



Työterveyslaitos | Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

PELASTUSTYÖTÄ TEKEVIEN TOIMINTAKYVYN EDISTÄMINEN

LIHAKSISTON PALAUTUMISTA EDISTÄVÄT AKTIIVISET
TOIMINTAMALLIT

Juha Oksa¹
Petri Tuomi²
Sirkka Rissanen¹
Ragnar Viir³
Harri Lindholm¹
Sirpa Lusa¹
Hannu Rintamäki^{1, 4}
Satu Mänttari¹

¹Työterveyslaitos
²Oulu-Koillismaan pelastuslaitos
³Tarton yliopisto
⁴Oulun yliopisto

Pelastustyötä tekevien toimintakyvyn edistäminen

LIHAKSISTON PALAUTUMISTA NOPEUTTAVAT AKTIIVISET
TOIMINTAMALLIT

Juha Oksa, Petri Tuomi, Sirkka Rissanen, Ragnar Viir, Harri Lindholm, Sirpa Lusa,
Hannu Rintamäki, Satu Mänttari

Työterveyslaitos

Oulu, Tampere, Helsinki



Työterveyslaitos

QE, terveyden ja työkyvyn edistäminen

Aapistie 1

90220 Oulu

www.ttl.fi

Valokuvat: Satu Mänttari, Juha Oksa ja Sirkka Rissanen

Kansi: Ella Smeds

© 2015, Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Julkaisu on toteutettu Työsuojelurahaston ja Työterveyslaitoksen tuella.

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

ISBN 978-952-261-638-8 (nid.)

ISBN 978-952-261-637-1 (PDF)

Pelkosen painotuote, Kiiminki, 2016



TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa selvitettiin voidaanko kuumassa (+35 °C) ympäristössä tehtävästä raskaasta lihaskuormituksesta palautumista nopeuttaa käyttämällä aktiivisia palautumismenetelmiä. Tutkimukseen osallistui 13 vapaaehtoista Oulu-Koillismaan pelastuslaitoksen pelastajaa. Tutkimus jakaantui laboratorio- ja kenttäosioon, joiden lisäksi aineistosta koostettiin koulutuspaketti. Laboratorio-osiossa tutkittavat suorittivat 20 minuutin raskaan raivausta- ja savusukellusta simuloivan testiradan viitenä erillisenä kertana, joista neljällä käytettiin aktiivista palautumismenetelmää (kontrastivesi, viileävesi, venyttely tai kofeiini) ja yhdellä ei. Palautumista seurattiin 28 tuntiin saakka.

Tulokset osoittivat, että kaikki menetelmät nopeuttivat palautumista ja että kontrastivesi osoittautui sekä subjektiivisesti arvioituna että useimmilla objektiivisilla mittareilla todettuna parhaaksi. Kenttäosiossa tutkittavat tekivät kaksi huoneistopaloharjoitusta käyttäen yhdellä kerralla kontrastivesimenetelmää ja toisella ei. Palautumista seurattiin harjoitusta seuraavaan päivään saakka ja myös kenttäolosuhteissa kontrastivesimenetelmän todettiin nopeuttavan palautumista.

Johtopäätöksenä tutkimuksesta voidaan todeta, että lihaksiston palautumista raskaasta työstä voidaan nopeuttaa erilaisilla aktiivisilla palautumismenetelmillä ja siten pienentää ylikuormittumis- ja tuki- ja liikuntaelinoireiden riskiä.



ABSTRACT

This study was conducted to evaluate whether muscular recovery can be accelerated after heavy work bout in the heat (+35 °C) by using active recovery methods. Thirteen voluntary firefighters participated in the study which was divided into laboratory and field study. In the laboratory study the participants performed a 20 minute heavy work bout five times on separate occasions. The work simulated smoke diving and clearance of an accident site. On four occasions active recovery method was used (contrast water therapy, cold water therapy, active stretching and ingestion of caffeine pills) and on one none was used. Muscular recovery was followed up to 28 hours.

The results showed that all the active recovery methods shortened the duration of recovery time from heavy work. Subjective evaluation and the majority of the objective measures indicated that contrast water therapy was the most efficient one. In the field study the participants performed fire extinguishing drill two times, one using contrast water therapy after the drill and the other not using it. Recovery was followed until the next day and the results verified the laboratory results: contrast water therapy is able to accelerate muscular recovery also in field conditions.

It can be concluded that muscular recovery from heavy work can be accelerated with active recovery methods thus diminishing the risk for overexertion and musculoskeletal complaints and symptoms.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	MENETELMÄT	10
2.1	Laboratoriotutkimus.....	10
2.2	Kenttätutkimus	17
3	Tulokset	21
3.1	Laboratoriotutkimus.....	21
3.2	Kenttätutkimus	30
3.3	Koulutusmateriaali	34
4	Johtopäätökset ja tulosten merkitys	35
5	Projektin muut tuotokset	37
6	Lähteet	39

1 JOHDANTO

Pelastustoimessa työskenteli Suomessa vuonna 2009 päätoimisesti noin 10 250 henkilöä ja sivutoimisesti 15 000 henkilöä. Vuonna 2012 suurin ammattiryhmä ovat palomiehet, joista pelastuslaitosten vakinaista henkilöstöä oli 5089 henkilöä ja pelastustoimintaan osallistuvia 3518 henkilöä (Pelastustoimen taskutilasto 2014). Pelastustoimintaan osallistuvien henkilöiden määrä ei juurikaan ole muuttunut sen sijaan hälytystehtävien kokonaismäärä on noussut ollen vuonna 2009 101435 kappaletta ja vuonna 2013 104849 kappaletta (Pelastustoimen taskutilasto 2014), jonka seurauksena palomiesten kokonaistymäärä on kasvanut. Samanaikaisesti vakinaisten, pelastustoimintaan osallistuvien, palomiesten keski-ikä on noussut 43,7 vuodesta 45,3 vuoteen (Koski-Pirilä 2011).

Lisääntyneen työmäärän lisäksi palomiesten työhön kuuluu raskaita fyysisiä työvaiheita kuten kantamista, vetämistä, raivausta ja savusukellusta. Raskaiden työtehtävien ohella myös kuumuus ja raskaat suojavarusteet lisäävät työn kuormittavuutta ja aiheuttavat väsymistä (Rissanen ym. 2008) ja näitä kaikkia voidaan pitää työturvallisuutta heikentävinä tekijöinä (Pelastusukellusohje 2007). Väsyminen myös heikentää lihasvoimaa ja lihaskoordinaatiota sekä lisää kömpelyyttä, mikä voi johtaa virheisiin työsuorituksessa sekä lisääntyneeseen tapaturma- ja onnettomuusriskiin. Tämän lisäksi väsymyksen, erityisesti kroonistuessaan, on katsottu olevan myös riskitekijä tuki- ja liikuntaelinvaijojen kehittymiselle (Buckle & Devereaux 1999). Tuki- ja liikuntaelinvaijat ovatkin suurin yksittäinen syy palomiesten ennenaikaiselle eläköitymiselle (Koski-Pirilä 2011).

Lihaksiston työ- ja toimintakyvyn sekä työturvallisuuden kannalta on oleellista riittävä palautuminen raskaan työsuorituksen jälkeen ennen seuraavaa työvaihetta. Oksan ym. (2009) kaksiosaisessa tutkimuksessa selvitettiin kuinka kauan lihaksiston palautuminen kestää yksittäisestä tai toistetusta savusukellusta ja raivaustyötä simuloivasta raskaasta työstä. Tulokset osoittivat, että yksittäisen raskaan työsuorituksen jälkeen mitatusta kuudesta muutujasta kolme (lihaksen hapenkulutus, lihasrakenne ja voimantuotto nopeus) eivät ehtineet palautua 4 tunnin seurannan aikana. Lisäksi todettiin, että toistetun raskaan työsuorituksen

jälkeen kuudesta mitatusta muuttujasta lihaksen rakenne palautui normaaliksi 22 tunnin jälkeen, lihaksen aineenvaihdunta vasta 28 tunnin jälkeen ja lihaksen voimantuottonopeus ei ehtinyt palautua 28 tunnin seurannan aikana. Sen sijaan maksimaalinen ranteen koukistusvoima, puristusvoima ja lihaksen sähköinen aktiivisuus palautuivat molemmissa tapauksissa 4 tunnin aikana (Oksa ym. 2009 ja 2013). Tulokset viittaavat siihen, että täydellinen palautuminen voi kestää jopa yli 28 tuntia, jolloin työpäivien välinen palautuminen voi olla puutteellista.

Tiedetään, että puutteellinen palautuminen voi johtaa krooniseen väsymystilaan ja pitkäkestoisesti heikentyneeseen toimintakykyyn, jotka puolestaan altistavat liikuntaelinoireille ja -vaivoille (Sjøgaard & Sjøgaard 1998, Buckle & Devereaux 1999). Kyseisen riskin pienentämiseksi ja työturvallisuuden parantamiseksi on lihaksiston toimintakyvyn mahdollisimman nopeaan palauttamiseen normaaliksi syytä kiinnittää erityistä huomiota, varsinkin raskaiden työsuoritusten jälkeen.

