näitajate mõõtmisel. Samuti lihasvalu tugevus enne külmakotti oli negatiivses seoses domineeriva jala GM omavõnkesageduse muutuste näitajatega pärast külmakotti ning domineeriva jala TA dekremendi muutuste näitajatega pärast külmakotti. Lisaks leiti ka negatiivset korrelatsiooni lihasvalu tugevuse näitajatel enne seadet ning domineeriva jala GM dekremendi muutuste näitajate vahel. Seda saab põhjendada sellega, et mida suuremat valu tundsid uuritavad enne protseduure, seda väiksemat vahet saadi enne ja pärast apliksiooni näitajate vahel.

Töö tulemustest selgus, et kolme külmaaplikatsioonide kasutamise järgselt noorkorvpallurite hüppeliigese domineeriva jala aktiivse liikuvuse näitajad nii dorsaal- kui plantaarfleksioonil olid suurenenud. Samas, korrelatiivseid seoseid liigesliikuvuse tulemuste ning lihaste mehaaniliste omaduste näitajate vahel käesolevas töös ei leitud. Tuleb ka tähele panna sellist asjaolu, et liiga suurelt suurenenud liigesliikuvus võib olla ka seotud suurema traumaohuga, eriti sellistel spordialadel, kus hüppeliiges saab palju koormust (Stanek et al., 2005). Lisaks sellele, töö tulemused näitasid, et külmaaplikatsioonide kasutamise järgselt suurenesid statistiliselt oluliselt ka domineeriva jala maksimaalse isomeetrilise jõu näitajad nii dorsaal- kui ka plantaarfleksioonil. Lisaks, oli leitud ka positiivne korrelatsioon domineeriva jala jõu näitajate muutustes plantaarfleksioonil ning vanusel, sääre pikkusel ning übermõõdul. See tähendab seda, et mida vanem on noorkorvpallur ning mida suurem on tal teatud lihase lihassmass, seda suuremat maksimaalset jõudu suudab see lihas arendada. Varasemates uuringutes leiti samuti, et tavaliselt pärast külmaaplikatsioonide rakendamist suureneb sportlaste liigesliikuvus ning lihasjõud nii traumade puhul kui ka intensiivsete treeningute järel (Brosseau et al., 2003; Metzger et al., 2000; Pournot et al., 2011). Liigesliikuvuse ning jõu näitajate mõõtmisi teostati käesolevas uuringus enne esimest külmaaplikatsiooni ning pärast viimast külmaaplikatsiooni, sest et kohe pärast apliksiooni need näitajad tavaliselt vähenevad, võrreldes tõeliselt maksimaalse tulemusega, sest lihase sees ahenevad veresooneid ning aeglane verevool peab taastuma külmaaplikatsioonide kasutamise järgselt (Mustalampi et al., 2012; Shankar & Randall, 2002).

Analüüsid antropomeetrilisi näitajaid omavahel statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud vasaku ja parema jala sääre pikkuse, übermõõdu ning lihaste nahavoltide paksuse vahel. Positiivset korrelatiivset seost leiti vanuse ning mõlema jala sääre pikkuste ning sääre

ümbermõõtude vahel, mis tähendab seda, et noorkorvpallurite kiire kasv sellises vanuses võib avaldada mõju ka teistele näitajatele. Samuti positiivne korrelatiivne seos oli leitud ka kehamassi ning säärite ümbermõõtude vahel. Mida rohkem kaalub noorkorvpallur, seda suurem on tema lihasmass ning vastavalt sellele ka suurem säärite ümbermõõt.

