

**KORKEAINTENSITEETTISEN JA KORKEAVOLYYMISEN
HERKISTELYN VAIKUTUKSET
KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN**

Janne Keinänen

VTE- Kandidaatin tutkielma

Kevät 2013

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Ohjaaja:

LitT. Juha Ahtiainen

TIIVISTELMÄ

Keinänen, Janne 2013. Korkeaintensiteettisen ja korkeavolyymisen herkistelyn vaikutukset kestävyysuorituskykyyn. Valmennus- ja testausoppi. Kandidaatin tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos, 52 s.

Herkistelyllä tarkoitetaan harjoittelun kuormittavuuden keventämistä. Harjoittelun kuormittavuutta voidaan keventää laskemalla harjoittelun intensiteettiä, volyymiä, frekvenssiä, tai useita näistä tekijöitä samanaikaisesti. Onnistuneen herkistelyn avulla pystytään optimoimaan urheilijan suorituskyky ennen tärkeää kilpailua. Tämän tutkimuksen päätarkoitus oli vertailla korkeaintensiteettisen ja korkeavolyymisen puolentoista viikon mittaisen herkistelyjakson vaikutuksia nuorten miesten kestävyysuorituskykyyn sekä jalkojen voimantuottoon. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin viiden viikon mittaisen, kuntopyörällä suoritetun, kestävyysharjoittelun vaikutuksia nuorten miesten kestävyysuorituskykyyn.

Koehenkilöt olivat liikunnallisesti aktiivisia Jyväskylän yliopiston opiskelijoita ja työntekijöitä (N=13). Tutkimusjakso sisälsi kahdet alkumittaukset, kahden viikon perusharjoittelukauden, kahden viikon ylikuormituskauden sekä puolentoista viikon herkistelykauden, jonka ajaksi koehenkilöt jaettiin kahteen ryhmään (I-ryhmä ja V-ryhmä). Koehenkilöt suorittivat suoran maksimihapenottokykytestin polkupyöräergometrillä, isometrisen maksimivoimetestin jalkadynamometrissä sekä staattisen kevennyshypyn molemmissa alkutesteissä sekä jokaisen harjoitusjakson jälkeen.

Korkean intensiteetin herkistelyryhmä (I-ryhmä) paransi herkistelyn seurauksena tilastollisesti merkitsevästi isometristä maksimivoimaansa (3372 N → 3657 N, $p < 0.05$) ja korkean volyymin ryhmä (V-ryhmä) puolestaan suoran testin maksimitehoa (331 W → 342 W, $p > 0.05$). Ryhmien väliltä ei kuitenkaan löydetty tilastollisesti merkitseviä eroja minkään mitatun muuttujan osalta. Koko ryhmää tarkasteltaessa, viiden viikon kestävyysharjoittelu paransi suoran testin maksimitehoa tilastollisesti erittäin merkitsevästi (288 W → 315, $p < 0.001$). Myös maksimihapenottokyky (42.8 ml/kg/min → 45.6 ml/kg/min, $p < 0.05$) ja isometrinen maksimivoima (3384 N → 3620 N, $p < 0.05$) kasvoivat sekä syke submaksimaalisella kuormalla laski tilastollisesti merkitsevästi (164 bpm → 158 bpm, $p < 0.05$) koko ryhmää tarkasteltaessa.

Johtopäätöksenä tuloksista voidaan sanoa, että viiden viikon kestävyysharjoittelu parantaa nuorten miesten kestävyysuorituskykyä merkittävästi. Liikunnallisesti aktiivinen nuori mies ei todennäköisesti saavuta ylikuormitustilaa tutkimusasetelman mukaisella ylikuormituskaudella. Kestävyysuorituskyvyn näkökulmasta ei ole väliä kummalla tässä tutkimuksessa käytetyllä herkistelyprotokollalla aktiiviliikkuja harjoittelee herkistelykaudellaan. Herkistelykauden käyttö on silti suotavaa, sillä sen avulla pystytään varmistumaan harjoittelun seurauksena mahdollisesti elimistöön kertyneen väsymyksen poistumisesta ja samalla vähintäänkin ylläpitämään kestävyysuorituskykyä.

Avainsanat: Herkistely, ylikuormitus, kestävyysharjoittelu, kestävyysuorituskyky

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	4
2 KESTÄVYYSSUORITUSKYKY JA KESTÄVYYSHARJOITTELU.....	5
2.1 Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavat tekijät.....	5
2.2 Kestävyysharjoittelu – vaikutukset kestävyysuorituskykyyn.....	9
3 YLIKUORMITUS JA YLIKUNTO	13
3.1 Ylikuormitus ja sen vaikutukset.....	13
3.2 Ylikunto	15
4 HERKISTELY	16
4.1 Herkistelyn kesto sekä harjoittelun rytmitys sen aikana.....	16
4.2 Herkistelyn vaikutukset.....	17
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESIT.....	19
5.1 Tutkimuksen tarkoitus.....	19
5.2 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit	19
6 MENETELMÄT	21
6.1 Tutkittavat	21
6.2 Koeasetelma	21
6.3 Harjoittelu	23
6.4 Mittaukset.....	24
6.5 Aineiston tilastollinen analyysi	27
7 TULOKSET	29
7.1 Antropometriset muuttujat	29

7.2	Kestävyys suorituskyky	29
7.3	Hermolihasjärjestelmän suorituskyky	35
7.4	Koko ryhmän tarkastelu	39
8	POHDINTA	41
8.1	Päälöydös ja vastaukset tutkimuskysymyksiin	41
8.2	Tuloksiin vaikuttavat tekijät	46
8.3	Johtopäätökset ja käytännön sovellukset	47
9	LÄHTEET	48
10	LIITEET	51

1 JOHDANTO

Optimaalisen urheilusuorituksen saavuttamisessa harjoittelu ennen tärkeää kilpailua nousee avainasemaan. Usein suorituskyykyä pyritään nostamaan keventämällä harjoittelua 1-2 viikoksi ennen kisaa. Tätä harjoittelun kevennystä kutsutaan herkistelyksi. Bosquetsin ym. (2007) meta-analyysin mukaan kestävyyslajeissa optimaalinen suorituskyyvyn nousu saavutetaan 8-14 vuorokauden mittaisella herkistelyllä, jonka aikana harjoituskuormitusta laskeaan laskemalla harjoitusvolyyymia eksponentiaalisesti 41–60 %:iin herkistelyä edeltävän harjoittelun tasosta. Harjoitusintensiiteetin ja – frekvenssin tulisi säilyä ennallaan herkistelyn aikana. (Bosquets ym. 2007.) Tämä tutkimus keskittyy tarkastelemaan herkistelyn aikaisen harjoittelun volyymin ja intensiiteetin vaikutusta kestävyysuorituskykyyn.

Kestävyysuorittelu voidaan tehdä yhtämittaisina 30–120 minuutin mittaisina harjoitteina, joissa intensiteetti vaihtelee 50 ja 85 %:in välillä maksimihapenottokyyvystä. Kestävyysuoritteluun kuuluvat myös intervallityyppiset harjoitteet, joissa intervallin pituus vaihtelee viidestä sekunnista aina 10 minuuttiin ja harjoituksen intensiteetti aina 80 ja 200 %:n välillä maksimihapenottokyyvystä. Molemmilla harjoittelutavoilla on saatu kehitystä aikaan kestävyysuorituskyvyssä (Carter ym. 1999 & Helgerud ym. 2007). Tässä tutkimuksessa on tarkoituksena selvittää viiden viikon, kuntopyörällä suoritettun, kestävyysuoritteluun vaikuttavien tekijöiden kestävyysuorituskykyyn, kun harjoitusintensiiteetti on 70 %:a maksimihapenottokyyvystä ja harjoitusten kesto 30 minuuttia.

Tämä tutkimus antaa lisätietoa herkistelyn vaikutuksista ja mahdollisista hyödyistä aktiiviliikkujien kestävyysuorituskykyyn. Tutkimus keskittyy tarkastelemaan myös, minkälaisista kehityksistä saadaan aikaan vain viiden viikon mittaisella kestävyysuoritteluun aktiiviliikkujien kestävyysuorituskykyyn.

2 KESTÄVYYSSUORITUSKYKY JA KESTÄVYYSHARJOITTELU

2.1 Kestävyys suorituskykyyn vaikuttavat tekijät

Kestävyys voidaan määritellä kykyä pitää yllä tiettyä nopeutta tai tehoa mahdollisimman pitkään (Jones & Carter 2000). Kestävyys suorituskykyyn vaikuttavia fysiologisia tekijöitä on monia. Tässä tutkielmassa olen päätenyt tarkastelemaan viittä eri ominaisuutta, joilla on todettu olevan vaikutusta kestävyys suorituskykyyn: 1) maksimihapenotto kykyä, 2) anaerobista kynnystä, 3) aerobista kynnystä, 4) hermolihasjärjestelmän suorituskykyä sekä 5) liikumisen taloudellisuutta. Jonesin ja Carterin (2000) mukaan yhden tai useamman edellä mainitun osa-alueen kehittyminen parantaa kestävyys suorituskykyä ja siirtää urheilijan nopeus-aika käyrää oikealle tietyssä tai tietyissä kohdissa sykealuetta. Tämä aiheuttaa sen, että urheilija pystyy ylläpitämään tiettyä nopeutta tai tehoa yhtäjaksoisesti pidemmän ajan tai tekemään työtä suuremmalla nopeudella tai teholla tietyn ajan. (Jones & Carter 2000.)

Maksimihapenotto kyvyllä ($VO_2\max$) tarkoitetaan suurinta määrää happea, jonka keho pystyy kuluttamaan ja muuttamaan aerobisten energiantuottosysteemien kautta energiaksi liikunnan aikana. $VO_2\max$ on käytetyin aerobisen kunnan mittari ja sen muutoksia seuraamalla arvioidaan harjoittelun onnistumista. (Jones & Carter 2000.) Hapen kulkeutuminen sisään hengitetystä ilmasta työtä tekevään lihakseen on monen vaiheen summa. Siksi mahdollisia maksimihapenottoon vaikuttavia muuttujia on vuosien varrella nimetty useita. Bassett ja Howley (1999) nimesivät neljä merkittävintä tekijää, jotka rajoittavat maksimihapenotto kykyä: 1) Hapen siirtyminen keuhkoista vereen, 2) Sydämen minuuttitilavuus, 3) Veren kyky sitoa happea ja 4) Luurankolihasen ominaisuudet (Bassett & Howley 1999).

Tärkeimmäksi rajoittavaksi tekijäksi edellä mainituista nousee sydämen minuuttitilavuus, joka selittää jopa 70–85 %:a $VO_2\max$:sta. Mitä suurempi sydämen minuuttitilavuus on, sitä

enemmän saadaan verta ja happea kulkeutumaan työtätekeville lihaksille tietyssä ajassa. Veren kuljettamiseen työtätekeville lihaksille vaikuttavat myös hapen diffuusio keuhkokapilaareista vereen sekä veren kyky sitoa happea. Hapen diffuusio keuhkokapilaareista vereen voi muodostua $VO_2\text{max}$:a rajoittavaksi tekijäksi kovakuntoisilla urheilijoilla, joiden sydämen pumppaaman veren minuuttitilavuus on korkea. Tällöin veri myös virtaa nopeammin suonistossa ja verelle jää vähemmän aikaa saturoitua hapella keuhkoissa. Veren kyky sitoa happea riippuu veren hemoglobiinipitoisuudesta. Mitä korkeampi veren hemoglobiinipitoisuus on, sitä enemmän happea kulkeutuu tiettyä verimäärää kohti lihaksille. Lihassolun ominaisuuksista maksimihapenottokykyyn voivat vaikuttaa: hapen diffuusio verestä lihassoluun, lihassolun mitokondrioiden sekä aerobiseen energiantuotantoon osallistuvien entsyymien määrä ja lihaksen hiussuonitus. (Bassett & Hawley 1999.)

Yleisen mielipiteen mukaan maksimaalisessa kestävyysuorituksessa rajoittavaksi tekijäksi muodostuu riittämätön hapen kuljetus työtätekeville lihaksille, eikä niinkään lihasten kyky käyttää niille kuljetettua happea energian tuottoon (Bassett & Hawley 1999 & Jones & Carter 2000). Hollozy ja Coyle (1984) esittivät, että mitokondrioiden ja aerobisen energiantuoton entsyymien määrän kasvu, ei vaikuta suoraan maksimihapenottokykyyn. Pikemminkin nämä tekijät edistävät kestävyysuorituskykyä lisäämällä rasvojen käyttöä energian lähteenä ja vähentävät laktaatin tuottoa kuormituksen aikana. Nämä tekijät vaikuttavat siten energiankulutukseen ja liikkumisen taloudellisuuteen submaksimaalisilla kuormilla. (Hollozy & Coyle 1984.)

Maksimihapenottokykyä voidaan mitata erilaisilla testeillä. Suomessa yleisimmin käytössä on suora maksimihapenottokyvyn testi, jossa koehenkilö suorittaa progressiivisesti kovenevia 2-3 minuutin mittaisia kuormia väsymykseen asti esim. polkupyöräergometrillä tai juoksumatolla. Koehenkilön sisään- ja uloshengitetyn ilman tilavuuksia sekä happi- ja hiilidioksidipitoisuuksia mitataan hengityskaasuanalysaattorin avulla. Maksimihapenottokyky saadaan testissä laskemalla hapenkulutukseltaan kahden korkeimman peräkkäisen puolen minuutin keskimääräisen hapenkulutuksen keskiarvo. Myös veren laktaatin muutoksia mitataan jokaisen kuorman jälkeen sormenpääverinäytteellä. Testistä saadaan maksimihapenot-

tokyvyn lisäksi selville koehenkilön aerobinen ja anaerobinen kynnys ja niitä vastaavat sykkeet. Näistä tiedoista on hyötyä niin harjoittelun suunnittelussa kuin kehityksen seuraamisessa. (Keskinen ym. 2007, 64–65)

Aerobinen ja anaerobinen kynnys. Suomalaisessa kestävyysurheiluvalmennuksessa kestävyysharjoittelu on jaettu perus-, vauhti- ja maksimikestävyysharjoitteluun. Aerobinen kynnys on perus- ja vauhtikestävyysharjoitteluintensiteetin välinen raja. Anaerobinen kynnys on taas vauhti- ja maksimikestävyys harjoitteluintensiteettien välinen raja. Kynnysten määrittäminen perustuu lihaksen energia-aineenvaihdunnassa maksimihapenottokykytestin aikana tapahtuvien muutosten tarkasteluun. Aineenvaihdunnan muutoksia pystytään testin aikana seuraamaan mittaamalla veren laktaattipitoisuutta sekä sisään- ja uloshengitetyn ilman tilavuutta ja happi- ja hiilidioksidipitoisuutta. Kun testin kuluessa suoritusteho kasvaa, myös anaerobisen glykolyysin osuus energiantuotossa kasvaa. Anaerobisen glykolyysin lopputuotteena syntyy maitohappoa, joka hajoaa laktaatti- ja vetyioneiksi. Vetyionit häiritsevät lihassupistusta happamoimalla lihassolua. Elimistö pyrkii estämään vetyioneiden kertymistä puskuroimalla niitä bikarbonaatti-ioneiden avulla. Myös sydän- ja verenkiertoelimistö osallistuu vetyioneiden puskurointiin poistamalla hiilidioksidia keuhkojen kautta. Laktaatti hävitetään elimistöstä kahdella tavalla. Se joko hapetetaan sellaisenaan ja käytetään energiaksi (sydänlihaksessa, munuaisissa ja liikuntaan osallistumattomissa luurankoli-haksissa) tai siitä muodostetaan glukoosia (glukoneogeneesi) maksassa. Laktaattikynnyk- seksi kutsutaan pistettä, jossa veren laktaattipitoisuus nousee ensimmäisen kerran perusta- son yläpuolelle. Veren laktaattipitoisuuden nousu johtuu lihaksen hapenpuutteen lisäänty- misestä, lisääntyneestä hiilihydraattien hajottamisesta, laktaattia tuottavien ja poistavien mekanismien välisestä epätasapainosta sekä nopeiden lihassolujen rekrytoinnista. Samaan aikaan tapahtuu ventilaation ensimmäinen epälineaarinen nousu. Tämä ventilaatiokynnys syntyy, koska lisääntynyt vetyionien määrä lisää sen puskurointia bikarbonaatti-ioneilla. Tämä puolestaan lisää hiilidioksidin tuottoa. Tässä vaiheessa elimistön happamuus ei vielä muutu. Aerobinen kynnys on laktaattikynnyksen ja ensimmäisen ventilaatiokynnyksen yh- distelmä. Aerobisen kynnyksen määritelmän mukaan aerobinen kynnys on suurin teho, jolla sydänlihas, maksa ja luurankoli-hakset pystyvät eliminoimaan tuotettua laktaattia niin paljon,

että veren laktaattipitoisuus ei nouse yli lepotason. Anaerobinen kynnyks saavutetaan, kun suoritustehoa kasvatetaan edelleen, kunnes laktaatin tuotto ja eliminaatio eivät enää pysy tasapainossa vaan veren laktaattipitoisuudessa havaitaan toinen jyrkkä lineaarisuudesta poikkeava nousukohta. Laktaattipitoisuuden nousun kanssa samanaikaisesti ventilaatiossa havaitaan myös toinen jyrkkä nousukohta. Anaerobinen kynnyks on näiden kahden nousukohtan summa. Anaerobisen kynnyksen määritelmän mukaan anaerobinen kynnyks on suurin työteho ja energiankulutuksen taso, jossa veren laktaattipitoisuus ei kasva koko suorituksen ajan. (Keskinen ym. 2007, 51–52) Tässä tutkielmassa käytetään anaerobisen kynnyksen synonyyminä maximal lactate steady state- käsitettä (MLSS). MLSS:n avulla pyritään kuvaamaan samaa asiaa kuin anaerobisella kynnyksellä, eli korkeinta tehoa, jolla veren laktaattipitoisuus ei nouse koko suorituksen ajan. Käytännössä käsitteet kuvaavat samaa asiaa, mutta MLSS:lle on kehitetty oma testinsä. Tässä testissä koehenkilö polkee eri tehoisia puoletuntin mittaisia kuormia pyörällä. MLSS teho on se korkein teho, jolla veren laktaattipitoisuus ei nouse yli 1 mmol/l kuorman viimeisen 20 minuutin aikana. (Billat ym. 2003.) Eri testiprotokollasta johtuen MLSS-teho on usein pienempi kuin anaerobisella kynnyksellä saavutettu teho, mutta kaikesta huolimatta molemmat käsitteet kuvaavat hyvin läheisesti samaa asiaa.

Hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn paranemisen maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelun seurauksena on havaittu parantavan kestävyysuorituskykyä (Jung 2003). Hermolihasjärjestelmän suorituskyky on riippuvaista lihaksen voimantuottokyvystä. Lihaksen voimantuottoon vaikuttavat tekijät voidaan jakaa lihaksen rakenteeseen liittyviin tekijöihin ja hermostollisiin tekijöihin. Tärkein lihaksen rakenteeseen liittyvä tekijä on lihaksen poikkipinta-ala, joka vastaa n. 50 %:a yksilöiden välisestä voimantuottokyvystä. Lihassolujakauma vaikuttaa voimantuottokykyyn. Jos henkilöillä on samankokoiset lihakset, mutta toisella henkilöillä enemmän tyyppin II lihassoluja ja toisella taas enemmän tyyppin I lihassoluja, on henkilön, jolla on enemmän tyyppin II lihassoluja, voimantuottokyky parempi. Myös luurangon ja lihasten kiinnityskohtien rakenne vaikuttaa voiman välittymiseen lihassarkomeereista luurankoon yksilöiden välillä. Voimantuottoon vaikuttavia hermostollisia tekijöitä ovat mm. lihasten välinen koordinaatio liikkeiden aikana, motoristen yksiköiden rekrytointi ja syttymisti-

heys sekä voimantuottoa inhiboivat ja fasilitoivat selkäydinrefleksit. (Enoka, 2008, 363-371)

Liikkumisen taloudellisuus on määritelty kestävyysurheilussa kulutetun hapen määränä liikuttaessa tietyllä teholla. Hyvästä taloudellisuudesta on hyötyä urheilijalle, sillä tällöin hän kuluttaa vähemmän happea tietyllä intensiteettitasolla. Hän pystyy näin säästämään voimiinsa submaksimaalisilla intensiteeteillä ja toisaalta saavuttamaan maksimihapenkulutuksensa korkeammalla intensiteetillä verrattuna urheilijaan, jolla on sama VO_2max , mutta huonompi taloudellisuus. Samankuntoisten urheilijoiden (sama VO_2max) välillä on havaittu huomattavia eroja taloudellisuudessa. (Jones & Carter 2000.)

2.2 Kestävyysharjoittelu – vaikutukset kestävyysuorituskyyn

Tässä tutkielmassa lasketaan kestävyysharjoitteluksi kaikki harjoittelumuodot, joilla pyritään selkeästi parantamaan kestävyysuorituskykyä. Intensiteetiltään harjoitteet voivat vaihdella 50 %:sta jopa yli 200 %:iin maksimihapenottokyvystä. Kestävyysharjoittelua voidaan tehdä yhtämittaisina 30–120 minuutin mittaisina harjoitteina, joissa intensiteetti vaihtelee 50 ja 85 %:in välillä maksimihapenottokyvystä. Kestävyysharjoitteluun kuuluvat myös intervallityyppiset harjoitteet, joissa intervallin pituus vaihtelee viidestä sekunnista aina 10 minuuttiin ja harjoituksen intensiteetti aina 80 ja 200 %:n välillä maksimihapenottokyvystä.

Kestävyysharjoittelu parantaa kestävyyskuntoa monien sydän- ja verenkiertoelimistössä, lihaksissa sekä aineenvaihdunnassa tapahtuvien adaptaatioiden kautta. Sydän- ja verenkiertoelimistö adaptaatiomekanismeja kestävyysharjoitteluun ovat mm. sydämen iskutilavuuden kasvu ja tästä seuraava sykkeen lasku submaksimaalisilla kuormilla, verentilavuuden kasvu sekä lihasten kapillarisaation kasvaminen. Nämä tekijät tehostavat hapen kuljettamista työtätekevälle lihakselle. Kestävyysharjoittelun myötä lihaksien glykogeenivarastot kasvavat. Myös natrium-kalium-pumppujen sekä aerobisen energiantuoton entsyymien määrä kasvaa lihaksessa kestävyysharjoittelun seurauksena. Lisääntyneiden aerobisen energiantuoton entsyymien ja mitokondrioiden määrän kasvun seurauksena rasvan käyttö submaksimaalisilla

intensiteeteillä kasvaa ja lihasglykogeenin kulutus vähenee. Lihaksissa ja aineenvaihdunnassa tapahtuvat adaptaatiot tehostavat lihaksille toimitetun hapen muuntamista ATP:ksi, eli adenosiinitrifosfaatiksi, aerobisten reaktioiden kautta. (Jones & Carter 2000, Kubukeli ym. 2002.)

Korkeaintensiteettinen intervalliharjoittelu, jossa intensiteetti nousee lähelle tai yli $VO_2\text{max}$:n vaikuttaa myös sydän ja verenkiertoelimistöön. Erityisesti iskutilavuuden on havaittu nousevan intervalliharjoittelun seurauksena (Helgerud ym. 2007). Entsyymitasolla intensiteetiltään yli aerobisen tason nouseva intervalliharjoittelu nostaa anaerobiseen glykolyysiin osallistuvia entsyymien määrää lihaksissa eikä juuri vaikuta aerobisen energiantuoton entsyymeihin (Kubukeli ym. 2002).

Yhtämittaiset harjoitteet vaikuttavat monipuolisesti kestävyyskuntoon. Ei-urheilijoilla niillä voidaan saada kehitystä aikaan kaikilla kestävyuden osa-alueilla. Carter ym. (1999) tutkivat kuuden viikon aerobisella kynnyksellä suoritettujen juoksuharjoittelun vaikutusta opiskelijamiesten kestävyysuorituskykyyn. Harjoittelun myötä koehenkilöiden maksimihapenotto-kyky nousi 47,9:stä 52,2 ml/kg/min. Myös MLSS (maximal lactate steady state) ja nopeus aerobisella kynnyksellä nousivat harjoittelun seurauksena. (Carter ym. 1999.)

Vaikka yksittäinen kestävyysharjoitus voi vaikuttaa lähes kaikkiin kestävyysuorituskyvyn ominaisuuksiin, on optimaalinen eri kestävyysuorituskyvyn osa-alueiden harjoittaminen hyvin intensiteettispesifiä. Londereen (1997) meta-analyysistä käy selväksi, että aerobisen kynnyksen harjoittamiseen tehokkaimpia ovat juuri harjoitteet, jotka tehdään lähellä aerobista kynnystä (Londereen, 1997). Myös MLSS:n tai anaerobisen kynnyksen harjoittamiseen pätee sama sääntö. Philp ym. (2008) mukaan jatkuva harjoittelu MLSS-nopeudella tai intervalliharjoittelu hieman MLSS-nopeutta kovemalla vauhdilla on optimaalisinta MLSS:n parantamiseksi. Heidän tutkimuksessaan 8 viikon MLSS-harjoittelu paransi myös koehenkilöiden aerobista kynnystä ja maksimihapenotto-kykyä. (Philp ym. 2008.)

Edellisen kappaleen jälkeen ei tule yllätyksenä, että korkeaintensiteettiset harjoitukset ovat tehokkaampia kasvattamaan maksimihapenottokykyä kuin matalaintensiiiviset harjoitteet. Helgerud ym. (2007) näyttivät, että kaksi erilaista kahdeksan viikon mittaista intervalliharjoitteluohjelmaa (15/15: 47 kertaa 15s työtä 90-95 %:a HRmax:sta 15s aktiivisella palautuksella, tai 4/3: 4 kertaa 4 min työtä 90-95 %:a HRmax:sta ja 3 min aktiivisella palautuksella) kasvatti huomattavasti enemmän opiskelijamiesten maksimihapenottokykyä kuin vastaavan pituiset jatkuvan harjoittelun ohjelmat. Jatkuva harjoittelu suoritettiin joko 70 %:n sykkeellä HRmax:sta 45 minuutin ajan tai 85 %:n sykkeellä HRmax:sta 24,25 minuutin ajan. Eri ryhmien harjoittelun energiankulutus oli tasattu yhtä suureksi. 15/15-ryhmän VO₂max kasvoi 5,5 % ja 4/4-ryhmän 7,2 %. Kahden jatkuvan harjoittelun ryhmän VO₂max ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi. Kaikkien ryhmien juoksun taloudellisuus parani (7,5–11,0 %:a) sekä juoksunopeus anaerobisella kynnyksellä kasvoi keskimäärin 9,6 %:a. (Helgerud ym. 2007.) Gibala ym. (2006) havaitsivat, että kahden viikon intervalliharjoittelu paransi yhtä paljon opiskelijamiesten kestävyys suorituskykyä, lihaksen puskurointikykyä ja lihasglykokeenin määrää kuin jatkuva harjoittelu 65 %:n teholla VO₂peak:sta. Intervalliharjoittelu koostui 4-6:sta 30 sekunnin maksimiteholla suoritetusta spurtista kuntopyörällä joita seurasi neljän minuutin palautus. Merkittävä havainto tutkimuksessa oli se, että yhtä suuret adaptaatiot saatiin aikaan intervalliharjoittelulla vaikka harjoitusmäärä mitattuna kilojouleina oli 90 %:a pienempi intervalliharjoitteluryhmällä verrattuna jatkuvan harjoittelun ryhmään (630 vs. 6500 kJ). (Gibala ym. 2006.)

Kestävyys harjoittelulla voidaan vaikuttaa myös lihasten voimantuottoon. Tabata ym. (1990) saivat selville, että seitsemän viikon harjoittelu kuntopyörällä nosti isokineettisessä polvenojennuksessa tuotettua tehoa hitailla kulmanopeuksilla (30, 60 ja 120°⁻¹). 180, 240 ja 300°⁻¹ kulmanopeuksilla ei saatu kehitystä aikaan. Harjoittelu suoritettiin intervalliharjoitteluna ja se oli intensiteetiltään 90 %:a VO₂max:sta. Poljinfrekvenssi harjoittelun aikana oli 50 rpm, joka vastaa lihaksen supistumisnopeudessa 140°⁻¹ kulmanopeutta. Tuloksista nähdään, että koehenkilöiden tehontuotto kasvoi spesifisti niillä kulmanopeuksilla, jotka olivat lähimpänä harjoittelussa ylläpidettyä kulmanopeutta. Tämän uskottiin johtuvan lihasten synkronisaation parantumisesta. Myös koehenkilöiden alkutaso voimantuotossa vaikutti

kehitykseen. Ne koehenkilöt, joilla oli korkea tehontuottokyky jo alkutesteissä, eivät kehittyneet harjoittelun seurauksena. Kestävyysharjoittelun avulla ei siis pystytä parantamaan voimantuottokykyä tietyn voimatason ylityttyä. (Tabata ym. 1990.)

Urheilija on taloudellisimmillaan sillä nopeudella tai teholla, jolla hän harjoittelee eniten (Jones & Carter 2000). Tämä ja aikaisemmissa kappaleissa selväksi käynyt kestävyysominaisuuksien intensiteettispesifisyys antavat viitteitä siihen, että urheilijalle ja kuntoilijalle on tärkeää harjoitella monipuolisesti kaikilla intensiteettitasoilla. Täytyy kuitenkin muistaa, että urheilijan tulee suunnitella harjoittelunsa omien vahvuuksien ja heikkouksien, sekä omassa lajissaan ratkaisevassa osassa olevaa ominaisuuden/ominaisuuksien mukaan. Esimerkiksi 3000 metrin juoksija voi keskittyä harjoittelussaan enemmän maksimihapenottokyvyn kehittämiseen, kun taas maratonjuoksijan tulee kiinnittää enemmän huomiota kynnysnopeuksilla harjoitteluun. (Jones & Carter 2000).

3 YLIKUORMITUS JA YLIKUNTO

3.1 Ylikuormitus ja sen vaikutukset

Ylikuormitustilaksi kutsutaan urheilijan tai kuntoilijan lyhytaikaista suorituskyvyn laskua. Tämä lasku johtuu joko harjoittelun seurauksena tai psykologisista syistä kehoon kertyvästä raskuudesta. Ylikuormitustilasta palautuakseen urheilijan tulee keventää harjoitteluaan ja täysi palautuminen tilasta kestää muutamasta päivästä pariin viikkoon. Palautumisen jälkeen urheilijan suorituskyky usein paranee ylikuormitusta edeltävää tasoa paremmaksi. Siksi ylikuormituskausia ja käytetään yleisesti urheilijoiden harjoitusohjelmissa suorituskyvyn maksimoinniksi. (Bompa & Haff 2009, 99-100) Ylikuormitustila saavutetaan usein harjoittelun tehostamisen ja sen kuormittavuuden lisääntymisen seurauksena. Harjoittelun kuormittavuutta voidaan muuttaa ja ylikuormitustila saavuttaa kasvattamalla harjoittelun intensiteettiä, volyyymia tai molempia näistä muuttujista samanaikaisesti. (Meeusen ym. 2006.) Ylikuormitustila on jaettu edelleen kahteen erilliseen ylikuormitustilaan. Funktionaalinen ylikuormitustila johtaa suorituskyvyn paranemiseen siitä palautumisen jälkeen. Ei-funktionaalinen ylikuormitus johtaa suorituskyvyn stagnaatioon tai heikkenemiseen. Myös palautuminen ei-funktionaalisesta ylikuormituksesta voi kestää jopa kuukausia. Ei-funktionaalinen ylikuormituksen on ajateltu olevan ns. välietappi ylikuntotilan kehittymisen ja ylikuormitustilan välillä. (Meeusen ym. 2006.)

Kuten edellä on mainittu, optimaalinen ylikuormitus aiheuttaa muutamasta päivästä pariin viikkoon kestäväen suorituskyvyn laskun, josta palaututtuaan urheilijan suorituskyvyssä tapahtuu superkompensaatio eli nousu alkuperäistä korkeammalle tasolle. Halsonin & Jeukendrupin (2004) mukaan ylikuormitustilan tunnistamiseksi ja todistamiseksi onkin ensiarvoisen tärkeää mitata urheilijan tai kuntoilijan suorituskyvyn muutoksia tehostetun harjoittelun seurauksena. Jotkut yksilöt voivat reagoida positiivisesti lisääntyneeseen harjoitusärsykeeseen ja heidän suorituskykynsä ei laske. Tällaisessa tilanteessa henkilön ei voida sanoa olevan ylikuormittuneessa tilassa vaikka fysiologiset ja biokemialliset muuttujat niin voisi-

vatkin väittää. Fysiologisia, biokemiallisia, immunologisia ja hormonaalisia muuttujia tulee aina verrata muutoksiin suorituskäytössä luotettavan tuloksen saamiseksi. (Halson & Jeukendrup 2004.) Mitä kovakuntoisemmasta urheilijasta on kyse, sitä suuremman harjoitusärsyksen ylikuormituksen aikaansaaminen vaatii. Berger ym. (1999) eivät saaneet ylikuormitustilaa aikaiseksi kovakuntoisille ratapyöräilijöille (keskimääräinen $VO_2\text{peak}=63\text{ml/kg/min}$) kolmen viikon ylikuormitusjaksoilla. Ylikuormitusjakson aikana pyöräilijät suorittivat n. 200 %:a enemmän harjoittelua verrattuna ylikuormituskautta edeltävään harjoitteluun. (Berger ym. 1999.)

