

# Fyysisen kuormituksen hallinta pelastajan työssä

UUSI LÄHESTYMISTAPA PALAUTUMISEN EDISTÄMISEKSI

Satu Mänttari  
Jutta Karkulehto  
Juha Oksa

Työterveyslaitos

## **Fyysisen kuormituksen hallinta pelastajan työssä**

UUSI LÄHESTYMISTAPA PALAUTUMISEN EDISTÄMISEKSI

Satu Mänttari, Jutta Karkulehto ja Juha Oksa

Työterveyslaitos

Oulu

Työterveyslaitos

Työkyky ja työurat

PL 40

00251 Helsinki

[www.ttl.fi](http://www.ttl.fi)

Toimitus: Satu Mänttari

Valokuvat: Jutta Karkulehto, Satu Mänttari, Juha Oksa

© 2020 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Julkaisu on toteutettu Palosuojelurahaston tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-918-1 (nid.)

ISBN 978-952-261-919-8 (PDF)

PunaMusta Oy, Tampere, 2020

## TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa selvitettiin uuden, yksinkertaisen ja helppokäyttöisen menetelmän vaikuttavuutta pelastajan palautumisen tehostamiseksi. Raskaan fyysisen työn aiheuttama väsymystä pidetään yhtenä työturvallisuutta heikentävänä tekijänä. Mitä voimakkaampaa väsymys on, sitä jyrkempää on fyysisen toimintakyvyn lasku ja turvallisuusrisin kasvu.

Vakioiduissa laboratorio-olosuhteissa tutkittiin, kuinka paljon raskaan työn jälkeistä palautumista voidaan tehostaa käyttämällä palauttavaa, sumusuihkumenetelmällä toteutettavaa, viileä- tai viileä-lämminaltistusta. Palautumista seurattiin hormonimuutosten, autonomisen hermoston aktiivisuuden, hermolihasjärjestelmän toiminnan ja suorituskykymuutosten avulla.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että molemmat sumusuihkualtistukset nopeuttavat palautumista. Viileäsumusuihkualtistus osoittautui hieman viileä-lämminaltistusta tehokkaammaksi. Tutkittavien subjektiivinen arvio sumusuihkujen tehosta vahvasti mitatun tuloksen. Kuitenkin, mitatusta tuloksesta poiketen heidän arvionsa mukaan viileä-lämminaltistus oli hieman tehokkaampi.

Tutkimuksen perusteella voidaan suositella molempia sumusuihkualtistuksia käytettäväksi jokapäiväisten rutiinien yhteydessä sekä työpaikalla että vapaa-aikana edistämään palautumista ja työhyvinvointia.

## ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the efficiency of a new, simple and easy to use method to enhance firefighter's recovery from heavy work. Heavy work induced fatigue affects physical working capacity negatively through reduced muscle force, coordination and motor control. The more pronounced fatigue is, the more physical working capacity is deteriorated and the risk for accidents increased.

The study evaluated to what extent the use cool and cool-warm mist showers after heavy work bout were able to hasten the following recovery. The recovery was verified with changes in hormonal responses, autonomic nervous system function, neuromuscular function and performance capacity tests. No mist shower condition was used as a reference.

The results indicated that both mist shower exposures were able to hasten recovery compared to reference. Cool mist shower proved to be slightly more effective than cool-warm mist shower. The test subjects' subjective evaluation confirmed that both showers were effective, though they rated cool-warm mist shower to be slightly more effective.

Both mist showers can be effectively used amongst daily routines to enhance work ability and hasten recovery both at work and during leisure time.

## KIITOKSET

Fyysisen kuormituksen hallinta pelastajan työssä -tutkimushankkeen onnistumiseen on vaikuttanut ratkaisevasti pitkäaikainen ja hyvä yhteistyö Oulu-Koillismaan Pelastuslaitoksen kanssa. Haluamme kiittää Pelastuslaitoksen yhteyshenkilöä, apulaispalopäällikkö Petri Tuomea koordinaattorina toimimisesta Pelastuslaitoksen ja Työterveyslaitoksen välillä sekä asiantuntevasta ohjausryhmätyöskentelystä. Kiitämme myös kaikkia tutkimukseen osallistuneita vapaaehtoisia palomiehiä. Toivomme tutkimuksen omalta osaltaan edistävän Pelastuslaitoksen henkilöstön palautumista ja työhyvinvointia.

Kiitos projektityöntekijä Raimo Niemelälle uuden, hienomotoriikan mittausdatan automaattisesti analysoivan skriptin ohjelmoinnista. Kiitokset myös projektiassistentti Marika Tervevuorelle hankkeen erinomaisesta hallinnoinnista.

Tutkimusryhmä kiittää hankkeen rahoittajaa, Palosuojelurahastoa.

## SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Tausta</b> .....	<b>9</b>
2.1	Vesialtistus ja lihaksiston palautuminen.....	10
2.2	Sumusuihku .....	10
2.3	Tutkimuksen tarkoitus .....	11
<b>3</b>	<b>Menetelmät</b> .....	<b>12</b>
3.1	Kuormitus.....	12
3.2	Mitatut muuttujat.....	13
3.2.1	Lihaskeho ja hienomotoriikka.....	14
3.2.2	Refleksivaste .....	14
3.2.3	Lihaskeho.....	15
3.3	Palautuminen .....	15
3.3.1	Sumusuihku .....	15
3.4	Tilastollinen analyysi.....	16
<b>4</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>17</b>
4.1	Kuormitus .....	17
4.2	Palautuminen .....	21
4.2.1	Lihaskeho ja tarkkuus .....	22
4.2.2	Hermostollinen säätely.....	23
4.2.3	Lihaskeho.....	23
4.2.3.1	Lihaksen poikkipinta-ala ja pennaatiokulma.....	24
4.2.3.2	Lihaksen kimmo-ominaisuudet.....	25
4.2.4	Autonomisen hermoston tasapaino, unen palauttavuus.....	25
4.2.5	Iholämpötilat .....	26
<b>5</b>	<b>Yhteenveto ja johtopäätökset</b> .....	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Tulosten merkitys</b> .....	<b>32</b>

6.1	Suositukset .....	32
<b>7</b>	<b>Projektin muut tuotokset.....</b>	<b>33</b>
<b>Lähteet</b>	<b>.....</b>	<b>34</b>
<b>LIITE</b>	<b>.....</b>	<b>37</b>



# 1 JOHDANTO

Pelastustoimessa työskenteli Suomessa vuonna 2018 päätoimisesti noin 6 300 henkilöä ja sivutoimisesti 15 000 henkilöä. Suurin ammattiryhmä ovat pelastustoimintaan osallistuvat palomiehet, joita oli 3 950 henkilöä. Hälytystehtävien lukumäärä on kasvanut viime vuosina ja niiden kokonaismäärä vuonna 2018 oli 113 479 kappaletta. Samanaikaisesti vakinaisten, pelastustoimintaan osallistuvien palomiesten keski-ikä on noussut.

Runsaan työmäärän lisäksi palomiesten työhön kuuluu raskaita fyysisiä työvaiheita kuten raivausta ja savusukellusta. Kuumuus ja raskaat suojarusteet lisäävät edelleen työn kuormittavuutta ja aiheuttavat väsymistä. Raskaan fyysisen työn aiheuttamaa väsymystä pidetään yhtenä työturvallisuutta heikentävänä tekijänä. Väsyminen heikentää lihasvoimaa ja -koordinaatiota sekä lisää kömpelyyttä, mikä voi johtaa virheisiin työsuorituksessa sekä lisääntyneeseen tapaturma- ja onnettomuusriskiin. Väsymyksen, erityisesti kroonisuudessaan, on katsottu olevan myös riskitekijä tuki- ja liikuntaelinvaijien kehittymiselle. Tuki- ja liikuntaelinvaijat ovatkin suurin yksittäinen syy palomiesten ennenaikaiselle eläköitymiselle. Kuntien eläkevaluuttien tilastojen mukaan vuosina 2000-2015 eläköityneistä palomiehistä 40 % jäi työkyvyttömyyseläkkeelle. Ennenaikaisen eläköitymisen syyt löytyvät pääasiassa tuki- ja liikuntaelinsairauksista.

Riittävä palautuminen raskaan työsuorituksen jälkeen, ennen seuraavaa suoritusta, on oleellista työkyvyn, toimintakyvyn ja työturvallisuuden kannalta. Työterveyslaitos on tutkinut pelastajan palautumista raskaasta työstä laajassa tutkimuskokonaisuudessa yli kymmenen vuoden ajan. Kyseisissä tutkimuksissa on selvinnyt, että pelastajan lihaksisto ei ehdi palautua täysin seuraavaan työvuoroon mennessä. Raskaasta työstä palautuminen voi kestää yli 28 tuntia. Aiemmissä tutkimuksissa on myös havaittu, että lihaksiston paikallista palautumista voidaan nopeuttaa erilaisilla palautumismenetelmillä kuten viileä- ja viileä-lämminvesialtistuksella.

Pelastajan työ on kuitenkin kokonaisvaltaisesti kuormittavaa, eikä palautumiseen ole aiemmin kiinnitetty huomiota koko kehon tasolla työelämään liittyvissä tutkimuksissa. Tässä raportissa kuvataan uuden, yksinkertaisen ja helppokäyttöisen menetelmän, sumusuihkulla toteutetun viileä- ja viileä-lämminvesialtistuksen, vaikutusta pelastajan kokonaisvaltaiseen fyysiseen palautumiseen.

## 2 TAUSTA

Riittävä palautuminen raskaan työsuorituksen jälkeen ennen seuraavaa työvaihetta on oleellista lihaksiston työ- ja toimintakyvyn sekä työturvallisuuden kannalta. Oksa ym. (2009; 2013) kaksiosaisessa tutkimuksessa selvitettiin kuinka kauan lihaksiston palautuminen kestää yksittäisestä tai toistetusta savusukellusta ja raivaustyötä simuloivasta raskaasta työstä. Tulokset osoittivat, että yksittäisen raskaan työsuorituksen jälkeen mitattua kuudesta muuttujasta kolme (lihaksen hapenkulutus, lihasrakenne ja voimantuottonopeus) eivät ehtineet palautua neljän tunnin seurannan aikana. Lisäksi todettiin, että toistetun raskaan työsuorituksen jälkeen kuudesta mitatusta muuttujasta lihaksen rakenne palautui normaaliksi 22 tunnin jälkeen, ja lihaksen aineenvaihdunta vasta 28 tunnin jälkeen. Lihaksen voimantuottonopeus ei ehtinyt palautua 28 tunnin seurannan aikana. Maksimaalinen ranteen koukistusvoima, puristusvoima ja lihaksen sähköinen aktiivisuus palautuivat yksittäisestä työsuorituksesta palautumisen tavoin neljän tunnin aikana.

Tulokset viittaavat siihen, että hermo-lihasjärjestelmän täydellinen palautuminen voi kestää jopa yli 28 tuntia, jolloin pelastajan työpäivien välinen palautuminen voi jäädä puutteelliseksi. Oksa ym. (2016) jatkotutkimuksessa selvitettiin, voiko lämpimässä (+35 °C) ympäristössä tehtävästä savusukellusta ja raivausta jäljittelevästä raskaasta lihaskuormituksesta palautumista nopeuttaa. Palautumista pyrittiin edistämään huippu-urheilussa käytetyillä aktiivisilla palautusmenetelmillä, joista tehokkaiksi ovat osoittautuneet paikallinen viileä-lämmivesialtistus (nk. kontrastivesiterapia), kylmävesialtistus, aktiivinen venytely ja kofeiinin nauttiminen.