Uuritavate anamneesidest oli selgunud, et varasemalt neljal noorkorvpalluril on olnud tõsisemaid hüppeliigese vigastusi, kuid mõõtmiste ajal kaebusi enam ei esinenud. Tõepoolest, Pollard kaasautoritega (2002) on toonud välja enda uuringus, et korvpallis kõige sagedamini saavad vigastada just hüppeliigesed. FAOS küsimustiku põhjal on kõige väiksem punktide arv saadud just „sümptomite“ subskaalal, mis näitab seda, et hüppeliigesega seotud sümptomid avaldavad mõju noorkorvpalluritele. Samuti, hüppeliigesega seotud seisundid mõjutavad ka noorkorvpallurite elukvaliteeti. Samas, kui võrrelda Makarova magistr töö (2009) välja toodud 10-11 aastaste jalgpalliga ja jäähokiga tegelevate poiste FAOS küsimustiku „valu“ ja „sümptomite“ subskaalasid käesoleva uuringuga, selgub, et „sümptomite“ subskaala näitajad on palju kõrgemad just 10-11 laste seas, võrreldes noorkorvpalluritega, kuid „valu“ subskaala tulemused on noorkorvpalluritel mõnevõrra kõrgemad, võrreldes jalgpalluritega, kuid kõige paremaid tulemusi näitavad jäähokiga tegelevad lapsed. Põhjusteks saab välja tuua seda, et jäähoki mängijate ning jalgpalli mängijate varustuses on rohkem kasutatud kaitsvaid abivahendeid, võrreldes korvpalluritega. Lisaks, FAOS „sümptomite“ skaala oli negatiivses korrelatiivses seoses Borgi skaala andmetega enne Game Ready seadme (3 aplikatsioon) rakendamist.

Käesoleva töö tugevuseks võib pidada selle uudsust, sest varem pole Eestis uuritud külmaaplikatsioonide mõju lihaste mehaanilistele omadustele. Samuti see on informatiivne füsioterapeutide jaoks, kes aina rohkem kasutavad erinevaid külmaaplikatsioone oma töös just treeningujärgselt lihaste taastumiseks. Aegajalt mõõdetud lihastoonuse näitajad võivad aidata sportlastel ennetada ülekoormustraumasid. Lihastoonuse parameetrite jälgimine võib aidata kaasa ka optimaalse rehabilitatsiooni meetodi leidmisel traumajärgselt. Töö piiranguteks saab tuua uuritavate väikest arvu ning kontrollgruppi puudumist. Edaspidi töö autor soovib viia läbi selliseid uuringuid teiste spordialade peal ning ka noorte tüdrukute peal, kes tegelevad aktiivselt spordiga. Arvestades asjaolu, et eestikeelset materjali külma aplikatsioonide kasutamist ja nende mõjudest on üsna vähe, peab autor oluliseks ka edaspidi uurida näiteks Game Ready seadme mõjusid kompressiooniga ja ilma ning ka erinevate spordialade puhul. Samuti tuleks rohkem uurida ka teisi külmaaplikatsioone nagu näiteks ülikülmravi.

6. JÄRELDUSED

1. GM ja TA domineeriva jala skeletilihaste lihastoonuse näitajad oluliselt vähenesid pärast ühekordset külmakoti aplikatsiooni rakendamist, võrreldes näitajatega mittedomineerival jalal. Samuti vähenesid oluliselt ka domineeriva jala TA lihastoonuse näitajad pärast Game Ready seadme kasutamist. Lisaks, külmakoti ning Game Ready seadme kasutamise järgselt protsentuaalsed GM ja TA muutused enne ja pärast protseduure olid suuremad domineerival jalal, võrreldes mittedomineeriva jalaga.

GM ja TA domineeriva jala kustuvate lihasvõnkumiste logaritmilise dekremendi näitajad suurenesid (lihaselastsus vähenes) oluliselt pärast külmakoti ning Game Ready seadme kasutamist. Lisaks, külmakotti ning Game Ready seadme kasutamise järgselt antud näitaja protsentuaalsed muutused GM ja TA lihastel olid suuremad domineerival jalal, võrreldes mittedomineeriva jalaga. Samuti GM ja TA näitajate oluline suurenemine toimus Game Ready seadme kasutamise järgselt mittedomineerival jalal. GM ja TA näitajate protsentuaalsed muutused olid domineerival jalal väiksemad, võrreldes mittedomineeriva jalaga külmavanni järgselt.

GM ja TA domineeriva jala lihasjäikusel toimunud protsentuaalsed muutused olid suuremad kõikide aplikatsioonide kasutamise järgselt, võrreldes mittedomineeriva jalaga. TA näitajate lihasjäikuse muutustes enne ja pärast külmakotti ja Game Ready seadme kasutamist leiti ka statistiliselt olulist erinevust.

