

**MITTATILAUSPAINEHOUJEN VAIKUTUKSET
PALAUTUMISEEN KAKSI VUOROKAUTTA
HYPERTROFISEN, MAKSIMIVOIMA- JA
NOPEUSVOIMAKUORMITUKSEN JÄLKEEN**

Lennu Metsäranta

Pro gradu –tutkielma

Valmennus- ja testausoppi

Kevät 2015

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työnohjaaja: Keijo Häkkinen

TIIVISTELMÄ

Metsäranta, Lennu 2014. Mittatilauspainehousujen vaikutukset palautumiseen kaksi vuorokautta hypertrofisen, maksimivoima- ja nopeusvoimakuormituksen jälkeen, 41 s.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mittatilaustyönä tehtyjen kompressiohousujen (Lymed Oy) vaikutuksia isometrisen voimantuoton, vastus lateraalisen paksuuden, testosteroni- ja kortisolipitoisuuksien, kreatiinikinaasipitoisuuksien ja subjektiivisen lihaskivun tunteen palautumiseen hypertrofisen, maksimivoima- ja nopeusvoimakuormituksen jälkeen 48 h. Koehenkilöinä oli 15 urheilua harrastavaa miestä (25.9 ± 1.0 v, 181.2 ± 7.7 cm, 79.6 ± 6.4 kg). Koehenkilöt suorittivat kuormitukset palautuen sekä housuilla että ilman housuja, toimien omana kontrolliryhmänään.

Hypertrofinen kuormitus aiheutti kuormituksista suurimmat akuutit hormonivasteet, suurimman laskun isometrisessä voimantuotossa, suurimman lihasturvotuksen ja suurimman lihaskivun tunteen. Kompressiohousuilla palaututtaessa hypertrofisen kuormituksen jälkeen isometrinen voimantuotto palautui 4.4 % enemmän 24 tunnissa ($P=0.034$) ja 7.4 % enemmän 48 tunnissa ($P=0.012$) verrattuna kontrollitilanteeseen. Lihasturvotus oli merkitsevästi pienempää 24 h ja 48 h hypertrofisen kuormituksen jälkeen kompressiotilanteessa ($p<0.01$) ja 48 h nopeusvoimakuormituksen jälkeen ($p<0.01$). Subjektiivinen tunne lihaskivusta oli merkitsevästi pienempää 24 h maksimivoimakuormituksen jälkeen ($p=0.013$) ja lähes merkitsevästi pienempää 48 h hypertrofisen kuormituksen jälkeen ($p=0.089$). Kreatiinikinaasipitoisuus 48 h hypertrofisen kuormituksen jälkeen oli lähes merkitsevästi pienempää kompressiotilanteessa ($p=0.074$). Testosteronipitoisuus oli alentuneena lepotasoon verrattuna vielä 48 h kuormituksesta kun palaututtaessa ei käytetty kompressiohousuja ($p<0.05$).

Tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että mittatilaustyönä tehdyt kompressiohousut vaikuttavat positiivisesti palautumiseen raskaan voimaharjoituksen jälkeen. Kompressiohoitoa voidaan suositella varsinkin huippu-urheiluun lajeihin, jotka aiheuttavat voimantuoton heikkenemistä, lihasvaurioita, lihasturvotusta ja lihaskipua, joko harjoituskaudella tai kilpailukaudella.

Avainsanat: kompressio, kompressiohousut, palautuminen, voimaharjoittelu, hypertrofia

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO.....	5
2	VOIMAHARJOITTELUN KUORMITUSMALLIT JA AKUUTIT VASTEET	6
	2.1 Hypertrofinen voima.....	6
	2.2 Maksimivoima.....	6
	2.3 Nopeusvoima.....	7
3	PALAUTUMINEN KAKSI VUOROKAUTTA VOIMAHARJOITUKSEN JÄLKEEN.....	9
	3.1 Hermolihasjärjestelmän palautuminen.....	9
	3.2 Hormonipitoisuudet palautumisen aikana.....	10
	3.3 Lihasvaurio.....	11
4	KOMPRESSIOVAATTEET.....	13
	4.1 Kompressiohoidon perusteet.....	13
	4.2 Fysiologiset vaikutukset.....	15
	4.3 Kompressiovaatteiden vaikutukset palautumisen aikana.....	17
5	TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	20
6	MENETELMÄT.....	22
	6.1 Koehenkilöt.....	22
	6.2 Mittaukset.....	22
	6.3 Kompressiohousut.....	26
	6.4 Tilastolliset analyysit.....	27

7	TULOKSET.....	28
8	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET.....	42

1 JOHDANTO

Kompressiohoitoa eli painehoitoa on käytetty jo pitkään turvotuksen ja ödeeman, verisuonitukosten, sekä laskimoperäisten alaraajahaavojen hoitoon (Agu ym. 2004; O'Meara ym. 2009). Kompressiovaatteilla on veren virtausta tehostava ja nesteen kertymistä soluvälitilaan vähentävä vaikutus, jota on jo vuosikymmenien ajan hyödynnetty lääketieteessä (Born ym. 2013).

Kompressiovaatteiden käyttö on yleistynyt urheilussa viime aikoina nopeaa tahtia. Myös kompressiovaatteiden hyötyjä urheilussa tutkivia tutkimuksia ilmestyi vuonna 2009 jo 25 kappaletta kun vielä vuonna 2004 niitä ilmestyi vain alle viisi kappaletta. Kompressiovaatteiden oletetaan toimivan urheilussa samalla tavoin kuin lääkinnällisissä tarkoituksissa lisäten veren virtausta ja vähentämällä raajojen turvotusta. Lisääntyneellä veren virtauksella on positiivisia vaikutuksia sekä suoritukseen että palautumiseen urheilusuorituksen jälkeen. (Fu ym. 2013.)

Voimaharjoitus aiheuttaa elimistössä hermolihasjärjestelmän väsymistä, lihasvaurioita ja energia-aineenvaihdunnallisia muutoksia. Tämä näkyy mm. heikentyneenä maksimivoimana, suurempina laktaatti-, kreatiinikinaasi- ja hormonipitoisuuksina veressä voimaharjoituksen jälkeen. (Ahtiainen ym. 2003.)

Voimaharjoituksesta palautuminen voi kestää 1–2 päivää ennen kuin maksimivoima ja elimistön hormoni- sekä kreatiinikinaasipitoisuudet ovat palautuneet lepotasolle. Kompressiovaatteilla on huomattu olevan palautumista nopeuttava vaikutus nopeuttaen mm. kreatiinikinaasipitoisuuksien palautumista lepotasolle ja vähentämällä subjektiivista lihasarkuutta. (Born ym. 2013.)

Kompressiovaatteiden vaikutuksia palautumisen aikaisten hormonipitoisuuksien muutokseen ei ole kuitenkaan tutkittu. Voi hyvinkin olla, että lisääntyneellä veren virtauksella on vaikutusta myös hormonipitoisuuksien palautumiseen lepotasolle.

2 VOIMAHARJOITTELUN KUORMITUSMALLIT JA AKUUTIT VASTEET

2.1 Hypertrofinen voima

Tyypillinen hypertrofinen voimaharjoitus koostuu 60–80 % / 1 RM kuormasta, useista toistoista sarjaa kohden (6-12), ja useista sarjoista (4-6) ja lyhyistä palautuksista sarjojen välissä. Hypertrofinen harjoitus tehdään usein loppuun asti niin, että viimeinen toisto epäonnistuu. Hypertrofinen voimaharjoitus aiheuttaa suurta väsymystä hermolihasjärjestelmässä, veren laktaattipitoisuuden jyrkän nousun ja akuutin hormonivasteen. (Kraemer & Häkkinen 2002, 22.)

Walker ym. (2012) tutkimuksessa 5x10 / 10 RM hypertrofinen kuormitus aiheutti -48 ± 9.7 %, $P < 0.001$ pudotuksen isometrisessä voimassa. Myös Häkkinen & Pakarinen (1993) tutkimuksessa 10x10 hypertrofinen kuormitus aiheutti 50 % pudotuksen maksimivoimassa. Sama kuormitus aiheutti akuutin hormonivasteen testosteroni-, kortisoli- ja kasvuhormonipitoisuuksissa (Häkkinen & Pakarinen 1993). Ahtiainen ym. (2003) tutkivat akuuttien vasteiden eroja kahdella erilaisella hypertrofisella kuormituksella. Toisessa kuormituksessa sarjat tehtiin maksimiin asti ja toisessa viimeiset suoritukset tehtiin pakkotoistoilla avustettuna. Pakkotoistokuormitus aiheutti 56.5 % ja maksimitoistokuormitus aiheutti 38.3 % pudotuksen maksimivoimassa. Molemmat kuormitukset aiheuttivat akuutin testosteroni-, kortisoli- ja kasvuhormonivasteen. (Ahtiainen ym. 2003.)

2.2 Maksimivoima

Tyypillinen maksimivoimaharjoitus koostuu 80–100 % / 1 RM kuormasta ja vain muutamista toistoista (1-3). Sarjojen määrä vaihtelee paljon riippuen kuormituksen

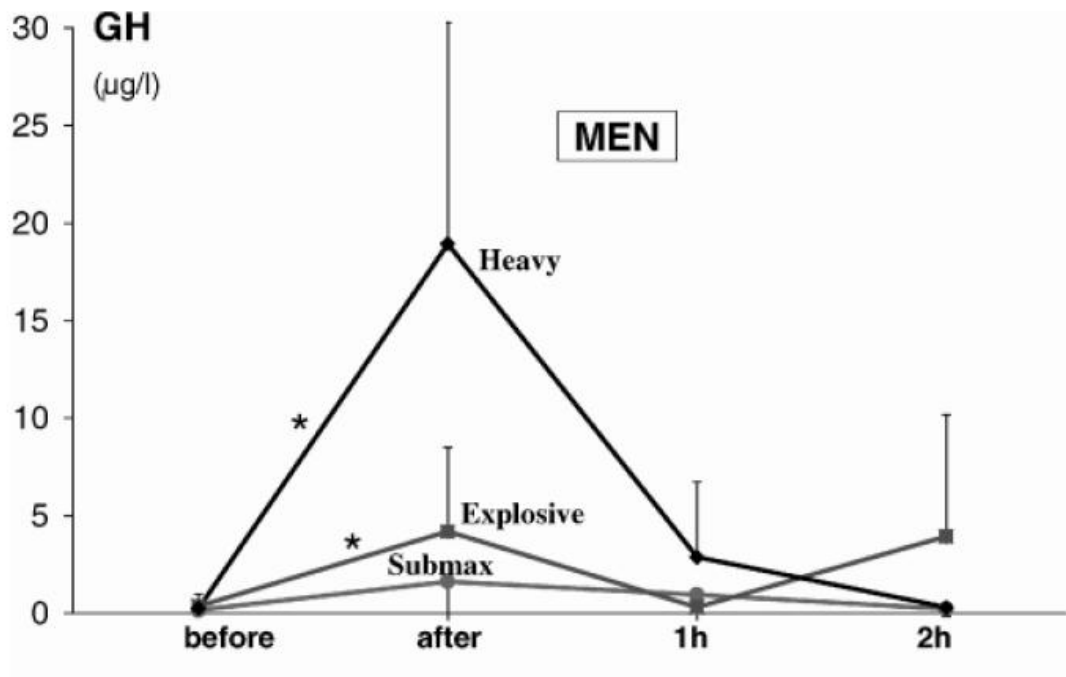
volyymista. Maksimivoimaharjoitusta kutsutaan usein hermostolliseksi voimaharjoitukseksi, jolloin palautukset sarjojen välissä ovat pitkiä, eikä esim. laktaattipitoisuus veressä nouse kovin korkealle. (Kraemer & Häkkinen 2002, 21.)

Maksimivoimaharjoituksen jälkeen isometrinen maksimivoima putoaa lähtötasosta lähinnä hermostollisen väsymisen johdosta. Maksimivoiman pudotus ei ole yhtä suuri kuin hypertrofisen kuormituksen jälkeen. Häkkinen & Pakarinen (1993) tutkimuksessa 20x1 / 1 RM kuormitus aiheutti 25 % pudotuksen maksimivoimassa ja Walker ym. (2012) tutkimuksessa 15x1 / 1RM kuormitus aiheutti -30 ± 6.4 % pudotuksen. Maksimivoimakuormitus aiheuttaa akuutin hormonivasteen, mutta ei yhtä suurta kuin hypertrofinen kuormitus (Häkkinen & Pakarinen 1993).

2.3 Nopeusvoima

Tyypillinen nopeusvoimaharjoitus koostuu kohtuullisen alhaisista 30–60 % / 1 RM kuormista verrattuna esim. hypertrofisen harjoituksen kuormiin, mutta suoritusnopeus on oleellisesti suurempi. Sarjojen määrä vaihtelee volyymin mukaan, mutta sarjojen välinen palautuminen on pitkä (3–4 min). (Kraemer & Häkkinen 2002, 23.)

Nopeusvoimakuormitus on volyymitaan pienempi kuin hypertrofinen kuormitus ja sarjapalautukset ovat pidempiä, mikä näky pienempinä hormonivasteina ja pienempänä maksimivoiman pudotuksena kuormituksen aikana. Linnamo ym. (2005) tutkimuksessa nopeusvoimakuormituksen (5x40 % x 10RM) jälkeen maksimivoima oli pudonnut 11 %, veren laktaattipitoisuudessa tapahtui merkitsevä nousu ja hormonivasteissa tapahtui muutos (kuva 1).

