

**KYLMÄALTISTUKSEN AKUUTIT VAIKUTUKSET KESTÄVYYSHARJOITUKSESTA
PALAUTUMISEEN**

Enni Heikura

Liikuntafysiologia

Kandidaatintutkielma

Kevät 2015

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työnohjaaja: Antti Mero

TIIVISTELMÄ

Enni Heikura (2015). Kylmäaltistuksen akuutit vaikutukset kestävyysharjoituksesta palautumiseen. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, Kandidaatintutkielma, 53s.

Johdanto. Harjoittelun on oltava riittävän tehokasta, jotta kehittymistä tapahtuisi. Jos harjoittelu on liian kovaa/tehokasta tai palautuminen puutteellista, on vaarana ylipäättyminen. Harjoittelusta palautumista on mahdollista nopeuttaa erilaisten palautumismenetelmien avulla. Kylmävesihoito on viime aikoina noussut niin urheilijoiden kuin kuntoilijoidenkin suosioon yhtenä palautumisen tehostajana. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kylmävesihoidon hyödyllisyys kovasta kestävyysharjoituksesta palautumisesta aktiiviseen palautukseen verrattuna.

Menetelmät. Tutkimukseen osallistui yhdeksän hyväkuntoista ja tervettä miespuolista henkilöä (ikä $27,9 \pm 4,5$ vuotta, pituus $183,6 \pm 4,9$ cm, paino $80,5 \pm 11,6$ kg). Jokainen koehenkilö suoritti Hippohallissa kaksi kertaa saman kovatehoisen maksimaalisen hapenoton harjoituksen 5×1000 m kahden minuutin palautuksella. Koehenkilöt suorittivat harjoituksen jälkeen joko kylmävesipalautuksen tai aktiivisen palautuksen. Kylmävesipalautus kesti 10 min 10°C asteisessa vedessä alaraajat ja puolet keskivartalosta upotettuna. Aktiivinen palautus sisälsi 20 min hölkkää ja 10 min venyttelyä. Molempien palautusmenetelmien jälkeinen aika oli paikallaan oloa. Palautumista seurattiin kokonaisuudessaan 60 min ajan. Testipäivän aamuna koehenkilöt saapuivat Vivecan laboratorioon paastoverikokeisiin, jolloin määritettiin perusverenkuva sekä veren testosteroni - ja kortisolipitoisuudet. Sama paastoverikoe otettiin testipäivää seuraavana aamuna palautumisen seuraamiseksi. Maksimaalisen kevennyshypyn nousukorkeus ja veren testosteroni -, kortisoli - ja laktaattipitoisuudet mitattiin sekä ennen ja jälkeen harjoituksen että 35 min ja 60 min harjoituksen jälkeen.

Tulokset. Kylmävesialtistuksen yhteydessä kevennyshypyjen nousukorkeus laski tilastollisesti hyvin merkitsevästi aikavälillä Post vs. Post-35 ($7,2 \pm 2,8$ cm, $p < 0,01$) ja merkitsevästi aikavälillä Post vs. Post-60 ($5,6 \pm 4,9$ cm, $p < 0,05$). Veren laktaattipitoisuus nousi selvästi molempien harjoitusten aikana ja laski aktiivisen palautumisen aikana Post vs. Post-60 tilastollisesti merkitsevästi ($7,6 \pm 4,1$ mmol/l, $p < 0,05$) ja kylmävesipalautuksen aikana hyvin merkitsevästi ($7,5 \pm 2,6$ mmol/l, $p < 0,01$). Veren kortisolipitoisuus nousi molempien harjoitusten aikana Pre vs. Post tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). Se nousi kylmävesipalautuksen aikana lisää Post vs. Post-35 tilastollisesti hyvin merkitsevästi (65 ± 56 nmol/l, $p < 0,001$). Veren testosteronipitoisuus nousi merkitsevästi molempien harjoitusten aikana, mutta laski enemmän kylmävesihoidon jälkeen Post vs. Post-35 ($6,0 \pm 3,6$ nmol/l, $p < 0,01$) ja Post vs. Post-60 ($6,8 \pm 3,6$ nmol/l, $p < 0,01$). Testosteroni - kortisoli -suhde laski kylmävesihoidon jälkeen tilastollisesti hyvin merkitsevästi Post vs. Post-60 ($p < 0,001$), kun taas aktiivisen palautuksen jälkeen lasku ei ollut merkitsevää. Paastoverikokeista huomataan enemmän tulehdustekijöiden pitoisuuksien nousua kylmävesihoidon jälkeen. Paastoverikokeiden tuloksissa aktiivista palautusta seuraavana aamuna neutrofiilien (B - Neutr) ja leukosyyttien (B - Leuk) pitoisuudet olivat nousseet tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). Kylmävesihoitoa seuraavana aamuna tilastollisesti merkitsevää nousua tapahtui leukosyyteissä ($p < 0,05$), hyvin merkitsevää nousua ($p < 0,01$) neutrofiileissä ja niiden suhteellisessa osuudessa (L - Neutr) sekä hyvin merkitsevää laskua lymfosyyttien suhteellisessa osuudessa (L - Lymf).

Yhteenveto ja johtopäätökset. Kylmävesipalautus heikensi merkittävästi kevennyshypyjen nousukorkeutta aktiiviseen palautukseen verrattuna. Veren laktaattipitoisuus laski hieman hitaammin kylmävesipalautuksen jälkeen. Välittömästi kylmävesialtistuksen jälkeen veren kortisolipitoisuus nousi selvästi enemmän ja veren testosteronipitoisuus kääntyi laskuun

aktiiviseen palautukseen verrattuna. Kylmävesihoito näytti lisäävän elimistön stressitilaa entisestään harjoituksen jälkeen ja siten heikentävän palautumista aktiiviseen palautukseen verrattuna. Paastoverikokeiden tuloksista huomataan kylmälaitteen lisäävän tulehduksellisten tekijöiden pitoisuuksia aktiivista palautumista enemmän. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta aktiivisen palautuksen olevan kylmävesihoitoa tehokkaampi palautumismuoto kovan kestävyysharjoituksen jälkeen. Avoimeksi ja haasteeksi jatkotutkimuksille jää urheilijoiden ehkä eniten käyttämä palautumismetodiikan yhdistelmä: harjoituksen jälkeen ensin 15 minuutin aktiivinen palautus, sitten 15 minuutin kylmävesikäsitely ja samanaikaisesti nauttien palautusjuomaa (hiilihydraattia ja proteiinia) (Bompa & Haff 2009).

Avainsanat: kylmävesihoito, palautuminen, kestävyysharjoittelu

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO.....	1
2	PALAUTUMINEN.....	3
3	HARJOITTELUN AIKAANSAAMAT FYSIOLOGISET VASTEET	5
	3.1 Kestävyysharjoittelu	5
	3.2 Voima - ja tehoharjoittelu	6
	3.3 Hormonaalinen tasapaino ja palautuminen kestävyysharjoituksesta.....	7
4	KYLMÄVESIHOITO JA MUUT PALAUTUMISMENETELMÄT	9
	4.1 Kylmävesihoito.....	9
	4.2 Kylmävesihoidon akuutit fysiologiset vaikutukset	10
	4.3 Kylmävesihoidon akuutit vaikutukset fyysisen kuormituksen jälkeen	12
5	KYLMÄVESIHOIDON HYÖDYT PALAUTUMISESSA	15
	5.1 Nopeusharjoitukset	15
	5.2 Voima - ja tehoharjoitukset.....	16
	5.3 Kovat kestävyysharjoitukset.....	17
6	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESIT.....	21
7	TUTKIMUSMENETELMÄT	23
	7.1 Tutkittavat.....	23
	7.2 Tutkimusasetelma	23
	7.3 Aineiston keräys ja analysointi	25
	7.4 Tilastolliset analyysit	26
8	TULOKSET.....	27
	8.1 Maksimaalisen hapenoton harjoitus	27

8.2 Kevennyshyppy	27
8.3 Veren laktaattipitoisuus.....	30
8.4 Veren testosteronipitoisuus	33
8.5 Veren kortisolipitoisuus	35
8.6 Testosteroni - kortisoli - suhde	38
8.7 Paastoveren profiili.....	41
9 POHDINTA	43
LÄHTEET	50

1 JOHDANTO

Huippu-urheilijoiden tulee tänä päivänä harjoitella erittäin kovaa, jotta he voisivat saavuttaa maailman kärjen omassa lajissaan. Usein harjoittelussa tasapainoillaan riittävän ylikuormittumisen ja palautumisen välillä. On siis harjoiteltava paljon, muttei kuitenkaan palautumisen kustannuksella. Kun harjoittelu on liian kovaa ja liian usein toistuvaa, ei palautumiselle jää tarpeeksi aikaa ja vaara urheilijan ylikuormittumiselle kasvaa. Pitkällä aikavälillä liiallinen ylikuormittuminen heikentää merkittävästi urheilijan suorituskykyä ja saattaa johtaa vaikeaan yllirasitustilaan, josta toipuminen voi kestää jopa kuukausia. (Versey ym. 2013.)

Palautumisessa elimistön fysiologiset prosessit palautuvat väsymystä edeltävälle tasolle (Versey ym. 2013). Riittävä nesteen ja ravinnon nauttiminen sekä lepo muodostavat palautumisen peruspilarit, eikä niitä voida korvata millään muulla (Barnett ym. 2006). Palautumista voidaan kuitenkin nopeuttaa ja tehostaa erilaisten palautumismenetelmien avulla. Näiden myötä urheilijat pystyvät harjoittelemaan entistäkin kovemmin ja suoriutumaan kilpailuissa paremmin, koska harjoitusten ja kilpailuiden välissä suoritettavat palautumismenetelmät nopeuttavat itse palautumisprosessia. (Versey ym. 2013.)

Yksi urheilijoiden suosimista palautumismenetelmistä on kylmävesihoito, jonka hyödyllisyyttä erilaisista harjoituksista palautumiseen on viime aikoina tutkittu paljon (esim. Dunne ym. 2013). Tulosten mukaan kylmävesialtistus on pääosin hyödyllistä (Veile ym. 2011) tai sillä ei ole mitään merkitystä palautumisen kannalta (Peiffer ym. 2010), kun taas haitallisia vaikutuksia on löydetty vähemmän (Crowe ym. 2007). Tutkimuksissa kylmävesihoidon kesto (3 – 30 min) ja veden lämpötila (5 – 15 °C astetta) vaihtelevat suuresti, joten vielä on epäselvää, mikä niistä toimii parhaiten. Kylmävesihoidon palautumista edistävä vaikutus johtuu veden aiheuttamasta hydrostaattisesta paineesta sekä matalasta lämpötilasta. Ne yhdessä saavat aikaan lihasten verenkierron lisääntymisen ja sen kautta hapen ja ravinteiden saannin sekä

aineenvaihduntatuotteiden poiston tehostumisen. Lisäksi sillä on turvotusta ehkäisevä vaikutus. (Versey ym. 2013.) Kyseisiä vaikutuksia ei kuitenkaan vielä tunneta kovinkaan paljon.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää 10 minuutin ja 10 °C asteisen kylmävesihoidon akuutteja vaikutuksia kovasta kestävyysharjoituksesta palautumisessa. Tässä tutkimuksessa vertailevana palautumismuotona on 30 minuutin kestoinen aktiivinen palautus, koska aiemmin tutkimuksissa on käytetty pääosin passiivista palautumista vertailukohtana.

2. PALAUTUMINEN

Urheilijoiden harjoittelussa kuormituksen määrän tulee kasvaa progressiivisesti ja urheilijoiden on sopeuduttava kasvaneeseen harjoituskuormitukseen, jotta kehitystä voisi tapahtua. Riittävä palautuminen mahdollistaa myös koko suorituksen parantumisen. (Versey ym. 2013.) Kova harjoittelu ja kilpaileminen aiheuttavat elimistölle fysiologista stressiä, joka vaihtelee riippuen harjoituksen kestosta, intensiteetistä, tyypistä ja myös urheilijan harjoittelustaustasta (Leeder ym. 2012).

Kovan harjoituksen aiheuttama fysiologinen stressi johtaa energianvarastojen tyhjenemiseen, hypertermiaan, oksidatiiviseen stressiin, mekaanisiin lihaskivertäisiin, tulehdukseen sekä hermolihasjärjestelmän väsymiseen. Fysiologinen stressi aiheuttaa suorituskyvyn heikkenemistä lisäämällä lihaskipua, jäykkyyttä ja turvotusta sekä heikentämällä lihastoimintaa ja reaktioaikaa. (Leeder ym. 2012.) Niin aineenvaihdunnallisesti kuin mekaanisestikin kuormittavat harjoitukset aiheuttavat elimistössä samoja fysiologisia reaktioita kuten solukalvon lisääntyneen läpäisevyyden, lihassolun turpoamisen ja solun rakenteiden häiriintymisen (White & Wells 2013).

Kovien harjoitusten ja kilpailuiden vuoksi urheilijat kokevat usein väsymystä. Väsymys voidaan määrittellä psyykkiseksi väsymyksen tunteeksi sekä lihastoiminnan heikentymiseksi. Se aiheutuu monista sentraalisista ja perifeerisistä tekijöistä ja niiden välisistä yhteyksistä, joten se on varsin monimutkainen ilmiö. Väsymys voi olla seurausta yksittäisestä harjoituksesta ja haitata urheilijan suoritusta lyhyellä aikavälillä. Se voi myös kumuloitua useammasta harjoituksesta ja kestää päivistä viikkoihin, kuten kuvasta 1. näkyy ja se voi pahimmillaan johtaa yllirasitustilaan. (Versey ym. 2013.)

Yllirasitustilan oireita ovat väsymyksen lisäksi muun muassa mielialan vaihtelut, suorituksen heikentyminen sekä toistuvat vammat ja sairastumiset (Carfagno & Hendrix 2014). Puutteellinen palautuminen heikentää siis paitsi suorituskykyä harjoituksissa ja kilpailuissa, altistaa myös loukkaantumisille (Barnett, 2006).



KUVA 1. Harjoittelun tulee olla optimaalista sen keston, intensiteetin sekä harjoituskertojen kannalta. Liian vähäinen harjoittelu ei saa aikaan toivottuja harjoitusvaikutuksia, mutta liiallinen harjoittelu voi johtaa vaikeaan ylikuntotilaan. (mukaeltu Carfagno & Hendrix 2014.)

Jotta harjoittelu ja kilpailusuoritus olisivat maksimaalisella tasolla, tulee palautumisen olla mahdollisimman nopeaa ja väsymys vähäistä. Palautuminen tarkoittaa elimistön fysiologisten ja psyykkisten prosessien palauttamista väsymystä edeltävälle tasolle. Usein palautumiseen annettu aika urheilusuoritusten välissä on kuitenkin varsin lyhyt ja voi sen vuoksi jäädä puutteelliseksi, jolloin väsymys alkaa kasaantua urheilijalle. Huippu - urheilijat käyttävät yhä enemmän erilaisia palautumismenetelmiä nopeuttaakseen palautumistaan ja parantaakseen suorituskykyään. Niiden avulla he voivat harjoitella entistä kovemmin ja parantaa suorituskykyään kilpailuissa. Toisaalta, häiritsemällä väsymyksen luonnollista syntyä palautumismenetelmien avulla, sopeutuminen harjoituksiin saattaa kärsiä. Harjoituksiin sopeutuminen on kuitenkin tärkeää kaikille urheilijoille kehittymisen kannalta. (Versey ym. 2013.)

Harjoitusten jälkeen sekä loukkaantumisissa lihaksiin kohdistuu tulehduksellisia reaktioita, jotka saavat aikaan makrofagien ja neutrofiilien aktivoitumisen. Makrofagit auttavat lihaksen uudelleenmuodostuksessa ja kasvussa. Neutrofiilit poistavat vaurioitunutta kudosta ja siten edistävät lihaksen uudelleenmuodostumista. Akuutti tulehdus on tärkeää harjoituksen adaptaatioprosessissa, joten sen tukahduttaminen täysin näyttäisi olevan epäedullista kehittymisen kannalta. (Barnett 2006.)

3 HARJOITTELUN AIKAANSAAMAT FYSILOGISET VASTEET

3.1 Kestävyysharjoittelu

Harjoittelu saa elimistössä aikaan fysiologista stressiä, oli se minkälaista tahansa. Erityyppiset harjoitukset kuormittavat elimistöä kuitenkin eri tavoin. Aineenvaihdunnallista stressiä aiheuttavat pääasiassa kestävyys- ja intervalliharjoitukset. (White & Wells 2013.) Kestävysharjoittelussa energiaa eli adenosiinitrifosfaattia (ATP) tuotetaan suorituksen aikana pääosin aerobisesti. Tämä vaatii tehokkaan hengitys- ja verenkiertoelimistön, jotta happi pystytään kuljettamaan työskenteleville lihaksille. Lihakset taas käyttävät happea ATP:n eli energiantuotantoon, mikä vaatii suurta oksidatiivisten entsyymien aktiivisuutta lihassoluissa. (Maughan & Gleeson, 2010. 129 - 133.)

Kestävysharjoitukset sisältävät paljon aerobisen energian muodostusta ja lämmön tuottoa ja siten saavat aikaan reaktiivisten happilajien (*reactive oxygen species, ROS*) tuoton kasvua. Nämä happilajit ovat korkeasti reaktiivisia ja voivat tuhota proteiineja, lipidejä sekä nukleideja, mikä puolestaan vaurioittaa lihassolujen rakenteista etenkin solukalvoa ja ärsytys - supistus - kytkennän järjestelmää. (White & Wells 2013.)

Ärsytys - supistus - kytkennän häiriöt muuttavat lihassupistuskineettiikkaa ja heikentävät voimantuottoa ja sitä kautta urheilijan suorituskykyä. Häiriöt solukalvossa taas tekevät solusta läpäisevämmän. Harjoittelun aikaansaama suuri aineenvaihdunnantaso lisää aineenvaihduntatuotteiden kasaantumista soluun ja siten lisää solun osmolaliteettia eli liuenneiden molekyylien ja ionien lukumäärää liuotinkilossa. Solun lisääntynyt osmolaliteetti yhdessä suurentuneen läpäisevyyden kanssa lisää riskiä solun turpoamiselle. Turvotus lisää solun rakenteiden mekaanista stressiä, painostaa kapillaareja ja siten vaikeuttaa hapensaantia ja kuona - aineiden poistumista solusta. Lisäksi se aiheuttaa lihasarkuuden tunnetta. Tämän tyyppiset harjoitukset lisäävät turvotuksen lisäksi soluliman kalsiumpitoisuutta, mikä taas aktivoi valkuaisia hajottavia entsyymejä proteaaseja ja lisäksi myös lisää tulehduksellisten solujen viestintää. (White & Wells 2013.)