Coutts ym. (2007) tutkivat neljän viikon ylikuormitusjakson sekä sitä seuraavan kahden viikon kevennetyn harjoittelun (herkistelyn) vaikutusta triathlonistien suorituskäytössä, sekä valittuihin fysiologisiin, biokemiallisiin ja psykologisiin muuttujiin. Tutkimuksessa 16 kokenutta mies triathlonistia (keskimääräinen $VO_2\text{max}=55,7\pm 4,9\text{ ml/kg/min}$) arvottiin joko intensiivisen harjoittelun ryhmään (IT) tai normaalin harjoittelun ryhmään (NT). IT-ryhmä harjoitteli neljän viikon ylikuormituskaudella 280 % enemmän kuin NT-ryhmä. Harjoittelu koostui juoksu-, pyöräily- ja uintiharjoituksista. Ylikuormitusjakson aikana IT-ryhmän kahdeksasta urheilijasta kuuden 3 kilometrin juoksu-aika heikkeni (keskimäärin: $3,7\pm 7,5\%$:a). NT-ryhmän aika parani ensimmäisen neljän viikon aikana kaikilla urheilijoilla (keskimäärin: $3,0\pm 1,1\%$:a). Fysiologisista muuttujista mitattiin vain maksimihapenottokykyä. Ylikuormituskauden seurauksena ei kummankaan ryhmän hapenottokäytössä tapahtunut merkittäviä muutoksia. Hormonaalisissa ja immunologisissa muuttujissa ei myöskään havaittu muutoksia ylikuormituskauden aikana. Hematologisissa mittauksissa molempien ryhmien hemoglobiini laski ylikuormituskauden aikana. Psykologisia muuttujia mitattiin RESTQ-76 kyselyn avulla. RESTQ- kyselyssä koettu kuormittuneisuuden aste ja palautumisen aste korreloivat harjoittelumäärän kanssa molemmilla ryhmillä. IT-ryhmällä koettu kuormittuneisuus nousi ja palautumisen aste laski, kun taas NT-ryhmällä nämä muuttujat pysyivät muuttumattomina ensimmäisen neljän viikon aikana. Tuloksista voidaan päätellä, että suorituskäytön ja psykologisten muuttujien monitorointi kauden aikana on tehokas ja käytännöllinen tapa seurata urheilijan kuormittuneisuutta. Yksittäisistä fysiologisista tai biokemiallis-

ta muuttujista ei voida vetää tarkkoja johtopäätöksiä kuormittuneisuuden tilasta. (Coutts ym. 2007.)

3.2 Ylikunto

Ylikunto on tila, jossa urheilijan suorituskyky laskee pitkäaikaisesti liiallisen, harjoittelusta ja muista tekijöistä, elimistöön kertyvän väsymyksen seurauksena (Bompa & Haff, 2009, s.100). Ylikuntotilalla on paljon yhteneviä oireita ylikuormitustilan kanssa. Luonnollisesti urheilijan suorituskyky laskee ylikuntotilan seurauksena. Fysiologisia oireita ovat mm. hermoston epänormaali toiminta, veren hormonikonsentraatioiden muutokset, lihasten glykoogenivarastojen pieneneminen, immuunijärjestelmän toiminnan heikkeneminen sekä leposykkeen ja verenpaineen nousu. Psykologisia oireita ovat mm. unen laadun heikkeneminen ja mielialan yleinen huononeminen. (Halson & Jeukendrup 2004) Ylikuntotila on seurausta pitkään jatkuneesta urheilijan adaptaatiokyvyn ylittävästä harjoittelusta. Adaptaatiokyvyn ylittymisen voi aiheuttaa liian suuri harjoitusvolyymi kuin myös harjoitusintensiteetti. Ylikuntotila voi aiheuttaa sekä sympaattista, että parasympaattista yliaktiivisuutta. Ylikuntotilasta palautuminen kestää huomattavasti pidempään kuin ylikuormitustilasta, useista viikoista jopa useisiin kuukausiin. Hyvin suunniteltu harjoitusohjelma, jossa harjoittelun ja levon määrä on rytmitetty oikein, on ensimmäinen ja paras keino ehkäistä ylikuntotilan syntyminen. Urheilijan kuormittuneisuutta voidaan seurata myös mittaamalla urheilijan suorituskykyä kilpailusuorituksessa tai tietyissä testeissä sekä monitoroimalla edellä mainittuja fysiologisia ja psykologisia tekijöitä. (Bompa & Haff 2009, 100-101.)

4 HERKISTELY

Urheilijan harjoittelu tähtää aina optimaaliseen suoritukseen yhdessä tai useammassa kilpailussa vuoden aikana. Myös aktiiviliikkujalla voi olla jokin kilpailu tai henkilökohtainen testipäivä, jossa onnistumiseen koko vuoden harjoittelu tähtää. Suorituskyvyn optimoinniksi harjoittelua usein kevennetään noin kahden viikon ajaksi ennen tärkeää kilpailua. Tätä kutsutaan herkistelyksi. (Bompa & Haff 2009, 187–188) Mujika & Padilla (2003) määrittelivät herkistelyn tarkemmin harjoittelun keventämiseksi, jonka avulla pyritään vähentämään harjoittelusta aiheutuvaa fysiologista ja psyykkistä kuormitusta ja optimoimaan suorituskykyä. Herkistelyn päätavoite on poistaa kovan harjoittelun seurauksena kehoon kertynyt väsymys, mutta samalla ylläpitää harjoittelun aiheuttamat harjoitusadaptaatiot. (Mujika & Padilla 2003.)

4.1 Herkistelyn kesto sekä harjoittelun rytmitys sen aikana

Harjoituskuorman keventäminen herkistelyn aikana voidaan saavuttaa muokkaamalla harjoittelun kolmea peruskomponenttia. Nämä peruskomponentit ovat: harjoitusintensiiteetti, -volyymi ja -frekvenssi. Myös herkistelyjakson kestoja sekä harjoittelun keventämisen protokollaa muokkaamalla voidaan vaikuttaa harjoituksen kuormitukseen ja herkistelyn lopputulokseen. Harjoittelu voidaan keventää yhdellä kertaa tai sitä voidaan keventää progressiivisesti herkistelyn edetessä. (Bompa & Haff 2009, 190–194.) Meta-analyysitutkimuksessaan Bosquets ym. (2007) kävivät läpi kuudesta eri tietokannasta tutkimukset jotka käsittelivät kestävyyslajien (uinti, juoksu, pyöräily ja soutu) herkistelyä. 27 artikkelia 127:tä läpäisivät heidän kriteerinsä ja pääsivät mukaan analysoitaviksi. Näiden artikkelien pohjalta he tarkastelivat, minkälainen herkistely aiheuttaa parhaan kasvun suorituskyvyssä. Tarkasteltavia muuttujia olivat suorituskyky ennen ja jälkeen herkistelyn, harjoittelun intensiteetti, volyyymi ja frekvenssi herkistelyn aikana, herkistelyn kesto sekä harjoittelun keventämisen protokolla. (Bosquets ym. 2007.)

Meta-analyysin mukaan paras suorituskyky saavutetaan herkistelyllä, jossa harjoituskuormitus laskee eksponentiaalisesti 41–60 %:iin herkistelyä edeltävästä kuormituksesta. Korkean harjoitusintensiteetin säilyttäminen näyttäisi olevan tärkeässä osassa saavutettujen harjoitusadaptaatioiden ylläpitämisessä herkistelyn aikana. Siksi harjoitusintensiteetin tulisi pysyä herkistelyä edeltävällä tasolla ja kuormituksen lasku saavutetaan laskemalla harjoitusvolyymia. Harjoitusfrekvenssi ei saisi pudota alle 80 %:iin herkistelyä edeltävästä tasosta, joten volyymia lasketaan lyhentämällä yksittäisten harjoitusten kestoaa.. Herkistelykauden tulisi kestää 8-14 vuorokautta. (Bosquets ym. 2007.)

Täytyy muistaa, että yllä oleva ns. ”optimaalisen herkistelyn kuvaus” on vain monien tutkimusten tuloksista koottu yleistys. Herkistelykautta, samoin kuin mitä tahansa harjoitusohjelman osaa suunniteltaessa, tulisi urheilija tai kuntoilijan yksilölliset tarpeet ottaa tarkasti huomioon. Mujika ja Padilla (2003) muistuttavat, että herkistelykauden keston ja harjoituskuormituksen keventämiseen vaikuttavat suuresti urheilijan omat tottumukset, sekä herkistelyä edeltävän harjoittelun kuormittavuus. Jos rankan harjoittelun seurauksena elimistö on normaalia kuormittuneemmassa tilassa voi pidempi herkistelyjakso (jopa 28 vuorokautta) tai suurempi harjoituksen keventäminen (jopa 90 %:a herkistelyä edeltävästä harjoittelusta) olla paikallaan. (Mujika & Padilla 2003.)

4.2 Herkistelyn vaikutukset

Onnistunut herkistelyjakso voi parantaa urheilijan kilpailusuorituskykyä n. 3 %:a. Huippu-urheilussa tällainen suorituskyvyn kasvu voi olla ratkaiseva ero mitalisijan ja pistesijan välillä. (Bompa & Haff 2009, 194) Herkistelyllä on osoitettu olevan sekä fyysisiä, mutta myös psyykkisiä vaikutuksia, joilla voi olla positiivinen vaikutus urheilijan suorituskykyyn (Zehsaz ym. 2011, Berger ym. 1999 & Mujika ym. 2004). Ylikuormitus-kappaleessa kuvatussa Couttsin ym. (2007) tutkimuksessa neljän viikon ylikuormituskauden myötä laskenut suorituskyky 3 kilometrin juoksussa nousi korkeammaksi alkutesteihin verrattuna intensiivisen harjoittelun ryhmässä (IT-ryhmä) herkistelyn seurauksena. Herkistelyn aikana harjoittelua kevennettiin eksponentiaalisesti siten, että harjoituskuormaa kevennettiin joka toinen päivä

alkaen 45 %:sta ja päättyen 5 %:iin. Jokaisen harjoituksen intensiteetti pidettiin herkistelyä edeltävällä tai hieman tätä korkeammalla tasolla. Herkistelyn seurauksena fysiologisista ja biokemiallisista muuttujista ainoastaan veren testosteroni-kortisoli- suhde nousi ja kortisolipitoisuus laski IT- ryhmässä herkistelyn seurauksena verrattuna normaalin harjoittelun ryhmään (NT-ryhmä). Tämä kertoo kasvaneesta anabolisesta toiminnasta kehossa keventyneen harjoittelun seurauksena. IT- ryhmän hemoglobiini nousi myös enemmän herkistelyn seurauksena verrattuna NT-ryhmään. RESTQ- kyselyn tulokset koetusta kuormittuneisuudesta palasivat lähes alkutestien tasolle IT-ryhmällä, kun NT-ryhmän tulokset laskivat alkutesteihin verrattuna. (Coutts ym. 2007.) Myös Zehsaz ym. (2011) havaitsivat, että yhden tai kolmen viikon herkistely paransi kestävyyspyöräilijöiden suorituskykyä 40 kilometrin pyöräilyssä verrattuna ryhmään, joka ei suorittanut herkistelyä. Tässä tutkimuksessa havaittiin myös herkistelyn positiivinen vaikutus veren testosteroni-kortisoli-suhteeseen sekä kortisolipitoisuuteen heti 40 kilometrin testin jälkeen mitattuna. Yhden ja kolmen viikon herkistelyn vaikutukset suorituskykyyn ja hormonipitoisuuksiin olivat samanlaiset. Psykologisia muuttujia mitattiin POMS-kyselyn avulla. Herkistelyryhmien tulokset kyselyssä paraniivat selkeästi kevennetyn harjoittelun seurauksena. (Zehsaz ym. 2011.)

Kestävyyslajeissa lihasten glykokeenipitoisuudella on suuri merkitys kilpailusuoritukseen. Nearyn ym. (1992) tutkimuksessa neljän ja kahdeksan päivän herkistelyn myötä pyöräilijöiden lihasglykokeenin määrä ja aerobisen energiantuoton entsyymien määrä kasvoivat. Tutkijoiden mukaan nämä biokemialliset muutokset vaikuttivat kasvaneeseen polkemistehoon aerobisella kynnyksellä herkistelyn jälkeen. (Neary ym. 1992.)

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEEESIT

5.1 Tutkimuksen tarkoitus

Tässä tutkielmassa tarkastellaan suunnitellun kahden viikon mittaisen ylikuormitusjakson ja tätä seuraavan kahden erilaisen puolentoista viikon mittaisen herkistelyjakson vaikutusta kestävyysuorituskykyyn sekä alaraajojen voimantuottokykyyn liikunnallisesti aktiivisilla nuorilla miehillä. Tutkimus tarkastelee myös klassisen, kuntopyörällä suoritettua, kestävyysuoritusjakson vaikutuksia kestävyysuorituskykyyn.

5.2 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Ensimmäinen tutkimuskysymys: Kumpi herkistelytapa, korkea volyymi ja matala intensiteetti vai korkea intensiteetti ja matala volyymi, aiheuttaa suuremman kestävyysuorituskyvyn nousun suunnitellun ylikuormituskauden jälkeen?

Hypoteesi: Korkean intensiteetin ylläpitäminen herkistelyn aikana on havaittu kirjallisuuden mukaan tärkeäksi herkistelyn onnistumisen kannalta. Siksi ennakkoon ajatellen korkean intensiteetin ja matalan volyymin herkistely aiheuttaa suuremman suorituskyvyn nousun. (Bosquets ym. 2007.)

Toinen tutkimuskysymys: Mitä aiheuttaa yhteensä viiden viikon mittainen kuntopyörällä suoritettu kestävyysuoritusjakso liikunnallisesti aktiivisten nuorten miesten kestävyysuorituskykyille, maksimihapenottokykyille, taloudellisuudelle ja hermolihasjärjestelmäsuorituskykyille, kun harjoitusintensiteetti on n. 70 %:a VO_{2max} :sta?

Hypoteesit: Taloudellisuus lähellä harjoitusintensiteettiä paranee ja suorassa maksimihapenottokykytestissä saavutettu maksimiteho (kestävyysuorituskyky) kasvaa, vaikka maksimihapenottokyky ei nousekaan (Jones & Carter 2000). Pyöräily voi rasittaa hermolihasjärjestelmää siinä määrin, että isometrinen maksimivoima voi nousta viiden viikon harjoittelun

seurauksena. Nopeusvoimaominaisuudet pysyvät ennallaan tai heikkenevät, koska kuntopyörän polkemisessa alaraajojen liikenoisuus ei ole riittävän nopeaa rasittamaan nopeaa voimantuottoa. (Tabata ym. 1990.)

6 MENETELMÄT

6.1 Tutkittavat

Tutkittaviksi rekrytoitiin Jyväskylän yliopistossa opiskelevia tai työskenteleviä 18–35-vuotiaita, terveitä miehiä. Heidän tuli olla liikunnallisesti aktiivisia, mutta ei kestävyyslajien urheilijoita. Tutkimuksen aloitti 16 koehenkilöä ja 13 suoritti tutkimusjakson loppuun. Kolmesta keskeyttäneestä kaksi sairastui influenssaan tutkimusjakson aikana ja yksi keskeytti henkilökohtaisiin syihin vedoten. Tutkimusjakson läpikäyneiden koehenkilöiden keski-ikä, -pituus ja -paino, sekä keskimääräinen rasvaprosentti ja VO₂max alkutesteissä näkyvät taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Tutkittavien keski-ikä, -pituus ja -paino sekä keskimääräinen rasvaprosentti ja VO₂max alkutesteissä. Sulkeissa keskihajonnat.

Ikä (vuotta)	Pituus (cm)	Paino (kg)	Rasvaprosentti	VO ₂ max (ml/kg/min)
25 (±3)	179 (±5.6)	79.3 (±14,4)	17.8 (±5.5)	42.7 (±5.8)

6.2 Koeasetelma

Tutkimuksen rakenne testauspäivineen sekä harjoituksineen näkyvät liitteissä 1 ja 2. Ennen harjoittelun alkamista tutkittavat suorittivat kahdet suorituskykymittaukset, esi- ja alkumittaukset, tutkimuksen ensimmäisellä viikolla. Mittaukset olivat joko maanantaina ja torstaina tai tiistaina ja perjantaina riippuen koehenkilön ryhmästä. Esimittaukset suoritettiin, koska tutkimuksessa ei ollut erikseen kontrolliryhmää. Tutkittavat toimivat siis itse itsensä kontrolliryhmänä. Esi- ja alkumittauksissa tehtiin maksimihapenottokykytesti kuntopyörällä polkien, isometrinen maksimivoima jalkadynamometrissä 110° polvikulmalla sekä staatti-

nen vertikaalihyppy kontaktimatolla. Ensimmäisissä mittauksissa (maanantai tai tiistai) tutkittavilta mitattiin myös pituus, paino ja rasvaprosentti neljän ihopoinun menetelmällä.

Esimittausviikon jälkeen tutkittavat suorittivat kahden viikon perusharjoittelukauden, jossa harjoituksia oli kaksi viikossa. Tämän jälkeen olivat vuorossa ensimmäiset välitestit kolmannen tutkimusviikon torstaina tai perjantaina. Mittauksissa suoritettiin samat suorituskykymittaukset kuin esi- ja alkumittauksissa (maksimihapenotto, isometrinen maksimivoima ja staattinen vertikaalihyppy).