2. Hüppeliigese liikuvus ja isomeetriline maksimaaljõud suurenes statistiliselt oluliselt nii aktiivsel dorsaal- kui ka plantaarfleksioonil domineerivas jalas kõigi kolme külmaaplikatsiooni järgselt ning antud näitajate protsentuaalsed muutused olid suuremad, võrreldes mittedomineeriva jalaga.

3. Kolme erineva külmaaplikatsiooni võrdluses, GM lihastoonuse ning kustuvate lihasvõnkumiste logaritmilise dekremendi näitajatele avaldas suuremat mõju ühekordne külmakoti aplikatsioon, TA samade näitajate suuremad protsentuaalsed muutused toimusid Game Ready seadme ühekordse kasutamise järgselt.

GM lihasjäikuse näitajatele avaldasid sarnast mõju ühekordne külmavanni ning külmakoti aplikatsioon. TA lihasjäikuse suuremad muutused toimusid samuti külmakoti kasutamise järgselt.

KASUTATUD KIRJANDUS:

1. Aguilera Eguia RA, Ibachache Palma A. [Cold-water immersion versus passive therapy to decrease delayed onset muscular soreness: a CAT]. *Medwave* 2014; 12;14(5): e5967.
2. Bailey DM, Erith SJ, Griffin PJ, Dowson A, Brewer DS, et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences* 2007; 25(11):1163–1170. doi: 10.1080/02640410600982659.
3. Banfi G, Lombardi G, Colombini A, Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes. *Sports Medicine* 2010; 40:509–517.
4. Bleakley CM, Bieuzen F, Davison GW, Costello JT. Whole-body cryotherapy: empirical evidence and theoretical perspectives. *Open Access Journal of Sports Medicine* 2014; 5: 25-36.
5. Bleakley CM, Davison GW. Cryotherapy and inflammation: evidence beyond the cardinal signs. *Physical therapy reviews* 2010; DOI 10.1179/1743288X10Y.0000000014.
6. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Baxter GD, Hopkins JT, et al. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; 15;(2):CD008262.
7. Bodian CA, Freedman G, Hossain S, Eisenkraft JB, Beilin Y. The visual analog scale for pain: clinical significance in postoperative patients. *Anesthesiology* 2001; Vol.95 1356-1361.
8. Borg G. *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. Human Kinetics, USA 1998; ISBN: 0-88011-623-4.
9. Breslin M, Lam P, Murrell GAC. Acute effects of cold therapy on knee skin surface temperature: gel pack versus ice bag. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 2015;1:e000037. doi: 10.1136/bmjsem-2015-000037.

10. Brophy-Williams N, Landers G, Wallman K. Effect of immediate and delayed cold water immersion after a high intensity exercise session on subsequent run performance. *Journal of Sports Sciences Medicine* 2011; 665-670.
11. Brosseau L, Yonge KA, Robinson V, Marchand S, Judd M, et al. Thermotherapy for treatment of osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;DOI: 10.1002/14651858.CD004522.
12. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed-onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine* 2003; 33(2): 145–164.
13. Cleary MA, Kimura IF, Sitler MR, Kendrick ZV. Temporal pattern of the repeated bout effect of eccentric exercise on delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training* 2002; 37(1): 32-36.
14. Costello JT, Baker PR, Minett GM, Bieuzen F, Stewart IB, et al. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; DOI: 10.1002/14651858.CD010789.
15. Crystal NJ, Townson DH, Cook SB, LaRoche DP. Effect of cryotherapy on muscle recovery and inflammation following a bout of damaging exercise. *European Journal of Applied Physiology* 2013; 113(10):2577–2586. doi: 10.1007/s00421-013-2693-9.
16. Eston R, Peters D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Sciences* 1999;17(3):231–8.
17. Gapeyeva H, Vain A. Principles of applying myoton in physical medicine and rehabilitation. *Methodical Guide* 2008, Tallinn.
18. Gapeyeva H, Vain A. Assessment of tone of superficial skeletal muscles in case of spastic hemiplegia: possibilities of myometry. In: *Proceedings of the 4th Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine*; 2007, June 10-14; Seoul, Korea. Bologna: Monduzzi Editore; 2007, 37-42.