Kirjallisuudesta ei löydy tutkimuksia liittyen raskaasta fyysisestä työstä palautumisen edistämiseen. Urheilusuorituksista palautumiseen liittyvistä tutkimuksista kuitenkin tiedetään, että palautumista voidaan edistää käyttämällä aktiivisia palautumismenetelmiä. Tehokkaiksi ovat osoittautuneet paikallinen kylmä - kuumavesi altistus (nk. kontrastivesiterapia, King & Duffield 2009, Pournot ym. 2011), kylmävesialtistus (Heyman ym. 2009, Ingram ym. 2009), aktiivinen venyttely (Miladi ym. 2011) ja kofeiinin nauttiminen (Bazzucchi ym. 2011). Molempien vesialtistussmallien on havaittu nopeammin palauttavan maksimaalisen voimataso, parantavan voimantuoton tehoa, lisäävän palautumisen jälkeistä maksimaalista työskentelyaikaa, edistävän verenkiertoa ja nopeuttavan laktaatin poistoa sekä vähentävän raskaan työn jälkeistä lihasturvotusta verrattuna tilanteeseen, jossa menetelmiä ei käytetty (Wilcock ym. 2006, Vaile ym. 2007, Vaile ym. 2008, Heyman ym. 2009, Ingram ym. 2009, King & Duffield 2009, Pointon ym. 2012). Lisäksi vesialtistusten on todettu vähentävän raskaan työn jälkeistä lihaskipua (Ingram ym. 2009). Aktiivisella venyttelyllä voidaan palauttaa lihaksen normaali toimintapitoisuus (Shrier 2004, Marek ym. 2005, Sharman ym. 2006), jonka seurauksena lihasvoima ja lihastyön teho paranevat (Yamaguchi ym. 2007, Manoel ym.

2008, Sekir ym. 2010). Säännöllisen aktiivisen venyttelyn on todettu myös ylläpitävän ja parantavan lihasvoimaa, nopeutta ja yksittäisten hyppysuoritusten korkeutta (Shrier 2004). Kofeiinin on todettu vaikuttavan toimintakykyyn sekä keskushermoston kautta että suoraan lihaksen tasolla (Tarnopolsky 2008, Davis & Green 2009, Bazzucchi ym. 2011) Näitä vaikutuksia hermolihasjärjestelmän toimintaan ovat palautumisen jälkeisen maksimaalisen ja submaksimaalisen työajan kasvu, maksimaalisen voimatason nopeampi palautuminen, voimantuoton nopeutuminen, voima-nopeus käyrän siirtyminen ylös oikealle ja nopeutunut hermon johtumisnopeus (Kalmar & Cafarelli 1999, Tarnopolsky & Cupido 2000, Kalmar 2005, Park ym. 2008, Bazzucchi ym. 2011). Lisäksi kofeiinin on todettu vähentävän raskaan työn jälkeistä lihaskipua (Maridakis ym. 2007).

Koska raskaasta työstä palautuminen voi kestää pidempään kuin työvuorojen välinen aika, on selvitettävä, voidaanko palautumista nopeuttaa ja siten edistää työ- ja toimintakykyä ja vähentää kroonisen väsymyksen riskiä. Oleellista on, että toimivaksi osoittautuneet menetelmät olisivat helposti toteutettavissa myös työpaikoilla.

Yksityiskohtaisemmat tutkimustavoitteet olivat:

1. Selvittää, voidaanko raskaan työn jälkeistä lihaksiston palautumista nopeuttaa käyttämällä aktiivisia palauttavia menetelmiä:
 - kontrastivesiterapiaa
 - kylmävesiterapiaa
 - aktiivista venyttelyä
 - kofeiinin nauttimista
2. Testata yhden aktiivisen palautumismenetelmän kenttäkelppoisuus käytännön työelämässä.
3. Tuottaa kenttäkelppoisia fyysistä palautumista edistäviä menetelmiä ja niihin liittyvä koulutusmateriaali.

2 MENETELMÄT

2.1 Laboratoriotutkimus

Tutkimukseen osallistui 13 vapaaehtoista ja tervettä vakituisen pelastushenkilöstöön kuuluvaa pelastajaa Oulu - Koillismaan pelastuslaitokselta (taulukko 1).

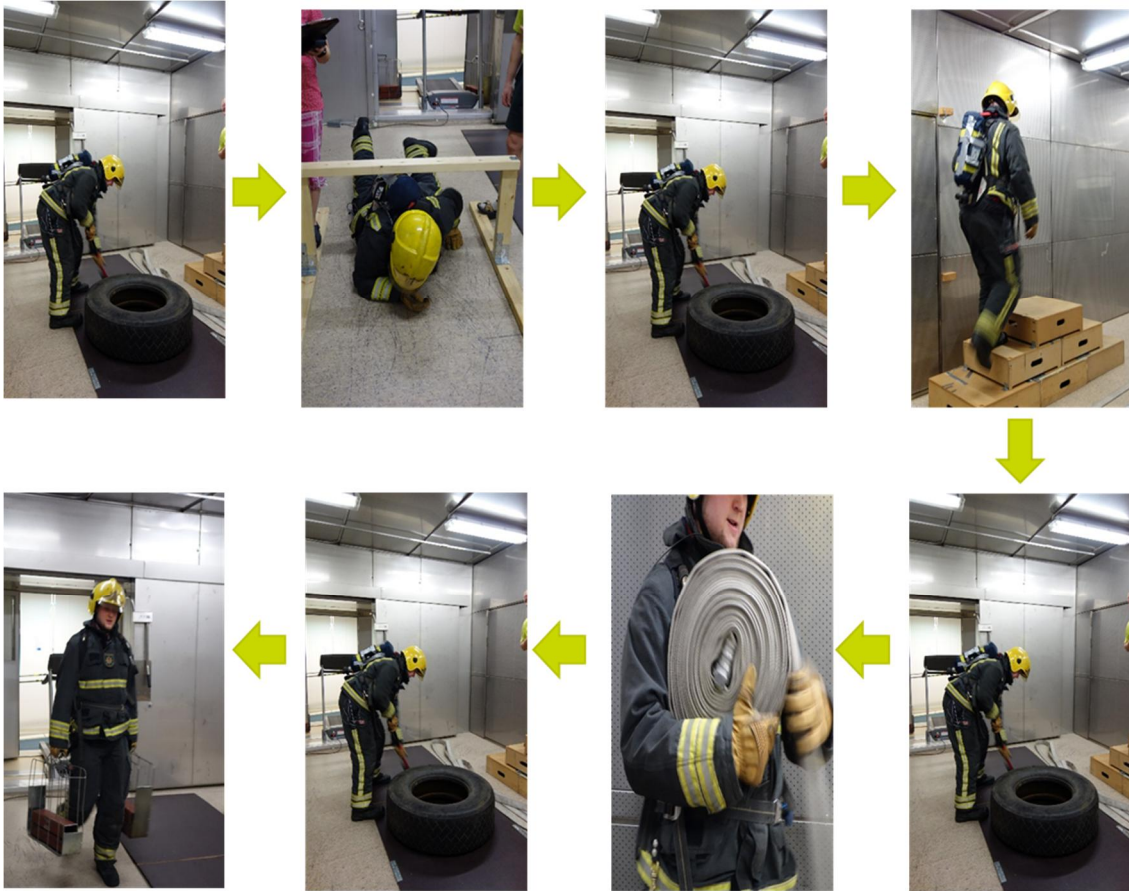
Taulukko 1. Tutkimukseen osallistuneiden koehenkilöiden ikä, pituus, paino, rasvaprosentti, kehon painoindeksi (BMI) ja työkokemus vuosina (keskiarvo ± keskihajonta).

Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	Rasvaprosentti (%)	BMI (kg/m²)	Työkokemus (v)
38±2	180±6	87±11	14,7±4,9	26,8±2,8	12,8±7,9

Koehenkilöt suorittivat raivausta ja savusukellusta simuloivan kuormitustestiradan viitenä eri päivänä 35 °C lämpötilassa pukeutuneena täyteen savusukellusvarustukseen pois lukien alushappu ja hengitysmaski. Rata 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
- 20 cm korkeiden portaiden nousu ja lasku
- 17,7 kg painavien metallisalkkujen kanto

Kukin osio kesti 2,5 minuuttia ja moukarointi tehtiin 4 kertaa, alussa ja kunkin osion välissä, jolloin suorituksen kokonaiskesto oli 20 minuuttia (kuva 1). Ennen radan suorittamista koehenkilöt esialtistettiin samaan 35 °C lämpötilaan 20 minuutiksi. Protokolla on sama, jota käytettiin Oksa ym. (2009 ja 2013) lihaksiston palautumistutkimuksessa. Mittauspäivien väli oli vähintään yksi viikko. Neljällä käyntikerralla palautumista pyrittiin aktiivisesti nopeuttamaan eri palauttavilla menetelmillä ja yhdellä kerralla ei palauttamista tehty (referenssikäynti). Mittaukset tehtiin satunnaistetussa järjestyksessä.



Kuva 1. Savusukellusta ja raivausta simuloiva testirata.

Kuormitustestin aikana mitattiin ranteen koukistaja- ja ojentajalihasten (*m. flexor-* ja *extensor carpi radialis*) lihasähköistä aktiivisuutta (elektromyografia, EMG, ME6000, Mega Elektronikka, Suomi) koko ajan. Testissä mitattu aktiivisuus suhteutettiin ennen testiä mitattuun maksimaaliseen lihasähköiseen aktiivisuuteen, jolloin testin aikainen lihaksiston kuormittuneisuuden taso voitiin määrittää. Tulos ilmaistaan prosentteina maksimaalisesta lihasaktiivisuudesta (%MEMG).