Kontrastivesialtistus ja kylmävesialtistus kohdennettiin paikallisesti oikeaan kyynärvarteen. Kontrastivesialtistuksessa kyynärvarsi upotettiin vuorotellen +15 °C ja +38 °C vesihauteisiin minuutiksi kerrallaan, toistaen sykliä kolme kertaa eli yhteensä kuusi minuuttia. Kylmävesialtistuksessa kyynärvarsi upotettiin +15 °C veteen viideksi minuutiksi.

Tulosten perusteella kaikki tutkimuksessa käytetyt aktiiviset palauttavat menetelmät nopeuttivat lihasten palautumista suhteessa vertailumittaukseen. Lihaksiston eri muuttujien (voimantuotto ja tarkkuus, hermostollinen säätely, hapenkulutus, rakenne) palautumisnopeus kuitenkin vaihteli ja palautuminen riippui käytetystä aktiivisesta palautusmenetelmästä. Lihaksiston palautumista voitiin nopeuttaa muuttujasta riippuen 2–56 kertaisesti. Sekä koehenkilöiden oman arvion, että mitattujen parametrien perusteella vesialtistukset edistivät lihaksiston palautumista tehokkaimmin.

## 2.1 Vesialtistus ja lihaksiston palautuminen

Molempien vesialtistusmallien on havaittu palauttavan maksimaalisen voimatason nopeammin, parantavan voimantuoton tehoa, lisäävän palautumisen jälkeistä maksimaalista työskentelyaikaa, edistävän verenkiertoa ja nopeuttavan laktaatin poistoa sekä vähentävän raskaan työn jälkeistä lihasturvotusta. Lisäksi vesialtistusten on todettu vähentävän raskaan työn jälkeistä lihaskipua (Wilcock ym. 2006; Vaile ym. 2007; Vaile ym. 2008; Heyman ym. 2009; Ingman ym. 2009; King & Dunfield 2009; Pointon ym. 2012).

Kontrastivesiterapian tarkoituksena on kylmäimmersion avulla ensin hidastaa verenkiertoa ja sen jälkeen lämpimällä aikaansaada nopea verenkierron lisääntyminen lihaksessa. Äkillisesti lisääntynyt verenkierto huuhtoo pois aineenvaihduntatuotteita, jolloin lihaksen normaali energia-aineenvaihdunta palautuu nopeammin.

Kontrastivesiterapian fysiologiset vaikutukset vammojen hoitoon on dokumentoitu hyvin, mutta sen fysiologiset perusteet raskaasta fyysisestä suorituksesta palautumisen edistämiseksi ovat vähemmän tunnettuja (Cochrane 2004; Bieuzen ym. 2013). Useimmat tutkimustulokset viittaavat siihen, että kontrastivesiterapia auttaa lieventämään pieniä lihaskivun oireita verisuonten laajenemisen ja supistumisen kautta stimuloimalla siten verenkiertoa ja vähentämällä turvotusta. Nykytiedon perusteella kontrastivesiterapia on joka tapauksessa passiivista palautumista tai lepoa parempi palautumisen muoto. Optimaalinen kontrastivesiterapian toteutus eli altistusten kesto ja vuorojärjestys, on edelleen selvittämättä.

Kylmävesiterapian tavoitteena on nopeuttaa fyysisen työn aiheuttaman lihaksen lämpötilan nousun palautumista normaaliksi ja vähentää tulehduksellisia reaktioita. Toistuvan viileävesialtistuksen on todettu muuttavan koko kehon tasolla elimistön fysiologista vastetta (Eglin & Tipton 2005). Työelämäkontekstissa tehdyn tutkimuksen (Buijze ym. 2016) mukaan rutiininomainen viileässä suihkussa käyminen vähintään 30 päivän ajan voi jopa vähentää sairaspöissaolojen määrää.

## 2.2 Sumusuihku

Sumusuihku on käytetty kylmäaltistuksen toteuttamiseen tulehduksellisen kroonisen niveltulehduksen kylmähoitoon. Hinkan yms. tutkimuksessa (2016) kylmäsumusuihkuä käytettiin viikon ajan 121 niveltulehduspotilaan kotihoidossa. Kipua ja unenlaatua arvioitiin VAS-asteikolla ja mielialaa DEPS-asteikolla. Hoitovaikutus oli tilastollisesti merkitsevä ja tuloksissa oli viitteitä paremmasta unen laadusta, mutta mielialassa ei eroavaisuuksia nähty. Tutkimustuloksissa todettiin, että kylmähoitomenetelmä voi tarjota turvallisen vaihtoehdon kivun itsehoitoon kotona. Lisätutkimuksia tarvitaan kuitenkin kliinisen merkityksen selvittämiseksi.

## 2.3 Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli vakioituissa olosuhteissa selvittää missä määrin sumusuihkulla toteutettu, koko kehon tasoinen, viileä- ja viileä-lämminvesialtistus nopeuttaa raskaasta työkuormituksesta palautumista verrattuna tilanteeseen, jossa altistusta ei käytetä.

Tutkimuskysymykset olivat:

1. Edistävätkö sumusuihku-altistukset koko kehon kuormittumista ja stressiä osoittavien muuttujien (autonomisen hermoston tasapaino, hormonivasteet) palautumista?
2. Edistävätkö sumusuihku-altistukset paikallisten vasteiden (lihask rakenne, lihasvoima, refleksivasteet) kuormituksesta palautumista?

### 3 MENETELMÄT

Tutkimukseen osallistui kymmenen vapaaehtoista ja tervettä, vakituiseen pelastushenkilöstöön kuuluvaa pelastajaa Oulu - Koillismaan pelastuslaitokselta (Taulukko 1).

*Taulukko 1. Tutkimukseen osallistuneiden koehenkilöiden ikä, pituus, paino, rasvaprosentti, kehon painoindeksi (BMI) ja työkokemus vuosina (keskiarvo ± keskihajonta).*

<b>Ikä (v)</b>	<b>Pituus (cm)</b>	<b>Paino (kg)</b>	<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Työkokemus (v)</b>
41,2±6,4	178,7±4,9	81,2±4,7	25,4±1,9	13,7±6,6

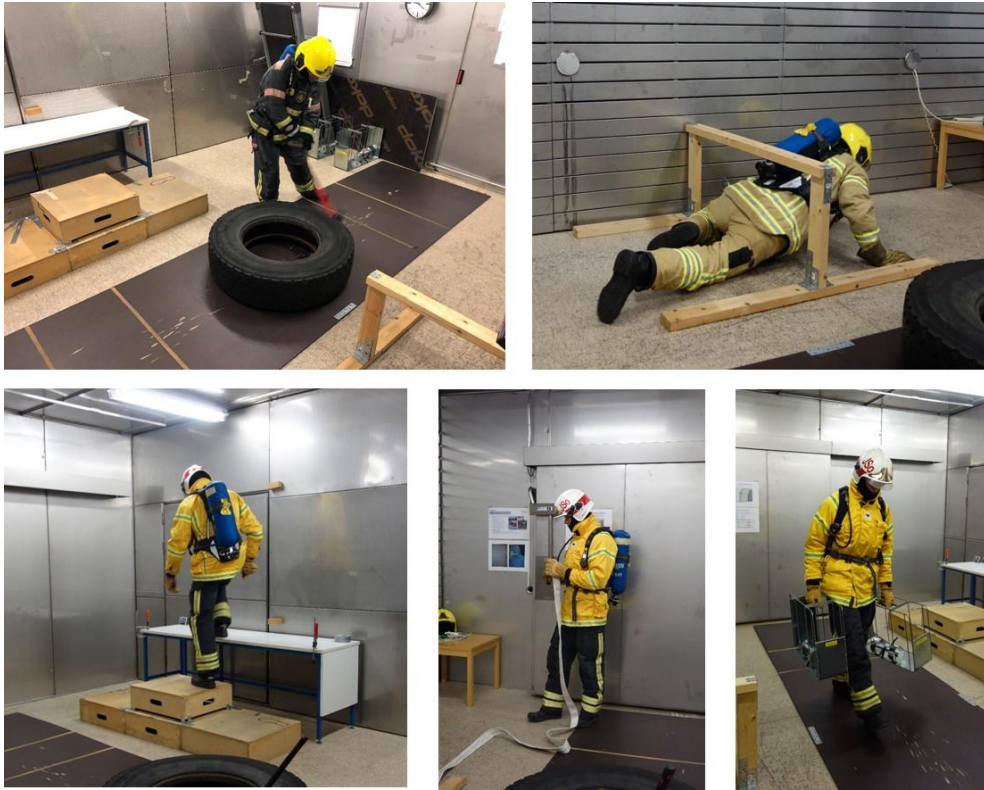
#### 3.1 Kuormitus

Koehenkilöt suorittivat raivausta ja savusukellusta simuloivan kuormitustestiradan Työterveyslaitoksen Oulun toimipisteen kuormituslaboratoriossa, Kastellin tutkimuskeskuksessa. Jokainen tutkittava suoritti kuormitustestiradan kolme kertaa, kertojen väli oli vähintään yksi viikko. Kahdella käyntikerralla palautumista pyrittiin aktiivisesti nopeuttamaan joko viileä- tai viileä-lämmivesisumusuihkulla. Yhdellä kerralla ei palauttamista tehty (referenssikäynti). Mittaukset tehtiin satunnaistetussa järjestyksessä.

Kuormitus suoritettiin ilmastovakioidussa kammiossa, jossa ilman lämpötila oli 22±1 °C ja ilman suhteellinen kosteusprosentti 30±5 %. Testirata suoritettiin täydessä savusukellusvarustuksessa pois lukien alushappu ja hengitysmaski. Varustus painoi paineilmasäiliön kanssa n. 25 kg. Koehenkilöt ohjeistettiin suorittamaan rata maksimiteholla, mutta siten, että voimia säästyy loppuun saakka myös "uhrin" pelastamiseen. Kuormitusrata sisälsi seuraavat osiot:

- 57 kg painavan kuorma-auton renkaan moukarointi 7 kg moukarilla
- 60 cm korkean esteen ylitys ja alitus
- 25 m pitkän letkun rullaus
- kolmen askelman (20 cm) porrastus ylös ja alas
- 13 kg painavien letkukehikoiden kanto

Kukin osio kesti 2,5 minuuttia. Porrastus suoritettiin neljä kertaa, moukarointia sekä esteen ylitystä/alitusta tehtiin kolme kertaa, rullausta ja kantamista kerran. Suorituksen kokonaiskesto oli 30 minuuttia (Kuva 1).



Kuva 1. Kuormitusrata. Ylhäältä vasemmalta: moukarointi, esteen ylitys ja alitus, porrasmousu, letkun rullaus, letkukehikoiden kanto.

