

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

**Mark Leinfeld**

**Külmavanni efektiivsus noorte sportlaste hilinenud algusega  
lihasvalulikkusele – süstemaatiline ülevaateuuring**

**Efficiency of cold water immersion on delayed onset muscle soreness in adolescent  
athletes – systematic review**

**Magistritöö**

füsioteraapia õppekava

Juhendaja:

Lektor, Doris Vahtrik

Tartu, 2025

## SISUKORD

LÜHIÜLEVAADE .....	3
ABSTRACT.....	4
1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	4
1.1 Valu ja hilinevad algusega lihasvalulikkus spordis .....	5
1.2 Hilinevad algusega lihasvalulikkuse teoreetilised alused.....	6
1.3 Külmaravi mõju hilinevad algusega lihasvalulikkusele .....	8
2 TÖÖ EESMÄRGID JA ÜLESANDED.....	10
3 METOODIKA .....	11
3.1 Artiklite sisse- ja väljaarvamise kriteeriumid .....	13
3.2 Uuringute metoodilise kvaliteedi hindamine .....	13
3.3 Artiklite tõenduspõhisuse hindamine.....	14
4 TÖÖ TULEMUSED .....	15
4.1 Artiklite ülevaade .....	15
4.2 Külma vanni efektiivsus hilinevad algusega lihasvalulikkusele.....	16
4.3 Külma vanni efektiivsus pärast ühe- ja mitmekordset kasutamist.....	18
4.4 Külma vanni optimaalne temperatuur ja ajaline kestus .....	20
5 ARUTELU .....	21
6 JÄRELDUSED .....	25
KASUTATUD KIRJANDUS .....	26
LISA 1. PRISMA-P juhend .....	31
LISA 2. PEDro hindamismeetod .....	33
LISA 3. Töösse kaasatud artiklite kokkuvõte .....	34
Lihlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	37

## LÜHIÜLEVAADE

**Eesmärk:** Käesoleva magistr töö eesmärk oli selgitada külmavanni efektiivsust noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkusele.

**Metoodika:** Teaduskirjanduse otsingul ja süstemaatilise ülevaate koostamisel tugineti PRISMA-P (ingl *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols*) juhendile. Artiklite otsimiseks kasutati järgmisi elektroonilisi andmebaase: PubMed Central, EBSCO Medline ja Web of Science. Kõikidest andmebaasidest otsiti täistekstiga ja avaliku juurdepääsuga ingliskeelseid artikleid, mis on ilmunud aastatel 2011-2024. Sobivate artiklite metoodilise kvaliteedi hindamiseks kasutati PEDro (ingl *Physiotherapy Evidence Database*) hindamismeetodit. Tõenduspõhisuse tasemete määramiseks kasutati Sackett modifitseeritud skaalat, mida kohandati lähtudes PEDro kvaliteedi hindamise skaalast.

**Tulemused:** Käesolevasse süstemaatilisse ülevaateuuringusse leiti sobivaks 10 uuringut, kus kasutati noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkuse vähendamiseks külmavanni. Artiklite analüüsi põhjal leiti vastuolulised tulemused külmavanni ja passiivse taastumise võrdluses. Noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkuse vähendamise tulemused pärast külmavanni ühekordset kasutamist kinnitavad lihasvalulikkuse märkimisväärset vähenemist, kuid mitmekordsel kasutamisel mitte. Efektiivsust kinnitanud uuringute külmavanni temperatuur oli  $10-14\pm 0.8$  kraadi ning uuritavad kasutasid külmavanni 10-12 minutit.

**Kokkuvõte:** Külmavanni kasutamine on oma kättesaadavuse ja odavuse tõttu üks populaarsemaid taastumisvahendeid. Külmavann ei ole efektiivsem noorte hilinenud algusega lihasvalulikkuse vähendamiseks võrreldes passiivse taastumisega. Külmavanni mitmekordne kasutamine ei ole efektiivne lihasvalulikkuse vähendamiseks. Külmavann on efektiivne noorte sportlaste lihasvalulikkuse vähendamiseks pärast ühekordset kasutamist temperatuuril 10-14 kraadi ja ajalise kestvusega 10-12 minutit.

**Märksõnad:** hilinenud algusega lihasvalulikkus, külmavann, sportlased, noored

## **ABSTRACT**

**Aim:** The aim of this systematic literature review was to evaluate the effectiveness of cold water immersion on delayed onset muscle soreness amongst adolescent athletes.

**Methods:** The search for scientific literature and the preparation of the systematic review were based on PRISMA-P (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols) guidelines. The following electronic databases were used to find relevant scientific literature: PubMed Central, EBSCO Medline and Web of Science. Full text articles in English published during 2011-2024 were searched in each database. The PEDro (Physiotherapy Evidence Database) evaluation method was used to assess the methodological quality of the articles. The Sackett modified scale, adapted to the PEDro quality rating scale, was used to determine the level of evidence of an article.

**Results:** This systematic literature review evaluated 10 articles that studied the effectiveness of cold water immersion on delayed onset muscle soreness amongst adolescent athletes. The analysis of the articles provided conflicting results in the comparison of cold water immersion and passive recovery for reducing delayed onset muscle soreness amongst adolescent athletes. Results after a single use of cold water immersion confirm a significant reduction of muscle soreness in adolescent athletes, but not after multiple use. Studies that demonstrated the effectiveness of cold water immersion, used bath temperatures of  $10-14\pm 0.8$  degrees and subjects used cold water immersion for 10-12 minutes.

**Conclusion:** Cold water immersion is one of the most popular recovery tools due to its availability and low cost. Cold water immersion is not more effective than passive recovery for reducing delayed onset muscle soreness amongst adolescent athletes. Repeated use of cold water immersion is not effective for reducing muscle soreness amongst adolescent athletes. Cold water immersion is effective for reducing muscle soreness amongst adolescent athletes after a single use at temperatures of 10-14 degrees and for a duration of 10-12 minutes.

**Key words:** delayed onset muscle soreness, cold water immersion, athletes, adolescent

# 1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Valu ja hilinevad algusega lihasvaluikkus spordis

Valu defineeritakse kui ebameeldivat sensoorset ja emotsionaalset kogemust, mis on seotud tegeliku või potentsiaalse koekahjustusega (Derman & Schwelldus, 2010; Lumley *et al.*, 2011). Tervishoiusüsteemis on valuga seotud kaebused esikohal ning see on peamine sümptom tervishoiu teenuse poole pöördumiseks. Valu võib häirida igapäevaelu tegevusi ning mõjutada valu taluva inimese sotsiaalset võrgustikku (Lumley *et al.*, 2011).

On fakt, et regulaarne kehaline aktiivsus vähendab läbi mitmete mehhanismide valu, kuid kehalisel aktiivsusel võib olla ka vastupidine mõju. Sõltuvalt kehalise aktiivsuse intensiivsusest, võib see põhjustada mikroskoopilisi kahjustusi lihaskoes ehk tekitada treeningust tingitud lihaskahjustust (ingl *exercise induced muscle damage*), mis omakorda võib põhjustada hilinevad algusega lihasvaluikkust (ingl *delayed onset muscle soreness*; edaspidi DOMS). DOMSi esinemine on tõenäolisem pärast harjumatu suurt ja/või intensiivset treeningkoormust ning pärast harjutusi, mis hõlmavad ekstsentrilist lihastööd (Bleakley *et al.*, 2012; Cheung *et al.*, 2003).

Sportlased tunnevad võrreldes mittesportlastega DOMSi oluliselt sagedamini. Kuna sportlaste treeningkoormused muutuvad tihti, on valu või ebamugavustundega seotud funktsioonihäire tuttav kogemus igal tasemel sportlasele. Sportlastel esineb DOMSi kõige enam hooaja alguses, kui alustatakse puhkuse ja vähendatud aktiivsuse perioodi järgselt uuesti treeningutega. Tõenäoliselt tekib sportlastel DOMS ka pärast uut, harjumatu tüüpi kehalist koormust või harjutust, seda olenemata hooaja faasist (Cheung *et al.*, 2003).

Valu piirab võimekust maksimaalselt pingutada ning mõjutab sportlase saavutusvõimet. Saavutusvõimest sõltub tulemus ning ka sportlase karjäär. Kuna sportlastele on oluline treenida ja võistelda, siis valu tingimustes tarvitatakse kergekäeliselt ja ebavajalikult palju valuvaigisteid, mille pikaajalisel manustamisel võivad tekkida kõrvalmõjud (Hainline *et al.*, 2017). Uuringud näitavad, et ligikaudu 30% tippportlastest tarvitab valu tundes valuvaigisteid. Kuna paljud valuvaigistid on saadaval käsimüügi ravimina, võivad harrastussportlased ja noored tarvitada valuvaigisteid tippportlastest veelgi enam (Derman & Schwelldus, 2010). Kui on teada, et enamike akuutsete ja krooniliste valude korral on valuvaigistitel positiivne mõju, siis DOMSi leevendamine valuvaigistitega pole teadusuuringute kohaselt positiivse efektiga (Derman & Schwelldus, 2010; Hainline *et al.*, 2017).

DOMS tekitab muutusi lihasühikute rekruteerimise järjestuses ehk lihaskontraktsioonihäireid. Lihaskontraktsioonihäired suurendavad liigessidemete ja kõõluste koormust, see omakorda

vigastuste tekkeriski. Kuna DOMSi ajal väheneb lihase maksimaalne ja plahvatuslik jõud, siis on treeningul tajutav koormus ja pingutus suurem võrreldes DOMSivaba seisundiga. Jätkates suurenenud koormusega treenimist tekib oht ületreeninguks ning ülekoormusvigastuste tekkeks (Cheung *et al.*, 2003). Et vältida valuvaigistite ülemanustamist ja sellest tulenevaid terviseriske ning võimaldada sportlastel jõuda soovitud eesmärkideni, on tervishoiutöötajatel suur roll nii valu kui DOMSi efektiivses ravis (Hainline *et al.*, 2017).

## **1.2 Hilinenud algusega lihasvalulikkuse teoreetilised alused**

DOMSi klassifitseeritakse kui 1. astme lihasrebendit ning selle sümptomid ulatuvad pehmete kudede hellusest kuni tõsiseid funktsioonihäireid tekitava valuni (Cheung *et al.*, 2003). Tüüpilise sümptomina tekib mehhaaniline hüperalgeesia, mis väljendub haaratud lihase helluses ja liigutusel tekkiva valuna. Puhkeolekus üldiselt valu pole (Mizumura & Taguchi, 2016). DOMSi kirjeldatakse seisundina, mis väljendub lihasvalulikkuse ja -jäikusena, tursena ning liigesliikuvuse ja propriotseptioonihäirena (Sonkodi *et al.*, 2020). DOMSiga võib kaasnedada lihaste lühenemine, jõuvõimete (sh plahvatuslike jõuvõimete) vähenemine ning lokaalne tundlikkuse häire (Bleakley *et al.*, 2012). Seejuures on tundlikkuse häire suurem lihase distaalses osas (Cheung *et al.*, 2003). DOMS'ga kaasnev valu tekib esmalt 8. treeningjärgsel tunnil, olles suurim 24-48 tundi pärast treeningut (Bleakley *et al.*, 2012), Wilke ja Behringeri (2021) kohaselt isegi 72 tundi pärast treeningut. Bleakley kolleegidega (2012) väidab, et DOMSiga seotud häired leevenevad ning kaovad hiljemalt 4-5. päeva jooksul, Mizumura & Taguchi (2016) kinnitusel kuni 7 päeva jooksul. Kuna sportlastel tuleb sageli võistelda, on DOMSi tekkimine ning selle mitmepäevane kestvus suur probleem.