Kuormitustestin ja sitä seuraavan tunnin palautumisjakson aikana koehenkilöiltä mitattiin sydänsykeä (Actiheart, Cambridge, UK), iholämpötiloja (6 pistettä) ja syvälämpötilaa peräsuolesta jatkuvasti (YSI 400 anturit, YSI, USA ja Smart Reader plus 8 datan keräysyksikkö, ACR Systems Inc. Kanada). Työn päätyttyä heitä pyydettiin arvioimaan oma yleinen (koko keho) ja paikallinen (kynärvarsi) fyysisen kuormittuneisuuden tasonsa käyttäen vakioituja asteikkoja (Borg 1998, ISO 10551, 1995). Työjakson suoritusohje kuului: **"Tee työtä niin kovaa kuin jaksat, kuitenkin huolehtien siitä, että jaksat työskennellä yhtäjaksoisesti loppuun saakka"**

Yläraajan lihaksiston palautumista seurattiin kokonaisvaltaisesti mittaamalla muutoksia lihasvoimassa, hermostollisessa säätelyssä, lihaksen aineenvaihdunnassa ja lihasrakenteessa sekä kysymällä subjektiivista arviota palautumisen tasosta asteikolla 0-10 (0 = täysin palautunut – 10 = täydellinen väsymys). Näihin liittyviä muuttujia mitattiin ennen ensimmäistä testikertaa (perustasomittaus) ja jokaisen testikerran jälkeen.

Lihassoiman osalta mitattiin maksimaalinen ja submaksimaalinen (10 ja 30 % tasolla maksimista) käden puristusvoima (puristusvoimadynamometri, Newtest, Suomi). Submaksimaalisissa mittauksissa tutkittavia pyydettiin pitämään edessä olevan näytön avulla haluttu voimataso 5 sekunnin ajan mahdollisimman tarkasti. Mittaukset suoritettiin seuraavasti:

- maksimivoimamittaus
- 30 s lepo
- 10 % submaksimaalinen voimamittaus
- 30 s lepo
- 30 % submaksimaalinen voimamittaus

Maksimaalisen lihasvoiman heikentyminen sekä voimantuotto- ja relaksaationopeuden hidastuminen ovat perinteisiä lihasväsymyksen osoittimia. Heikentynyt maksimivoima on osoitus vähäisemmästä motoristen yksiköiden rekrytoinnista ja/tai vähäisemmästä välisiltamuodostuksesta. Lisääntynyt submaksimaalisen supistuksen aikainen voimatason vaihtelu haluttu

tason ylä- tai alapuolella on osoitus heikentyneestä hienomotoriikasta. Tätä kuvataan variaatiokertoimella (CV, keskiarvo / keskiarvon hajonta X 100). Mitä pienempi kyseinen prosenttilukema on, sitä parempi on hienomotorinen kyky pitää haluttu voimataso.

Hermostollisen säätelyn osalta mitattiin sekä keskushermosto- että lihastasoista säätelyä. Keskushermostollista säätelyä tutkittiin transkraniaalisella magneettistimulaattorilla (TMS, Magstim 200, Magstim Co, Ltd, Iso-Britannia) ja lihastasoista säätelyä ENMG laitteistolla (Sierra II Wedge, Cadwell, USA). Molemmilla laitteilla annettiin vakiosuuruinen ärsyke, TMS laitteella motoriselle aivokuorelle ja ENMG laitteella *n. radialis* kynnärtaipessa ja mitattiin ärsykeen aiheuttaman vasteen viive ja vasteen voimakkuus ranteen ojentaja- ja koukistajalihaksesta. Tyypillisesti väsymyksen seurauksena viive hidastuu (osoittaen hermon ja lihaksen johtumisnopeuden hidastumista) ja voimakkuus pienenee (osoittaen lihassupistuksen heikkenemistä).

Lihusrakennetta mitattiin ultraäänilaitteella (Logiq-5, GE Medical Systems Inc, USA) ja lihasjäykkyyttä myotonometrillä (Myoton-3, Mueemetric Ltd, Viro). Ultraäänilaitteella otettiin kolme pitkittäiskuvaa ranteen koukistajalihaksesta ja niistä analysoitiin lihaksen keskimääräinen pennaatiokulma (lihaksen ylimmän ja alimman kalvon välinen kulma). Tyypillisesti väsymys aiheuttaa kyseisen kulman kasvua. Myotonometrilaitteella annettiin viisi peräkkäistä vakiosuuruisia (0,5 N) iskuja ranteen koukistaja- ja ojentajalihaksille. Lihaksen värähtelyn vaimenemisnopeuden ja suuruuden perusteella laite mittaa muutosta lihaksen elastisuudessa, jäykkyydessä ja kiinteydessä. Menetelmää ei ole aiemmin käytetty palautumisen arvioinnissa.

Lihaksen aineenvaihduntaa mitattiin lyhytaaltoisella infrapuna spektroskopia laitteistolla (NIRS, Oxymon, Artinis Medical Systems B.V., Hollanti). Tutkittaville aiheutetaan olkavarteen valtimoverenkierron sulkumanansetilla, joka täyttyy sekunnissa 250 mmHg. Paineita ylläpidetään 45 sekuntia, jonka jälkeen mansetti tyhjäntyy. Paineistuksen aikana NIRS laitteistolla mitataan lihaskudoksen hapenkulutusta. Väsymyksen seurauksena lihaskudoksen hapenkulutus tyypillisesti kasvaa.

Palautumista mitattiin huoneen lämpötilassa (n. 20 °C) ajanhetkillä 0 ja 30 minuuttia, 1, 2, 4, 22 ja 28 tuntia työn päättymisestä. Eri mittauskerroilla aktiivisia palautumismenetelmiä (AP) kontrastivesiterapiaa, kylmävesiterapiaa, dynaamista venyttelyä tai kofeiinia käytettiin ajanhetkillä 15 minuuttia, 1,5 tuntia ja 2,5 tuntia (kuva 2).

Työ	Palautuminen										
	20 min	0 min	15 min	30 min	1 h	1,5 h	2 h	2,5 h	4 h	22 h	28 h
	M	AP	M	M	AP	M	AP	M	M	M	M

Kuva 2. Tutkimusprotokolla, M = palautumismittausten ajankohta ja AP = aktiivisen palautumismenetelmän käyttöajankohta.

Aktiiviset palautumismenetelmät:

Kontrastivesiterapiassa koehenkilöt upottivat kyynärvartensa yhdeksi minuutiksi ensin 15 °C vesihauteeseen ja sen jälkeen minuutiksi 38 °C vesihauteeseen (kuva 3A). Vesien lämpötila pidettiin vakiona termostaatin avulla (Haake DC3, Haake Instruments GmbH, Saksa). Tätä sykliä toistettiin kolme kertaa, yhteensä 6 minuutin ajan. Tarkoituksena oli kylmähauteella ensin hidastaa verenkiertoa ja sen jälkeen lämpimällä aikaansaada nopea verenkierron lisääntyminen lihaksessa. Äkillisesti lisääntynyt verenkierto huuhtoo pois aineenvaihduntatuotteita ja nopeuttaa lihaksen energia-aineenvaihduntaa.



Kuva 3. Kontrasti (A)- ja kylmävesiterapia (B).

Kylmävesiterapiassa käytettiin vain 15 °C vettä, johon koehenkilöt upottivat kyynärvartensa 5 minuutiksi (kuva 3B). Tarkoituksena oli nopeuttaa työn aiheuttaman lihaksen lämpötilan nousun palautumista normaaliksi ja vähentää tulehduksellisia reaktioita (Montain ym. 2000).

Venyttelyssä koehenkilöt tekivät ranteen ojentaja- ja koukistajalihas-asteittain pidettyjä ja voimistuvia dynaamisia venytyksiä kummallekin lihasryhmälle (kuva 4) seuraavan ohjeen mukaisesti:

Ranteen koukistaja

- Aseta oikea käsi pöydälle, ranne pöydän reunan päällä, kämmenpuoli alaspäin
- Aseta vasen käsi oikean käden kämmenselän päälle
- Ojenna oikeaa kämmentä ylöspäin lähes maksimaalisella voimalla n. 3 sekunnin ajan ja samanaikaisesti vastusta vasemmalla niin, että liikettä ei tapahdu
- Venytä vasemmalla kädellä oikeaa rannetta kämmenpuolelta ylöspäin 30 sekunnin ajan niin, että venytys tuntuu koko ajan
- Toista kolme kertaa

Ranteen ojentaja

- Aseta oikea käsi pöydälle, ranne pöydän reunan päällä, kämmenpuoli ylöspäin
- Aseta vasen käsi oikean käden kämmenen päälle
- Ojenna oikeaa kämmentä ylöspäin lähes maksimaalisella voimalla n. 3 sekunnin ajan ja samanaikaisesti vastusta vasemmalla niin, että liikettä ei tapahdu
- Venytä vasemmalla kädellä oikeaa rannetta kämmenselän puolelta alaspäin 30 sekunnin ajan niin, että venytys tuntuu koko ajan
- Toista kolme kertaa



Kuva 4. Ranteen koukistajaliikkeen venytys.

Harjoituksen tavoitteena oli lihaksiston palauttaminen normaaliin pituuteen työn aiheuttaman lyhenemisen jälkeen.

Kofeiinia koehenkilöt nauttivat suun kautta $2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ kullakin AP kerralla, yhteensä $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tavoitteena oli kofeiinin avulla nopeuttaa lihaksen sisäisen kalsium tasapainon palautumista (Penner ym. 1989).

