

**HERKISTELYN JA KORKEAFREKVENSSISEN HARJOIT-
TELUN VAIKUTUKSET VOIMANTUOTTOON HERMOS-
TOLLISHYPERTROFISESSA VOIMAHARJOITTELUSSA**

Tuomas Rytönen

Valmennus- ja testausoppi

Kandidaatin tutkielma

Kevät 2013

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Juha Ahtiainen

TIIVISTELMÄ

Rytkönen, Tuomas 2013. Herkistelyn ja korkeafrekvenssisen harjoittelun vaikutukset voimantuottoon hermostollishypertrofisessa voimaharjoittelussa. Valmennus- ja testausoppi. Kandidaatin tutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, 59 s.

Herkistelyn tarkoitus on vähentää harjoittelun aiheuttamaa väsymystä ja lisätä suorituskykyä. Herkistely- ja ylikuormitustutkimuksia on tehty paljon kestävyyslajien näkökulmasta, mutta voimaharjoittelusta tällaisia tutkimuksia on tehty vain vähän.

Tutkimuksen päätarkoituksena oli selvittää korkeaintensiteettisen ja matalaintensiteettisen herkistelyjakson vaikutusten eroa polvien ja lonkan ojentajien voimantuottokykyyn kahden viikon kovatehoisen ja korkeafrekvenssisen harjoitusjakson jälkeen. Lisäksi tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia korkeaintensiteettisen ja –frekvenssisen hermostollishypertrofista ja hypertrofista voimaharjoittelua sisältävän kahden viikon ylikuormituskauden vaikutusta hermolihasarjostelmän voimantuottokykyyn.

Tutkimusjakso sisälsi kahdet alkumittaukset, kahden viikon normaaliharjoitusjakson, kahden viikon ylikuormitusjakson ja puolentoista viikon herkistelyjakson, jonka ajaksi tutkittavat oli jaettu korkeaintensiteettiseen ja matalaintensiteettiseen herkistelyryhmään. Normaaliharjoitusjaksolla ja herkistelyjaksolla polvien ja lonkan ojentajat treenattiin kahdesti viikossa. Ylikuormituskaudella polvien ja lonkan ojentajat treenattiin 4,5 kertaa viikossa. Isometrinen maksimivoima ja voimantuottonopeus jalkadynamometrissä sekä staattisen hypyn nousukorkeus mitattiin molemmissa alkutesteissä sekä jokaisen harjoitusjakson jälkeen. Lisäksi dynaaminen yhden toiston maksimisuoritus sekä toistomaksimitesti jalkaprässissä suoritettiin jokaisen harjoituskauden jälkeen. Tutkittavat olivat 18–35-vuotiaita kuntosalia harrastavia nuoria miehiä, mutta eivät kilpavoimailijoita.

Tutkimuksen päätulos oli, että matalaintensiteettinen ja korkeavolyyminen herkistelyjakso tuotti paremmat tulokset kaikissa suorituskykyymuuttujissa (isometrinen maksimivoima jalkadynamometrissä, voimantuottonopeus jalkadynamometrissä, dynaaminen maksimivoima jalkaprässissä, kestovoima jalkaprässissä ja staattisen hypyn nousukorkeus) kuin korkeaintensiteettinen ja matalavolyyminen herkistelyjakso. Lisäksi tässä tutkimuksessa kahden viikon ylikuormituskausi ei merkittävästi muuttanut tutkittavien suorituskykyä.

Tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että kovan voimaharjoitusjakson jälkeen matalaintensiteettinen herkistely saattaa toimia suorituskyvyn kasvattamisessa paremmin kuin korkeaintensiteettinen herkistely. Lisäksi voidaan todeta, että kahden viikon kestoisen korkeafrekvenssinen ja kovatehoisen voimaharjoitusjakso ei vielä välttämättä heikennä hermolihasarjostelmän voimantuottokykyä nuorilla kuntosaliharjoittelua harrastavilla miehillä.

Avainsanat: herkistely, ylikuormituskausi, hermostollishypertrofinen voimaharjoittelu, hypertrofinen voimaharjoittelu, intensiteetti, volyymi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	4
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	5
2.1 Voimaharjoittelu	5
2.1.1 Hypertrofinen voimaharjoittelu.....	7
2.1.2 Maksimivoimaharjoittelu	11
2.2 Optimaalinen voimaharjoittelun määrä ja intensiteetti	12
2.2.1 Ylikuormitus ja ylikunto	13
2.2.2 Herkistely	15
3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	17
4 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	19
4.1 Tutkittavat	19
4.2 Tutkimusasetelma	19
4.3 Harjoittelu	22
4.4 Aineiston keräys.....	23
4.4.1 Mittausmenetelmät ja -protokollat	23
4.4.2 Aineiston analysointi ja tilastolliset menetelmät.....	28
5 TULOKSET	29
5.1 Antropometriset muutokset.....	30
5.2 Jalkadynamometrin maksimivoima ja voimantuottonopeus.....	33
5.3 Staattisen hypyn nousukorkeus	36
5.4 Jalkaprässin maksimivoima- ja kestovoimatestit	37
5.5 Subjekttiivinen tuntemus lihasarkuudesta	40
6 POHDINTA	42
7 LÄHTEET	48

8 LIITTEET	51
Liite 1. Tutkittavien harjoitusohjelma.....	51
Liite 2. Suostumuslomake tutkimukseen	53
Liite 3. Tutkittavilla täytätetty taustatietokysely.....	56
Liite 4. Subjekttiivisen lihasarkuuden taulukko.....	59

1 JOHDANTO

Herkistelyn tarkoitus on vähentää harjoittelun aiheuttamaa väsymystä ja lisätä suorituskykyä. Keskimäärin optimaalinen herkistelyjakson pituus on 8-14 vuorokautta. Onnistunut herkistelyjakso voi parantaa suorituskykyä noin 3 %. (Bompa & Haff 2009, 187–202.) Bosquetin ym. (2007) meta-analyysin mukaan optimaalinen suorituskyky kestävyyslajeissa saadaan aikaiseksi keskimäärin noin kahden viikon kestoisella herkistelyjaksolla, jolla harjoittelun volyyymi tiputetaan eksponentiaalisesti 40–60 prosenttiin herkistelyjaksoa edeltäneestä tilanteesta, mutta harjoittelun intensiteettiä ja frekvenssiä ei muuteta. Mutta mikä on optimaalinen herkistelyprotokolla voimaharjoittelussa kovaintensiteettisen ja –frekvenssisen harjoitusjakson jälkeen, kun ollaan tehty hermostollishypertrofista ja hypertrofista voimaharjoittelua? Toimiiko tällöin herkistelyssä paremmin korkea intensiteetti ja matalampi volyyymi vai päinvastoin matala intensiteetti ja korkeampi volyyymi? Muun muassa tähän etsittiin vastausta tässä tutkimuksessa.