DOMSi uurijad on olnud seisukohal, et DOMSiga kaasnev valulikkus on peamiselt seotud treeningu ajal mehhaaniliselt tekkinud struktuurse lihaskahjustusega (Sonkodi *et al.*, 2020). Ekstsentrilisel lihastööl väheneb aktiivsete mootorsete ühikute arv ning seetõttu suureneb pinge sarkomeerile, mille kontraktiilseid struktuure mikroskoopiliselt kahjustatakse (Cheung *et al.*, 2003). On tõenäoline, et tekkivad mikrokahjustused võivad stimuleerida mehhaaniliselt tundlikke III tüüpi aferentseid närvikiude ja tekitada valu. On tõestatud kreatiinikinaasi (lihassisene ensüüm) märkimisväärne tõus pärast ekstsentrilisi harjutusi (Newham *et al.*, 1983), hilisemad uuringud on leidnud kuni viiepäevase erinevuse kreatiinikinaasi kontsentratsiooni ja DOMSi haripunkti vahel (Cheung *et al.*, 2003). Ekstsentriliste harjutuste järgselt võetud biopsiad on näidanud kontraktiilsete struktuuride muutusi, kuid on leitud, et muutused viitavad ka kudede kohanemisprotsessidele, mitte ainult lihaskahjustusele (Yu *et al.*, 2004). Ka antioksidantide manustamine pole efektiivne DOMSi sümptomite vähendamiseks (Close *et al.*, 2004; De Oliveira *et al.*, 2019). Seega ei saa vabade

radikaalide kuhjumine ja sellest tingitud rakumembraani kahjustumine olla DOMSi põhjustaja ning lihaskahjustuse teooria ei ole lõpuni vettpidav.

Põletikuteooria aluseks olid leiud, et pärast ekstsentrilisi harjutusi kogunevad kahjustunud lihasesse põletikku põhjustavad rakud ning lihasesse tekib põletikule omane turse (Smith, 1991). Lihassise turse suurenedes tõuseb lihassise rõhk ning mehaaniliselt tundlikud III tüüpi aferentsed retseptorid aktiveeruvad ja tekitavad valuaistingut. Kuna korrelatsioon on leitud vaid maksimaalse turse ja maksimaalse DOMSi aistingu vahel, siis on põletikuteooria vaid osaliselt tõendatav (Cheung et al., 2003).

Armstrong (1984) kohaselt kahjustavad suured mehaanilised koormused rakumembraane, misjärel kahjustunud membraani läbilaskvus tõuseb. Läbi kahjustunud membraani liiguvad lihassisesed ensüümid rakuvahelisse ruumi ning tõmbavad keemiliste signaalide abil ligi monotsüüte, tekitades põletiku, mis stimuleerivad vabu närvilõpmeid ning produtseerivad valu. Gulick ja Kimura (1996) kinnituseel põhjustab koormusjärgne sarkolemmi kahjustus rakusise kaltsiumi juurdevoolu ja kuhjumise. Kuna kaltsium aktiveerib valke ja rasvhappeid lagundavaid ensüüme (proteasid ja fosfoliipasid), siis valkude degeneratsioon ja põletik intensiivistub. Yu kolleegidega (2002) tõdevad, et vaatamata ekstsentriliste harjutuste järgselt esinevale tugevale DOMSle, ei kinnita nende uuring sarkolemmi kahjustust ning põletiku esinemist.

Varasemate uuringute vastuolude tõttu, keskenduvad DOMSi käsitlevad värskemad uuringud lihast ümbritsevatele (Wilke & Behringer, 2021) ja innerveerivatele kudedele (Sonkodi et al., 2020; Sonkodi et al., 2021; Sonkodi et al., 2022)

Sidekoe (ingl *connective tissue*) kahjustuse teooria kohaselt, on lihast toetav sidekude skeetilihastega struktuurselt ühendatud ning see pingutub lihaskontraktsioonil. Sidekude moodustab omavahel seotud lihasülese võrgustiku, mis absorbeerib ekstsentrilisel tööl lihaskoele mõjuvaid koormusi. Lihasülese võrgustik võib liigse koormuse all kahjustuda ning stimuleerida vabu närvilõpmeid, tekitades valu (Wilke & Behringer, 2021). Mavropalias kolleegidega (2021) leidis, et 24-72 tundi pärast DOMSi tekkimist tõuseb märgatavalt hüdroksüproliini (kollageeni koostises olev aminohape) kontsentratsioon uriinis, mis viitab sidekoe lagunemisele. Samas ei korreleerunud hüdroksüproliini kontsentratsioon tajutava DOMSi tasemega. Tõestamaks, et lihasega seotud sidekoe kahjustus põhjustab DOMSi, on vaja täiendavaid uuringuid.

Lisaks eelkirjeldatule, on pakutud üheks DOMSi põhjuseks ka närvikoe kahjustust. Korduvatel ekstsentrilistel kontraktsioonidel toimub lihases ja seda ümbritsevates struktuurides tugev venitus. Väljavenitatud asendis pingutuvad lihast ümbritsevad struktuurid, tekitades lihase ümber jääga kapsli. Ka sümpaatilise närvisüsteemi (edaspidi SNS) aktivatsioon suurendab vere juurdevoolu

lihasesse ning lihasesisest survet. Kirjeldatud protsesside tulemusel surutakse lihaskäavid kokku ning neis tekib ülevenitus (ing *excessively stretched*) seisund. Ülevenitus seisundis surutakse lihaskäavis kokku lihaskiudude vahelises õõnsuses (ingl *fluid cavity*) olev vedelik ning tekib liigne kompressioon vabadele närvilõpmetele, mis võivad kahjustuda. Liigse kompressiooni mõjul võivad kahjustuda ümbritsevad koed (k.a. sidekude), tekkida võib põletik ning võimenduda DOMSi sümptomid. Kirjeldatud protsess pole DOMSi esilekutsumiseks aga määrava tähtsusega. Kuna närvikahjustuse aistingut pole aktiveerunud sümpaatilise närvisüsteemi inhibeeriva mõju tõttu koheselt tunda, siis võib DOMS tekkida alles 24-48 tundi pärast treeningut (Sonkodi et al., 2020). Torres kolleegidega (2010) tõestasid, et DOMS reie nelipealihases mõjutab põlveliigest ümbritsevate kudede proprioretseptiivseid omadusi. Sonkodi ja kolleegide (2021) kohaselt tekib DOMSi korral primaarne kahjustus lihaskäavis asuvates proprioretseptiivsetes närvikiududes, mis on aluseks pehmete kudede sekundaarsete kahjustuste tekkeks. Uuringuid jätkates leidsid Sonkodi kolleegidega (2022), et venitusrefleksi vastuse aeg pikeneb pärast DOMSi esilekutsumist ning tõlgendasid seda kui proprioretseptiivsete (tüüp Ia) närvikiudude mikrokahjustust lihaskäavis.

Vaatamata analüüsitud teaduskirjandusele, puudub selge teadmine DOMSi tekkepõhjuste kohta, kuid arvatakse, et lihast ümbritsevatel ja innerveerivatel kudedel on selles oma roll.

### **1.3 Külmaravi mõju hilinevad algusega lihasvalulikkusele**

Külmaravi füsioloogiliste toimetehhanismide all teatakse vasokonstriksiooni, mille abil väheneb vigastuspiirkonnas põletik, turse, valu ja lihastoonus. Vasokonstriksiooni kaudu väheneb veresoonte membraanide läbilaskvus ning vedelike liikumine rakuvahelisse ruumi, samas suureneb ka vere viskoossus ning väheneb verevool kahjustunud piirkonnas. Külmaravi valuvaigistav ja lihastoonust alandav efekt toimib läbi närvisüsteemi. Cioleki (1985) kohaselt edastavad külmad lihased lihaskäavide kaudu närviimpulsse aeglasemalt kui soojad. Kuna üheks DOMSi tekkepõhjuseks on närvikoe kahjustus lihaskäavis, millega kaasneb suurenenud verevool, mis intensiivistab ümbritsevate kudede kahjustust ja põletikku, siis on külmaravil otsene toime nimetatud patoloogiliste protsesside vähendamiseks (Bleakley *et al.*, 2012).

Külma vette kastmine (ingl *cold-water immersion*) on oma kättesaadavuse ja odavuse tõttu tänapäeval üks populaarsemaid vahendeid taastumise kiirendamiseks igal tasemel sportlaste jaoks. Protseduur näeb ette enese kastmist külma vette pärast treeningut ning seda tehakse teatud protokollil alusel. Tavaliselt kasutatakse selleks külmaseadmega varustatud spetsiaalseid külmavanne (ingl *ice bath*), kuhu lisatakse vett ja vajadusel jääd (Bleakley *et al.*, 2012).

Bleakley ja kolleegide (2012) süstemaatilise ülevaateuuringu alusel võib väita, et külma vette kastmine on efektiivne meetod DOMSi vähendamiseks 24-96 tunni jooksul pärast treeningut võrreldes passiivse taastumisega (puhkus või mitte sekkumine). Samas võrreldes teiste taastumisvahenditega (soojavann, kontrastvann, aktiivne taastumine, kompressioonikad) pole leitud, et külmaravi on oluliselt efektiivsem DOMSi vähendamisel.

Kõik uuringud ei kinnita, et külma vette kastmine oleks parima efektiga DOMSi leevendamiseks vahetult pärast treeningut. Sellwood ja kolleegide (2007) randomiseeritud kontrolluuring treenimata inimestel näitab, et 24 tunni möödudes, tundsid pärast trenni külmas vees viibinud isikud istest püstitõusu testil (ingl *sit-to-stand test*) suuremat lihasvalulikkust kui uuritavad, kelle taastumiseks kasutati pärast treeningut leiges vees viibimist (24°C). Wang kaaskolleegidega (2022) tõestas metaanalüüsis, et pärast treeningut - 48 tunni jooksul, on efektiivsem leevendada DOMSi kuumapakkidega, enam kui 48 tundi pärast treeningut külmakambri teraapiaga. Moore kolleegidega (2022) tõestas süstemaatilises ülevaateuuringus külmavanni efektiivsust DOMSi leevendamisel ja tunnetatava taastumise paranemisel 48 tunni jooksul pärast kõrge intensiivsusega treeningut, kuid mitte pärast ekstsentrilisi harjutusi. Samas, 48 tundi pärast ekstsentrilisi harjutusi on külmavann efektiivne DOMSi leevendamiseks. Murray & Cardinale (2015) süstemaatiline ülevaateuuring tõestab, et külmavanni rakendamine DOMSi leevendamiseks alla 20 aastaste noorsportlaste seas, omab minimaalset efekti. Kuna teistele parameetritele (füsioloogilised näitajad, vastupidavus, plahvatuslik jõuvõimekus) näitab külmavanni kasutamine ebaolulist või negatiivset efekti ning külmaaplikatsioonidel on potentsiaalne oht vähendada lihasmassi kasvu, ei soovita autorid külma vette kastmist noortel sportlastel kasutada.

Käesoleva magistr töö teema valik lähtub magistr töö autori erialasest tööst. Töö autoril on võimalus suunata sportlasi taastumise eesmärgil külmavanni ning autor töötab füsioterapeudina noorvõrkpalluritega, kelle treeningplaani kuuluvad nii kõrge intensiivsusega treeningud (pallitrennid) kui ka ekstsentrilise iseloomuga harjutused (jõuharjutused). Kuna külmavanni kasutamine on noorte sportlaste DOMSi vähendamiseks vähe efektiivne ning võib takistada noorte füüsilist arengut (läbi lihashüpertroofia vähendamise), soovib magistr töö autor välja selgitada, millal, kas ja kuidas on mõistlik noorsportlastel külmavanni kasutada.

## 2 TÖÖ EESMÄRGID JA ÜLESANDED

Käesoleva süstemaatilise ülevaateuuringu eesmärk on selgitada külmavanni efektiivsus noorte sportlaste hilinevad algusega lihasvalulikkusele.