Kestävyyssuorituksesta syntyvä väsymys on seurausta useasta eri tekijästä, kuten vetyionien kasautumisesta, elimistön lämmön noususta, hermostollisista tekijöistä sekä glykogeenivarastojen ehtymisestä. Kovatehoisen suorituksen jälkeisten ensimmäisten minuuttien aikana lihasten glykogeenivarastoista glukoosia pilkotaan nopeasti ATP:ksi. Myös maksan glykogeenivarastot ehtyvät pitkäkestoisessa suorituksessa. Glykogeenin uudelleenmuodostus on tärkeää palautumisen kannalta ja se tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä nopeassa vaiheessa 30 – 60 minuuttia harjoituksen jälkeen glykogeenin uudelleenmuodostus tapahtuu nopeasti ilman insuliinia, mikäli hiilihydraatteja on riittävästi tarjolla, kun taas sitä seuraavassa vaiheessa se on paljon hitaampaa ja riippuvainen insuliinin määrästä. Tämän vuoksi hiilihydraattien riittävä saanti mahdollisimman nopeasti suorituksen jälkeen tehostaa palautumista huomattavasti. (Spaccarotella & Andzel 2011.) Varsinkin useamman kerran päivässä harjoitteleville urheilijoille hiilihydraattien riittävä saanti on erittäin tärkeää palautumisen kannalta. Lisäksi nestevajeen on todettu heikentävän niin suoritusta kuin siitä palautumista ja siksi se muodostaa tärkeän osan palautumisprosessissa. (Barnett 2006.)

3.2 Voima - ja tehoharjoittelu

Voima- ja tehoharjoittelussa energiaa tuotetaan pääosin adensiinitrifosfaatin (ATP), fosfokreatiinin (FK) ja anaerobisen glykogeenin avulla. Näistä ATP ja FK ovat välittömiä energianlähteitä, joista energiaa tuotetaan nopeasti, mutta ne ehtyvät jo muutamassa sekunnissa. Anaerobisen glykolyysin merkitys korostuu suorituksen keston pidentyessä, koska sen avulla energiaa pystytään tuottamaan ATP - ja FK - varastoja pidempään, mutta hitaammin. Tästä huolimatta se on kuitenkin 2,5 kertaa nopeampi energiantuottotapa aerobiseen energian tuottoon verrattuna. (Guyton & Hall, 2011, 970.)

Suurta lihassupistusvoimaa vaativat harjoitukset, kuten voima- ja hyppelyharjoitukset voivat aiheuttaa suoraan fyysisiä häiriöitä solukalvoihin, sarkomeereihin, ärsytys - supistus - kytkentään sekä lihakseen yhteydessä olevaan tukikudokseen. Suurta voimaa vaativassa lihassupistuksessa mekaanista stressiä aiheuttavat suuri lihaksen sisäinen paine, kalsiumionien jatkuva vapautuminen sarkoplasmisesta retikulumista sekä poikittaissiltojen venytys. Eksentrisen lihastyötapa aiheuttaa suurempaa mekaanista stressiä ja enemmän lihassoluvaurioita verrattuna isometriseen ja konsentriseen lihastyötapaan, mikä johtuu siitä, että eksentrisessä lihastyössä poikittaissillat tuottavat voimaa samalla kun pitenevät. Lihassupistuksen aikaansaama venytys johtaa solukalvon ja supistusjärjestelmän rakenteiden vaurioitumiseen. Häiriöt solukalvolla edistävät solujen

läpäisevyyden kasvua ja turpoamista, kun taas ärsytys - supistus - kytkennän häiriöt heikentävät voimantuottoa ja aiheuttavat arkuuden tunnetta. (White & Wells 2013.)

Kovan harjoittelun jälkeen esiintyy usein viivästynyttä lihaskipua - ja väsymystä eli DOMS:ia (delayed onset muscle soreness). Se vaikeuttaa harjoittelun jatkamista ja heikentää suorituskykyä, jolloin myös harjoittelun hyödyllisyys kärsii. DOMS on usein yhteydessä uudentyypiseen kovatehoiseen harjoitukseen ja eksentriseen lihastyötapaan. Lihaskivun ja - arkuuden poistumista voi olla hyvä nopeuttaa erilaisten palautumismenetelmien avulla. (Barnett 2006.)

Solujen kalsiumtasapainon häiriöt johtavat proteaasientsyymien aktivaatioon ja siten myöhempään soluvaurioihin. Soluvauriot, turvotus ja sytokiinin vapautuminen solusta altistavat tulehdukselliselle reaktiolle, joka voi johtaa sekundaarisiin vaurioihin ja siten heikentää lihasten toimintaa. (White & Wells 2013.) Kovatehoisessa harjoituksessa lihaksiin kertyy happamuutta eli laktaatti - sekä vetyioneja, jotka omalta osaltaan saavat aikaan lihasten väsymistä (Barnett 2006).

3.3 Hormonaalinen tasapaino ja palautuminen kestävyysharjoituksesta

Palautumista voidaan myös tarkastella hormonien käyttäytymisen avulla. Erityisesti endogeeniset eli sisäsyntyiset hormonit ovat tärkeitä elimistön fysiologisissa reaktioissa raskaissa fyysisissä kuormituksissa. Ne osaltaan säätelevät elimistön palautumista anabolisten ja katabolisten mekanismien kautta. Kaksi tärkeää hormonia palautumisen kannalta ovat anabolinen testosteroni ja katabolinen kortisoli. Molemmat ovat tärkeitä niin proteiini- kuin hiilihydraattiainevaihdunnassa. Lihassolujen reseptoritasolla testosteroni ja kortisoli kilpailevat siitä, kumpi on hallitsevampi. (Urhausen ym. 1995.)

Testosteronin ja kortisolin suhdetta (cortisol - testosterone ratio, C/T ratio) käytetään usein ilmaisemaan elimistön anabolian ja katabolian tasapainoa. Toisin sanoen se kertoo, onko elimistössä anabolinen eli rakentava vai katabolinen eli hajottava tila. Niiden suhde laskee harjoituksen intensiteetin ja keston noustessa sekä kovilla harjoitus- ja kilpailukausilla. Sen tulisi taas nousta palautumisen aikana. Se kertoo enemmän akuutista rasittumisesta, kuin pidemmän aikaväli ylikuormittumisesta. (Urhausen ym. 1995.)

Kestävyysharjoituksen synnyttämä stressi aikaansaa kortisolin nopean vapautumisen verenkiertoon eli veren kortisolipitoisuuden kasvua. Kortisolilla on merkittävä rooli katabolisessa

vaiheessa, koska se muun muassa hajottaa glykogeneenia ja edistää glukoneogeneesiä (glukoosin uudismuodostusta). Se lisää proteiinien kataboliaa eli hajotusta ja vähentää proteiinisynteesiä. Harjoituksen aikana katabolinen reaktio on välttämätöntä, jotta harjoituksen jälkeiset adaptaatiot, esimerkiksi proteiinisynteesi, käynnistyvät. Se osaltaan myös hillitsee tulehdusreaktioita vaurioituneissa kudoksissa. Veren kortisolipitoisuuden on havaittu nousevan 2 – 3 kertaiseksi kovassa kestävyysharjoituksessa, saavuttavan huippunsa 15 – 30 minuuttia harjoituksen jälkeen ja palautuvan lepotasolle noin tunti harjoituksen päätyttyä. Kortisolipitoisuuden nousu vaatii yleensä vähintään 20 minuutin kuormituksen intensiteetillä 60 % maksimaalisesta hapenottokyvystä. Submaksimaalisessa kuormituksessa kortisolipitoisuus saavuttaa huippunsa myöhemmin ja laskee hitaammin maksimaaliseen kuormitukseen verrattuna. Kortisolin matalaa vastetta harjoitukseen ja sen pitoisuuden pysymistä koholla lepotilassa voidaan pitää yhtenä ylirasittumisen merkinä. (de Graaf-Roelfsema ym. 2007.)

Testosteronilla on tärkeä rooli elimistön anabolisissa reaktioissa, koska se lisää proteiinisynteesiä ja vähentää proteiinien hajotusta eli kataboliaa. Siten se edistää palautumista ja lihasproteiinin uudelleen muodostumista. (Vingren ym. 2010.) Veren testosteronipitoisuuden on havaittu nousevan harjoitusintensiteetin kasvaessa. Mitä suuremmalla teholla harjoitellaan, sen suurempaa on testosteronipitoisuuden kasvu. (Lane & Hackney 2014.) Kuitenkin pitkään jatkuvassa kuormituksessa testosteronipitoisuuden kasvun on todettu kääntyvän laskuun. Kuormituksen jälkeen testosteronipitoisuus pysyy normaalia matalampana tuntien tai jopa päivien ajan riippuen kuormituksen rasittavuudesta. Se taas kertoo elimistön olevan katabolisessa tilassa ja vasta kun testosteronipitoisuus on noussut peruslukemiinsa, on anabolinen tila taas saavutettu. (Lac & Berthon 2000.)

4 KYLMÄVESIHOITO JA MUUT PALAUTUMISMENETELMÄT

4.1 Kylmävesihoito

Kylmävesihoito (*CWI, cold water immersion*) on yksi urheilijoiden suosimista palautumismenetelmistä. Urheilusuurituksen jälkeen upottaudutaan veteen kokonaan tai osittain. Kylmävesihoidon protokollat vaihtelevat tutkimusten välillä ja vielä on epäselvää, mikä näistä toimii parhaiten. Altistuksen kesto ja ajoitus, veden lämpötila, edeltävän harjoituksen luonne sekä upotuksen syvyys vaihtelevat paljon eri tutkimusten välillä. Veden lämpötila vaihtelee 5 – 20 °C asteen välillä, mutta on yleisimmin joko 5 °C astetta tai 10 – 15 °C astetta. Koko upotuksen aika vaihtelee 3 – 20 minuutin välillä sisältäen joko yhden 5 – 20 minuutin upotuksen tai useampia 1 – 5 minuutin upotuksia erotettuina 1 – 2,5 minuutin tauoilla. Upotuksen pituus riippuu veden lämpötilasta ja kylmemmässä vedessä sen aika on yleisesti lyhyempi. Tutkimusten mukaan suositeltavin veden lämpötila kylmäaltistuksessa on 10 – 15 °C astetta ja upotuksen kesto 5 – 15 minuuttia riippuen edelleen veden lämpötilasta. Upotuksen aikana urheilijat ovat yleensä passiivisia. (Versey ym. 2013.)

Kylmävesialtistus tulisi tehdä 30 minuutin sisällä harjoituksen päättymisestä, jotta siitä olisi mahdollisimman hyödyllisiä vaikutuksia palautumisen kannalta (Versey ym. 2013). Brophy - Williams ym. (2011) tutkimuksessa kylmävesihoito oli hyödyllisempi välittömästi kovatehoisen harjoituksen jälkeen suoritettuna kuin kolme tuntia harjoituksen jälkeen. Kuitenkin myös myöhemmin suoritettulla kylmävesihoidolla oli edullisia vaikutuksia verrattuna täysin passiiviseen palautumiseen ilman kylmäaltistusta.

Toista harjoitusta ei tulisi tehdä liian pian kylmäaltistuksen jälkeen. Noin 45 minuutin sisällä kylmävesihoidosta suoritettussa harjoituksessa kehon lämpötila on vielä normaalia matalampi ja suorituskyky merkittävästi normaalia heikompi varsinkin korkeatehoisissa ja räjähtävää voimaa vaativissa suorituksissa. (Versey ym. 2013.) Kylmävesihoidon hyötyihin tutkimuksissa saattaa vaikuttaa koehenkilöiden oma usko kyseiseen menetelmään ja odotukset siitä saataviin hyötyihin, koska lume - vaikutusta on vaikeaa saada aikaan vedessä huomaamatta (Leeder ym. 2012). Kylmävesihoito vaikuttaa palautumiseen eri tavalla riippuen kyseessä olevasta harjoituksesta sekä

kylmähoidon protokollasta. Sen vuoksi kylmäaltistuksen käytön tarpeellisuus tulee harkita tapauskohtaisesti ottaen huomioon palautumismekanismit erityyppisissä harjoituksissa. (White & Wells 2013.)

4.2 Kylmävesihoidon akuutit fysiologiset vaikutukset

Kylmävesihoidon palautumista edistävät tekijät johtuvat luultavasti veden hydrostaattisen paineen ja sen lämpötilan vaikutuksista kehoon. Veden hydrostaattinen paine lisää sydämen minuuttitilavuutta, lihasten verenvirtausta sekä aineenvaihduntatuotteiden diffuusiota lihaksista verenkiertoon, jolloin harjoituksen aikana syntyneiden aineenvaihduntatuotteiden poistuminen elimistöstä tehostuu ja hapen, ravinteiden sekä hormonien kuljetus väsyneisiin lihaksiin nopeutuu. Hydrostaattinen paine saattaa myös vähentää harjoituksen jälkeistä turvotusta vähentämällä lihassoluvaurioita, säilyttämällä riittävän hapenkuljetuksen lihaksiin sekä ylläpitämällä lihasten supistustoiminnan normaalina. Hydrostaattisen paineen suuruudella on lineaarinen yhteys veden tiheyteen ja upotuksen syvyyteen. Ensisijaisesti siihen vaikuttaa upotuksen syvyys, mikä yleensä vaihtelee lantiosta olkapäihin joko istuma – tai makuuasennossa suoritettuna. Merenpinnan tasolla hydrostaattinen paine on 50, 100 ja 150 cm syvyyksissä 44, 81 ja 118 mmHg. (Versey ym. 2013.)

Harjoituksen jälkeinen turvotus johtuu solukalvojen lisääntyneestä läpäisevyydestä ja se aiheuttaa kipua, solujen toiminnallista heikentymistä sekä hapensaannin häiriintymistä. Kylmä yhdessä jonkun painetta aiheuttavan tekijän esimerkiksi veden hydrostaattisen paineen kanssa vähentää solujen turpoamista ja nesteiden kasautumista soluun edistäen samalla kuona-aineiden poistumista ja veritilavuuden kasvua. Palautumisen akuutissa vaiheessa 0 – 2 tuntia harjoituksen jälkeen solujensisäinen tilavuus kasvaa johtuen aineenvaihduntatuotteiden kasaantumisesta ja alkusoluvaurioista, kun taas sitä seuraavassa subakuutissa vaiheessa 24 – 96 tuntia harjoituksen jälkeen solujen läpäisevyys kasvaa ja siten johtaa tulehduksellisiin lihaskalvovaurioihin. Myös kylmäaltistus itsessään saattaa aiheuttaa solujen turpoamista aiheuttamalla niihin kylmävaurioita, mikäli altistus kestää yli 30 minuuttia tai vesi on liian kylmää eli alle 10 °C. (White & Wells 2013.)

Veden lämpötila vaikuttaa edellä mainittuihin fysiologisiin tapahtumiin ihon lämpötilan muutosten kautta. Yli 36 °C asteinen vesi aiheuttaa verisuonten laajentumista eli vasodilaatiota ja siten lisää verenvirtausta. Sitä vastoin alle 20 °C asteinen vesi saa aikaan verisuonten supistumista

eli vasokonstriktiota ja verenvirtauksen vähenemistä. (Versey ym. 2013.) Kylmän veden aiheuttama vasokonstriktio vähentää solujen, imukudosten ja kapillaarien suonten läpäisevyyttä ja siten vähentää nesteiden diffuusiota solunsisäiseen tilaan, mikä taas on yksi mahdollinen tulehdusta vähentävä tekijä harjoituksen jälkeen (Leeder ym. 2012). Veren virtausta vähentämällä kylmävesihoito edistää tehokkaasti palautumista kovasta harjoituksesta (White & Wells 2013).

Kylmäältistuksessa tapahtuva vasokonstriktio johtuu verisuonten seinämien adrenergisten alfa -reseptorien herkkyydestä noradrenaliiniin ja se luultavasti edistää kylmän tulehdusta ehkäisevää vaikutusta palautumisen aikana. Harjoituksessa kuormitettujen lihassolujen solukalvot ovat vaurioituneet ja niiden osmolaliteetti kasvanut, mikä lisää turvotuksen riskiä huolimatta veren virtauksen vähenemisestä kylmän seurauksena. Fyysinen kuormitus myös lisää lihaksen sisäistä painetta, mikä heikentää hapen saantia. Kylmäältistus vähentää veren virtausta ja siten laskee lihassolujen turvotusta, myöhempää kivun tunnetta, toiminnallista heikentymistä sekä mahdollisia tulehduksen aiheuttamia sekundaarisia lihassoluvaurioita. (White & Wells, 2013.) Kylmävesihoito laskee kudosten lämpötilaa ja sen myötä harjoituksen jälkeistä tulehdusta. Tulehduksen väheneminen johtaa myös kivun tunteen vähenemiseen, mikä on seurausta tulehdusnesteen osmoottisen paineen laskusta. (Leeder ym.2012.)

Kylmävesihoito saattaa edistää palautumista nopeuttamalla harjoituksen jälkeisen lämmön kertymisen ja ruumiinlämmön nousun laskua nopeasti normaalille tasolla tai sen alle. Lisäksi kuumissa oloissa kylmävesihoito ennen suoritusta laskee kehon lämpötilaa ja siten saattaa parantaa suoritusta. (Versey ym. 2013.) Lihaskudoksen lämpötilan lasku kylmävesihoidon seurauksena saattaa vähentää entsyymien aineenvaihdunnallista aktiivisuutta ja rajoittaa vauriottomien solujen sekundaarista happivajeesta johtuvaa vahingoittumista (Leeder ym. 2012). Kova fyysinen kuormitus aiheuttaa lihassoluihin mikrovaurioita. Kylmä vähentää hermojen johtumisnopeutta sensorisista ja motorisista hermosoluista ja siten vähentää mikrovaurioista johtuvaa kipua ja tahattomia lihaskouristuksia. (White & Wells 2013.) Kylmävesihoidon jälkeen on havaittu selvää veren kortisolipitoisuuden nousua ja sen on todettu saavuttavan huippulukemansa noin 30 minuuttia altistuksesta, mutta kuitenkin sen on todettu palautuvan nopeasti lepotasolle noin tunti altistuksen jälkeen. (Bleakley & Davison 2010).

Ihon lämpötila laskee kylmälämpötilastuksessa ensimmäisten 1 – 3 minuutin aikana jyrkästi ja saavuttaa minimilämpötilansa noin 8 – 9 minuutin kohdalla. Lämpötila laskee nopeammin lihaksen pintaosissa ja iholla kuin syvällä lihaskudoksessa ja sen lasku on riippuvainen lihaksen ja veden lämpötilaerosta. Ihon lämpötilan on havaittu laskevan kylmähoidon seurauksena $6,5 \pm 3,4$ °C asteeseen, kun taas lihaksen sisäinen lämpötila laskee huomattavasti vähemmän $27,8 \pm 3,5$ °C asteeseen. Kylmälämpötilastuksessa ihon ja lihaksen pintaosat saattavat myös vaurioitua, koska sisältävät syväosia alttiimpia kudoksia muun muassa hermoja. Tämän vuoksi liian pitkä kylmälämpötilastus voi olla vahingollista. (White & Wells 2013.)