Tämän jälkeen tutkittavat suorittivat kahden viikon ylikuormitusjakson, jossa harjoituksia tuli kahden viikon aikana yhdeksän kappaletta. Ylikuormituskauden jälkeen suoritettiin toiset välitestit viidennen tutkimusviikon torstaina tai perjantaina. Testeissä mitattiin samat suorituskykymittaukset kuin aikaisemmin.

Ylikuormituskautta seurasi 11 vuorokauden mittainen herkistelykausi, jonka aikana kaksi eri ryhmää harjoitteli eri tavalla. Harjoitusfrekvenssi oli sama molemmilla ryhmillä, mutta korkean intensiteetin ryhmän (I-ryhmän) harjoittelun volyyymi laski n. 70 %:n perusharjoituskauteen verrattuna ja samalla harjoitusten intensiteetti säilyi entisellä tasolla. Korkean volyymin ryhmä (V-ryhmä) harjoittelun intensiteetti taas laski n. 70 % ja volyyymi eli harjoitusten kesto pysyi perusharjoituskauden tasolla. Herkistelykauden jälkeen suoritettiin loppu-testit seitsemännen tutkimusviikon maanantaina tai tiistaina, joissa tehtiin samat suorituskykytestit ja lisäksi mitattiin koehenkilöiden pituus, paino ja rasvaprosentti. Tutkimusasetelman yleiskuvaus näkyy kuvassa 1.



KUVA 1. Kaavakuva tutkimuksen koasetelmasta

6.3 Harjoittelu

Tutkimuksen aikainen harjoitusfrekvenssi ja harjoitusten rakenne näkyy liitteinä olevissa harjoitusohjelmissä (Liite 1 ja Liite 2). Tutkittavat suorittivat kestävyysharjoittelua kuntopöyrillä. Yksi harjoitus koostui viiden minuutin alkulämmittelystä 50 %:n teholla alkutestien maksimihapenottokykytestissä saavutetusta maksimitehosta, 30 minuutin polkemisesta 70 %:n teholla alkutestien maksimihapenottokykytestissä saavutetusta maksimitehosta sekä viiden minuutin loppuverryttelystä 50 %:n teholla maksimitehosta. Tutkittavia ohjeistettiin pitämään poljinfrekvenssi 70–85 kierroksessa minuutissa ja mieluisan frekvenssin saavuttamaan lisäämään tehoa nostamalla poljinvastusta. Molempien ryhmien harjoittelu oli identtistä perusharjoittelu- ja ylikuormituskaudella. Vain harjoituspäivät olivat eriävät ryhmien välillä. Herkistelykaudella ryhmä I:n harjoittelun intensiteetti säilytettiin 70 %:ssa maksimitehosta, mutta harjoituksen kesto laskettiin 30 minuutista 22 minuuttiin. Ryhmä V:n harjoitusten kesto oli herkistelykaudella identtinen perus- ja ylikuormituskausiin eli 30 minuuttia. Samalla harjoittelun intensiteetti laskettiin 50 %:iin maksimitehosta.

Tutkittavien harjoitusintensiteetit suhteutettiin koko viiden viikon ajan alkutestien maksimihapenottokykytesteissä saavutettuun maksimitehoon, jollei tutkittava saavuttanut yli 10 %:n

parannusta maksimitehossa jommassakummassa välitestissään. Tällaisessa tapauksessa välitestien jälkeiset harjoitustehot suhteutettiin uuteen suurempaan tehoon. Harjoittelun kuormittavuus laskettiin yhtä suureksi ryhmien välillä herkistelykaudella ATU-yksikön avulla (ATU= Aerobic Training Unit) Gormleyn ym. (2008) mukaan. Harjoittelun kuormittavuus saadaan kertomalla harjoitusintensiteetti (tässä tapauksessa prosentit maksimihapenottokyvystä, eli 70 ja 50 %:a) harjoituksen kestolla minuutteina ja harjoitusten viikkofrekvenssillä. Eli $ATU = \%VO_2max * t(min) * fr.$ (Gormley ym. 2008.) Ryhmä I:n ATU herkistelyviikolla oli: $0,7 * 22(min) * 2 = 30,8$. Ryhmä V:n ATU taas vastaavasti oli: $0,5 * 30(min) * 2 = 30$. Alku- ja loppuverryttelyjä ei laskettu harjoituskuormitukseen mukaan.

Tutkittavien täyttämistä harjoituspäiväkirjoista selvisi, että kolmestatoista tutkimuksen läpikäyneestä tutkittavasta yhdeksän suoritti kaikki viisitoista harjoitusta. Neljälle tutkittaville, jotka eivät tehneet kaikkia harjoituksia, jäi väliin yhdestä kolmeen harjoitusta. Näin ollen yhdeksän tutkittavaa suoritti 100 %:a harjoituksista ja loput neljä tutkittavaakin vähintään 80 %:a harjoituksista.

6.4 Mittaukset

Tutkittaville kertyi mittauspäiviä tutkimuksen aikana yhteensä viisi: Esimittaukset, alkumittaukset, kahdet välitestit ja lopputestit. Jokaisena testipäivänä suoritettiin suorituskykymittauksia joihin kuului: Suora maksimihapenottokykytesti pyörällä poljettuna, isometrinen maksimivoima jalkadynamometrissä sekä staattinen vertikaalihyppy. Esimittauksissa ja lopputesteissä mitattiin myös tutkittavien pituus, paino ja rasvaprosentti pihitimittauksella. Testijärjestys mittauspäivinä oli seuraava: 1) antropometriset mittaukset 2) staattinen vertikaalihyppy 3) isometrinen maksimivoima 4) maksimihapenottokykytesti.

Antropometriset mittaukset. Tutkittavien pituus mitattiin rullamitan ja kirjan avulla tutkittavien seistessä ryhdikkäästi seinää vasten. Paino mitattiin henkilövaa'alla ilman kenkiä kevyessä vaatetuksessa. Rasvaprosentin mittaukseen käytettiin neljän ihopoimun mittausmenetelmää (Keskinen ym. 2007, 48–50). Ihopoimut olivat houis-, ojentaja-, lavanalus- ja suo-

liluuhihopoimu. Ihopoimut mitattiin läpi edellä luetellussa järjestyksessä kolme kertaa ja jokaisen ihopoimun kolmen mittauksen keskiarvopaksuus laskettiin. Tämän jälkeen ihopoimujen keskiarvopaksuudet laskettiin yhteen. Rasvaprosentti määritettiin Kuntotestauksen käsikirjan Durnin & Wornley taulukon, ”Rasvaprosentti miehillä eri ikäryhmissä”, avulla (Keskinen ym. 2007, 263).

Staattinen vertikaalihyppy. Ennen vertikaalihyppyä tutkittavat polkivat kuntopyörällä viiden minuutin alkulämmittelyyn. Heitä ohjeistettiin polkemaan hiottavalla intensiteetillä, mutta kuitenkin niin kevyesti, että he pystyisivät puhumaan normaalisti polkemisen aikana. Lämmittelyn jälkeen siirryttiin kontaktimatolle ja suoritettiin yksi lämmittely-/harjoitushyppy. Testihyppyjen aikana tutkittava ohjeistettiin menemään kyykkyyn niin, että polvikulma olisi n. 90 astetta ja odottamaan kunnes mittaaja antoi luvan hypätä. Mittaaja antoi luvan hypätä laskemalla ”yksi, kaksi, HYPPY”, kun koehenkilö oli valmiina ala-asennossa. Tutkittavaa ohjeistettiin pitämään kädet lantioilla koko suorituksen ajan ja tulemaan alas suoriin jaloin. Vähintään yksi mittaaja tarkkaili koehenkilön suoritustekniikkaa ja virheelliset suoritukset hylättiin. Hyppyjen välissä pidettiin yhden minuutin mittainen palautus. Testihyppyjä suoritettiin kolme, jollei tutkittava pystynyt parantamaan kolmannella hypyllään tulosta yli viidellä prosentilla. Tällaisessa tapauksessa suoritettiin lisähyppyä niin kauan kunnes tulos ei parantunut enää yli viittä prosenttia edelliseen hyppyyn verrattuna. Hypyn nousukorkeus laskettiin kaavasta $h=gt^2/8$.

Isometrinen maksimivoima. Vertikaalihypyn jälkeen tutkittavat siirtyivät jalkadynamometrilte. Heidän polvikulmakseen mitattiin 110° esimitauksissa ja penkin etäisyys voimalevystä merkattiin muistiin millin tarkkuudella. Tätä etäisyyttä käytettiin kaikissa seuraavissa mittauksissa. Näin minimoitiin eri mittauskertojen väliltä polvikulman määrittämisestä aiheutuva virhe. Tutkittavat ohjeistettiin istumaan dynamometriin siten, että heidän kanta-päänsä olivat voimalevyn alareunan tasossa ja jalkaterien sisäreunat voimalevyssä olevien teippien kohdalla. Heitä ohjeistettiin pitämään käsillään kiinni käsinojista ja pitämään takapuoli ja alaselkä kiinni penkissä suorituksen aikana. Ennen varsinaisia testisuorituksia tutkittavat tekivät yhden lämmittelysuorituksen, jossa heitä ohjeistettiin tuottamaan n. 80 %:a

maksimivoimastaan. Varsinaisia testisuorituksia tehtiin kolme, jollei tulos parantunut viimeisellä suorituksella yli viittä prosenttia. Tässä tapauksessa toimittiin samoin kuin vertikaalihypyissä. Testisuoritusten välinen palautus oli 3 minuuttia. ”Valmiina”- komennolla tutkittavien tuli vetää keuhkot täyteen ilmaa ja valmistautua tuottamaan voimaa. ”Paina”- komennolla heidän tuli tuottaa niin paljon voimaa, niin nopeasti kuin mahdollista voimalevyä vastaan. Komennolla ”seis” voimantuotto tuli lopettaa. Tutkittavia kannustettiin tuottamaan voimaa niin kauan kunnes tuotettu voima kääntyi laskuun. Suoritukset, joissa oli yli 30 N esikevennystä tai esijännitystä, hylättiin. Vähintään yksi mittaaja tarkkaili tutkittavien suoritustekniikkaa. Kaikkien testisuoritusten maksimivoima otettiin muistiin. Parhaasta suorituksesta määritettiin myös aika, joka kului voimantuoton alusta siihen, että henkilö oli tuottanut 50 %:a maksimivoimastaan. Voimasignaalin käsittelyohjelmana tietokoneella toimi Signal 4.04. Muuta mittauslaitteistoa olivat jalkadynamometri vastusvenymäliuskoineen, goniometri, vahvistin, analogi-digitaalimuunnin, tietokone sekä johdot jalkadynamometrin, vahvistimen, AD-boksin ja tietokoneen välillä.

Suora maksimihapenottokykytesti. Voimatestien jälkeen tutkittavat siirtyivät maksimihapenottokykytestiin. Ennen testien alkua hengityskaasuanalysaattori (Jaeger oxygen mobile, Viasys) kalibroitiin. Hengitystilavuudet kalibroitiin analysaattorin omalla automaattisella kalibroinnilla. Hengityskaasut kalibroitiin kaasupullon, jonka happi- ja hiilidioksidipitoisuus tiedettiin, avulla. Ennen jokaista testattavaa hengitystilavuudet kalibroitiin uudelleen. Testipäivän puolessa välissä hengityskaasuanalysaattori kalibroitiin alusta pitäen kokonaan. Testi suoritettiin Monark839E-polukupyöräergometrillä. Testaajia maksimihapenottokykytestissä oli kaksi. Mittauksen aikana yksi testaaja keskittyi laktaattinäytteiden ottoon, RPE:n kysymiseen ja sykkeen tarkkailuun sekä huolehti kuormien vaihdosta. Toinen testaaja toimi testin johtajana sekä kirjurina ja huolehti ajanotosta. Ennen testin alkua satulan korkeus asetettiin tutkittavalle sopivaksi ja satulan korkeus merkattiin muistiin, jotta korkeus olisi sama eri testauskerroilla. Tutkittava polki kahden minuutin mittaisia kuormia väsymykseen asti. Ensimmäisessä esitestissä aloituskuorma oli kaikilla tutkittavilla sama, 50 wattia, ja kuorman nostot olivat 25 W. Jos tutkittava polki alkutesteissä enemmän kuin 10 täyttä kahden minuutin kuormaa, nostettiin aloituskuormaa seuraaviin testeihin niin, ettei testi kestäisi yli 10

täyttä kuormaa. 1,5 minuutin kohdalla jokaisella kuormalla kysyttiin tutkittavan kuormituneisuus Borgin 6-20 RPE-taulukon avulla (Keskinen ym. 2007, 38–39) ja sykkeen keskiarvo kuorman viimeisen 15 sekunnin ajalta merkattiin muistiin. Testin päättymisaika merkattiin muistiin sekunnin tarkkuudella. Sormenpääverenäytteet maksimilaktaatin mittaamiseksi otettiin heti testin päätyttyä sekä kolmen ja viiden minuutin palautuksen jälkeen. Palautus oli aktiivista, ja se suoritettiin polkemalla aloituskuorman teholla. Testistä analysoidut muuttujat näkyvät taulukosta 2. Maksimihapenottokyky saatiin kahden, hapenkulutukseltaan korkeimman, peräkkäisen puolenminuutin pätkän keskiarvosta. Maksimiteho saatiin helposti korkeimmasta loppuun asti poljetusta kuormasta. Jos kuorma jäi kesken, laskettiin maksimiteho kertomalla 25 Wattia sekuntimäärällä joka kuormaa oli poljettu ja jakamalla tämä 120 sekunnilla. Saatu wattimäärä lisättiin teholtaan suurimman loppuun poljetun kuorman watteihin. (esim. tutkittava X jaksoi polkea 275 watin kuormalla 60 sekuntia, maksimiteho= $[60s * 25W / 120s] + 250W = 262,5W$) Maksimilaktaatti oli kolmesta sormenpääverenäytteestä saatu korkein arvo.

TAULUKKO 2. Suorasta maksimihapenottokykytestistä analysoidut muuttujat

Analysoidut muuttujat	<ul style="list-style-type: none"> - Maksimihapenottokyky, VO_2max, (l/min, ml/kg/min) - Maksimiteho, P_{max}, (W) - Maksimilaktaatti, L_{max}, (mmol/l) - Syke alkutestien 70%P_{max}:lla
-----------------------	--

6.5 Aineiston tilastollinen analyysi

Aineiston tilastollisessa analyysissä käytettiin IBM SPSS 20.0- ohjelmaa. Keskiarvoja ja keskihajontoja laskettiin myös Microsoft Excel 2010- taulukkolaskentaohjelmalla. Tulosten normaalijakautuneisuus testattiin ennen analyysien suorittamista Shapiro-Wilkins-testillä. Ryhmien välistä eroa alkumittauksissa vertailtiin käyttämällä riippumattomien ryhmien välistä t-testiä (independent samples t-test). Ryhmien sisäisiä muutoksia mittausjakson aikana

vertailtiin käyttämällä yksisuuntaista peräkkäisten mittausten varianssianalyysiä. Suhteellisia muutoksia ryhmien välillä tutkittiin riippumattomien ryhmien välisellä t-testillä. Jos jokin muuttuja ei ollut ryhmän sisällä normaalisti jakautunut käytettiin siinä tilanteessa edellä kerrottujen testien non-parametrisia vastineita (Mann-Whitney U-testi, Wilcoxonin testi ja Friedmanin testi). Non-parametrisia testejä käytettiin intensiteetti-ryhmän rasvaprosentin, suorantestin maksimitehon, isometrisen maksimivoiman, voimantuottoajan ja sykkeen analysoinnissa sekä volyyymi-ryhmän kehon massan ja suhteellisen hapenkulutuksen analysoinnissa.

7 TULOKSET

7.1 Antropometriset muuttujat

Kummankaan ryhmän sisällä eikä ryhmien välillä havaittu tilastollisesti merkittäviä eroja kehon massan eikä rasvaprosentin muutoksissa mittausjakson aikana millään välillä. Korkean intensiteetin herkistelyryhmän (Ryhmä-I) kehon massa oli alkutesteissä keskimäärin 75.4 kg ja lopputesteissä 75.5 kg ja rasvaprosentti vastaavasti 17.4 %:a ja 17.2 %:a. Korkean volyymin herkistelyryhmän (Ryhmä-V) kehon massa alkutesteissä oli keskimäärin 84.5 kg ja lopputesteissä 83.3 kg ja rasvaprosentti vastaavasti 18.4 %:a ja 16.6 %:a

7.2 Kestävyysuorituskyky

Ryhmien välillä ei löytynyt merkitseviä eroja alkumittausten tuloksissa missään kestävyysuorituskyvyn muuttujissa. I-ryhmän sisällä havaittiin merkitsevä ero maksimilaktaatissa esi- ja alkumittausten välillä. Muissa muuttujissa ei I-ryhmän sisällä ollut esi- ja alkumittausten välillä merkitseviä eroja. V-ryhmän sisällä syke 70 %:n teholla maksimitehosta erosi esi- ja alkumittausten välillä merkittävästi. Muita merkittäviä eroja esi- ja alkumittausten tulosten välillä V-ryhmässä ei havaittu. Esimittaukset siis osoittivat, että harjoittelematta mitatut muuttujat eivät kehity. Taulukoista 3 ja 4 näkyy molempien ryhmien kootut kestävyysuorituskykymittausten tulokset.