Ylikuormitustila (overreaching) on tila, jossa suorituskyky laskee lyhytaikaisesti harjoittelusta ja muista stressitekijöistä kertyneen väsymyksen seurauksena (Bompa & Haff 2009, 99–104). Riittääkö kahden viikon kestoinen kova hermostollishypertrofista ja hypertrofista voimaharjoittelua sisältävä ylikuormitusjakso laskemaan suorituskykyä 18–35-vuotiailla voimaharjoittelua harrastelevilla miehillä? Tässä tutkimuksessa etsittiin vastausta myös tähän kysymykseen.

Herkistely- ja ylikuormitustutkimuksia on tehty paljon kestävyyslajien näkökulmasta, mutta voimaharjoittelusta tällaisia tutkimuksia on tehty vain vähän. Siksi tällaisia tutkimuksia täytyy tehdä lisää. Siksi myös tässä tutkimuksessa selvitettiin erilaisten herkistelyprotokollien vaikutusta suorituskykyyn voimaharjoittelussa. Tässä tutkimuksessa keskityttiin voimantuotto-ominaisuuksien muutoksiin erilaisten herkistelyjaksojen seurauksena, kun alla oli kova hermostollishypertrofista ja hypertrofista voimaharjoittelua sisältänyt harjoitusjakso. Lisäksi tässä tutkimuksessa perehdyttiin siihen, miten kahden viikon kovaa voimaharjoittelua sisältävä ylikuormitusjakso vaikuttaa akuutisti hermolihasjärjestelmän voimantuottoon.

käydinrefleksien muuntuminen voimantuoton kannalta suotuisimmiksi eli ilmenee enemmän voimantuottoa lisääviä (fasilitoivia) refleksejä ja vähemmän voimantuottoa vähentäviä (inhiboivia) refleksejä kuin ennen voimaharjoittelua (Folland & Williams 2007). Jako rakenteelliseen ja hermostolliseen adaptaatioon on toisaalta keinotekoinen, koska hermostollisten adaptaatiomekanismien taustalla on usein rakenteellisia muutoksia hermostossa.

Harjoitustapa vaikuttaa siihen, mitkä adaptaatiomekanismit vastaavat ensisijaisesti voiman kehittymisestä. Karkeasti ottaen ihminen voi kehittää voimiaan kahdella tavalla: maksimivoimaharjoittelulla (1-5 RM sarjoja) saavutetun hermostollisen adaptaation kautta, joka pitää sisällään parantuneen hermolihaskoordinaation, motoristen yksiköiden rekrytoinnin ja motoristen yksiköiden impulssitiheyden tai hypertrofisella voimaharjoittelulla (6-12 RM sarjoja), joka kasvattaa lihasten poikkipinta-alaa. (Zatsiorsky & Kraemer 2006, 155–156, 161.) Kokemattomalla voimaharjoittelijalla hermostollinen adaptaatio vastaa merkittävästi voimien kasvusta myös hypertrofista voimaharjoittelua toteutettaessa harjoittelun alkuvaiheessa (Folland & Williams 2007). Samoin maksimivoimaharjoittelu kasvattaa myös lihasten poikkipinta-alaa merkittävästi kokeemattomilla voimaharjoittelijoilla (Campos ym. 2002). Voimaharjoittelun alkutaipaleella siis sekä lihakset kasvavat että hermoston lihasten käskytykset kehittyvät merkittävästi sekä maksimivoimaharjoittelulla että hypertrofisella voimaharjoittelulla.

Tärkeimmät muuttujat voimaharjoittelussa ovat intensiteetti, sarjojen ja toistojen määrä, volyymi, sarjapalautusten kesto, harjoitteiden järjestys, liikenopeus harjoitteissa ja harjoitusfrekvenssi (Salles ym. 2009). Harjoitusmuuttujia muuntelemalla voidaan vaikuttaa voimaharjoittelun keholle aiheuttamaan stressiin, joka puolestaan vaikuttaa voimaharjoituksen aiheuttamiin harjoitusvasteisiin.

Sarja. Sarja on yhtäjaksoisesti suoritettu ryhmä toistoja ennen kuin urheilija pysähtyy lepäämään (Baechle & Earle 2008, 405, Schoenfeld 2010).

Volyymi. Volyymi kertoo harjoituksessa nostetun kokonaiskuorman suuruuden. Se on sarjojen, toistojen ja käytetyn kuorman tulo. (Baechle & Earle 2008, 405, Schoenfeld 2010.)

Intensiteetti. Intensiteetti kertoo käytetyn kuorman suuruuden. Voimaharjoittelussa intensiteetti ilmaistaan usein joko prosentteina yhden toiston maksimisista tai kuormana, jolla kyetään tekemään tietty määrä toistoja. Englannista tuleva lyhenne RM tarkoittaa toistomaksimia ja se tulee sanoista repetition maximum. Esimerkiksi 10 RM on kuorma, jolla urheilija kykenee tekemään kymmenen toistoa. (Baechle & Earle 2008, 393–304.)

Harjoitusfrekvenssi. Harjoitusfrekvenssi kuvaa yksittäisten harjoituskertojen määrää tietyssä ajassa (Baechle & Earle 2008, 389). Voimaharjoittelussa harjoitusfrekvenssi ilmaistaan usein siten, että kerrotaan kuinka monta kertaa viikossa yhtä lihasryhmää harjoitetaan.

Sarjapalautus. Sarjapalautus on levolle omistettu aika sarjojen välissä (Baechle & Earle 2008, 208). Sarjapalautuksen aikana lihasten kreatiinifosfaattivarastot täydentyvät, lihasten pH tasaantuu, aineenvaihdunnan kuona-aineita poistetaan lihassoluista ja lihassolujen kalvopotentiaali palautuu lepotasolle (Willardson 2008). Monet tutkimukset ovat osoittaneet, että useita sarjoja samalle lihasryhmälle sisältävä voimaharjoittelu tuottaa paremmat tulokset kuin yksi sarja per lihasryhmä -tyylinen harjoittelu (Salles ym. 2009). Tämän vuoksi sarjapalautuksia tarvitaan.

2.1.1 Hypertrofinen voimaharjoittelu

Hypertrofinen voimaharjoittelu tähtää lihasmassan kasvuun lisäämällä lihasten poikkipinta-alaa. Hypertrofiaa harjoitellaan tekemällä useita sarjoja keskipitkillä toistomäärillä ja keskiraskaalla kuormalla. (Zatsiorsky & Kraemer 2006, 160–162.) Runsaalla volyyymilla, keskikovalla intensiteetillä ja lyhyillä sarjapalautuksilla tehty hypertrofinen harjoittelu on osoittautunut parhaita hypertrofisia tuloksia tuottavaksi (Willardson 2006). Pääenergiantuottomekanismi hypertrofisessa voimaharjoittelussa on anaerobinen glykolyysi. Perimä, ikä, sukupuoli ja harjoitustausta vaikuttavat hypertrofisen voimaharjoittelun vasteisiin. Aloittelijan on helpompi lisätä lihasmassansa määrää kuin kokeneen harjoittelijan, joka on jo lähempänä geneettistä potentiaaliaan. (Schoenfeld 2010.)