Lähtuvalt eesmärgist püstitati järgmised uurimisülesanded:

1. Võrrelda külmavanni ning passiivse taastumise efektiivsust noorte sportlaste hilinevad algusega lihasvalulikkusele.
2. Selgitada välja külmavanni efektiivsus noorte sportlaste hilinevad algusega lihasvalulikkusele pärast ühe- ja mitmekordset kasutamist.
3. Selgitada välja optimaalne temperatuur ja ajaline kestus külmavanni efektiivseks kasutamiseks noorte sportlaste hilinevad algusega lihasvalulikkuse vähendamiseks.

### 3 METOODIKA

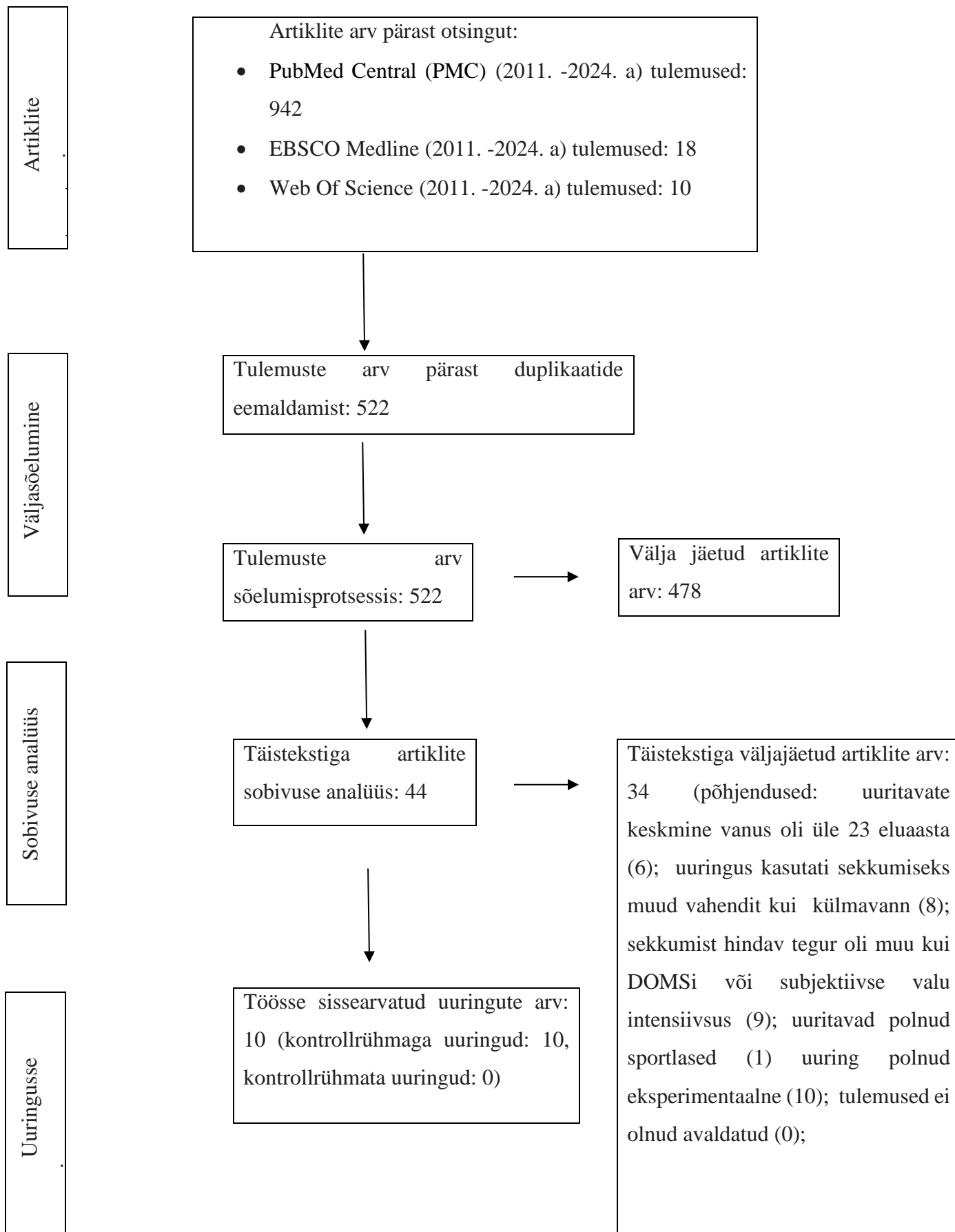
Käesolevas süstemaatilises ülevaateuuringus kasutati artiklite otsimiseks järgmisi elektroonilisi andmebaase:

- PubMed Central (PMC) (2011.–2024.a)
- Web of Science (2011.–2024.a)
- EBSCO Medline (2011.–2024.a)

Artiklite otsinguga alustati 17. aprillil 2024 ning otsing lõpetati 15.01.2025. Otsinguprotsessi on kirjeldatud ning esitatud joonisel 1. Antud süstemaatilise ülevaateuuringu koostamisel tugineti Moheri ja tema kolleegide (2015) poolt välja töötatud PRISMA-P juhendile (Lisa 1) (ingl. *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols*). PRISMA-P juhendi eesmärk on süstematiseeritult hinnata ülevaateartiklite usaldusväärsust ja uuringukriteeriumeid (Moher *et al.*, 2015).

Sobivate teadusartiklite otsimiseks kasutati järgmisi märksõnu: ("cold water immersion" OR "CWI" OR "cold water immersion therapy" OR "CWIT" OR "ice water immersion" OR "cold water therapy" OR "ice water therapy" OR "cryotherapy" OR "hydrotherapy") AND ("muscle pain" OR "soreness" OR "muscle soreness" OR "delayed onset muscle soreness" OR "DOMS") AND ("sport\*" OR "athlet\*") AND ("child\*" OR "youth\*" OR "adolescent"). Eelpool mainitud andmebaasidest otsiti täistekstiga ja avaliku juurdepääsuga ingliskeelseid artikleid.

Andmebaasidest leiti kokku 970 märksõnadele vastavat teadusartiklit. PubMed Central andmebaas andis 932 otsingutulemust, millest hinnati esimese 500 artikli sobivust käesolevasse magistritöösse. Andmebaas EBSCO Medline andis 18 ja Web Of Science 10 otsingutulemust. Duplikaatide eemaldamiseks kasutati Zotero viitehaldustarkvara, kus järjestati artiklid ilmumisaasta ja autorite initsiaalide järgi. Duplikaatide elimineerimise ja väljasõelumise protsessi järgselt hinnati sobivaks 522 artiklit, millest pealkirja ja lühiülevaate alusel elimineeriti 478 käesolevasse magistritöösse mittesobivat artiklit. Täistekstiga kättesaadavaid artikleid jäi alles 44. Vastavalt artiklite sisse- ja väljaarvamise kriteeriumitele elimineeriti veel 34 artiklit. Käesolevasse magistritöösse kaasati 10 artiklit (kõik 10 artiklit kontrollrühma või sekkumisrühmadega).



**Joonis 1.** Artiklite otsimis- ning selekteerimisprotsess

### **3.1 Artiklite sisse- ja väljaarvamise kriteeriumid**

Artiklite sissearvamise kriteeriumid:

1. Uuritavate keskmine vanus oli alla 23 eluaasta.
2. Uuringus kasutati sekkumiseks külmavanni.
3. Üks sekkumist hindav tegur oli DOMSi või subjektiivse valu intensiivsus.
4. Artikkel oli täistekstiga kättesaadav.
5. Artikkel oli avaldatud inglise keeles.

Artiklite väljaarvamise kriteeriumid:

1. Uuritavate keskmine vanus oli üle 23 eluaasta.
2. Uuringus kasutati sekkumiseks muud vahendit kui külmavann.
3. Sekkumist hindav tegur oli muu kui DOMSi või subjektiivse valu intensiivsus.
4. Uuritavad polnud sportlased.
5. Uuring polnud eksperimentaalne.
6. Tulemusi ei olnud avaldatud.

### **3.2 Uuringute metoodilise kvaliteedi hindamine**

Käesolevas magistritöös kasutati uuringute metoodilise kvaliteedi hindamiseks PEDro (ingl *Physiotherapy Evidence Database*) hindamismeetodit (Lisa 2) (Pedro, 2022).

PEDro skaala koosneb 11 kriteeriumist, millest lähtuvalt hinnati teadusartiklis kajastatud meetodika kvaliteeti:

1. Uuringus kirjeldati uuritavate sisse arvamise kriteeriumeid.
2. Uuritavad määrati rühmadesse juhuslikult.
3. Uuritavad määrati rühmadesse pimemeetodi alusel.
4. Uuringurühmad olid enne sekkumist peamiste prognostiliste näitajate osas sarnased.
5. Uuritavad ei olnud teadlikud, millisesse uuringurühma nad määrati.
6. Sekkumise läbiviijad ei olnud teadlikud, millisesse uuringurühma konkreetne uuritav kuulus.
7. Hindamise läbiviijad ei olnud teadlikud, millisesse uuringurühma konkreetne uuritav kuulus.
8. Enam kui 85%-il uuritavatest oli mõõdetud vähemalt üks uuringutulemus.
9. Kõikidele uuritavatele, kelle kohta olid uuringutulemused kättesaadavad, rakendati määratud sekkumismeetodit.
10. Rühmade vaheliste tulemuste võrdlus oli esitatud vähemalt ühe mõõdetud näitajaga.

11. Vähemalt ühe uuringutulemuse põhjal oli välja toodud mõõtmistulemused, standardhälve, standardviga, usalduspiir, kvartiilide vahe.

PEDro skaalal hinnatakse uuringute metoodilist kvaliteeti kuni 10 punktiga, kuna esimest kriteeriumit uuringu metoodilise kvaliteedi hindamisel punktisüsteemi ei arvestata. Kriteeriumid 4 ja 7-11 on uuringute metoodilise kvaliteedi hindamisel kõige olulisemad

### 3.3 Artiklite tõenduspõhisuse hindamine

Kuna käesoleva magistr töö eesmärgiks oli selgitada külmavanni efektiivsus noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkusele, siis võeti sekkumismeetodite hindamiseks arvesse DOMSi ja subjektiivse valu intensiivsus. Sekkumismeetodid loeti efektiivseks, kui töösse kaasatud uuringutes olid DOMSI ja subjektiivse valu tulemused positiivsed.

Uuringute tõenduspõhisuse taseme määramisel kasutati Sackett (2000) skaalat (Tabel 1), mis on modifitseeritud Pedro metoodilise kvaliteedi hindamise skaalast (Silverman *et al.*, 2012).

**Tabel 1.** Modifitseeritud Sacketti tõenduspõhisuse tasemed (Silverman *et al.*, 2012)

TASE	IGALE TASEMELE VASTAV UURINGU DISAIN JA SKOOR
1	Randomiseeritud kontrolluuringud (PEDro $\geq$ 6)
2	Randomiseeritud kontrolluuringud (PEDro $<$ 6), prospektiivsed kontrolluuringud, prospektiivsed kohortuuringud
3	Juhtkontrolluuringud
4	<i>Pre-post</i> disainiga uuringud, juhtuuringud
5	Juhtumianalüüsid

Antud tabeli puhul on kõrgeim tõenduspõhisuse tase 1, mis antakse randomiseeritud kontrolluuringutele PEDro skaalaga $\geq$ 6. Tase 2 antakse madalama metoodilise kvaliteediga (PEDro $<$ 6) randomiseeritud kontrolluuringutele, prospektiivsetele kontrolluuringutele ja prospektiivsetele kohortuuringutele. Tase 3 antakse juhtkontrolluuringutes saadud tulemustele. Tase 4 antakse *Pre-post* disainiga uuringutele või juhtuuringutele. Kõige madalam tase 5 antakse juhtumianalüüsi korral.