### 3.2 Mitatut muuttujat

Kuormitustestin aikana mitattiin ranteen koukistaja- ja ojentajalihasten (m. flexor- ja extensor carpi radialis) sekä nelipäisen reisilihaksen (m. quadriceps femoris) ja kaksipäisen reisilihaksen (m. biceps femoris) lihassähköistä aktiivisuutta (elektromyografia, EMG, ME6000, Mega Elektronikka, Suomi). Testissä mitattu aktiivisuus suhteutettiin ennen testiä mitattuun maksimaaliseen lihassähköiseen aktiivisuuteen, jolloin testin aikainen lihaksiston kuormittuneisuuden taso voitiin määrittää. Tulos ilmaistaan prosentteina maksimaalisesta lihasaktiivisuudesta (%MEMG). Työn päätyttyä koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan oma yleinen (koko keho) ja paikallinen (kynärvarsi ja reisi) fyysisen kuormittuneisuuden tasonsa käyttäen vakioitua RPE asteikkoa (Borg 1998, ISO 10551, 1995).

Kuormitustestin ja sitä seuraavan kahden tunnin palautumisjakson aikana koehenkilöiltä mitattiin iholämpötiloja jatkuvasti (YSI 400 anturit, YSI, USA ja Smart Reader plus 8 datan keräysyksikkö, ACR Systems Inc. Kanada). Lämpötila-anturit sijaitsivat kehon vasemmalla puolella alaselässä, lapaluun alapuolella, olkapään etu- ja takapuolella, rintalihaksen

päällä, vatsalla ja reisilihaksen päällä. Samanlaista mittalaitetta käytettiin myös sumusuihkun lämpötilan mittaamiseen. Anturit roikkuivat vapaasti keskellä suihkualaa suihkuhanan tasolla sekä 30 cm hanan tason ylä- ja alapuolella. Lämpötilamittauksilla haluttiin todeta rasituksen lämpökuorma, sekä ihon lämpötilan lasku sumusuihkumenetelmällä tai ilman palautumismenetelmän käyttöä.

Kuormitusradan ja sitä seuraavan yli vuorokauden (28 h) palautumisjakson aikana mitattiin jatkuvasti sykevälivaihtelua (Bodyguard2, Firstbeat Technologies Oy, Suomi). Lisäksi mitattiin syljen kortisoli- ja  $\alpha$ -amylaasitaso (SOMA Bioscience Ltd, Iso-Britannia) ennen ja jälkeen kuormituksen sekä ajanhetkillä 45 minuuttia, 2, 4 ja 7 tuntia työn päättymisestä.

### 3.2.1 Lihasvoima ja hienomotoriikka

Yläraajan ja reiden lihaksiston palautumista seurattiin kokonaisvaltaisesti mittaamalla muutoksia lihasvoimassa, hermostollisessa säätelyssä ja lihasrakenteessa sekä kysymällä subjektiivista arviota palautumisen tasosta asteikolla 0-10 (Visual Analogue Scale, Hayes & Patterson 1921, 0 = täysin palautunut – 10 = täydellinen väsymys). Näihin liittyviä muuttujia mitattiin ennen ensimmäistä kuormituskertaa (perustasomittaus) ja jokaisen kuormitusradan jälkeen.

Maksimaalisen lihasvoiman heikentyminen sekä voimantuotto- ja relaksaationopeuden hidastuminen ovat perinteisiä lihasväsymyksen osoittimia. Lisäännytynyt submaksimaalisen supistuksen aikainen voimatason vaihtelu halutun tason ylä- tai alapuolella on osoitus heikentyneestä hienomotoriikasta. Lihasvoiman osalta mitattiin maksimaalinen ja submaksimaalinen (10 ja 30 % tasolla maksimista, 10/30%MVC) käden puristusvoima (puristusvoimadynamometri, Newtest, Suomi). Submaksimaalisissa mittauksissa tutkittavia pyydettiin pitämään edessä olevan näytön avulla haluttu voimataso 5 sekunnin ajan mahdollisimman tarkasti. Mittaukset analysointiin hankkeeseen tehdyllä Phyton-ohjelmalla (Niemelä 2019), jolla laskettiin maksimivoiman lisäksi voimantuotto- ja relaksaationopeus, sekä hienomotoriikasta kertova puristusvoimasignaalin pinta-ala tavoitetason ympärillä, pinta-ala keskiarvon alapuolella, voimatason vaihtelun määrä tavoitetason ylä- tai alapuolella, keskihajonnat, keskiarvot ja variaatiokertoimet.

### 3.2.2 Refleksivaste

Hermostollisen säätelyn osalta mitattiin ranteen ojentajan venytysrefleksin vaste. Refleksivasteen mittaus tapahtui LinMot E1000 MT venytysrefleksimittauslaitteistolla (NTI AG, Sveitsi) ja EMG-mittauslaitteella. Refleksivasteesta määritetään lihastason hermostollista säätelyä kuvaavat lyhyt (SL) ja keskipitkä (ML) vaste, sekä keskushermostotason hermostollista säätelyä kuvaava pitkä vaste (LL).

### 3.2.3 Lihasrakenne

Lihsrakennetta mitattiin ultraäänilaitteella (Logiq-5, GE Medical Systems Inc, USA) ja lihasjäykkyyttä myotonometrillä (Myoton-3, Müemeetria Ltd, Viro). Ultraäänilaitteella otettiin kolme pitkittäis- ja poikittaiskuvaa ranteen koukistajalihaksesta ja niistä analysoitiin lihaksen keskimääräinen poikkileikkauspinta-ala ja pennaatiokulma (lihaksen ylimmän ja alimman kalvon välinen kulma). Tyypillisesti väsymys aiheuttaa pinta-alan ja pennaatiokulman kasvua. Myotonometrilaitteella annettiin viisi peräkkäistä vakiosuuruista (0,5 N) iskua ranteen koukistaja- ja ojentajalihaksille. Lihaksen värähtelyn vaimenemisnopeuden ja suuruuden perusteella laite mittaa muutosta lihaksen elastisuudessa, jäykkyydessä ja kiinteydessä eli lihaksen kimmo-ominaisuuksissa.

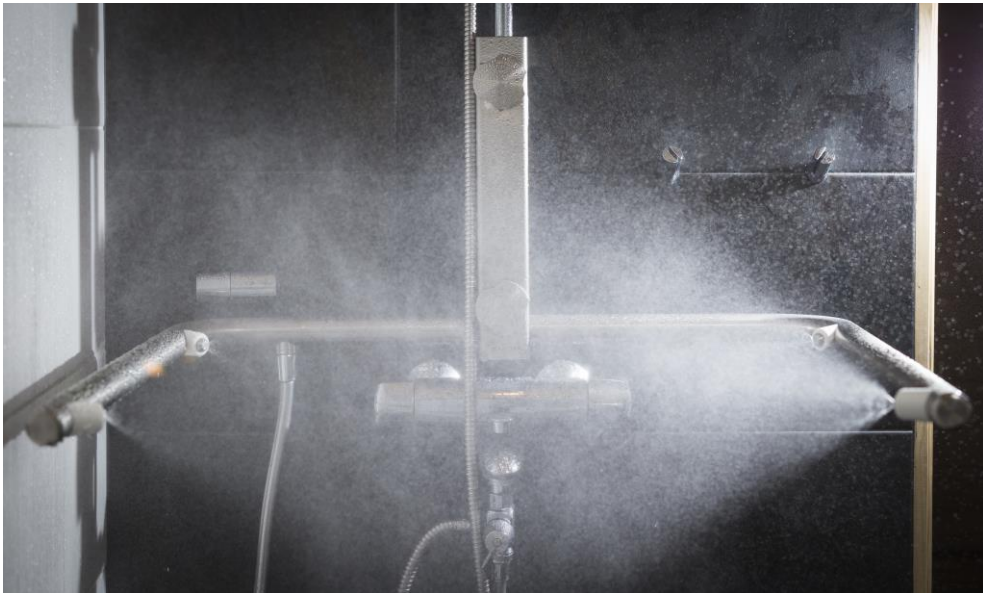
## 3.3 Palautuminen

Palautumista mitattiin huoneen lämpötilassa (n. +20 °C) ajanhetkillä 0 ja 45 minuuttia, 2, 4, 7 ja 28 tuntia työn päättymisestä. Kahdella eri mittauskerralla sumusuihkun avulla toteutettuja palautumismenetelmiä käytettiin välittömästi rasituksen jälkeisen ensimmäisen mittauksen jälkeen. Koehenkilö kävi joko viileässä (+15 °C) sumusuihkussa (C), lämmintä (+35 °C) ja viileää syklistä 1,5 minuutin välein vuorottelevassa sumusuihkussa (CW) tai oli ilman palauttavaa sumusuihkumenetelmää (R). Koehenkilöt ohjeistettiin olemaan viileä-lämminsumusuihkussa vähintään kaksi sykliä kummassakin lämpötilassa, muuten sumusuihku aikaa ei rajoitettu. Sumusuihkukäynnin jälkeen koehenkilöiltä kysyttiin arviot käytetyn palautumismenetelmän miellyttävyydestä ja lämpöviihtyvyydestä.

### 3.3.1 Sumusuihku

Sumusuihkulaitteisto (Amandan Healthcare Oy, Suomi, Kuva 2) oli asennettu tavalliseen suihkuun kuormituslaboratorion kylpyhuoneeseen. Halutut lämpötilat säädettiin etukäteen putkistoon liitetyn vesilämpömittarin avulla. Sumusuihkulaitteisto koostuu liitosletkusta, kolmitieventtiilistä ja U-putkesta, jossa on neljä sumusuutinta. Sumupilarin optimaalinen korkeus on hartioiden tasalla. Laite tuottaa sumupilarin tasaisesti koko kehon ympärille. Viileää vettä käytettäessä sumu sitoo tehokkaasti lämpöä kehosta ja ympäröivästä ilmasta. Suihkun vedenkulutus on puoli litraa minuutissa.





Kuva 2. Normaaliin suihkuun liitettävä sumusuihku ja neljän suuttimen muodostama sumupilari (kuva: Amandan Healthcare Oy).

### 3.4 Tilastollinen analyysi

Aineisto todettiin normaalijakautuneeksi (Kolmogorov-Smirnov, SPSS Statistics 25, IBM) ja ryhmien sisäisiä muutoksia ajan suhteen tarkasteltiin toistettujen mittausten kovariansianalyysillä (ANCOVA), jossa kovariaattina oli lähtötason arvo. Eri muuttujien osalta palautumisen katsottiin tapahtuneen, kun muuttujan arvo hajonnan kanssa saavutti perustasomittauksen arvon. Kuormituksen aiheuttamaa muutosta tarkasteltiin yksisuuntaisen riippuvan otoksen t-testillä. Tulos katsotaan merkitseväksi, kun  $p < 0,05$ .