4.3 Kylmävesihoidon akuutit vaikutukset fyysisen kuormituksen jälkeen

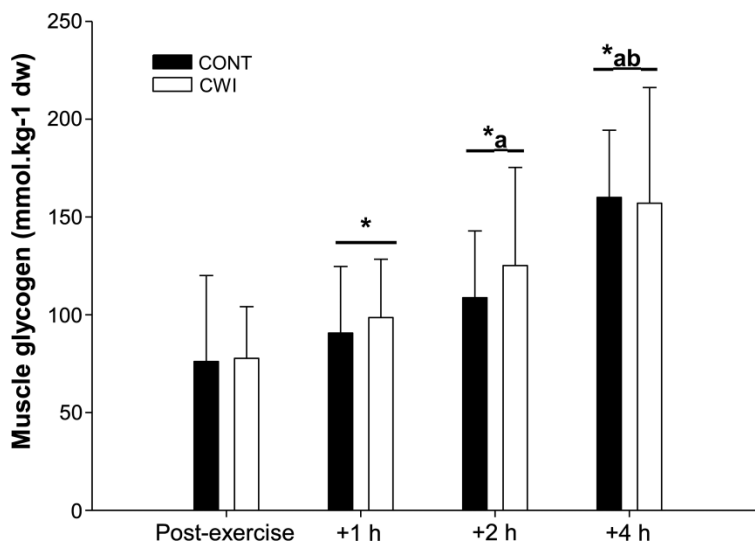
Kylmävesihoidon vaikutuksista palautumisen edistämiseen fyysisen kuormituksen jälkeen on suurimmassa osassa tutkimuksista sen todettu joko tehostavan palautumista tai sillä ei ole havaittu olevan mitään vaikutuksia. Vain muutamissa tutkimuksissa se on ollut haitallista palautumisen kannalta. Kylmävesihoidon hyödylliset vaikutukset eivät ulotu vain tiettyihin lajeihin, koska sen on todettu tehostavan palautumista muun muassa pyöräilyssä, juoksussa, kiipeilyssä, pystysuuntaisessa hypyissä ja jalkojen voimatesteissä ja lisäksi sen hyödylliset vaikutukset ovat kestäneet useiden päivien ajan. (Versey ym. 2013.)

Harjoituksen jälkeen kuormitettujen lihassolujen energiantarve kasvaa, jotta niiden ionigradientit palautuvat, lihasvauriot korjaantuvat ja energiavarastot täydentyvät. Lihassolujen mitokondrioiden lisääntynyt soluhengitys saa aikaan merkittävän reaktiivisten happilajien (*reactive oxygen species*) tuotannon. Kylmälämpötilastus saattaa vähentää lihassolujen energiantarvetta vähentämällä lihaksen sisäistä lämpötilaa ja aineenvaihdunnallista stressiä minimoimalla hapensaannin ja - tarpeen välisen eron. (White & Wells 2013.)

Kylmävesialtistus saattaa vaikuttaa sydämen hermostolliseen säätelyyn, palauttaa veritilavuuden sekä edistää sydämen esikuormitusta ja näiden avulla tehostaa palautumista kovan harjoituksen jälkeen. Kylmävesialtistus saa aikaan sydämen iskutilavuuden kasvua ja sykkeen laskua sekä edistää palautumista lisäämällä laskimopaluuta ja sydämen minuuttitilavuutta. Harjoitus yhdessä kylmälämpötilastuksen kanssa on stressi elimistölle ja molemmat vaikuttavat myös hormonien

toimintaan. Nämä hormonit säätelevät muun muassa verenvirtausta, nestetasapainoa, sykettä ja hengitystiheyttä, jotka ovat tärkeitä kovasta harjoituksesta palautumisessa. (White & Wells 2013.)

Akuutin palautumisen aikana harjoituksen jälkeinen lihasten verenkierron vähentäminen saattaa heikentää lihassolujen glukoosinottoa ja sitä kautta lihasglykokeenin uudelleen muodostumista. Heti harjoituksen jälkeen ensimmäisen tunnin aikana lihasten glukoosinotto on tehostunut insuliinin vaikutuksesta ja lihasglykokeenin uudelleen muodostus suurta, mikäli hiilihydraatteja nautitaan riittävästi. Kylmävesihoito ei heikentänyt kovan harjoituksen jälkeistä lihasglykokeenin uudelleen muodostumista neljän tunnin palautuksen aikana Gregsonin ym. (2013) tutkimuksessa. Huolimatta lihasten verenkierron vähenemisestä kylmäaltistuksen seurauksena, täyttyivät koehenkilöiden glykokeenivarastot normaalisti samalla kun he nauttivat 0,6 g/kg hiilihydraatteja harjoituksen jälkeen, kuten kuvasta 2. voidaan havaita. Kyseisessä tutkimuksessa vesi oli 8 °C asteista ja altistus kesti 10 minuuttia. Vastaavaa tilannetta proteiinien suhteen ei ole aiemmin tutkittu, joten sen voidaan olettaa noudattavan hiilihydraattien kanssa samaa linjaa eli kylmävesihoito ei luultavammin hidasta aminohappojen ottoa lihaksiin.



KUVA 2. Lihaskglykokeenin uudelleen täyttyminen heti, yhden, kahden ja neljän tunnin palautuksen aikana kovan harjoituksen jälkeen kylmävesihoito - (CWI) ja kontrolliryhmällä (CONT) (Gregson ym. 2013).

Muista palautumismenetelmistä huippu-urheilijat ovat jo pitkään käyttäneet hierontaa palautumisen apuna, koska sen uskotaan lisäävän lihasten verenkiertoa ja sitä kautta vähentävän

turvotusta ja kipua lihaksissa, edistävän laktaatin poistumista ja lieventävän DOMS:ia. Myös aktiivisella palautuksella on havaittu olevan positiivisia vaikutuksia happamuuden poistumiseen lihaksista ja siten palautumiseen. Kuitenkin joidenkin tutkimusten mukaan aktiivinen palautus saattaa olla haitallista glykogeenivarastojen nopean täyttymisen kannalta. Urheilijat venyttelevät usein ennen ja jälkeen harjoitusten, mutta sen hyödyllisyydestä vammojen ehkäisyssä ja palautumisessa ei ole tutkimusnäyttöä. (Barnett 2006.)

5 KYLMÄVESIHOIDON HYÖDYLLISYYS PALAUTUMISESSA

5.1 Nopeusharjoitukset

Kolmen peräkkäisen kovatehoisen harjoituspäivän jälkeen kylmävesihoito auttoi säilyttämään pyöräilyn sprinttisuorituskykyä passiivista palautumista paremmin. Harjoitukset sisälsivät 120 minuutin peruskestävyyslenkin, 66 maksimaalista vetoa ja 9 aika - ajosuoritusta. Pyöräilijät palautuivat harjoituksesta joko seisomalla 5 minuuttia 10 °C asteisessa vedessä tai 27 °C asteisessa huoneessa. Kylmävesihoito auttoi säilyttämään pyöräilytehon, kadenssin ja keskisykkeen 27 °C asteista vettä paremmin. (Stanley ym. 2013.)

Kuitenkin Schniepp ym.(2002) ja Crowe ym.(2007) tutkimuksissa 15 minuutin ja 12 – 14 °C asteinen kylmävesihoito heikensi pyöräilyn sprinttisuoritusta heti altistuksen jälkeen suoritettuna verrattuna passiiviseen palautukseen huonelämpötilassa istuen. Harjoitukset sisälsivät 30 sekunnin maksimaalisen vedon, jota seurasi palautus, jonka jälkeen uusi 30 sekunnin maksimaalinen veto. Kylmäaltistus heikensi jälkimmäisen vedon huippu- ja keskitehoa. Tutkimukset suoritettiin termoneutraaleissa oloissa alle 27 °C asteen lämpötilassa ja tutkijoiden mukaan tulokset voisivat olla toisenlaisia korkeammassa ilman lämpötilassa. Tutkijoiden mukaan kylmäaltistus heikentää sen jälkeen suoritettua sprinttisuoritusta laskemalla lihasten lämpötilaa ja siten hidastamalla niiden supistumisnopeutta. Se saattaa lisätä aktiopotentiaalin leviämisaikaa ja vähentää dynaamista supistusvoimaa 4 - 6 % jokaista 1 °C asteen lihasten lämpötilan laskua kohden. (Bigland - Ritchie ym. 1992, Bergh & Ekblom 1979.)

Kuumassa ilmassa noin 35 °C asteen lämpötilassa suoritettu 1 kilometrin pyöräilyn sprinttisuoritus ei heikentynyt, muttei myöskään parantunut 5 minuutin kylmävesialtistuksen jälkeen. Palautus tapahtui kahden kovatehoisen pyöräilysuorituksen välissä joko passiivisesti huonelämpötilassa tai 14 °C asteisessa kylmävesialtaassa. Kylmäaltistus vähensi lihasten lämpötilaa passiiviseen palautukseen verrattuna, muttei vaikuttanut isokineettiseen voimaan tai itse pyöräilysuoritukseen. (Peiffer ym. 2010.)

5.2 Voima- ja tehoharjoitukset

Kylmävesihoidon on todettu olevan tehokas palautumismenetelmä viivästyneen lihaskivun eli DOMS:n lieventämisessä 24 – 48 tuntia kovan intensiteetin harjoituksen jälkeen. Eksentristä lihastyötä vaativan harjoituksen jälkeen kylmävesihoidolla ei ollut vaikutuksia DOMS:iin 24 tunnin jälkeen, mutta oli kohtalaisia vaikutuksia 48 tuntia harjoituksen jälkeen. Lihassoiman palautumiseen sillä ei ollut vaikutuksia. Eksentrisessä lihastyössä myofibrillien sarkomeerit häiriintyvät ja ärsytys - supistus - kytkentä vaurioituu. Tällöin kalsium - ionien tasapainotila solulimassa häiriintyy, mikä taas johtaa soluissa tapahtuvaan harjoituksen jälkeiseen tapahtumasarjaan, joka vaurioittaa solua edelleen aiheuttamalla sekundaarisia lihassoluvaurioita erityisesti oksidatiivisten mekanismien kautta. Kylmävesihoito vähentää harjoituksen jälkeistä oksidatiivista stressiä, mutta sillä ei pystytä estämään edellä mainittuja sekundaarisia lihassoluvaurioita ja lihasvoiman laskua. (Leeder ym. 2012.)

Kylmävesihoito oli tehokas menetelmä lihaksen tehon palautumisessa 24, 48 ja 72 tuntia harjoituksen jälkeen. Lisäksi se vähensi harjoituksen jälkeistä kreatiinikinaasin (*CK, creatine kinase*) ulosvirtausta soluista verenkiertoon. Kylmävesihoito näyttäisi tutkimusten mukaan olevan korkean intensiteetin tehoharjoitusten jälkeen hyödyllisempi palautumismenetelmä kuin eksentristä lihastyötä vaativien harjoitusten jälkeen. Fysiologista syytä edellä mainittuun havaintoon ei ole vielä löydetty. (Leeder ym. 2012.)

Roberts ym. (2014) havaitsivat 10 minuutin ja 10 °C asteisen kylmävesihoidon auttavan submaksimaalisen, muttei maksimaalisen lihasvoiman palautumisessa kovan voimaharjoittelun jälkeen. Kontrolliryhmä suoritti 10 minuutin aktiivisen palautuksen, jolla ei ollut yhtä positiivisia vaikutuksia. Kylmävesihoito vähensi lihasten lämpötilaa, lihasarkuutta ja turvotusta, laskimon happikylläisyyttä sekä plasman myoglobiinipitoisuutta verrattuna aktiiviseen palautukseen.

Sen sijaan kylmähoidon käyttö pidemmällä aikavälillä saattaa heikentää voimaharjoittelun aikaansaamia harjoitusvaikutuksia. Viiden viikon säännöllinen kylmähoidon käyttö heikensi harjoitusadaptaatiota 1 – 2 % hyväkuntoisilla miehillä heidän upotetussa jalassaan verrattuna upottamattomaan jalkaansa. Kylmähoito koostui kolmesta neljän minuutin upotuksesta, joiden

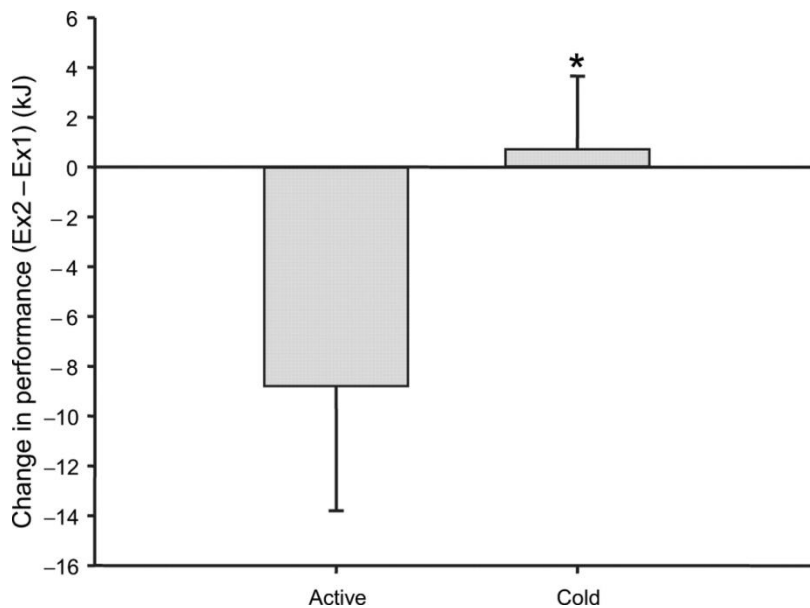
välissä oli 30 sekunnin tauko ja vesi oli $12 \pm 1,5$ °C asteista. (Fröhlich ym. 2014.) Yamane ym. (2006) mukaan voimaharjoittelu saa aikaan vaurioita lihasten sisällä ja tämä edistää muun muassa lihassolujen uudelleen muodostumista ja satelliittisolujen aktivaatiota. Lihasten lämpötilan lasku kylmäältistuksen seurauksena häiritsee näitä adaptaatioprosesseja ja on siten pidemmällä aikavälillä haitallista voiman kehittymisen kannalta.

5.3 Kovat kestävyysharjoitukset

Dunne ym.(2013) tutkimuksessa lantioon asti ulottuneet kylmävesialtistukset sekä 8 °C että 15 °C asteisissa vesissä 15 minuutin ajan kahden uuvuttavan juoksuharjoituksen välissä edistivät palautumista ensimmäisestä harjoituksesta ja paransivat suorituskykyä toisessa harjoituksessa passiiviseen palautukseen verrattuna. Juoksuharjoitukset sisälsivät 5 minuuttia juoksua 50 % maksiminopeudesta (V_{max}), 5 minuuttia 60 % V_{max} ja lopuksi juoksua 90 % V_{max} uupumukseen asti. Aika uupumukseen ei eronnut ensimmäisessä harjoituksessa palautumismuotojen kesken, mutta oli toisessa harjoituksessa pidempi kylmäältistuksen jälkeen passiiviseen palautumiseen verrattuna. Toisen harjoituksen aikainen syke oli matalampaa kylmäältistuksen jälkeen verrattuna passiiviseen palautukseen ja toisen harjoituksen jälkeinen veren laktaattipitoisuus oli korkeampi passiivisen palautuksen jälkeen. Tutkijoiden mukaan tehokkain palautumismenetelmä kylmähoitojen kesken oli altistus 8 °C asteisessa vedessä, mutta myös altistus 15 °C asteisessa vedessä oli passiivista palautumista tehokkaampi.

Samankaltaisia tuloksia saatiin tutkimuksessa, joka suoritettiin pyöräillen 32,8 °C asteen lämpötilassa. Koehenkilöt suorittivat kaksi 35 minuutin uuvuttavaa harjoitusta, joita erotti 60 minuutin palautumisaika. Palautus tapahtui joko aktiivisena 15 minuuttia pyörää polkien tai 15 °C asteisessa kylmävesialtaassa 15 minuuttia seisten. Näitä molempia seurasi 40 minuutin lepo ennen toista harjoitusta. Toisessa harjoituksessa suoritus heikkeni selvästi aktiivisen palautuksen jälkeen verrattuna kylmävesialtistukseen, kuten kuvasta 3. voidaan havaita. Kehon lämpötila laski enemmän kylmävesihoidon jälkeen ja myös raajojen verenkierto oli vähäisempää aktiiviseen palautukseen verrattuna. Tulokset osoittavat kylmävesihoidon parantavan kuumassa ilmassa suoritettua kovaintensiteettistä kestävyysuoritusta vähentämällä kehon lämpötilaa sekä raajojen

verenkiertoa ja siten parantamalla laskimopalautusta, sydämen toimintakykyä ja koko suoritusta. (Vaile ym. 2011.)



KUVA 3. Suorituskyvyn muutokset ensimmäisen ja toisen harjoituksen välillä aktiivisen palautuksen (vasen pylväs) ja kylmävesihoidon (oikea pylväs) jälkeen. Kylmävesihoito paransi hieman suorituskykyä, mutta aktiivisen palautuksen jälkeen suorituskyky oli selvästi heikentynyt. (Vaile ym. 2011.)

Lanen ja Wengerin (2004) tutkimuksessa 15 minuutin kylmävesihoito 15 °C asteisessa vedessä, aktiivinen palautus 15 minuuttia pyöräillen 30 % maksimihapenotosta ja 15 minuutin hieronta 18 minuutin intervalliharjoituksen jälkeen paransivat kaikki suoritusta seuraavassa harjoituksessa. Vain passiivisella palautuksella oli suoritusta heikentävä vaikutus. Kuitenkin Crampton ym.(2013) tutkimuksessa 15 °C asteinen ja 30 minuutin kestoinen kylmävesihoito oli tehokkaampi palautumisen kannalta kovatehoisen kestävyysuorituksen jälkeen verrattuna aktiiviseen palautukseen, kontrastivesihoitoon ja termoneutraaliin vesialtistukseen.

Kylmävesihoito 90 minuutin vaihtelevan intensiteetin juoksuharjoituksen jälkeen vähensi joitakin lihasvauriotekijöitä passiiviseen palautukseen verrattuna. Altistus kesti 10 minuuttia ja suoritettiin 10 °C asteisessa vedessä. Koehenkilöiden koettua väsymystä, lihastoiminnan muutoksia ja solun sisäisten proteiinien ulosvirtausta seurattiin 7 päivän ajan harjoituksen jälkeen. Harjoitus aiheutti

suurta lihasarkuutta, hetkellistä lihastoiminnan heikentymistä sekä seerumin markkereiden kohonneita pitoisuuksia lihasvaurioiden osalta, jotka kaikki saavuttivat huippunsa 48 tuntia harjoituksen jälkeen molemmissa palautusryhmissä. Kylmävesihoito vähensi lihasarkuuden tunnetta ensimmäisten 48 tunnin aikana harjoituksen päättymisestä passiiviseen palautukseen verrattuna. Se myös ehkäisi maksimaalisen lihasvoiman heikentymistä 24 ja 48 tuntia harjoituksen päättymisestä ja vähensi seerumin myoglobiinin vastetta tunti harjoituksen jälkeen. (Bailey ym. 2007.)

Ihsan ym.(2014) havaitsivat kovatehoisen kestävyysharjoituksen jälkeisen 15 minuutin ja 10 °C asteisen kylmävesihoidon tehostavan harjoittelun aikaansaamaa PGC - 1 α :n lähetti - RNA:n ilmentymistä ja siten mahdollisesti parantavan harjoituksen aikaansaamaa mitokondrioiden biogeneesiä. PGC - 1 α on avaintekijä mitokondrioiden biogeneesissä sekä aineenvaihdunnallisessa ja verenkierröllisessä sopeutumisessa harjoitukseen (Yan ym. 2011).