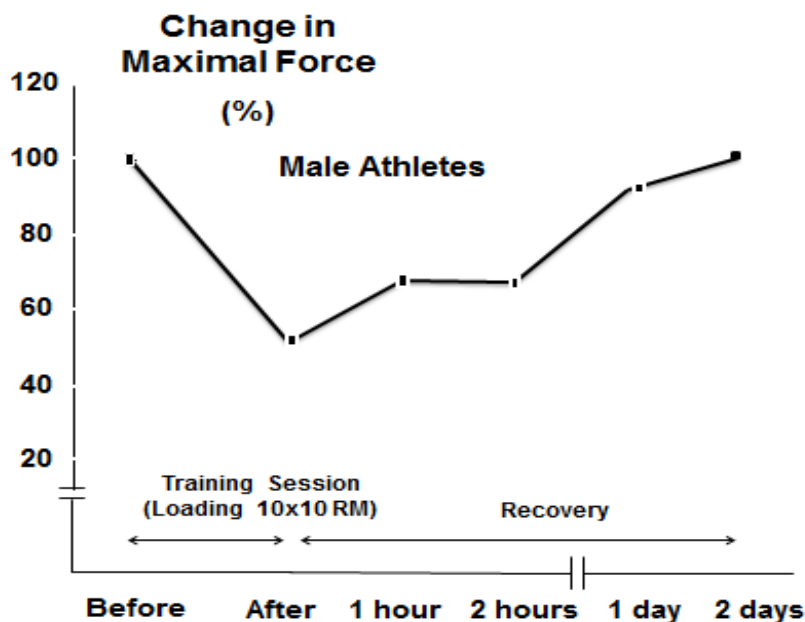


KUVA 1. Kasvuhormonipitoisuuksien muutokset hypertrofisen- (5x100 % x 10M), nopeusvoima- (5x40 % x 10RM) ja submaksimaalisen kuormituksen (5x70 % x 10RM) aikana ja jälkeen. (Linnamo ym. 2005.)

3 PALAUTUMINEN KAKSI VUOROKAUTTA VOIMAHARJOITUKSEN JÄLKEEN

3.1 Hermolihasjärjestelmän palautuminen

Hypertrofinen-, maksimivoima- ja nopeusvoimakuormitus aiheuttavat maksimivoimassa laskun kuormituksen jälkeen. Maksimivoiman lasku on suurinta hypertrofisen kuormituksen jälkeen ja pienintä nopeusvoimakuormituksen jälkeen. Myös maksimivoiman palautuminen lähtötasolle tai jopa sen yli riippuu kuormitusmallista. Hypertrofisen kuormituksen jälkeen maksimivoima on alentuneena tyypillisesti 1–2 vuorokautta riippuen kuormituksen volyymista (kuva 2). Myös maksimivoimakuormituksen jälkeen voimatasojen palautuminen voi kestää muutaman päivän. Nopeusvoimakuormituksen jälkeen voimatasot palautuvat nopeammin, jopa alle vuorokaudessa. (Häkkinen & Pakainen 1993, Ahtiainen ym. 2003, Linnamo ym. 2005.)



KUVA 2. Maksimivoiman palautuminen hypertrofisen kuormituksen jälkeen. (Häkkinen & Pakarinen 1993.)

3.2 Hormonipitoisuudet palautumisen aikana

Voimakuormituksen aikaiseen testosteroni-, kasvuhormoni- ja kortisolivasteeseen vaikuttavat kuormituksen intensiteetti, kokonaisvolyymi ja sarjapalautusten pituus. Hormonipitoisuuksien muutoksiin veressä vaikuttavat sekä plasmatilavuuden pieneneminen kuormituksen aikana että hormonien lisääntynyt erityis. Molemmat aiheuttavat plasmasta mitatun suhteellisen hormonipitoisuuden positiivisen muutoksen. (Kraemer & Rogol 2005, 334.)

Hormonipitoisuudet palaavat tyypillisesti lepotasolle ensimmäisen tunnin aikana kuormituksen päätyttyä. Testosteronipitoisuus nousee tyypillisesti uudelleen yli lepotason muutaman tunnin päästä kuormituksen lopusta. Tämä linkittyy testosteronin sitoutumiseen androgeenireseptoriin etenkin nopeissa lihassoluissa. (Kraemer & Rogol 2005, 334.) Testosteronipitoisuuksien muutoksista ja tulkinnoista palautumisen aikana on vaihtelevia tutkimuksia. Häkkinen ja Pakarinen (1993) tutkimuksessa testosteronipitoisuudet olivat kaksi vuorokautta sekä maksimivoimaharjoituksen (20x1, 100 % / 1RM) että hypertrofisen voimaharjoituksen (10x10, 100 % / 10RM) jälkeen lepotasoa alempana. Tämä kertoo siitä, että palautuminen ei ole vielä täysin tapahtunut kahden vuorokauden jälkeen. Vastaavasti Ahtiainen ym. (2003) tutkimuksessa testosteronipitoisuus oli palautunut lähtötasolle yhden ja kahden vuorokauden jälkeen hypertrofisesta voimaharjoituksesta.

Kasvuhormonipitoisuuksissa ei ole havaittu muutoksia enää kuormituksen jälkeen kun pitoisuus on palautunut lepotasolle. Kasvuhormonin erityis tapahtuu sykäyksittäin vuorokauden aikana ja voimaharjoittelulla voi olla tähän eritykseen vaikutusta. Mitään selvää varmuutta asiaan ei kuitenkaan ole. (Kraemer & Rogol 2005, 119.)

Kortisolin eli toiselta nimeltään stressihormonin erityis lisääntyy kuormituksen aikana ja on riippuvainen kuormituksen aiheuttamasta stressistä. Kortisolipitoisuuden nousu palautumisen aikana voi kertoa tilasta, jolloin ei olla vielä täysin palauduttu edellisestä harjoituksesta. Kortisolin vaikutukset ovat joksenkin päinvastaiset testosteronin kanssa. Kortisoli kertoo elimistön katabolisesta tilasta ja stressitilasta. Testosteroni kertoo elimistön anabolisesta tilasta. Usein käytetään testosteronin ja kortisolin suhdetta kuvaamaan elimistön anabolista / katabolista tilaa. (Hoffman 2002, 22.) Jürimäe ym.

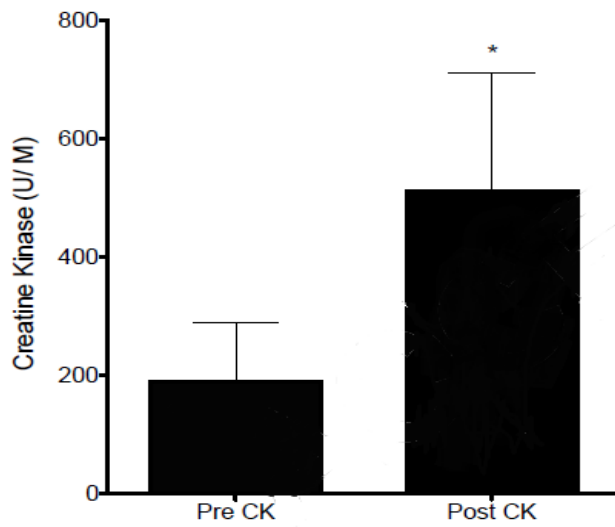
(2004) tutkimuksessa kuuden viikon soutuharjoitus aiheutti testosteroni/kortisoli suhteen laskua, joka kertoo stressitilasta, jolloin palautuminen on vielä kesken. Morgan ym. (2000) tutkimuksessa armeijaleiri, joka sisälsi paljon stressiä aiheuttavia tekijöitä, nosti lepokortisolitasoja ja laski testosteronitasoja. Tämä kertoo siitä, että kortisoli ja testosteroni ovat hyviä mittareita elimistön palautumisesta. Hormonivasteisiin vaikuttaa harjoituksen kuormittavuus ja ainakin äärimmäisen kovilla hypertrofisilla ja maksimivoimaharjoituksilla on saatu eroja seuraavien päivien hormonipitoisuuksissa (Häkkinen & Pakarinen 1993, Goto ym. 2013) tai ei välttämättä silloinkaan (Ahtiainen ym. 2003, Raastad ym. 2000, Kraemer ym. 2001).

3.2.2 Lihasvaurio

Voimaharjoitus aiheuttaa lihaksissa pieniä repeämiä, joita kutsutaan mikroaurioiksi. Nämä mikroauriot liittyvät olennaisesti lihaksen hypertrofiaan ja lihasvoiman kasvuun. Lihasvaurioita voi aiheuttaa sekä lihaksen mekaaninen rasitus ja sitä seuraava repeäminen tai lihaksessa tapahtuva olosuhteiden muutos, joka on yhteydessä anaerobiseen energiantuottoon. Lihasvaurioiden korjaamiseen kuluu aikaa, mutta vaurioiden korjaututtua lihaksen poikkipinta-ala ja maksimaalinen voimantuotto ovat palautuneet lähtötasolle tai jopa sen yli. Näiden lihasvaurioiden korjaamiseen elimistö tuottaa valkosoluja ja tiettyjä entsyymejä. Kreatiinikinaasi on yksi tällainen entsyymi, jota esiintyy lihasvaurioiden yhteydessä. Verestä mitattu kreatiinikinaasipitoisuus on hyvä mittari arvioitaessa palautumisen tilaa lihasvaurioita aiheuttavan voimaharjoituksen jälkeen. Yleisesti hyppyjä, loikkia, voimakasta eksentristä voimantuottoa tai pitkiä hypertrofisia sarjoja sisältävä voimaharjoitus aiheuttaa mikroaurioita lihaksessa. (Brancaccio ym. 2010, Brancaccio ym. 2007, Kasper ym. 2002.)

Verestä mitattu keatiinikinaasipitoisuus tyypillisesti kaksinkertaistuu lepotasoon nähen voimaharjoituksen jälkeen ja on korkeimmillaan 8 h kuormituksen jälkeen. Kreatiinikinaasipitoisuus voi olla kohollaan jopa 2–7 päivää voimaharjoituksen jälkeen, riippuen lihasvaurioiden määrästä. (Brancaccio ym. 2010, Brancaccio ym. 2007.) Sikorski ym. (2013) tutkimuksessa kreatiinikinaasipitoisuus muuttui lepotasosta (189.4

± 100.2 U/L) yli kaksinkertaiseksi 48 h (512 ± 222.7 U/L) raskaan 9 liikettä sisältäneen hypertrofisen harjoituksen jälkeen (kuva 3).



KUVA 3. Kreatiiniakinaasipitoisuudet ennen ja 48 h jälkeen raskaan hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. (Sikorski ym. 2013.)

4 KOMPESSIOVAATTEET

4.1 Kompressiohoidon perusteet

Kompressiohoito perustuu ulkoisen paineen vaikutuksiin kudoksessa. Ulkoisen paineen kudokselle luo yleensä painevaate, mutta myös esimerkiksi veden alainen paine aiheuttaa ulkoista painetta. Kompressiohoito onkin saanut alkunsa juuri veden alla tehdyistä tutkimuksista ja kehittynyt käytännöllisistä syistä kohti painevaatteita. Kompressiohoitoa käytetään apuna moniin verenkiertoelimistön sairauksiin kuten verisuonitukoksiin ja suonikohjuihin. (Perrey 2008, Fu ym. 2013, Stanton ym. 1949.)

Kompressiohoito on vanha keksintö, mutta vasta viime vuosikymmeninä kompressiota on alettu hyödyntämään myös urheilussa. Urheilussa käytettävät kompressiovaatteet toimivat samalla tavoin kuin sairauksienkin hoidossa. Ulkoinen kompressio lisää verenvirtausta mm. tehostamalla laskimopaluuta ja vähentämällä turvotusta raajoissa, eli vähentämällä nesteen kertymistä soluvälitilaan. Monissa lääkinällisissä tutkimuksissa verenvirtauksen lisääntymistä on tutkittu makuuasennossa tai seisoma-asennossa, mutta ei liikkeessä. Urheilussa käytettävien kompressiovaatteiden tulisi pystyä parantamaan suorituskykyä verenkiertoelimistön jo ennestään tehostuneessa tilassa. Tästä ei ole aikaisempien tutkimusten perusteella yhtenäistä todistetta. Vallalla onkin ajatus kompressiovaatteiden suuremmista hyödyistä etenkin palautumisen aikana urheilusuorituksesta. (MacRae ym. 2011, Perrey 2008, Fu ym. 2013.)

Sekä kestävyysurheilusuoritus että voimaharjoitus aiheuttaa elimistössä tasapainotilan järkkymisen, jota korjataan palautumisen aikana. Palautumiseen liittyy mm. metaboliittien kuten laktaatin ja vedyn huuhtominen, lihasvaurioiden korjaaminen ja tulehdustilojen parantaminen. Kompressiovaatteilla voidaan olettaa olevan vaikutusta tehokkaampaan suorituskyvyn palautumiseen urheilusuorituksen jälkeen. (Berry & McMurray 1987, Rimaud ym. 2010.)

Kompressiovaatteita on monenlaisia ja moneen tarkoitukseen. Yleisimpiä kompressiovaatteita ovat kompressiosukat ja kompressiohousut, mutta myös paitoja, hihoja ja kokopukuja on olemassa (kuva 4). Kompressiovaatteiden paine ilmoitetaan elohopeamillimetreinä (mmHg). Kompressiovaatteen aiheuttama paine muodostuu raajan ympärysmittojen, kankaan mittojen ja kankaan elastisuuden suhteesta. Yleisin materiaali kompressiovaatteissa on elastaani eli kauppanimeltään Lycra. (Fu ym. 2013.) Kompressiovaatteiden toiminta perustuu asteittain vaihtuvaan paineeseen raajan eri osissa. Esimerkiksi kompressiohousujen aiheuttama paine on suurinta nilkan ja pohkeen alueella ja paine vähenee proksimaalisesti. Tämä helpottaa veren virtausta kohti sydäntä. (Kraemer ym. 2000.)

Kompressiovaatteiden paineet jaetaan eri paineluokkiin A-1-5, A = 10-14mmHg, 1 = 15-21mmHg, 2 = 23-32mmHg, 3 = 34-46mmHg, 4 = >49mmHg (Euroopan esistandardi ENV 12718/2001). Paineiden mittaamiseen ei ole tällä hetkellä olemassa sääntöjä vaan jokainen valmistaja saa käyttää omaa menetelmäänsä. Usein oletetut paineet perustuvat johonkin keskiarvoon pituuden ja raajojen ympärysmittojen suhteesta. Tällöin todellisessa tilanteessa (puettuna päälle) paineet eivät välttämättä ole samat kuin tuoteselosteessa on ilmoitettu. (Perrey 2008.) Mittatilaustyönä tehdyt kompressiovaatteet takaavat paineiden paikkansapitävyudet myös todellisessa tilanteessa.