TAULUKKO 3. Intensiteetti-ryhmän kestävyys suorituskyky mittausten tulokset, keskihajonnat ja prosentuaaliset muutokset verrattuna alkumittausten tuloksiin

	Esi	Alku	Väli 1	Väli 2	Loppu
Pmax (W)	256.6±63.8	270.1±33.5	276±37.6	288±36.1	295.5±37.8
%-muutos	-	-	2.1±3.3	6.6±3.2	9.4±3.6
VO ₂ max (ml/kg/min)	41.2±7.1	41.8±7.3	44.2±7.0	44.8±6.3	45.6±6.0
%-muutos	-	-	6.5±5.8	8.3±7.6	10.3±8.3
VO ₂ max (ml/min)	3038±496	3037±539	3265±470	3255±493	3388±426
LaMax (mmol/l)	14.7±2.0	12.6±1.8	13.3±3.1	13.7±2.4	14.3±1.5
%-muutos	-	-	5.2±17.2	8.5±10.7	14.8±16.9
Syke 70 %:a	177±11.5	169.9±5.2	167.1±6.7	160±6.8	163±8.4
%-muutos	-	-	-1.6±2.6	-5.8±3.4	-4.0±4.7

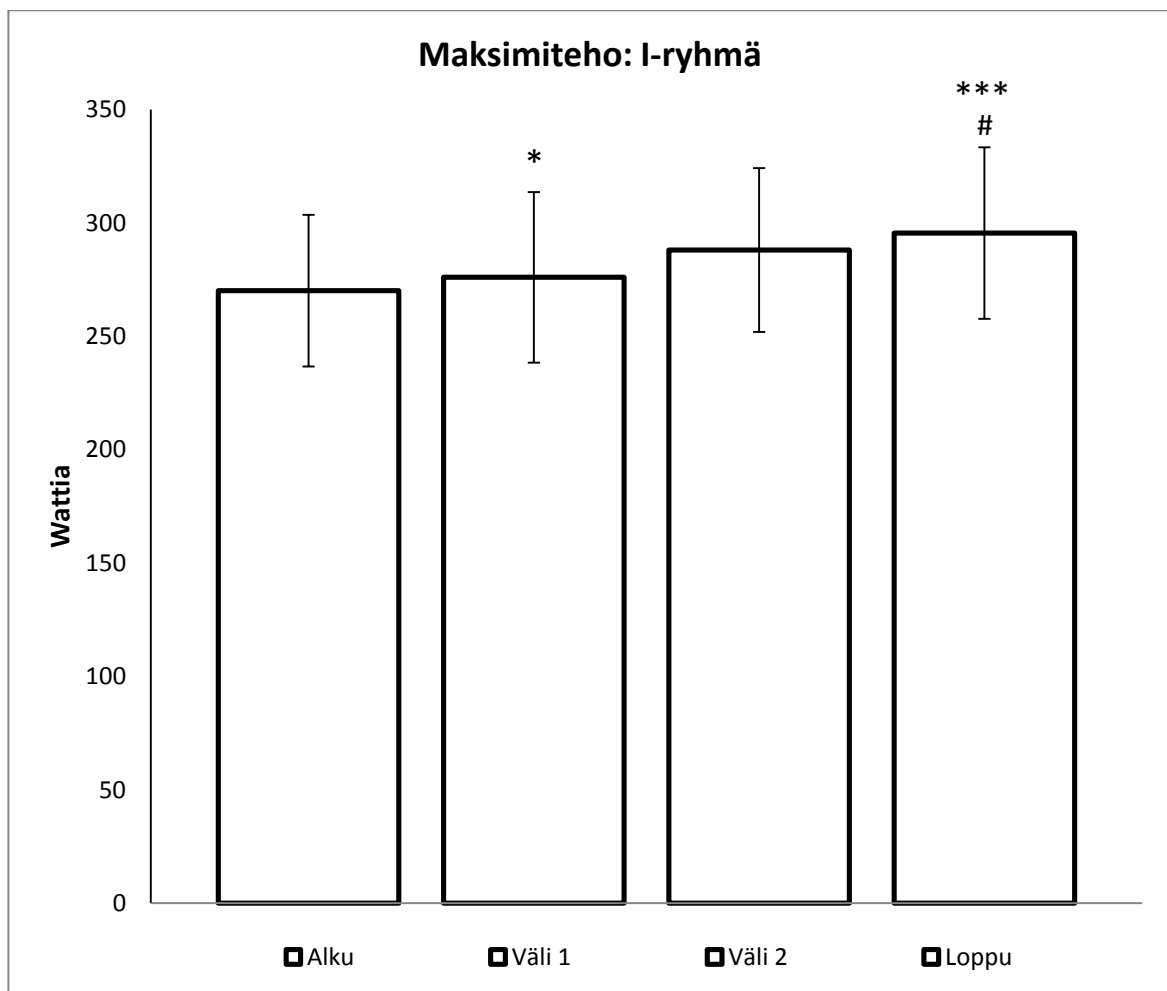
Esi= esimitaukset, Alku= Alkumittaukset, Väli 1= perusharjoittelukauden jälkeiset mittaukset, Väli 2= ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, Loppu= loppu/herkistelykauden jälkeiset mittaukset, Pmax= suoran testin maksimiteho, LaMax= Suoran testin maksimilaktaatti

TAULUKKO 4. Volyyymi-ryhmän kestävyys suorituskyky mittausten tulokset, keskihajonnat sekä prosentuaaliset muutokset verrattuna alkumittausten tuloksiin

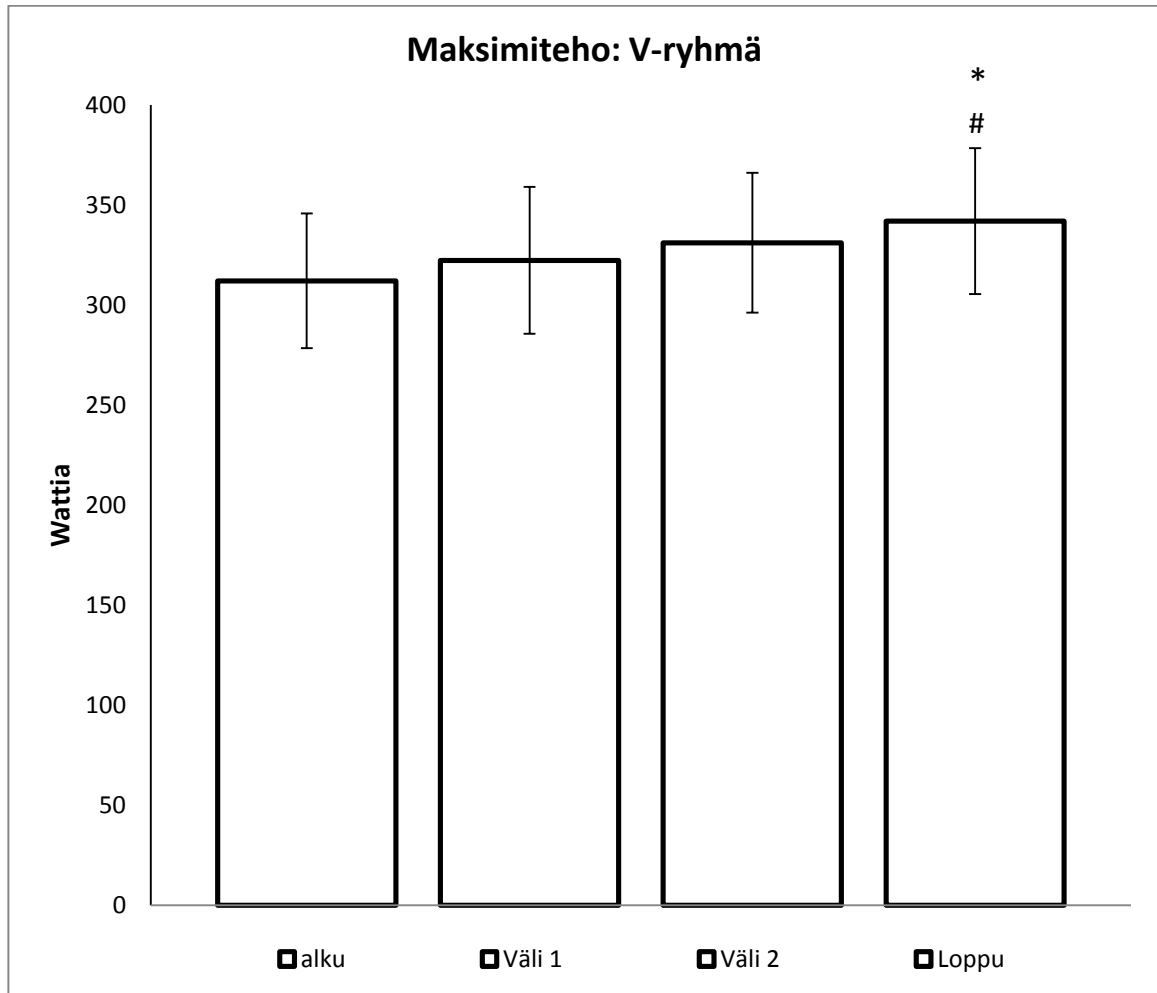
	Esi	Alku	Väli 1	Väli 2	Loppu
Pmax (W)	304.8±30.6	312.1±33.7	322.3±36.7	331.1±34.9	341.9±36.5
%-muutos	-	-	3.2±2.2	5.2±4.0	9.6±3.2
VO ₂ max (ml/kg/min)	45.2±4.2	44.3±3.8	46.3±3.6	46.1±3.7	45.7±4.4
%-muutos	-	-	4.8±3.9	4.2±4.8	3.1±4.7
VO ₂ max (ml/min)	3839±381	3764±470	3903±433	3862±414	3823±441
LaMax (mmol/l)	13.9±2.4	13.1±2.8	13.7±1.7	12.6±1.0	13.6±2.6
%-muutos	-	-	8.2±24.1	2.2±37.4	8.7±36.4
Syke 70 %:a	164.6±6.6	156.2±4.9	154±8.6	149.6±5.6	150±9
%-muutos	-	-	-1.5±3.0	-4.2±1.2	-4.0±2.9

Esi= Esimitaukset, Alku= Alkumittaukset, Väli 1= perusharjoitte-lukauden jälkeiset mittaukset, Väli 2= ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, Loppu= loppu/herkistelykauden jälkeiset mittaukset, Pmax= suoran testin maksimiteho, LaMax= Suoran testin maksimilaktaatti

Suoran testin maksimiteho parani I-ryhmällä tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) alkumittauksista loppumittauksiin, sekä merkitsevästi ($p < 0.05$) ensimmäisistä välimittauksista loppumittauksiin. Harjoitusjakso siis paransi I-ryhmän kestävyysuorituskykyä kokonaisuudessaan (Kuva 2). V-ryhmän maksimiteho parani merkitsevästi alku- ja lopputestien, mutta myös ylikuormituskauden jälkeisten testien (väli 2) ja lopputestien välillä ($p < 0.05$). Näin ollen V-ryhmän kestävyysuorituskyky parani kokonaisuudessaan harjoitusjakson aikana, mutta myös herkistelyjakson aikana (Kuva 3). Maksimitehon kehittymisessä ei havaittu ryhmien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja tutkimusjakson aikana.

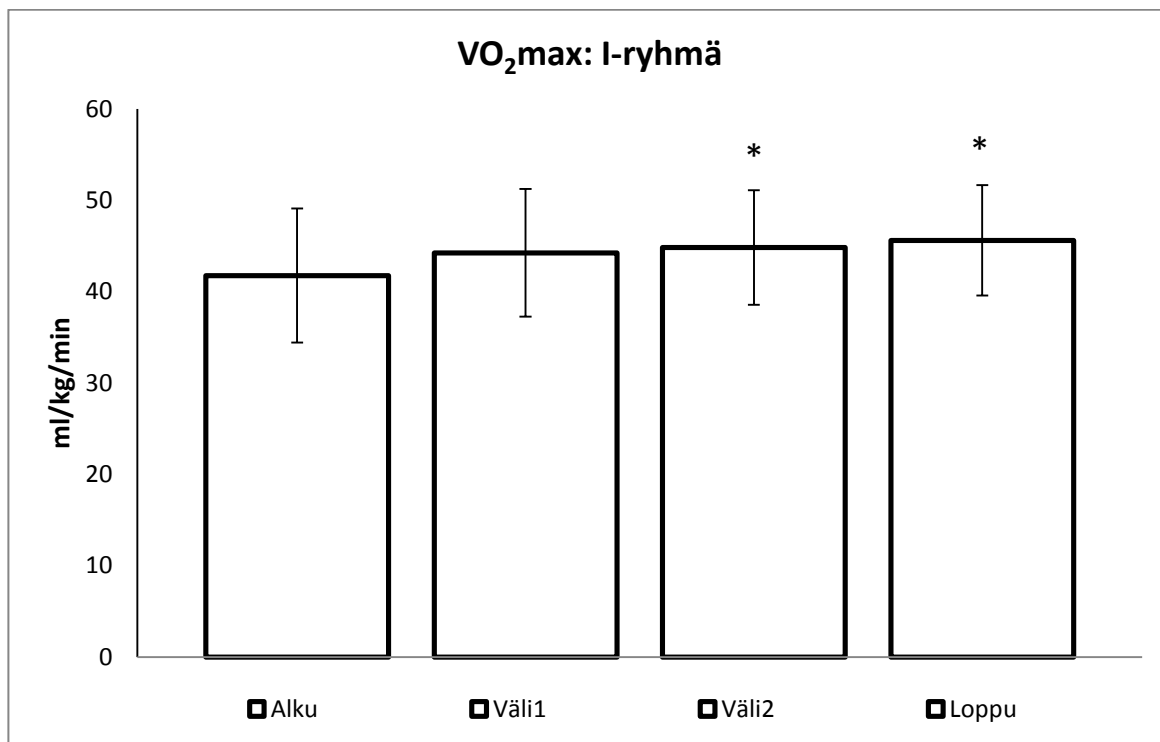


KUVA 2. Intensiteetti-ryhmän suoran testin maksimiteho. * = $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero alkumittauksiin verrattuna, *** = $p < 0.001$ tilastollisesti erittäin merkitsevä ero alkumittauksiin nähden, # = $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero ensimmäisiin välitesteihin verrattuna

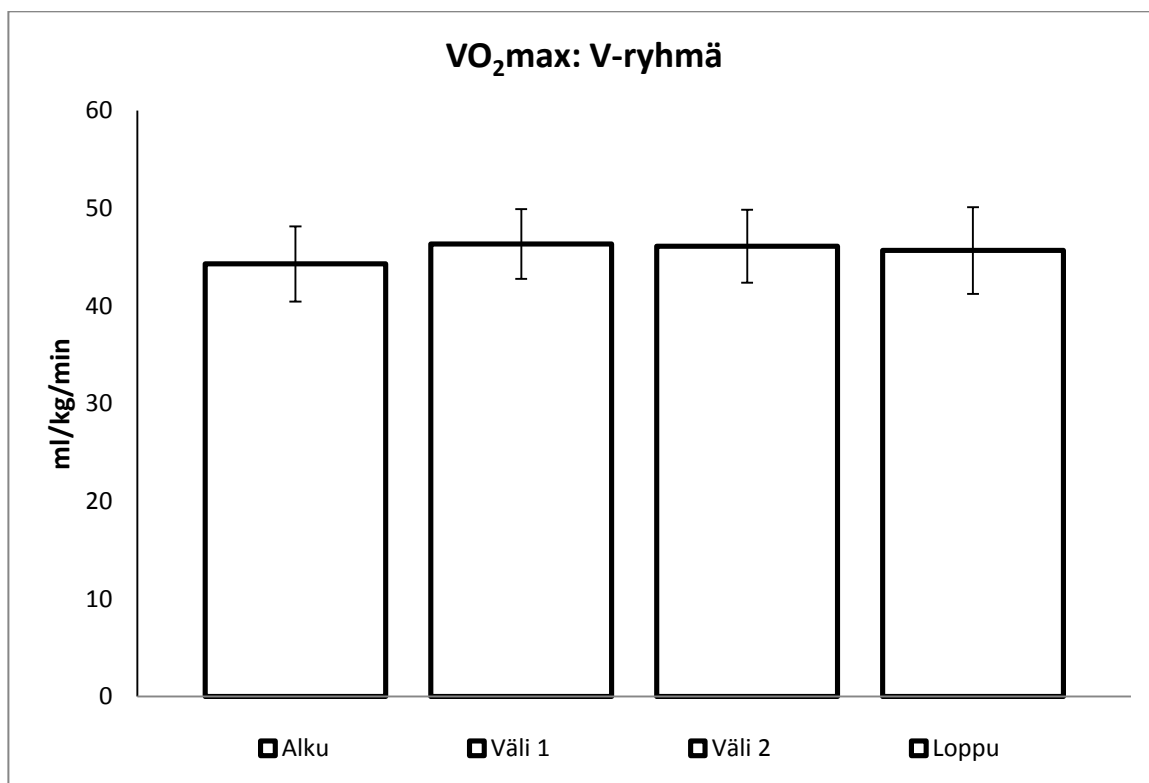


KUVA 3. Volyymi-ryhmän suoran testin maksimiteho. * = $p < 0,05$ tilastollisesti merkitsevä ero alkutesteihin verrattuna, # = $p < 0,05$ tilastollisesti merkitsevä ero toisiin välitesteihin verrattuna

Suhteellinen maksimihapenotto parani I-ryhmällä tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) alku- ja loppumittausten sekä alkumittausten ja ylikuormituskauden jälkeisten mittausten (väli 2) välillä (Kuva 4). V-ryhmä ei parantanut kehon massaan suhteutettua hapenottoa tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjakson aikana (Kuva 5). Ryhmien välillä ei havaittu merkittäviä eroja maksimihapenoton kehittämisessä tutkimusjakson aikana.