Aiemmin Ihsan ym.(2013) tutkivat kovan kestävyysjuoksuharjoituksen jälkeisen 15 minuutin ja 10 °C asteisen kylmävesialtistuksen vaikutusta kudosten hapettumiseen ja veritilavuuden muutokseen. Koehenkilöiden toinen jalka oli upotettuna veteen ja toinen toimi kontrollina vieressä. Ihon lämpötila, kudoksen hapettuminen ja hemoglobiinitilavuus eivät eronneet jalkojen välillä juoksuharjoituksen missään vaiheessa. Sen sijaan upotetun jalan ihon lämpötila ja hemoglobiinitilavuus olivat huomattavasti matalampia kylmävesialtistuksen aikana verrattuna kontrolliin. Kudoksen hapettuminen oli sen sijaan korkeampaa koko altistuksen ajan upotetussa jalassa. Harjoituksen jälkeinen kylmävesihoito vähensi mikrovaskulaarista läpivirtausta ja lihaksen aineenvaihdunnallista aktiivisuutta. Nämä tulokset tukevat oletusta, jonka mukaan kylmävesihoito parantaa paikallisesti lihaksen palautumista.

Pidemmällä aikavälillä suoritettulla kylmävesihoitajaksolla ei luultavasti ole Halsonin ym. (2014) mukaan haitallisia vaikutuksia urheilijoiden kestävyysuorituskykyyn. Kylmävesihoito 39 päivän harjoitusjaksolla ei heikentänyt harjoitusadaptaatiota kilpapyöräilijöillä. Neljästi viikossa harjoitusten jälkeen suoritettulla 15 minuutin kestoisella ja 15 °C asteisella kylmävesihoidolla oli positiivisia vaikutuksia korkeaintensiteetin suoritukseen, sprinttisuoritukseen sekä itse määräämään harjoituskuormaan kontrolliryhmään verrattuna. Unen laatu ei eronnut

harjoitusjakson aikana kylmävesihoito - ja kontrolliryhmän välillä. Se kuitenkin heikkeni molemmissa ryhmissä tutkimuksen edetessä. Herkistelyvaiheessa kylmävesihoidolla oli negatiivinen vaikutus unen latenssiaikaan verrattuna kontrolliryhmään. (Halson ym. 2014.)

Kylmävesialtistus lisäsi tehokkaasti kovatehoisen kestävyysharjoituksen jälkeistä parasympaattisen hermoston aktiivisuuden kasvua. Altistus suoritettiin 5 minuutin ajan 14 – 15 °C asteisessa vedessä. Tutkijoiden mukaan parasympaattisen hermoston aktivaation määrä on riippuvainen veden lämpötilasta ja kylmempi vesi kiihdyttää sen toimintaa parhaiten. (Al Haddad ym. 2010.)

Halse ym.(2011) havaitsivat kovatehoisen 40 minuutin kestävyysharjoituksen jälkeen suoritettuna 15 °C asteisen ja 20 minuutin kylmävesialtistuksen lisäävän huomattavasti ravinnonottoa hyväkuntoisilla miehillä. Ravinnonotto oli noin 250 kilokaloria (kcal) enemmän kontrolliryhmään verrattuna altistusta seuraavalla aterialla, mikä näkyy taulukosta 1. Myös 33 °C asteisen vesialtistuksen jälkeen ravinnonotto oli suurempaa verrattuna kontrolliryhmään. Kylmäaltistuksen jälkeen verenkierrossa on vähemmän leptiinejä ja greliinit ovat aktiivisempia, mikä saattaa osaltaan johtaa suurempaan ravinnonottoon. Tämä saattaa olla hyödyllistä urheilijoille kovien harjoitusten jälkeen, jotta tyhjentyneet energiavarastot saadaan mahdollisimman tehokkaasti täytettyä.

TAULUKKO 1. Ravinnon nauttiminen kylmävesialtistuksen (CWI), 33 °C asteisen vesialtistuksen (NWI) sekä huonelämpötilassa levon (CON) jälkeen (Halse ym. 2011).

	CON	CWI	NWI
Total energy intake (kJ)	4089 ± 1585 ^a	4893 ± 1554 ^b	5167 ± 1975 ^b
Carbohydrate (kJ)	2271 ± 884 ^a	2763 ± 756 ^b	2794 ± 1013 ^b
Carbohydrate (%)	56 ± 7	58 ± 8	55 ± 8
Fat (kJ)	1054 ± 533	1215 ± 647	1410 ± 786
Fat (%)	25 ± 7	23 ± 8	26 ± 9
Protein (kJ)	578 ± 215 ^a	685 ± 234 ^b	736 ± 255 ^b
Protein (%)	14 ± 2	14 ± 2	15 ± 2

Values are presented as mean ± SD; *N* = 10. Values that do not share a common letter are significantly different, *P* < 0.05 (on the basis of pairwise comparisons).

6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESIT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kylmävesihoidon vaikutuksia akuuttiin palautumiseen kovasta kestävyysharjoituksesta. Tutkimuksessa vertaillaan kovan kestävyysharjoituksen jälkeen suoritettujen aktiivisen palautuksen ja kylmävesialtistuksen aiheuttamia vaikutuksia kevennyshypyn nousukorkeuteen sekä verestä mitattuihin testosteroni -, kortisoli - ja laktaattipitoisuuksiin sekä harjoitusaamun ja sitä seuraavan aamun paastoveren profiiliin.

Tutkimusongelmat ja hypoteesit

Ongelma 1: Auttaako 10 minuutin kestoinen kylmävesialtistus 10 °C asteisessa vedessä palautumaan kovasta kestävyysharjoituksesta kevennyshypyn nousukorkeutta mittarina käyttäen?

Hypoteesi 1: Kylmävesialtistus kylmentää lihaksia ja hidastaa niiden supistumisnopeutta, joten kevennyshypyt ovat matalampia kylmäaltistuksen jälkeen aktiiviseen palautukseen verrattuna.

Perustelut 1: Kylmäaltistus laskee lihasten lämpötilaa ja siten hidastaa niiden supistumisnopeutta. Se saattaa lisätä aktiopotentiaalin leviämisaikaa ja vähentää dynaamista supistusvoimaa 4 - 6 % jokaista 1 °C asteen lihasten lämpötilan laskua kohden. (Bigland - Ritchie ym. 1992, Bergh & Ekblom 1979.)

Ongelma 2: Miten veren laktaattipitoisuudet eroavat harjoitusten välillä?

Hypoteesi 2: Kylmävesihoidon jälkeen oletuksena on, että veren laktaattipitoisuus on korkeampaa verrattuna aktiiviseen palautukseen.

Perustelut 2: Aktiivinen palautuminen nopeuttaa laktaatin poistoa (Menzies ym. 2010). Sen sijaan kylmävesihoidon vaikutuksista ko. muuttujiin ei ole tutkimustuloksia.

Ongelma 3: Miten palautumisessa käytetty kylmävesialtistus vaikuttaa veren kortisolipitoisuuteen ja miten sen pitoisuus laskee lepotasolle?

Hypoteesi 3: Kylmävesialtistuksen jälkeen veren kortisolipitoisuus kohoaa, mutta laskee lepotasolleen nopeasti.

Perustelut 3: Kylmävesialtistus harjoituksen jälkeen nosti tilastollisesti merkitsevästi veren kortisolipitoisuutta, joka pysyi koholla 30 minuuttia altistuksen jälkeen, mutta palautui lepotasolleen 60 minuutin jälkeen (Bleakley & Davison, 2010).

Ongelma 4: Eroavatko aamun paastoveren profiilit toisistaan kahden harjoituksen välillä?

Hypoteesi 4: Aamun paastoverikokeet aktiivisen ja kylmävesipalautuksen yhteydessä eivät merkitsevästi eroa toisistaan. Tutkimusnäyttöä tästä ei kuitenkaan ole.

7 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämä tutkimus suoritettiin Jyväskylän yliopistossa liikuntabiologian laitoksella. Tutkimus suoritettiin maaliskuusta - toukokuussa 2015 Hipposhallissa sekä Vivecan laboratoriossa.

7.1 Tutkittavat

Tutkimukseen rekrytoitiin koehenkilöitä yliopiston sähköpostilistalle laitettujen hakuilmoitusten perusteella. Lopullisesti tutkimukseen valittiin yhdeksän hyväkuntoista ja tervettä miespuolista koehenkilöä, joilla oli taustaa ja kokemusta kestävyysharjoittelusta (taulukko 2). Hakukriteereinä olivat 18 – 36 vuoden ikä, kestävyysharjoittelutausta, ei pitkäaikaissairauksia tai lääkityksiä. Koehenkilöt osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti ja sitoutuivat noudattamaan tutkimuksessa heille annettuja Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen yleisiä tutkimusohjeita allekirjoittamalla suostumuslomakkeen. Heitä pyydettiin vakioimaan ruokavalionsa ja fyysinen aktiivisuutensa ennen molempia harjoituksia.

TAULUKKO 2. Tutkittavien ikä, pituus, paino, painoindeksi, rasvaprosentti sekä 1000 metrin ennätysaika (keskiarvo \pm keskihajonta).

	Koehenkilöt
Ikä (v)	27,9 \pm 4,5
Pituus (cm)	183,6 \pm 4,9
Paino (kg)	80,4 \pm 11,6
Painoindeksi (kg/m ²)	23,7 \pm 2,3
Rasva %	13,4 \pm 4,4
1000m max.aika (min)	3.23s \pm 0.33
Max. syke (bpm)	182 \pm 8

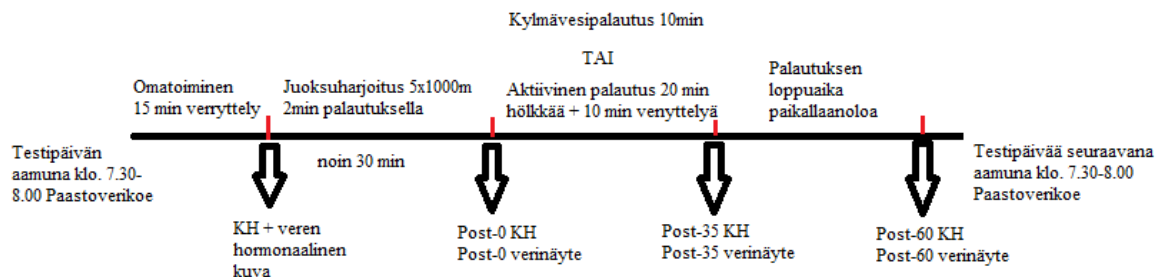
7.2 Tutkimusasetelma

Osallistujat suorittivat kaksi kovaa kestävyysharjoitusta, joiden jälkeen suoritettiin joko aktiivinen palautuminen tai kylmävesialtistus. Heistä kolme suoritti ensin kylmävesipalautuksen ja kuusi aktiivisen palautuksen. Heiltä mitattiin testipäivien aamuina perusverenkuva ja veren kortisoli- ja testosteronipitoisuudet. Ennen ja jälkeen harjoituksen sekä 60 minuutin palautumisen aikana heiltä mitattiin veren hormonaalinen kuva ja laktaattipitoisuus sekä kevennyshyppyjen nousukorkeus.

Osallistujat kontrolloivat itsenäisesti ruokailuaan ja fyysistä aktiivisuuttaan ennen molempia harjoituksia, jolloin ne pysyivät samankaltaisina. Koehenkilöiltä mitattiin myös pituus, paino ja rasvaprosentti.

Paastoverikoe. Molempien testipäivien aamuina sekä testipäivää seuraavana aamuna koehenkilöt saapuivat verikokeisiin Vivecan laboratorioon 10 tunnin yön paaston jälkeen klo. 7.30 - 8.30 välisenä aikana. Verikokeesta analysoitiin perusverenkuva sekä veren testosteroni - ja kortisolipitoisuudet.

Kestävyysharjoitus ja sen jälkeinen palautumisen seuranta. Jokainen koehenkilö suoritti kaksi kertaa saman kovan kestävyysharjoituksen, joka oli nouseva maksimaalisen hapenoton harjoitus 5 x 1000 metriä kahden minuutin palautuksella, kuten kuvasta 4 voidaan havaita. Harjoitukset suoritettiin Hipposhallissa 200 metrin juoksuradalla. Vetojen vauhdit kontrolloitiin kierrosaikojen avulla sekuntikelloa avuksi käyttäen. Ennen harjoitusta heti verryttelyn jälkeen otettiin laskimoverinäyte, josta analysoitiin veren testosteroni - ja kortisolipitoisuudet ja veren laktaattipitoisuus sekä testattiin kevennyshyppy. Heti jokaisen vedon jälkeen kirjattiin ylös syke koehenkilöiden omilla tai laitoksen sykemittareilla (Polar RS300X, Polar Electro, Suomi).



KUVA 4. Testiprotokolla aktiivisella palautuksella ja kylmävesihoidolla. Kuvasta ilmenee myös verikokeiden ja kevennyshyppyjen ajankohdat.

Harjoituksen jälkeen koehenkilöt suorittivat joko aktiivisen palautuksen tai kylmävesihoidon. Aktiivinen palautus oli 20 minuutin kestoisen ja sisälsi kevyttä aerobista juoksua sykkeellä 120 - 140 riippuen omista syketasoista, venyttelyä 10 minuuttia ja näiden jälkeen 25 minuuttia paikalla oloa.

Kylmävesihoito kesti 10 minuuttia ja suoritettiin noin viisi minuuttia harjoituksen jälkeen 10 °C asteisessa vedessä Vivecan laboratorion kylmävesialtaassa alaraajat ja puolet keskivartalosta upotettuna. Ennen ja jälkeen veteen menon mitattiin reidestä ihon lämpötila digitaalisella lämpötilamittarilla. Kylmävesihoidon jälkeen loput 45 minuuttia palautumisesta oli paikalla oloa. Palautumisen seuranta kesti kokonaisuudessaan 60 minuuttia. Heti harjoituksen jälkeen, 35 minuutin ja 60 minuutin palautumisen kohdalla testattiin kevennyshyppy sekä otettiin laskimoverinäyte hormonaalista analysointia varten ja sormenpääverinäyte laktaattipitoisuuden määrittystä varten.

7.3 Aineiston keräys ja analysointi

Aineisto verikokeiden, kevennyshyppyjen ja kehonkoostumuksen osalta kerättiin Vivecalla ja kestävyysharjoituksen osalta viereisessä Hippshallissa 200 metrin juoksuradalla.

Perusverenkuva, veren hormonaalinen kuva ja veren laktaattipitoisuus. Paastoverinäytteet otettiin Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian laboratoriossa testipäivän aamuna ja sitä seuraavan päivän aamuna klo. 7.30 - 8.30 välisenä aikana. Aamun paastoverinäyte otettiin kyynärlaskimosta 10 tunnin paaston jälkeen. Siitä analysoitiin perusverenkuva Sysmex XP300-analysaattorilla. Harjoituksen yhteydessä otettiin verikokeita, joista analysoitiin veren laktaattipitoisuus sekä hormonaalinen kuva sisältäen testosteroni - ja kortisolipitoisuudet. Ne otettiin juuri ennen harjoitusta, heti harjoituksen jälkeen, palautuksen 35 minuutin ja 60 minuutin kohdalla. Veren laktaattipitoisuus analysoitiin sormenpääverinäytteenä Biosen Cline Sport (EKF, Diagnostic, Magdeburg, Germany) laitteella 20 µl kapillaareihin 1.5 % variaatiokertoimella (CV). Veren testosteroni - ja kortisolipitoisuudet analysoitiin kyynärlaskimonäytteestä Immulite 2000 Xpi - analysaattorilla 5 ml seerumi-geeliputkiin ja erottelukyky testosteronille oli 0.5 nmol/l ja kortisolille 5.5 nmol/l. Variaatiokerroin testosteronille oli 4.2 % ja kortisolille 2.24 %.

Antropometria. Pituus mitattiin liikuntalaboratoriossa seinään kiinnitetyn mittarin avulla 0,5 sentin tarkkuudella ja paino digitaaliva'alla 100 gramman tarkkuudella. Rasvaprosentti mitattiin rasvapihdeillä (John Bull, British Indicators LTD, Englanti) neljän pisteen menetelmällä neljästä eri kohdasta eli hauksen -, ojentajan -, lavanaluksen - ja suoliluunihopoi muista. Jokaisesta pisteestä mitattiin kolme kertaa ihopoimun paksuus ja niistä laskettiin keskiarvot. Lopuksi keskiarvopaksuudet laskettiin yhteen ja rasvaprosentti määritettiin Kuntotestauksen käsikirjassa

olevan Durnin & Rahaman taulukon ”rasvaprosentti miesurheilijoille (yli 16.v.)”, mukaisesti (Keskinen ym. 2007, 263).

Kevennyshyppy. Kevennyshyppy testattiin liikuntabiologian laitoksella rakennetulla kontaktimatto/kello -menetelmällä (Jyväskylän yliopisto, 2014), jossa lentoajan perusteella laskettiin hyppyjen nousukorkeus. Hyppyjen nousukorkeus (m) laskettiin kaavalla $h = (g \times t^2) / 8$, missä $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ja $t =$ mitattu hypyn lentoaika (s). Kevennyshyppyjen tekniikka tarkistettiin ennen jokaisen koehenkilön ensimmäisiä hyppysuorituksia. Hyppy testattiin ennen juoksuharjoitusta, välittömästi sen jälkeen, 35 minuutin kohdalla palautumisesta sekä 60 minuutin kohdalla palautumisesta. Jokaisella kerralla koehenkilöillä oli kolme maksimaalista hyppyä ja kahden parhaan hypyn keskiarvosta laskettiin lopullinen hyppykorkeus.

Kestävyysjuoksuharjoitus. Juoksuharjoitus toteutettiin Jyväskylän Hipposhallin 200 metrin sisäradalla. Ennen juoksuharjoitusta koehenkilöt suorittivat omatoimisen verryttelyn. Juoksuharjoitus koostui viidestä 1000 metrin vedosta. Vetojen vauhtien määrittämiseksi koehenkilöiltä testattiin 1000 metrin maksimiaika ennen varsinaisen tutkimuksen aloittamista. Vetojen vauhdit määräytyivät seuraavan esimerkin mukaisesti. Prosentuaalisesti vedot olivat 80 – 95 % 1000 metrin maksimijuoksusta. Jos 1000 metrin maksimiaika oli 3.10 minuuttia, oli ensimmäisen vedon vauhti 4.00 min/km, toisen 3.50 min/km, kolmannen 3.40 min/km, neljännen 3.30 min/km ja viidennen 3.20 min/km. Koehenkilöitä informoitiin kierrosajoista jokaisen vedon aikana, jotta he pystyivät omatoimisesti säätämään vauhtiaan sopivaksi. Aika otettiin tavallisella sekuntikellolla. Vetojen välissä oli kahden minuutin passiivinen palautus. Jokaisen koehenkilön ensimmäisen harjoituksen vetoajat kirjattiin ylös ja toinen harjoitus suoritettiin kunkin kohdalla täsmälleen samoilla vauhdeilla, mihin ensimmäisessä harjoituksessa oli päästy.

7.4 Tilastolliset analyysit

Tuloksista laskettiin keskiarvot (KA) ja keskihajonnat (SD) ja ne analysoitiin Microsoft Office Excel 2010 - ohjelmalla ja IBM SPSS Statistics 20.0 – ohjelmalla (IBM Corporation). Aineisto osoittautui ei - normaalijakautuneeksi, mikä testattiin Kolmogorovin - Smirnovin ja Shapiro-Wilkin testillä - menetelmällä ja jatkokäsittely tehtiin Wilcoxonin parittaisella testillä. Merkitsevyyden alaraja oli $p < 0,05$ ja sen tunnus on *, hyvin merkitsevän $p < 0,01$ ** ja erittäin merkitsevän $p < 0,001$ ***.