## 4 TÖÖ TULEMUSED

### 4.1 Artiklite ülevaade

Käesoleva süstemaatilise ülevaateuringu sissearvamise kriteeriumitele vastas 10 uuringut, kõikides uuringutes oli kontrollrühm või sekkumisrühmad. 8 uuringut olid kontrollrühmaga, 1 uuring kahe- ning 1 uuring kolme sekkumisrühmaga. Uuritavate arv kõikides artiklites kokku oli kokku 256, väikseim uuritavate arv oli 10 ning suurim 64, enamik uuritavatest olid mehed (92%). Kõik teadusartiklid olid avaldatud aastatel 2011-2024. Käesolevas magistritöös analüüsitud artiklite uuringud olid teostatud Kreekas (n=1), Portugalis (n=1), Brasiilias (n=2), Itaalias (n=1), Saksamaal (n=1), Suurbritannias (n=2) ja Costa Ricas (n=2).

DOMSi hinnati jalgpalluritel (6 uuringut), võrkpalluritel (1 uuring), korvpalluritel (1 uuring), käsipalluritel (2 uuringut), hoki- (1 uuring), maahoki- (1 uuring) ja ragbimängijatel (1 uuring) ning ujujatel (1 uuring).

Kaasatud artiklites oli noorim uuritavate grupp vanuses 13-17 (Micheletti et al., 2019) ja vanim keskmise vanusega 22 (Buoite Stella et al., 2024). Kaasatud artiklitest seitsmes kasutati DOMSi hindamiseks VAS skaalat (Angelopoulos et al., 2022; Krueger et al., 2020; Leeder et al., 2019; Micheletti et al., 2019; Pooley et al., 2020; Sánchez-Ureña et al., 2017; Sánchez-Ureña et al., 2018), kahes 10-punkti skaalat (0p-valulikkus puudub, 10p- maksimaalne valulikkus) (Ascensão et al., 2011; Buoite Stella et al., 2024) ning ühes Likert skaalat (Batista et al., 2024).

Kõik käesolevasse magistritöösse sissearvatud 10 artiklit kasutasid DOMSi hindamiseks külmavanni. Kaheksa uuringut võrdles külmavanni (või muud taastumisvahendi) efektiivsust passiivse taastumisega, üks uuring 35-kraadise vanniga (Ascensão et al., 2011) ning üks uuring aktiivse taastumise ja lihaste staatilise venitamisega (Pooley et al., 2020). Kaasatud artiklites oli nii ühe- kui mitmekordse sekkumisega uuringuid. Ühekordse sekkumisega oli 7 artiklit (Angelopoulos et al., 2022; Ascensão et al., 2011; Ascensão et al., 2011; Micheletti et al., 2019; Pooley et al., 2020; Sánchez-Ureña et al., 2017; Sánchez-Ureña et al., 2018) ning mitmekordse sekkumisega 3 (Batista et al., 2024; Krueger et al., 2020; Leeder et al., 2019). Minimaalne sekkumine oli ühekordne, maksimaalne sekkumisaeg oli 4 päeva (Krueger et al., 2020). Kõikides kaasatud artiklites oli välja toodud külmavanni temperatuur ja ajaline kestus.

Kõige madalama PEDro skoori 6/10 said Angelopoulos et al., 2022; Ascensão et al., 2011; Krueger et al., 2020; Leeder et al., 2019; Micheletti et al., 2019; Pooley et al., 2020; Sánchez-Ureña et al., 2017; Sánchez-Ureña et al., 2018 uuringud, PEDro skoori 7/10 sai Buoite Stella ja kolleegide (2024) uuring ja kõige kõrgema skoori 9/10 Batista ja kolleegide (2024) uuring. Kõikide artiklite

tõenduspõhisuse tase oli kõrge, tase „1“. Sissearvatud uuringute ülevaade koos tulemuste, PEDro skooride ja tõenduspõhisuse tasemetega on esitatud lisas 3.

## 4.2 Külmavanni efektiivsus hilinevad algusega lihasvalulikkusele

Antud alapeatükis otsitakse vastust uurimisülesandele üks, milleks oli võrrelda külmavanni ning passiivse taastumise efektiivsust noorte sportlaste hilinevad algusega lihasvalulikkusele.

Magistritöösse kaasatud 10-st artiklist kaheksas võrreldi külmavanni efektiivsust passiivse taastumisega (Angelopoulos *et al.*, 2022; Batista *et al.*, 2024; Buoite Stella *et al.*, 2024; Krueger *et al.*, 2020; Leeder *et al.*, 2019; Micheletti *et al.*, 2019; Sánchez-Ureña *et al.*, 2017; Sánchez-Ureña *et al.*, 2018).

Sánchez-Ureña kolleegidega (2017) uuris 14±0,4 aastaste meeskorpallurite DOMSi pärast kahte erinevat, kuid ühekordset külmavanni kasutamist. Pärast 90-minutilist korvpallitreeningut hinnati kümne uuritava DOMSi (10-punkti VAS skaala) nii pideva (12±0,4°C; 12 min) kui vahelduva külmavanni sekkumise (12±0,4°C; 4x2 min +1 min veest väljas) ning passiivse taastumisega. Nimetatud sekkumiste vahel oli üks nädal. Sekkumise järgselt vähenes DOMS võrreldes passiivse taastumisega märkimisväärselt koheselt (0h) (pidev vs passiivne- p<0,001; vahelduv vs passiivne- p<0,01), 24 tundi (pidev vs passiivne- p<0,05; vahelduv vs passiivne- p<0,05) ja 48 tundi pärast vanni (pidev vs passiivne- p<0,05; vahelduv vs passiivne- p<0,05). Külmavanni protokollide võrdluses puudus statistiline erinevus (p>0,05). Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõenduspõhisuse tase 1.

2018 aastal avaldas Sánchez-Ureña kolleegidega artikli, kus hindas kaheteistkümne naiskäsipalluri DOMSi (10-punkti VAS skaala) pärast 60. minutilist treeningmängu kahe külmavanni sekkumise (pidev- 14±0,5°C ja 12 min; vahelduv- 14±0,5°C ja 4x2 min +1 min veest väljas) ja passiivse taastumisega. Nimetatud sekkumiste vahel oli üks nädal. Sarnaselt ülalmainitud korvpallurite uuringule, tuvastas ka käsipallureid hindav uuring statistiliselt olulise (p<0,001) DOMSi vähenemise 48. tunni jooksul pärast külmavanni võrreldes passiivse taastumisega. Protokollide võrdluses puudus statistiline erinevus (p>0,05). Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõenduspõhisuse tase 1.

Buoite Stella ja kolleegide (2024) uuring hindas kuueteistkümne meesjalgpalluri (keskmine vanus 22) DOMSi (10-punkti skaala; 0p-valulikkus puudub, 10p- maksimaalne valulikkus) pärast kolme sekkumist: külmavann (10±0,5°C; 12 min), löökmassaažiteraapia (massaažipüstol) ja passiivne taastumine. Nimetatud sekkumiste vahel oli üks nädal. Kuna magistritöö üks ülesanne oli võrrelda külmavanni ja passiivse taastumise efektiivsust DOMSile, siis tuuakse siin analüüsitakse vaid

külmavanni sekkumisega saadud tulemused. Uuringu autorid leidsid, et 24 tundi pärast külmavanni oli DOMS märkimisväärselt ( $p < 0,05$ ) vähenenud võrreldes passiivse taastumisega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 7/10 ning tõendus põhise tase 1.

2022 aastal avaldas Angelopoulos kolleegidega artikli, kus jaotas 60 meessoost (keskmine vanus 21,1) võistkonnaalade sportlast (jalg-, käsi- ja võrkpall) pärast plüomeetrilist treeningut (sügavushüpped) külmavanni ( $10^{\circ}\text{C}$ ; 10 min), spordimassaaži, külmavanni ja spordimassaaži kombinatsiooni või passiivse taastumise rühma ning hindas nende DOMSi 10-punkti VAS skaalal 72. tunni jooksul. Siin tuuakse välja vaid külmavanni sekkumise tulemused. Uuringu autorid leidsid, et 24 ja 48 tundi pärast külmavanni vähenes DOMS statistiliselt olulisel määral võrreldes passiivse taastumisega ( $p < 0,05$ ). Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Batista ja kolleegide (2024) uuringus hinnati keskmiselt 14-aastaste ujujate (12M, 8N) DOMSi külmavanni ( $14 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; 12 min), neutraalse/leige vanni ( $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; 12 min) ning passiivse taastumise järgselt. Nimetatud sekkumisi rakendati 3 korda nädalas (kuuenädalane uuring; sekkumisenädal + vahenädal) uuritavate jõutreeningute järgselt, kuid enne ujumistrenne. Tunnetuslike parameetreid (heaolu, raskustunne, väsimus, ebamugavus, valu) hinnati Likerti skaalal iga sekkumisenädala lõpus. Hinnang anti 100 meetri ujumise järgselt järgnevas ujumise faasides: algus, keskosa, lõpposa ja pärast ujumist. Käesoleva magistr töö autor toob antud uuringu põhjal välja tulemused, kus kasutati külmavanni sekkumist. Uuringutulemused kinnitasid, et sekkumisgruppide võrdluses puudus tunnetuslike parameetrite osas erinevus ( $p > 0,05$ ), kuid külmavanni grupi tulemustes oli tendents valu vähenemisele ujumise lõpposas ( $p < 0,05$ ) võrreldes passiivse sekkumisgrupi näitajatega. Uuringu järelduse kohaselt ei ole külmavann efektiivne noorte ujujate tunnetuslike parameetrite parandamiseks rutiinse treeningtsükli sees võrreldes passiivse taastumisega. Uuringujärgse küsitluse kohaselt eelistas külmavanni taastumisvahendina 65% vastanutest. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 9/10 ning tõendus põhise tase 1.

Saksamaa maahoki noortekoondise mängijaid (keskmine vanus 16 aastat) uurinud Krueger kolleegidega (2020) hindas sportlaste DOMSi (100mm VAS skaala) viiepäevase turniiri ajal. Külmavanni ( $6,4 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ ; 5 min) grupi ning passiivse taastumise grupi sportlaste DOMS suurenes turniiri jooksul märkimisväärselt, kuid pärast nelja külmavanni protseduuri ei erinenud VAS näitajad passiivse grupi samast näitajast märkimisväärselt ( $p > 0,05$ ). Uuringu autorid järeldasid, et treeningjärgne külmavanni kasutamine turniiri ajal ei ole efektiivsem meetod DOMSi vähendamiseks võrreldes passiivse taastumisega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Leeder ja kolleegid (2019) võrdlesid DOMSi hindamiseks (200mm VAS skaala) 3-päevase simuleeritud turniiri ajal noorte jalgpalli-, ragbi- ja hokimängijate (keskmine vanus 19 aastat) igapäevast külmavanni (14°C; 14 min) kasutamist passiivse taastumisega. Vaatamata asjaolule, et enne kolmandat treeningut polnud külmavannigrupi uuritavatel DOMSi näitajad võrreldes algtasemega märkimisväärselt tõusnud ( $p>0,05$ ) (passiivse taastumise grupil  $p<0,01$ ), puudus kahe uuringugrupi võrdluses külmavannil efekt lihasvalikkuse leevenemisele ( $p>0,05$ ) Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõenduspõhisuse tase 1.

Micheletti kolleegidega (2019) tegi järelduse, et noorte meesjalgpallurite (vanus 13-17) DOMSi tulemus (10-punkti VAS skaala) ei erine statistiliselt oluliselt ( $p>0,05$ ) kuni 2 tundi pärast ühekordset, 50-minutilist treeningut, külmavanni ( $13\pm 1^\circ\text{C}$ ; 15 min) ja passiivse taastumise võrdluses. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõenduspõhisuse tase 1.