19. Gapeyeva H, Karpova J, Aidla M, Ereline J, Kums T, et al. Characteristics of muscle tone, elasticity and stiffness of lower extremities in young female ballet dancers in the context of ankle injury prevention. In: Proceedings of 3rd World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine-(ISPRM). Sao Paulo, Brazil, April 10-15, Bologna: Monduzz: Editor, 2005; 554-560.
20. Getto CN, Golden G. Comparison of active recovery in water and cold-water immersion after exhaustive exercise. *Athletic Training and Sports Health Care* 2013; 5(4):169–176.
21. Hohenauer E, Taeymans J, Baeyens JP, Clarys P, Clijsen R. The effect of post-exercise cryotherapy on recovery characteristics: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2015; 28;10(9):e0139028.
22. Jay K, Sundstrup E, Søndergaard SD, Behm D, Brandt M, et al. Specific and cross over effects of massage for muscle soreness: randomized controlled trial. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 2014; 9(1): 82-91.
23. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *International Journal of Sports Physical Therapy* 2012; 7(3): 279-287.
24. Leeder J, Gissane C, van Someren K, Gregson W, Howatson G. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 2012;46(4):233–40.
25. Lubkowska A. Cryotherapy: Physiological considerations and applications to physical therapy, physical therapy perspectives in the 21st century – challenges and possibilities, Dr. Josette Bettany-Saltikov (Ed.) 2012; ISBN: 978-953-51-0459-9, InTech, DOI: 10.5772/35055.
26. Machado AF, Ferreira PH, Micheletti JK, Castilho de Almeida A, Ribeiro Lemes I, et al. Can water temperature and immersion time influence the effect of cold water immersion on muscle soreness? A Systematic Review and Meta-Analysis 2016; 46: 503-514.

27. Makarova A. Posturaalkontroll ja hüppeliigese funktsionaalne seisund jalgpalli või jäähokiga tegelevatel 10-11 aastastel poistel. Magistritöö. Tartu Ülikool, 2009.
28. McHugh MP, Connolly DAJ, Eston RG, Gleim GW. Electromyographic analysis of exercise resulting in symptoms of muscle damage. *Journal of Sports Sciences* 2000; 18(3): 163–172.
29. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Yon-Hao P, et al. Assessment of lower limb muscle strength and power using hand-held and fixed dynamometry: A reliability and validity study. *Plos One* 2015; 10(10): e0140822.
30. Metzger D, Zwingmann C, Protz W, Jäckel WH. Whole-body cryotherapy in rehabilitation of patients with rheumatoid diseases - pilot study. *Rehabilitation (Stuttgart)* 2000; 39(2):93-100.
31. Morsi E. Continuous-flow cold therapy after total knee arthroplasty. *Journal of Arthroplasty* 2002; 17(6):718-22.
32. Murgier J, Cassard X. Cryotherapy with dynamic intermittent compression for analgesia after anterior cruciate ligament reconstruction. Preliminary study. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2014; 100(3):309-12.
33. Mustalampi S, Ylinen J, Kautiainen H, Weir A, Häkkinen A. Acute effects of cold pack on mechanical properties of the quadriceps muscle in healthy subjects. *Physical Therapy in Sport* 2012; 13(4):265-9.
34. Nosaka K, Newton M, Sacco P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2002; 12(6): 337-346.
35. Otte JW, Merrick MA, Ingersoll CD, Cordova ML. Subcutaneous adipose tissue thickness alters cooling time during cryotherapy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2001; 83:1501-5.
36. Peiffer JJ, Abbiss CR, Watson G, Nosaka K, Laursen PB. Effect of cold-water immersion duration on body temperature and muscle function. *Journal of Sports Sciences* 2009; 27(10):987-93.