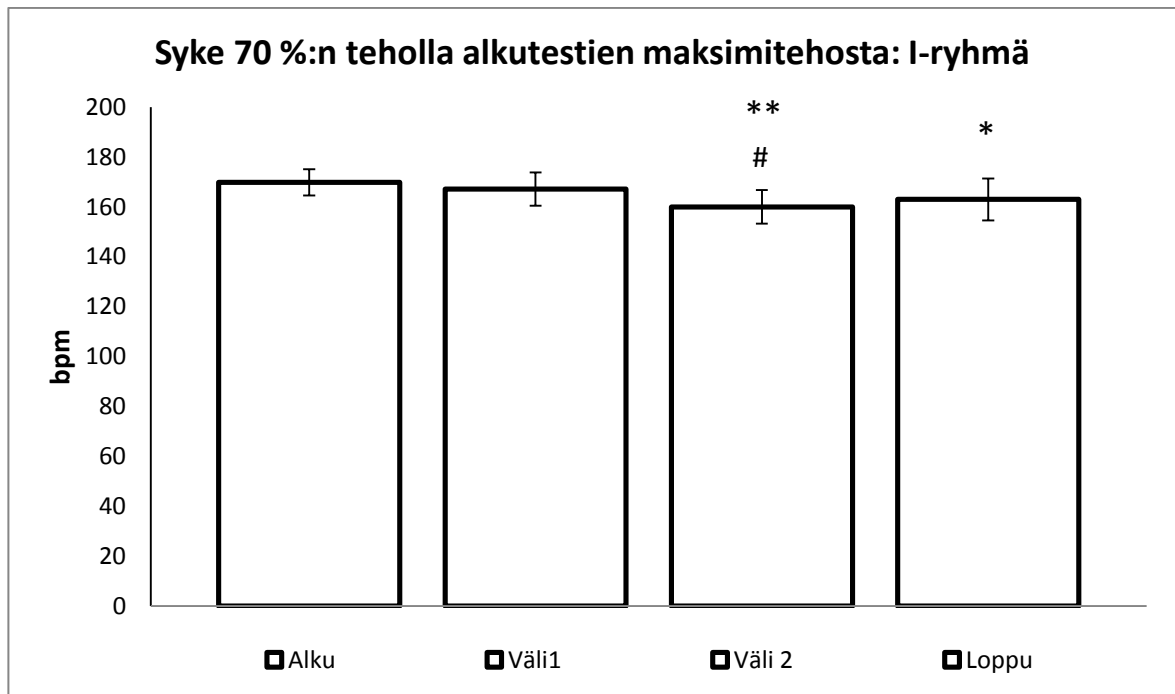


KUVA 4. Ryhmä-I:n kehon massa suhteutettu maksimihapenottokyky. * = $p < 0,05$ tilastollisesti merkitsevä ero alkutesteihin verrattuna

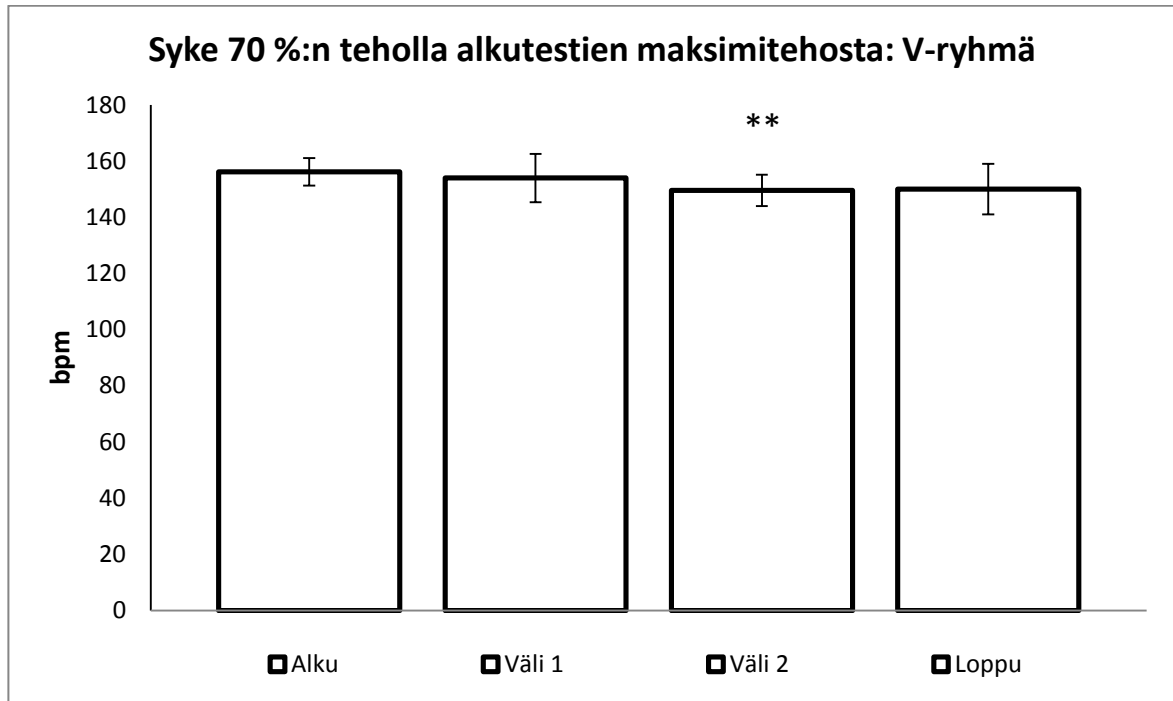


KUVA 5. Ryhmä-V:n kehon massa suhteutettu maksimihapenottokyky.

Syke 70 %:n teholla alkumittausten maksimitehosta. I-ryhmän syke laski tilastollisesti hyvin merkitsevästi ($p<0.01$) alkutestien ja ylikuormituskauden jälkeisten testien (väli 2) välillä. Myös alku- ja lopputestien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($p<0.05$) (Kuva 6). V-ryhmän syke laski tilastollisesti hyvin merkittävästi ($p<0.01$) alkumittausten ja ylikuormituskauden jälkeisten mittausten (väli 2) välillä (Kuva 7). Sykkeen kehittämisessä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä.



KUVA 6. Ryhmä I:n syke 70 %:n teholla alkutestien maksimitehosta. * = $p<0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero alkutesteihin verrattuna, ** = $p<0.01$ tilastollisesti hyvin merkitsevä ero alkutesteihin verrattuna, # = $p<0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero toisiin välitesteihin verrattuna



KUVA 7. Ryhmä V:n syke 70 %:n teholla alkutestien maksimitehosta. ** = $p < 0,01$ tilastollisesti hyvin merkitsevä ero alkumittauksiin verrattuna

Absoluuttisessa maksimihapenotto- ja maksimilaktaatissa ei havaittu tilastollisesti merkittäviä muutoksia kummankaan ryhmän sisällä tutkimusjakson aikana. Ryhmien välillä ei myöskään havaittu tilastollisesti merkittäviä eroja absoluuttisen hapenotto- tai maksimilaktaatin kehityksessä.

7.3 Hermolihasjärjestelmän suorituskyky

Ryhmien väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja alkumittausten tuloksissa missään hermolihasjärjestelmän muuttujassa. Myös kummankaan ryhmän sisällä esi- ja alkumittausten välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja missään voimamuuttujassa. Esimittaus siis osoitti, etteivät mitatut muuttujat kehity ilman harjoittelua. Molempien ryhmien voimamittausten tulokset ja prosentuaaliset kehitykset verrattuna alkutesteihin näkyvät taulukoista 5 ja 6.

TAULUKKO 5. I-ryhmän voimamittausten tulokset sekä prosentuaaliset muutokset verrattuna alkumittauksiin

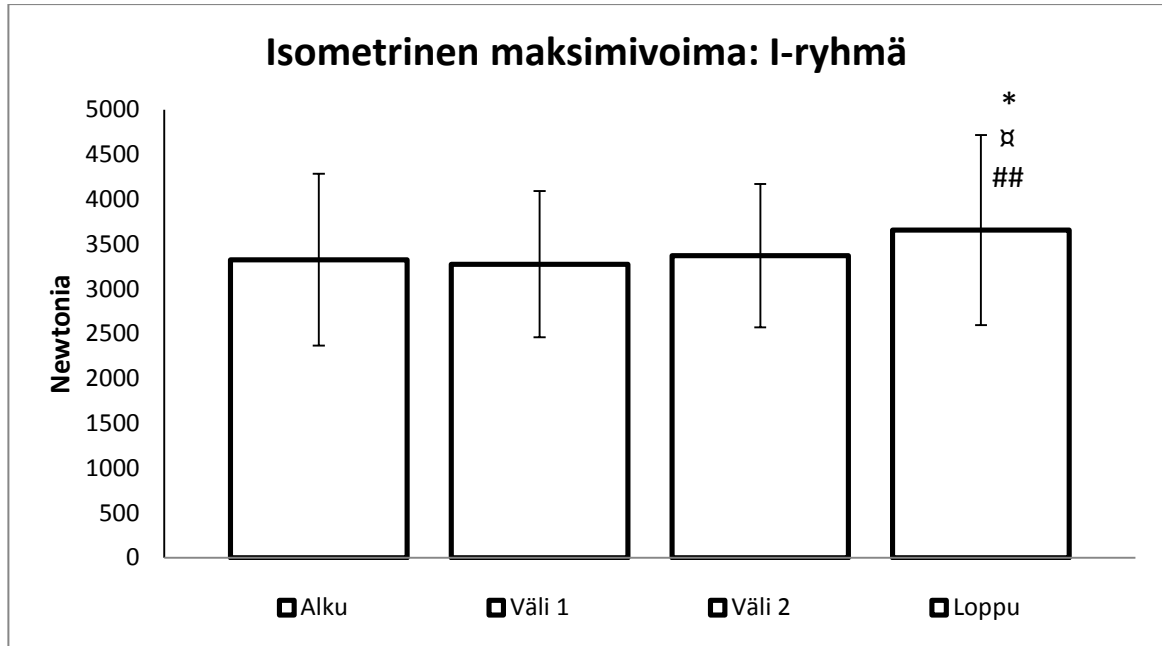
	Esi	Alku	Väli 1	Väli 2	Loppu
Maksimivoima (Newtonia)	3275±1032	3326±959	3277±815	3372±800	3657±1061
%-muutos	-	-	-0.6±5.3	2.7±10.0	10.3±8.9
Voimantuottoaika (s)	0.337±0.209	0.295±0.220	0.312±0.170	0.378±0.311	0.347±0.260
Staattinen hyppy (cm)	33.5±5.4	33.6±5.3	35.1±5.3	33.3±5.3	35.1±5.4
%-muutos	-	-	4.5±4.1	-0.9±4.6	4.4±4.7

TAULUKKO 6. V-ryhmän voimamittausten tulokset sekä prosentuaaliset muutokset verrattuna alkumittauksiin

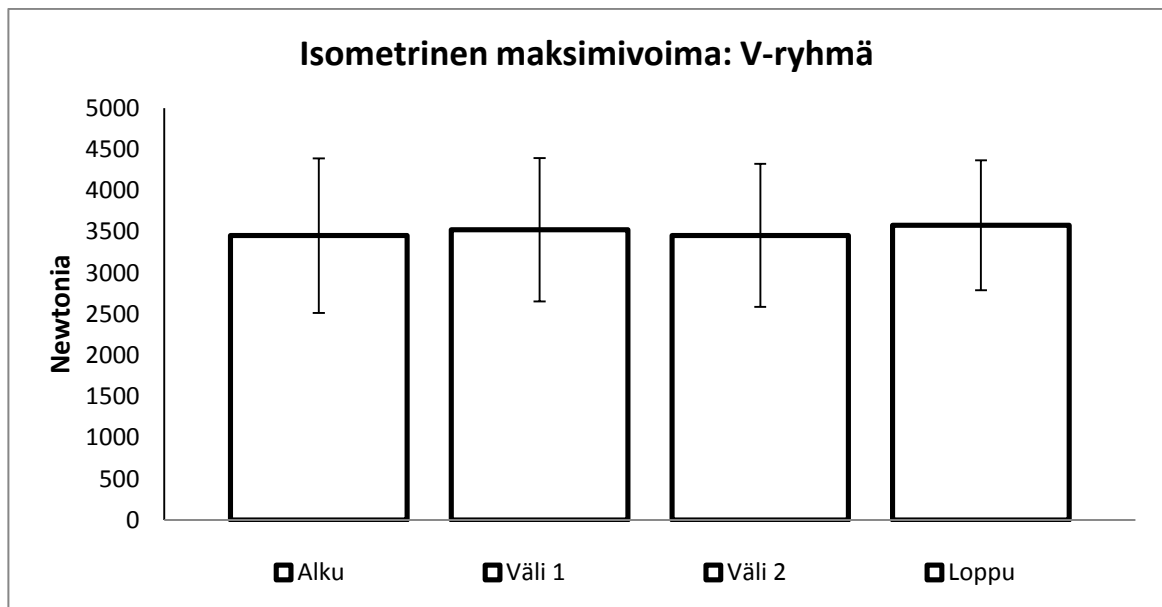
	Esi	Alku	Väli 1	Väli 2	Loppu
Maksimivoima (Newtonia)	3389±989	3452±937	3524±872	3455±867	3577±788
%-muutos	-	-	2.7±4.0	0.8±9.6	4.9±8.6
Voimantuottoaika (s)	0.144±0.042	0.131±0.025	0.146±0.032	0.149±0.048	0.138±0.037
Staattinen hyppy (cm)	33.9±3.8	34.6±3.9	35.4±2.7	33.9±5.0	35.4±4.1
%-muutos	-	-	2.6±4.9	-2.3±7.8	2.6±4.4

Isometrinen maksimivoima jalkadynamometrissä kehittyi I-ryhmällä tilastollisesti merkitsevästi ($p<0.05$) alku- ja loppumittausten välillä sekä ylikuormituskauden jälkeisten mittausten (väli 2) ja loppumittausten välillä. Ensimmäisten välimittausten ja loppumittausten välillä havaittiin hyvin merkitsevä ($p<0.01$) kehitys isometrisessä maksimivoimassa. I-ryhmä siis paransi isometristä maksimivoimaansa koko mittausjakson aikana, mutta myös herkisteilyjakson aikana (Kuva 8). V-ryhmän sisällä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja min-

kään mittauspisteiden välillä (Kuva 9). Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja isometrisen maksimivoiman kehitymisessä tutkimusjakson aikana.