### **4.3 Külmavanni efektiivsus pärast ühe- ja mitmekordset kasutamist**

Alapeatükis analüüsitakse artikleid, mis võimaldavad selgitada külmavanni efektiivsust noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkusele pärast külmavanni ühe- ja mitmekordset kasutamist.

Antud magistritöösse kaasatud 10-st artiklist seitsmes hinnati külmavanni efektiivsust pärast ühekordset kasutamist (Angelopoulos *et al.*, 2022; Ascensão *et al.*, 2011; Buoite Stella *et al.*, 2024; Micheletti *et al.*, 2019; Pooley *et al.*, 2020; Sánchez-Ureña *et al.*, 2017; Sánchez-Ureña *et al.*, 2018) ja kolmes pärast mitmekordset kasutamist (Batista *et al.*, 2024; Krueger *et al.*, 2020; Leeder *et al.*, 2019).

Angelopoulos kolleegidega (2022) leidis, et 24 ja 48 tundi pärast külmavanni ühekordset kasutamist vähenes meeskonnaalade sportlaste DOMS võrreldes passiivse taastumisega statistiliselt oluliselt ( $p<0,05$ ). Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõenduspõhisuse tase 1.

Ascensão kolleegidega (2011) võrdles ühekordse külmavanni (10°C; 10 min) ja leige/neutralise vanni (35°C; 10 min) efektiivsust meesjalgpallurite (keskmine vanus 18 aastat) DOMSle (0-10p skaala) pärast jalgpallimängu. 30 minutit pärast mängu leiti statistiliselt oluline ( $p<0,05$ ) DOMSi vähenemine külmavanni grupi sportlaste reie lähendajalihastes ning 24 tundi pärast mängu reie nelipealihases ja sääre kolmpealihases võrreldes leige/neutralise vanni grupi sportlastega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõenduspõhisuse tase 1.

Ka Buoite Stella ja kolleegide uuring (2024) leidis 24 tundi pärast külmavanni ühekordset kasutamist meesjalgpallurite DOMSi märkimisväärse ( $p<0,05$ ) vähenemise võrreldes passiivse taastumisega. Teadusartikli PEDro skoor on 7/10 ning tõenduspõhisuse tase 1.

Pooley kolleegidega (2020) võrdlesid DOMSi hindamiseks (10-punkti VAS skaala) meesjalgpalluritel (keskmine vanus 16) külmavanni ( $14\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ ; 10 min), aktiivset taastumist ja staatilist venitamist pärast jalgpallimängu. Käesoleva magistr töö autor toob antud uuringu põhjal välja tulemused, kus kasutati külmavanniga sekkumist. Uuringutulemused kinnitasid DOMSi märkimisväärse vähenemise külmavanni rühmas võrreldes staatilise venitamise rühmaga ( $p<0,001$ ) kuni 48 tundi pärast jalgpallimängu. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Sánchez-Ureña ja kolleegide (2017) uuring tuvastas kuni 48 tundi pärast pidevat- või vahelduvat ühekordset külmavanni kasutamist noorte meeskorvpallurite DOMSi vähenemise võrreldes passiivse taastumisega ( $p<0,05$ ). Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Sánchez-Ureña ja kolleegide (2018) käsipallureid hindav uuring tuvastas samuti statistiliselt olulise ( $p<0,001$ ) DOMSi vähenemise kuni 48 tundi pärast pidevat- või vahelduvat ühekordset külmavanni võrreldes passiivse taastumisega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Ülaltoodud artiklitega on vastuolus Micheletti ja kolleegide (2019) uuring, mis ei leidnud statistiliselt olulist erinevust ( $p>0,05$ ) külmavanni ja passiivse taastumise gruppide vahel noortel jalgpalluritel pärast ühekordset kasutamist. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Batista ja kolleegid (2024) leidsid, et mitmekordne, 3x nädalas noorte ujujate treeningrutiini lisatud külmavann ei mõjutanud ( $p>0,05$ ) ujujate lihasvalulikkusega seotud tunnetuslikke näitajaid võrreldes leige/neutraalse vanni ja passiivse taastumisega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 9/10 ning tõendus põhise tase 1.

Ka Leeder ja kolleegid (2019) ei tuvastanud noorte jalgpalli-, ragbi- ja hokimängijate igapäevasel külmavanni kasutamisel, 3-päevase turniiri jooksul märkimisväärset ( $p>0,05$ ) DOMSi vähenemist võrreldes passiivse taastumisega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Krueger kolleegidega (2020) leidsid, et noorte maahokimängijate neljakordne külmavanni kasutamine viiepäevase turniiri ajal ei ole efektiivsem meetod DOMSi vähendamiseks võrreldes passiivse taastumisega ( $p>0,05$ ). Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

#### 4.4 Külmavanni optimaalne temperatuur ja ajaline kestus

Käesolevas alapeatükis analüüsitakse artikleid, mis võimaldavad selgitada optimaalset temperatuuri ja ajalist kestvust külmavanni efektiivseks kasutamiseks noorte sportlaste hilinenud algusega DOMSi vähendamiseks.

Antud magistritöösse kaasatud 10-st artiklist kuues oli külmavann efektiivne noorte sportlaste hilinenud algusega DOMSi vähendamiseks (Angelopoulos *et al.*, 2022; Ascensão *et al.*, 2011; Buoite Stella *et al.*, 2024; Pooley *et al.*, 2020; Sánchez-Ureña *et al.*, 2017; Sánchez-Ureña *et al.*, 2018).

Angelopoulos kolleegidega (2022) leidsid pärast ühekordset külmavanni, mille temperatuur oli 10°C ja kestvus 10 minutit lihasvalulikkuse märkimisväärse ( $p < 0,05$ ) vähenemise võrreldes passiivse taastumisega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Ascensão kolleegidega (2011) tuvastasid samuti pärast ühekordset 10°C ja 10 minutilist külmavanni kasutamist DOMSi märkimisväärse vähenemise ( $p < 0,05$ ) teatud alajäsemete lihasrühmades võrreldes leige vanniga. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Buoite Stella ja kolleegid (2024) leidsid pärast ühekordset külmavanni kasutamist, mille temperatuur oli  $10 \pm 0,5^\circ\text{C}$  ja milles viibiti 12 minutit DOMSi märkimisväärse ( $p < 0,05$ ) vähenemise võrreldes passiivse taastumisega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 7/10 ning tõendus põhise tase 1.

Pooley kolleegidega (2020) leidsid pärast ühekordset 10-minutilist,  $14 \pm 0,8$  kraadise külmavanni kasutamist statistiliselt olulise ( $p < 0,001$ ) DOMSi vähenemise võrreldes staatilise venitamisega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Sánchez-Ureña kolleegidega (2017) tuvastasid kahte erinevat külmavanni (temperatuuriga  $12 \pm 0,4^\circ\text{C}$ ) sekkumist uurides, et nii pidev (12 minutit järjest) kui vahelduv (4x2 min vees + 1 min veest väljas) ühekordne külmavann on noorte meeskorpallurite DOMSi vähendamiseks efektiivne ( $p < 0,05$ ) võrreldes passiivse taastumisega. Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

Ka naiskäsipallureid hinnates tuvastasid Sánchez-Ureña ja kolleegid (2018), et sama ajalise pikkusega (12 minutit järjest; 4x2 min vees + 1 min veest väljas), kuid soojema temperatuuriga ( $14 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ) külmavannid on efektiivsed DOMSi vähendamiseks võrreldes passiivse taastumisega ( $p < 0,05$ ). Kirjeldatud teadusartikli PEDro skoor on 6/10 ning tõendus põhise tase 1.

## 5 ARUTELU

DOMSi kirjeldatakse seisundina, mis väljendub lihasvalulikkuse ja -jäikusena, tursena ning liigesliikuvuse ja propriotseptsoonihäirena (Sonkodi *et al.*, 2020). DOMS'ga kaasnev valu tekib esmalt 8. treeningjärgsel tunnil, olles suurim 24-48 tundi pärast treeningut (Bleakley *et al.*, 2012). DOMSi tekkepõhjuste kohta puudub selge teadmine, kuid arvatakse, et lihast ümbritsevatel (Wilke & Behringer, 2021) ja innerveerivatel (Sonkodi *et al.*, 2020; Sonkodi *et al.*, 2021; Sonkodi *et al.*, 2022) kudedel on selles oma roll. Kuna üheks DOMSi tekkepõhjuseks peetakse närvikoe kahjustust lihaskäavis, millega kaasneb suurenenud verevool, mis intensiivistab ümbritsevate kudede kahjustust ja põletikku, siis on külmaravil otsene toime nimetatud patoloogiliste protsesside vähendamiseks (Bleakley *et al.*, 2012). DOMSi esinemine on tõenäolisem pärast harjumatu suurt ja/või intensiivset treeningkoormust ning pärast harjutusi, mis hõlmavad ekstsentrilist lihastööd. Seetõttu tunnevad sportlased võrreldes mittesportlastega DOMSi oluliselt sagedamini. DOMS tekitab lihaskontraktsiooni häireid, mis suurendavad liigessidemete ja kõõluste koormust, see omakorda vigastuste tekkeriski (Bleakley *et al.*, 2012; Cheung *et al.*, 2003). Kuna sportlastele on oluline terve püsida, trennida ja võistelda ning taastumisaeg on enamasti lühike, otsitakse kiireid lahendusi DOMSi vähendamiseks. Kül mavanni kasutamine on oma kättesaadavuse ja odavuse tõttu tänapäeval üks populaarsemaid vahendeid taastumise kiirendamiseks igal tasemel sportlaste jaoks. Noorte sportlaste kül mavanni suunamisel tuleks olla ettevaatlik, sest see võib potentsiaalselt vähendada lihasmassi kasvu (Murray & Cardinale, 2015).

Antud ülevaatesse kaasatud artiklite tulemused kül mavanni efektiivsuse kohta noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkusele võrreldes passiivse taastumisega on vastukäivad. Mitmed uuringud kinnitavad kül mavanni efektiivsust DOMSle võrreldes passiivse taastumisega (Angelopoulos *et al.*, 2022; Buoite Stella *et al.*, 2024; Sánchez-Ureña *et al.*, 2017; Sánchez-Ureña *et al.*, 2018), kuid mitmed mitte (Batista *et al.*, 2024; Krueger *et al.*, 2020; Leeder *et al.*, 2019; Micheletti *et al.*, 2019). Sánchez-Ureña kolleegidega (2017) leidis, et noorte meeskorvpallurite DOMS väheneb statistiliselt oluliselt pärast pideva ja vahelduva režiimiga kül mavanni kasutamist võrreldes passiivse taastumisega. Samasugune kül mavanni efektiivsus võrreldes passiivse taastumisega leiti uuringus naiskäsipalluritega (Sánchez-Ureña *et al.*, 2018). Kummaski uuringus ei leitud kül mavanni protokollide vahel statistilist erinevust. Angelopoulos kolleegidega (2022) kinnitasid, et ühekordne kül mavann on efektiivne meeskonnalade sportlastel (jalg-, käsi- ja võrkpall) võrreldes passiivse taastumisega. Buoite Stella kolleegidega (2024) leidsid samuti, et noorte meeskorvpallurite DOMS väheneb ühekordsel kül mavanni kasutajatel võrreldes passiivse taastumisega. Sellised tulemused on kooskõlas Machado ja kolleegide (2016) süstemaatilise ülevaateuuringu ja metaanalüüsiga, mis kinnitab, et kül mavanni kasutamine on DOMSi vähendamisel efektiivsem kui passiivne taastumine.