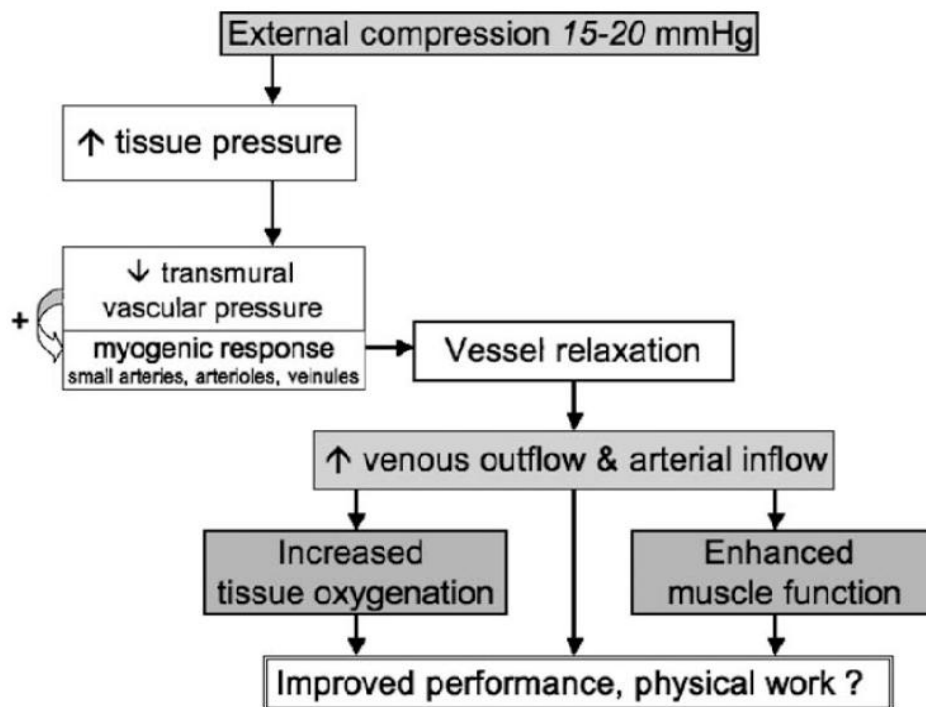


KUVA 4. Erilaisia kompressiovaatteita. (blog.fitnessstown.ca)

4.2 Fysiologiset vaikutukset

Kompressiovaatteiden toiminta perustuu kudosta ympäröivän paineen vaikutuksiin verenkiertoelimistössä ja lihaksissa. Ulkoinen paine lisää veren virtausta mm. tehostamalla pohjelihaspumpun toimintaa. Tämä vaikuttaa laskimopaluun tehostumiseen etenkin kun kompressiovaatteen paine vähenee asteittain mentäessä kohti kehon keskustaa. Tarkemmin ulkoisen paineen vaikutus verenkiertoelimistöön on seuraava tapahtumaketju: ulkoinen kompressio lisää kudoksen painetta, tämä vähentää kudosten ja verisuonten välistä paine-eroa. Tämä vähentynyt paine-ero kudosten ja verisuonten välillä aiheuttaa verisuonten laajenemista, joka lisää veren virtausta. Veren virtauksen lisääntyminen on kompressiovaatteiden merkittävin fysiologinen hyöty sekä suorituksen että palautumisen aikana. (Perrey 2008, Bringard ym. 2006, Born ym. 2013.)

Mekaaninen paine raajan ympärillä vähentää nesteen kertymistä soluvälitilaan lisäämällä lihaksen sisäistä painetta. Lihaksen sisäinen paine on yhteydessä soluvälitilan nesteen paineeseen ja tämä paineen nousu tehostaa ylimääräisen nesteen siirtymistä kapillaarien avulla takaisin verenkiertoon. Samalla verenkiertoon siirtyy metaboliitteja kuten laktaattia ja vetyä, jotka edelleen käytetään energiana muissa lihaksissa. Tämä tehostunut nesteen ja metaboliittien poistuminen lihaksesta on positiivinen ilmiö urheilusuorituksen ja sitä seuraavan palautumisen kannalta. (Born ym. 2013.) Liian pieni (13 mmHg) paine ei aiheuta riittävää muutosta lihaksen sisäisessä paineessa, mutta jo 20 mmHg paine saa aikaan tehostuneen veren virtauksen. (Murthy ym. 1994.) Samanlaisen tuloksen sai Lawrence & Kakkar (1980) paineilla 14 mmHg vs. 24 mmHg. Miyamoto ym. (2011) tutkimuksessa pohjelihaskuormituksen jälkeen mitattu voimantuotto oli vähiten heikentynyt 25 mmHg paineilla pohkeen kohdalla, kun vertailtiin paineisiin 14 mmHg ja 8 mmHg. Agu ym. (2004) tutkimuksessa potilailla, joilla oli verenkiertoelimistön sairaus, kompressiosukat lisäsivät verenvirtausta merkitsevästi kaikilla paineluokilla (1,2,3) kevyen varpailenusukuormituksen aikana. Kompression vaikutusmekanismista on havainnollistava (kuva 5).



KUVA 5. Ulkoisen kompression vaikutusmekanismi veren virtauksen lisääntymiseen. (Perrey 2008.)

Muutamissa tutkimuksissa on havaittu kompressiohousujen vähentävän energian kulutusta 12 km/h juoksuvauhdilla (Bringard ym. 2006) liittyen kompressiohousujen vaikutukseen parantaa asentoaistimusta ja parantamalla juoksun taloudellisuutta, ja lisäävän veren virtausta lihaksille kuormituksen aikana, mutta ei lisäävän energian kulutusta kuormituksen aikana (Coza ym. 2012). Kompressiovaatteet voivat parantaa etenkin kestävyysuoritusta vaikuttamalla taloudellisuuteen ja hapen saatavuuteen lihaksissa (Bringard ym. 2006, Coza ym. 2012). Myös Lawrence & Kakkar (1980) tutkimuksessa saatiin samanlaisia positiivisia tuloksia kompressiovaatteiden vaikutuksista veren virtauksen lisääntymiseen. Kemmler ym. (2009) tutkimuksessa kompressiosukkia käytettäessä uupumukseen asti tehty kestävyysjuoksusuorituksen kokonaiskesto (36.44 min vs. 35.03 min) ja kokonaistyömäärä (422 kJ vs 399 kJ) olivat merkitsevästi suuremmat, kun vertailtiin kontrolliryhmään. Samoin juoksuvauhdit aerobisella ja anaerobisella kynnyksellä olivat merkitsevästi suuremmat kompressiotilanteessa (Kemmler ym. 2009). Myös ylävartalossa käytetty kompressiovaate lisäsi veren virtausta (3.7 ± 0.85 vs. 8.8 ± 2.01 ml·min⁻¹·100 ml kud⁻¹ ($P < 0.001$)) yli kaksinkertaisesti kun kompressihihan paineet olivat väliltä 13–23 mmHg (Bochmann ym. 2005).

4.3 Kompressiovaatteiden vaikutukset palautumisen aikana

Alun perin kompressiohoitoa on käytetty sairauksien, kuten verisuonitukosten ja suonikohjujen hoitoon. Vaikutus perustuu kompressiovaatteiden kykyyn tehostaa veren virtausta ja vähentää nesteen kertymistä soluvälitilaan. (Perrey 2008.) Lääkinnälliseen tarkoitukseen tehdyissä tutkimuksissa mittaukset on tehty joko makuuasennossa tai seisten, mutta ei liikkeessä. Näitä tuloksia voidaan käyttää hyödyksi tutkittaessa kompressiovaatteiden vaikutuksia palautumiseen urheilusuorituksen jälkeen. Oletuksena onkin, että samoihin fysiologisiin ilmiöihin perustuen kompressiovaatteet nopeuttavat palautumista terveillä urheilijoilla. (Fu ym. 2013.)

Kestävyysuorituksen jälkeen elimistöön kertyy aineenvaihduntatuotteita, joiden nopea huuhtominen ja uudelleen käyttö on olennainen osa tehokasta palautumista. Lisääntynyt

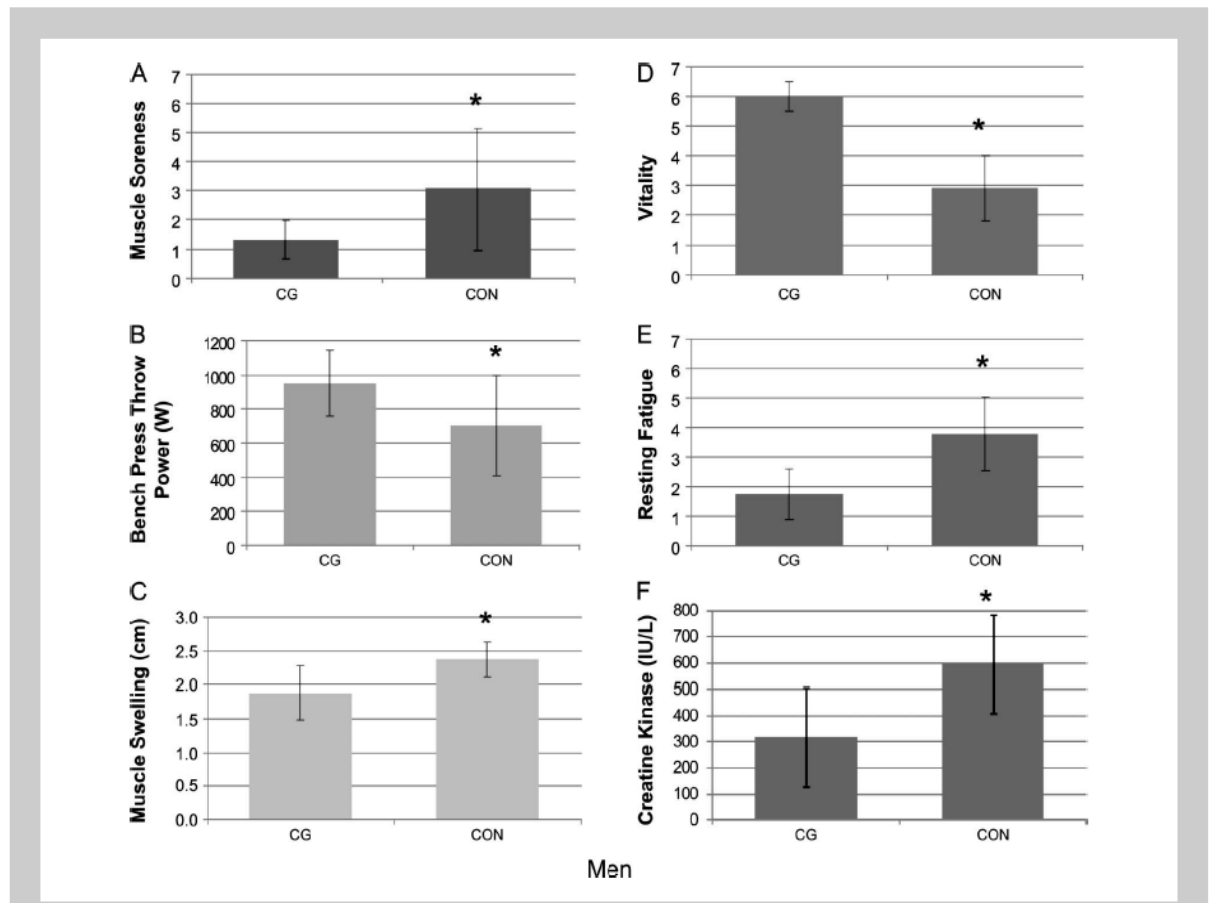
veren virtaus kuljettaa metaboliitteja (laktaatti, vety) nopeammin muihin lihaksiin, joissa niitä käytetään energianlähteenä uudelleen. Voimaharjoitus aiheuttaa lihaksissa mikrovaurioita ja tulehdustilan, joiden nopea korjaaminen riippuu verenkierron määrästä. (MacRae ym. 2011.)

Subjekttiivinen tunne ja kreatiinikinaasi. Kompresiovaatteiden vaikutuksia palautumiseen on tutkittu paljon ja vaikutukset ovat yleisesti ottaen yksimielisiä. Kompresiovaatteet vaikuttavat palautumisen aikaisen lihaskivun nopeampaan parantumiseen sekä tunnetasolla että esimerkiksi pienempinä kreatiinikinaasipitoisuuksina. Subjekttiivinen tunne nopeammasta palautumisesta ja pienempi lihaskipu on havaittu mm. 80 min palautumisen aikana 5 minuutin maksimaalisen pyörilyn jälkeen (Chatard ym. 2004), neljäntenä ja viidentenä päivänä raskaan eksentrisen voimaharjoituksen jälkeen (Kraemer ym. 2001), 24 h raskaan 8 liikettä sisältäneen hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen (Kraemer ym. 2010), 48 h pudotushyppyharjoituksen jälkeen (Davies ym. 2009) ja 24 h simuloidun rugbyottelun jälkeen (Hamlin ym. 2012). Myös muut tutkimukset ovat saaneet samanlaisia tuloksia (Jakeman ym. 2010, Kraemer 2001). Pienemmät kreatiinikinaasipitoisuudet palautumisen aikana on havaittu kun vertaillaan kompressiotilannetta kontrollitilanteeseen 1–2 vuorokautta monenlaisten voimaharjoitusten jälkeen (Kraemer ym. 2010, Davies ym. 2009, Figueiredo ym. 2011, Kraemer ym. 2001). Subjekttiivinen tunne lihaskivusta ja verestä mitattu kreatiinikinaasipitoisuus ovat hyviä menetelmiä tutkittaessa kompresiovaatteiden vaikutuksia palautumiseen (kuva 6).

Laktaatti. Kompresiovaatteilla on vaikutusta myös akuuttiin palautumiseen sekä kestävyysuorituksen että voimaharjoituksen jälkeen. Verestä mitatuissa laktaattipitoisuuksissa on huomattu nopeampi lasku useissa tutkimuksissa (kompresio vs. kontrolli). Nopeampi laktaatin poistuminen johtuu kompression vaikutuksesta nopeuttaa veren virtausta ja tehostaa metaboliittien siirtymistä verenkiertoon. (Rimaud ym. 2010, Chatard ym. 2004, Berry & McMurray 1987, Metsäranta 2012.)

Lihasturvotus. Kompresiovaatteiden aiheuttama paine vähentää nesteen kertymistä soluvälitilaan, joka ulkoisesti näkyy pienentyneenä turvotuksena. Tästä on aikaisemmissa tutkimuksissa yhtenäisiä tuloksia. Pienentynyt turvotus on yhteydessä nopeampaan veren virtaukseen ja tehostuneeseen palautumiseen. (Born ym. 2013.)