## 4 TULOKSET

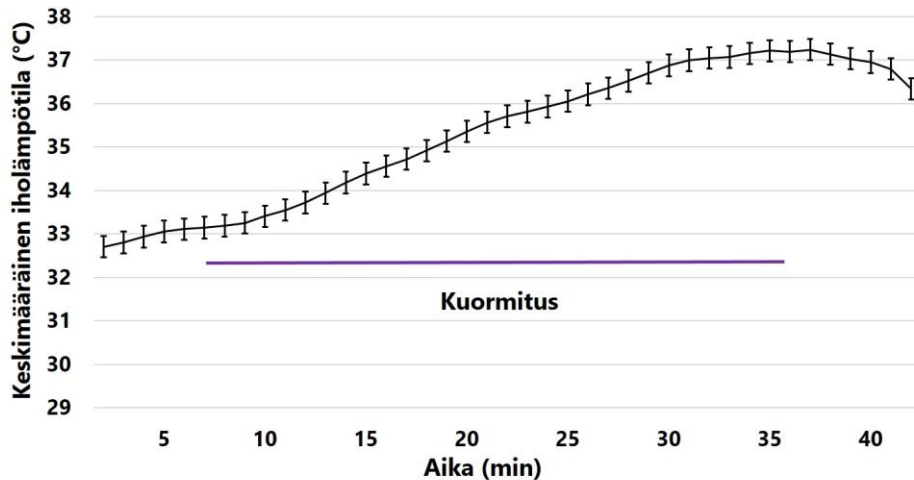
### 4.1 Kuormitus

Raivaus- ja pelastustyötä simuloiva, vakioitu kuormitusrata suunniteltiin koko kehoa voimakkaasti kuormittavaksi. Työn aikainen keskimääräinen sykintätaajuus oli  $149 \pm 3$  lyöntiä  $\cdot \text{min}^{-1}$  ja keskimääräinen maksimaalinen sykintätaajuus  $169 \pm 3$  lyöntiä  $\cdot \text{min}^{-1}$ . Työn keskimääräinen rasittavuus esitettyinä lepoaineenvaihdunnan kerrannaisina (MET) oli  $8,9 \pm 0,2$  MET ja piikkikuormitus keskimäärin  $10,7 \pm 0,2$  MET. Radan fyysinen kuormittavuus oli keskimäärin  $70,9 \pm 2,1$  % koehenkilöiden keskimääräisestä maksimisuorituskyvystä. Lihaksiston kuormittuneisuus oli työn aikana keskimäärin  $14,1 \pm 0,2$  %MEMG. Subjekttiivinen arvio yleisestä ja paikallisesta kuormittuneisuudesta oli hyvin rasittava (RPE 16-17). Eri mittauskertojen välinen vaihtelu näissä muuttujissa oli minimaalista (Taulukko 2).

*Taulukko 2. Keskimääräinen ja maksimaalinen sykintätaajuus (HR), keskimääräinen ja maksimaalinen energiankulutus (MET), suhteellinen kuormittuneisuus (%VO<sub>2</sub>max) ja lihasten kuormittuneisuus (%MEMG) työn aikana ja työn jälkeen koettu yleinen (RPE yleinen) ja paikallinen (RPE käsi, jalka) kuormittuneisuus eri mittauskerroilla.*

<b>Muuttuja</b>	<b>Referenssi (R)</b>	<b>Viileä sumusuihku (C)</b>	<b>Viileä-lämmisuihku (CW)</b>
HR, keskimääräinen	149±5	148±5	149±6
HR, maksimaalinen	169±5	169±4	168±5
MET, keskimääräinen	9,0±0,4	8,9±0,3	9,0±0,5
MET, kuormittavin	10,8±0,3	10,4±0,4	10,7±0,3
%VO <sub>2</sub> max	71,2±3,9	70,3±3,4	71,0±3,4
%MEMG, käsi ojentaja	13,1±2,2	12,9±1,8	15,6±2,5
%MEMG, käsi koukistaja	16,7±1,5	17,7±2,0	16,9±2,4
%MEMG, reisi	12,3±1,5	11,3±1,3	10,8±1,6
RPE, yleinen	17	17	17
RPE, käsi	16	16	16
RPE, jalka	16	16	17

Keskimääräinen iholämpötila ( $T_{sk}$ ) oli kuormitusradan alussa lämpöviihtyisällä tasolla, keskimäärin  $33,1 \pm 0,7$  °C, mutta nousi työn aikana 4,1 asteella  $37,2$  °C:een (Kuva 3, Taulukko 3). Tämä koetaan keskimäärin epäviihtyisäksi ja se aiheuttaa suorituskyvyn laskua (Lotens 1988).

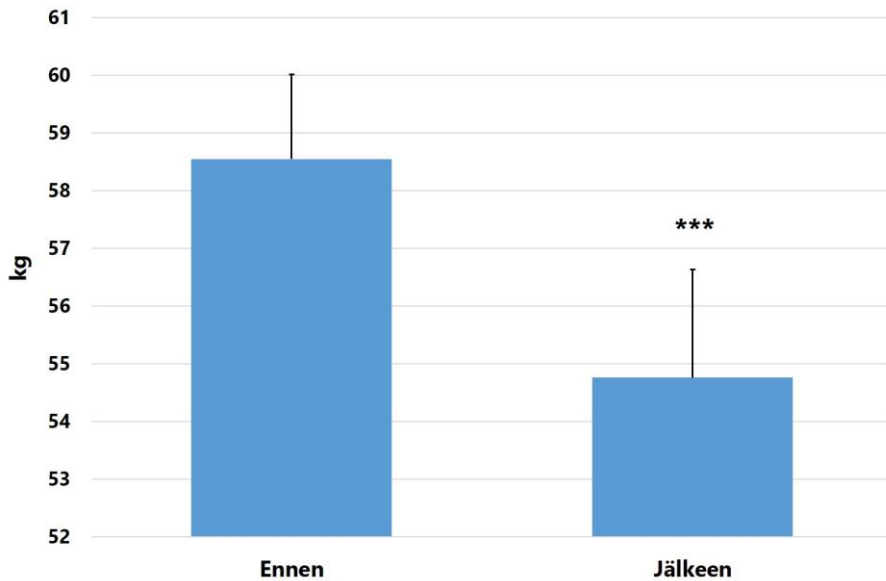


Kuva 3. Keskimääräisen iholämpötilan muutos työn (kuormitus) aikana.

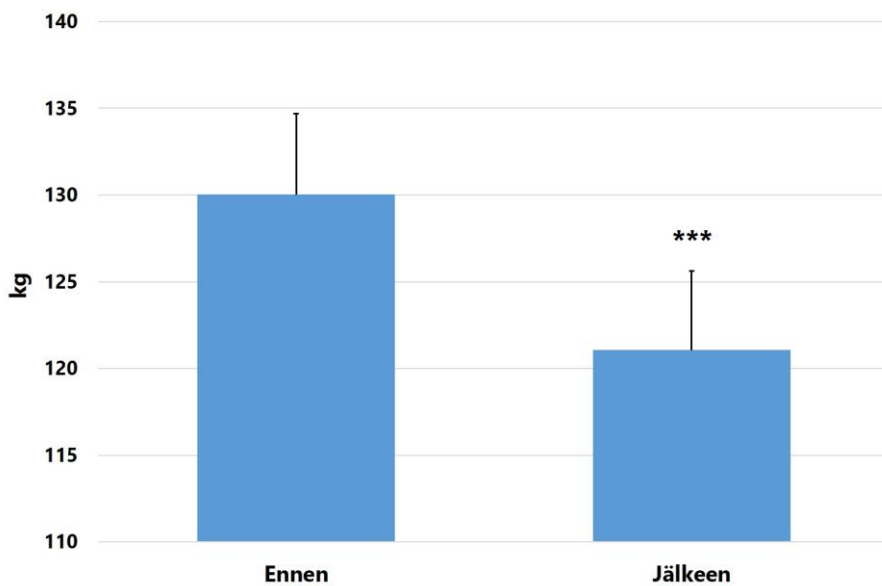
Taulukko 3. Rasituksen aikana mitatut keskimääräiset (ka) ja maksimaaliset (Peak) iholämpötilat hajontoineen (SD) eri mittauskerroilla. R = referenssi, C = viileäsumusuihku, CW = viileä-lämmisumusuihku.

	R	C	CW
ka±SD	35,4±0,9	35,3±0,9	35,5±0,9
Peak±SD	36,9±0,9	37,2±0,5	37,5±0,4

Voimatason lasku on hyvä indikaattori lihaksen väsymiselle (Nocella ym. 2011). Väsymyksen seurauksena voimantuotto heikkenee ja EMG-aktiivisuus laskee, koska lihaksen motoristen yksiköiden rekrytointi heikkenee (Arabadzhev ym. 2010; Cifrek ym. 2009). Kuormitusradan seurauksena koehenkilöiden maksimaalinen lihasvoima heikkeni merkittävästi, puristusvoima 6,5 % (Kuva 4) ja reiden maksimivoima 6,8 % (Kuva 5). Käsivarren lihaksiston kuormittuneisuus oli keskimäärin  $15,4 \pm 6,1$  ja reiden  $11,4 \%MEMG \pm 4,2$  %, mikä käden osalta ylittää suositellun 14 prosentin rajan työkuormitukselle (Jonsson 1982).

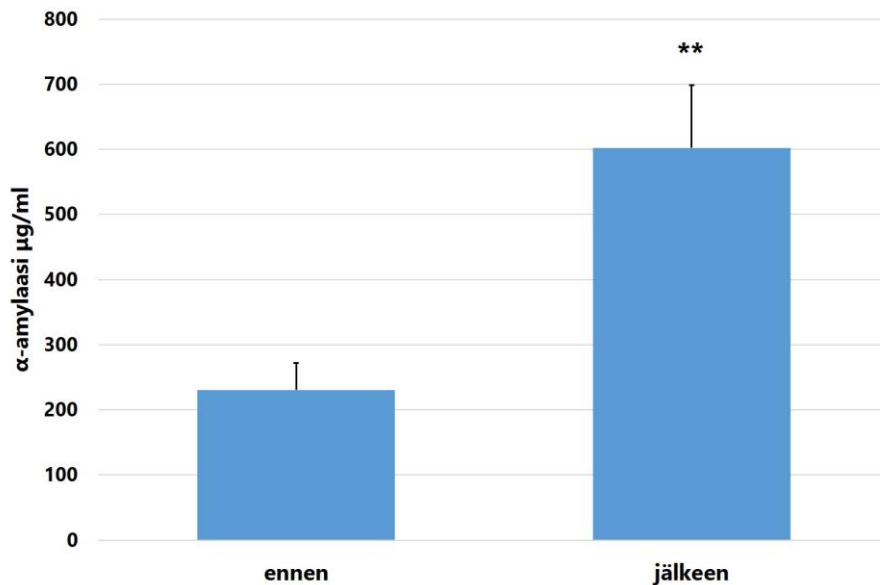


Kuva 4. Maksimipuristusvoiman ( $ka \pm SE$ ) suuruus ennen kuormitustestirataa ja välittömästi sen jälkeen. Rasitus aiheutti tilastollisesti merkitsevän ( $P < 0,001$ ) maksimipuristusvoiman heikentymisen.