Perinteisessä hypertrofisessa voimaharjoittelussa tehdään 6-12 toiston sarjoja ja yhdessä liikkeessä tehdään useampia sarjoja 1-2 minuutin sarjapalautuksella. Intensiteetti on 6-12 RM. Yksittäinen lihasryhmä treenataan läpi pari kertaa viikossa ja yhdellä harjoitus-

kerralla harjoitetaan 1-3 lihasryhmää tehden samalle lihasryhmälle useita eri liikkeitä. Harjoittelun tavoitteena on aktivoida harjoitusta seuraavan palautumisjakson ajaksi lihasproteiinien yllirakentuminen treeniä edeltävään tilaan verrattuna. (Zatsiorsky & Kraemer 2006, 160–162.) Tyypillisesti hypertrofisessa voimaharjoittelussa käytetään sekä kokonaisvaltaisia moninivelliikkeitä että eristäviä yksinivelliikkeitä. Keskipitkillä sarjapalautuksilla (1-2 min) mekaanisen jännityksen (intensiteetti vaikuttaa) ja aineenvaihdunnallisen stressin (volyymi tärkeässä roolissa) suhde on hypertrofian kannalta paras, vaikka lyhyillä sarjapalautuksilla (30–60 s) aineenvaihdunnallinen stressi onkin suurempi ja pitkillä sarjapalautuksilla (3-5 min) mekaaninen jännitys on suurempi. (Schoenfeld 2010.) Ärsykkeenvaihtelun tärkeys on kuitenkin syytä muistaa (Bompa & Haff 2009, 40–42). Sarjojen vieminen konsentriseen uupumukseen aktivoi enemmän motorisia yksiköitä ja aiheuttaa suuremman aineenvaihdunnallisen stressin, mutta liiallinen uupumukseen asti harjoittelu altistaa ylikunnolle, psyykkiselle loppuun palamiselle ja laskee IGF-1:n ja testosteronin lepotasoja. Niinpä sarjojen uupumukseen asti vientiä ja viemättömyyttä kannattaa jaksottaa periodisoidussa hypertrofisessa voimaharjoittelussa. (Schoenfeld 2010.)

Ilmeisesti on olemassa tietty volyymikynnys, joka antaa optimaalisen harjoitusvasteen hypertrofisessa voimaharjoittelussa ja tämän kynnyksen yli menevästä volyymista ei ole lisähyötyä harjoitusvasteiden saannissa (Salles ym. 2009). Ahtiaisen ym. (2005) tutkimus tukee ajatusta siitä, että saavutettuaan tietyn mekaanisen työn kynnyksen hypertrofisessa voimaharjoituksessa tämän kynnyksen yli tehdystä työstä ei ole lisähyötyä hermolihasjärjestelmän ja hormonijärjestelmän harjoitusvasteille. Mekaaninen ylikuormitus lisää lihasmassaa, mutta mekaaninen alikuormitus (fyysinen inaktiivisuus) aiheuttaa atrofiaa eli lihasmassan vähenemistä (Schoenfeld 2010). Atrofiassa lihasproteiinien hajoitus on suurempaa kuin niiden rakentaminen.

Lihaskasvu kasvaa, kun proteiinisynteesi lihaksessa on suurempaa kuin proteiinien hajoitus (Bodine 2006, Schoenfeld 2010). Proteiinisynteesin määrä kasvaa vastusharjoittelun seurauksena ja on koholla harjoituksesta palautuessa (Bodine 2006). Proteiinisynteesi on koholla harjoittelun jälkeen 24–72 tuntia (Drummond ym. 2009). Todennäköisesti kaikki kolme: mekaaninen jännitys (aiheutuu sekä voimantuotosta että venytyksestä), aineenvaihdunnallinen stressi ja lihasoluvauriot ovat osallisina laukaisemassa harjoittelun aiheuttamaa lihaskasvua (Schoenfeld 2010). Siis tarkasti ottaen muun muassa me-

kaaninen kuormitus, metaboliitit (aineenvaihdunnan tuotteet, kuten laktaatti, vetyionit, epäorgaaninen fosfaatti ja kreatiini), lihassolun turvotus, lihassolun hapenpuute, hermoston aktiivisuus, hormonit, kasvutekijät, mikrovaurioiden jälkeinen tulehdus ja sytokiinit laukaisevat monimutkaisen signalointijärjestelmän, joka johtaa lisääntyneeseen proteiinisynteesiin (Bodine 2006, Schoenfeld 2010). Perinteinen hypertrofinen voimaharjoittelu keskipitkine sarjoineen suurehkolla volyyymilla ja lyhyehköillä sarjapalautuksilla aktivoi parhaiten edellä mainittuja kasvuärsykeitä (Schoenfeld 2010). Tämän hetken käsityksen mukaan PI3K/Akt/mTOR – signalointireitti on pääsignalointireitti, joka kokoaa ja välittää kasvuviestejä lisäten proteiinisynteesiä lihassoluissa (Bodine 2006, Spangenburg 2009). Muita hypertrofian kannalta tärkeitä solunsisäisiä signalointireittejä ovat MAPK-signalointireitti ja kalsiumriippuvainen signalointireitti (Schoenfeld 2010). Geenien transkriptio tapahtuu tumissa ja translaatio karkean endoplasmakalvoston ribosomeissa, joissa proteiinit rakennetaan aminohapoista (Guyton & Hall 2011, 27–35). Pitkällä aikavälillä satelliittisolut ovat elinehto lihasten kasvulle. Satelliittisoluja on säilössä lihassolujen kalvorakenteissa sarcolemman ja basal laminan välissä. Ne aktivoituvat riittävän lihakseen kohdistetun mekaanisen stimuluksen (esim. voimaharjoittelun) seurauksena ja muodostavat lihassoluihin uusia tumia. Lihassolujen lisääntynyt tumamäärä lisää lihassolujen kapasiteettia syntetisoida uusia supistuvia proteiineja. (Schoenfeld 2010.)