Hormonit. Kompressiovaatteiden vaikutuksista hormonipitoisuuksiin ei ole tehty yhtään tutkimusta. 1–2 vuorokautta alentuneena oleva testosteronipitoisuus kertoo ei-palautuneesta tilasta. Kompressiovaatteilla on todettu olevan palautumista tehostava vaikutus. On mielenkiintoista tietää, voiko palautumisen aikaisista hormonipitoisuuksista saada lisätietoa kompressiovaatteiden vaikutuksista palautumiseen. Tämä on uusi osa kompressiovaatetetutkimusta, joka kaippa selvitystä.



KUVA 6. Kompressioasujen vaikutukset palautumiseen hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. (Kraemer ym. 2010.)

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mittatilaustyönä tehtyjen kompressiohousujen vaikutuksia palautumiseen 48 tunnin ajan voimaharjoituksen jälkeen. Samalla tarkoituksena oli vertailla, miten hypertrofisen voimaharjoituksen, nopeus- ja maksimivoimaharjoitusten jälkeinen kompressiohoito eroaa toisistaan. Palautumista mitattiin isometrisellä jalkojen voimalla, hormonipitoisuuksien muutoksilla, kreatiinikinaasipitoisuuden muutoksilla, lihasten turvotuksella ja subjektiivisella lihaskivun tunteella.

Tutkimuskysymys 1. Vaikuttavatko kompressiohousut jalkojen isometrisen voiman palautumiseen 48 tunnin aikana kuormituksen jälkeen?

Hypoteesi 1. Oletuksena on, että lisääntynyt veren virtaus nopeuttaa lihasvaurioiden korjaamista ja vaikuttaa myös nopeampaan voimantuoton palautumiseen.

Tutkimuskysymys 2. Vaikuttavatko kompressiohousut testosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin 48 tunnin aikana kuormituksen jälkeen?

Hypoteesi 2. Kompressiovaatteiden vaikutuksia hormonipitoisuuksiin ei ole aikaisemmin tutkittu. Oletuksena on kuitenkin, että nopeutunut palautuminen ilmenee myös hormonipitoisuuksissa positiivisina muutoksina.

Tutkimuskysymys 3. Vaikuttavatko kompressiohousut kreatiinikinaasipitoisuuksien palautumiseen 48 tunnin aikana kuormituksen jälkeen?

Hypoteesi 3. Oletuksena on, että kompressiohousut nopeuttavat lihasvaurioiden palautumista ja vähentävät verestä mitattuja kreatiinikinaasipitoisuuksia.

Tutkimuskysymys 4. Vähentävätkö kompressiohousut jalkojen lihasten turvotusta 48 tunnin aikana kuormituksen jälkeen?

Hypoteesi 4. Oletuksena on, että kompressiohousut vähentävät lihasten turvotusta lisäämällä kudoksen painetta, joka vähentää nesteen kertymistä soluvälitilaan.

Tutkimuskysymys 5. Vaikuttavatko kompressiohousut koehenkilöiden subjektiiviseen lihaskivun tunteeseen 48 tunnin aikana kuormituksen jälkeen?

Hypoteesi 5. Oletuksena on, että tehostunut palautuminen vaikuttaa myös lihasarkuuden tunteeseen positiivisesti.

Tutkimuskysymys 6. Eroaako edellä mainittujen tutkimuskysymysten vastaukset eri kuormitusmallien välillä?

Hypoteesi 6. Oletuksena on, että eri kuormitusmallien jälkeisessä palautumisessa on eroja johtuen kuormitusten erilaisista luonteista.

6 MENETELMÄT

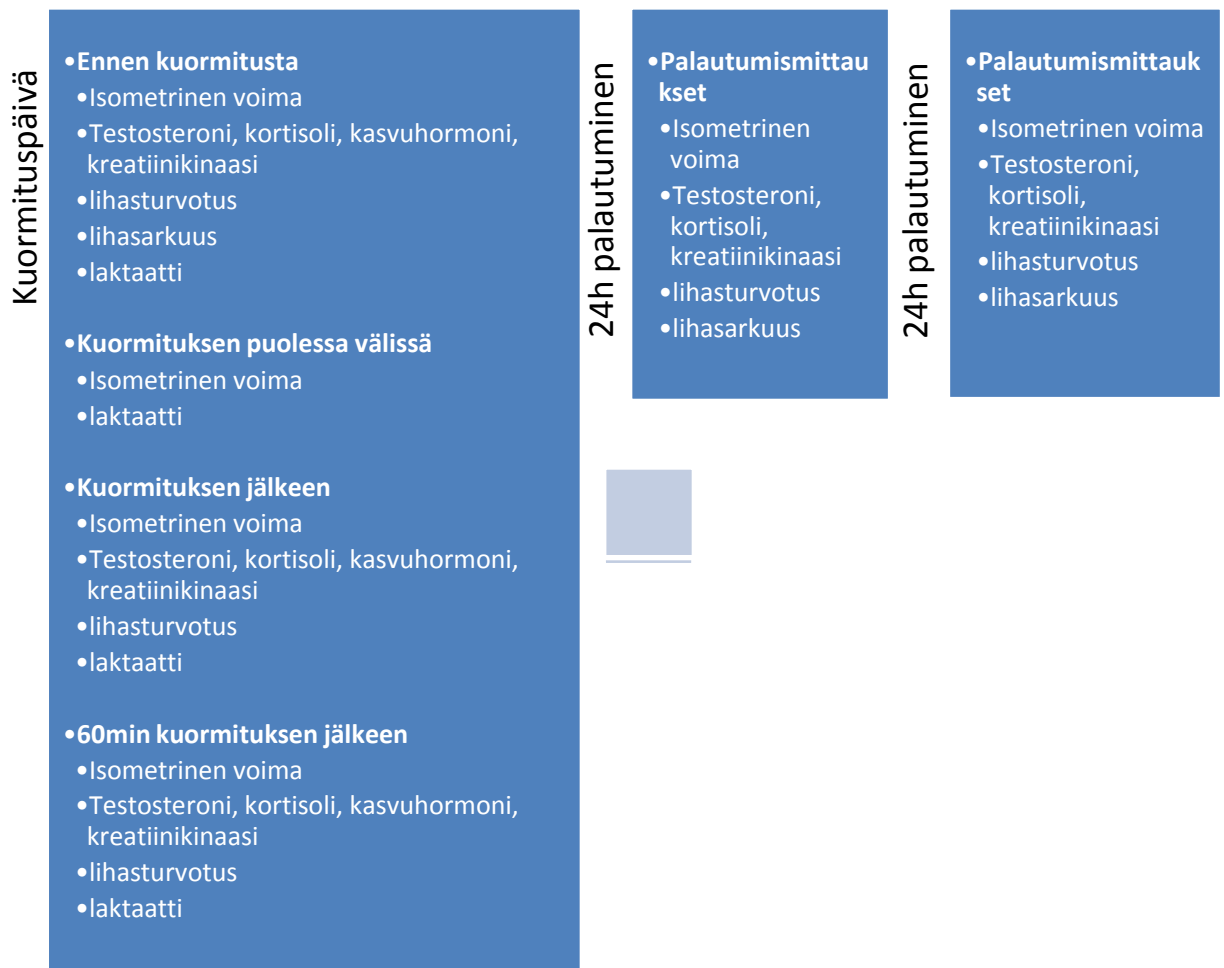
6.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä tutkimuksessa oli 15 aktiivisesti urheilua harrastavaa miestä (ikä: 25.9 ± 1.0 v, pituus 181.2 ± 7.7 cm, paino 79.6 ± 6.4 kg). Kaikki olivat Jyväskylän liikuntatieteellisen opiskelijoita. Kukaan ei kuitenkaan ollut kilpaurheilija. Koehenkilöistä neljä oli taustaltaan jalkapalloilijoita, kolme oli jääkiekkoilijoita, kahdella oli taustaa kamppailulajeista ja kahdella oli yleisurheilusta. Lisäksi koehenkilöissä oli entinen painija, hiihtäjä, koripalloilija ja lentopalloilija. Koehenkilöt elivät normaalia arkea mittausten aikana, eikä mm. ruokavaliota kontrolloitu. Koehenkilöt eivät kuitenkaan harrastaneet muuta voimaharjoittelua tutkimuksen aikana, eivätkä käyttäneet palautusjuomia kuormituksen jälkeen. Koehenkilöitä oli myös ohjeistettu tulemaan mittauksiin terveenä ja palautuneena ja toimimaan jokaisen kuormituksen jälkeen samalla tavalla seuraavat kaksi päivää (ravinto ja lepo).

6.2 Mittaukset

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mittatilaustyönä tehtyjen kompressiohousujen vaikutuksia palautumiseen bilateraalilla jalkaprässillä tehtyjen kuormitusten jälkeen. Kuormituksia oli kolme erilaista, hypertrofinen kuormitus (5×10 , 80 % / 1RM, palautus 2 min), maksimivoimakuormitus (15×1 , 100%/1RM, palautus 3 min) ja nopeusvoimakuormitus (5×8 , 40 % / 1RM, palautus 3 min). Kuormitusten välillä oli vähintään 7 vuorokauden tauko. Kaikki kuormitukset tehtiin kahteen kertaan. Kerran palautumisvaiheessa käytettiin kompressiohousuja ja kerran palautuminen suoritettiin ilman housuja. Palautumismalli arvottiin niin, että puolet aloittivat palautuen kompressiohousuilla ja puolet ilman kompressiohousuja. Kuormitusten järjestys oli vakioitu (NOP → MAX → HYP). Palautumista seurattiin aina kaksi vuorokautta

kuormituksesta. Kompressiohousut puettiin päälle 60 minuuttia kuormituksen päättymisestä ja pidettiin yhtäjaksoisesti kaksi vuorokautta jalassa. Ainoastaan palautumismittausten aikana (1 vrk ja 2 vrk kuormituksesta) housut otettiin pois jalasta mittausten ajaksi. Palautumista mitattiin jalkojen isometrisellä voimalla (hermolihäsjärjestelmän toiminta), testosteroni- ja kortisolipitoisuuksien muutoksilla (kehon stressitila), kreatiinikinaasipitoisuuksien muutoksilla (lihaskivun tuntemuksella), vastus lateraalisen paksuuden muutoksilla (lihasturvotus) ja lihaskivun tuntemuksella (subjektiivinen tunne palautumisesta). Kuormituspäivän aikana mitattiin koehenkilöiltä myös veren laktaatti ja kasvuhormonipitoisuus, kuvaamaan kuormituksen luonnetta. (kuva 7.)



KUVA 7. Kuormituspäivän sekä palautumispäivien mittausten rakenne ja mitattavat muuttujat.

Kuormitus. Kuormituksia oli kolme erilaista, hypertrofinen kuormitus (5x10, 80 % / 1RM, palautus 2min), maksimivoimakuormitus (15x1, 100 % / 1RM, palautus 3 min) ja nopeusvoimakuormitus (5x8, 40 % / 1RM, palautus 3 min). Kaikki kuormitukset tehtiin kahteen kertaan. Kuormitukset suoritettiin aina klo 11–16 ja sama koehenkilö osallistui mittauksiin aina samaan vuorokauden aikaan. Tällä otettiin huomioon vuorokauden aikainen vaihtelu mm. hormonipitoisuuksissa. Yksittäisen koehenkilön kuormitusten välillä oli vähintään 7 vuorokauden tauko, jolla varmistettiin lepotilanne seuraavaan kuormitukseen. Koehenkilöt tulivat mittauksiin levänneinä ja suorittivat ennen mittauksia 10 min lämmittelyn polkupyöräergometrillä. Kontrollimittaukset suoritettiin ennen kuormitusta (verinäytteet, lihasturvotus, isometrinen voima ja lihasarkuus). Itse kuormitus suoritettiin bilateraalilla jalkaprässillä (David 210, David Sports Ltd., Helsinki, Finland) lähtöpolvikulman ollessa 90°. Koehenkilöiden 1RM arvo määriteltiin kaksi viikkoa ennen virallisten mittausten aloittamista. Koehenkilön 1RM saatiin kun yksittäisiä toistoja tehtiin epäonnistumiseen asti 4 min palautumisajalla. 1RM määriteltiin 5 kg tarkkuudella. Koehenkilöiden vaatetus kuormituksen aikana oli t-paita, shortsit ja aina samat kengät. Sarjojen välissä palautuminen oli passiivinen istuen. Ainoastaan kuormituksen puolella välissä mitattiin isometrinen voima ja otettiin laktaattinäyte. Mittaustilanteessa koehenkilöitä kannustettiin tekemään sarjat loppuun asti maksimaalisella teholla.

Isometrinen voima. Koehenkilöiden isometrinen voima mitattiin ennen kuormitusta, kuormituksen puolella välissä, heti kuormituksen jälkeen, 60 min kuormituksen jälkeen, 24 h kuormituksen jälkeen ja 48 h kuormituksen jälkeen. Isometrinen voima mitattiin bilateraalilla voimalevyllä, polvikulman ollessa ~107°. Jokaisella kerralla tehtiin kolme maksimaalista suoritusta ja tulokseksi valittiin paras suoritus. Suoritusten välissä oli 1 min palautus. Kuormituksen välissä ja heti kuormituksen jälkeen suoritusten välissä oli vain n. 15 s tauko, koska mitattiin kuormituksen aiheuttamaa akuuttia väsymystä. Suorituksen ohjeistus ja varustus oli vakioitu aina samanlaiseksi.

Hormonit ja kreatiinikinaasi. Testosteroni, kortisoli ja kreatiinikinaasi mitattiin ennen kuormitusta, heti kuormituksen jälkeen, 60 min kuormituksen jälkeen, 24 h kuormituksen jälkeen ja 48 h kuormituksen jälkeen. Kasvuhormoni mitattiin ennen kuormitusta, heti kuormituksen jälkeen ja 60 min kuormituksen jälkeen.

Laskimoverinäytteiden otosta vastasi koulutettu henkilö. Käsivarren laskimosta otettiin 1 näyte 5/3 ml seerumigeeliputkeen. Seerumigeeliputki sentrifugoitiin 3500 rpm 10 minuuttia ja seerumista analysoitiin kreatiinikinaasi Konelab 20 XTi-analysaattorilla (Thermo-Fisher Scientific, Vantaa, Finland). Loppu seerumi pakastettiin -80 asteeseen. Pakastetusta seeruminäytteestä analysoitiin testosteroni, kortisoli ja kasvuhormoni Immulite 2000-analysaattorilla (Siemens Healthcare Diagnostic, LA, Ca, USA).