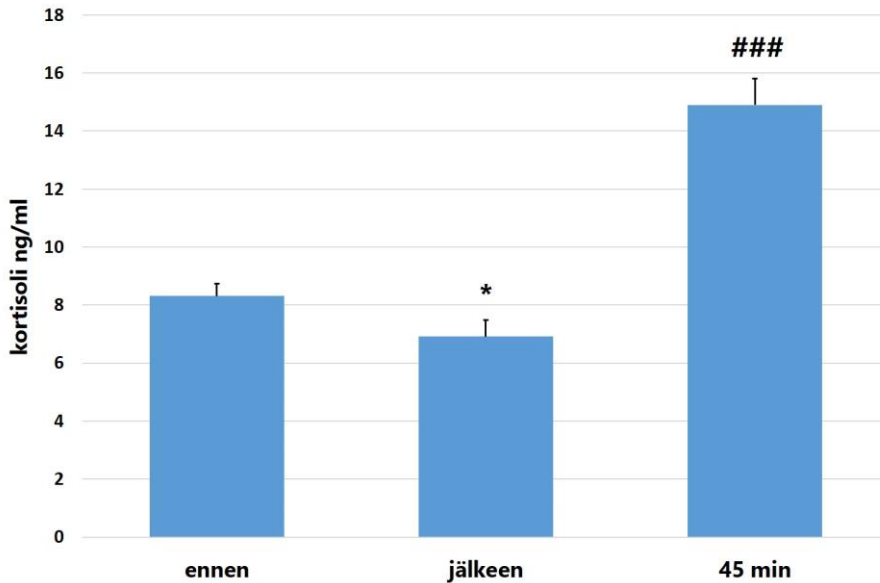


Kuva 5. Reiden maksimivoimantuoton ( $ka \pm SE$ ) suuruus ennen kuormitustestirataa ja välittömästi sen jälkeen. Rasitus aiheutti tilastollisesti merkitsevän ( $P < 0,001$ ) reisilihaksen maksimivoiman heikentymisen.

Fyysisen kuormituksen intensiteettiä voidaan arvioida myös mittaamalla tiettyjen hormonasojen muutoksia akuutin fyysisen stressitilan seurauksena. Syljen  $\alpha$ -amylaasi- ja kortisolitasojen vaihtelu ovat voimakkaan fyysisen rasituksen seurausta siten, että  $\alpha$ -amylaasitaso nousee välittömästi, kortisolitaso viivästyneesti rasituksen päättymisestä (Perroni ym. 2009; Nater & Rohleder 2009; Backé ym. 2009; de Oliveira ym. 2010). Kuormitusradan seurauksena koehenkilöiden syljen hormonasot nousivat merkittävästi,  $\alpha$ -amylaasi välittömästi rasituksen jälkeen ja kortisoli 45 minuutin kuluttua rasituksesta (Kuvat 6 ja 7).



Kuva 6. Syljen  $\alpha$ -amylaasitaso ( $ka \pm SE$ ) ennen kuormitustestirataa ja välittömästi sen jälkeen. Hormonitaso nousi kuormituksen aikana tilastollisesti merkittävästi ( $p < 0,01$ ).



Kuva 7. Syljen kortisolitaso ( $ka \pm SE$ ) ennen kuormitustestirataa, välittömästi sen jälkeen ja 45 minuutin kuluttua kuormituksen päättymisestä. Välittömästi kuormituksen jälkeen syljen kortisolitaso putosi tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,05$ , \*), mutta nousi merkitsevästi 45 minuutin kuluttua rasituksen päättymisestä ( $p < 0,001$ , ###) verrattuna lähtötilanteeseen.

## 4.2 Palautuminen

Kuva 8 on yhteenveto käytetyistä menetelmistä ja analysoiduista muuttujista. Koostematriisi osoittaa, että lihaksiston eri muuttujien palautumisnopeus vaihtelee ja palautuminen riippuu myös käytetystä sumusuihkualtisteesta. Mitä vihreämpi muuttujan kohdalla oleva ruutu on, sitä nopeammin kyseinen sumusuihkumenetelmä palauttaa muuttujan normaalitasolle. Mitä punaisempi ruutu on, sitä kauemmin palautuminen kyseisen muuttujan kohdalla kestää.

Kaikkien muuttujien yhteenlaskettu keskimääräinen palautumisnopeus osoittaa, että viileävesisumusuihkun jälkeen koko kehon palautuminen on lähes kaksi (1,96) kertaa nopeampaa verrattuna siihen, ettei palauttavaa menetelmää käytetä. Myös viileä-lämminvesisumusuihku tehostaa palautumista (1,34 kertaisesti) referenssiin verrattuna.

Kaikki mitatut muuttujat ja eri sumusuihkualtistusten tilastollisesti merkitsevä kokonaisvaikutus palautumiseen on esitetty taulukoituna Liitteessä 1.

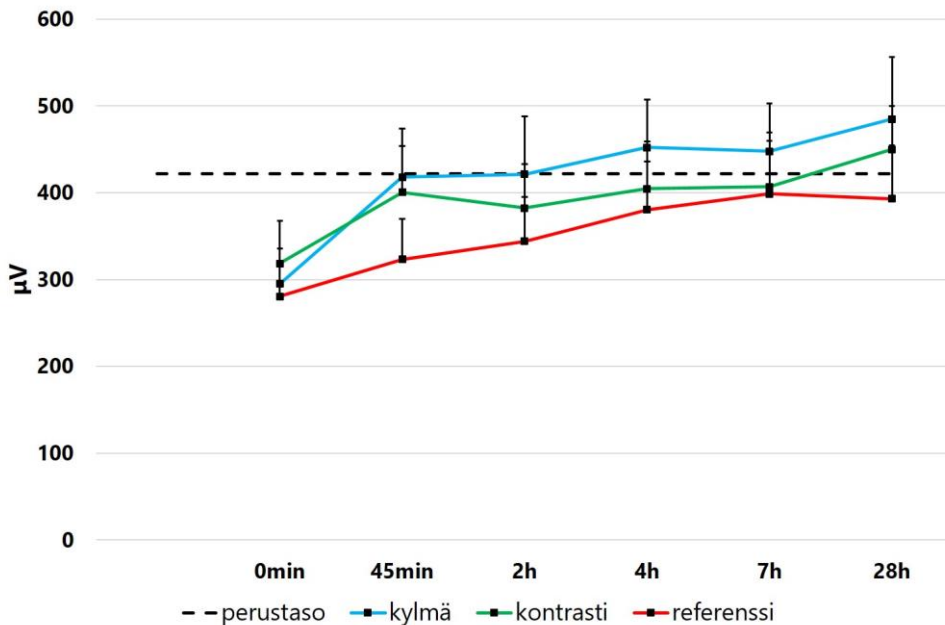
	Referenssi	Kylmä	Kontrasti
<b>Voimantuottonopeus</b>	4	4	4
<b>Relaksaationopeus</b>	2	2	4
<b>Maksimaalinen lihasvoima</b>	7	2	0,75
<b>Refleksivasteen viive, lihastaso</b>	4	0,75	4
<b>Refleksivasteen viive, keskushermostotaso</b>	2	0,75	0,75
<b>Refleksivasteen voimakkuus, lihastaso</b>	4	0,75	4
<b>Refleksivasteen voimakkuus, keskushermostotaso</b>	4	4	2
<b>Lihaksen jäykkyys</b>	7	4	7
<b>Lihaksen elastisuus</b>	4	2	4
<b>Lihaksen kiinteys</b>	7	4	4
<b>Pennaatiokulma</b>	4	0,75	4
<b>Lihaksen poikkileikkauspinta-ala</b>	7	4	4
<b>Keskimääräinen palautumisnopeus</b>	4,7	2,4	3,5

Kuva 8. Palautusmenetelmien koostematriisi. Numerot tarkoittavat palautumisaikaa tunteina. 'Referenssi' on mittauskerta, jolloin palautumista edistävää sumusuihkumenetelmää ei käytetty. 'Kylmä' on mittauskerta, jolloin palautumisen edistämiseen käytettiin viileäsumusuihkuja. 'Kontrasti' on palautusmenetelmä, jossa sumusuihkun lämpötilaa vaihdeltiin viileän ja lämpimän välillä.

#### 4.2.1 Lihasvoima ja tarkkuus

Maksimaalisen lihasvoiman (maksimipuristusvoima ja reiden maksimiojennusvoima) palautuminen kesti pisimpään ilman sumusuihkualtistusta. Viileä-lämminvesisumusuihku palautti maksimaalisen lihasvoiman lähtötasolle tehokkaimmin (Kuva 8, matriisi). Lihaksen voimatason lasku havaitaan myös lihaksen sähköisen aktiivisuuden muutoksina. Molemmat sumusuihkualtistukset edistivät myös lihassähköisen aktiivisuuden palautumista (kuva 9). Myös lihaksen relaksaatioaika palautui nopeammin molempien sumusuihkualtistusten jälkeen referenssiin verrattuna.

Lisääntynyt submaksimaalisen puristuksen (10-30 % maksimista) aikainen voimatason vaihtelu halutun tason ylä- tai alapuolella on osoitus heikentyneestä hienomotoriikasta. Sekä viileävesisumusuihku että viileä-lämminvesisumusuihku tehostivat hienomotoriikan palautumista. Puristusvoimasignaalin pinta-ala tavoitetason ympärillä pieneni, eli hienomotoriikka palautui 4-7 tunnin kuluttua työn päättymisestä. Referenssimittauksessa hienomotoriikka ei palautunut 28 tunnin aikana.



Kuva 9. Etureiden keskimääräinen lihassähköinen aktiivisuus (aEMG) heti kuormitustestiradan jälkeen (0 min) ja palautumisen aikana (45 min – 28 h). Palautuminen perustasolle (katkoviiva) oli nopeampaa sekä viileäsumusuihkua (kylmä) että viileä-lämminsumusuihkua (kontrasti) käyttämällä verrattuna tilanteeseen, jossa palauttavaa suihkua ei käytetty (referenssi).

#### 4.2.2 Hermostollinen säätely

Venytyksrefleksi on monosynaptinen refleksi, jossa toimivat vain sensoriset ja motoriset hermosolut. Tämä refleksivaste on reflekseistä nopein ja se suojaa lihaksia venähdyksiltä ja sitä kautta vaurioilta. Lihaksen nopea venytys aiheuttaa saman lihaksen supistumisen ja EMG-vasteen eri viiveillä eli latenssiajoilla. Latenssiajat jaotellaan paikallisiin lihastason viiveisiin (lyhyt, SL ja keskipitkä, ML) ja keskushermostotason (pitkä, LL) viiveeseen. Kehoa voimakkaasti kuormittava fyysinen rasitus aiheuttaa muutoksia venytysrefleksin latenssiaikoihin ja voimakkuuteen (Duchateau & Hainaut 1993, Matthews 1989).

Hermostollisen säätelyn palautuminen tehostui hieman käytettäessä sumusuihkumenetelmiä. Keskimäärin molemmat sumusuihkukvaliteetit palauttivat refleksitason viiveen ja refleksin voimakkuuden referenssiä nopeammin (Kuva 8, matriisi).