8 TULOKSET

8.1 Maksimaalisen hapenoton harjoitus

Sykkeiden perusteella harjoitukset olivat rasitustasoiltaan molemmilla kerroilla suunnilleen samanlaiset jokaisen koehenkilön kohdalla, kuten taulukosta 3 voidaan havaita. Myös veren laktaattipitoisuudet käyttäytyivät hyvin samankaltaisesti molemmissa harjoituksissa. Harjoitusten vetojen vauhdit kontrolloitiin siten, että ne olivat toisella kerralla samoja ensimmäisen kerran kanssa. Ensimmäisen vedon vauhti oli 4.34 ± 0.04 min/km, toisen 4.24 ± 0.04 min/km, kolmannen 4.02 ± 0.04 min/km, neljännen 3.50 ± 0.03 min/km ja viidennen 3.41 ± 0.03 min/km. Kylmävesialtistusta ennen koehenkilöiden ihon lämpötila reidestä mitattuna oli $35,6 \pm 1,1$ °C ja jälkeen $15,8 \pm 0,6$ °C. Ihon lämpötilan laskua tapahtui altistuksen aikana $-19,3 \pm 0,8$ °C.

TAULUKKO 3. Harjoitusten (aktiivisella palautuksella, AKT ja kylmävesipalautuksella, CWI) yhteydessä mitatut sykkeet jokaisen vedon jälkeen sekä veren laktaattipitoisuudet ennen ja jälkeen harjoitusten.

	AKT	CWI
1. Vedon syke (bpm)	169 ± 9	172 ± 7
2. Vedon syke (bpm)	177 ± 7	179 ± 9
3. Vedon syke (bpm)	180 ± 6	181 ± 8
4. Vedon syke (bpm)	183 ± 8	184 ± 8
5. Vedon syke (bpm)	186 ± 8	187 ± 9
Laktaatti Pre (mmol/l)	$1,6 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,6$
Laktaatti Post (mmol/l)	$9,3 \pm 3,5$	$10,4 \pm 2,5$

8.2 Kevennyshyppy

Kevennyshyppyjen nousukorkeus oli huomattavasti matalampaa kylmävesihoidon jälkeen verrattuna aktiiviseen palautukseen. Molempien harjoitusten yhteydessä testattujen kevennyshyppyjen nousukorkeudet näkyvät taulukossa 4 ja kuvassa 5 sekä niiden muutokset

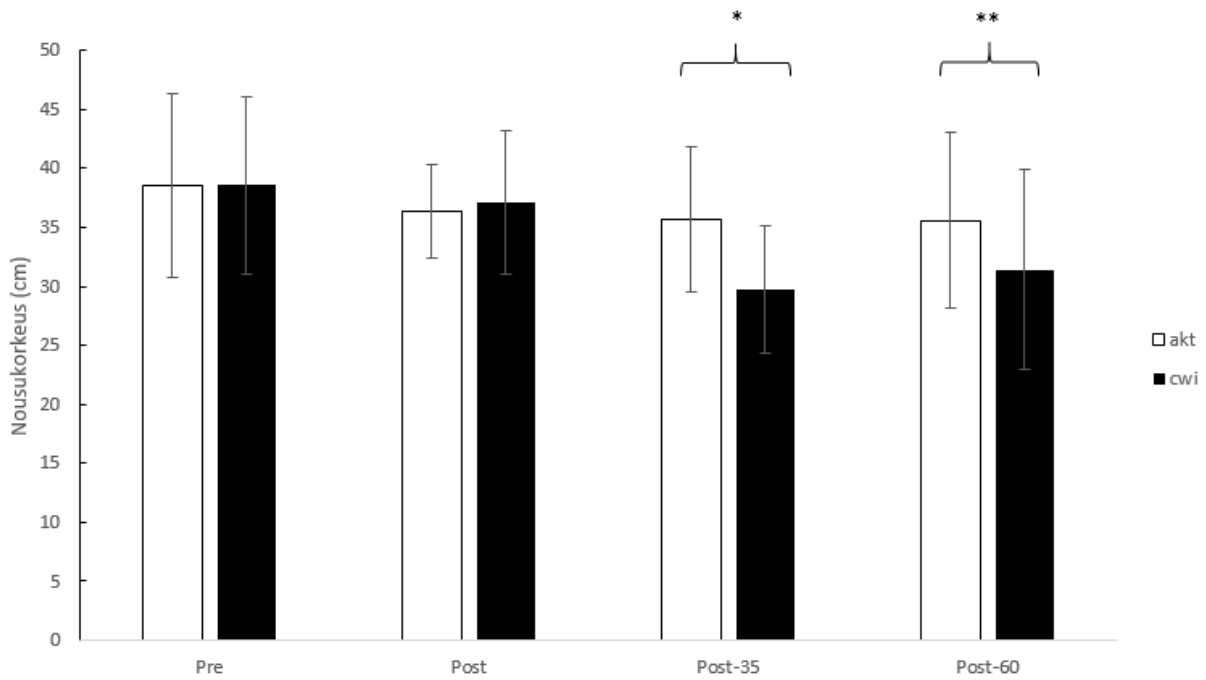
ennen - jälkeen - aikaväleillä taulukossa 5 ja kuvassa 6. Aktiivisen ja kylmävesipalautuksen yhteydessä testattujen kevennyshyppyjen korkeudet erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi 35 minuutin kohdalla (Post-35) ($p = 0,011$, $p < 0,05$) ja tilastollisesti hyvin merkitsevästi 60 minuutin kohdalla (Post-60) ($p = 0,008$, $p < 0,01$) palautumisessa. Ero 35 minuutin kohdalla oli $5,8 \pm 3,5$ cm ja 60 minuutin kohdalla $4,2 \pm 2,8$ cm. Harjoituksia ennen (Pre) ja jälkeen (Post) testattujen hyppyjen korkeudet eivät eronneet merkittävästi toisistaan palautumismenetelmien välillä.

Aktiivisen palautuksen yhteydessä testattujen kevennyshyppyjen nousukorkeudet eivät muuttuneet tilastollisesti merkitsevästi mitattuina aikaväleillä (taulukko 4 ja kuva 5). Kylmävesialtistuksen jälkeen kevennyshyppyjen nousukorkeudet aikaväleillä Post vs. Post-35 ($p = 0,008$, $p < 0,01$) ja Post vs. Post-60 ($p = 0,021$, $p < 0,05$) erosivat tilastollisesti merkitsevästi ja Post vs. Post-35 ero oli tilastollisesti hyvin merkitsevä. Muutokset palautumismenetelmien välillä erosivat tilastollisesti hyvin merkitsevästi aikaväleillä Post vs. Post-35 ($p = 0,008$, $p < 0,01$) ja Post vs. Post-60 ($p = 0,015$, $p < 0,01$).

TAULUKKO 4. Kevennyshypyn nousukorkeus (keskiarvo \pm keskihajonta) aktiivisen (AKT) ja kylmävesipalautuksen (CWI) yhteydessä ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta.

Aika	AKT(cm)	CWI (cm)
Pre	$38,6 \pm 7,8$	$38,6 \pm 7,5$
Post	$36,4 \pm 4,0$	$37,1 \pm 6,1$
Post-35	$35,7 \pm 6,2$	$29,8 \pm 5,4^*$
Post-60	$35,6 \pm 7,5$	$31,4 \pm 8,5^{**}$

Tilastollisesti merkitsevä ero verrattuna aktiiviseen palautukseen (AKT) * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

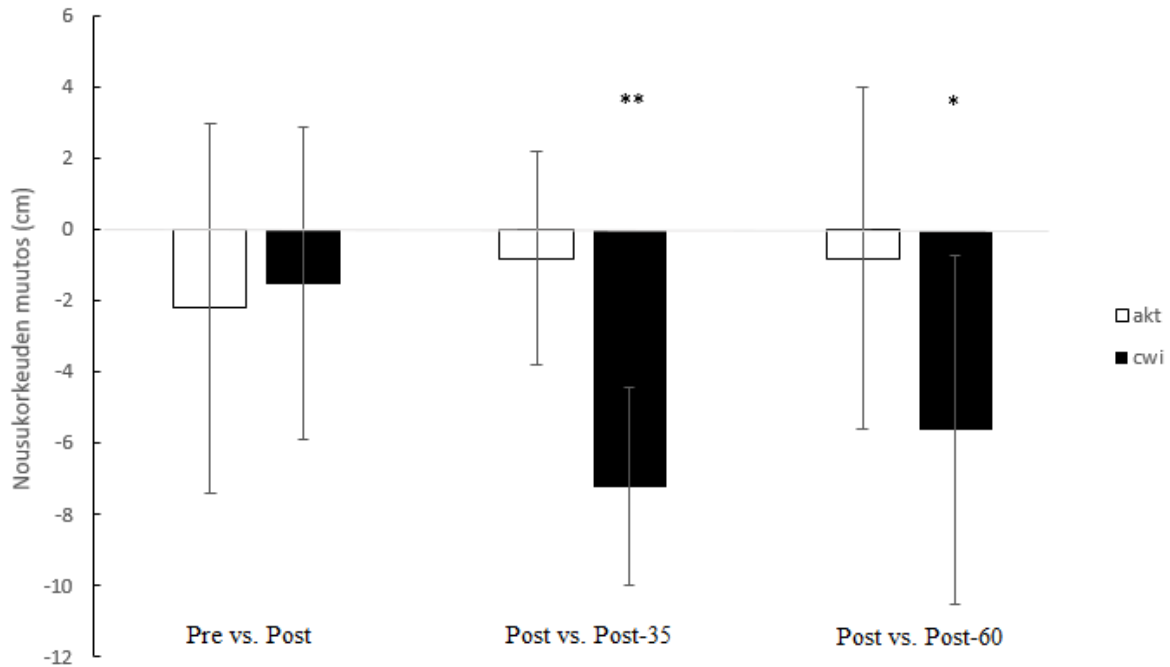


KUVA 5. Kevennyshypyn nousukorkeus (keskiarvo) aktiivisen (akt) ja kylmävesipalautuksen (cwi) yhteydessä ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta. Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

TAULUKKO 5. Kevennyshyppykorkeuksien muutokset (keskiarvo \pm keskihajonta) ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja Harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (AKT) ja kylmävesipalautuksella (CWI).

Aikaväli	AKT (cm)	CWI (cm)
Pre vs. Post	-2,2 \pm 5,2	-1,5 \pm 4,4
Post vs. Post-35	-0,8 \pm 3,0	-7,2 \pm 2,8**
Post vs. Post-60	-0,8 \pm 4,8	-5,6 \pm 4,9 *

Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$



KUVA 6. Kevennyshyppykorkeuksien muutokset (keskiarvo) ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja Harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (akt) ja kylmävesipalautuksella (cwi). Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

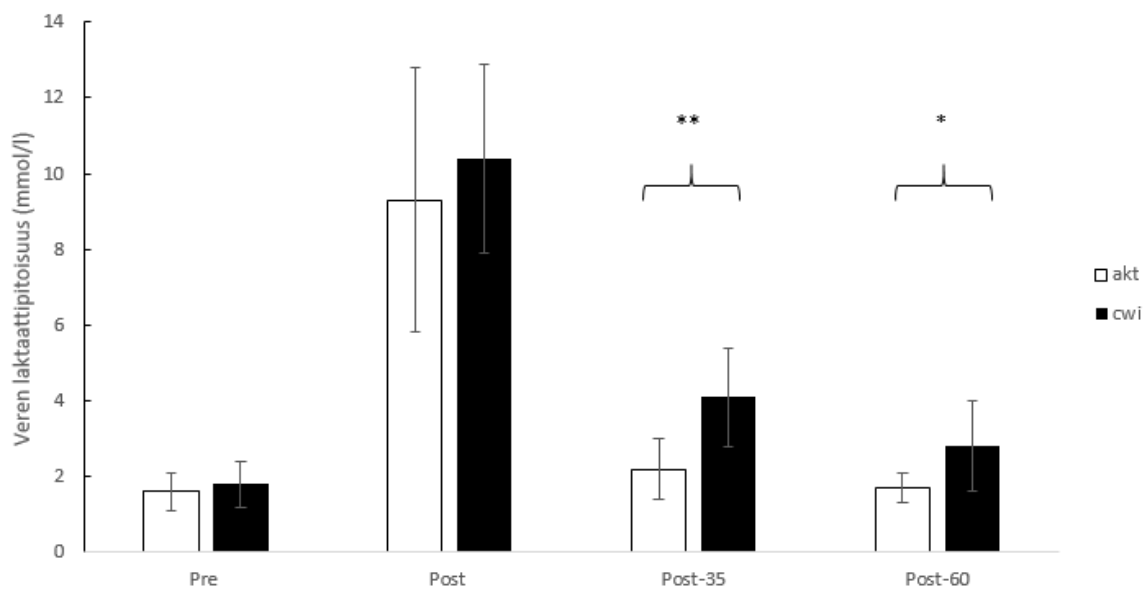
8.3 Veren laktaattipitoisuus

Veren laktaattipitoisuus laski kylmävesihoidon jälkeen hitaammin kohti lepotasoa aktiiviseen palautukseen verrattuna. Molempien harjoitusten yhteydessä mitatut veren laktaattipitoisuudet näkyvät taulukossa 6 ja kuvassa 7 ja niiden muutokset ennen - jälkeen - aikaväleillä taulukossa 7 ja kuvassa 8. Harjoitusten yhteydessä mitattujen laktaattipitoisuuksien ero aktiivisen ja kylmävesipalautuksen välillä oli tilastollisesti hyvin merkitsevää 35 minuutin kohdalla (Post-35) ($p = 0,008$, $p < 0,01$) ja merkitsevää 60 minuutin kohdalla (Post-60) ($p = 0,028$, $p < 0,05$) palautumisessa. Ero oli 35 minuutin kohdalla $1,9 \pm 1,2$ mmol/l ja 60 minuutin kohdalla $1,1 \pm 1,3$ mmol/l. Ennen (Pre) ja jälkeen (Post) harjoituksen ei havaittu eroja harjoituskertojen välillä.

TAULUKKO 6. Veren laktaattipitoisuus (keskiarvo \pm keskihajonta) aktiivisen (AKT) ja kylmävesipalautuksen (CWI) yhteydessä ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta.

Aika	AKT (mmol/l)	CWI (mmol/l)
Pre	1,6 \pm 0,5	1,8 \pm 0,6
Post	9,3 \pm 3,5	10,4 \pm 2,5
Post-35	2,2 \pm 0,8	4,1 \pm 1,3**
Post-60	1,7 \pm 0,4	2,8 \pm 1,2*

Tilastollisesti merkitsevä ero verrattuna aktiiviseen palautukseen (AKT) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$



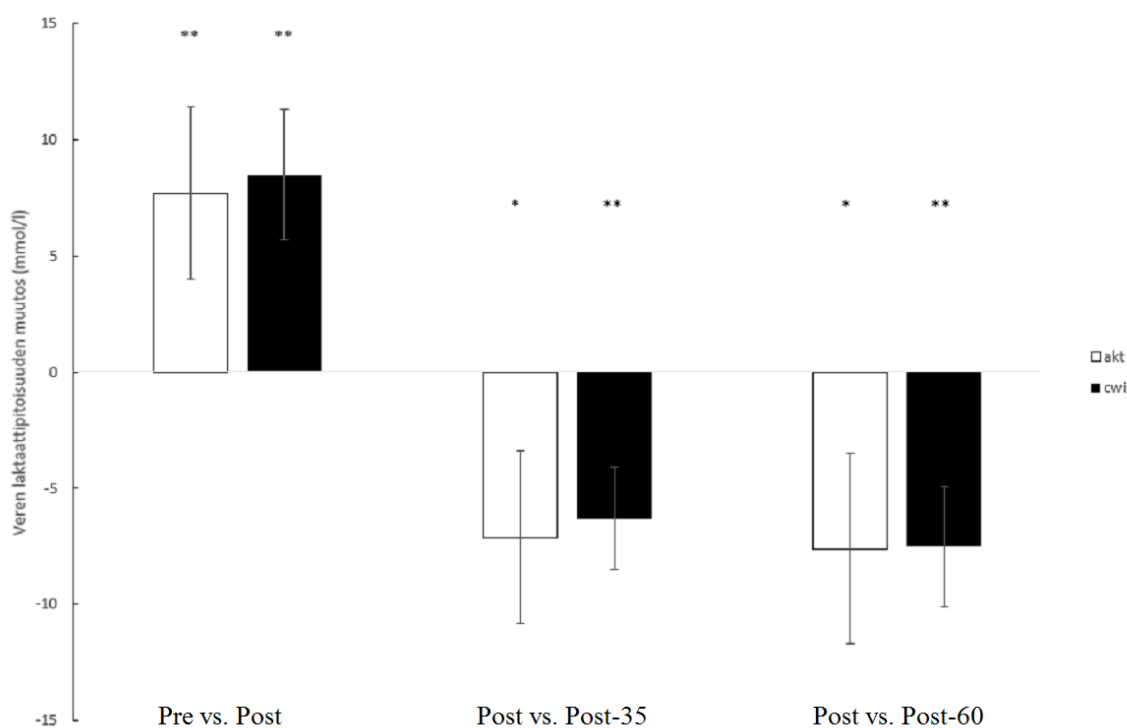
KUVA 7. Veren laktaattipitoisuus (keskiarvo) aktiivisen (akt) ja kylmävesipalautuksen (cwi) yhteydessä ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta. Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Aktiivisen palautuksen yhteydessä mitatut veren laktaattipitoisuuden muutokset (taulukko 7 ja kuva 8) Pre vs. Post ($p = 0,008$, $p < 0,01$), Post vs. Post-35 ($p = 0,011$, $p < 0,05$) ja Post vs. Post-60 ($p = 0,011$, $p < 0,05$) olivat tilastollisesti merkitseviä. Näistä Pre vs. Post oli tilastollisesti hyvin merkitsevä ja Post vs. Post-35 sekä Post vs. Post-60 merkitseviä. Kylmävesipalautuksen yhteydessä mitatuista veren laktaattipitoisuuden muutoksista Pre vs. Post ($p = 0,008$, $p < 0,01$), Post vs. Post-35 ($p = 0,008$, $p < 0,01$) ja Post vs. Post-60 ($p = 0,008$, $p < 0,01$) olivat kaikki tilastollisesti hyvin merkitseviä. Palautumismenetelmien välillä muutoksien suuruus ei ollut tilastollisesti merkitsevää.

TAULUKKO 7. Veren laktaattipitoisuuden muutokset (keskiarvo \pm keskihajonta) ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja Harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (AKT) ja kylmävesipalautuksella (CWI).