Tutkimuksen päätyttyä koehenkilöiltä pyydettiin oma arvio siitä mikä palauttava menetelmä oli heidän mielestään tehokkain.

2.2 Kenttätutkimus

Laboratoriotutkimuksen tulosten pohjalta valittiin kenttätutkimukseen testattavaksi kontrastivesi menetelmä ja tutkittavat koostuivat samoista palomiehistä kuin laboratoriotutkimuksessakin ($n=12$). Tutkittavat jaettiin kahteen ryhmään ja tutkimus suoritettiin kaksiosaisena, ensimmäinen osa (puolet ryhmästä, $n=6$) testattiin syksyllä 10/2014 ja toinen osa (loppuryhmä, $n=6$) keväällä 05/2015. Molemmilla kerroilla tehtiin viikon välein kaksi huoneistopaloharjoitusta (aamulla ja aamupäivällä) sisäpalosimulaattorissa, jossa aamulla puolet ryhmästä toimi ensin sammutusryhmänä ja toinen puoli suojaparina ja aamupäivällä rooleja vaihdettiin. Ryhmien rooleja vaihdettiin myös seuraavan viikon harjoituksessa. Molempina viikkoina aamuharjoitusryhmällä käytettiin harjoituksen jälkeen kontrastivesialtistusta (heti harjoituksen jälkeen) ja aamupäiväryhmällä ei. Huoneistopaloharjoituksen kuormittavuuden arvioimiseksi sen aikana mitattiin sydänsykeä. Harjoituksen sisältö oli seuraava:

- Palomiesten varusteet:
 - Täydellinen savusukellusvarustus ja suojaviitta (kuva 5).
- Harjoituksen kulku:
 - Ennen savusukellusta sammutusryhmä huolehti sisäpalosimulaattorin palotilan palokuorman latauksen. Saatu kuormitus kuvaa hyvin hälytystilanteessa tehtäviä perusselvityksiä. Tämän jälkeen kouluttaja sytytti palotilan ja antoi alkupalon kehittyä. Palotilassa syntyvät palokaasut ohjattiin porraskäytävään kuvaamaan todellista savusukellustehtävää (kuva 6).

- Sammutusryhmä teki kouluttajan käskystä sammutushyökkäyksen alakeran kautta yläkerrassa olevaan palotilaan. Palotila sammutettiin ja tuuletettiin. Etsittiin palotalossa oleva uhri ja uhri evakuoitiin hyökkäysreittiä pitkin ulos.
 - Tämän jälkeen palotilassa suoritettiin sammutusryhmän toimesta täydellinen sammutusraivaus (kuva 7). Sammutusraivauksen ja varusteiden riisumisen jälkeen ryhmä siirtyi tutkimuksen mittauksiin (ks. seuraava kappale) huoltokonttiin.
 - Harjoituksen suojarahina toimi seuraava sammutushyökkäykseen valmistautuva ryhmä.
- Tutkimushankkeen kuumaharjoituksesta on tehty selvitys henkilöriskien vaarojen tunnistamiseksi ja riskien hallitsemiseksi.



Kuva 5. Varustus sisäpalosimulaattorissa.



Kuva 6. Savusukellustilanne.



Kuva 7. Sammutusraivaus.

Ennen harjoitusta molemmilta ryhmillä mitattiin maksimaalinen puristusvoima ja lihasrakenne. (myotonometri, kuva 8). Harjoituksen jälkeen palautumista seurattiin puristusvoiman

ja lihasrakenteen osalta samalla tavoin kuin laboratoriomittauksissa. Mittausajankohdat olivat heti harjoituksen jälkeen, noin tunti harjoituksen päättymisestä (nämä tapahtuivat huoltokontissa), mittauspäivän iltapäivällä ja seuraavan päivän aamupäivällä (joko laboratoriossa, tutkittavien työpaikalla tai kotona).



Kuva 8. Kenttätutkimuksen mittaukset.

3 TULOKSET

3.1 Laboratoriotutkimus

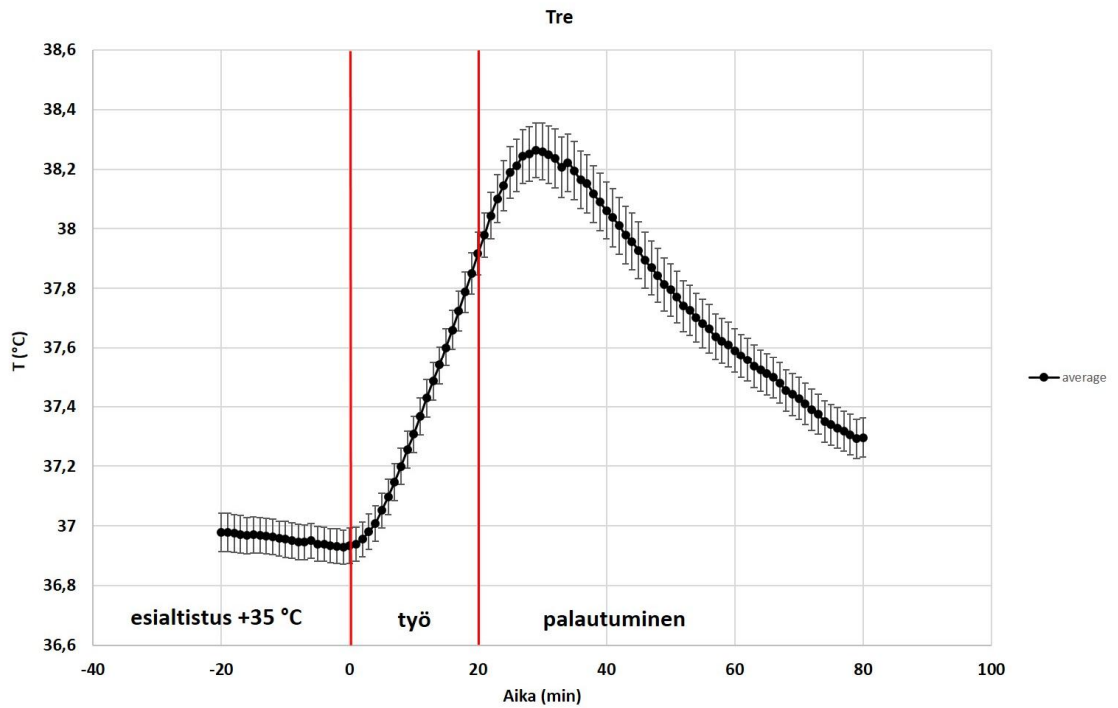
Kuormitustestirata

Työn aikainen keskimääräinen sykintätaajuus, keskimääräinen maksimaalinen sykintätaajuus ja kynnärvarren lihaksiston kuormittuneisuus olivat korkeat, ollen 152 ± 10 lyöntiä \cdot min⁻¹, 178 ± 12 lyöntiä \cdot min⁻¹ ja 24 ± 7 %MEMG, vastaavasti. Samoin, koettu yleinen ja paikallinen kuormittuneisuus koettiin hyvin rasittavaksi. Eri mittauskertojen välinen vaihtelu näissä muuttujissa oli minimaalista (taulukko 2).

Taulukko 2. Keskimääräinen sykintätaajuus (kaHR), maksimaalinen sykintätaajuus (kaMaxHR) ja lihaksiston kuormittuneisuus (%MEMG) työn aikana ja työn jälkeinen koettu yleinen (RPEyleinen) ja käden paikallinen (RPEkäsi) kuormittuneisuus eri kuormituskerroilla.

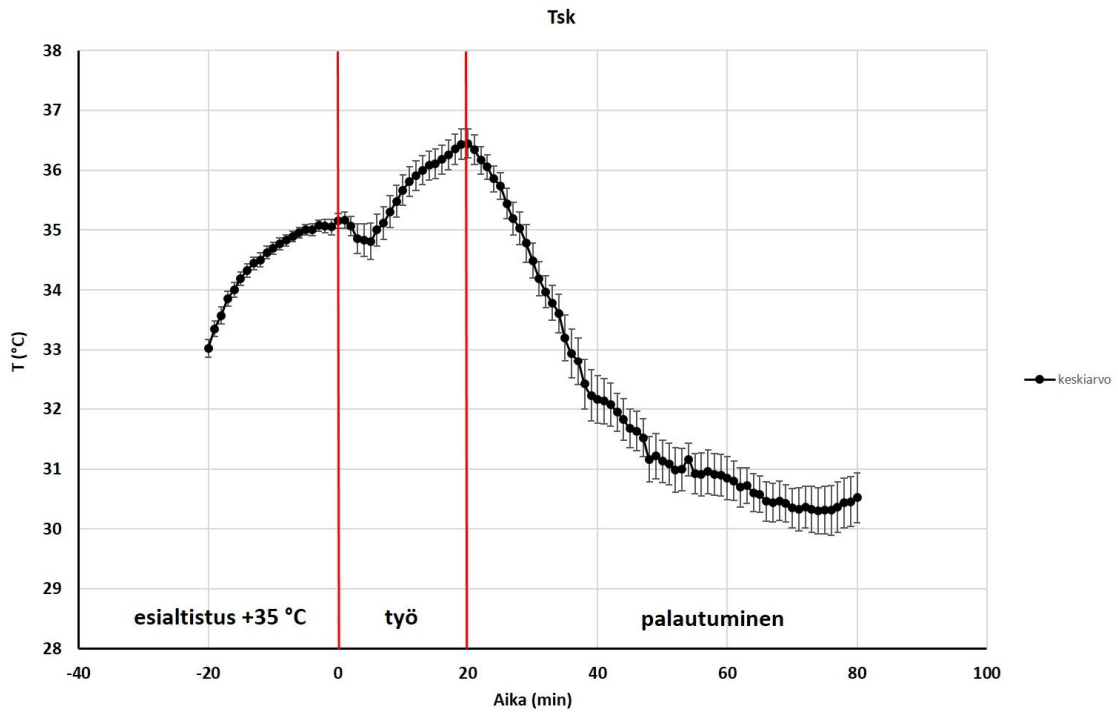
Muuttuja	Referenssi	Kofeiini	Venyttely	Kylmävesi	Kontrasti- vesi
kaHR	155±8	152±9	150±7	150±8	151±8
kaMaxHR	179±11	178±14	177±14	178±15	177±13
%MEMG	23±7	24±6	23±7	24±7	24±8
RPEyleinen	16	16	16	17	17
RPEkäsi	16	16	16	16	16

Syvälämpötila esialistuksen aikana ja työn alussa oli hyvin lähellä lepotasoa (37°C), nousten korkeimmilleen n. 10 minuuttia työn päättymisen jälkeen (kuva 9).