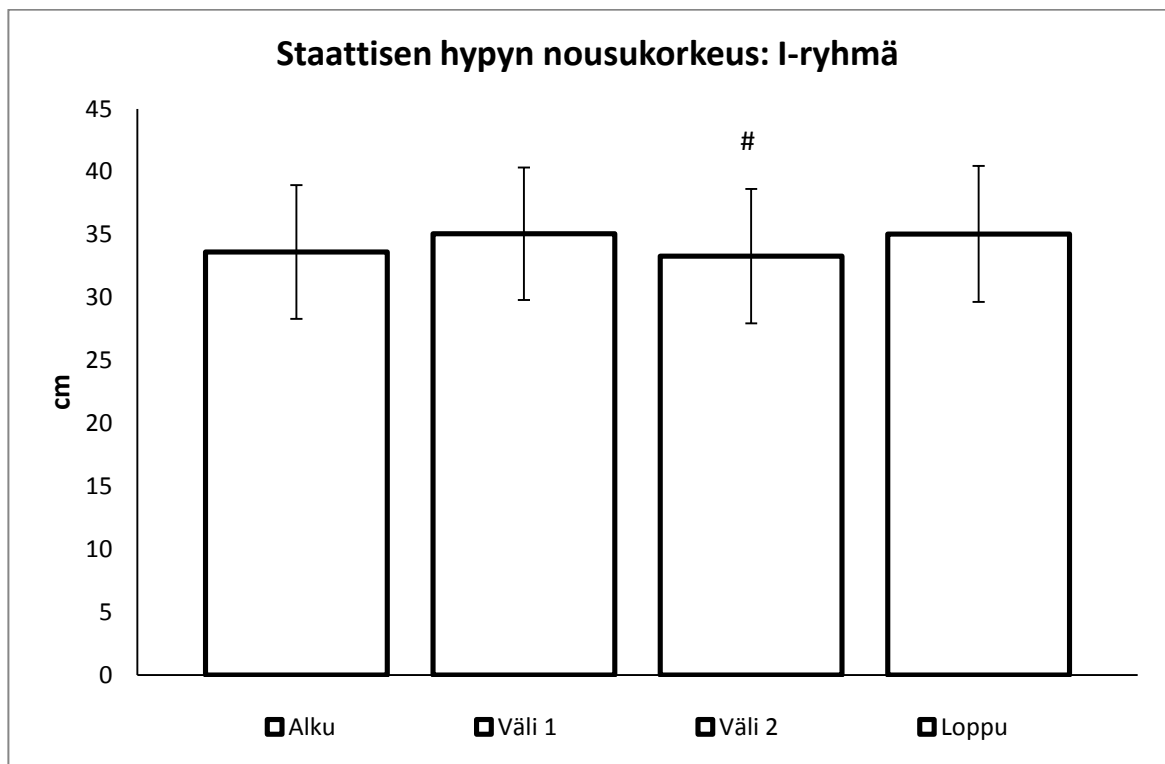
KUVA 8. Ryhmä I:n isometrinen maksimivoima. * = $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero alkutesteihin verrattuna, $\#$ = $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero toisiin välitesteihin verrattuna, ## = $p < 0.01$ tilastollisesti hyvin merkitsevä ero ensimmäisiin välitesteihin verrattuna.



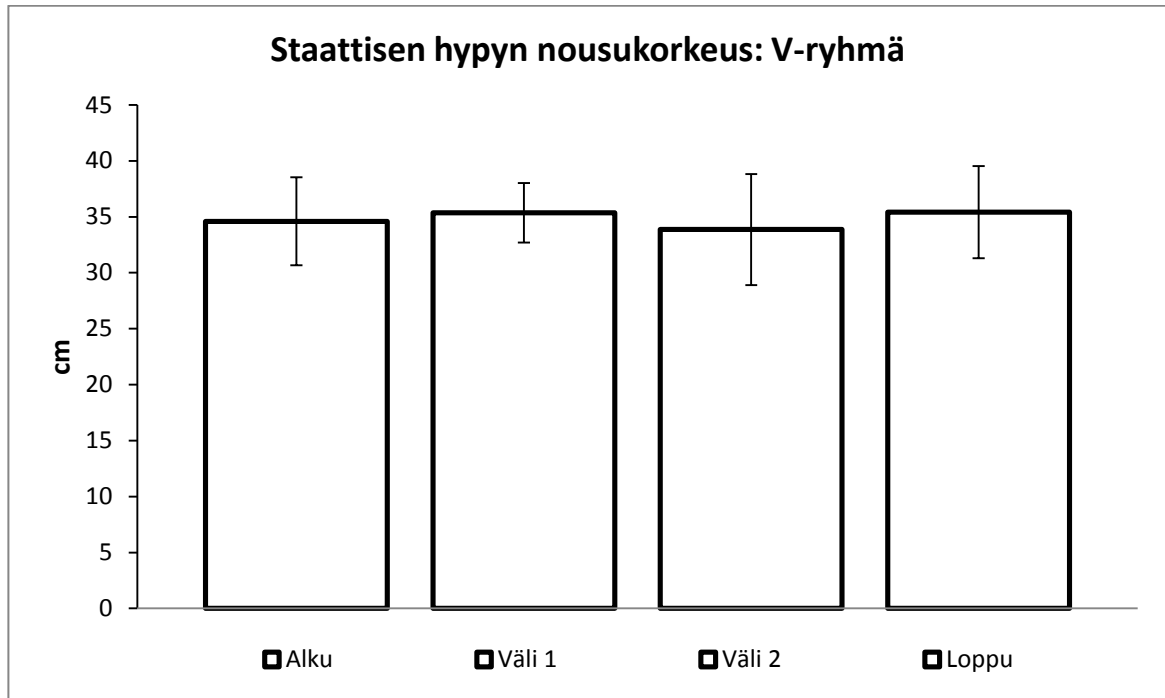
KUVA 9. Ryhmä V:n isometrinen maksimivoima.

Voimantuottoajassa jalkadynamometrissä ei havaittu kummankaan ryhmän sisällä tilastollisesti merkitseviä muutoksia tutkimusjakson aikana. Myöskään ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja voimantuottoajan kehityksessä.

Staattisen hypyn nousukorkeudessa havaittiin I-ryhmällä tilastollisesti merkitsevä heikkeneminen ($p < 0.05$) ensimmäisten välimittausten ja ylikuormituskauden jälkeisten mittausten (väli 2) välillä. Lisäksi I-ryhmällä havaittiin lähes tilastollisesti merkitsevä paraneminen ($p = 0.085$) ylikuormituskauden jälkeisten mittausten ja loppumittausten välillä (Kuva 10). V-ryhmällä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia staattisen hypyn nousukorkeudessa mittaussjakson aikana (Kuva 11). Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja staattisen hypyn nousukorkeuden kehittymisessä mittaussjakson aikana.



KUVA 10 Ryhmä I:n Staattisen hypyn nousukorkeus. # = $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero ensimmäisiin välitesteihin verrattuna



KUVA 11 Ryhmä V:n Staattisen hypyn nousukorkeus

7.4 Koko ryhmän tarkastelu

Kun ryhmät yhdistetään ja tarkastellaan koko ryhmän sisällä tapahtuneita muutoksia alku- ja lopputestien välillä (Alku-Loppu), havaitaan, että maksimiteho suorassa testissä on kasvanut tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) viiden viikon kestävyysharjoittelun seurauksena. Suhteellinen maksimihapenottokyky (ml/kg/min) on kasvanut ja syke 70 %:n teholla puolestaan laskenut merkitsevästi ($p < 0.05$) harjoitusjakson aikana koko ryhmällä. Absoluutisessa hapenkulutuksessa (ml/min) ja maksimilaktaatissa ei löytynyt merkitseviä eroja alku- ja lopputestien välillä. Koko ryhmän hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn kehittymistä tarkasteltaessa havaitaan, että ainoastaan isometrinen maksimivoima on kasvanut merkitsevästi ($p < 0.05$) kuntopyörällä suoritettujen kestävyysharjoittelun seurauksena. Vaikka staattisen hypyn nousukorkeus on koko ryhmää tarkasteltaessa noussut tutkimuksen aikana keskimäärin yli sentin, ei tämä nousu ole tilastollisesti merkitsevä. Myöskään isometrisen maksimivoiman voimantuottoajassa ei havaittu merkitseviä muutoksia alku- ja lopputestien välillä.

Koko ryhmän edellä lueteltujen muuttujien alku- ja lopputestien tulokset sekä testien väliset merkitsevyydet näkyvät taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Koko ryhmän alku- ja lopputestien suorituskykymittausten tulosten keskiarvot ja -hajonnat sekä tilastolliset merkitsevyydet

	Alkutestitulostulos (Alku)	Lopputestitulostulos (Loppu)
Pmax (W)	288±39	315±43 ***
VO ₂ max (ml/kg/min)	42.8±6.0	45.6±5.2 *
VO ₂ max (ml/min)	3340±616	3569±469
LaMax (mmol/l)	12.8±2.2	14.0±2.0
Syke 70% (bpm)	164.2±8.5	157.6±10.6 *
Maksimivoima (N)	3384±911	3620±908 *
Voimantuottoaika (s)	0.219±0.178	0.251±0.215
Staattinen hyppy (cm)	34.1±4.6	35.2±4.7

* = $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä ero mittausten välillä, *** = $p < 0.001$ tilastollisesti erittäin merkitsevä ero mittausten välillä

8 POHDINTA

8.1 Päälöydös ja vastaukset tutkimuskysymyksiin

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää kumpi herkistelytapa, korkean vai matalan intensiteetin, on tehokkaampaa kestävyys- ja suorituskyvyn maksimoimiseksi ylikuormituskauden jälkeen. Tutkimuksen toinen tarkoitus oli selvittää viiden viikon, kuntopyörällä suoritettua, kestävyys- ja suorituskyvyn vaikutuksia nuorten miesten kestävyys- ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn. Tämän tutkimuksen perusteella herkistelytapojen välillä ei havaittu eroa. Viiden viikon kuntopyörällä suoritettu kestävyys- ja suorituskyvyn paransi tutkittavien suorantestin maksimitehoa erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$), myös maksimihapenottokyky, suorituksen taloudellisuus ja isometrinen maksimivoima kehittyivät tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

Kumpi herkistelytapa, korkea volyyymi ja matala intensiteetti vai korkea intensiteetti ja matala volyyymi, aiheuttaa suuremman kestävyys- ja suorituskyvyn nousun suunnitellun ylikuormituskauden jälkeen? Tämä oli tutkimuksen ensimmäinen tutkimuskysymys. Korkean intensiteetin ylläpitäminen herkistelyn aikana on havaittu kirjallisuuden mukaan tärkeäksi herkistelyn onnistumisen kannalta (Bosquets ym. 2007). Siksi hypoteesina oli, että korkean intensiteetin ja matalan volyymin herkistely aiheuttaa suuremman suorituskyvyn nousun. Tulosten perusteella hypoteesi kumoutui. Tämän tutkimuksen perusteella ei selkeästi voida vastata, kumpi herkistelytapa oli parempi. Ryhmien suhteellista kehittymistä tarkasteltaessa ei ryhmien väliltä löydetty tilastollisesti merkitseviä eroja ylikuormitus- ja herkistelykauden välillä millään suorituskykykuuntajalla. Kärjistäen sanottuna tässä tutkimuksessa oli siis sama harjoitteliko henkilö herkistelykaudella korkealla vai matalalla intensiteetillä. Ryhmät harjoittelivat saman ohjelman mukaisesti ensimmäiset neljä viikkoa ja vain herkistelyviikolla ryhmien harjoittelu erosi. Voi olla, että herkistelyn aikainen harjoittelu ei eronnut ryhmien välillä riittävästi erojen luomiseksi. Vaikka ryhmien harjoitusten intensiteetit ja volyymit

erosivatkin herkistelykaudella, täytyy muistaa, että molempien ryhmien harjoitusvolyymi laski ylikuormituskauteen verrattuna jo sen takia, että harjoitusmäärät laskivat keskimäärin 4,5 harjoituksesta per viikko kahteen. Näin ollen voidaan sanoa, että molempien ryhmien harjoittelun volyymi oli matala verrattuna ylikuormituskauteen. Vain kahdella toisistaan poikkeavalla harjoituksella ei luultavasti saatu tarpeeksi voimakasta ärsyke-eroa aikaiseksi ja adaptaatiot ovat olleet sen seurauksena samanlaisia molemmilla ryhmillä. Jos ryhmät olisivat harjoitelleet esimerkiksi 4 kertaa herkistelyviikon aikana, olisi harjoitusten intensiteetti-volyymiero voinut tulla tuloksissa paremmin esille.

Molemmilla ryhmillä ainoastaan yksi muuttuja kehittyi tilastollisesti merkitsevästi ylikuormitus- ja herkistelykauden välillä. I-ryhmällä parani isometrinen maksimivoima ja V-ryhmällä vastaavasti suoran testin maksimiteho. Tämä kertoo siitä, ettei harjoittelun kevenyksestä ole seurannut tavoiteltua superkompensaatioefektiä. Tämä puolestaan voi olla seurausta siitä, että suunniteltu ylikuormituskausi ei loppujen lopuksi aiheuttanut koehenkilöissä ylikuormitusta. Suoran testin maksimiteho on kasvanut molemmilla ryhmillä ylikuormituskauden aikana (Kuvat 2 ja 3). Juuri lasku suorituskyvyssä olisi merkki ylikuormitustilan saavuttamisesta (Halson & Jeukendrup, 2004). Kun tarkastellaan tuloksia yksilötasolla, vain yhdellä tutkittavalla kolmestatoista on suoran testin maksimiteho heikentynyt ylikuormitusjakson jälkeen. Näin voidaankin hyvin sanoa, että ylikuormituskausi muodostui tässä tutkimuksessa paremmin sanottuna tehostetun harjoittelun kaudeksi. Herkistely ei mahdollisesti sen takia aiheuttanut niin suurta suorituskyvyn kehittymistä kuin oli suunniteltu. Staattisen hypyn nousukorkeuden kehityksestä (Kuvat 10 ja 11) voidaan päätellä, että ylikuormituskauden myötä koehenkilöille on saatu aikaan hermolihasjärjestelmään väsymystä, joka herkistelyn myötä on hävinnyt. Tämä väsymys ei kuitenkaan ole ollut riittävää vaikuttaakseen kestävyys suorituskykyyn. Ylikuormitustilan aikaansaamiseksi olisi harjoitusrasitusta pitänyt ylikuormituskaudella lisätä enemmän joko pidentämällä harjoituksia, harjoitusfrekvenssiä kasvattamalla tai pidentämällä ylikuormituskautta esimerkiksi viikolla. Vertailun vuoksi Berger ym. (1999) eivät saaneet ylikuormitustilaa aikaiseksi kovakuntoisille kilpapyöräilijöille ($VO_2\text{peak}=63\text{ ml/kg/min}$) kolmen viikon ylikuormitusjaksolla, jolla harjoitusmäärä oli 200 %:a verrattuna perusharjoittelukauteen (Berger ym. 1999). On myös hyvä ottaa huomi-

oon McNeelin & Sandlersin (2007) ohjeistus, jonka mukaan kestävyysurheilijat, jotka harjoittelevat vähemmän kuin neljä tuntia viikossa, eivät hyödy erillisestä herkistelystä. Neljän tunnin harjoittelu viikossa ei ole riittävää väsymyksen kasautumiselle kehoon. Tällaisessa tapauksessa urheilijalle riittää parin päivän lepo ennen kisaa tai testiä suorituskyvyn maksimoimiseksi. (Mcneely & Snadlers, 2007.) Tässä tutkimuksessa tutkittavina ei kuitenkaan ollut kestävyysurheilijoita, joten voidaan olettaa heidän harjoittelun sietokykynsä olevan matalammalla tasolla kuin urheilijoilla. Siksi herkistelystä olisi voinut olla heille hyötyä, vaikkei harjoitusmäärä ylittänyt tuota neljää tuntia viikossa.

On kuitenkin hyvä muistaa, että kirjallisuuden mukaan herkistelyn seurauksena voidaan odottaa urheilijalle noin 3 %:n suorituskykyparannusta (Mujika & Padilla, 2003). Tässä tutkimuksessa korkeanintensiteetin ryhmä (ryhmä-I) paransi keskimäärin 2,7 %:a ja matalan intensiteetin ryhmä (ryhmä-V) keskimäärin 3,3 %:a suoran testin maksimitehoa ylikuormituskauden ja herkistelykauden välillä. Yksilötasolla tarkasteltuna 13 tutkittavasta vain yhdellä suorantestin maksimiteho heikkeni ja kaikilla lopuilla kahdellatoista tutkittavalla maksimiteho kasvoi. Näin ollen tämän tutkimuksen herkistelykautta voidaan pitää kokonaisuutena melko onnistuneena, vaikkei herkistelyprotokollien välille saatu merkitseviä eroja.

Jos kuitenkin toinen herkistelytavoista pitäisi valita paremmaksi, olisi vastaus korkean intensiteetin herkistely. Tämä siksi, että korkean intensiteetin ryhmällä (I-ryhmä) maksimihaapenottokyvyssä on jatkunut positiivinen, ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä, kehitys herkistelykauden jälkeen, kun taas matalan intensiteetin ryhmän (V-ryhmä) maksimihaapenottokyky on tasaantunut ja kääntynyt jopa hieman laskuun (Kuvat 4 ja 5). Samalla molempien ryhmien suoran testin maksimiteho on kehittynyt samaa tahtia. Tämä kehitys tukee aikaisemman kirjallisuuden kantaa, jonka mukaan korkeaintensiivinen harjoittelu herkistelyn aikana ylläpitää maksimikestävyysominaisuuksia matalaintensiteettistä harjoittelua paremmin (Mujika & Padella, 2003). Korkean intensiteetin ryhmän isometrinen maksimivoima kasvoi merkitsevästi herkistelyn myötä. Tämä on myös ero verrattuna korkean volyymin ryhmään, joiden isometrinen maksimivoima kasvoi, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi, herkistelyn myötä.