Aikaväli	AKT (mmol/l)	CWI (mmol/l)
Pre vs. Post	7,7 \pm 3,7**	8,5 \pm 2,8**
Post vs. Post-35	-7,1 \pm 3,7*	-6,3 \pm 2,2**
Post vs. Post-60	-7,6 \pm 4,1*	-7,5 \pm 2,6**

Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$



KUVA 8. Veren laktaattipitoisuuden muutokset (keskiarvo) ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja Harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (akt) ja kylmävesipalautuksella (cwi). Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

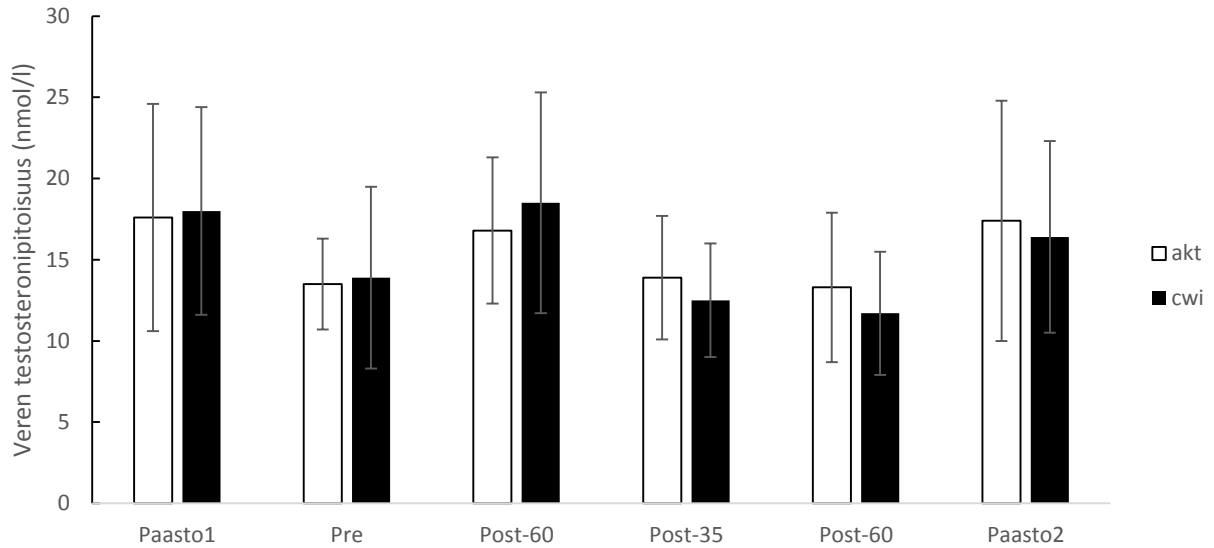
8.4 Veren testosteronipitoisuus

Veren testosteronipitoisuus laski kylmäaltistuksen jälkeen enemmän verrattuna aktiiviseen palautukseen. Molempien harjoitusten yhteydessä mitatut veren testosteronipitoisuudet näkyvät taulukossa 8 ja kuvassa 9 ja niiden muutokset ennen - jälkeen - aikaväleillä taulukossa 9 ja kuvassa 10. Testosteronipitoisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja palautumismenetelmien välillä eri mittauspisteissä.

Aktiivisen palautuksen yhteydessä mitattu veren testosteronipitoisuuden muutos (taulukko 8 ja kuva 11) Pre vs. Post ($p = 0,012$, $p < 0,05$) oli tilastollisesti merkitsevää. Muina aikaväleillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Kylmävesialtistuksen yhteydessä mitattujen veren testosteronipitoisuuksien muutokset Pre vs. Post ($p = 0,008$, $p < 0,01$), Post vs. Post-35 ($p = 0,008$, $p < 0,01$) ja Post vs. Post-60 ($p = 0,008$, $p < 0,01$) olivat kaikki tilastollisesti hyvin merkitseviä. Muutokset palautumismenetelmien välillä erosivat tilastollisesti merkitsevästi aikavälillä Post vs. Post-35 ($p = 0,012$, $p < 0,05$).

TAULUKKO 8. Veren testosteronipitoisuus (keskiarvo \pm keskihajonta) aktiivisen (AKT) ja kylmävesipalautuksen (CWI) yhteydessä aamun paastoissa (Paasto1 ja Paasto2), ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta.

Aika	AKT (nmol/l)	CWI (nmol/l)
Paasto1	17,6 \pm 7,0	18,0 \pm 6,4
Pre	13,5 \pm 2,8	13,9 \pm 5,6
Post	16,8 \pm 4,5	18,5 \pm 6,8
Post-35	13,9 \pm 3,8	12,5 \pm 3,5
Post-60	13,3 \pm 4,6	11,7 \pm 3,8
Paasto2	17,4 \pm 7,4	16,4 \pm 5,9

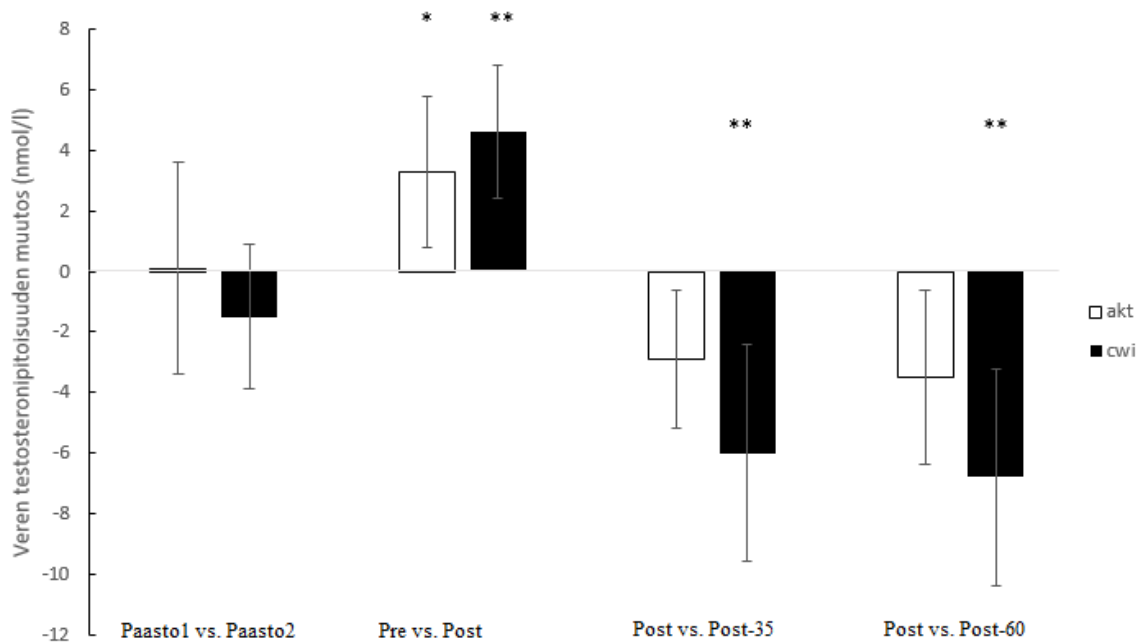


KUVA 9. Veren testosteronipitoisuus (keskiarvo) aktiivisen (akt) ja kylmävesipalautuksen (cwi) yhteydessä aamun paastoissa (Paasto1 ja Paasto2), ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta.

TAULUKKO 9. Veren testosteronipitoisuuden muutokset (keskiarvo \pm keskihajonta) paastokokeiden välillä (Paasto1 vs. Paasto2), ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (AKT) ja kylmävesipalautuksella (CWI).

Aikaväli	AKT (nmol/l)	CWI (nmol/l)
Paasto1 vs. Paasto2	0,1 \pm 3,5	-1,5 \pm 2,4
Pre vs. Post	3,3 \pm 2,5*	4,6 \pm 2,2**
Post vs. Post-35	-2,9 \pm 2,3	-6,0 \pm 3,6**
Post vs. Post-60	-3,5 \pm 2,9	-6,8 \pm 3,6**

Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$



KUVA 10. Veren testosteronipitoisuuden muutokset (keskiarvo) paastokokeiden välillä (Paasto1 vs. Paasto2), ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (akt) ja kylmävesipalautuksella (cwi). Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

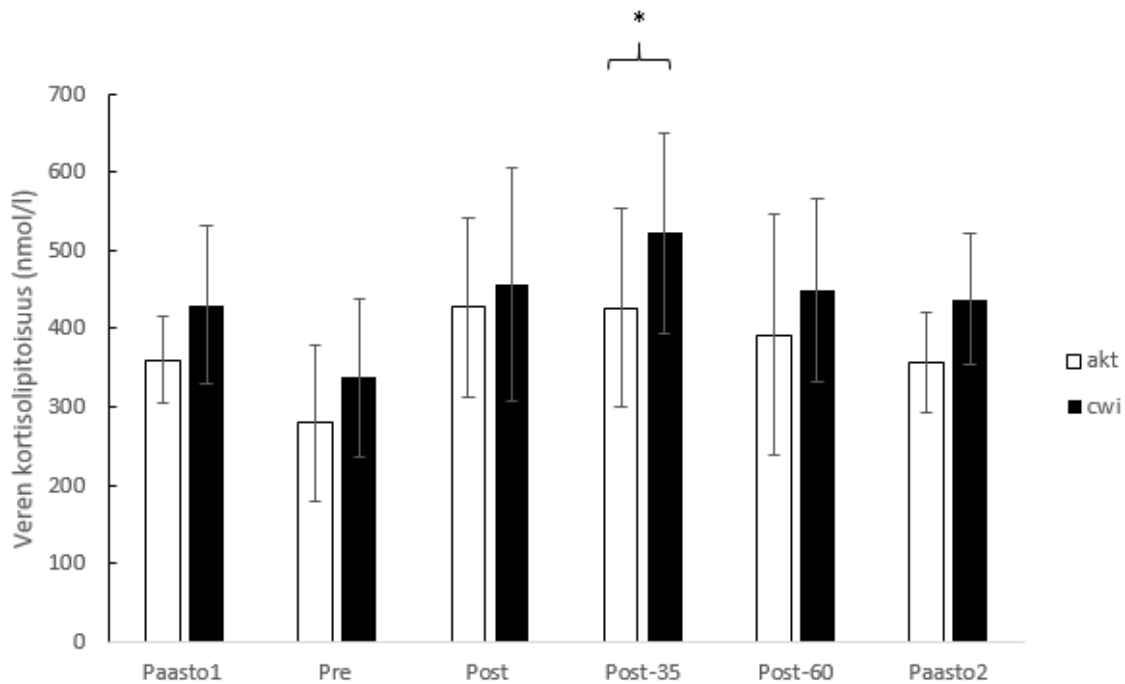
8.5 Veren kortisolipitoisuus

Kylmäaltistuksen jälkeen veren kortisolipitoisuus nousi selvästi verrattuna aktiiviseen palautukseen, jonka aikana siinä tapahtui pientä laskua. Tunnin kohdalla palautumisessa kortisolipitoisuus oli kuitenkin molempien palautusmuotojen jälkeen laskenut kutakuinkin lähelle harjoituksen jälkeistä lukemaa. Molempien harjoitusten yhteydessä mitatut veren kortisolipitoisuudet näkyvät taulukossa 10 ja kuvassa 12 ja niiden muutokset ennen - jälkeen - aikaväleillä taulukossa 11 ja kuvassa 13. Harjoitusten yhteydessä mitattujen kortisolipitoisuuksien ero aktiivisen ja kylmävesipalautuksen välillä oli tilastollisesti merkitsevää 35 minuutin kohdalla (Post-35) palautumisessa ($p = 0,012$, $p < 0,05$) ja ero oli $85,5 \pm 82,3$ nmol/l, kylmähoidon jälkeen kortisolin ollessa korkeampi. Muulloin ei havaittu merkitseviä eroja.

TAULUKKO 10. Veren kortisolipitoisuus (keskiarvo \pm keskihajonta) aktiivisen (AKT) ja kylmävesipalautuksen (CWI) yhteydessä aamun paastoissa (Paasto1 ja Paasto2), ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta.

Aika	AKT (nmol/l)	CWI(nmol/l)
Paasto1	360 \pm 55	430 \pm 101
Pre	279 \pm 101	338 \pm 101
Post	427 \pm 115	457 \pm 149
Post-35	426 \pm 127	522 \pm 128*
Post-60	392 \pm 154	449 \pm 116
Paasto2	356 \pm 64	437 \pm 84

Tilastollisesti merkitsevä ero verrattuna aktiiviseen palautukseen (AKT) * $p < 0.05$



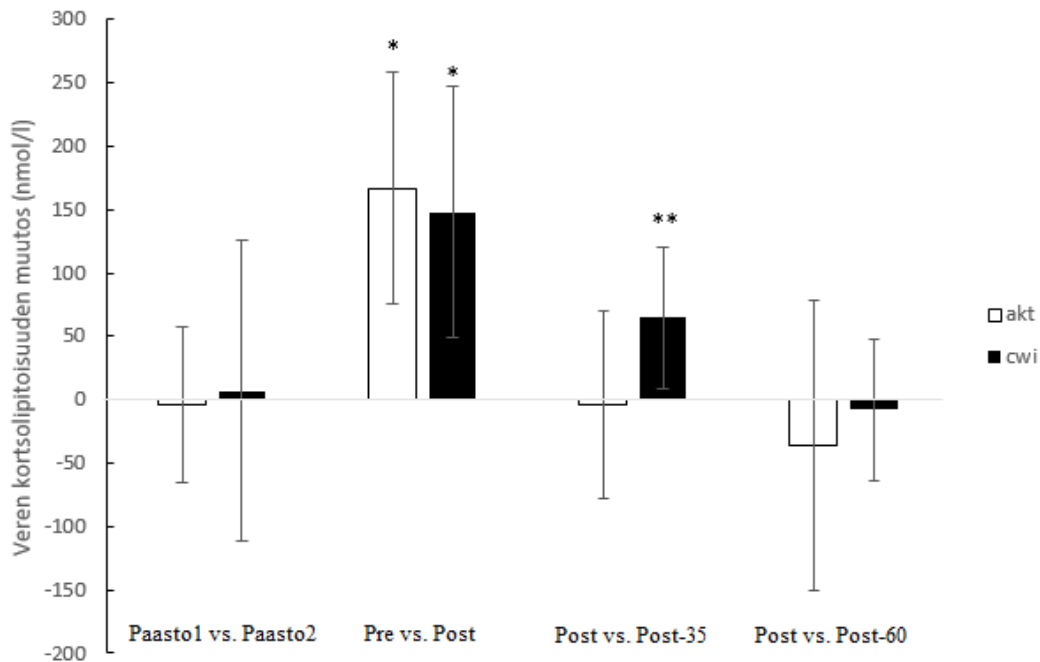
KUVA 11. Veren kortisolipitoisuus (keskiarvo) aktiivisen (akt) ja kylmävesipalautuksen (cwi) yhteydessä aamun paastoissa (Paasto1 ja Paasto2), ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta. Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$

Aktiivisen palautuksen yhteydessä mitattu veren kortisolipitoisuuden muutos (taulukko 11 ja kuva 12) Pre vs. Post ($p = 0,012$, $p < 0,05$) oli tilastollisesti merkitsevä. Muina aikaväleillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Kylmävesialtistuksen yhteydessä mitatuista veren kortisolipitoisuuden muutoksista Pre vs. Post ($p = 0,028$, $p < 0,05$) oli tilastollisesti merkitsevä ja Post vs. Post-35 ($p = 0,008$, $p < 0,01$) tilastollisesti hyvin merkitsevä. Muutokset palautumismenetelmien välillä erosivat tilastollisesti merkitsevästi aikavälillä Post vs. Post-35 ($p = 0,036$, $p < 0,05$). Kylmähoidon jälkeen aikavälillä Post-35 vs. Post-60 kortisolipitoisuus laski $73,7 \pm 37,6$ nmol/l, kun taas aktiivisen palautuksen jälkeen samalla aikavälillä laskua oli $34,1 \pm 89,7$ nmol/l.

TAULUKKO 11. Veren kortisolipitoisuuden muutokset (keskiarvo \pm keskihajonta) paastokokeiden välillä (Paasto1 vs. Paasto2), ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja Harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (AKT) ja kylmävesipalautuksella (CWI).

Aikaväli	AKT (nmol/l)	CWI (nmol/l)
Paasto1 vs. Paasto2	-4 ± 61	7 ± 119
Pre vs. Post	$167 \pm 91^*$	$148 \pm 99^*$
Post vs. Post-35	-4 ± 74	$65 \pm 56^{**}$
Post vs. Post-60	-36 ± 114	-8 ± 56

Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$



KUVA 12. Veren kortisolipitoisuuden muutokset (keskiarvo) paastokokeiden välillä (Paasto1 vs. Paasto2), ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja Harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (akt) ja kylmävesipalautuksella (cwi). Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

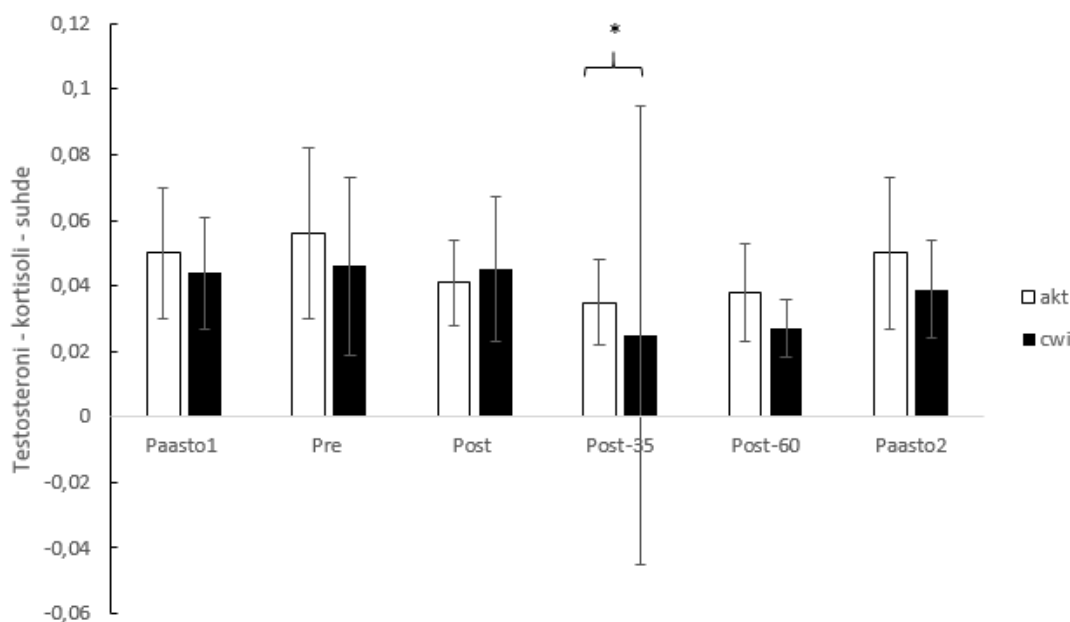
8.6 Testosteroni - kortisoli - suhde

Testosteroni - kortisoli – suhde laski kylmävesihoidon jälkeen selvästi enemmän aktiiviseen palautukseen verrattuna. Testosteroni - kortisoli - suhde eri mittausajankohtina aktiivisen palautuksen ja kylmävesialtistuksen osalta taulukossa 12 ja kuvassa 13 ja niiden muutokset eri aikaväleillä taulukossa 13 ja kuvassa 14. Testosteroni - kortisoli - suhde erosi tilastollisesti merkitsevästi Post-35 kohdalla ($p = 0,025$, $p < 0,05$) palautumismuotojen kesken.

TAULUKKO 12. Veren testosteroni - kortisoli - suhde (keskiarvo \pm keskihajonta) aktiivisen (AKT) ja kylmävesipalautuksen (CWI) yhteydessä aamun paastoissa (Paasto1 ja Paasto2), ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta.