Hormonaalinen hypertrofian säätely on monimutkaista. Säätelyssä on mukana lukuisia hormoneja, kasvutekijöitä ja sytokiineja. (Schoenfeld 2010.) Tärkeimmät anaboliset eli rakentavat hormonit lihaskasvun kannalta ovat testosteroni sekä kasvuhormoni (joka toimii rasvakudoksen osalta katabolisena eli hajoittavana hormonina) ja kasvutekijöistä merkittävin on IGF-1 (Fleck & Kraemer 2004, 100–109, Schoenfeld 2010). IGF-1 lie-nee testosteronia ja kasvuhormoniakin merkittävämpi lihaskasvun aiheuttaja (Schoenfeld 2010). Näiden humoraalisesti välittyvien aineiden määrä veressä kasvaa akuutisti voimaharjoituksen seurauksena (Fleck & Kraemer 2004, 96–98, Schoenfeld 2010). Samoin androgeeni- eli mieshormonireseptorien määrä lihassoluissa kasvaa akuutisti voimaharjoituksen seurauksena. Insuliinikin on anabolinen hormoni, mutta sen merkitys lihaskasvussa on ennen kaikkea proteiinien hajotusta vähentävä, ei niinkään lihasproteiinien rakentamista lisäävä. Insuliinin uskotaan myös aiheuttavan satelliittisolujen jakaantumista ja erikoistumista. Myös testosteroni vaikuttaa satelliittisolujen toimintaan. (Schoenfeld 2010.)

Ravinnon laatu, määrä ja ajoitus näyttelevät suurta roolia hypertrofisen voimaharjoittelun vasteissa (Bird 2010, Slater & Phillips 2011). Ravintoa tarvitaan treenaamiseen, palautumiseen ja adaptaatioon, kuten lihasten rakentamiseen (Slater & Phillips 2011). Ihmisen luurankoli hasten proteiinisynteesi on koholla välttämättömien aminohappojen ja hiilihydraattien syömisen sekä voimaharjoittelun jälkeen. Proteiinisynteesi kasvaa kuitenkin eniten, kun voimaharjoittelu ja ravinnonotto yhdistetään (lihasten hypertrofiamekanismin koonti kuvassa 1). (Drummond ym. 2009.) Niinpä etenkin treenin ympäryssyömisen optimoinnilla voidaan vaikuttaa suuresti hypertrofisen harjoittelun lihasmassavasteisiin (Bird 2010, Slater & Phillips 2011). Ennen treeniä nautittu nopeasti imeytyvä aminohappokoostumukseltaan välttämättömät aminohapot (ja varsinkin haaraketjuiset aminohapot eli leusiinin, isoleusiinin ja valiinin) sisältävä proteiinijuoma (kuten heraproteiinijuoma), treenin aikana nautittu hiilihydraattiaminohapposekoitus sekä treenin jälkeinen proteiinijuoma (esim. heran ja kaseiinin sekoitus) optimoivat hypertrofisen voimaharjoittelun anabolisen vasteen lisäämällä proteiinisynteesiä ja vähentämällä proteiinien hajotusta. Leusiini on tärkein aminohappo proteiinisynteesin käynnistämässä. Parin tunnin sisällä harjoituksen lopettamisesta on lihaskasvun kannalta suotuisaa syödä korkeahiilihydraattinen ja suhteellisen runsasproteiininen ruoka. Voimailijan tulisi saada n. 30 % päivittäisestä energiantarpeestaan rasvoista, joista reipas kolmannes saisi olla kertatydyttymättömiä, toinen reipas kolmannes monitydyttymättömiä ja vajaa kolmannes tyydyttyneitä rasvahappoja. Riittävä rasvan saanti on välttämätöntä testosteronituotannon optimoimiseksi. (Bird 2010.) Voimaurheilijoiden suositellaan syövän hiilihydraatteja 4-7 g per painokilo vuorokaudessa. Yksittäinen voimaharjoitus voi pienentää lihasten glykogeenivarastoja 40 %:lla (Slater & Phillips 2011). Voimailijoiden tulisi syödä proteiinia (aminohappokoostumukseltaan laadukkaista proteiinien lähteistä) vuorokaudessa yhteensä 1,5–2,0 g per painokilo (Lemon 1991).



KUVA 1. Kuvassa on lihasten hypertrofiamekanismi tiivistettynä lähteiden pohjalta.

2.1.2 Maksimivoimaharjoittelu

Hermostollisessa maksimivoimaharjoittelussa käytetään 85–100 % kuormia yhden toiston maksimista. Sarjoissa tehdään yleensä 1-3 toistoa. Voimien kehittyminen tapahtuu pääasiassa hermestollisten harjoitusadaptaatioiden myötä. Hermestollisen maksimivoimaharjoittelun etuna on suhteellisen maksimaalisen voiman lisääntyminen, sillä voima/lihasmassa-suhde paranee. (Mero ym. 2007, 260–261.) Maksimivoimaharjoittelussa sarjapalautusten pituus on yleensä 3-5 min (Zatsiorsky & Kraemer 2006, 160–162). Pääenergiantuottomekanismi maksimivoimaharjoittelussa on fosfageenimekanismi eli ATP-KP-systeemi (Schoenfeld 2010). Hermestollisen maksimivoimaharjoittelun aiheuttama voimien kasvu johtuu pääosin parantuneesta hermolihaskoordinaatiosta ja motoristen yksiköiden rekrytoinnista sekä lisääntyneestä motoristen yksiköiden impulssitiheydestä (Zatsiorsky & Kraemer 2006, 155–156).

Voimaharjoittelu voi aiheuttaa adaptaatiota myös motorisella aivokuorella, joka johtaa parantuneeseen suorituskyykyyn. Näyttää siltä, että toistuvat lihastoiminnat suurta kuor-

maa vastaan vaikuttavat motorisen aivokuoren yhteyksiin vahvistaen tiettyjen lihasten aktivointimallien toimintaa. Erilaisia lihasten aktivointimalleja tarvitaan erilaisissa motorisissa tehtävissä maksimaalisen voiman tuottamiseen. (Carroll 2012.)

Hermostollishypertrofisessa voimaharjoittelussa käytetään 70–90 % kuormia ykköstoistomaksimista. Yhdessä sarjassa tehdään 3–6 toistoa. (Mero ym. 2007, 263.) Tällainen harjoittelumuoto on ikään kuin hermostollisen maksimivoimaharjoittelun ja hypertrofisen voimaharjoittelun välimuoto. Teschin ja Larssonin (1982) tutkimuksessa havaittiin, että kilpailevien painonnostajien ja voimanostajien (harjoittelu sisältää paljon 1–6 toiston sarjoja räjähtävällä suoritustekniikalla pidemmällä eli 3–5 min sarjapalautuksilla) nopeiden lihassolujen määrä ja koko oli suurempaa kuin kilpakehonrakentajilla (harjoittelu sisältää paljon 6–12 toiston sarjoja keskinopealla ja hitaalla suoritustekniikalla lyhyillä ja keskipitkillä eli käytännössä 1–3 min sarjapalautuksilla).