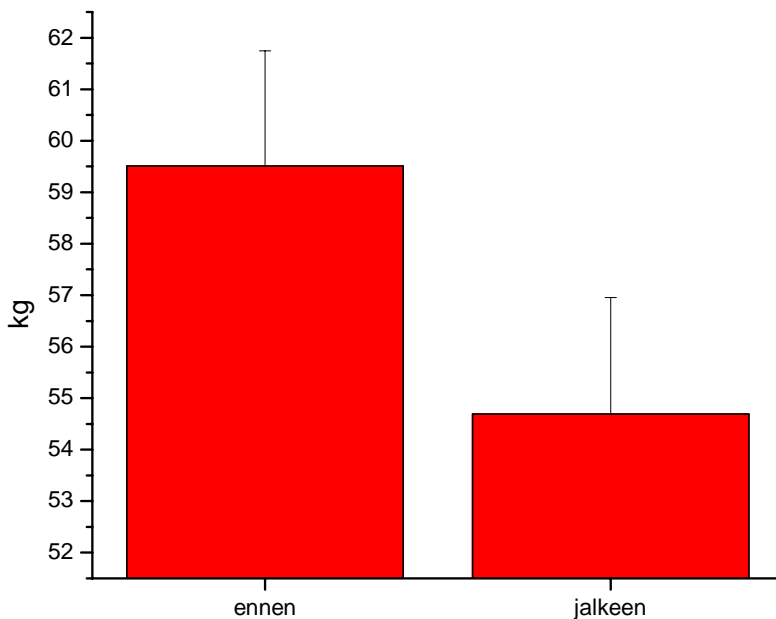
Kuva 9. Syvälämpötilan muutokset esialtistuksen, työn ja palautumisen aikana.

Esialtistuksen alussa keskimääräinen iholämpötila oli lämpövihtyisällä tasolla (33°C) ja nousi työn lopussa yli 36°C, joka koetaan keskimäärin hyvin kuumaksi (kuva 10).



Kuva 10. Keskimääräisen iholämpötilan muutokset esialtistuksen, työn ja palautumisen aikana.

Kuormitustestin seurauksena maksimaalinen puristusvoima heikkeni merkittävästi, keskimäärin 8 % (kuva 11).



Kuva 11. Maksimaalinen puristusvoima ennen kuormitustestirataa ja sen jälkeen.

Palautuminen

Eri muuttujien osalta palautumisen katsottiin tapahtuneen kun muuttujan arvo hajonnan kanssa saavutti perustasomittauksen arvon.

Lihassoima ja tarkkuus

Taulukossa 3 on esitetty palautumisnopeus voimantuotto- ja relaksaationopeuden sekä maksimaalisen puristusvoiman osalta. Näiden osalta nähdään palautumisen kestävän pisimpään referenssimittauksen osalta. Kaikki aktiiviset palautumismenetelmät nopeuttivat palautumista 1.1 – 11.0 kertaisesti (taulukko 4). Voimantuoton tarkkuutta (hienomotoriikkaa) kuvataan sub-

maksimaalisten puristusten variaatiokertoimilla. Nämä puolestaan osoittavat kontrasti- ja kylmävesialtistusten palauttavan hienomotorisen tarkkuuden parhaiten kofeiinin ollessa epäedullisin. Palautuminen suhteessa referenssiin nopeutui 1.1 – 1.3 kertaisesti (pois lukien kofeiini, taulukko 4).

Taulukko 3. Palautumisnopeudet voimantuotto- ja relaksaationopeuden ja lihasvoiman osalta sekä hienomotorista tarkkuutta kuvaavat variaatiokertoimet 10 % ja 30 % submaksimaalisen puristuksen aikana.

Muuttuja	Referenssi	Kofeiini	Venyttele	Kylmävesi	Kontrasti- vesi
Voimantuotto- peus	22 t	2 t	2 t	4 t	2 t
Relaksaationopeus	1 t	30 min	30 min	30 min	30 min
Puristusvoima	4 t	1 t	1 t	1 t	1 t
Variaatiokerroin 10	2,32 %	2,31 %	2,18 %	2,00 %	2,04 %
Variaatiokerroin 30	2,42 %	2,98 %	2,25 %	1,96 %	1,87 %

Taulukko 4. Lihasvoiman ja tarkkuuden palautumisen nopeutuminen suhteessa referenssiin eri aktiivisilla palautumismenetelmillä. Merkki - osoittaa, että menetelmä palautti yhtä nopeasti tai hitaammin kuin referenssi.

Muuttuja	Kofeiini	Venyttele	Kylmävesi	Kontrastivesi
Voimantuotto- nopeus	11	11	5.5	11
Relaksaationopeus	2	2	2	2
Puristusvoima	4	4	4	4
Variaatiokerroin 10	-	1.1	1.2	1.1
Variaatiokerroin 30	-	1.1	1.2	1.3

Hermostollinen säätely

Kaikki hermostollisen säätelyn vasteet nopeutuivat käytettäessä aktiivisia palautumismenetelmiä, pois lukien lihasvasteen voimakkuus venyttelymenetelmällä (taulukko 5.)

Taulukko 5. Hermostollisen säätelyn vasteiden palautumisnopeudet.

Muuttuja	Referenssi	Kofeiini	Venyttely	Kylmävesi	Kontrastivesi
Keskushermostovasteen viive	2 t	1 t	1 t	30 min	30 min
Keskushermostovasteen voimakkuus	2 t	1 t	30 min	1 t	30 min
Lihaskivasteen viive	1 t	30 min	30 min	30 min	30 min
Lihaskivasteen voimakkuus	4 t	2 t	22 t	2 t	1 t

Suhteessa referenssiin palautuminen nopeutui 2 – 4 kertaaisesti (taulukko 6).

Taulukko 6. Hermostollisen säätelyn vasteiden palautumisen nopeutuminen suhteessa referenssiin eri aktiivisilla palautumismenetelmillä. Merkki - osoittaa, että menetelmä palautti yhtä nopeasti tai hitaammin kuin referenssi.

Muuttuja	Kofeiini	Venyttely	Kylmävesi	Kontrastivesi
Keskushermostovasteen viive	2	2	4	4
Keskushermostovasteen voimakkuus	2	4	2	4
Lihaskivasteen viive	2	2	2	2
Lihaskivasteen voimakkuus	2	-	2	4

Lihask rakenne

Lihask rakenteen yhteensä 16 vertailupisteestä (4 muuttujaa ja menetelmää) 10 palautui nopeammin suhteessa referenssin aktiivisia palautumismenetelmiä käytettäessä, kontrastiveden ollessa tehokkain (taulukko 7).

Taulukko 7. Lihask rakenteen muuttujien palautumisnopeudet.

Muuttuja	Referenssi	Kofeiini	Venyttely	Kylmävesi	Kontrastivesi
Jäykkyys	1 t	30 min	1 t	30 min	30 min
Elastisuus	28 t	1 t	1 t	2 t	30 min
Kiinteys	30 min	30 min	30 min	30 min	30 min
Pennaatiokulma	4 t	1 t	4 t	1 t	30 min

Suhteessa referenssiin palautuminen nopeutui 2 – 56 kertaisesti (taulukko 8).

Taulukko 8. Lihask rakenteen muuttujien palautumisen nopeutuminen suhteessa referenssiin eri aktiivisilla palautumismenetelmillä. Merkki - osoittaa, että menetelmä palautti yhtä nopeasti tai hitaammin kuin referenssi.

Muuttuja	Kofeiini	Venyttely	Kylmävesi	Kontrastivesi
Jäykkyys	2	0	2	2
Elastisuus	28	28	14	56
Kiinteys	-	-	-	-
Pennaatiokulma	4	-	4	8

Lihaksen hapenkulutus

Lihaksen hapenkulutus oli kaikkein vähiten herkkä aktiivisille palautumismenetelmille ja menetelmästä riippumatta hapenkulutus palautui lepotasolle 1-2 tunnissa, myös referenssimittauksessa.

Subjektiiivinen arvio palautumisesta ja menetelmien tehokkuudesta

Taulukosta 9 nähdään keskimääräinen ajanhetki, jolloin tutkittavat itse arvioivat palautuneensa eri kuormituskerroilla koko kehon tasolla (yleinen) ja kyynärvarren lihaksiston osalta (käsi).