Aika	AKT	CWI
Paasto1	0,050 \pm 0,020	0,044 \pm 0,017
Pre	0,056 \pm 0,026	0,046 \pm 0,027
Post	0,041 \pm 0,013	0,045 \pm 0,022
Post-35	0,035 \pm 0,013	0,025 \pm 0,070*
Post-60	0,038 \pm 0,015	0,027 \pm 0,009
Paasto2	0,050 \pm 0,023	0,039 \pm 0,015

Tilastollisesti merkitsevä ero verrattuna aktiiviseen palautukseen (AKT) * $p < 0.05$



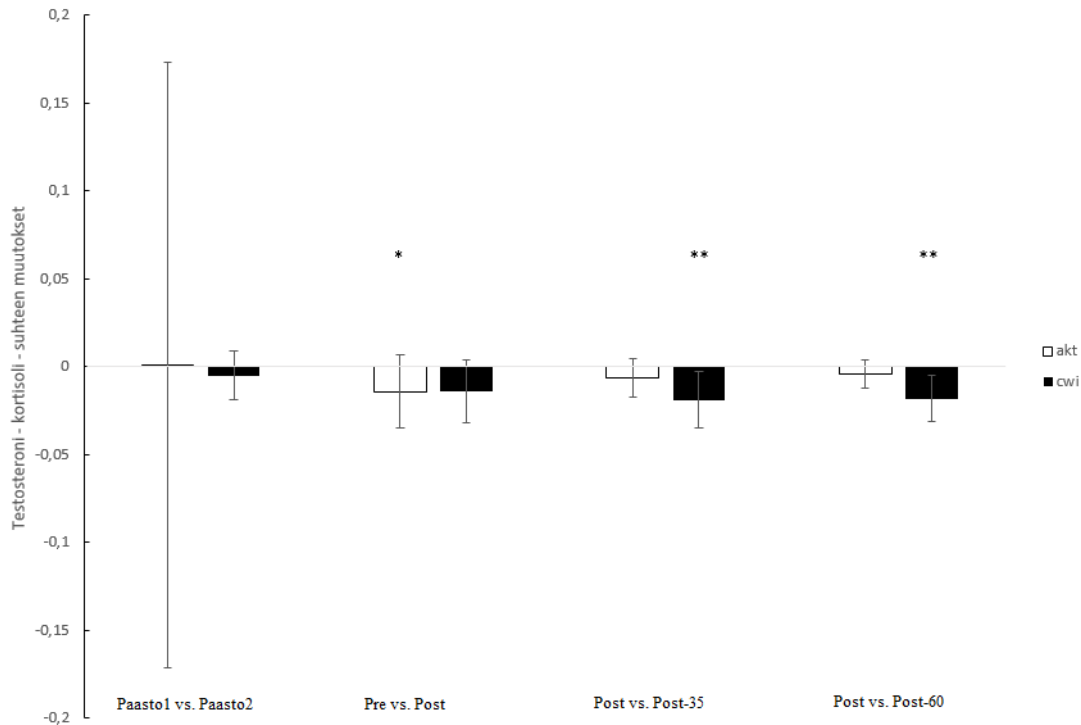
KUVA 13. Veren testosteroni - kortisoli - suhde (keskiarvo) aktiivisen (akt) ja kylmävesipalautuksen (cwi) yhteydessä aamun paastoissa (Paasto1 ja Paasto2), ennen (Pre), jälkeen (Post), 35 minuutin jälkeen (Post-35) ja 60 minuutin jälkeen (Post-60) harjoituksesta. Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$

Testosteroni - kortisoli - suhde muuttui tilastollisesti merkitsevästi aktiivista palautusta ennen harjoituksen aikana (Pre vs. Post) ($p = 0,036$, $p < 0,05$), mutta kylmävesihoitoa ennen harjoituksen aikana ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta. Palautumisvaiheissa sen suhde laski vain kylmävesihoidon jälkeen aikaväleillä Post vs. Post-35 ja Post vs. Post-60 molemmissa tilastollisesti hyvin merkitsevästi ($p = 0,008$, $p < 0,01$).

TAULUKKO 13. Testosteroni – kortisoli - suhteen muutokset (keskiarvo \pm keskihajonta) paastokokeiden välillä (Paasto1 vs. Paasto2), ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (AKT) ja kylmävesipalautuksella (CWI).

Aikaväli	AKT	CWI
Paasto1 vs. Paasto2	0,001 \pm 0,172	-0,005 \pm 0,014
Pre vs. Post	-0,014 \pm 0,021*	-0,014 \pm 0,018
Post vs. Post-35	-0,006 \pm 0,011	-0,019 \pm 0,016**
Post vs. Post-60	-0,004 \pm 0,008	-0,018 \pm 0,013**

Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$



KUVA 14. Testosteroni – kortisoli - suhteen muutokset (keskiarvo) paastokokeiden välillä (Paasto1 vs. Paasto2), ennen ja jälkeen harjoituksen (Pre vs. Post), harjoituksen jälkeen ja 35 minuutin kohdalla (Post vs. Post-35) ja harjoituksen jälkeen ja 60 minuutin kohdalla (Post vs. Post-60) aktiivisella (akt) ja kylmävesipalautuksella (cwi). Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

8.7 Paastoveren profiili

Kylmävesialtistuksen jälkeisenä aamuna havaittiin suurempaa lymfosyytien suhteellisen osuuden (L – Lymf) laskua, neutrofiilien suhteellisen osuuden (L – Neutr) nousua ja neutrofiilien pitoisuuden (B – Neutr) nousua aktiiviseen palautukseen verrattuna. Paastoverikokeiden tulokset aktiivisen palautuksen (AKT) ja kylmävesipalautuksen (CWI) osalta näkyvät taulukossa 14. Taulukossa on myös jokaisen muuttujan muutos harjoitusaamun paastosta seuraavan aamun paastoon (1 vs. 2 AKT/CWI). Aktiivisen palautuksen yhteydessä mitatuissa paastoverikokeissa tilastollisesti merkitseviä muutoksia (1 vs. 2 AKT) tapahtui eri valkosolutyypeissä eli leukosyyteissä (B-Leuk) ja neutrofiileissä (B-Neutr). Niin leukosyytien ($p = 0,028$, $p < 0,05$), kuin neutrofiilienkin ($p = 0,042$, $p < 0,05$) muutos oli tilastollisesti merkitsevää.

Kylmävesipalautuksen jälkeen (1 vs. 2 CWI) leukosyyttien (B-Leuk) muutos ($p = 0,034$, $p < 0,05$) oli tilastollisesti merkitsevää, lymfosyyttien (valkosolutyypin) suhteellisen osuuden (L-Lymf) muutos ($p = 0,008$, $p < 0,01$), neutrofiilien suhteellisen osuuden (L-Neutr) muutos ($p = 0,008$, $p < 0,01$) ja neutrofiilien (B-Neutr) muutos ($p = 0,007$, $p < 0,01$) oli tilastollisesti hyvin merkitsevää.

TAULUKKO 14. Paastoverikokeen muuttujat (keskiarvo \pm keskihajonta) harjoitusaamuna (Paasto1) ja sitä seuraavan päivän aamuna (Paasto2) sekä näiden muutokset (1 \rightarrow 2) aktiivisen (AKT) ja kylmävesipalautuksen (CWI) yhteydessä.

Muuttuja	Paasto1 AKT	Paasto2 AKT	1 vs.2 AKT	Paasto1 CWI	Paasto2 CWI	1 vs. 2 CWI
B-Leuk ($\times 10^9/l$)	4,7 \pm 0,9	5,1 \pm 0,8	0,7 \pm 0,7*	4,7 \pm 0,9	5,1 \pm 1,3	0,5 \pm 0,6*
B-Eryt ($\times 10^32/l$)	4,6 \pm 1,1	4,8 \pm 0,3	0,4 \pm 1,1	4,9 \pm 0,3	4,9 \pm 0,5	0,0 \pm 0,2
B-Hb (g/l)	149,9 \pm 8,4	147,3 \pm 6,9	-1,6 \pm 4,4	149,7 \pm 8,9	149,9 \pm 9,1	0,2 \pm 3,8
B-HKR (%)	43,9 \pm 2,1	43,3 \pm 1,7	-0,4 \pm 1,4	43,6 \pm 2,1	43,7 \pm 2,8	0,1 \pm 1,4
B-MCV (fl)	88,8 \pm 2,6	89,4 \pm 2,4	0,0 \pm 0,6	89,2 \pm 2,8	89,0 \pm 3,3	-0,2 \pm 1,0
B-MCH (pg)	30,3 \pm 1,0	30,6 \pm 1,1	0,1 \pm 0,4	30,7 \pm 1,0	30,8 \pm 1,3	0,1 \pm 0,9
B-Tromb ($\times 10^9/l$)	214,7 \pm 42,6	219,4 \pm 36,4	3,4 \pm 15,9	219,0 \pm 53,7	225,3 \pm 58,6	6,3 \pm 20,1
L-Lymf (%)	44,6 \pm 8,7	42,6 \pm 7,2	-1,6 \pm 7,5	42,3 \pm 8,3	35,8 \pm 8,2	-6,5 \pm 4,3**
L-MXD (%)	10,2 \pm 2,6	9,1 \pm 4,1	-1,3 \pm 4,2	10,7 \pm 3,2	10,8 \pm 3,3	0,0 \pm 2,6
L-Neutr (%)	45,2 \pm 7,8	48,3 \pm 7,3	2,8 \pm 7,0	46,9 \pm 7,5	53,4 \pm 7,9	6,5 \pm 4,6**
B-Lymf ($\times 10^9/l$)	2,1 \pm 0,5	2,2 \pm 0,7	0,3 \pm 4,3	1,9 \pm 0,5	1,8 \pm 0,5	-0,1 \pm 0,2
B-MXD ($\times 10^9/l$)	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,2	0,0 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,2	0,1 \pm 0,1
B-Neutr ($\times 10^9/l$)	2,1 \pm 0,7	2,4 \pm 0,4	0,4 \pm 0,5*	2,2 \pm 0,6	2,8 \pm 1,0	0,6 \pm 0,5**
RDW_SD	43,4 \pm 1,6	44,3 \pm 1,8	0,5 \pm 0,9	43,9 \pm 1,0	43,6 \pm 1,6	-0,3 \pm 1,0
RDW_CV	12,6 \pm 0,6	12,7 \pm 0,6	0,1 \pm 0,2	12,7 \pm 0,4	12,7 \pm 0,4	0,0 \pm 0,2

Tilastollisesti merkitsevä ero * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

9 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 10 minuuttia kestävä 10 °C asteisessa vedessä tapahtuvan kylmävesialtistuksen hyödyllisyyttä kovasta kestävyysharjoituksesta palautumisessa. Vertailevana palautumismuotona oli 20 minuuttia kestänyt aktiivinen palautus. Palautumisen kuvaajina käytettiin kevennyshypyn nousukorkeutta, veren laktaatti -, testosteroni - ja kortisolipitoisuuksia sekä paastoveren profiilia. Kevennyshypyn nousukorkeus oli kylmäaltistuksen jälkeen matalampi verrattuna aktiivisen palautuksen jälkeisiin tuloksiin. Veren laktaattipitoisuus pysyi keskimäärin korkeamana kylmävesihoidon jälkeen aktiiviseen palautukseen verrattuna. Veren kortisolipitoisuus nousi kylmävesihoidon jälkeen huomattavasti aktiivista palautusta enemmän, mutta laski kuitenkin 35 ja 60 minuutin välissä lähelle harjoituksen jälkeistä pitoisuutta kuten aktiivisessakin palautumisessa. Veren testosteronipitoisuus laski selvästi kylmähoidon jälkeen, kun taas aktiivisen palautuksen jälkeen se laski vain hieman. Aamun paastoverikokeessa harjoitusta seuraavana aamuna havaittiin enemmän tulehdustekijöiden pitoisuuksien kasvua kylmävesihoidon seurauksena.

Kevennyshyppy. Kevennyshyppyjen nousukorkeudet ennen ja jälkeen molempien harjoitusten eivät eronneet merkitsevästi toisistaan. Molempien harjoitusten aikana kevennyshyppyjen nousukorkeus laski keskimäärin vain muutaman senttimetrin. Harjoitukset olivat siis keskimäärin rasitukseltaan samankaltaisia. Barnett (2006) mukaan kovatehoisessa harjoituksessa lihaksiin kertyy happamuutta eli vetyioneja, jotka omalta osaltaan saavat aikaan lihasten väsymistä. Kuitenkaan tässä tutkimuksessa suoritettu kestävyysharjoitus ei nostanut happamuutta kuvaavan veren laktaattipitoisuutta tarpeeksi korkealle, jotta se olisi heikentänyt hyppyjen korkeuksia.

Palautumisen aikana testattujen kevennyshyppyjen nousukorkeudet sen sijaan erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi 35 minuutin kohdalla ja hyvin merkitsevästi 60 minuutin kohdalla harjoituksen päättymisestä testattuina. Aktiivisen palautuksen jälkeen testattujen kevennyshyppyjen nousukorkeus oli selvästi korkeampaa 35 minuutin ja 60 minuutin kohdalla verrattuna kylmäpalautuksen jälkeisiin tuloksiin. Versey ym. (2013) mukaan kehon lämpötila on normaalia matalampi 45 minuuttia kylmävesialtistuksen jälkeen, jolloin myös suorituskyky on

merkittävästi heikompi suorituksissa, jotka vaativat räjähtävää voimantuottoa. Tämä korreloi myös tässä tutkimuksessa testattujen kevennyshyppyjen tuloksiin.

Kevennyshyppyjen nousukorkeus laski aktiivisen palautuksen jälkeen 35 minuutin kohdalla palautumisesta testatessa vain hieman, kun taas kylmävesihoidon jälkeen laskua samassa ajankohdassa tapahtui paljon, mikä oli myös tilastollisesti hyvin merkitsevä muutos kylmähoidon osalta. Kun tarkastellaan koko 60 minuutin palautumisen aikana tapahtunutta muutosta hyppyjen korkeudessa, voidaan havaita, että aktiivisen palautuksen jälkeen hyppykorkeus laski tunnin aikana vain vähän, mutta sen sijaan selvästi kylmävesialtistuksen jälkeen. Kevennyshyppyjen nousukorkeus kuitenkin parani hieman kylmävesihoidon jälkeen aikavälillä 35 – 60 minuuttia eli jalkojen lihasten räjähtävä voimantuottokyky alkoi palautua ennalleen tunnin palautumisen loppuvaiheilla.

Tuloksista voidaan päätellä harjoituksen jälkeisen 10 minuuttia kestävä 10 °C asteisessa vedessä tapahtuvan kylmävesialtistuksen heikentävän akuutisti jalkojen lihasten räjähtävää voimantuottokykyä. Ihon lämpötila laski kylmäaltistuksen aikana $19,3 \pm 0,8$ °C astetta ja altistuksen jälkeen se oli $15,8 \pm 0,6$ °C. White & Wells (2013) mukaan ihon lämpötilan on havaittu laskevan 5 – 15 °C asteisen kylmävesihoidon seurauksena $6,5 \pm 3,4$ °C asteeseen, kun taas lihaksen sisäisen lämpötilan lasku on huomattavasti vähäisempää $27,8 \pm 3,5$ °C asteeseen. Tässä tutkimuksessa ihon lämpötila ei laskenut yhtä paljon kuin edellä olevassa tutkimuksessa mainittiin, mutta selvästi käsittelyä ennen mitatusta arvosta. Hyppyjen nousukorkeuksien ja ihon lämpötilan laskun perusteella voidaankin todeta lihasten kylmettyneen altistuksen seurauksena, jolloin niiden supistumisnopeus hidastui. Tällöin mahdollisesti Bigland - Ritchie ym. (1992) ja Bergh & Ekblom (1979) mukaan käy niin, että aktiopotentiaalin leviämisaika lisääntyi ja dynaaminen supistusvoima laski 4 – 6 % jokaista 1 °C asteen lihasten lämpötilan laskua kohden.

Veren laktaattipitoisuus. Ennen harjoitusta mitatut veren laktaattipitoisuudet olivat lepotasolla ja kestävyysharjoituksen aikana ne nousivat selvästi molemmilla harjoituskerroilla. Laktaattipitoisuuksissa ei siis ollut eroja harjoitusten välillä, mutta niiden aikainen laktaattipitoisuuden nousu kertoo harjoituksen olleen melko kova rasiustasoltaan.

Ensimmäisen 35 minuutin aikana harjoituksen päättymisestä veren laktaattipitoisuus laski aktiivisen palautuksen jälkeen hieman enemmän verrattuna kylmävesialtistukseen. Kokonaisuudessaan tunnin palautumisen seurannan aikana veren laktaattipitoisuus laski aktiivisella ja kylmävesipalautuksella kutakuinkin saman verran. Aktiivisella palautuksella laktaattipitoisuus laski kuitenkin tunnissa lähelle lepotasoa, kun taas kylmävesialtistuksen jälkeen pitoisuus oli hieman lepotasoa korkeampaa ja näiden ero 60 minuutin kohdalla oli myös tilastollisesti merkitsevää.

Veren laktaattipitoisuuden muutokset molempien harjoitusten yhteydessä olivat tilastollisesti merkitseviä. Palautumismenetelmien välillä ei sen sijaan ollut suuria eroja laktaatin poiston suhteen. Kuitenkin kylmävesialtistuksen jälkeen laktaattipitoisuus laski hitaammin ja pysyi koholla vielä tunti harjoituksen jälkeen. Versey ym. (2013) mukaan veden hydrostaattisen paineen tulisi lisätä sydämen minuuttitilavuutta, lihasten verenvirtausta sekä aineenvaihduntatuotteiden diffuusiota lihaksista verenkiertoon, jolloin harjoituksen aikana syntyneiden aineenvaihduntatuotteiden poistuminen elimistöä tehostuu ja hapen, ravinteiden sekä hormonien kuljetus väsyneisiin lihaksiin nopeutuu. Kuitenkin tämän tutkimuksen perusteella myös aktiivisella palautuksella oli edellä mainittuja edullisia vaikutuksia ja se oli jopa tehokkaampi laktaatin poistumisen kannalta. Jos kylmähoitoa olisi verrattu passiiviseen palautumiseen, olisi se voinut olla sitä parempi, mutta tämän tutkimuksen perusteella aktiivinen palautus on hieman tehokkaampi kuin kylmävesihoito aineenvaihduntatuotteiden poistossa.

Veren testosteroni - ja kortisolipitoisuus.. Veren testosteronipitoisuus nousi molempien harjoitusten aikana suunnilleen yhtä paljon. Sen onkin todettu nousevan samalla harjoitusintensiteetin kasvun kanssa (Lane & Hackney 2014). Testosteronipitoisuus laski enemmän kylmävesihoidon kuin aktiivisen palautuksen jälkeen koko 60 minuutin palautumisen aikana. Testosteronipitoisuuden muutokset olivat tilastollisesti hyvin merkitseviä kylmähoidon jälkeen 35 ja 60 minuutin kohdalla mitatuissa arvoissa. Aktiivisen palautuksen aikana ei tapahtunut tilastollisesti merkittävää laskua testosteronipitoisuuksissa. Aktiivisen palautuksen voidaankin olettaa edistävän harjoituksen jälkeistä anabolisen eli rakentavan tilan syntyä elimistössä kylmävesihoitoa enemmän. Anabolinen tila on tärkeää palautumisen kannalta, koska se lisää proteiinisynteesiä ja lihasproteiinin uudelleen muodostusta sekä vähentää kataboliaa eli

proteiinien hajotusta (Vingren ym. 2010). Kylmävesihoidon jälkeen elimistössä oli vielä pidempään katabolinen tila, koska testosteronipitoisuus pysyi matalana vielä tunti harjoituksen päätyttyä ja myös seuraavan aamun paastoverikokeissa. Lisäksi testosteroni - kortisoli - suhde laski tilastollisesti hyvin merkitsevästi vain kylmävesihoidon jälkeen.