2.2 Optimaalinen voimaharjoittelun määrä ja intensiteetti

Optimaalinen voimaharjoittelun määrä ja teho harjoitusvasteiden näkökulmasta riippuu voimaharjoittelijan harjoitustaustasta. Ennestään voimaharjoittelemattomilla yksilöillä paras voimankasvu on saatu, kun keskiharjoitusintensiteetti on ollut 60 % ykkösmaksimista, harjoitusfrekvenssi lihasryhmälle on ollut kolme kertaa viikossa ja keskimääräinen harjoitusvolyymi neljä sarjaa per lihasryhmä per treeni. Voimaharjoittelua vapaaajan aktiviteettinaan harrastavilla paras voiman kasvu on saatu, kun keskiharjoitusintensiteetti on ollut 80 % ykkösmaksimista, lihasryhmää on harjoitettu kaksi kertaa viikossa ja keskimääräinen keskiharjoitusvolyymi on ollut neljä sarjaa per lihasryhmä per treeni. Urheilijoilla paras voimankasvu on saatu, kun keskiharjoitusintensiteetti on ollut 85 % ykkösmaksimista, lihasryhmää on harjoitettu kahdesti viikossa ja keskimääräinen harjoitusvolyymi on ollut kahdeksan sarjaa per lihasryhmä per harjoitus. (Peterson ym. 2005.) Myös Marshallin ym. (2011) tutkimus tukee käsitystä, että kokeneilla voimaharjoittelijoilla kahdeksan sarjaa per lihasryhmä per harjoitus tuottaa kovempia tuloksia kuin neljä sarjaa tai yksi sarja per lihasryhmä. On kuitenkin muistettava, että ärsykeenvaihtelu ja progressio (volyymien tai intensiteetin tai molempien kasvu) ovat pitkällä aikavälillä välttämättömiä kehityksen aikaansaamiseksi (Bompa & Haff 2009, 40–45).

Usein urheilijoiden harjoittelu on jaettu erilaisiin harjoitusjaksoihin. Harjoittelun määrä, teho ja painopisteet vaihtelevat harjoituskauden eri harjoitusjaksojen tavoitteiden mukaan. Tällaista systemaattista harjoittelun suunnittelua, jossa harjoittelua pilkotaan eri asioita painottaviksi harjoitusjaksoiksi, kutsutaan periodisaatioksi. Periodisoinnilla pyritään optimoimaan urheilijan kehitys ja takaamaan riittävä palautuminen. Lisäksi kilpaurheilussa periodisaation avulla pyritään optimoimaan suorituskyky tärkeimpiin kilpailuihin. Tyypillinen harjoituskauden jako on jakaa harjoittelu yleiseen perusominaisuuskauteen, lajinomaiseen perusominaisuuskauteen, kilpailuihin valmistavaan kauteen, kilpailukauteen ja ylimenokauteen. (Bompa & Haff 2009, 125- 135.)

2.2.1 Ylikuormitus ja ylikunto

Ylikuormitustila (overreaching) on tila, jossa suorituskyky laskee lyhytaikaisesti harjoittelusta ja muista stressitekijöistä kertyneen väsymyksen seurauksena. Ylikuormitustilasta palautuminen kestää muutamista päivistä muutama viikkoihin. Ylikuormitustilasta voi olla suunniteltu periodisoidun harjoittelun tulos. Tällöin ylikuormitustilaan johtanutta ylikuormittavaa harjoitusjaksoa seuraa kevennetyn harjoittelun jakso, jonka aikana suorituskyky superkompensoituu kovemmalle tasolle kuin se on ollut ennen ylikuormitusjakson alkua. (Bompa & Haff 2009, 99–104.) Couttsin ym. (2007) tutkimuksessa etenkin aerobinen kestävyyskyky, mutta myös hermolihasjärjestelmän voimantuotokyky heikkeni kuuden viikon ylikuormituskauden seurauksena puoliammattilaisilla rugby-pelaajilla. Ylikuormitusjakso sisälsi niin kestävyys-, voima-, nopeus- kuin lajiharjoittelua siten, että viikkoharjoitustunnit kasvoivat progressiivisesti kuudesta 13:sta tuntiin ylikuormituskauden aikana. Harjoitusmäärän progressiivinen lisääminen tapahtui sekä lisäämällä yksittäisten harjoitusten kestoja että lisäämällä harjoitusfrekvenssiä. Heikentynyt suorituskyky johtui todennäköisesti etenkin korjaantumattomista lihassoluvaurioista sekä kehon heikentyneestä anabolia-katabolia-suhteesta. Tämä ilmeni siitä, että testosteroni-kortisoli-suhde sekä glutamiini-glutamaatti-suhde veri-plasmassa laskivat ja lihassoluvauriot näkyivät siitä, että kreatiini-kinaasin aktiivisuus veri-plasmassa nousi huomattavasti. Näiden muuttujien seuraamista verinäytteistä voitaisiinkin kenties käyttää urheilijoiden kuormitustason seuraamisessa ja tätä kautta kuormituksen optimoinnissa. Suorituskyvyn heikkenemisen huomattiin olevan spesifiä liikenopeudelle siten, että hidas voimantuotto heikkeni ylikuormituskauden takia merkittävästi, mutta nopea voi-

mantuotto ei juurikaan. Tämän arveltiin johtuvan siitä, että pelaajien harjoitusjakso kuormitti huomattavasti enemmän hitaita ykköstyypin motorisia yksiköitä kuin nopeita kakkostyypin. Matalampi intensiteettistä juoksu- ja taitoharjoittelua oli kuuden viikon aikana selvästi runsaammalla volyymilla kuin korkeaintensiteettistä voimaharjoittelua, jota toteutettiin 2-3 kertaa viikossa. (Coutts ym. 2007.)

Jos ylikuormittamista jatketaan liian pitkään, syntyy ylikunto (overtraining). Ylikunto on tila, jossa suorituskyky laskee pitkäaikaisesti pitkään jatkuneesta yliharjoittelusta ja muista stressitekijöistä kertyneen väsymyksen seurauksena. Ylikunnossa olevan urheilijan mieliala on ahea, hermolihasjärjestelmän toimintakyky heikentynyt, hormoni-toiminta häiriintynyt, immuunijärjestelmän toiminta heikentynyt, sydämen leposyke kohonnut ja unen laatu heikentynyt. (Bompa & Haff 2009, 100–104.) Ylikunnolla on katabolinen vaikutus lihaskudokseen. Ylikunto laskee kroonisesti testosteronin ja luteni-soivan hormonin tasoja veriplasmassa sekä nostaa tärkeimmän katabolisen hormonin eli kortisolin tasoja. (Schoenfeld 2010.) Ylikunto voi aiheuttaa autonomisessa hermostossa sekä sympaattisen että parasympaattisen hermoston yliaktivoitumisen. Ylikunnosta toipuminen kestää useista viikoista useisiin kuukausiin. Ylikunto syntyy, kun harjoittelun kuormittavuus ylittää pitkän aikaa urheilijan elimistön adaptaatiokapasiteetin. Niin liian kova volyyymi kuin intensiteettikin johtavat pitkällä aikavälillä ylikuntoon. Sopival-la harjoittelun ja levon rytmittämällä sekä ravinnolla ylikuntotilan muodostuminen voidaan välttää. Urheilijan elimistön kuormittuneisuutta voidaan seurata muun muassa mielentilaa, suorituskykyä, hormonitasoja, lepo- ja harjoittelusykettä sekä sydämen sykevälivaihtelua seuraamalla. Luotettavin tapa seurata sykemuuttujia on yöseuranta. (Bompa & Haff 2009, 99–104.) Pichotin ym. (2000) tutkimuksessa kolmen viikon kova harjoitusjakso vähensi huomattavasti yöllistä sykevälivaihtelua keskimatkojen juoksi-joilla, kun taas kolmea kovaa harjoitusviikkoa seurannut lepoviikko lisäsi huomattavasti yöllistä sykevälivaihtelua. Sykevälivaihtelun muutokset kertovat muutoksista autonomisen hermoston aktiivisuudessa. Vähentynyt sykevälivaihtelu kertoo sympaattisen tonuksen kasvusta ja parasympaattisen tonuksen laskusta, kun taas lisääntynyt sykevälivaihtelu kertoo parasympaattisen tonuksen kasvusta ja sympaattisen tonuksen vähenemisestä. (Pichot ym. 2000.) Sympaattinen hermosto aktivoituu erilaisen stressin aikana ja parasympaattinen hermosto taas toimii aktiivisimmin levon aikana (Haug ym. 2009, 134). Ylikunto on vakava tila ja epäonnistuneen valmentautumisen tulos.