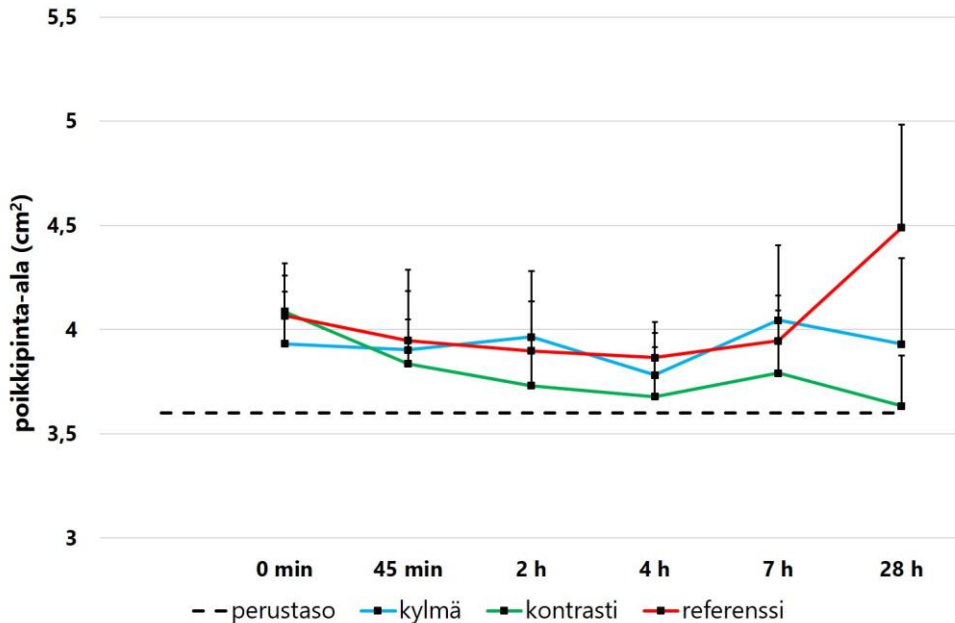
#### 4.2.3 Lihasrakenne

Lihaskudos on tyypillinen kudos jonka rakenne luo edellytyksen toiminnalle. Tästä syystä lihaksen hetkelliset rakenteelliset muutokset raskaan fyysisen työn ja väsymisen seurauksena vaikuttavat välittömästi lihaksen toimintaan ja niiden nopea palautuminen on keskeistä lihaksen optimaalisen toiminnan kannalta.



#### 4.2.3.1 Lihaksen poikkipinta-ala ja pennaatiokulma

Ultraäänellä mitatuista lihasrakenteen muuttujista lihaksen poikkipinta-ala kasvaa tyypillisesti fyysisen työn seurauksena johtuen lihaksen akuutista turvotuksesta (Grenshaw ym. 1994). Suhteessa referenssiin lihasturvotus palautui normaalille tasolle nopeammin sekä viileäsumusuihkulla että viileä-lämminsumusuihkulla (Kuva 10).

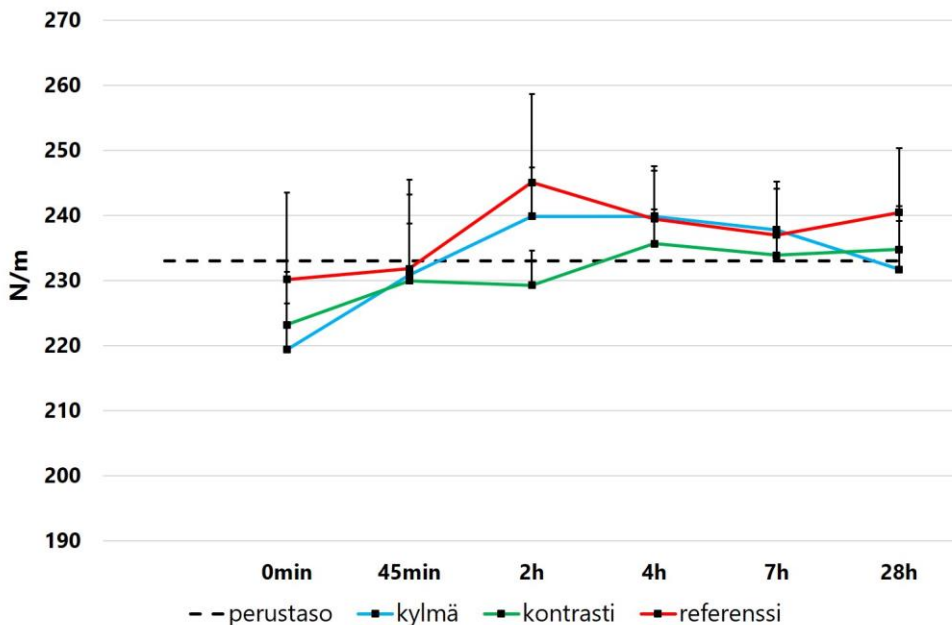


Kuva 10. Lihaksen poikkipinta-ala heti kuormitustestiradan jälkeen (0 min) ja palautumisen aikana (45 min – 28 h). Palautuminen perustasolle (katkoviiva) oli nopeampaa sekä viileäsumusuihkua (kylmä) että viileä-lämminsumusuihkua (kontrasti) käyttämällä verrattuna tilanteeseen, jossa palauttavaa suihkua ei käytetty (referenssi).

Lihaksen pennaatiokulma on koko lihaksen päällimmäisen kalvon ja yksittäisten lihas-säikeiden kalvojen välinen kulma. Mitä suurempi kulma on, sen isompi on nk. lihaksen fysiologinen poikkipinta-ala ja kyky tuottaa voimaa. Pennaatiokulman muutosta suuremmaksi voidaan pitää lihaksen kykyä kompensoida työn aiheuttamaa väsymystä (maksimaalisen voimatason alenemista) ja sen palautumista normaaliksi osoituksena lihaksen palautumisesta. Pennaatiokulman palautuminen oli tehokkainta viileäsumusuihkua käytettyjen jälkeen (Kuva 8, matriisi). Viileä-lämminsumusuihkulla ei ollut vaikutusta palautumisnopeuteen referenssiin verrattuna.

#### 4.2.3.2 Lihaksen kimmo-ominaisuudet

Lihaksen hienorakennetta tutkittiin myotonometrin (nk. lihasvasara) avulla. Tulosten perusteella joko viileävesisumusuihku tai viileä-lämminvesisumusuihku palauttaa kaikkia mitattuja lihaksen kimmo-ominaisuuksia (kiinteys, elastisuus, jäykkyys) nopeammin verrattuna tilanteeseen, jossa palauttavaa menetelmää ei käytetä. Molemmat sumusuihkualitukset vaikuttivat lihaksen jäykkyyden (stiffness) palautumiseen merkittävästi paremmin verrattuna referenssiin (Kuva 11).

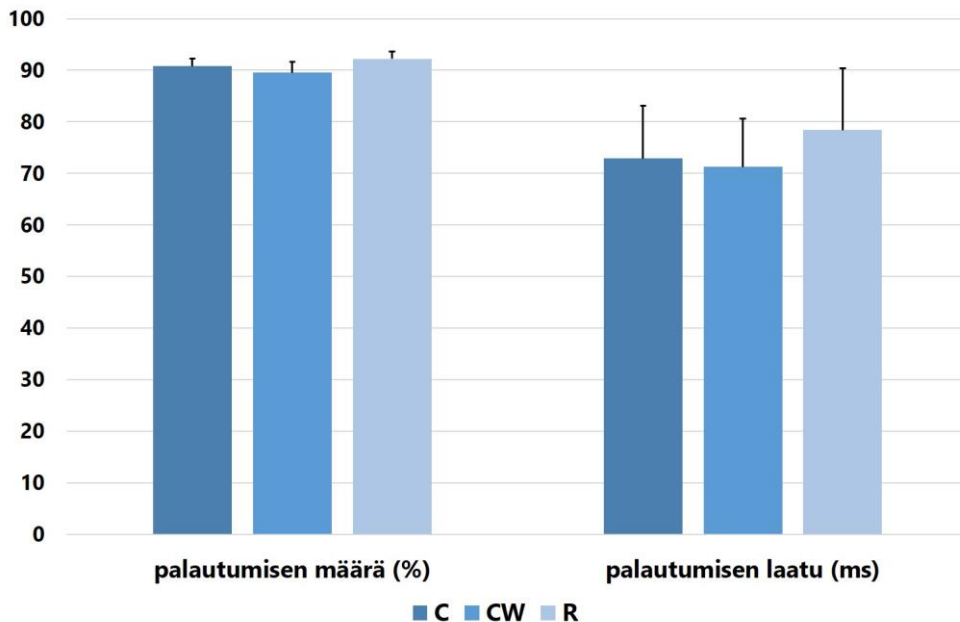


Kuva 11. Lihaksen jäykkyys heti kuormitustestiradan jälkeen (0 min) ja palautumisen aikana (45 min – 28 h). Palautuminen perustasolle (katkoviiva) oli nopeampaa sekä viileäsumusuihkua (kylmä) että viileä-lämminsumusuihkua (kontrasti) käyttämällä verrattuna tilanteeseen, jossa palauttavaa suihkua ei käytetty (referenssi).

#### 4.2.4 Autonominen hermoston tasapaino, unen palauttavuus

Sykevälivaihtelua mitattiin kuormitusta seuraavan yön ajan ja mittauksista analysoitiin unen palauttavuuden määrä ja laatu. Unen palauttavuuteen vaikuttaa unen pituus sekä palautumisen määrä ja laatu unen aikana. Palautumisen määrä tarkoittaa palautumisen prosentuaalista osuutta unijaksosta. Palautumisen laatu puolestaan tarkoittaa sykevälivaihtelun määrää unijakson aikana. Mittauksissa ei havaittu merkittäviä eroja sumusuih-

kualtistusten ja referenssin välillä (Kuva 12). Palautumisen määrä oli unen aikana keskimäärin 91 % unijaksosta (hyvä taso  $\geq 75$  %) ja palautumisen laatu keskimäärin 74 ms (hyvä taso  $\geq 34$  ms).



Kuva 12. Unen palauttavuus. C = viileäsumusuihku, CW = viileä-lämminsumusuihku, R = referenssi.

#### 4.2.5 Iholämpötilat

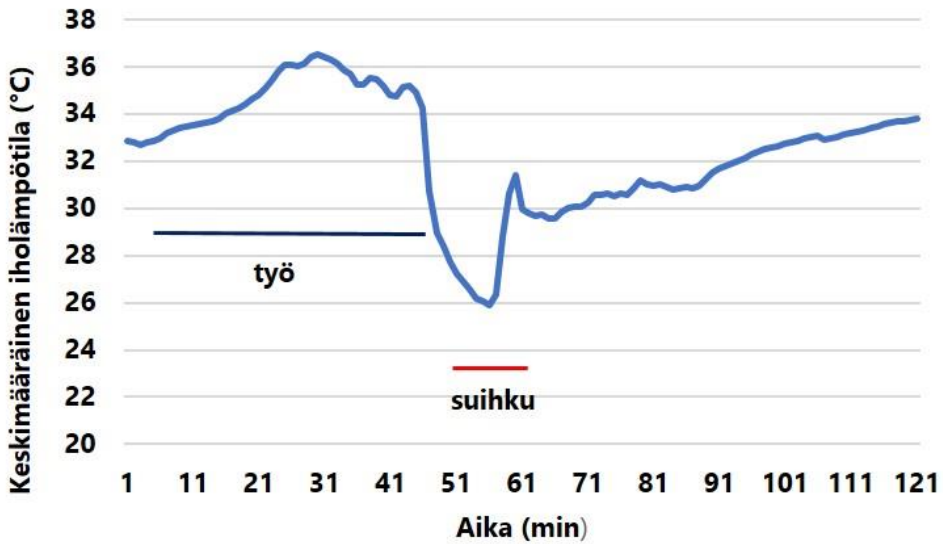
Rasituksen aiheuttama lämpökuormitus oli merkittävää, mutta molemmat sumusuihku-menettelyt viilensivät nopeasti ja tehokkaasti ihon lämpötilaa keskimäärin 7,8 °C kuormituksen aikaisesta iholämpötilojen keskiarvosta (Taulukko 4). Iholämpötilan palautuminen ilman sumusuihku-kualtistusta on tasaista ja jatkuu lähes tunnin ajan rasituksen päättymisestä (Kuva 13). Viileällä sumusuihkuilla ihon lämpötila laskee hetkellisesti nopeasti (Kuva 14). Lämmin-viileäsumusuihkuilla ihon lämpötila vaihtelee sumusuihkuun lämpötilan tavoin sykleittäin (Kuva 15).