Lihasturvotus. Koehenkilöiden lihasturvotusta arvioitiin vastus lateralis -lihaksen paksuuden muutoksilla. Vastus lateralsen paksuus mitattiin ennen kuormitusta, heti kuormituksen jälkeen, 60 min kuormituksen jälkeen, 24 h kuormituksen jälkeen ja 48 h kuormituksen jälkeen. Mittaukset suoritettiin ultraäänellä (SSD-190 Aloka Fanasonic, Tokyo, Japan) koehenkilön maata selällään pöydällä. Mittaukset tehtiin aina vasemmasta jalasta reisiluun trocanter majorin ja lateraalisen epikondyylin puolesta välistä. Paksuus mitattiin aina kolmeen kertaan ja tulokseksi otettiin näiden keskiarvo.

Subjekttiivinen lihaskipu. Koehenkilön tunne palautumisesta mitattiin ennen kuormitusta, 24 h kuormituksen jälkeen ja 48 h kuormituksen jälkeen. Tunnetta palautumisesta mitattiin asteikolla 1–5 (1=ei ollenkaan kipua, 2=hieman kipua, 3=kohtalaisesti kipua, 4=voimakasta kipua, 5=todella kovaa kipua). Koehenkilöä ohjeistettiin vertaamaan tunnetta myös aikaisempiin mittaustilanteisiin, jotta tuloksia voidaan vertailla keskenään.

Laktaatti. Koehenkilöiltä mitattiin kuormituspäivän aikana sormenpääverinäytteestä veren laktaattipitoisuudet levossa, kuormituksen puolella välissä, heti kuormituksen jälkeen, 5 min kuormituksen jälkeen, 15 min kuormituksen jälkeen, 30 min kuormituksen jälkeen ja 60 min kuormituksen jälkeen. Sormenpääverinäytteet analysoitiin BIOSEN HbA1c -laitteella (EKF Diagnostics, London, England).

Palautuminen. Jokainen koehenkilö suoritti kaikki kolme kuormitusmallia kaksi kertaa. Toisella kerralla koehenkilö piti palautumisen aikana päällään kompressiohousuja ja toisella kerralla ei (kontrolli). Koehenkilö kävi suihkussa 60 min kuormituksen jälkeen ja puki sen jälkeen päälle kompressiohousut. Vastaava tutkija varmisti vielä, että housut ovat oikein päällä, jotta paineet ovat oikeat jaloissa. Housuja pidettiin jalassa aina seuraavaan päivään asti. Palautumismittauksien ajaksi housut otettiin jalasta pois ja laitettiin takaisin jalkaan mittausten jälkeen. Viimeisen kerran housut otettiin pois jalasta kun koehenkilö saapui toisiin palautumismittauksiin 48 h kuormituksen jälkeen.

6.3 Kompressiohousut

Tässä tutkimuksessa käytetyt kompressiohousut ovat nimenomaan palautumiseen suunnitellut kompressiohousut (Lymed sport recovery™) (kuva 8). Kompressiohousut ovat nilkasta vyötärölle asti ulottuvat materiaaliltaan polyamidia(64.6 %) ja elastaania(35.4 %) . Housut tehtiin koehenkilöille mittatilaustyönä perustuen yli kymmeneen alaraajojen ympärys- ja pituusmittaan. Näin varmistetaan samansuuruiset paineet kaikilla koehenkilöillä jalkojen eri osissa. Oikea paine muodostuu jalkojen ympärysmittojen ja kankaan elastisuuden suhteesta. Paine housuissa on progressiivinen ja paine kasvaa distaalisesti. Paineet ovat nilkassa ~32 mmHg, reidessä ~28mmHg ja pakarassa ~23mmHg. Kompressiohoidossa käytetään usein termiä paineluokka, tämän tutkimuksen housut ovat II-paineluokkaa (Kompressioluokat perustuvat Euroopan esistandardiin ENV 12718/2001).



KUVA 8. Tutkimuksessa käytetyt Lymed sport recovery™ kompressiohousut.

6.4 Tilastolliset analyysit

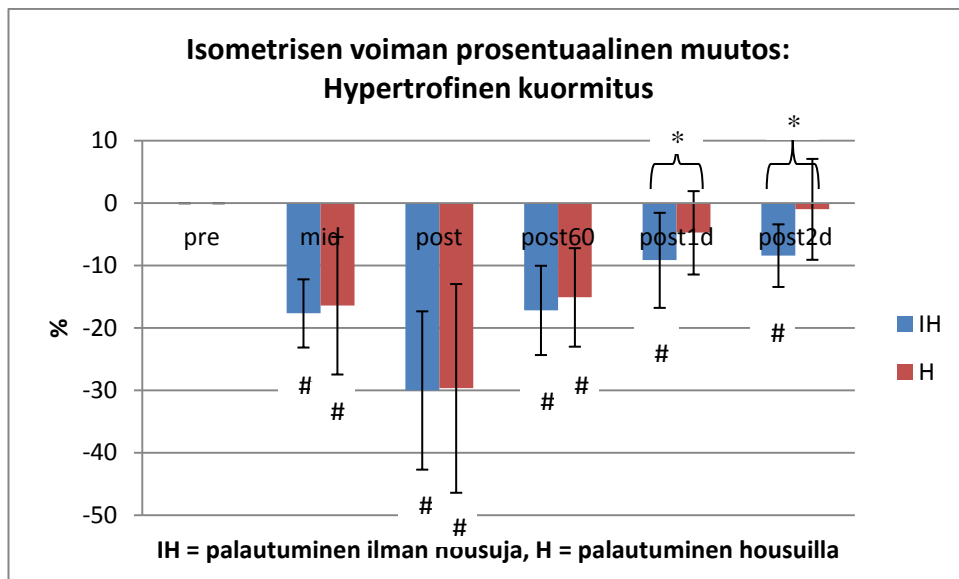
Tulosten analysointiin käytettiin SPSS – ohjelmaa, versio 19 (SPSS inc., Chigago IL). Tilastollisia merkitsevyyksiä ryhmien sisällä verrattuna lepotasoon, etsittiin parillisella T-testillä ja repeated measures of ANOVA – testillä. Kompresio- ja kontrollitilanteiden välisiä eroja vertailtiin non-parametrisillä testeillä, koska kyseessä oli kohtuullisen pieni koehenkilöjoukko (n=15). Merkitsevyystasoksi asetettiin 0.05.

7 TULOKSET

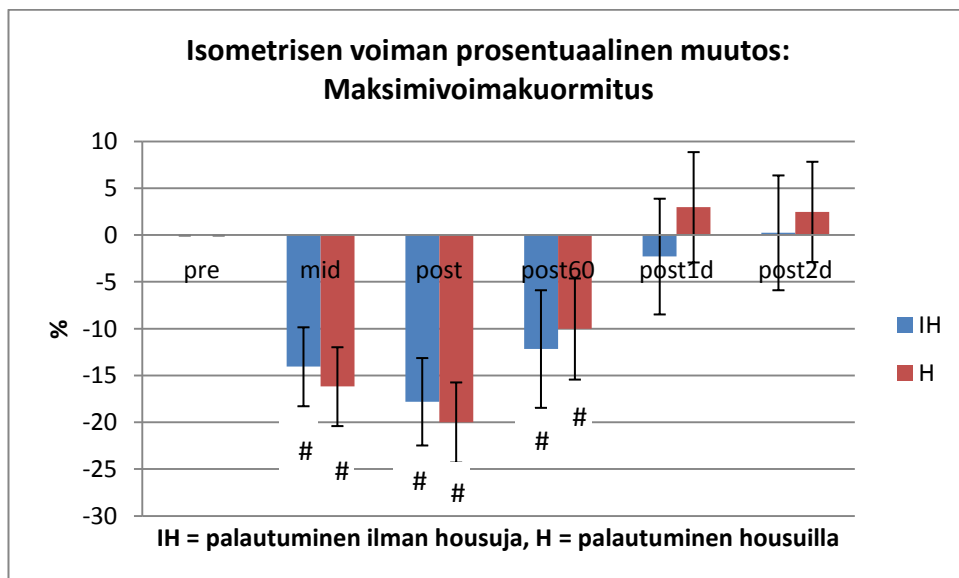
Taulukossa 1. on esitetty isometrisen voimantuoton muutokset hypertrofisen kuormituksen, maksimivoima- ja nopeusvoimakuormituksen aikana ja jälkeen. Lähtötilanteessa (pre), kuormituksen puolella välissä (mid), heti kuormituksen jälkeen (post) ja 60 minuuttia kuormituksen jälkeen (post 60) ei ryhmien välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (kompresio vs. kontrolli). Hypertrofisen kuormituksen jälkeen mittapisteissä mid, post, post 60, post 1d ja post 2d voimantuotto oli merkitsevästi pienempää verrattuna lepotasoon, kun palautumisen aikana ei käytetty kompressiohousuja ($p < 0.05$). Kompresiohousuja käytettäessä voimantuotto oli palautunut lepotasolle (post 1d ja 2d), mutta mid, post, ja post 60 mittapisteissä voimantuotto oli lepotasoon nähden alentunut ($p < 0.05$). 24 tuntia hypertrofisen kuormituksen jälkeen housuja käyttäneen ryhmän voimantuotto oli palautunut 4.4 % enemmän kuin kontrolliryhmällä ($P = 0.034$) ja 48 tuntia kuormituksen jälkeen 7.4 % enemmän ($P = 0.012$) (kuva 9). Maksimivoimakuormituksen jälkeen voimantuoton palautuminen oli 5.3 % nopeampaa 24 h kuormituksen jälkeen ($p = 0.173$) ja 2.2 % nopeampaa 48 h kuormituksen jälkeen ($p = 0.214$) (kuva 10). Nopeusvoimakuormituksen jälkeen ryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja.

TAULUKKO 1. Isometrisen voimantuoton muutokset prosentteina lähtötilanteesta. NOP = nopeusvoimakuormitus, MAX = maksimivoimakuormitus, HYP = hypertrofinen kuormitus, IH = palautuminen ilman kompressiohousuja, H = palautuminen kompressiohousuilla. Tilastolliset merkitsevyydet löytyvät kuvista 9 ja 10.

%-muutos	pre	mid	post	post 60	post 1D	post 2D
NOP IH	0	-6.5	-9.9	-4.4	0.8	1.1
NOP H	0	-11.0	-11.4	-7.4	-0.5	-1.2
MAX IH	0	-14.1	-17.8	-12.2	-2.3	0.2
MAX H	0	-16.2	-20.0	-10.0	3.0	2.9
HYP IH	0	-17.7	-30.0	-17.2	-9.2	-8.4
HYP H	0	-16.4	-29.7	-15.1	-4.8	-1.0

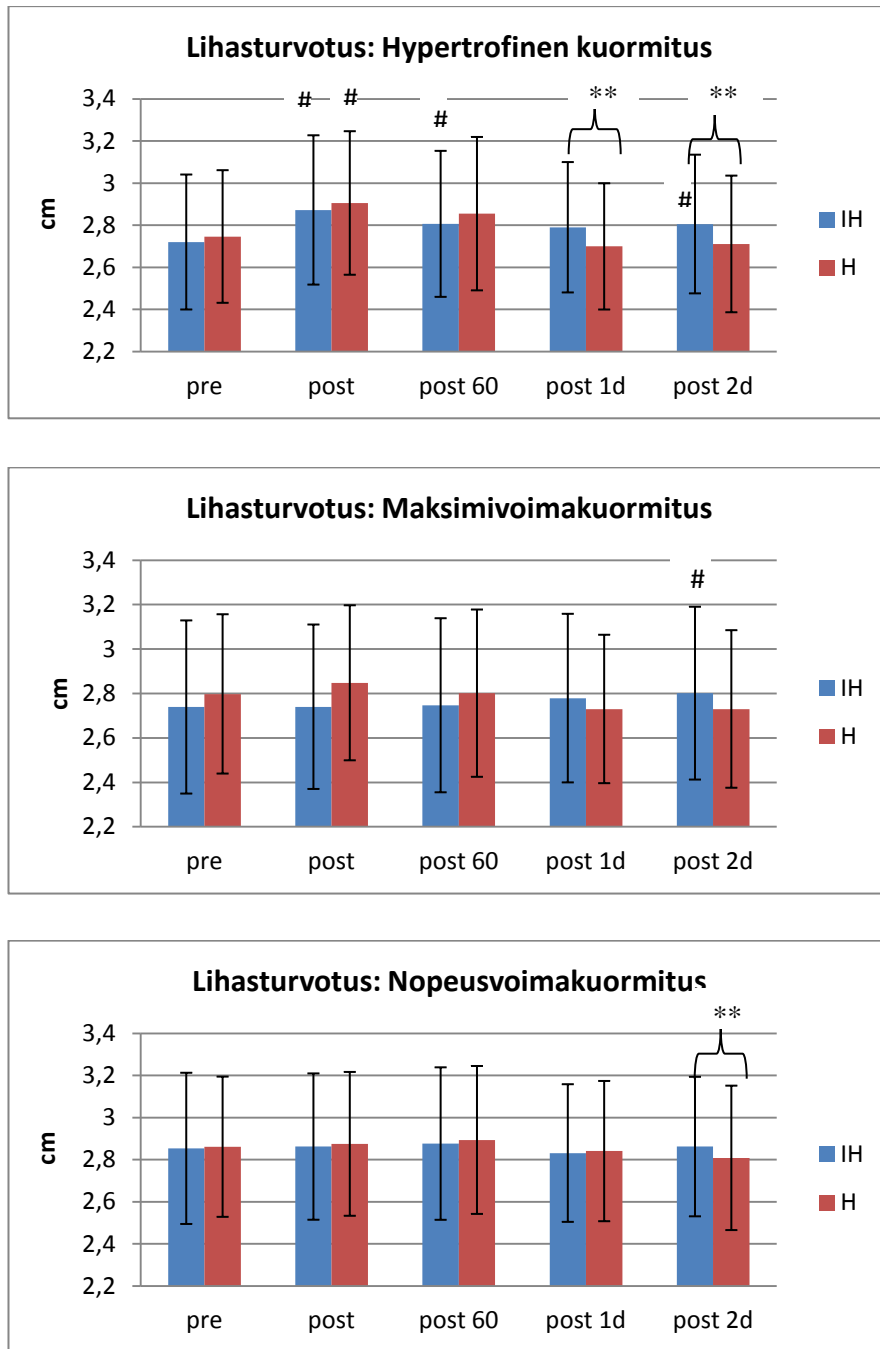


KUVA 9. Isometrisen voimantuoton prosentuaaliset muutokset hypertrofisen kuormituksen jälkeen. * = merkitsevä ero ryhmien välillä ($p < 0.05$). # = merkitsevä ero verrattuna lepotasoon ($p < 0.05$).