Vaatamata sellele, et külmavannil võib olla trend DOMSi vähendamisele ning et noored ujujad eelistavad seda võrreldes passiivse taastumisega, ei kinnita Batista kolleegidega (2024) külmavanni efekti DOMSi vähendamisel võrreldes passiivse taastumisega. Krueger kolleegidega (2020) leidsid, et igapäevane külmavanni kasutamine ei ole efektiivne meetod DOMSi vähendamiseks noortel maahokimängijatel võrreldes passiivse taastumisega. Samas arutlesid uuringu autorid, et selline tulemus võis olla tingitud noorte kõrgetasemelisest treenitusest (rahvusvahelise taseme sportlased), mistõttu tekib neil DOMSi vähemal määral. Kuna treeningul endal on samuti DOMSi vähendav efekt, siis mõjutab see ka passiivselt taastujate DOMSi tasemeid. Ka Leeder ja kolleegid (2019) järeldasid, et igapäevane külmavanni kasutamine ei vähenda DOMSi võrreldes passiivse taastumisega noortel pallimängijatel (jalgpall, ragbi ja hoki). Antud uuringu puhul tasub märkida, et enne kolmandat treeningut polnud külmavanni kasutajatel DOMS algtasemega võrreldes statistiliselt oluliselt tõusnud, kuid kontrollrühmal oli. See lubab magistr töö autoril järeldada, et külmavannil on trend DOMSi vähendamiseks, sest külmavanni rühmal oli DOMSi intensiivsus madalam. Micheletti kolleegidega (2019) leidsid, et külmavanni kasutamine pärast ühekordset treeningut ei ole efektiivne DOMSi vähendamisel võrreldes passiivse taastumisega noortel meesjalgpalluritel. Uuringu piiranguna võib välja tuua, et DOMSi hinnati vaid 2 tundi pärast külmavanni kasutamist, kuid ülalmainitud positiivsete tulemustega uuringud leiavad, et külmavannil on DOMSi vähendav efekt alates 24 tundi pärast kasutamist. Sellised tulemused on kooskõlas Murray & Cardinale (2015) süstemaatilise ülevaate ja metaanalüüsiga, mis kinnitavad, et külmavanni lühiajalised efektid noorte sportlaste DOMSi vähendamiseks on minimaalsed. Leeder ja kolleegid (2019) leiavad, et külmavanni DOMSi vähendav efekt võib olla tingitud platseebo efektist, sest uuritavad hindavad valu subjektiivselt ning sekkumise iseloomu tõttu on uuringul pimemeetodit raske rakendada. Antud magistr töö sse kaasatud uuringutest kasutas vaid Batista ja kolleegide (2024) uuring (PEDro 9/10) platseebot ehk leige vee vanni, millesse lisati raviefektina mõjuvat sinist värvi ainet. Uuringutulemused ei kinnitanud külmavanni efektiivsust DOMSle võrreldes passiivse taastumisega.

Käeoleva magistr töö autor järeldab eelkirjutatu põhjal, et külmavanni efektiivsuse kohta noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkusele võrreldes passiivse taastumisega ei saa teha lõplikke järeldusi.

Antud magistr töö sse kaasatud uuringud kinnitavad külmavanni efektiivsust noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkusele pärast ühekordset kasutamist (Angelopoulos *et al.*, 2022; Ascensão *et al.*, 2011; Buoite Stella *et al.*, 2024; Pooley *et al.*, 2020; Sánchez-Ureña *et al.*, 2017; Sánchez-Ureña *et al.*, 2018). Vaid Micheletti ja kolleegide (2019) uuring ei leidnud pärast ühekordset külmavanni kasutamist efektiivsust DOMSle võrreldes passiivse taastumisega noortel

meesjalgpalluritel. Autorid arutlesid, et uuringutulemusi võis mõjutada uuritavate suur vanusevahemik (13-17. aastased), mistõttu olid uuritavad erinevates teismelise ea staadiumites ja seetõttu reageerivad tehtud treeningule ja külmavannile erinevalt. Käeoleva magistr töö autor järeldab eelkirjutatu põhjal, et külmavann on efektiivne noorte sportlaste lihasvalulikkuse vähendamiseks pärast ühekordset kasutamist. Mitmekordset külmavanni kasutamist uurinud artiklid ei kinnitanud külmavanni efektiivsust noorte DOMSle (Batista *et al.*, 2024; Krueger *et al.*, 2020; Leeder *et al.*, 2019). Uuringute analüüsi tulemusel järeldab käesoleva magistr töö autor, et mitmekordne külmavanni kasutamine ei ole efektiivne noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkuse vähendamiseks. Tulemuste tõlgendamisel tuleks arvestada treeningu enda DOMSi vähendava efektiga. Käesoleva magistr töö autori järeldusi kinnitab Murray & Cardinale (2015) süstemaatiline ülevaade ja metaanalüüs, mis järeldab, et külmavann on noorsportlaste DOMSile minimaalse efektiga ja kuna külmaaplikatsioonid on potentsiaalne oht vähendada lihasmassi kasvu, ei soovitata külmavanni noortel sportlastel pikaajaliselt kasutada.

Käesolevasse magistr töösse kaasatud uuringutest kuus kinnitasid, et külmavann on efektiivne noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkuse vähendamiseks (Angelopoulos *et al.*, 2022; Ascensão *et al.*, 2011; Buoite Stella *et al.*, 2024; Pooley *et al.*, 2020; Sánchez-Ureña *et al.*, 2017; Sánchez-Ureña *et al.*, 2018). Kõikide kõrgetasemeliste uuringute külmavanni temperatuur oli  $10-14\pm 0,8$  kraadi ning uuritavad kasutasid külmavanni 10-12 minutit. Krueger ja kolleegide (2020) läbiviidud uuring ei leidnud  $6,4\pm 0,8$  kraadisel ja 5 minutilisel igapäevasel külmavanni kasutamisel 5. päevase turniiri ajal DOMSi märkimisväärset erinevust võrreldes passiivse taastumisega. Käesoleva magistr töö autor järeldab eelkirjutatu põhjal, et 10-14 kraadine ning 10-12 minutiline külmavann on efektiivsem noorte sportlaste hilinenud algusega DOMSi vähendamiseks kui külmema (keskmiselt 6 kraadi) ja ajaliselt lühema (keskmiselt 5 minutit) külmavanni kasutamine. Käesoleva magistr töö autori järeldusi kinnitab ka Machado ja kolleegide (2016) süstemaatiline ülevaateuuring koos metaanalüüsiga, mis kinnitab, et külmavanni kasutamine temperatuuril 11-15 kraadi ja kestvusega 11-15 minutit on parim DOMSi vähendamisel.

Kokkuvõttes kinnitavad käesoleva magistr töö tulemused, et külmavanni efektiivsuse kohta noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkusele võrreldes passiivse taastumisega ei saa teha lõplikke järeldusi, sest tulemused on vastuolulised. Magistr töö autori arvates võivad vastuolulised tulemused tuleneda asjaolust, et külmavanni efektiivsust mitte kinnitanud uuringud olid enamasti pikaajalised ning läbiviidud treeningute ajal, mistõttu võis treeningul endal olla DOMSi vähendav efekt ka passiivselt taastujatele. Eelmainitud asjaolu võis samuti mõjutada tulemusi külmavanni mitmekordsel kasutamisel treeningute ajal, mis käesoleva magistr töö tulemuste põhjal ei ole efektiivne noorte sportlaste DOMSi vähendamiseks. Treeningute DOMSi vähendava efekti

olemasolule viitab ka fakt, et erinevalt külmavanni mitmekordsest kasutamisest, kinnitavad antud magistritöö tulemused pärast ühekordset treeningut ja külmavanni kasutamist, et külmavann on efektiivne noorte sportlaste DOMSi vähendamiseks. Efektiivseks DOMSi vähendamiseks tuleks noortel sportlastel kasutada 10-14 kraadist külmavanni ning viibida seal 10-12 minutit.

Käesoleva magistritöö tugevuseks oli PRISMA-P juhiste kasutamine töö koostamisel, mis on välja töötatud selleks, et selekteerida artikleid süstemaatilisse ülevaatesse (Moher et al., 2015). Samuti kasutati töös kahte erinevat hindamismeetodit, et vaadelda uuringute metoodilist kvaliteeti ja tõenduspõhisust. Töösse kaasatud artiklite metoodilise kvaliteedi hindamiseks kasutati PEDro skaalat (Pedro, 2021) ning tulemuste tõenduspõhisuse hindamiseks vastavalt PEDro skaalale kohandatud Sackett (2000) skaalat (Silverman *et al.*, 2012). Artiklite otsimiseks kasutati kolme erinevat elektroonilist andmebaasi. Kõik teadusartiklid olid avaldatud viimase 14 aasta jooksul. Käesoleva magistritöö autorile teadaolevalt ei ole Eestis varem teostatud uuringut noorte sportlaste DOMSi ja külmavanni efektiivsuse kohta, mistõttu annab antud magistritöö noorte sportlastega töötavatele spetsialistidele lisainfot ja praktilist väärtust. Magistritöö autor võtab oma praktilisse töösse kaasa teadmised, et noorte sportlaste DOMSi vähendamise eesmärgil võib kasutada ühekordselt külmavanni, kuid mitmekordsel kasutamisel ei ole külmavann efektiivsem võrreldes passiivse taastumisega.

Tööd limiteerivaks faktoriks oli naissportlaste vähene osakaal kõikidest uuritavatest (8%). Samuti oli tööd limiteerivaks faktoriks asjaolu, et uuringute iseloomu tõttu, oli uuritavatel ja uuritavaid hindavatel inimestel teada, millisesse gruppi keegi kuulus.

Edasised uuringud võiksid keskenduda noorte naissportlaste DOMSi hindamisele, kuna hetkel on selliseid uuringuid vähevõitu. Samuti oleks vaja täiendavaid uuringuid, mis keskenduvad noortele sportlastele ning milles on rakendatud pimemeetodit uuritavate ja uuritavaid hindavate inimeste suhtes.

## 6 JÄRELDUSED

Käesoleva magistritöö tulemuste põhjal võib teha järgnevad järeldused:

1. Kül mavanni efektiivsuse kohta noorte sportlaste hiline nud algusega lihasvalulikkusele võrreldes passiivse taastumisega ei saa teha lõplikke järeldusi, sest tulemused on vastuolulised. Vajalikud on pimeuuringud.
2. Kül mavann on efektiivne noorte sportlaste hiline nud algusega lihasvalulikkusele pärast ühekordset, kuid mitte pärast mitmekordset kasutamist.
3. Optimaalne temperatuur kül mavanni efektiivseks kasutamiseks noorte sportlaste hiline nud algusega lihasvalulikkuse vähendamiseks on 10-14 kraadi ja kül mavanni ajaline kestus 10-12 minutit.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Angelopoulos P., Diakoronas A., Panagiotopoulos D., Tsekoura M., Xaplanteri P., *et al.* (2022). Cold-Water Immersion and Sports Massage Can Improve Pain Sensation but Not Functionality in Athletes with Delayed Onset Muscle Soreness. *Healthcare.*, 10(12): 2449. Doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare10122449>
2. Armstrong R.B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness a brief review. *Medicine & Science in Sports & Exercise.*, 16 (6): 529-538. URL: [https://journals.lww.com/acsm-msse/abstract/1984/12000/mechanisms\\_of\\_exercise\\_induced\\_delayed\\_onset.2.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/abstract/1984/12000/mechanisms_of_exercise_induced_delayed_onset.2.aspx)
3. Ascensão A., Leite M., Rebelo A. N., Magalhães S., Magalhães J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences.*, 29(3): 217–225. Doi: <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.526132>
4. Batista N.P., de Carvalho F.A., Rodrigues C.R.D., Micheletti J.K., Machado A.F., *et al.* (2024). Effects of post-exercise cold-water immersion on performance and perceptible outcomes of competitive adolescent swimmers. *European Journal of Applied Physiology.*, 124(8): 2439-2450. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05462-x>
5. Bleakley C., McDonough S., Gardner E., Baxter G.D., Hopkins J.T., *et al.* (2012). Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews.*, 2(2): CD008262. Doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008262.pub2>
6. Buoite Stella A., Dragonetti A.M., Fontanot S., Sabot R., Martini M., *et al.* (2024). The Acute Effects of Cold Water Immersion and Percussive Massage Therapy on Neuromuscular Properties and Muscle Soreness after Exercise in Young Male Soccer Players. *Sports.*, 12(6): 167. Doi: <https://doi.org/10.3390/sports12060167>
7. Cheung K., Hume P., Maxwell L. (2003). Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine.*, 33(2): 145–164. Doi: <https://doi.org/10.2165/00007256-200333020-00005>
8. Ciolek J.J. (1985). Cryotherapy. Review of physiological effects and clinical application. *Cleveland Clinic Quarterly.*, 52 (2): 193-201. URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:36073747>
9. Close G.L., Ashton T., Cable T., Doran, D., MacLaren, D.P.M. (2004). Eccentric exercise, isokinetic muscle torque and delayed onset muscle soreness: The role of reactive oxygen