Taulukko 4. Palautumismenetelminä käytettyjen sumusuihkujen aikana mitatut iholämpötilat. Lämpötilakeskiarvo (ka), maksimilämpötila (Peak+) ja minimilämpötila (Peak-) ja näiden hajonnat (SD) viileässä sumusuihkussa (C) ja viileä-lämminsumusuihkussa (CW).

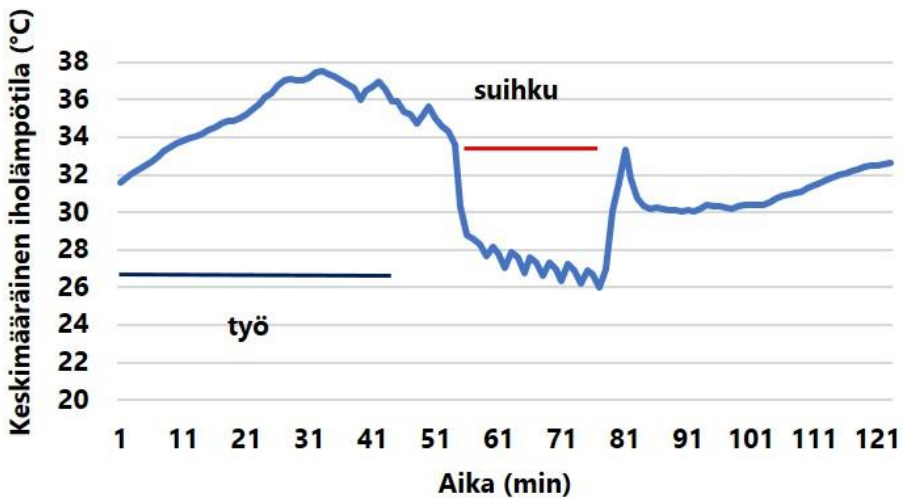
	C	CW
ka ± SD	27,3±0,9	28,0±0,9
Peak+ ± SD	30,3±1,0	30,7±1,7
Peak- ± SD	25,5±1,1	26,8±0,9



Kuva 13. Esimerkki yhden tutkittavan keskimääräisen iholämpötilan vaihteluista, kun palautumismenetelmää ei käytetty.



Kuva 14. Esimerkki yhden tutkittavan keskimääräisen iholämpötilan vaihteluista, kun palautumismenetelmänä oli viileä sumusuihku.

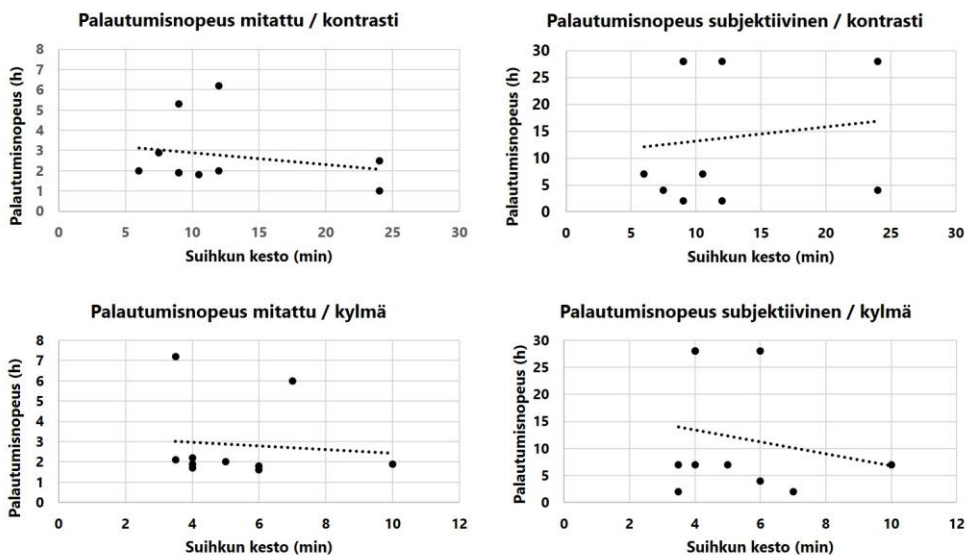


Kuva 15. Esimerkki yhden tutkittavan keskimääräisen iholämpötilan vaihteluista, kun palautumismenetelmänä oli viileä-lämminsumusuihku.

Sumusuihkuaikojen kesto vaihteli riippuen suihkuaikojesta. Viileä-lämminsumusuihkun kesto vaihteli välillä 6-24 min ja viileäsumusuihkun kesto välillä 3-10 min (Taulukko 5). Kuva 16 osoittaa suihkujen keston ja palautumisnopeuden (subjektiivisesti arvioituna sekä mitattuna) välisen suhteen. Kolmessa tapauksessa neljästä palautuminen nopeutuu jonkin verran suihkujen keston pidentyessä.

Taulukko 5. Sumusuihkujen keskimääräinen kesto sekä subjektiivinen arvio lämpötuntemuksesta (9-portaisella asteikolla -4... +4; hyvin kylmä, kylmä, viileä, hieman viileä, neutraali, hieman lämmin, lämmin, kuuma, hyvin kuuma) ja lämpöviihtyvyydestä (5-portaisella asteikolla 0...5; viihtyisä, hieman epäviihtyisä, epäviihtyisä, hyvin epäviihtyisä, erittäin epäviihtyisä).

	C	CW
suihkun kesto (min, ka±SD)	5,3±2,0	12,3±6,4
lämpötuntemus (ka±SD)	-1,9±0,3	-0,7±1,3
lämpöviihtyvyys (ka±SD)	0,9±0,6	1,2±0,9



Kuva 16. Suihkun keston ja palautumisen välinen suhde. Kuvioon piirretty regressiosuora osoittaa muuttujien välisen yhteyden voimakkuuden.

Kaikilta koehenkilöiltä kysyttiin mittausten päätyttyä ”Kumpi palautumismenetelmä toimi mielestäsi paremmin?”. Prosentuaalisesti 66 % piti viileä-lämminvesisumusuihkulla toteutettua palautumismenetelmää tehokkaampana keinona. Monissa kommenteissa todettiin, että sumusuihkumenetelmät olivat hyvin samalla tasolla palautumisen edistämisen suhteen. Lisäksi usein mainittiin, että molemmat menetelmät palauttivat subjektiivisesti arvioiden paremmin kuin palautuminen ilman sumusuihkualtistusta.

Yleisiä huomioita kootusti:

*”Kumpikaan menetelmä ei ollut epämiellyttävä.”*

*”Kumpikin (menetelmä) palautti paremmin kuin ilman suihkua.”*

*”Kylmä/kuuma miellyttävämpi, pelkkä kylmä raaka.”*

*”Viileä vesi piristi oloa.”*

*”Positiivinen kokemus.”*

## 5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

- Pelastajan työn simuloimiseksi testirata pyrittiin räätälöimään koko kehoa tasaisesti kuormittavaksi ja kuormittavuus saatiin todennettua. Käytetty kuormitusrata aiheutti keskimäärin noin 7 % tasoisen lihaksiston väsymyksen.
- Työn aikana myös hengitys- ja verenkiertoelimistö kuormittui voimakkaasti. Työn aikana keskimääräinen sykintätaajuus oli 149 lyöntiä minuutissa.
- Subjektiiivisesti arvioituna työn kuormittavuus arvioitiin hyvin rasittavaksi koko kehon tasolla (RPE 17), yläraajan osalta (RPE 16) ja alaraajan osalta (RPE 16).
- Työn jälkeen molemmat sumusuihkut nopeuttivat palautumista merkittävästi.
- Tutkittavien subjektiivinen arvio tuki mitattua tulosta.
- Suihkuissa vietetty aika oli keskimäärin 5 minuuttia viileäsumusuihkussa ja 12 minuuttia viileä-lämminsumusuihkussa.
- Viileän suihkun aiheuttama lämpötuntemus oli keskimäärin -2 (viileä) ja lämpöviihtyvyys 0,9 (hieman epäviihtyisä).
- Viileä-lämminsumusuihkun vastaavat olivat: lämpötuntemus -1 (hieman viileä), lämpöviihtyvyys 1,2 (hieman epäviihtyisä).
- Matriisin muuttujien perusteella keskimääräinen palautumisnopeus oli lyhyin viileällä sumusuihkulla, 2,4 tuntia, viileä-lämminsumusuihkulla 3,5 tuntia ja ilman sumusuihkua 4,7 tuntia.
- Erityisen tehokas viileäsumusuihku oli hermoston toiminnan palauttamisessa.
- Ilman sumusuihkua varsinkin lihaksen rakenteellisen toiminnan palautuminen oli hitainta.
- Subjektiiivisesti arvioituna molemmat sumusuihkut koettiin tehokkaaksi verrattuna tilanteeseen, jossa suihkua ei käytetty.
- Viileä-lämminsumusuihku miellettiin subjektiivisesti hieman paremmaksi kuin pelkkä viileäsumusuihku.
- Oman arvion mukaan tutkittavat palautuivat viileän sumusuihkun jälkeen 12 tunnissa, viileä-lämmin suihkun jälkeen 14 tunnissa ja ilman suihkua 19 tunnissa.



## 6 TULOSTEN MERKITYS

Tutkimuksessa todettiin sumusuihkumenetelmällä toteutettujen vesialtistusten tehokkuus pelastajan työstä palautumisen edistämässä. Sumusuihkulla toteutettavat palautumismenetelmät voidaan helposti siirtää käytännön työelämään nopeuttamaan palautumisprosessia ja vähentämään lihasväsymyksen aiheuttamaa toimintakyvyn heikentymistä ja liikuntaelinoireiden riskiä. Näin voidaan ylläpitää liikuntaelimestön terveyttä, parantaa työturvallisuutta ja vähentää tapaturmien ja onnettomuuksien riskiä. Ikääntymisen myötä palautumisen merkitys työ- ja toimintakyvyn ja terveyden kannalta on entistä korostuneempi.

Tämän tutkimuksen tulokset on helposti sovellettavissa ja hyödynnettävissä kaikissa pelastustoimen ammateissa sekä vastaavissa raskasta fyysistä työtä sisältävissä ammateissa:

- ✓ Helppo tapa käyttää palauttavaa vesialtistusta nopealla ja miellyttävällä, luontevasti arkielämään liittyvällä, menetelmällä
- ✓ Huippu-urheilussa käytetty menetelmä tuotuna työelämäkontekstiin
- ✓ Mahdollisuus käyttää palauttavaa menetelmää jokapäiväisten rutiinien yhteydessä sekä työpaikalla että vapaa-aikana
- ✓ Mahdollisuus ottaa kustannustehokas ja työhyvinvointia edistävä menetelmä käyttöön työpaikoilla

### 6.1 Suositukset

- Suihkun käyttöä suositellaan palautumisen edistämiseksi.
- Molemmat suihkumoodit toimivat, yksilötasolla valittava mieltymyksen mukaan lämpötila(t) ja suihkun kesto (miehellään kuitenkin vähintään muutama minuutti)
- Tapa on helppo ja normaaliin toimintaan erityisen hyvin sopiva.
- Tutkimuksen osoittamat, palautumisen kannalta positiiviset tulokset, on aiheellista todentaa käytännön työelämässä tehtävällä pitkittäistutkimuksella.