2.2.2 Herkistely

Herkistely on monimutkainen prosessi, johon voidaan vaikuttaa manipuloimalla monia harjoitusmuuttujia, joista tärkeimmät ovat volyymi, frekvenssi ja intensiteetti. Herkistelyjaksolla pyritään optimoimaan urheilijan suorituskyky tiettyyn ajankohtaan eli yleensä tärkeään kilpailuun. Oikein toteutettu sopivan kestoisen harjoittelun keventäminen parantaa suorituskykyä fysiologisen ja psykologisen adaptaation seurauksena. Onnistunut herkistelyjakso voi parantaa suorituskykyä n. 3 % ja kilpaurheilussa näin suurella suorituskyvyn kasvulla on valtava vaikutus kilpailumenestykseen. Herkistelyjaksion tarkoitus on siis vähentää harjoittelun aiheuttamaa väsymystä ja lisätä suoritusvalmiutta omassa lajissa. Keskimäärin optimaalinen herkistelyjaksion pituus on 8-14 vuorokautta. Tuona aikana keskimäärin on optimaalista laskea harjoittelun volyymi noin puoleen ja harjoittelufrekvenssi 80 prosenttiin herkistelyjaksoa edeltäneeseen harjoitteluun verrattuna sekä pitää harjoittelun intensiteetti melko korkealla. (Bompa & Haff 2009, 187–202.) Bosquetin ym. (2007) meta-analyysin mukaan optimaalinen suorituskyky saadaan aikaiseksi keskimäärin kahden viikon kestoisella herkistelyjaksolla, jolla harjoittelun volyymi tiputetaan eksponentiaalisesti 40–60 prosenttiin herkistelyjaksoa edeltäneestä tilanteesta, mutta harjoittelun intensiteettiä ja frekvenssiä ei muuteta. Meta-analyysin lähdetutkimukset oli kuitenkin tehty kestävyysurheilijoille, joten mitään suoria johtopäätöksiä niistä ei voi tehdä voima- ja teholajien urheilijoiden herkistelyyn.

Taatakseen optimaalisen superkompensaation, kovaa harjoittelua, kuten suunniteltua ylikuormitusjaksoa tulee seurata lyhyt herkistelyjakso, joka sisältää kevennettyä harjoittelua ja lepoa (Schoenfeld 2010). Couttsin ym. (2007) tutkimuksessa rugby-pelaajien suorituskyky sekä voima- että kestävyysominaisuuksissa laski kuuden viikon ylikuormitusjakson aikana, mutta viikon kevennysjakson, jona viikkoharjoittelumäärä ajassa mitattuna laski 55 % ja harjoitteluintensiteetti laski 17,4 % verrattuna viimeisen ylikuormitusviikon treeneihin, jälkeen suorituskyky eri testeissä joko nousi ylikuormituskautta edeltäneitä testejä kovemmaksi tai samalle tasolle kuin ennen ylikuormituskautta olleissa testeissä. Ylikuormituskauden jälkeiseen tilaan nähden suurin osa testituloksista parani huomattavasti. Kaikki biokemialliset muuttujat, kuten testosteroni-kortisoli-suhde sekä glutamiini-glutamaatti-suhde eivät kuitenkaan ehtineet palautua ylikuormitusjaksoa edeltäneelle tasolle viikon mittaisen kevennyksen aikana, joka saattaa kieltä siitä, että pidempi herkistelyjakso olisi parantanut testitulostasoa enemmän. Kreatiinikinaasin

aktiivisuus ehti kuitenkin laskea lähes ylikuormitusjaksoa edeltäneelle tasolle viikon mittaisen kevennysjakson aikana. Tämä kertoo lihassoluvaurioiden korjaantumisesta. (Coutts ym. 2007.) Izquierdon ym. (2007) tutkimuksessa neljän viikon kestoinen herkistelyjakso, jossa intensiteetti säilyi korkealla volyymin progressiivisesti laskiessa, 16 viikon voimaharjoittelujakson jälkeen tuotti pientä voimien kasvua, kun taas neljän viikon totaalilepo heikensi voimatasoja merkittävästi. Kahden viikon harjoittelemattomuus ei vielä laske dynaamisia voimatasoja, mutta tätä pidempi ajanjakso laskee (Fleck & Kraemer 2004, 241–259). Weussin & Coneyn (2003) tutkimuksessa 4 vuorokauden tauko viimeisestä voimaharjoituksesta tuotti parhaan suorituskyvyn testipäivänä. Harjoittelun keventäminen lisää kehon anaboliala (rakentavia reaktioita) verrattuna kataboliaan (hajottavat reaktiot) sekä antaa elimistölle aikaa korjata mikrovaurioita. Ja juuri mikrovaurioiden korjaantuminen lienee yksi merkittävistä syistä herkistelyjakson aiheuttamaan suorituskyvyn paranemiseen. (Coutts ym. 2007.)

3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämä kandiditutkimus on osa suurempaa tutkimusta (Ahtiainen ym.), jossa tutkitaan kuormittuneisuutta, palautumista ja erilaisten kevennys- eli herkistelyjaksojen vaikutusta suorituskykyyn periodisoidussa urheiluharjoittelussa. Kyseenomaisessa suuremmassa tutkimuksessa kuormittuneisuutta ja palautumista tutkitaan suorituskykymuutosten lisäksi sykevälivaihtelun ja veriplasman sytokiiniaktiivisuuksien avulla. Tässä kandiditutkimuksessa kuitenkin keskitytään sekä suunnitellun ylikuormitusjakson että kahden erilaisen herkistelyjakson vaikutuksiin hermolihasjärjestelmän voimantuottokyvyssä, kun herkistelyjaksoa on edeltänyt suunniteltu ylikuormitusjakso. Tämä kandiditutkimus tutkii edellä mainittuja asioita voimaharjoittelussa, joka on toteutettu sekä hermostollishypertrofisen että hypertrofisen voimaharjoittelun periaatteiden mukaisesti.