Toisessa tutkimuskysymyksessä etsittiin vastausta siihen, miten yhteensä viiden viikon mittainen kuntopyörällä suoritettu kestävyysharjoittelu vaikuttaa liikunnallisesti aktiivisten nuorten miesten kestävyys suorituskykyyn, maksimihapenottokykyyn, taloudellisuuteen ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn, kun harjoitusintensiteetti on n. 70 %:a VO_2max :sta. Hypoteeseina taloudellisuuden lähellä harjoitusintensiteettiä sekä suoran testin maksimitenon odotettiin paranevan ilman maksimihapenottokyvyn nousua (Jones & Carter, 2000). Myös isometrisen maksimivoiman odotettiin nousevan, mutta nopeusvoimaominaisuuksien pysyvän ennallaan tai heikkenevän harjoittelun seurauksena (Tabata ym. 1990). Toisen tutkimuskysymyksen hypoteesit toteutuivat lukuun ottamatta maksimihapenottokykyä. Tässä tutkimuksessa maksimihapenottokyky kehittyi tilastollisesti merkitsevästi viidessä viikossa. Esimerkiksi myös Carter ym. (1999) havaitsivat merkitsevän nousun maksimihapenottokyvyssä ($47,9 \pm 8,4$:sta $52,2 \pm 2,7$:ään ml/kg/min) kuuden viikon, aerobisella kynnyksellä suoritettun, kestävyysharjoittelun jälkeen nuorilla liikuntatieteen opiskelijoilla (Carter ym. 1999). Tässä tutkimuksessa maksimihapenoton kasvu johtui luultavasti sydämen iskutilavuuden kasvusta. Tämä voidaan päätellä sykkeen laskusta submaksimaalisella teholla suorassa maksimihapenottokyvyn testissä. Bassett & Howley (2000) sanovat, että iskutilavuuden nousu on merkittävin reitti, jonka kautta maksimihapenottokyky kasvaa kestävyysharjoittelun myötä (Bassett & Howley 2000). Ei-kestävyysurheilijoilla iskutilavuus saavuttaa maksiminsa 40–60 %:n teholla maksimihapenotosta ja tasaantuu sen jälkeen tai kääntyy jopa laskuun korkeilla intensiteeteillä, kun taas urheilijoilla iskutilavuus voi jatkaa kasvuaan aina maksimihapenoton saavuttamiseen asti (Wilmore ym. 2008, 164-166). McDougallin & Digbyn (1981) mukaan puolestaan sydämen suurin supistusvoima saavutetaan noin 75 %:n teholla maksimihapenottokyvystä. Tässä tutkimuksessa harjoitusteho oli 70 %:a maksimihapenottokyvystä. Näin ollen, ottaen huomioon tutkittavajoukon kestävyysharjoittelutaustan, harjoitusintensiteetti on ollut melko optimaalinen sydämen supistusvoiman ja iskutilavuuden kasvattamiseksi. Tutkittavat olivat suorittaneet ennen lopputestejä myös yhteensä neljä suoraa maksimihapenottokykytestiä. Testejä voidaan pitää maksimikestävyysharjoituksina ja usean testin suorittaminen on voinut vaikuttaa tutkittavien maksimihapenoton kehitykseen.

Suoran testin maksimiteho parani erittäin merkitsevästi alku- ja lopputestien välillä. Muita testituloksia tarkastelemalla maksimitehon kasvu selittynee taloudellisuuden paranemisella, hermolihasjärjestelmän toimintakyvyn (erityisesti maksimivoimaominaisuuksien), sekä maksimihapenottokyvyn kehittymisellä. Taloudellisuuden paranemista tutkittiin sykkeen kehittymisen avulla. Syke 70 %:n teholla alkutestien maksimitehosta on laskenut keskimäärin n. 6 lyöntiä minuutissa alku- ja lopputestien välillä. Kuten edellisessä kappaleessa sanottiin, sykkeen lasku viittaisi siihen, että tutkittavien iskuvoimavuus on kasvanut. Myös pienentynyt hapenkulutus ja parantunut taloudellisuus voi näkyä laskeneena sykkeenä submaksimaalisilla kuormilla. Tämä on voinut vaikuttaa positiivisesti suoran testin maksimitehoon. Mahdollinen hapenkulutuksen pieneneminen on voinut johtua parantuneesta mekaanisesta hyötysuhteesta. Maksimihapenottokykytesti ja harjoittelu suoritettiin pyörillä, joissa oli lukkopolkimet. Tutkittavat ovat mahdollisesti oppineet hyödyntämään polkimen ylösvetovaihetta ja näin parantamaan pyöräilyn mekaanista hyötysuhdettaan. Isometrisen maksimivoiman paraneminen johtunee siitä, ettei tutkittavilla ollut kokemusta kuntopyörällä suoritettua kestävyysharjoittelusta, eikä monella koehenkilöllä ollut aktiivista voimaharjoittelutausta. Pyöräily vaatii kestävyyskunnan lisäksi voimantuottokykyä. Maksimivoiman kasvun myötä tutkittavat ovat saaneet niin sanottua ”voimareserviä”. Kun submaksimaalisilla kuormilla ei tarvitse tehdä töitä niin lähellä maksimivoimatasoja siirtyy muun muassa kakkostyyppin lihassolujen rekrytointi myöhemmäksi kuormituksessa ja näin ollen suorassa testissä jaksetaan polkea korkeammilla tehoilla. Maksimihapenottokyvyn kehittyminen parantaa lihasten kykyä tuottaa energiaa hapen avulla. Tämä luonnollisesti näkyy myös suoran maksimihapenottokykytestin tuloksissa positiivisena kehityksenä.

Suoran testin maksimiteho ei kehittynyt merkitsevästi anaerobisten energiantuottoreittien kautta. Tätä voidaan arvioida testissä saavutetun maksimilaktaatin avulla. Vaikka maksimilaktaatti on noussut keskimäärin 1,8 mmol/l alku- ja lopputestien välillä ei tämä muutos ole vielä tilastollisesti merkitsevä. Tutkittavien täyttämistä harjoituspäiväkirjoista selviää, että harjoitusten subjektiivinen kuormittavuus Borgin asteikolla (6-20) on ollut keskimäärin noin 15 ja 16 välillä (korkeimmillaan 19). Ne tutkittavat, jotka ovat mitanneet sykettään harjoitusten aikana, ovat raportoineet sykkeitä 160 ja 170 lyönnin välillä. Nämä kaksi asiaa viit-

taavat siihen, etteivät harjoitukset ole olleet mitään kevyitä peruskestävyysarjoituksia, vaan anaerobista energiantuottoakin on tarvittu ainakin jossain määrin. Näin voisi kuvitella, että anaerobisen energiantuoton käyttö olisi näkynyt korkeampina arvoina suorassa testissä saavutetussa maksimilaktaatissa. Tämä jää kuitenkin vain spekuloinniksi, koska harjoitusten yhteydessä ei otettu laktaattinäytteitä. Näytteiden oton avulla oltaisi paremmin päästy selville harjoitusten kuormituksen luonteesta.

Nopeusvoimaominaisuudet eivät ole kehittyneet harjoittelun seurauksena. Staattisen hypyn nousukorkeus on parantunut keskimäärin 1,1 senttimetriä, mutta samalla voimantuottonopeus isometrisessä jalkadynamometrissä on heikentynyt hieman. Kummankaan muuttujan muutos ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevää. Staattisen hypyn nousukorkeuden kehitys selittyy ennemminkin maksimivoimaominaisuuksien kehittymisellä sekä suoritustekniikan parantumisella, eikä niinkään nopeusvoimaominaisuuksien kehittymisellä. Harjoituksissa pyörää poljettiin 70–85 kierroksen minuuttifrekvenssillä. Tällaisessa kuormituksessa lihaksen supistumisnopeus ei ole riittävä aiheuttamaan positiivisia adaptaatioita nopeusvoimaominaisuuksiin.

8.2 Tuloksiin vaikuttavat tekijät

Tutkimustuloksiin vaikuttaa se, ettei tutkittavien elämää kontrolloitu muun kuin harjoittelun suhteen. Heidän ruokavaliotaan ja levon määrää ei järkevällä tavalla pystytty kontrolloimaan. Harjoittelun kontrollointikin olisi voinut onnistua paremmin. Tutkittavat suorittivat kyllä tutkimukseen kuuluvat harjoitukset hyvällä prosentilla, mutta osalle tuli tutkimuksen ulkopuolista liikuntaa harjoituspäiväkirjojen mukaan paljon. Edellä mainitut asiat ovat voineet vaikuttaa tutkimuksen lopputuloksiin. Aikaisemmissa kappaleissa esitellyt tulokset ovat vain pienestä joukosta vedettyjä yleistyksiä. Yksilötasolla tarkasteltaessa löytyi tutkittavien joukosta yksilöitä, jotka reagoivat herkistelyyn voimakkaan positiivisesti ja niitä jotka eivät reagoineet herkistelyyn mitenkään. Myös kestävyyskunnan kehityksessä on paljon yksilöllisiä eroja. Yksi on parantanut selkeästi hapenottokykyään, kun taas toisen kestävyys-suorituskyvyn kehityksen voidaan katsoa tulleen pelkästään suorituksen taloudellisuuden

paranemisen kautta. Tämä harjoitusvasteiden yksilöllisyys tulee pitää mielessä aina harjoitusohjelmia suunniteltaessa kuin myös tutkimustuloksia tarkasteltaessa. Itse tutkimuksessa suoritettujen mittauksien validiteetti oli hyvällä tasolla. Kaikissa mittauksissa oli tarkasti sovitut protokollat joita noudatettiin tarkasti. Ja vaikka mittauksia teki yhteensä viisi eri testaajaa, ei tämä vaikuta tulosten luotettavuuteen, koska testien tekoa oli harjoiteltu pilottimittausten avulla ennen tutkimusta ja näin ollen jokainen mittaaja oli tehtäväänsä koulutettu.

8.3 Johtopäätökset ja käytännön sovellukset

Viiden viikon, kuntopyörällä 70 %:n teholla maksimihapenottokyvystä suoritettun, kestävyysharjoittelun avulla voidaan parantaa merkittävästi nuorten liikunnallisesti aktiivisten miesten kestävyysuorituskykyä. Tutkimuksen mukaista, kahden viikon tehostetun harjoittelun kautta, jossa 11 päivän aikana tehdään 9 harjoitusta, voidaan käyttää tehokeinona kestävyysuorituskyvyn kehittämiseksi myös aktiiviliikkujilla, ilman suurta todennäköisyyttä saavuttaa ylikuormitustila. Kestävyysuorituskyvyn kannalta ei ole väliä harjoitteleeko aktiiviliikkuja tämän tutkimuksen mukaisella herkistelykaudella korkealla intensiteetillä ja matalalla volyymillä vai korkealla volyymillä ja matalalla intensiteetillä. Vaikka herkistelyn avulla ei tässä tutkimuksessa saatu suurta vaikutusta koehenkilöiden kestävyysuorituskykyyn, on yhdestä kolmeen viikkoon mittaista herkistelykautta hyvä käyttää harjoittelussa hyväksi. Herkistelykauden avulla pystytään varmistumaan siitä, että harjoittelun seurauksena elimistöön mahdollisesti kertynyt väsymys saadaan poistettua, ja samalla melko varmasti pystytään vähintäänkin ylläpitämään kestävyysuorituskykyä. Näin ollen herkistely ei ainaakaan heikennä urheilijan tai kuntoilijan suorituskykyä.

9 LÄHTEET

- Bassett, D. R. & Howley, E. T. 1999. Limiting Factors for Maximal Oxygen Uptake and Determinants of Endurance Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 70-84.
- Berger, B. G., Motl, R. W., Butki, B. D., Martin, D. T. & Wilkinson, J. G. 1999. Mood and cycling performance in response to three weeks of high intensity short duration overtraining and a two week taper. *The Sport Physiologist*, 13, 444-457.
- Billat, W. L., Sirvent, P., Py, G., Koralztein, J-P. & Mercier, J. 2003. The Concept of Maximal Lactate Steady State A Bridge Between Biochemistry, Physiology and Sport Science. *Sports Medicine*, 33, 407-426.
- Bompa, T., O. & Haff. G., G. 2009. *Periodization – Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics, Champaign IL.
- Bosquets, L., Montpetit, J., Arvisais, D. & Mujika, I. 2007. Effects of Tapering on Performance: A Meta-Analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 1358-1365.
- Carter, H., Jones, A. M. & Doust, J. H. 1999. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. *Journal of Sport Sciences*, 17, 957-967.
- Coutts, A. J., Wallace, L. K. & Slattery, K. M. 2007. Monitoring Changes in Performance, Physiology, Biochemistry, and Psychology during Overreaching and Recovery in Triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 125-134.
- Enoka, R., M. 2008. *Neuromechanics of Human Movement*. Fourth Edition. Human Kinetics. Champaign IL
- Gibala, M. J., Little, J. P., van Essen, M., Wilkin, G. P., Burgomaster, K. A., Safdar, A., Raha, S. & Tarnopolsky, M. A. 2006. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology*, 575.2, 901-911.
- Gormley, E. S., Swain, D. P., High, R. Spina, R. J., Dowling, E. A., Kotipalli, U. S. & Gandrakota, R. 2008. Effect of Intensity of Aerobic Training on VO₂max. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40, 1336-1343.

- Halson, S. L. & Jeukendrup, A. E. 2004. Does Overtraining Exist? An Analysis of Overreaching and Overtraining Research. *Sports Medicine*, 34, 967-981.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R. & Hoff, J. 2007. Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO₂max More Than Moderate Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 665-671.
- Holloszy, J. O. & Coyle, E. F. 1984. Adaptations of Skeletal Muscle to Endurance Exercise and Their Metabolic Consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56, 831-838.
- Jones, A. M. & Carter, H. 2000. The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Sports medicine*, 29, 373-386.
- Jung, A., P. 2003. The Impact of Resistance Training on Distance Running Performance. *Sports Medicine*, 33, 539-558.
- Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2007. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen seura, Tampere.
- Kubukeli, Z. N., Noakes, T. D. & Dennis, S., C. 2002. Training Techniques to Improve Endurance Exercise Performances. *Sports Medicine*, 32, 489-509.
- Londeree, B. 1997. Effect of training on lactate/ventilator thresholds: A meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27, 837-843.
- McDougall, D. & Sale, D. 1981. Continuous vs. Interval Training: A Review For The Athlete and The Coach. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 6, 93-97.
- McNeely, E. & Sandlers, D. 2007. Tapering for Endurance Athletes, Strength and Conditioning Journal, 29, 18-24.
- Meeusen, R., Duclos, M., Gleeson, M., Rietjens, G., Steinacker, J. & Urhausen, A. 2006. Prevention, diagnosis and treatment of the Overtraining Syndrome. *European Journal of Sports Science*, 6, 1-14.
- Mujika, I. & Padilla, S. 2003. Scientific Bases for Precompetition Tapering Strategies. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 1182-1187.
- Neary, J. P., Martin, T. P., Reid, D. C., Burnham, R. & Quinney, H. A. 1992. The effects of a reduced exercise duration taper programme on performance and muscle enzymes of endurance cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 30-36.

- Philp, A., Macdonald, A. L., Carter, H., Watt, P. W. & Pringle, J. S. 2008. Maximal Lactate Steady State as a Training Stimulus. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 475-479.
- Tabata, I., Atomi, Y., Kanehisa, H. & Miyashita, M. 1990. Effect of high-intensity endurance training on isokinetic muscle power, *European Journal of Applied Physiology*, 60, 254-258.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L. & Kennedy, W. L. 2008. *Physiology of Sport and Exercise*, Fourth Edition. Human Kinetics, Champaign IL.
- Zehsaz, F., Azarbaijani, M. A., Farhangimakeli, N. & Tiidus, P. 2011. Effect of tapering period on plasma hormone concentrations, mood state, and performance of elite male cyclists. *European Journal of Sport Science*, 11, 183-190.

10 LIITEET

Liite 1: Korkean intensiteetin ryhmän (I-ryhmä) harjoitusohjelma

Viikko	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su
1	Esimit- taukset			Alku- mittaukset			
2 (pe- rus)	70% Pmax /30'		70% Pmax /30'				
3 (pe- rus)	70% Pmax /30'	70% Pmax 30'		Välimit- taukset 1			
4 (over- reach)	70% Pmax /30'	70% Pmax /30'	70% Pmax /30'	70% Pmax /30'	70% Pmax /30'		70% Pm ax/30'
5 (over- reach)	70% Pmax /30'	70% Pmax /30'	70% Pmax /30'	Välimit- taukset 2			
6 (her- kistely)	70% Pmax /22'		70% Pmax /22'				
7	Loppumit- taukset						

Liite 2: Korkean volyymin ryhmän (V-ryhmä) harjoitusohjelma

Viikko	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su
1		Esimit- taukset			Alku- mittaukset		
2 (pe- rus)		70%Pmax /30'		70%Pmax /30'			
3 (pe- rus)		70%Pmax /30'	70%Pmax /30'		Välimit- taukset 1		
4 (over- reach)		70%Pmax /30'	70%Pmax /30'	70%Pmax /30'	70%Pmax /30'	70%Pma x/30'	
5 (over- reach)	70%Pmax /30'	70%Pmax /30'	70%Pmax /30'	70%Pmax /30'	Välimit- taukset 2		
6 (her- kistely)		50%Pmax /30'		50%Pmax /30'			
7		Loppumit- taukset					