## 7 PROJEKTIN MUUT TUOTOKSET

Projektista on valmistunut yksi Pro gradu -tutkielma ja yksi projektityö sekä kolme muuta julkaisua/tiedotetta.

1. Karkulehto J. 2020. Pelastajan palautumisen edistäminen sumusuihkumenetelmällä. Pro gradu -tutkielma, Oulun yliopisto, Lääketieteen tekniikan maisteriohjelma.
2. Niemelä R. 2020. Pelastajan palautuminen. Lääketieteen tekniikan projektityö, Oulun yliopisto, Lääketieteen tekniikan maisteriohjelma.
3. RescueRecovery -tutkimushanke tehostaa pelastajan palautumista. Työterveyslaitoksen uutiskirje 8/2019.
4. Uusi tutkimus selvittää, auttaako sumusuihku pelastajaa palautumaan. Tiedote projektin alkamisesta. Työterveyslaitoksen sisäinen tiedotuskanava INTO.
5. Uusi tutkimus selvittää, auttaako sumusuihku pelastajaa palautumaan. Tiedote projektin alkamisesta. Pelastuslaitoksen sisäinen tiedotuskanava.

## LÄHTEET

Arabadzhev TI, Dimitrov VG, Dimitrova NA, Dimitrov GV. 2010. Interpretation of EMG integral or RMS and estimates of "neuromuscular efficiency" can be misleading in fatiguing contraction. *J Electromyogr kines* 20: 223-232.

Backé EM, Kaul G, Klußmann A, Liebers F, Thim C, Maßbeck P, Steinberg U. 2009. Assessment of salivary cortisol as stress marker in ambulance service personnel: comparison between shifts working on mobile intensive care unit and patient transport ambulance. *Int Arch Occup Environ Health* 82: 1057-1064.

Bieuzen F, Bleakley C, Costello J. 2013. Contrast water therapy and exercise induced muscle damage: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 23:e62356. doi: 10.1371/journal.pone.0062356.

Buijze GA, Siersevelt IN, van der Heijden B, Dijkgraaf MG, Frings-Dresen M. 2016. The effect of cold showering on health and work: a randomized controlled trial. *PLoS One* 1: e0161749. doi: 10.1371/journal.pone.0201978.

Cifrek M, Medved V, Tonković S, Ostojić S. 2009. Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics. *Clin Biomech* 24: 327-340.

Cochrane DJ. 2004. Alternating hot and cold water immersion for athleterecovery: a review. *Physical Therapy in Sport* 5: 26-32.

Duchateau J, Hainaut K. 1993. Behavior of short- and longlatency reflexes in fatigued human muscles. *J Physiol* 471: 787-799.

Eglin CM, Tipton MJ. 2005. Repeated cold showers as a method of habituating humans to the initial responses to cold water immersion. *Eur J Appl Physiol* 93:624-629.

Grenshaw AG, Thornell L-E, Friden J. 1994. Intramuscular pressure, torque and swelling for the exercise-induced sore vastus lateralis muscle. *Acta Physiol Scand* 152: 265-277.

Hayes MHS, Patterson DG. 1921. Experimental development of the graphic rating method. *Psychol Bull* 18:98-99.

Heyman E, De Geus B, Mertens I, Meeusen R. 2009. Effects of four recovery methods on repeated maximal rock climbing performance. *Med Sci Sport Exerc* 41: 1303-1310.

Hinkka H, Väätänen S, Ala-Peijari S, Nummi T. 2016. Effects of cold mist shower on patients with inflammatory arthritis: a crossover controlled clinical trial. *Scand J Rheumatol* 46:206-209.

- Ingman J, Dawson B, Goodman C, Wallman K, Beilby J. 2009. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *J Sci Med Sport* 12: 2113-2119.
- Jonsson B. 1982. Measurement and evaluation of local muscular strain in the shoulder during constrained work. *J Human Ergol* 11: 73-88.
- King M, Dunnfield R. 2009. The effects of recovery interventions on consecutive days of intermittent sprint exercise. *J Strength Cond Res* 22: 1528-1534.
- Lotens WA. 1988. Comparison of thermal predictive models for clothed humans. *ASH-RAE Trans* 94: 1321-1340.
- Matthews PBC. 1989. Long-latency stretch reflexes of two intrinsic muscles of the human hand analysed by cooling the arm. *J Physiol* 419: 519-538.
- Nater UM, Rohleder N. 2009. salivary alpha-amylase as a non-invasive biomarker for the sympathetic nervous system: Current state of research. *Psychoneuroendocrinology* 34: 486-496.
- Niemelä R. 2019. Pelastajan palautuminen. Lääketieteen tekniikan projektityö. Oulun yliopisto.
- Nocella M, Colombini B, Benelli G, Cecchi G, Bagni MA, Burton J. 2011. Force decline during fatigue is due to both a decrease in the force per individual cross-bridge and the number of cross-bridges. *J Physiol* 589: 3371-3381.
- Oksa J, Rintamäki H, Takatalo K, Mäkinen T, Lusa S, Lindholm H, Rissanen S. 2013. Fire-fighters muscular recovery after a heavy work bout in the heat. *Appl Physiol Nutr Metab* 38: 292-299.
- Oksa J, Rissanen S, Mäkinen T, Takatalo K, Hyrkäs H, Lusa S, Lindholm H, Rintamäki H. 2009. Lihasten toimintakyvyn turvaaminen kuumatyössä: kuormituksen, väsymyksen ja työstä palautumisen arviointi. Palosuojelurahaston loppuraportti.
- Oksa J, Tuomi P, Rissanen S, Viir R, Lindholm H, Lusa S, Rintamäki H, Mänttari S. 2016. Pelastustyötä tekevien toimintakyvyn turvaaminen: lihaksiston palautumista edistävät aktiiviset toimintamallit. Työsuojelurahaston loppuraportti. ISBN: 978-952-261-638-8.
- de Oliveira VN, Bessa A, Lamounier RPMS, de Santana MG, de Mello MT, Espindola FS. 2010. Changes in the salivary biomarkers induced by an effort test. *Int J Sports Med* 31: 377-381.
- Perroni F, Tessitore A, Cibelli G, Lupo C, D'Artibale E, Cortis C, Cignitti L, De Rosas M, Capranica L. 2009. Effects of simulated firefighting on the responses of salivary cortisol, alpha-amylase and psychological variables. *Ergonomics*, 52: 484-491.

Pointon M, Dunnfield R, Cannon J, Marino FE. 2012. Cold water immersion recovery following intermittent sprint exercise in the heat. *Eur J Appl Physiol* 112: 2483-2494.

Vaile J, Gill N, Blazeovich AJ. 2007. The effect of contrast water therapy on symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res* 21: 697-702.

Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. 2008. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Eur J Appl Physiol* 102: 447-455.

Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. 2006. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? *Sports Med* 36: 747-765.

## LIITE

Palautumismenetelmien tilastollisella analyysillä todetut vaikutukset mitatuissa muuttujissa. C = viileäsumusuihku, CW = viileä-lämminsumusuihku. 10%MVC = 10 % puristus maksimivoimasta, 30%MVC = 30 % puristus maksimivoimasta.

Hienomotoriikka:	Vaikutus:
Emg-signaalin pinta-ala puristuksen tavoitetason (30%) ympärillä	ei
Emg-signaalin pinta-ala puristuksen tavoitetason (10%) ympärillä	ei
Emg-signaalin käännösten lukumäärä (puristus 30% maksimista)	ei
Emg-signaalin käännösten lukumäärä (puristus 10% maksimista)	ei
Puristusvoiman keskihajonta (30% maksimista)	ei
Puristusvoiman keskihajonta (10% maksimista)	ei
Puristusvoiman keskiarvo (30% maksimista)	ei
Puristusvoiman keskiarvo (10% maksimista)	ei
Emg-signaalin pinta-ala keskiarvon alapuolella (30% maksimista)	ei
Emg-signaalin pinta-ala keskiarvon alapuolella (10% maksimista) (C, CW)	mahdollisesti
Puristusvoiman variaatiokerroin	ei
Refleksivaste:	
Venytyksrefleksin lyhyt vaste SL	ei
Venytyksrefleksin keskipitkä vaste ML	kyllä (CW)
Venytyksrefleksin pitkä vaste LL	kyllä (CW)
Venytyksrefleksin lyhyen vasteen amplitudi	ei
Venytyksrefleksin keskipitkän vasteen amplitudi	kyllä (C)
Venytyksrefleksin pitkän vasteen amplitudi	ei
Venytyksrefleksin antagonistivaste	ei

Maksimivoimantuotto:

Reiden maksimiojennusvoima	ei
Reiden ojentajan ja koukistajan emg-amplitudit C, CW)	kyllä (ojentaja,
Maksimipuristusvoima	ei
Nousuaika	ei
Laskuaika	kyllä (C, CW)

Hormonaaliset vasteet:

Kortisoli	ei
$\alpha$ -amylaasi	ei

Liharakenteen muutokset (palautuvat)

Poikkipinta-ala	ei
Pennaatiokulma	ei
Jäykkyys	
reisi	ei
koukistaja	ei
ojentaja	ei

Elastisuus

reisi	kyllä (C)
koukistaja	ei
ojentaja	ei

Kiinteys

reisi	ei
koukistaja	kyllä (C, CW)
ojentaja	ei

Pelastajan työssä fyysisesti raskaiden työtehtävien aiheuttamaa väsymystä pidetään yhtenä työturvallisuutta heikentävänä tekijänä joka kroonistuessaan lisää tuki- ja liikuntaelinsairauksien riskiä. Täydellinen palautuminen raskaasta lihastyöstä voi kestää useista tunneista yli vuorokauteen. Tässä raportissa kuvataan miten raskaasta työkuormituksesta palautumista voidaan tehokkaasti nopeuttaa sumusuihkulla toteutetuilla viileä- ja viileä-lämminvesialtistuksilla. Helppo ja miellyttävä, jokapäiväisten rutiinien yhteydessä käytettävä palauttava menetelmä ylläpitää pelastajan toimintakykyä ja edistää työhyvinvointia.

Palautumisen merkitys työhyvinvoinnin ja työkyvyn ylläpitäjänä on tiedostettu viime vuosien aikana. Palautuminen on oleellista kaikille ammattiryhmille, mutta erityisen tärkeää se on fyysisesti raskasta työtä tekeville. Tämä raportti on tarkoitettu niille työhyvinvointia kehittäville tahoille, jotka toimivat fyysisesti raskaita työtehtäviä sisältävien alojen parissa.



Työterveyslaitos  
Arbetshälsainstitutet  
Finnish Institute of Occupational Health

PL 40, 00032 Työterveyslaitos

[www.ttl.fi](http://www.ttl.fi)

ISBN 978-952-261-918-1 (nid.)

ISBN 978-952-261-919-8 (PDF)