Ensimmäinen tutkimuskysymys.

Parantaako korkeaintensiteettinen ja matalavolyyminen herkistely vai matalaintensiteettinen ja korkeavolyyminen herkistely enemmän polvien ja lonkan ojentajien voimantuottokykyä hermostollishypertrofisessa voimaharjoittelussa kahden viikon suunnitellun ylikuormituskauden jälkeen?

Hypoteesi: Kirjallisuuden mukaan intensiteetin säilytys ja volyymin kevennys toisi paremman lopputuloksen (Bompa & Haff 2009, 187-202, Izquierdo ym. 2007). Toisaalta kovan ylikuormituskauden jälkeen hermostollishypertrofisessa voimaharjoittelussa tilanne ei välttämättä ole niin yksioikoinen ja tämä tekee tästä kandiditutkimuksesta mielenkiintoisen.

Toinen tutkimuskysymys.

Heikentääkö kahden viikon suunniteltu ylikuormitusjakso (tehostettu harjoitusjakso) hermolihasjärjestelmän voimantuottokykyä?

Hypoteesi: Suunniteltu ylikuormitusjakso tulee akuutisti heikentämään hermolihasjärjestelmän voimantuottokykyä, mutta välittömästi ylikuormituskautta seuraavan kevennysjakson aikana ylikuormituskauden aiheuttama väsymys häviää ja suorituskyky superkompensoituu korkeammalle tasolle etenkin verrattuna ylikuormituskauden jälkei-

seen tilaan, mutta myös verrattuna ylikuormituskautta edeltäneeseen tilaan (Coutts ym. 2007).

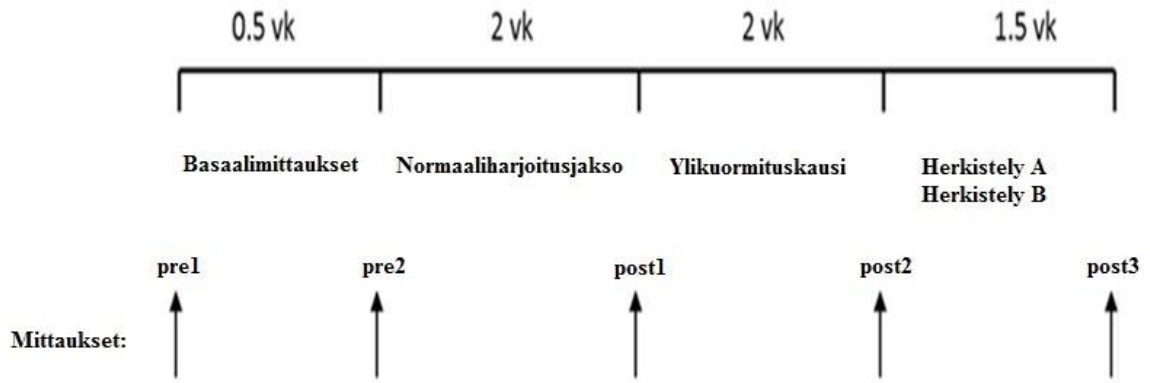
4 TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Tutkittavat

Tutkittaviksi rekrytoitiin 18–35 -vuotiaita terveitä Jyväskylän yliopistossa opiskelevia tai työskenteleviä miehiä. Miehillä tuli olla kokemusta kuntosaliharjoittelusta, muttei saanut olla voimalajin kilpaurheilija. Tutkimuksen aloitti 20 tutkittavaa, mutta koko tutkimusjakson suoritti 16. Koko tutkimusjakson läpikäyneiden tutkittavien keski-ikä oli 25 vuotta (vaihteluväli 20–35 vuotta), keski-pituus oli 176,5 cm (vaihteluväli 168,5–190,9 cm), keskipaino tutkimusjakson alussa oli 81,3 kg (vaihteluväli 64,5–125,0 kg) ja keskimääräinen rasvaprosentti alkumittauksissa oli 17,4 % (vaihteluväli 11,0–30,0 %).

4.2 Tutkimusasetelma

Tutkimusasetelma näkyy pelkistettynä kuvassa 2. Tutkittavat suorittivat tutkimuksen ensimmäisellä viikolla basaalimittaukset maanantaina ja perjantaina. Tutkittavat suorittivat basaalimittaukset, koska tutkimuksessa ei ollut erikseen kontrolliryhmää. Tutkittavat toimivat itse itsensä kontrolleina. Basaalimittauksissa tutkittavat suorittivat staattisen hypyn kontaktimatolla sekä isometrisen maksimivoimasuorituksen jalkadynamometrissä 110 asteen polvikulmalla. Isometrisestä maksimivoimasuorituksesta määritettiin myös voimantuotonopeutta kuvaava muuttuja (aika voimantuoton alusta siihen, kun saavuttaa puolet maksimivoimastaan). Ensimmäisten eli maanantain basaalimittausten yhteydessä tehtiin lisäksi antropometriset mittaukset, joissa määritettiin kunkin tutkittavan pituus, paino ja rasvaprosentti pihtimittauksella.



KUVA 2. Tutkimusasetelma. Herkistely A = korkean harjoitteluintensiteetin ja matalan harjoitusvolyymin herkistelyryhmä, Herkistely B = matalan harjoitusintensiteetin ja korkean harjoitusvolyymin herkistelyryhmä, pre1 = ensimmäiset basaalimittaukset, pre2 = toiset basaalimittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset.

Basaalimittausviikkoa seurasi ns. perusharjoitusjakso, joka kesti kaksi viikkoa. Perusharjoitusjaksolla tutkittavilla oli kaksi harjoitusta viikossa, tiistaisin ja torstaisin. Harjoittelu oli alaraajojen osalta hermostollishypertrofista sekä hypertrofista ja muun kehon osalta pelkästään hypertrofista. Harjoitusohjelma oli yksijakoinen eli joka harjoituksessa treenattiin koko kehon päälihasryhmät lävitse. Perusharjoitusjakson toisen viikon torstaina tehtiin ensimmäinen kenttätesti ja mitattiin sekä 1 RM (yhden toiston maksimi) että toistotesti 80 % kuormalla yhden toiston maksimista jalkaprässissä 90 asteen polvikulmalla. Perusharjoitusjakson toisen viikon perjantaina olivat ensimmäiset laboratoriomittausten välitestit eli samat suorituskykytestit kuin basaalitesteissä eli staattinen hyppy ja isometrinen voimantuotto jalkadynamometrissä.