37. Pollard H, Sim P, McHardy A. Lateral ankle injury. Literature review and report of two cases. *Australia's Chiropractic and Osteopathy* 2002; 10(1):21-30.
38. Point M, Guilhem G, Hug F, Nordez A, Frey A, et al. Cryotherapy induces an increase in muscle stiffness. *Scand Journal of Science and Medicine in Sports* 2017; doi: 10.1111/sms.12872.
39. Pointon M, Duffield R, Cannon J, Marino FE. Cold application for neuromuscular recovery following intense lower-body exercise. *European journal of applied physiology* 2011;111(12):2977–86. doi: 10.1007/s00421-011-1924-1 .
40. Pournot H, Bieuzen F, Louis J, Fillard JR, Barbiche E, et al. Time course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *PloS One* 2011;6:e22748.
41. Pritchard KA, Saliba SA. Should athletes return to activity after cryotherapy. *Journal of Athletic Training* 2014; 49(1):95-6.
42. Roos EM, Brandsson S, Karlsson J. Validation of the Foot and Ankle Outcome Score for Ankle Ligament Reconstruction. *Foot & Ankle Int.* 2001; 22:788-794.
43. Schulze M, Kötter I, Ernemann U, Fenchel M, Tzaribatchev N, et al. MRI Findings in inflammatory muscle disease and their noninflammatory mimics. *American Journal of Roentgenology* 2009; 192(6): 1708-1716.
44. Sellwood KL, Brukner P, Williams D, Nicol A, Hinman R. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine* 2007; 41(6): 392-7.
45. Shankar K, Randall KD. Therapeutic physical modalities. Medical Publishers, Philadelphia. Hanley & Belfus, Inc 2002; 47-53.
46. Stanek A, Sieron A, Cieslar G, Matyszkiewicz B, Rozmus-Kuczia I. The impact of whole-body cryotherapy on parameters of spinal mobility in patients with ankylosing spondylitis. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2005; 7(5):549-54.

47. Takagi R, Fujita N, Arakawa T, Kawada S, Ishii N, et al. Influence of icing on muscle regeneration after crush injury to skeletal muscles in rats. *Journal of Applied Physiology* 2011;110(2):382–8.
48. Udani KJ, Singh BB, Singh VJ, Sandoval E. BounceBack™ capsules for reduction of DOMS after eccentric exercise: a randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover pilot study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2009; 6: 14.
49. Unger JG, Amirlak B, Kenkel JM. Cryotherapy. *Medscape* 2015; 29.
50. Vahimets M, Gapeyeva H, Kaasik P, Pääsuke M, Ereline J. Kõrge kvalifikatsiooniga korvpallurite alajäsemete lihastoonuse- ja elastsuse ning jõu karakteristikud ettevalmistusperioodil. Tartu Ülikooli kehakultuuriteaduskonna teadus- ja õppemetoodiliste tööde kogumik XIII, Tartu: AS Atlex, 2005; 7-18.
51. Vahimets M. The immediate effect of trigenics myoneural medicine manipulation on lower extremity muscles tone and viscous-elastic properties in male basketball players. Master Thesis, University of Tartu, Faculty of Exercise and Sport Sciences 2009.
52. Vain A. Biomehaanika alused ja biomaterjalid. Loengumaterjalid biomeditsiinitehnika ja meditsiinifüüsika magistriõppe üliõpilastele. Tartu, TTÜ Kirjastus 2011.
53. Vanshika S. Literature review of management of delayed onset muscle soreness (DOMS). *International Journal of Biological and Medical Research* 2012; 3(1): 1469-1475.
54. White GE, Wells GD. Cold-water immersion and other forms of cryotherapy: physiological changes potentially affecting recovery from high-intensity exercise. *Extreme Physiology & Medicine* 2013; 2(1):26.

TÄNUAVALDUS

Magistritöö autor soovib tänada magistritöö juhendajaid Helena Gapeyevat ja Martin Vahimetsa nõuannete, mõistva suhtumise ning meeldiva koostöö eest.

LIHTLITSENTS

Mina, Stanislav Mutsenik (06.07.1992)

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

„Erinevate külmaaplikatsioonide mõju säärelihaste toonuse näitajatele ning funktsioonile noortel korvpalluritel“,

Mille juhendajad on Helena Gapeyeva ja Martin Vahimets

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 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, 08.05.2017