Taulukko 9. Subjektiiivinen arvio palautumisen ajankohdasta.

Muuttuja	Referenssi	Kofeiini	Venyttely	Kylmävesi	Kontrastivesi
yleinen	2 h	2 h	2 h	2 h	4 h
käsi	2 h	2 h	2 h	4 h	2 h

Koehenkilöitä pyydettiin asettamaan menetelmät subjektiivisesti arvioiden paremmuusjärjestykseen 1 = tehokkain – 4 = vähiten tehokas. Kontrastivesi ”äänestettiin” tehokkaimmaksi (taulukko 10).

Taulukko 10. Aktiivisten palautumismenetelmien tehokkuus koehenkilöittäin subjektiivisesti arvioituna.

Kofeiini	Venyttely	Kylmävesi	Kontrastivesi
4	3	2	1
4	3	2	1
			1
4	2	3	1
1			
		1	2
	1		
		2	1
		1	
2	4	3	1
1	2	4	3
4	3	2	1
4	3	1	2
2,88	2,62	2,1	1,4

Laboratoriomittausten kooste

Taulukossa 11 on kooste käytetyistä menetelmistä ja analysoiduista muuttujista, joka osoittaa että lihaksiston eri muuttujien palautumisnopeus vaihtelee ja palautuminen riippuu myös käytetystä aktiivisesta palautumismenetelmästä. Vihreällä merkityt ovat tehokkaimmiksi osoittautuneita menetelmiä eri muuttujien osalta, keltaisella merkityt toiseksi tehokkaimpia ja punaisella merkityt vähiten tehokkaita.

Taulukko 11. Palautumismenetelmien koostematriisi. Numerot tarkoittavat palautumisaikaa tunteina.

	Referenssi	Kofeiini	Venytely	Kylmä	Kontrasti
Voimantuottonopeus	22	2	2	4	2
Relaksaationopeus	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Puristusvoima	4	1	1	1	1
Keskushermostovasteen viive	2	1	1	0.5	0.5
Keskushermostovasteen voimakkuus	2	1	0.5	1	0.5
Lihavasteen viive	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Lihavasteen voimakkuus	4	2	22	2	1
Jäykkyys	1	0.5	1	0.5	0.5
Elastisuus	28	1	1	2	0.5
Kiinteys	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Pennaatiokulma	4	1	4	1	0.5
Hapenkulutus	1	1	2	2	2

3.2 Kenttätutkimus

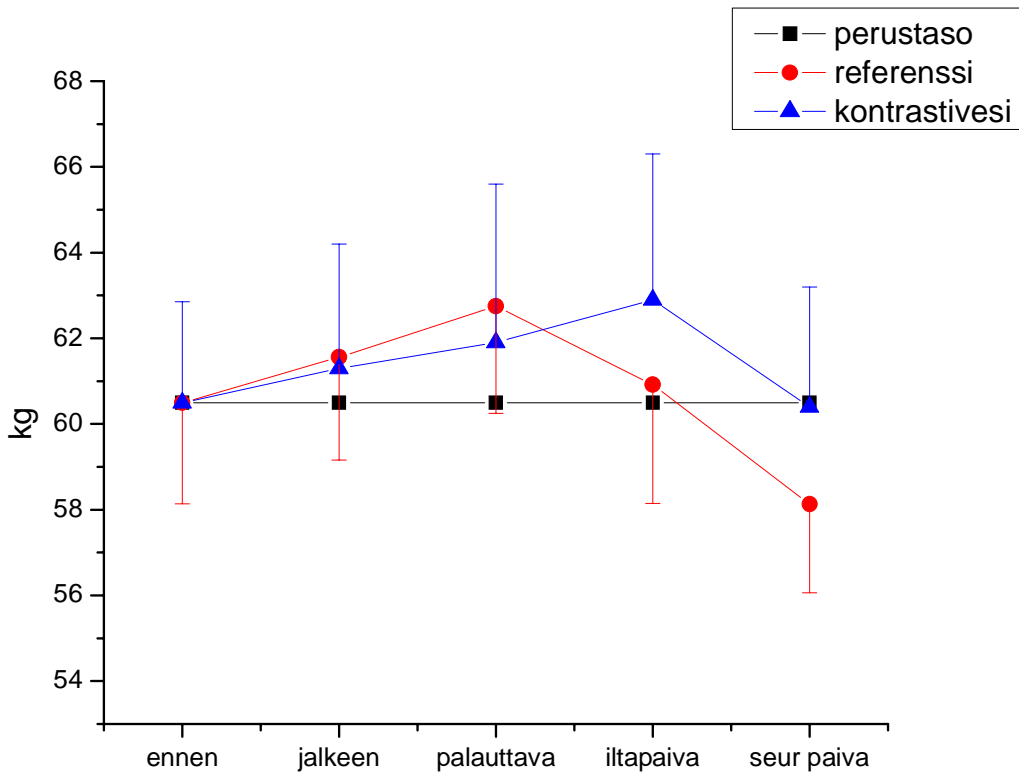
Huoneistopalo- ja harjoituksen aiheuttama kuormittuneisuus oli matalampaa kuin laboratorio- tutkimuksen kuormitusrata, mutta hyvin saman tasoinen eri kertojen välillä (taulukko 12).

Taulukko 12. Keskimääräinen sykintätaajuus (kaHR), maksimaalinen sykintätaajuus (kaMaxHR) huoneistopalo- harjoitusten aikana.

Muuttuja	Referenssi	Kontrastivesi
kaHR	134±15	136±18
kaMaxHR	160±16	162±18

Lihassoima

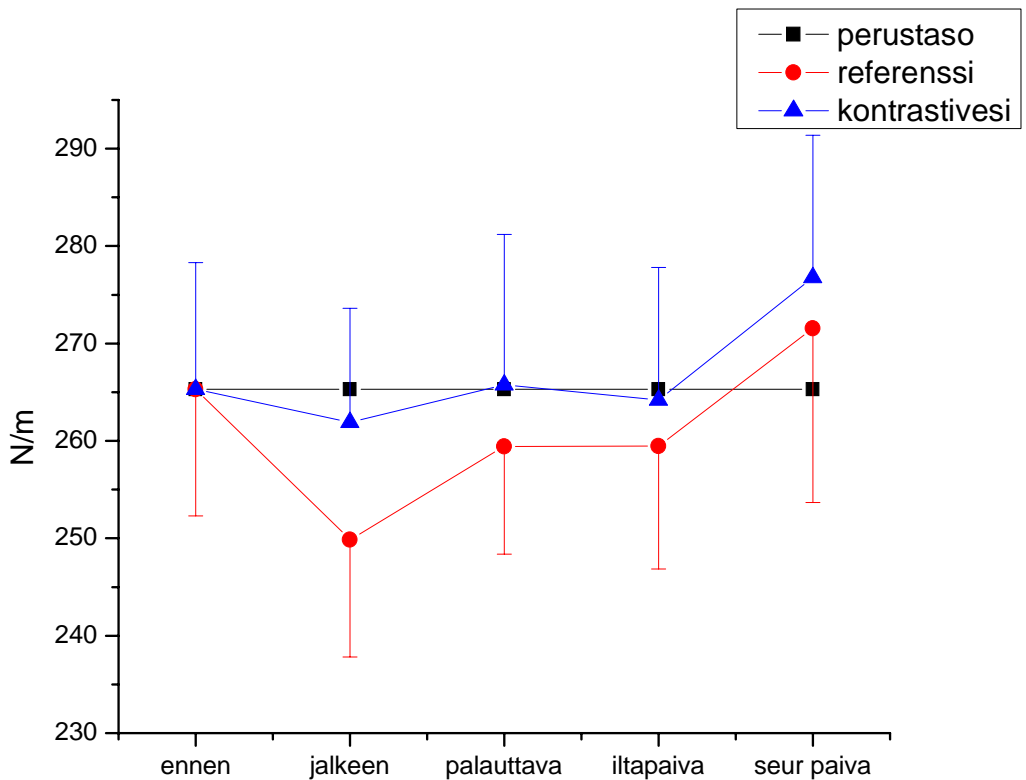
Huoneistopalo-harjoituksen jälkeen puristusvoima oli koholla perustasoon (ennen harjoitusta mitattuun voimatasoon) nähden tunti harjoituksen päättymisestä referenssimittauksen ja mitauspäivän iltapäivään kontrastivesialtistuksen käytön jälkeen (kuva 12).