- species. *European Journal of Applied Physiology.*, 91 (5-6): 615-621. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-003-1012-2>
10. De Oliveira D.C.X., Roncon Rosa F., Simoes-Ambrosio L., Jordao A.A., Deminice R. (2019) Antioxidant vitamin supplementation prevents oxidative stress but does not enhance performance in young football athletes. *Nutrition.*, 63-64: 29-45. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.01.007>
  11. Derman E.W., Schweltnus M.P. (2010). Pain management in sports medicine: Use and abuse of anti-inflammatory and other agents. *South African Family Practice.*, 52 (1): 27–32. Doi: <https://doi.org/10.1080/20786204.2010.10873927>
  12. Gulick D.T., Kimura I.F. (1996). Delayed onset muscle soreness: what is it and how do we treat it? *Journal of Sport Rehabilitation.*, 5 (3): 234-243. Doi: <https://doi.org/10.1123/jsr.5.3.234>
  13. Hainline B., Derman W., Vernec A., Budgett R., Deie M., *et al.* (2017). International Olympic Committee consensus statement on pain management in elite athletes. *British Journal of Sports Meicine.*, 51(17): 1245-1258. Doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097884>
  14. Krueger M., Costello J.T., Stenzel M., Mester J., Wahl P. (2020). The physiological effects of daily cold-water immersion on 5-day tournament performance in international standard youth field-hockey players. *European Journal of Applied Physiology.*, 120(1): 295-305. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04274-8>
  15. Leeder J.D.C., Godfrey M., Gibbon D., Gaze D., Davison G.W., *et al.* . (2019). Cold water immersion improves recovery of sprint speed following a simulated tournament. *European Journal of Sport Science.*, 19(9): 1166-1174. Doi: <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1585478>
  16. Lumley M.A., Cohen J.L., Borszcz G.S., Cano A., Radcliffe A.M., *et al.* (2011). Pain and emotion: a biopsychosocial review of recent research. *Journal of Clinical Psychology.*, 67(9): 942-968. Doi: <https://doi.org/10.1002/jclp.20816>
  17. Machado A.F., Ferreira P.H., Micheletti J.K., de Almeida A.C., Lemes Í.R., *et al.* (2016). Can Water Temperature and Immersion Time Influence the Effect of Cold Water Immersion on Muscle Soreness? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine.*, 46(4): 503-514. Doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0431-7>
  18. Mavropalias G., Calapre L., Morici M., Koeda T., Poon W.C.K., *et al.* (2021). Changes in plasma hydroxyproline and plasma cell-free DNA concentrations after higher- versus lower-intensity eccentric cycling. *European Journal of Applied Physiology.*, 121: 1087-1097. Doi: . <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04593-11>

19. Micheletti J.K., Vanderlei F.M., Machado A.F., de Almeida A.C., Nakamura F.Y., *et al.* (2019). A New Mathematical Approach to Explore the Post-exercise Recovery Process and Its Applicability in a Cold Water Immersion Protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research.*, 33(5): 1266-1275. Doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003041>
20. Mizumura, K., Taguchi, T. (2016) Delayed onset muscle soreness: Involvement of neurotrophic factors. *The Journal of Physiological Sciences.*, 66(1): 43-52. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12576-015-0397-0>
21. Moher D., Shamseer L., Clarke M., Ghersi D., Liberati A., *et al.* (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic review.*, 4(1): 1. Doi: <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
22. Moore E., Fuller J.T., Buckley J.D., Saunders S., Halson S.L., *et al.* (2022). Impact of Cold-Water Immersion Compared with Passive Recovery Following a Single Bout of Strenuous Exercise on Athletic Performance in Physically Active Participants: A Systematic Review with Meta-analysis and Meta-regression. *Sports Medicine.*, 52 (7): 1667-1688. Doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01644-9>
23. Murray A., Cardinale M. (2015). Cold applications for recovery in adolescent athletes: a systematic review and meta analysis. *Extreme Physiology & Medicine.*, 4 (1): 17. Doi: <https://doi.org/10.1186/s13728-015-0035-8>
24. Newham D.J., Mills K.R., Edwards R.H.T. (1983). Large delayed plasma creatine kinase changes after stepping exercise. *Muscle & Nerve.*, 6 (5): 380-385. Doi: <https://doi.org/10.1002/mus.880060507>
25. Physiotherapy Evidence Database. PEDro, <https://pedro.org.au/english/resources/pedro-scale/>, 02.02.2022.
26. Pooley S., Spendiff O., Allen M., Moir H.J. (2020). Comparative efficacy of active recovery and cold water immersion as post-match recovery interventions in elite youth soccer. *Journal of Sports Sciences.*, 38(11-12): 1423-1431. Doi: <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1660448>
27. Sánchez-Ureña B., Martínez-Guardado I., Crespo Coco C., Timon Andrada R., Calleja Gonzalez J., *et al.* (2017). The use of continuous vs. intermittent cold water immersion as a recovery method in basketball players after training: A randomized controlled trial. *The Physician and Sportsmedicine.*, 45(2): 134-139. Doi: <https://doi.org/10.1080/00913847.2017.1292832>
28. Sánchez-Ureña B., Martínez-Guardado I., Espinoza-Acuña G., Camacho-Cardenosa M., Camacho-Cardenosa A., *et al.* (2018). Comparison of cold water immersion protocols in

- female handball players after match training. *Journal of Human Sport and Exercise.*, 13(2): 363-374. Doi: <https://doi.org/10.14198/jhse.2018.132.08>
29. Sellwood K.L., Brukner P., Williams D., Nicol A., Hinman R.. (2007). Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine.*, 41 (6): 392-397. Doi: <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.033985>
30. Silverman S.R., Schertz L.A., Yuen H.K., Lowman J.D., Bickel C.S. (2012). Systematic review of the methodological quality and outcome measures utilized in exercise interventions for adults with spinal cord injury. *Spinal Cord.*, 50(10): 718-727. Doi: <https://doi.org/10.1038/sc.2012.78>
31. Smith L.L. (1991). Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? *Medicine and Science in Sports and Exercise.*, 23 (5): 542-551. Url: [https://journals.lww.com/acsm-msse/abstract/1991/05000/acute\\_inflammation\\_the\\_underlying\\_mechanism\\_in.6.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/abstract/1991/05000/acute_inflammation_the_underlying_mechanism_in.6.aspx)
32. Sonkodi, B., Bardoni R., Hangody L., Radák Z., Berkes I. (2021). Does Compression Sensory Axonopathy in the Proximal Tibia Contribute to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury in a Causative Way?—A New Theory for the Injury Mechanism. *Life.*, 11 (5): 443. Doi: <https://doi.org/10.3390/life11050443>
33. Sonkodi B., Berkes I., Koltai E. (2020). Have We Looked in the Wrong Direction for More Than 100 Years? Delayed Onset Muscle Soreness Is, in Fact, Neural Microdamage Rather Than Muscle Damage. *Antioxidants.*, 9(3): 212. Doi: <https://doi.org/10.3390/antiox9030212>
34. Sonkodi B., Hegedűs Á., Kopper B., Berkes I. (2022). Significantly Delayed Medium-Latency Response of the Stretch Reflex in Delayed-Onset Muscle Soreness of the Quadriceps Femoris Muscles Is Indicative of Sensory Neuronal Microdamage. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology.*, 7(2): 43. Doi: <https://doi.org/10.3390/jfkm7020043>
35. Torres R., Vasques J., Duarte J.A., Cabri J.M. (2010). Knee proprioception after exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine.*, 31 (6): 410-415. Doi: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248285>
36. Wang, Y., Lu H., Li S., Zhang Y., Yan F., *et al.* (2022). Effect of cold and heat therapies on pain relief in patients with delayed onset muscle soreness: A network meta-analysis. *Journal of rehabilitation medicine.*, 54: 331. Doi: <https://doi.org/10.2340/jrm.v53.331>
37. Wilke J., Behringer M. (2021). Is “Delayed Onset Muscle Soreness” a False Friend? The Potential Implication of the Fascial Connective Tissue in Post-Exercise Discomfort. *International Journal of Molecular Sciences.*, 22 (17): 9482. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms22179482>

38. Yu J.G., Carlsson L., Thornell L.E. (2004). Evidence for myofibril remodeling as opposed to myofibril damage in human muscles with DOMS: an ultrastructural and immunoelectron microscopic study. *Histochemistry and Cell Biology*., 121 (3): 219-227. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00418-004-0625-9>
39. Yu J.G., Malm C., Thornell L.E. (2002). Eccentric contractions leading to DOMS do not cause loss of desmin nor fibre necrosis in human muscle. *Histochemistry and Cell Biology*., 118 (1): 29-34. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00418-002-0423-1>

**LISA 1. PRISMA-P juhend** (Moher et al., 2015)

Section/topic	Checklist item	Information reported		Line number(s)	
		Yes	No		
<b>ADMINISTRATIVE INFORMATION</b>					
<b>Title</b>					
Identification	a	Identify the report as a protocol of a systematic review	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Update	b	If the protocol is for an update of a previous systematic review, identify as such	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Registration		If registered, provide the name of the registry (e.g., PROSPERO) and registration number in the Abstract	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Authors</b>					
Contact	a	Provide name, institutional affiliation, and e-mail address of all protocol authors; provide physical mailing address of corresponding author	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Contributions	b	Describe contributions of protocol authors and identify the guarantor of the review	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Amendments		If the protocol represents an amendment of a previously completed or published protocol, identify as such and list changes; otherwise, state plan for documenting important protocol amendments	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Support</b>					
Sources	a	Indicate sources of financial or other support for the review	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sponsor	b	Provide name for the review funder and/or sponsor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Role of sponsor/funder	c	Describe roles of funder(s), sponsor(s), and/or institution(s), if any, in developing the protocol	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>INTRODUCTION</b>					
Rationale		Describe the rationale for the review in the context of what is already known	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Objectives		Provide an explicit statement of the question(s) the review will address with reference to participants, interventions, comparators, and outcomes (PICO)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>METHODS</b>					
Eligibility criteria		Specify the study characteristics (e.g., PICO, study design, setting, time frame) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) to be used as criteria for eligibility for the review	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Information sources		Describe all intended information sources (e.g., electronic databases, contact with study authors, trial registers, or other grey literature sources) with planned dates of coverage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Section/topic		Checklist item	Information reported		Line number(s)
			Yes	No	
<b>Search strategy</b>	0	Present draft of search strategy to be used for at least one electronic database, including planned limits, such that it could be repeated	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>STUDY RECORDS</b>					
Data management	1a	Describe the mechanism(s) that will be used to manage records and data throughout the review	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Selection process	1b	State the process that will be used for selecting studies (e.g., two independent reviewers) through each phase of the review (i.e., screening, eligibility, and inclusion in meta-analysis)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Data collection process	1c	Describe planned method of extracting data from reports (e.g., piloting forms, done independently, in duplicate), any processes for obtaining and confirming data from investigators	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Data items	2	List and define all variables for which data will be sought (e.g., PICO items, funding sources), any pre-planned data assumptions and simplifications	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Outcomes and prioritization	3	List and define all outcomes for which data will be sought, including prioritization of main and additional outcomes, with rationale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Risk of bias in individual studies	4	Describe anticipated methods for assessing risk of bias of individual studies, including whether this will be done at the outcome or study level, or both; state how this information will be used in data synthesis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>DATA</b>					
<b>Synthesis</b>	5a	Describe criteria under which study data will be quantitatively synthesized	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5b	If data are appropriate for quantitative synthesis, describe planned summary measures, methods of handling data, and methods of combining data from studies, including any planned exploration of consistency (e.g., $I^2$ , Kendall's tau)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5c	Describe any proposed additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5d	If quantitative synthesis is not appropriate, describe the type of summary planned	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Meta-bias(es)</b>	6	Specify any planned assessment of meta-bias(es) (e.g., publication bias across studies, selective reporting within studies)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Confidence in cumulative evidence</b>	7	Describe how the strength of the body of evidence will be assessed (e.g., GRADE)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