KUVA 10. Isometrisen voimantuoton prosentuaaliset muutokset maksimivoimakuormituksen jälkeen. # = merkitsevä ero verrattuna lepotasoon ($p < 0.05$).

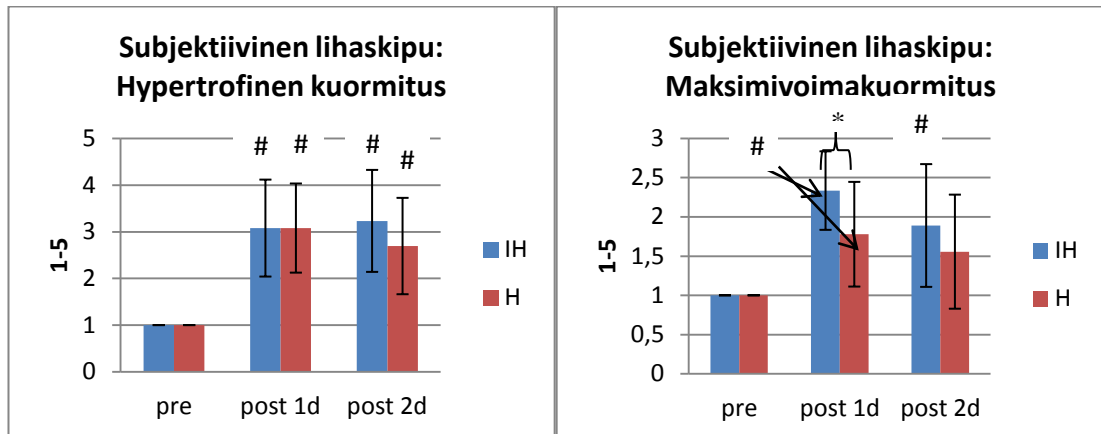
Lihasturvotusta mitattiin vastus lateralis -lihaksen paksuuden muutoksilla. 24 h hypertrofisen kuormituksen jälkeen ilman kompressiohousuja muutos lepoarvosta oli 2.72 cm → 2.79 cm ja kompressiohousuilla 2.75 cm → 2.70 cm. Muutosten välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ($p = 0.001$). 48 h kuormituksen jälkeen muutos oli 2.72 cm → 2.81 cm ja 2.75 cm → 2.71 cm ($p = 0.002$). 48 h maksimivoimakuormituksen jälkeen löytyi suuntaa antava ero tilanteiden välillä, kun kompressiohousuilla lihasturvotus oli 0.07 cm vähemmän ($p = 0.057$). Nopeusvoimakuormituksen jälkeen oli merkitsevä ero samassa tilanteessa ($p = 0.01$) vaikka lihasturvotuksessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää nousua välillä pre - post. Alla olevissa kuvaajissa on esitetty lihasturvotuksen muutokset ja tilastolliset merkitsevyydet (kuva 11).



KUVA 11. Vastus lateraliuksen paksuuden muutoksen (cm) eri kuormituskerroilla. ** $p < 0.01$. # = merkitsevä ero verrattuna lepotasoon ($p < 0.05$).

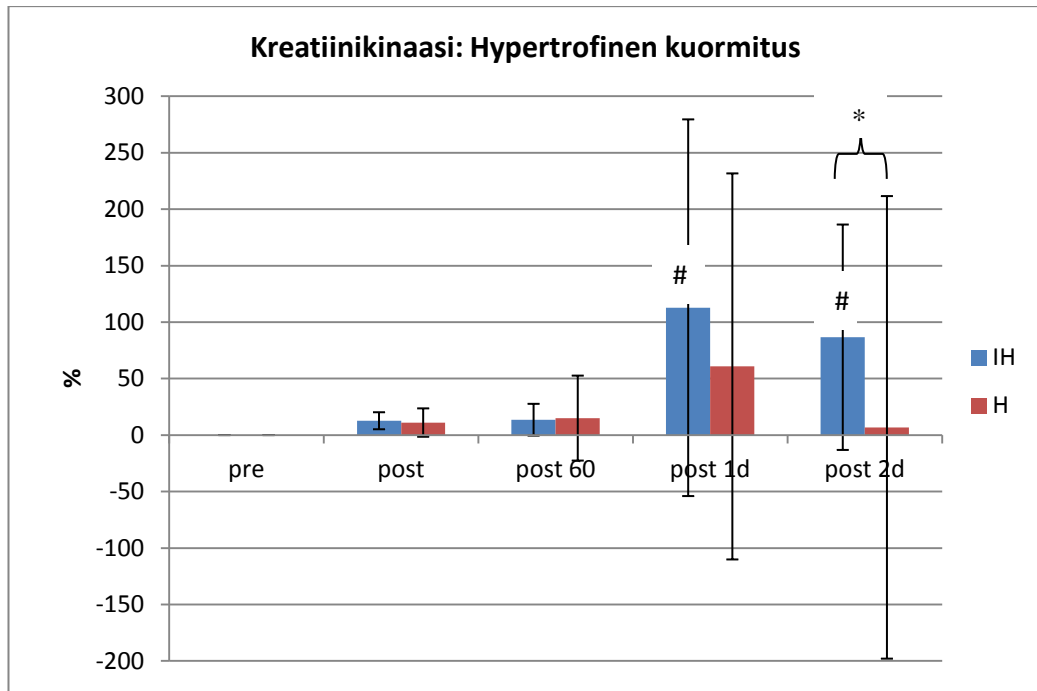
Lihaskipua arvioitiin asteikolla 1–5, jolloin koehenkilö arvio subjektiivisesti lihaskivun tunnetta. 1 tarkoitti, ettei ollut lihaskipua lainkaan, 5 tarkoitti todella kovaa lihaskipua. Maksimivoimakuormituksen jälkeen 24 h kompressiohousuilla palautunut ryhmä koki pienempää lihaskipua kuin kontrolliryhmä (2.33 vs. 1.78, $p = 0.013$), mutta 48 h kuormituksen jälkeen ero ei ollut enää tilastollisesti merkitsevä. Hypertrofisen

kuormituksen jälkeen 48 h tilanne oli (3.23 vs. 2.69, $p = 0.089$). Ero on tilastollisesti suuntaa antava. 24 h hypertrofisen kuormituksen jälkeen lihaskivun tunne oli ryhmillä sama. (kuva 12.) Nopeusvoimakuormituksen jälkeen ryhmien välillä ei ollut eroja.



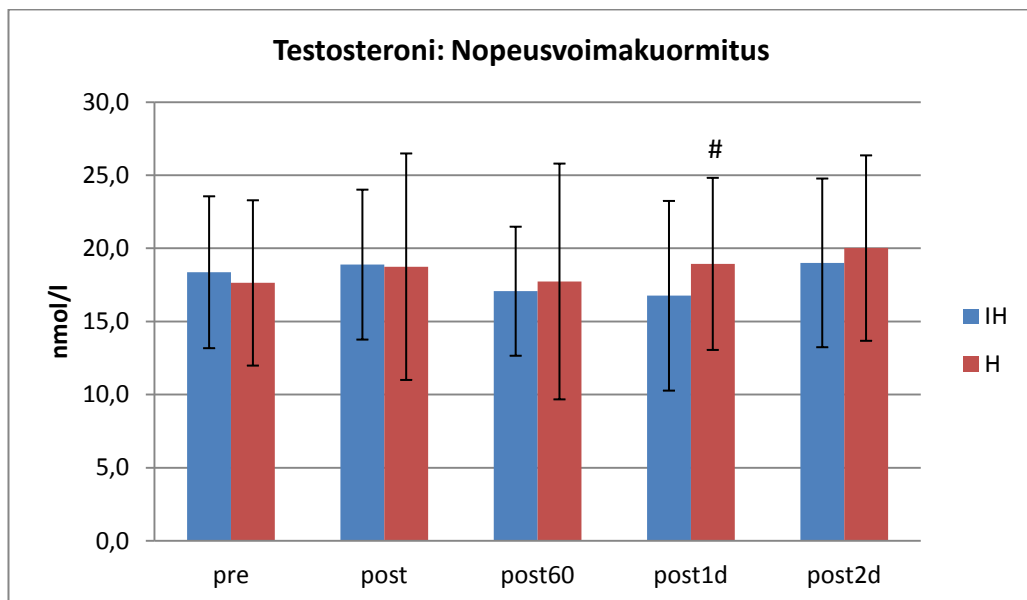
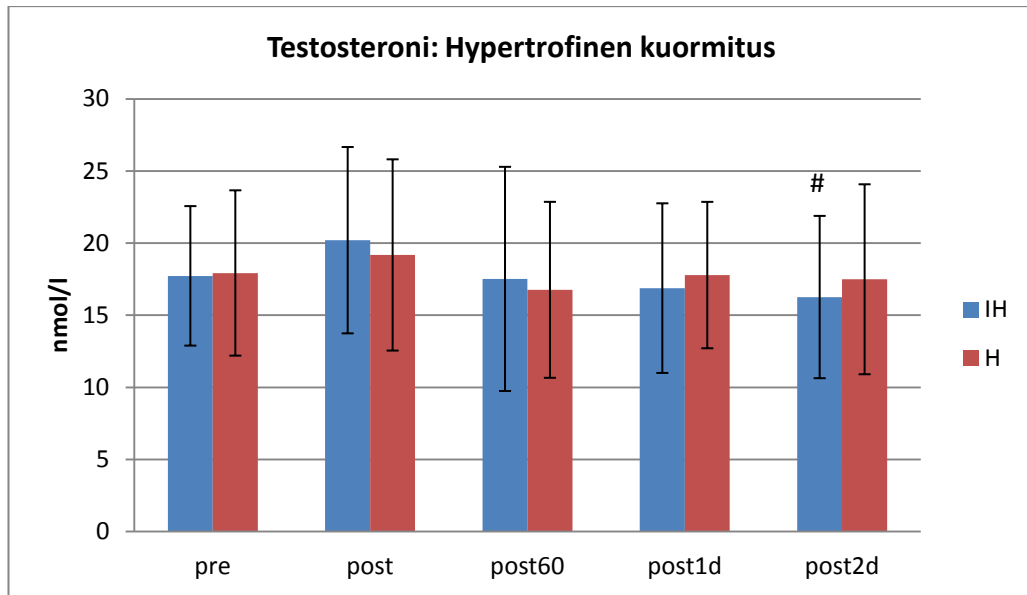
KUVA 12. Subjektiiivisen lihaskivun muutokset hypertrofisen kuormituksen ja maksimivoimakuormituksen aikana. IH = palautuminen ilman kompressiohousuja, H = palautuminen kompressiohousuilla. * = merkitsevä ero ryhmien välillä ($p=0.013$). # = merkitsevä ero verrattuna lepotasoon ($p<0.05$).

Kreatiinikinaasipitoisuuksissa ainoastaan hypertrofisen kuormituksen jälkeen tapahtui tilastollisesti merkitsevä nousu lepotasoon nähden. 60 minuuttia kuormituksen jälkeen kreatiinikinaasipitoisuudet olivat yhtä suuret ryhmien välillä, mutta 24 h kuormituksen jälkeen kompressiohousuja käyttäneellä ryhmällä kreatiinikinaasipitoisuus oli 52.0 % pienempi ($p = 0.285$) ja 48 h kuormituksen jälkeen 79.8 % pienempi ($p = 0.074$) verrattuna palautumiseen ilman kompressiohousuja. Ilman kompressiohousuja palauduttaessa 24 h ja 48 h kuormituksen jälkeen kreatiinikinaasipitoisuus oli merkitsevästi suurempi lepotasoon nähden ($p<0.05$), mutta kompressiohousuilla ei. (kuva 13.)



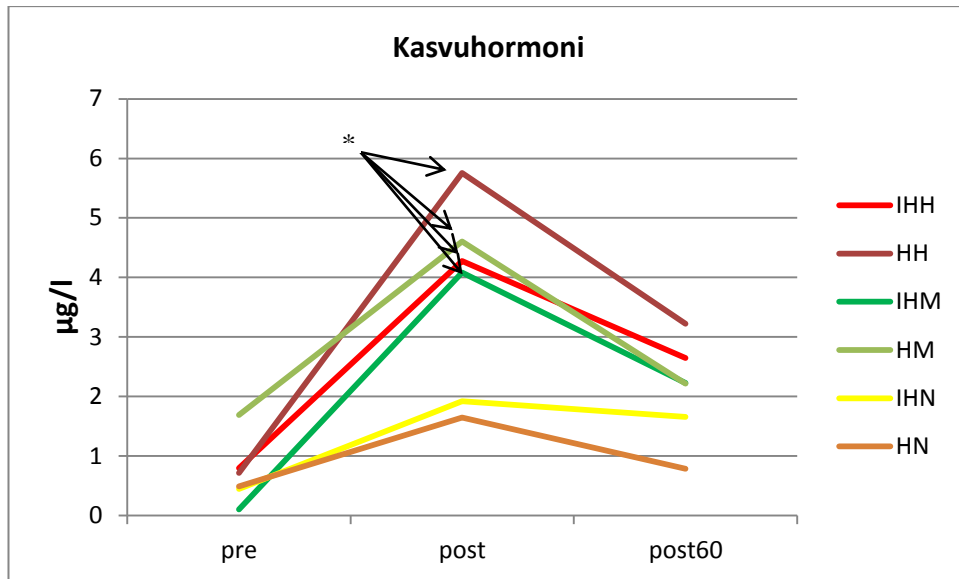
KUVA 13. Kreatiinikinaasipitoisuuksien muutokset prosentteina lepotasoon verrattuna hypertrofisessa kuormituksessa.* $p = 0.074$, # = merkitsevä ero lepotasoon verrattuna ($p < 0.05$).

Testosteronipitoisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä. Kuitenkin hypertrofisen kuormituksen jälkeen 48 h ainoastaan palaututtaessa ilman kompressiohousuja testosteronipitoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi alentunut lepotasoon nähden ($p < 0.05$). Vastaavasti nopeusvoimakuormituksen jälkeen ainoastaan kompressiohousuilla palaututtaessa testosteronipitoisuus oli koholla lepotasoon nähden 24 h kuormituksen jälkeen ($p < 0.05$). (kuva 14.)



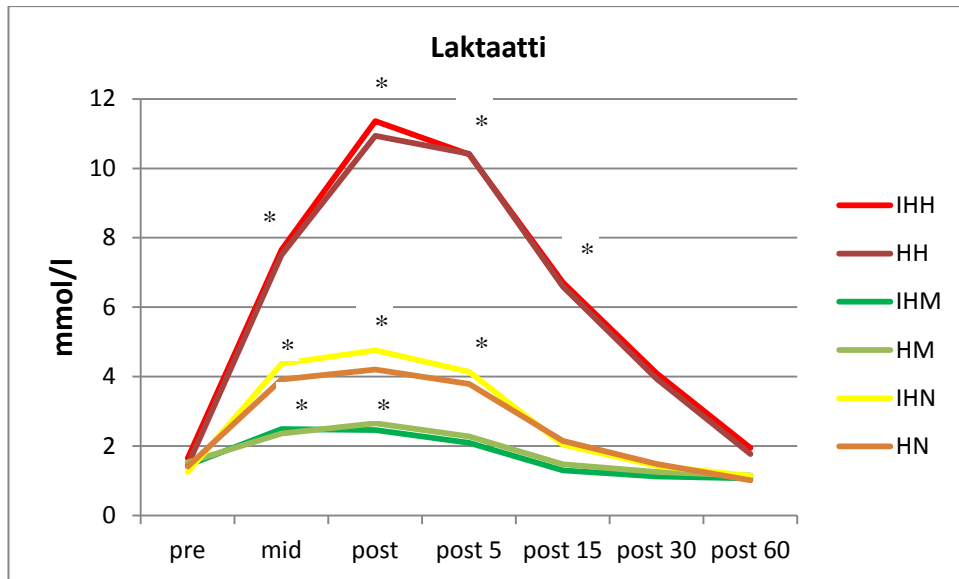
KUVA 14. Testosteronipitoisuuksien muutokset hypertrofisen kuormituksen ja nopeusvoimakuormituksen aikana. # = merkitsevä ero verrattuna lepotasoon ($p < 0.05$).

Kasvuhormonia mitattiin vain ennen kuormitusta, heti kuormituksen jälkeen ja 60 minuuttia kuormituksen jälkeen. Hypertrofisen ja maksimivoimakuormituksen jälkeen nähtiin tilastollisesti merkitsevä nousu ($p < 0.05$) pre-tilanteesta post-tilanteeseen, mutta ryhmien välillä ei ollut eroja (kuva 15).



KUVA 15. Kasvuhormonipitoisuuksien muutokset eri kuormituksissa. IHH = ilman housuja, hypertrofia, HH = housuilla, hypertrofia, IHM = ilman housuja, maksimivoima, HM = housuilla, maksimivoima, IHN = ilman housuja, nopeusvoima, HN = housuilla, nopeusvoima. * = merkitsevä ero lepotasoon nähden ($p < 0.05$).

Laktaattipitoisuuksissa ei esiintynyt merkitseviä eroja ryhmien välillä minkään kuormituksen aikana. Korkeimmat maksimilaktaatit olivat hypertrofisen kuormituksen aikana ja pienimmät maksimivoimakuormituksen aikana. Veren laktaattipitoisuus oli merkitsevästi suurempi lähtötasoon nähden mittapisteissä mid, post, post 5, post 15 hypertrofisen kuormituksen jälkeen, mid ja post maksimivoimakuormituksen jälkeen ja mid, post, post 5 nopeusvoimakuormituksen jälkeen ($p < 0.05$). Kaikissa tilanteissa 60 minuuttia kuormituksen jälkeen, laktaatti oli laskenut lepotasolle. (kuva 16.)



KUVA 16. Veren laktaattipitoisuuksien muutokset eri kuormituksissa. IHH = ilman housuja, hypertrofia, HH = housuilla, hypertrofia, IHM = ilman housuja, maksimivoima, HM = housuilla, maksimivoima, IHN = ilman housuja, nopeusvoima, HN = housuilla, nopeusvoima. * = merkitsevä ero lepotasoon verrattuna ($p < 0.05$).

8 POHDINTA

Alaraajojen isometrisen voiman muutoksia mitattiin sekä kuormituksen aikana että 48 h kuormituksen jälkeen. Samoin kuin laktaatti- ja kasvuhormoni-arvoissa ei ryhmien välillä ollut eroja isometrisessä voimantuotossa mittapisteessä post60 tai sitä ennen. Tämä tukee edellä mainittua havaintoa, että palautuminen on alkanut samankaltaisesta tilanteesta. Myös isometrisen voimantuoton lasku prosentteina lähtötasosta käyttäytyy oletetunlaisesti eri kuormitusmallien välillä. Hypertrofinen kuormitus aiheutti n. 30 % laskun voimantuotossa, maksimivoimakuormitus n. 20 % laskun ja nopeusvoimakuormitus n. 10 % laskun. 24 h hypertrofisen kuormituksen jälkeen voimantuotto oli palautunut kompressiohousuja käyttäneellä ryhmällä 4.4 % enemmän kuin kontrolliryhmällä ($P=0.034$) ja 48 tuntia kuormituksen jälkeen 7.4 % enemmän ($P=0.012$). Tämä nopeampi voimantuoton palautuminen on todennäköisesti seurausta lisääntyneestä veren virtauksesta jaloissa ja sitä kautta tehostuneemmasta metaboliittien huuhtomisesta ja nopeammasta lihasvaurioiden korjaamisesta tai nopeammasta hermostollisten tekijöiden palautumisesta, jotka ovat yhteydessä lihaskipuun. Mekanismi ei ole kuitenkaan vielä täysin selvillä ja lisätutkimusta kaivataan todellisista muutoksista veren virtauksessa palautumisen aikana. (Hill ym. 2014.) Myös maksimivoimakuormituksen jälkeen palautuminen oli samansuuntaista, mutta ei tilastollisesti merkitsevää. Maksimivoimakuormitus ei aiheuta yhtä suurta voimantuoton laskua kuin hypertrofinen kuormitus, joka saattaa vaikuttaa näin pienellä koehenkilöjoukolla tilastolliseen analyysiin. Myöskään nopeusvoimakuormituksen jälkeen ryhmien välillä ei ollut eroja, kun voimantuotto laski vain n. 10 % lähtötasosta.

Lihasturvotusta mitattiin vastus lateraloksen paksuuden muutoksilla ja oletuksena oli, että ryhmien välillä ei ole eroja 60 minuuttia kuormituksen jälkeen ja ennen sitä mitatuissa arvoissa. Maksimivoimakuormituksessa kaikissa pre, post, post60 mittapisteissä oli ei-merkitseviä eroja ryhmien välillä niin, että turvotus oli hieman suurempaa ryhmällä, joka puki myöhemmin kompressiohousut jalkaan. Tämä vaikeuttaa palautumispäivien välisten erojen vertailua. On vaikea todeta mistä kyseinen ero johtuu, koska missään muissa muuttujissa ei näy eroja maksimivoimakuormitusten

välillä. Pienellä koehenkilöjoukolla ero saattaa olla vielä sattumaa, eikä ero ole kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Muissa kuormitusmalleissa turvotus oli yhtä suurta ryhmien välillä. Palautumispäivien aikana merkitseviä eroja löytyi molempina päivinä hypertrofisen kuormituksen jälkeen ($p < 0.01$) ja toisena päivänä nopeusvoimakuormituksen jälkeen ($p < 0.01$) niin, että kompressiohousuja käyttäneellä ryhmällä turvotus oli pienempää. Tämä tulos on odotettu ja aiemmissa tutkimuksissa on saatu samanlaisia tuloksia (Kraemer ym. 2010, Born ym. 2013). Kompressiohousun aiheuttama ulkoinen paine vähentää soluvälitilaan kertyvän nesteiden määrää, joka näkyy pienempänä turvotuksena (Born ym. 2013). Mielenkiintoista on pienempi turvotus nopeusvoimakuormituksen jälkeen, vaikka kuormitus ei aiheuttanut turvotusta lepotasoon nähden kummallakaan ryhmällä. Näyttää siltä, että kompressiohousut II-luokan paineilla vähentävät turvotusta myös lepotilanteessa ilman kuormitusta, joka aiheuttaisi lisääntyneitä turvotusta. Pelkkä vähentynyt turvotus ei välttämättä paranna palautumista itsessään, mutta muutokset ovat samansuuntaisia voimantuoton muutosten kanssa. Ulkoinen paine ja vähentynyt turvotus voi lisätä veren virtausta, joka myöhemmin on yhteydessä myös voimantuoton palautumiseen, joka on olennaista lähes kaikkiin urheilusuorituksiin.

Tulokset subjektiivisesta lihaskivusta tukevat edellä mainittuja voimantuotto- ja turvotustuloksia. Koehenkilöt kokivat pienempää lihaskipua 24 h maksimivoimakuormituksen jälkeen ($p = 0.013$) ja 48 h hypertrofisen kuormituksen jälkeen ($p = 0.089$) käyttäessään kompressiohousuja palautumisen aikana. Ensimmäinen on tilastollisesti merkitsevä ja toinenkin melkein merkitsevä. Syy siihen, että 48 h maksimivoimakuormituksen jälkeen ryhmien välillä ei ollut enää eroja, saattaa johtua siitä, että kuormituksesta oli jo palaututtu lähelle lepotasoa. Hypertrofisen kuormituksen jälkeen tunne lihaskivusta oli yhtä suuri molemmilla ryhmillä 24 h kuormituksen jälkeen, mutta 48 h kuormituksen jälkeen kompressiohousuja käyttäneellä ryhmällä se oli vähentynyt ja kontrolliryhmällä se oli edelleen noussut. On hyvin tyypillistä, että lihaskipu (DOMS) on suurimmillaan vasta 2 vrk hypertrofisen harjoituksen jälkeen (Cheung ym. 2003). Lihaskipu on seurausta lihaksissa olevasta tulehdustilasta, joka lisää kudoksen osmoottista painetta. Osmoottisen paineen nousu herkentää nosiseptoreita, joka aistitaan lisääntyneenä kipuna. Ulkoinen kompressio saattaa vähentää tätä osmoottista painetta ja vaikuttaa näin lihaskivun tunteeseen (Hill ym. 2014). Kompressiohousujen vaikutukseen pienemmästä lihaskivusta saattaa

vaikuttaa myös pienempi turvotus, joka mielletään yleensä epämiellyttäväksi. Olisi mielenkiintoista tutkia koehenkilöiden tunnetta turvotuksesta sekä kuormituksen jälkeen että myös pelkässä lepotilanteessa. Tuloksiin saattaa vaikuttaa myös placebo-efekti, sillä koehenkilöt tiesivät milloin heillä oli käytössä kompressiohousut ja milloin ei. Parempi tapa olisi pukea koehenkilöille kompressiohousuja muistuttavat housut ilman oikeita paineita jalkaan, jolloin heillä ei olisi tietoa palautumismallista. Kuitenkin kompressiohoidon yksi tärkeä osa urheilumaailmassa on subjektiivinen tunne mekanismin toimivuudesta vaikka tieteelliset näytöt olisivatkin ristiriitaisia. Usko tehokkaampaan palautumiseen saattaa jo sinällään vaikuttaa harjoittelumotivaatioon tai viimeiseen asti yrittämiseen kilpailutilanteessa.

Lihasvauriota mitattiin veren kreatiinikinaasipitoisuuksien muutoksilla, joka on todettu yksinkertaiseksi ja selkeäksi tavaksi mitata esim. voimaharjoituksen aiheuttamaa lihasvaurion määrää. (Brancaccio ym. 2010, Brancaccio ym. 2007, Kasper ym. 2002, Sikorski ym. 2013.) Tulokset olivat kuormitusmallien välillä odotetunlaiset, kun ainoastaan hypertrofinen kuormitus aiheutti selkeän nousun kreatiinikinaasipitoisuudessa lepotasoon nähden. Ryhmien välillä oli suuntaa-antava ero lihasvaurion määrässä hypertrofisen kuormituksen jälkeen. Kompressiohousuja käyttäneellä ryhmällä lihasvaurion määrä oli lähes merkitsevästi pienempää sekä 24 h ($p=0.285$) että 48 h ($p=0.074$) kuormituksen jälkeen. Ryhmien sisällä vaihtelu oli suurta, sillä yksilöllisiä eroja oli paljon. Suuriin yksilöiden välisiin eroihin vaikuttaa todennäköisesti erot harjoittelutaustoissa. On otettava myös huomioon, että seerumista mitattuihin kreatiinikinaasipitoisuuksiin vaikuttaa sekä kreatiinikinaasin vähentynyt erityyppinen verenkiertoon että sen nopeampi huuhtominen verenkierrosta (Kraemer ym. 2010). Myös kompressiohoidon vaikutuksia lihasvaurion nopeampaan paranemiseen olisi tärkeä tutkia muilla muuttujilla sekä isommalla koehenkilömäärällä. Vielä ei voida sanoa, että kompressiohoito yksin selittää pienemmän lihasvaurion koehenkilöillä.

Seerumin testosteronipitoisuuksia mitattiin sekä kuormituksen aikana että palautumisen aikana. Hypertrofisen kuormituksen jälkeen 48 h testosteronipitoisuus oli lepotasoon nähden 8.3 % alentunut, kun palautumisen aikana ei käytetty kompressiohousuja ($p<0.05$). Kompressiohousuja käytettäessä merkitsevää eroa lepotasoon ei ollut. Tämä alentunut testosteronipitoisuus saattaa osaltaan kertoa tilasta, jolloin elimistö ei ole vielä palautunut lepotasolle. Vastaavanlaisia tuloksia alentuneista testosteronipitoisuuksista saivat Häkkinen & Pakarinen (1993) raskaan hypertrofisen kuormituksen jälkeen. Liian

suuria johtopäätöksiä ei voida vetää kompressiohousujen vaikutuksesta testosteronipitoisuuksien palautumiseen, mutta muutos on linjassa muiden palautumista mittaavien muuttujien kanssa. 24 h nopeusvoimakuormituksen jälkeen testosteronipitoisuus oli 7,4 % kohollaan verrattuna lepotasoon ($p < 0.05$) kun käytettiin kompressiohousuja. On vaikea selittää, mistä tämä ero johtuu sillä aikaisempaa tutkimustietoa kompressiovaatteiden vaikutuksista hormonipitoisuuksien muutoksiin levossa ei ole. Muutokseen saattaa vaikuttaa koehenkilöiden mittausten välissä harrastama liikunta, ravinto ja lepo, joita ei täysin voida vakioida.