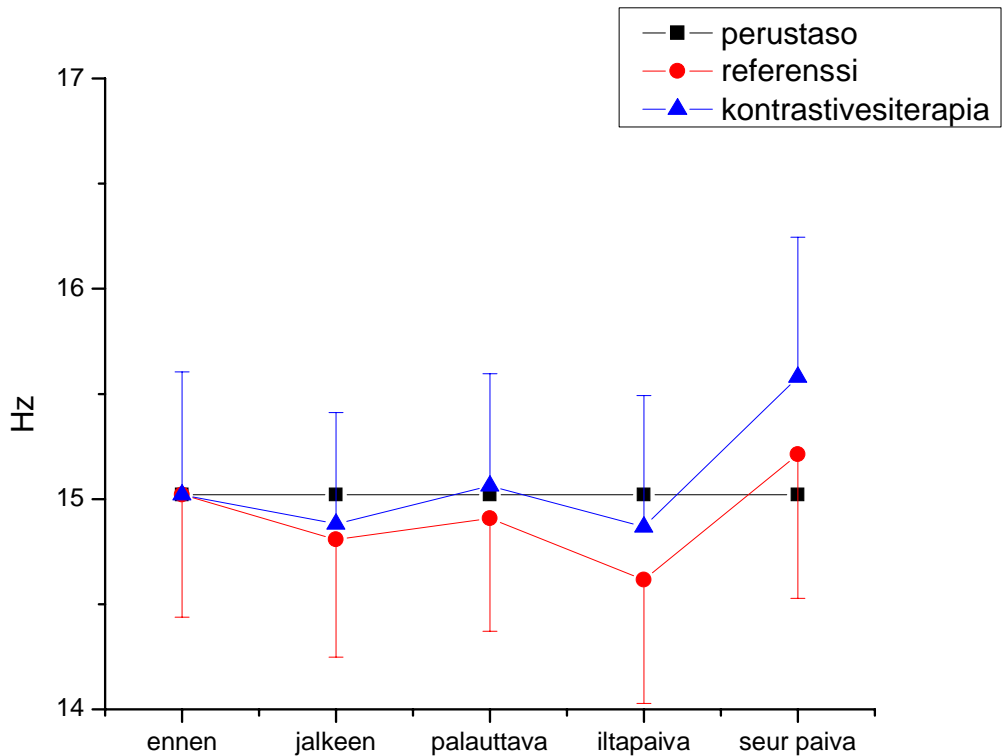
Kuva 12. Puristusvoima huoneistopalo-harjoituksen alussa, heti harjoituksen jälkeen, kontrastivesiterapian jälkeen (palauttava), noin kaksi tuntia harjoituksen jälkeen (iltapäivä) ja harjoitusta seuraavana päivänä (seurapaiva). Referenssimittauksessa palauttavaa kontrastivesiterapiaa ei käytetty.

Lihask rakenne

Lihask rakenteen osalta selkeimmät muutokset havaittiin lihaksen jäykkyydessä ja kiinteydessä siten, että kontrastivesialtistuksen seurauksena molemmat muuttujat pysyivät lähempänä perustasoa seurantajakson aikana (kuvat 13 ja 14)

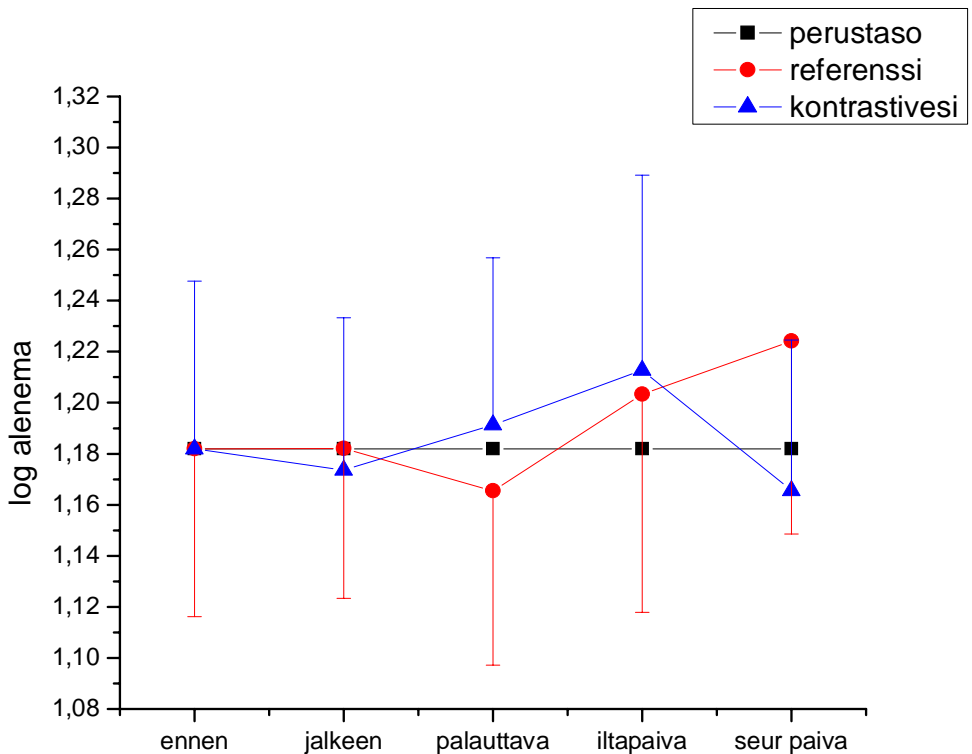


Kuva 13. Ranteen koukistaja- ja ojentajalihaksen jäykkyys huoneistopaloharjoituksen alussa, heti harjoituksen jälkeen, kontrastivesiterapian jälkeen (palauttava), noin kaksi tuntia harjoituksen jälkeen (iltapäivä) ja harjoitusta seuraavana päivänä (seur päivä). Referenssimittauksessa palauttavaa kontrastivesiterapiaa ei käytetty.



Kuva 14. Ranteen koukistaja- ja ojentajalihaksen kiinteys ennen huoneistolaloharjoitusta, heti harjoituksen jälkeen, kontrastivesiterapian jälkeen (palauttava), noin kaksi tuntia harjoituksen jälkeen (iltapäivä) ja harjoitusta seuraavana päivänä (seur päivä). Referenssimittauksessa palauttavaa kontrastivesiterapiaa ei käytetty.

Lihaksiston elastisuuden osalta muutokset suhteessa perustasoon olivat molemmissa tapauksissa vähäisiä (kuva 15).



Kuva 15. Ranteen koukistaja- ja ojentajalihaksen elastisuus huoneistopaloharjoituksen alussa, heti harjoituksen jälkeen, kontrastivesiterapian jälkeen (palauttava), noin kaksi tuntia harjoituksen jälkeen (iltapäivä) ja harjoitusta seuraavana päivänä (seur päivä). Referenssimittauksessa palauttavaa kontrastivesiterapiaa ei käytetty.

3.3 Koulutusmateriaali

Tutkimuksen tuloksista Työterveyslaitos koosti 1,5 tunnin koulutusmateriaalin yhdessä Oulu - Koillismaan pelastuslaitoksen, Pelastusopiston ja mainostoimisto Nitro ID:n kanssa (liite 1). Koulutusmateriaali on otettu käyttöön Pelastusopistolla uusien pelastajien koulutuksessa ja sitä voidaan käyttää myös koulutuksen täydennyskursseilla sekä pelastuslaitoksilla.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA TULOSTEN MERKITYS

1. Laboratoriotutkimuksen tulokset osoittavat, että aktiivisilla palautumismenetelmillä lihaksiston palautumista voidaan nopeuttaa muuttujasta riippuen 2 – 56 kertaisesti. Tehokkaimmin palautuminen nopeutui lihaksen elastisuuden ja voimantuottoonopeuden osalta.
2. Menetelmien tehokkuutta osoittaa se, että 48 arviointipisteestä (12 muuttujaa 4 menetelmää) 37 pisteessä palautuminen oli nopeampaa menetelmiä käytettäessä, 7 pisteessä yhtä nopeaa ja vain 4 pisteessä hitaampaa verrattuna referenssiin (taulukko 10).
3. Mittausten perusteella tehokkaimmaksi menetelmäksi osoittautui kontrastivesialtistus. Kuitenkin kaikilla menetelmillä oli positiivinen vaikutus palautumiseen. Kofeiinin osalta koettiin jossain määrin häiritseviä vaikutuksia kuten levottomuutta ja rauhatomuutta.
4. Koehenkilöiden oman subjektiivisen arvion perusteella kontrastivesiterapia edisti lihaksiston palautumista tehokkaimmin. Muihin verrattuna ero oli 2,1 (kofeiini), 1,9 (venyttely) ja 1,5 (kylmä vesi) kertainen.
5. Yksilökohtainen vaihtelu menetelmien tehokkuudessa oli selvästi havaittavissa. Tämän vuoksi olisi henkilökohtaisesti kokeiltava mikä menetelmä / menetelmät soveltuvat omakohtaiseen käyttöön parhaiten. Lisäksi olisi hyvä kokeilla myös muita palauttavia menetelmiä kuten kevyt lihastyö, ravinto, nesteytys ja rentoutus.
6. Myös kenttätutkimuksessa kontrastivesimenetelmä osoittautui käyttökelpoiseksi, joskin sen vaikutukset olivat lievempiä kuin laboratoriotutkimuksessa. Osasyynä tähän on voinut olla kenttätutkimuksen jossain määrin kevyempi fyysinen kuormitus.

7. Palautusmenetelmät 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.
8. Ikääntymisen myötä palautumisen merkitys työ- ja toimintakyvyn ja terveyden kannalta on entistä korostuneempi.
9. Tämän tutkimuksen tulokset ovat helposti sovellettavissa ja hyödynnettävissä kaikissa pelastustoimen ammateissa sekä vastaavissa raskasta fyysistä työtä sisältävissä ammateissa.