LISA 2. PEDro hindamismethod (<https://pedro.org.au/english/resources/pedro-scale/>)

1. Eligibility criteria were specified	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
2. Subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received)	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
3. Allocation was concealed	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
4. The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
5. There was blinding of all subjects	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
6. There was blinding of all therapists who administered the therapy	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
7. There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
8. Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
9. All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
10. The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
11. The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:

### LISA 3. Töösse kaasatud artiklite kokkuvõte

Uuringu autorid, disain, sekkumisperioodi kestus	Uuritavate arv	Uuritavate vanus (a)	Sekumismeetod ja -kestus	Tulemused	PEDro skoor ja Sackett tase
Angelopoulos <i>et al.</i> , 2022. Randomiseeritud kontrolluuring. Ühekordne sekkumine.	60	Keskmine vanus 21,1 (18-30 aastased)	(1) CWI (10°C) n=15 (2) Spordimassaaž n=15 (3) Kombineeritud n=15 (4) Kontrollrühm (passiivne taastumine) n=15  Kestus: CWI 10 min; spordimassaaž 20 min; kombinatsioon 20 min massaaž + 10 min CWI.	Statistiliselt oluline DOMSi vähenemine 24h, 48h ja 72h pärast treeningut kõigis kolmes sekkumiserühmas võrreldes kontrollrühmaga (p<0,05). CWI vähendas DOMSi (0-10p VAS skaala) 24h ja 48h pärast treeningut võrreldes kombineeritud- ja kontrollrühmaga (CWI: 3,9 → 1,5; kombineeritud: 3,5 → 2,1; kontrollrühm: 6,6 → 4,4; p<0,05).	6/10  Tase 1
Ascensão <i>et al.</i> , 2011. Randomiseeritud kontrolluuring. Ühekordne sekkumine	20	CWI: 18,1 ± 1,8 TWI: 18,3 ± 0,8	(1) CWI (10°C) n=10 (2) TWI (35°C) n=10  Kestus: CWI ja TWI 10 min	Statistiliselt oluline (p< 0,05) DOMSi (0-10p skaala; 0p- valulikkus puudub, 10p- väga intensiivne valulikkus) vähenemine CWI rühmas, 30min pärast jalgpallimatši puusa lähendajate lihastes ning 24h pärast matši reie nelipealihases ning sääre kolmpealihases võrreldes TWI rühmaga.	6/10  Tase 1
Batista <i>et al.</i> , 2024. Randomiseeritud cross-over kontrolluuring. Üks nädal igat sekkumist	20	14,05 ± 1,79	(1) CWI (14±1°C) n=19 (2) TWI (27±1 °C) n=16 (3) Kontrollrühm (passiivne taastumine) n=16  Kestus: ühte sekkumist 3 x nädalas (üle nädala), 12 min.	Gruppide võrdluses puudus tunnetuslike parameetrite osas erinevus (p>0,05), kuid külmavanni grupi tulemustes oli tendents valu vähenemisele ujumise lõpposas (p=0,05) võrreldes passiivse sekkumisgrupi näitajatega (hinnatuna 1-5p Likert skaalal). 65% sportlastest eelistasid CWI-d, 20% TWI-d ja 15% leidsid, et mõlemad on efektiivsed taastumisel.	9/10  Tase 1

Buoite Stella <i>et al.</i> , 2024.	16	Keskmine vanus 22 (20-27)	(1) CWI (10±0,5°C) n=16 (2) PMT (massaažipüstol) n=16 (3) Kontrollrühm (passiivne taastumine) n=16  Kestus: CWI 12 min. PMT 3 min mõlema jala reie neli- ja kakspealihasele, kokku 12 min.	Statistiliselt oluline DOMSi (0-10p skaala; 0p-valulikkus puudub, 10p- maksimaalne valulikkus) vähenemine nii CWI (p<0,05) kui PMT (p<0,05) rühmas 24h pärast treeningut võrreldes kontrollrühmaga. Koheselt pärast treeningut ning sekkumist rühmade vahel statistiliselt olulist erinevust ei leitud. (p>0,05)	7/10 Tase 1
Randomiseeritud cross-over kontrolluuring. Ühekordne sekkumine (sekkumised nädalase vahega)					
Krueger <i>et al.</i> , 2020.	18	16,6±0,6	(1) CWI (6,4±0,8°C) n=9 (2) Kontrollrühm (passiivne taastumine) n=9  Kestus: CWI 1x päevas, 5 min.	Kahe rühma vahel ei olnud statistilist erinevust (p>0,05) lihasvalulikkuses (100mm VAS skaala; 0-valulikkus puudub, 100- maksimaalne valulikkus). Igapäevane CWI kasutamine pärast treeningut 5 päevase turniiri ajal ei vähendanud DOMSi võrreldes passiivse taastumisega noortel maahoki mängijatel.	6/10 Tase 1
Randomiseeritud kontrolluuring. 4 päeva.					
Leeder <i>et al.</i> , 2019.	21	19±2	(1) CWI (14°C) n=11 (2) Kontrollrühm (passiivne taastumine) n=10  Kestus: CWI 1x päevas, 14 min.	Post-hoc analüüs näitas, et LIST 3-eelsel ajahetkel ei tõusnud CWI enam algtasemest kõrgemale (p>0,05), kuid kontrollrühm oli endiselt algtasemest märkimisväärselt kõrgemal (p<0,01). Sellele vaatamata ei olnud kahe rühma vahel statistilist erinevust (p>0,05) lihasvalulikkuses (200mm VAS skaala; 0-valulikkus puudub, 200- maksimaalne valulikkus). Igapäevane CWI kasutamine pärast treeningut 3 päevase simuleeritud turniiri ajal ei vähendanud DOMSi võrreldes passiivse taastumisega noortel pallimängijatel (jalgpall, ragbi ja hoki).	6/10 Tase 1
Randomiseeritud kontrolluuring. 3 päeva.					
Micheletti <i>et al.</i> , 2019.	64	13–17	(1) CWI (13±1°C) n=32 (2) Kontrollrühm (passiivne taastumine) n=32  Kestus: CWI 15 min	Kahe rühma vahel ei olnud statistilist erinevust (p>0,05) taastumises pärast treeningut (tajutavad, autonoomsed, metaboolsed ja funktsionaalsed parameetrid). Kahe rühma vahel ei olnud statistilist erinevust (p>0,05) lihasvalulikkuses (0-10p VAS skaala) pärast sekkumist. CWI kasutamine pärast ühekordset treeningut ei vähendanud DOMSi võrreldes passiivse taastumisega noortel jalgpalluritel.	6/10 Tase 1
Randomiseeritud kontrolluuring. Ühekordne sekkumine					

Pooley <i>et al.</i> , 2020. Randomiseeritud cross-over kontrolluuring. Ühekordne sekkumine.	15	16±1	(1) CWI (14±0,8°C) n=15 (2) Aktiivne taastumine (madala intensiivsusega veloergomeeter) n=15 (3) Staatiline venitamine (alajäsemete lihaste staatiline venitamine) n=15  Kestus: CWI 10 min; aktiivne taastumine 10 min; staatiline venitamine 7 min (2x15sek lihasgrupile)	Statistiliselt oluline DOMSi (10p VAS skaala; 0,5cm-5cm) vähenemine CWI (p<0,001) ja aktiivse taastumise (p<0,01) rühmas 48h pärast jalgpalli matši võrreldes staatilise venitamise rühmaga.	6/10 Tase 1
Sánchez-Ureña <i>et al.</i> , 2017. Randomiseeritud cross-over kontrolluuring. Ühekordne sekkumine (sekkumised nädalase vahega)	10	14±0,4	(1) CnCWI (12±0,4°C) n=10 (2) InCWI (12±0,4°C) n=10 (3) Kontrollrühm (passiivne taastumine) n=10  Kestus: CnCWI 12 min; InCWI 4x2 min + 1 min veest väljas;	Statistiliselt oluline DOMSi (0-10p VAS skaala; 0p-valulikkus puudub, 10p- maksimaalne valulikkus) vähenemine CnCWI ja InCWI rühmas koheselt (0h) (pidev vs passiivne- p< 0,001; vahelduv vs passiivne- p<0,01), 24 tundi (pidev vs passiivne- p<0,05; vahelduv vs passiivne- p<0,05) ja 48 tundi pärast vanni (pidev vs passiivne- p<0,05; vahelduv vs passiivne- p<0,05)pärast sekkumist võrreldes kontrollrühmaga. Kahe CWI protokollil vahel ei olnud statistilist erinevust (p>0,05).	6/10 Tase 1
Sánchez-Ureña <i>et al.</i> , 2018. Randomiseeritud cross-over kontrolluuring. Ühekordne sekkumine (sekkumised nädalase vahega)	12	14±0,7	(1) CnCWI (14±0,5C°) n=12 (2) InCWI (14±0,5C°) n=11 (3) Kontrollrühm (passiivne taastumine) n=9  Kestus: CnCWI 12 min; InCWI 4x2 min + 1 min veest väljas;	Statistiliselt oluline DOMSi (0-10p VAS skaala; 0p-valulikkus puudub, 10p- maksimaalne valulikkus) vähenemine CnCWI ja InCWI rühmas koheselt (0h) (pidev vs passiivne- p< 0,001; vahelduv vs passiivne- p<0,01), 24 tundi (pidev vs passiivne- p<0,05; vahelduv vs passiivne- p<0,05) ja 48 tundi pärast vanni (pidev vs passiivne- p<0,05; vahelduv vs passiivne- p<0,05)pärast sekkumist võrreldes kontrollrühmaga. Kahe CWI protokollil vahel ei olnud statistilist erinevust (p>0,05).	6/10 Tase 1

Lühendid: n – uuritavate arv; „=“ – võrdub/on; „<“ – väiksem; „>“ suurem; min – minut; x – korda; „°“ – kraadi; CWI- *cold water immersion*; TWI – *thermoneutral water immersion*; DOMS- *delayed onset muscle soreness*; VAS – *visual analogue scale*; PMT – *percussive massage therapy*; CnCWI – *continuous cold water immersion*; InCWI – *intermittent cold water immersion*

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

Mina, Mark Leinfeld (sünnikuupäev: 31.01.1995)

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Külmavanni efektiivsus noorte sportlaste hilinenud algusega lihasvalulikkusele – süstemaatiline ülevaateuuring, mille juhendaja(d) on lektor Doris Vahtrik,

reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.