Veren laktaatti- ja kasvuhormonipitoisuuksia mitattiin kuvaamaan eri kuormituskertojen luonnetta. Tavoitteena oli, että palautuminen alkaisi 60 minuuttia kuormituksen jälkeen samanlaisesta tilanteesta sekä käytettäessä kompressiohousuja että palaututtaessa ilman housuja. Sekä laktaatti- että kasvuhormonipitoisuudet osoittivat, että kuormitukset ovat olleet molemmilla kerroilla yhtä kuormittavia. Yhdessäkin tilanteessa ei ollut eroja ryhmien välillä. Myös kuormitusten jälkeiset kasvuhormoni- ja laktaattivasteet ovat aikaisempaa tutkimustietoa tukevia (Linnamo ym. 2005). Kasvuhormonin erityis tapahtuu sykäyksittäin vuorokauden aikana, joka näkyy tuloksissa, kun mittapisteitä oli vain kolme. Kuitenkin kuormituksen jälkeen näkyy selvä kasvuhormonivaste ja palautuminen lähes lepotasolle 60 minuuttia kuormituksen jälkeen. Suurimman kasvuhormonivasteen aiheuttaa hypertrofinen kuormitus ja pienimmän nopeusvoimakuormitus. Suurimmat laktaattiarvot nähtiin hypertrofisen kuormituksen jälkeen ja pienimmät maksimivoimakuormituksen jälkeen, niin kuin oletettiin. Näillä muuttujilla voidaan olettaa, että palautuminen on alkanut aina samankaltaisesta tilanteesta ja palautumispäivien mittauksista voidaan päätellä kompressiohousujen mahdollisia hyötyjä.

Tutkimuksen tuloksista voidaan päätellä, että kaikki kuormitukset olivat luonteeltaan sellaisia kuin ennalta odotettiin. Palautuminen alkoi 60 minuuttia kuormituksen jälkeen näillä muuttujilla aina samankaltaisesta tilanteesta kun vertailtaan kahta ryhmää kompressio vs. kontrolli. Voidaan siis olettaa, että kompressiohousuilla on palautumista nopeuttava vaikutus etenkin raskaan hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. Näyttää siltä, että mitä raskaampi kuormitus on, sitä enemmän kompressiohoito vaikuttaa. Kompressiohousut tässä tilanteessa nopeuttavat isometrisen voimantuoton ja lihasvaurion palautumista, vähentävät lihasten turvotusta ja vähentävät subjektiivista lihaskivun tunnetta. Mekanismit ilmiöiden takana ovat kuitenkin vielä epäselviä.

Housuja käytettiin kuitenkin yhtäjaksoisesti 48 h kuormituksen jälkeen, joka ei ole käytännössä juurikaan mahdollista. Jatkotutkimusta kaivataan kompressiohoitoon käytetyn ajan ja palautumisen suhteesta. Kuinka paljon hyödyttää 2 h housujen pitäminen harjoituksen jälkeen? Aikaisemmissa tutkimuksissa on vaihtelevia tuloksia kompressiohoidon hyödyistä, mutta usein kun käytössä olleet paineet on tiedossa, hyötyjä on löytynyt (Hill ym. 2014). Tässä tutkimuksessa käytössä oli mittatilaustyönä tehdyt kompressiohousut. Oikeiden paineiden luominen raajojen eri osiin on lähtökohta kompressiohoidon toteutumiselle. Vääränlaiset kompressiovaatteet saattavat jopa vähentää veren virtausta ja hidastaa palautumista. Kompressiovaatteiden tekeminen mittatilaustyönä on hyvä tapa varmistaa kompressiohoidon onnistuminen.

Käytännön sovellutukset. Optimaalinen palautuminen harjoituksesta tai kilpailusuorituksesta on tärkeä osa urheilua. Näyttää siltä, että kompressiohousuilla on palautumista nopeuttavia vaikutuksia, joten varsinkin huippu-urheilussa, jossa erot ovat pieniä, kompressiohousut ovat hyvä lisä palautumisen tehostamiseen. Kompressiohoitoa voidaan suositella kaikkiin lajeihin, jotka aiheuttavat voimantuoton heikkenemistä, lihasvaurioita, lihasturvotusta ja lihaskipua, joko harjoituskaudella tai kilpailukaudella.

LÄHTEET

- Agu O., Baker, D., Seifalian, A.M. 2004. Effect of graduated compression stockings on limb oxygenation and venous function during exercise in patients with venous insufficiency. *Vascular*. Jan;12(1):69-76.
- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Kraemer, W.J., Häkkinen, K. 2003. Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. *Int J Sports Med*. Aug;24(6):410-8.
- Berry, M.J, McMurray, R.G. Effects of graduated compression stockings on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. 1987. *American Journal of Physical Medicine*. 66(3):121-132.
- Bochmann, R.P., Seibel, W., Haase, E., Hietschold, V., Rödel, H. & Deussen, A. 2005. External compression increases forearm perfusion. *Journal of Applied Physiology*. 99: 2337–2344, 2005.
- Born, D.P., Sperlich, B., Holmberg, H.C. 2013. Bringing light into the dark: effects of compression clothing on performance and recovery. *Int J Sports Physiol Perform*. Jan;8(1):4-18.
- Brancaccio, P., Lippi, G., Maffulli, N. 2010. Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med*. Jun;48(6):757-67.
- Brancaccio, P., Maffulli, N., Limongelli, F.M. 2007. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull*. 2007;81-82:209-30.
- Bringard, A., Perrey, S., Belluye, N. 2006. Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise--positive effects of wearing compression tights. *Int J Sports Med*. May;27(5):373-8.
- Bringard, A., Denis, R., Belluye, N., Perrey, S. 2006. Effects of compression tights on calf muscle oxygenation and venous pooling during quiet resting in supine and standing positions. *J Sports Med Phys Fitness*. 2006 Dec;46(4):548-54.
- Chatard, J.C., Atlaoui, D., Farjanel, J., Louisy, F., Rastel, D., Gue'zennec, C.Y. 2004. Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen. *European Journal of Applied Physiology*. 93: 347–352.

- Cheung, K., Hume, P., Maxwell, L. 2003. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Med.* 2003;33(2):145-64.
- Coza, A., Dunn, J.F., Anderson, B., Nigg, B.M. 2012. Effects of compression on muscle tissue oxygenation at the onset of exercise. *J Strength Cond Res.* Jun;26(6):1631-7
- Davies, V., Thompson, K.G., Cooper, S.M. 2009. The effects of compression garments on recovery. *J Strength Cond Res.* Sep;23(6):1786-94.
- Figueiredo, M., Figueiredo, M.F., Penha-Silva, N. 2011. Effect of elastic stockings on biomarkers levels of muscle soreness in volleyball players after exercise. *J Vasc Bras.*;10(4):289-292.
- Fu, W., Liu, Y., Fang, Y. 2013. Research advancements in humanoid compression garments in sports. *Int J Adv Robotic Sy*, Vol. 10, 66:2013
- Goto, K., Shioda, K., Uchida, S. 2013. Effect of 2 days of intensive resistance training on appetite-related hormone and anabolic hormone responses. *Clin Physiol Funct Imaging* 33, 131-136.
- Hamlin, M.J., Mitchell, C.J., Ward, F.D., Draper, N., Shearman, J.P., Kimber, N.E. 2012. Effect of compression garments on short-term recovery of repeated sprint and 3-km running performance in rugby union players. *J Strength Cond Res.* Nov;26(11):2975-82.
- Hill, J., Howatson, G., van Someren, K., Leeder, J., Pedlar, C. 2014. Compression garments and recovery from exercise-induced muscle damage: a meta-analysis. *Br J Sports Med.* Sep;48(18):1340-6.
- Hoffman, J. 2002. *Physiological aspects of sport training and performance.* Human Kinetics Publishers, Inc. USA.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A. 1993. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *J Appl Physiol.* Feb;74(2):882-7.
- Jakeman, J.R., Byrne, C., Eston, R.G. 2010. Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *Eur J Appl Physiol.* Aug;109(6):1137-44.
- Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Jürimäe, T. 2004. Changes in stress and recovery after heavy training in rowers. *J Sci Med Sport* 7:3:334-339.
- Kasper, C.E., Talbot, L.A., Gaines, J.M. 2002. Skeletal muscle damage and recovery. *AACN Clin Issues.* 2002 May;13(2):237-47.

- Kemmler, W., von Stengel, S., Köckritz, C., Mayhew, J., Wassermann, A., Zapf, J. 2009. Effect of compression stockings on running performance in men runners. *J Strength Cond Res.* Jan;23(1):101-5.
- Kraemer, W.J., Flanagan, S.D., Comstock, B.A., Fragala, M.S., Earp, J.E., Dunn-Lewis, C., Ho, J.Y., Thomas, G.A., Solomon-Hill, G., Penwell, Z.R., Powell, M.D., Wolf, M.R., Volek, J.S., Denegar, C.R., Maresh, C.M. 2010. Effects of a whole body compression garment on markers of recovery after a heavy resistance workout in men and women. *J Strength Cond Res.* Mar;24(3):804-14.
- Kraemer, W.J., French, D.N., Spiering, B.A. 2004. Compression in the treatment of acute muscle injuries in sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*; 5(3):200-208.
- Kraemer, W.J., Bush, J.A., Wickham, R.B., Denegar, C.R., Gómez, A.L., Gotshalk, L.A., Duncan, N.D., Volek, J.S., Putukian, M., Sebastianelli, W.J. 2001. Influence of compression therapy on symptoms following soft tissue injury from maximal eccentric exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* Jun;31(6):282-90.
- Kraemer, W.J., Volek, J.S., Bush, J.A., Gotshalk, L.A., Wagner, P.R., Gómez, A.L., Zatsiorsky, V.M., Duarte, M., Ratamess, N.A., Mazzetti, S.A., Selle, B.J. 2000. Influence of compression hosiery on physiological responses to standing fatigue in women. *Med Sci Sports Exerc.* Nov;32(11):1849-58.
- Kraemer, W.J., Rogol, A.D. 2005. *The endocrine system in sports and exercise.* Blackwell Publishing Ltd. Malden, USA.
- Lawrence, D., Kakkar, V.V. 1980. Graduated, static, external compression of the lower limb: a physiological assessment. *Br J Surg.* Feb;67(2):119-21.
- Linnamo, V., Pakarinen, A., Komi, P.V., Kraemer, W.J., Häkkinen, K. 2005. Acute hormonal responses to submaximal and maximal heavy resistance and explosive exercises in men and women. *J Strength Cond Res.* Aug;19(3):566-71.
- Lovell, D.I., Mason, D.G., Delphinus, E.M., McLellan, C.P. 2011. Do compression garments enhance the active recovery process after high-intensity running? *J Strength Cond Res.* Dec;25(12):3264-8.
- MacRae, B.A., Cotter, J.D. & Laing, R.M. 2011. Compression Garments and Exercise, Garment Considerations, Physiology and Performance. *Sports Medicine*; 41 (10): 815-843.

- Metsäranta, L. 2012. Kompressioasujen vaikutukset anaerobiseen suorituskäyttöön, nopeuteen, tasapainoon ja laktaatin poistumiseen sm-liigatason jääkiekkoilijoilla. Jyväskylän yliopisto, kandidaatin tutkielma.
- Miyamoto, N., Hirata, K., Mitsukawa, N., Yanai, T., Kawakami, Y. 2011. Effect of pressure intensity of graduated elastic compression stocking on muscle fatigue following calf-raise exercise. *J Electromyogr Kinesiol.* Apr;21(2):249-54.
- Morgan, C.A., Wang, S., Mason, J., Southwick, S.M., Fox, P., Hazlett, G., Charney, D.S., Greenfield, G. 2000. Hormone profiles in humans experiencing military survival training. *Biol Psychiatry* 2000;47:891-901.
- Murthy, G., Ballard, R.E., Breit, G.A., Watenpugh, D.E., Hargens, A.R. 1994. Intramuscular pressures beneath elastic and inelastic leggings. *Ann Vasc Surg.* Nov;8(6):543-8.
- O'Meara, S., Cullum, N.A., Nelson, E.A. 2009. Compression for venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009 Jan 21;(1).
- Perrey, S. 2008. Compression garments: Evidence for their physiological effects. *The Engineering of Sport* 7, 319-328.
- Raastad, T., Bjoro, T., Hallen, J. 2000. Hormonal responses to high- and moderate-intensity strength exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 82: 121-128
- Rimaud, D., Messonnier, L., Castells, J., Devillard, X., Calmels, P. 2010. Effects of compression stockings during exercise and recovery on blood lactate kinetics. *Eur J Appl Physiol.* Sep;110(2):425-33.
- Scanlan, A.T., Dascombe, B.J., Reaburn, P.R.J. & Osborne, M. 2008. The Effects of Wearing Lower-Body Compression Garments During Endurance Cycling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 424-438.
- Sikorski, E.M., Wilson, J.M., Lowery, R.P., Joy, J.M., Laurant, C.M., Wilson, S., Hesson, D., Naimo, M.A., Averbuch, B., Gilchrist, P. 2013. Changes in Perceived Recovery Status Scale Following High Volume, Muscle Damaging Resistance Exercise. *J Strength Cond Res*, Jan 2.
- Stanton, J.R., Freis, E.D., Wilkins R.W. 1949. The acceleration of linear flow in the deep veins of the lower extremity of man by local compression. *Journal of Clinical Investigation*; 28 (3): 553-8.
- Walker, S., Davis, L., Avela, J., Häkkinen, K. 2012. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *J Electromyogr Kinesiol.* Jun;22(3):356-62.

<http://blog.fitnessstown.ca/2010/12/28/what-are-the-benefits-of-wearing-bsc-compression-clothing-while-training/>