5 PROJEKTIN MUUT TUOTOKSET

Projektista on valmistunut kaksi pro gradu -työtä ja kolme toista muuta julkaisua/esitystä:

1. Nikkilä M. 2015. Aktiivisten palautumismenetelmien vaikutus lihaksiston palautumiseen raskaan työn jälkeen – hermostolliset vasteet. Pro gradu tutkielma, Oulun yliopisto, Biolääketieteen laitos.
2. Turska M-L. 2015. Pelastustyötä tekevien lihaksiston palautumisen edistäminen – voimantuotto ja lihassähköinen aktiivisuus. Pro gradu tutkielma, Oulun yliopisto, Biolääketieteen laitos.
3. **Pelastaja – huolla lihaksistoasi** koulutuspaketti.
4. Mänttari S, Tuomi P, Rissanen S, Rintamäki H, Lusa S, Oksa J. 2015. Pelastustyöntekijöiden toimintakyky kuumassa: lihaksiston väsymyksen ja palautumisen arviointi ja palautumista nopeuttavat menetelmät. Esitelmä: Palotutkimuksen päivät, Espoo, Hanasaari, 24-25.8.2015.
5. Mänttari S, Tuomi P, Rissanen S, Rintamäki H, Lusa S, Oksa J. 2015. Pelastustyöntekijöiden toimintakyky kuumassa: lihaksiston väsymyksen ja palautumisen arviointi ja palautumista nopeuttavat menetelmät. Pelastustieto (erikoisnumero Palotutkimuksen päivät), s. 61-66.
6. Mänttari S, Oksa J, Tuomi P, Lusa S, Lindholm H, Rintamäki H, Rissanen S, Viir R, Nikkilä M, Turska M-L. 2015. Aktiiviset menetelmät palomiesten lihaskuormituksesta palautumisen edistämisessä. Esitelmä: FireFit jatkokoulutus, Tampere, 6.10.2015
7. Pelastustieto 4-5/2015, "Mikä palauttaa parhaiten keikan jälkeen"? s. 64-67
8. Rissanen S, Mänttari S, Oksa J. 2015. Quantification of muscle recovery methods by near-infrared spectroscopy after heavy exercise in the

- heat. Esitelmä: 16th International Conference on Environmental Ergonomics, 29 June-3 July, Portsmouth, UK.
9. Rissanen S, Mänttari S, Oksa J. 2015. Quantification of muscle recovery methods by near-infrared spectroscopy after heavy exercise in the heat. In: House J, Tipton M, (eds). Book of Abstracts, 16th International Conference on Environmental Ergonomics, 29 June-3 July, Portsmouth, UK, p. 23.
 10. Mänttari S, Rissanen S, Viir R, Rintamäki H, Oksa J. 2014. Muscular fatigue and recovery after a heavy work bout in the heat: Comparison of four recovery methods. Esitelmä: 5th International Conference on Applied human Factors and Ergonomics. 19-23 July. 2014, Krakow Poland.
 11. Oksa J, Tuomi P, Kaukonen E, Viir R, Toivonen R, Lindholm H, Lusa S, Rintamäki H, Mänttari S, Rissanen S. Pelastustyötä tekevien toimintakyvyn edistäminen. Pelastusopisto, D-sarja 5/2014, s. 58-59.
 12. Neljä tietoisua Oulu-Koillismaan pelastuslaitoksen henkilöstölle.

6 LÄHTEET

1. Bazzucchi I, Felici F, Montini M, Figura F, Sacchetti M. 2011. Caffeine improves neuromuscular function during maximal dynamic exercise. *Muscle & Nerve* 43: 839-44.
2. Buckle P, Devereaux J. 1999. Work-related neck and upper limb musculo-skeletal disorders. Report of European Agency for Safety and Health at Work. ISBN 92-828-8174-1.
3. Davis JK & Green JM. 2009. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. *Sports Med* 39: 813-32.
4. 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: 1303-10.
5. Ingram 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: 417-21.
6. Kalmar JM. 2005. The influence of caffeine on voluntary muscle activation. *Med Sci Sports Exerc* 37: 2113-9.
7. Kalmar JM & Cafarelli E. 1999. Effects of caffeine on neuromuscular function. *J Appl Physiol* 87: 801-8.
8. Koski-Pirilä A. Tilastotietoa palomiehistä 2000 - 2010. KEVA 2011.
9. King M & Duffield R. 2009. The effects of recovery interventions on consecutive days of intermittent sprint exercise. *J Strength Cond Res* 23: 1795-1802.
10. Manoel ME, Harris-Love MO, Danoff JV, Miller TA. 2008. Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *J Strength Cond Res* 22: 1528-34.
11. Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, Massey LL, Dangelmaier SM, Purkayastha S, Fitz KA, Culbertson JY. 2005. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *J Athl Train* 40: 94-103.
12. Maridakis V, O'Connor PJ, Dudley GA, McCully KK. 2007. Caffeine attenuates delayed-onset muscle pain and force loss following eccentric exercise. *J Pain* 8: 237-43.
13. Miladi I, Temfemo A, Mandengue SH, Ahmaidi S. 2011. Effect of recovery mode on exercise time to exhaustion, cardiorespiratory responses, and blood lactate after prior, intermittent sprint exercise. *J Strength Cond Res* 25: 205-10.
14. Montain SJ, Latzka WA, Sawka MN. 2000. Impact of muscle injury and accompanying inflammatory responses on thermoregulation during exercise in the heat. *J Appl Physiol* 89: 1123-30.

15. Oksa J, Rissanen S, Mäkinen T, Takatalo K, Hyrkäs H, Lusa S, Lindholm H, Rintamäki H. 2009. Lihas-ten toimintakyvyn turvaaminen kuumatyössä: kuor-
mituksen, väsymyksen ja työstä palautumisen arviointi. Palosuojelurahaston
loppuraportti.
16. Oksa J, Rintamäki H, Takatalo K, Mäkinen T, Lusa S, Lindholm H, Rissanen S.
2013. Fire-fighters muscular recovery after heavy work bout in the heat.
Appl Physiol Nutr Metab 38(3): 292-9.
17. Park ND, Maresca RD, McKibans KI, Morgan DR, Allen TS, Warren GL. 2008.
Caffeines enhancement of maximal voluntary strength and activation in un-
injured but not injured muscle. *Int J Sports Nutr Exerc Metab.* 18: 639-52.
18. Pelastussukellusohje 2007. Sisäasianministeriön julkaisuja 48/2007.
19. Pelastustoimen taskutilasto 2005-2009. Pelastusopiston julkaisu D-sarja
2/2010.
20. Pelastustoimen taskutilasto 2009-2013. Pelastusopiston julkaisu D-sarja
1/2014.
21. Penner R, Neher E, Takeshima H, Nishimura S, Numa S. 1989. Functional ex-
pression of the calcium release channel from skeletal muscle ryanodine re-
ceptor cDNA. *FEBS Lett* 259: 217-21.
22. Poinon M, Duffield R, Cannon J, Marino FE. 2012. Cold water immersion re-
covery following intermittent sprint exercise in the heat. *Eur J Appl Physiol*
112: 2483-94.
23. Pournot H, Bieuzen F, Duffield R, Lerpette PM, Cozzolino C, Hausswirth C.
2011. Short term effects of various water immersions on recovery from ex-
haustive intermittent exercise. *Eur J Appl* 111: 1287-95.
24. Rissanen S, Jousela I, Jeong J-R, Rintamäki H. 2008. Heat stress and bulki-
ness of chemical protective clothing impair performance of medical per-
sonnel in basic lifesaving tasks. *Ergonomics*;51: 1011-22.
25. Sekir U, Arabaci R, Akova B, Kadagan SM. 2010. Acute effects of dynamic
and static stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite
women athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 20: 268-81.
26. Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. 2006. Proprioceptive neuromuscular fa-
cilitation stretching: mechanisms and clinical implications. *Sports Med* 36:
929-39.
27. Shrier I. 2004. Does stretching improve performance? A systematic and criti-
cal review of the literature. *Clin J Sports Med* 14: 267-73.
28. Sjøgaard G & Sjøgaard K. 1998. Muscle injury in repetitive motion disorders.
Clin Orthop Relat Res 351: 21-31.
29. Tarnopolsky MA. 2008. Effect of caffeine on the neuromuscular system – po-
tential as an ergogenic aid. *Appl Physiol Nutr Metab* 33: 1284-9.
30. Tarnopolsky M & Cupido C. 2000. Caffeine potentiates low frequency skele-
tal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers. *J Appl
Physiol* 89: 1719-24.

31. Vaile J, Gill N, Blazevich AJ. 2007. The effect of contrast water therapy on symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res* 21: 697-702.
32. 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: 447-55.
33. Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. 2006. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? *Sports Med* 36: 747-65.
34. Yamaguchi T, Ishii K, Yamanak M, Yasuda K. 2007. Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *J Strength Cond Res* 21: 1238-44.

Kiitokset

Tekijät kiittävät tutkimukseen osallistuneita vapaaehtoisia palomiehiä ja Oulu - Koillismaan Pelastuslaitoksen yhteyshenkilöä sekä Työsuojelurahastoa.

Liite 1. Koulutuspaketti

Raskaasta lihastyöstä täydellinen palautuminen voi kestää useista tunneista jopa yli vuorokauteen. Aktiivisilla palautusmenetelmillä lihaksiston palautumista voidaan selkeästi nopeuttaa. Niiden käyttäminen edistää työntekijän terveyttä ja toimintakykyä sekä vähentää ylikuormittumisen ja liikuntaelinoireiden esiintymisen riskiä



Työsuojelurahasto
Arbetskyddsfonden
The Finnish Work Environment Fund



Työterveyslaitos

**Työterveyslaitos,
Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health
Aapistie 1, 90220 Oulu
www.ttl.fi
ISBN 978-952-261-638-8 (nid)
ISBN 978-952-261-637-1 (PDF)**