Tässä tutkimuksessa veren kortisolipitoisuudet nousivat selvästi molempien harjoitusten aikana. Kuten de Graaf-Roelfsema ym. (2007) totesivat, nousee kortisolipitoisuus kovassa kestävyysharjoituksessa 2 – 3 kertaiseksi lepotasosta, saavuttaa huippunsa 15 – 30 minuuttia harjoituksen jälkeen ja palautuu nopeasti lepotasolleen noin tunti harjoituksen päättymisestä.

Ensimmäisen 35 minuutin aikana palautumisessa veren kortisolipitoisuus laski hieman aktiivisen palautuksen jälkeen, mutta nousi selvästi kylmävesialtistuksen jälkeen. Veren kortisolipitoisuus erosi tilastollisesti merkitsevästi palautumisessa 35 minuutin kohdalla aktiivisen ja kylmävesipalautuksen välillä. Kylmävesialtistuksen jälkeinen kortisolipitoisuuden nousu oli tilastollisesti hyvin merkitsevää. Koko tunnin palautumisen aikana kortisolipitoisuus laski molemmilla harjoituskerroilla harjoituksen jälkeisestä lukemasta, mutta aktiivisen palautuksen jälkeen sen lasku oli suurempaa.. Kuitenkin 35 – 60 minuutin aikavälillä kortisolipitoisuus laski selvästi enemmän kylmävesihoidon jälkeen, kuin aktiivisen palautuksen jälkeen. Tunnin palautumisen jälkeen kortisolipitoisuus oli molemmilla harjoituskerroilla laskenut lähelle harjoituksen jälkeistä arvoa, mutta oli selvästi lepoarvoa korkeampaa.

Tämä on samassa linjassa Bleakleyn & Davison (2010) kanssa, koska heidän mukaansa veren kortisolipitoisuus nousee kylmäaltistuksen jälkeen ja pysyy koholla 30 minuuttia altistuksesta. Se kuitenkin palautuu lähelle lepotasoa 60 minuutin jälkeen altistuksesta. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaankin päätellä kylmävesihoidon lisäävän harjoituksen jälkeistä stressitilaa elimistössä ainakin ensimmäisen puolen tunnin ajan. Aamun paastoverikokeissa ei kortisolipitoisuuden suhteen ollut merkitseviä eroja palautumismuotojen välillä. Se oli hieman ensimmäistä aamua matalampi aktiivista palautusta seuraavana aamuna ja hieman koholla kylmävesipalautusta seuraavana aamuna, mutta tilastollisesti erot eivät olleet niin merkittäviä, että niistä voisi vetää erityisiä johtopäätöksiä. Aktiivinen palautus näyttäisikin olevan hormonaalisen palautumisen kannalta edullisempi kylmävesihoitoon verrattuna.

Perusveren kuvan profiili. Aktiivisen palautuksen yhteydessä mitatuissa paastoverikokeiden tuloksissa kahden aamun välillä tilastollisesti merkitsevät muutokset tapahtuivat leukosyyteissä ja neutrofiileissä, joiden pitoisuus nousi hieman. Kylmävesihoidon yhteydessä paastoverikokeiden tuloksissa leukosyyttien pitoisuus nousi tilastollisesti merkitsevästi, neutrofiilien suhteellinen osuus nousi hyvin merkitsevästi, lymfosyyttien suhteellinen osuus laski hyvin merkitsevästi ja neutrofiilien pitoisuus nousi hyvin merkitsevästi. Kylmävesihoito näyttäisi tämän tutkimuksen perusteella lisäävän tulehdustekijöiden pitoisuuksia veressä ja siten mahdollisesti heikentävän akuutisti palautumista ja immuunipuolustusta aktiiviseen palautukseen verrattuna.

Barnettin (2006) mukaan harjoitus saa aikaan lihaksiin syntyviä tulehduksellisia reaktioita, jotka aktivoivat neutrofiileja, jotka puolestaan taas poistavat vaurioitunutta kudosta ja siten edistävät lihaksen uudelleenmuodostumista. Tässä tutkimuksessa neutrofiilien pitoisuuksien nousuun saattaa vaikuttaa myös samalla harjoituksen aikana noussut veren kortisolipitoisuus, joka myös osaltaan lisää neutrofiilien vapautumista verenkiertoon (Wackerhage, 2014, 288). Kylmävesialtistusta seuraavana aamuna neutrofiilien pitoisuus oli noussut tilastollisesti hyvin merkitsevästi, mutta aktiivista palautusta seuraavana aamuna vain merkitsevästi. Kylmävesialtistuksen jälkeen veren kortisolipitoisuus nousi enemmän, mikä saattaa vaikuttaa myös neutrofiilien suurempaan vapautumiseen verenkiertoon. Kortisolipitoisuus oli hieman korkeampi toisessa paastokokeessa kylmäaltistuksen jälkeen ensimmäiseen paastokokeeseen verrattuna, mutta laski hieman aktiivisen palautuksen jälkeisenä aamuna.

Lymfosyyttien osuus oli kylmävesihoidon jälkeisenä aamuna merkitsevästi matalampaa aktiiviseen palautukseen verrattuna. B - Lymfosyyttien pitoisuuden on todettu laskevan harjoituksen aikana ja pysyvän matalana vielä pitkään harjoituksen jälkeen (Wackerhage, 2014, 288). Niiden on havaittu olevat tärkeitä immunitietin kannalta vasta - aineiden tuotossa. Tämän tutkimuksen perusteella kylmävesihoito heikensi akuutisti immuunipuolustusta laskemalla lymfosyyttien osuutta normaalia matalammaksi vielä harjoitusta seuraavana aamuna aktiiviseen palautukseen verrattuna. (Guyton & Hall, 2011, 439.)

Yhteenveto ja johtopäätökset. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta kylmävesialtistuksen heikentävän akuutisti jalkojen räjähtävää voimantuottoa kevennyshyppyjä mittarina käyttäen aktiiviseen palautukseen verrattuna. Harjoituksen jälkeinen veren laktaattipitoisuus laski hitaammin kohti lepotasoa kylmäaltistuksen jälkeen. Veren kortisolipitoisuus nousi enemmän kylmävesihoidon jälkeen, mikä tarkoittaa sen lisäntymistä entisestään harjoituksen jälkeistä stressitilaa elimistössä. Myös veren testosteronipitoisuuden hitaampi nousu lepotasolle kylmävesipalautuksen jälkeen tukee edellä mainittua oletusta.

Paastoverikokeiden tuloksista havaitaan kylmävesihoitoa seuraavana aamuna esiintyneen enemmän tulehduksellisten tekijöiden, kuten valkosolujen pitoisuuksien nousua. Tähän saattaa vaikuttaa myös veren kortisolipitoisuuden nousu, joka osaltaan lisää ainakin neutrofiilien vapautumista verenkiertoon. Kylmävesihoito vaikuttaisi näiden tulosten perusteella lisäävän elimistön stressitilaa ja tulehduksellisia reaktioita aktiiviseen palautukseen verrattuna. Tosin tässä tutkimuksessa otoskoko oli aika pieni ($n = 9$), ja yksilöllisessä tarkastelussa vaihtelua esiintyi monen muuttujan kohdalla, joten tulosten yleistettävyydessä käytännössä pitää olla varovainen.

Näiden tulosten pohjalta voidaan kuitenkin miettiä, kannattaako kylmävesihoitoa käyttää palautumisen tehostajana. Myöskään pidemmän aikavälin käyttöön se ei näiden tulosten perusteella sovellu, vaan saattaa mahdollisesti jopa heikentää palautumista. Aiemmissa tutkimuksissa on yleisesti verrattu kylmävesihoitoa passiiviseen palautukseen, jolloin sen on todettu olevan näistä hyödyllisempi (Dunne ym. 2013), kuten myös kuumassa ilmassa suoritetuissa kuormituksissa aktiiviseen palautukseen verrattuna (Vaile ym. 2011). Tässä tutkimuksessa kylmävesihoitoa verrattiin aktiiviseen palautukseen huonelämpötilassa ja näiden tulosten perusteella sen voidaan todeta heikentävän akuuttia palautumista. Myös kylmävesialtistuksen kesto, veden lämpötila ja upotuksen syvyys saattavat vaikuttaa sen hyötyihin ja haittoihin, koska altistus kesti vain 10 minuuttia, vesi oli 9.5 °C asteista ja upotus keskivartalon puoliväliin asti. Lanen ja Wengerin (2004) tutkimuksessa 15 minuutin kylmävesihoito 15 °C asteisessa vedessä oli palautumisen kannalta yhtä tehokas aktiiviseen palautukseen verrattuna. Sen sijaan Crampton ym.(2013) tutkimuksessa 15 °C asteinen ja 30 minuutin kestoinen kylmävesihoito oli kovatehoisen kestävyysharjoituksen jälkeen tehokkaampi palautumismuoto aktiiviseen palautukseen verrattuna sykettä ja ruumiinlämpöä mittarina käyttäen.

Tässä tutkimuksessa virhelähteiksi voidaan lukea aiemmin mainittu pieni otoskoko. Lisäksi harjoituksen rasittavuuden vaihtelu koehenkilöiden välillä saattoi vaikuttaa tuloksiin, koska harjoituksessa vetojen vauhdit määritettiin ennen tutkimusta testatun 1000 metrin maksimiajan perusteella ja joillekin koehenkilöille todellinen maksimiaika olisi voinut olla kovempikin johtuen vauhdinjaon epäonnistumisesta testin aikana. Myöskään vetojen tarkkoihin tavoiteaikoihin pääsy ei onnistunut kaikilta koehenkilöiltä, mutta toisaalta rasiustasoltaan ja sykkeiden perusteella jokaiselle harjoitus oli molemmilla kerroilla kova. Harjoituksen luonne voi myös vaikuttaa tuloksiin, koska tässä tutkimuksessa koehenkilöt suorittivat 5 x 1000 metrin vetoja kahden minuutin palautuksella, jolloin harjoitus oli intervallityyppinen. Tulokset voisivat mahdollisesti olla erilaisia, jos harjoitus olisi ollut kova yhtäjaksoinen kestävyys harjoitus ilman palautuksia tai jokin toinen, esimerkiksi nopeus - tai voimaharjoitus.

Aiheen osalta jatkotutkimuksia voidaan tehdä muun muassa vertaamalla kylmävesihoitoa passiiviseen ja aktiiviseen palautukseen sekä aktiivisen palautuksen ja kylmävesihoidon yhdistelmään. Tässä tutkimuksessa vertailevaksi palautumismuodoksi valikoitui vain aktiivinen palautus passiivisen sijaan, koska aktiivinen palautus on yleisemmin käytössä urheiluharjoittelussa. Myöskään tutkimusnäyttöä ei ole urheilijoiden harjoittelussa ehkä eniten käyttämästä palautumismetodiikan yhdistelmästä: harjoituksen jälkeen ensin 15 minuutin aktiivinen palautus, sitten 15 minuutin kylmävesikäsitely ja samanaikaisesti nauttien palautusjuomaa (hiilihydraattia ja proteiinia) (Bompa & Haff 2009). Myös tutkimuksen otoskoko olisi hyvä olla suurempi luotettavampien tulosten saamiseksi. Lisäksi veden lämpötila oli tässä tutkimuksessa hieman kylmempi kuin valtaosissa aiemmissä tutkimuksissa ja altistuksen kesto lyhyempi, joten niitä muuttamalla voitaisiin myös saada erilaisia tuloksia. Tutkimuksia tarvitaan edelleen siitä, mikä on harjoitusten tai kilpailuiden jälkeen suoritettun kylmävesihoidon kokonaishyöty verrattuna sen haittatekijöihin.

LÄHTEET

- Al Haddad, H., Laursen, P.B., Ahmaidi, S. & Buchheit, M. 2010. Influence of cold water face immersion on post-exercise parasympathetic reactivation. *European Journal of Applied Physiology* 108, 599–606.
- Bailey, D. M., Erith, S. J., Griffin, P. J., Dowson, A., Brewer, D. S., Gant, N. & Williams, C. 2007. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences* 25(11), 1163–1170.
- Barnett, A. 2006. Using Recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes. *Sports Medicine* 36 (9), 781-796.
- Bergh, U. & Ekblom, B. 1979. Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica* 107(1), 33–7.
- Bigland-Ritchie, B., Thomas, C. K., Rice, C. L., Howarth, J. V. & Woods, J. J. 1992. Muscle temperature, contractile speed, and motoneuron firing rates during human voluntary contractions. *Journal of Applied Physiology* 73(6), 2457–61.
- Bleakley, C., Davison, G. W. 2010. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A Systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 3, 179 – 188
- Bompa, T. O. 1999. *Periodization: Theory and Methodology of Training* 4th edition. Human Kinetics, USA.
- Brophy – Williams, N., Landers, G. & Wallman, K. 2011. Effect of Immediate and Delayed Cold Water Immersion After a High Intensity Exercise Session on Subsequent run Performance. *Journal of Sport Science & Medicine* 4, 665–670.
- Crampton, D., Donne, B., Warmington, S. A. & Egana, M. 2013. Cycling time to failure is better maintained by cold than contrast or thermoneutral lower-body water immersion in normothermia. *European Journal of Applied Physiology* 113, 3059–3067.
- Carfagno, D. G. & Hendrix, J. C. 2014. Overtraining Syndrome in the Athlete: Current Clinical Practice. *American College of Sports Medicine* 13 (1), 45-51.
- Crowe, M. J., O'Connor, D. & Rudd, D. 2007. Cold water recovery reduces anaerobic performance. *International Journal of Sports Medicine* 28(12), 994–8.

- Dunne, A., Crampton, D. & Egana, M. 2013. Effect of post-exercise hydrotherapy water temperature on subsequent exhaustive running performance in normothermic conditions. *Journal of Science and Medicine in Sport* 16, 466–471
- Fröhlich, M., Faude, O., Klein, M., Pieter, A., Emrich, E. & Meyer, T. 2014. Strength training adaptations after cold-water immersion. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(9), 2628–2633.
- Gregson, W., Allan, R., Holden, S., Phibbs, P., Doran, D., Campbell, I., Waldron, S., Hwa Joo, C. & Morton, J. P. 2013. Postexercise Cold-Water Immersion Does Not Attenuate Muscle Glycogen Resynthesis. *American College of Sports Medicine* 45 (6), 1174–1181.
- de Graaf-Roelfsema, E., Keizer, H. A., van Breda, E., Wijnberg, I. D. & van der Kolk, J. H. 2007. Hormonal responses to acute exercise, training and overtraining A review with emphasis on the horse. *Veterinary Quarterly* 29(3): 82 - 101
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. 2011. *Textbook of medical physiology*. W. B. Saunders Company. Philadelphia, USA.
- Halse, R. E., Wallman, K. E. & Guelfi, K. J. 2011. Postexercise Water Immersion Increases Short-Term Food Intake in Trained Men. *Medicine & Science in Sport & Exercise* 43 (4), 632-638.
- Halson, S. L., Bartram, J., West, N., Stephens, J., Argus, C. K., Driller, M. W., Sargent, C., Lastella, M., Hopkins, W. G. & Martin, D. T. 2014. Does Hydrotherapy Help or Hinder Adaptation to Training in Competitive Cyclists? *American College of Sports Medicine* 46 (8), 1631-1639.
- Ihsan, M., Watson, G., Choo, H. C., Lewandowski, P., Papazzo, A., Cameron – Smith, D. & Abbis, C. R. 2014. Postexercise Muscle Cooling Enhances Gene Expression of PGC-1 α . *American College of Sports Medicine* 46 (10), 1900–1907.
- Ihsan, M., Watson, G., Lipski, M. & Abbis, C. R. 2013. Influence of Postexercise Cooling on Muscle Oxygenation and Blood Volume Changes. *Medicine and Science in Sports & Exercise* 45 (5), 876–882.
- Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2007. *Kuntotestauksen käsikirja*. Liikuntatieteellinen seura, Tampere.
- Lane, A. R. & Hackney, A. C. 2014. Relationship between salivary and serum testosterone levels in response to different exercise intensities. *Hormones* 10

- Lane, K. N. & Wenger, H. A. 2004. Effect of Selected Recovery Conditions on Performance of Repeated Bouts of Intermittent Cycling Separated by 24 Hours. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18(4), 855-860.
- Leeder, J., Gissane, C., van Someren, K., Gregson, W. & Howatson, G. 2012. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 46, 233–240.
- Maughan, R. & Gleeson, M. *The Biochemical Basis of Sports Performance*. 2004. Oxford University Press
- Menzies, P., Menzies, C., McIntyre, L., Paterson, P., Wilson, J. & Kemi, O. J. 2010. Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. *Journal of sport sciences* 28(9), 975 – 982.
- Peiffer, J. J., Abbis, C. R., Watson, G., Nosaka, K. & Laursen, P. B. 2010. Effect of cold water immersion on repeated 1-km cycling performance in the heat. *Journal of Science and Medicine in Sport* 13, 112–116.
- Roberts, L. A., Nosaka, K., Coombes, J. S. & Peake, J. M. 2014. Cold water immersion enhances recovery of submaximal muscle function after resistance exercise. *American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 307, R998–R1008.
- Schniepp, J., Campbell, T. S., Powell, K.L. & Pincivero, D. M. 2002. The effects of cold-water immersion on power output and heart rate in elite cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research* 16(4), 561–6.
- Spaccarotella, K. J. & Andzel, W. D. 2011. Building a beverage for recovery from endurance activity: A review. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(11), 3198–3204.
- Stanley, J., Peake, J. M. & Buckheit, M. 2013. Consecutive days of cold water immersion: effects on cycling performance and heart rate variability. *European Journal of Applied Physiology* 113, 371-384.
- Urhausen, A., Gabriel, H. & Kindermann, W. 1995. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports medicine* 20 (4): 251-276.
- Vaile, J., O'Hagan, C., Stefanovis, B., Walker, M., Gill, N. & Askew, C. D. 2011. Effect of cold water immersion on repeated cycling performance and limb blood flow. *British Journal of Sports Medicine* 45, 825–829.

- Versey, N. G., Halson, S. L. & Dawson, B. T. 2013. Water Immersion Recovery for Athletes: Effect on Exercise Performance and Practical Recommendations. *Sports Medicine* 43, 1101–1130.
- Vingren, J., Kraemer, W., Ratamess, N., Anderson, J., Volek, J. & Maresh, C. 2010. Testosterone physiology in resistance exercise and training. *Sports Medicine* 40, 1037–1053.
- Wackerhage, S. 2014. *Molecular Exercise Physiology*. Routledge, New York
- White, G. E. & Wells, G. D. 2013. Cold – water immersion and other forms of cryotherapy: physiological changes potentially affecting recovery from high – intensity exercise. *Extreme Physiology & Medicine* 2, 26.
- Yamane, M., Teruya, H., Nakano, M., Ogai, R., Ohnishi, N. & Kosaka, M. 2006. Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. *European Journal of Applied Physiology* 96, 572–580.
- Yan, Z., Okutsu, M., Akhtar, Y. N. & Lira, V. A. 2011. Regulation of exercise induced fiber type transformation, mitochondrial biogenesis, and angiogenesis in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology* 110(1), 264–74.