Perusharjoitusjaksoa seurasi kahden viikon mittainen suunniteltu ylikuormitusjakso (tehostettu harjoitusjakso). Suunnitellulla ylikuormitusjaksolla tutkittavat tekivät ensimmäisellä viikolla 5 voimaharjoitusta: maanantaina, tiistaina, keskiviikkona, torstaina ja perjantaina. Toisella suunnitellun ylikuormitusjakson viikolla tutkittavat tekivät neljä voimaharjoitusta: maanantaina, tiistaina, keskiviikkona ja torstaina. Yksittäiset voimaharjoitukset olivat samanlaisia kuin perusharjoitusjaksolla. Suunnitellun ylikuormitusjakson toisella viikolla tutkittavilla oli voimaharjoitusten lisäksi toinen kenttätesti (1 RM ja toistotesti 80 % kuormalla alkutestien ykkösmaksimista jalkaprässissä) keski-

viikkona sekä perjantaina olivat toiset laboratoriomittausten välitestit eli staattinen hypy ja isometrinen voimantuotto jalkadynamometrissä.

Suunniteltua ylikuormituskautta seurasi yhdeksän vuorokauden kestoinen herkistelyjakso. Herkistelyjaksoksi tutkittavat jaettiin A- ja B-ryhmään. Molemmat ryhmät trenasivat herkistelyjaksolla kaksi kertaa, maanantaina ja torstaina. A-ryhmän harjoittelun intensiteetti oli korkealla ja volyyymi matalalla, kun taas B-ryhmällä intensiteetti oli matala, mutta volyyymi korkeammalla. Molempien ryhmien harjoitusvolyyymi verrattuna suunniteltuun ylikuormituskauteen aleni, koska harjoitusfrekvenssi putosi viidestä kerrasta viikossa kahteen kertaan viikossa. B-ryhmällä sarjamäärä yksittäisissä treeneissä oli puolet suurempi (4 versus 2 sarjaa per liike), joka piti volyymin korkeammalla kuin A-ryhmällä. B-herkistelyryhmällä volyyymi oli sarjamäärällisesti yhtä suurta kuin perusharjoitusjaksolla (nimenomaan sarjamäärällisesti, ei kiloissa, koska yhtälön ”SARJATxTOISTOTxKUORMA” kuorma-muuttuja oli pienempi kuin perusharjoitusjaksolla), kun taas A-ryhmällä herkistelyviikon treenimäärä oli selvästi pienempää (puolet vähemmän sarjoja) kuin perusharjoitusjaksolla. Herkistelyjakson jälkeen oli lopputestipäivä, jolloin mitattiin staattisen hypyn nousukorkeus, jalkadynamometri, jalkaprässin 1 RM ja toistotesti 80 % kuormalla alkutestien ykkösmaksimista sekä rasvaprosentti ja kehon massa. Yhteenvedo koko tutkimusaikataulusta näkyy taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tutkimuksen aikataulu.

Viikko	ma	ti	ke	to	pe	la	su
1	Alkutesti_1				Alkutesti_2		
2	Treeni_perus_1			Treeni_perus_2			
3	Treeni_perus_3			Treeni_perus_4 + JP	Välitesti_1		
4	Treeni_OR_1	Treeni_OR_2	Treeni_OR_3	Treeni_OR_4	Treeni_OR_5		
5	Treeni_OR_6	Treeni_OR_7	Treeni_OR_8 + JP	Treeni_OR_9	Välitesti_2		
6	Herkistelytreeni_1 Tutkittavat jaettu A- ja B-ryhmään			Herkistelytreeni_2 Tutkittavat jaettu A- ja B-ryhmään			
7	Lopputestit + JP						

Alkutesti = basaalitesti, Treeni_perus = perusharjoitusjakson voimaharjoitus, JP = jalkaprässitesti ja Treeni_OR = ylikuormituskauden voimaharjoitus.

4.3 Harjoittelu

Harjoittelu oli yhdistelmä hermostollishypertrofista ja hypertrofista voimaharjoittelua. Harjoittelun pääpaino oli polvien ja lonkan ojentajien harjoittelussa, mutta koko kehon päälihasryhmiä harjoitettiin. Jokainen treeni alkoi polvien ja lonkan ojentajien harjoittelulla. Tarkat harjoitusohjelmat löytyvät liitteestä 1. Perusharjoittelukaudella ja suunnitellulla ylikuormitusjaksolla ohjeistettiin kuorman valinnassa siten, että pyrkimyksenä yhden liikkeen sarjoissa on vakiokuorma, joka on sen suuruinen, että liikkeen viimeinen sarja päättyy konsentriseen uupumukseen eli harjoitusohjelmassa asetetun toistomäärän mittaiseen toistomaksimiin. Tutkittavien tavoitteena oli pystyä tekemään liikkeet suuremmilla sarjapainoilla kuin edellisessä harjoituksessa eli intensiteettiprogressio oli harjoittelun tavoitteena. Matalavolyymisen ja korkeaintensiteettisen herkistelyryhmän herkistelyjakson treeneihin annettiin intensiteettiohjeeksi se, että kuorma tuli valita siten, että jokaisessa sarjassa jää kaksi toistoa varaa (kaksi toistoa matkaa konsentriseen uupumukseen eli jos sarjassa tehdään kahdeksan toistoa, tehdään ne 10 RM kuormalla). Korkeavolyymisen ja matalaintensiteettisen herkistelyryhmän herkistelyjakson treenien sarjojen intensiteetti oli määritetty siten, että sarjapainojen tuli olla jalkaprässissä 60 % ykkösmaksimista ja muissa liikkeissä 60 % niistä sarjapainoista, joita samassa harjoituksessa oli viime kerralla samanpituisissa sarjoissa käyttänyt. Ennen kaikkia voimaharjoituksia ohjeistettiin 10 min kestoiseen aerobiseen verryttelyyn kuntopyörällä hiottavalla, mutta maltillisella (pitää pystyä puhumaan) kuormituksella. Lisäksi kaikissa muissa ohjelmissa paitsi matalaintensiteettisen ja korkeavolyymisen herkistelyjakson tapauksessa ohjeistettiin kuntopyöräverryttelyn jälkeen tutkittavia tekemään yksi 10 toiston lähestymissarja jalkaprässiä 60 % kuormalla yhden toiston maksimista ennen varsinaisia harjoitussarjoja. Tämän tutkimuksen harjoitusohjelman sisältöön vaikutti suuresti se, että tämä kandiditutkimus on osa suurempaa tutkimusta (Ahtiainen ym.), jossa kuormittuneisuutta ja palautumista tutkitaan suorituskykymuutosten lisäksi sykeväli-vaihtelun ja veriplasman sytokiiniaktiivisuuksien avulla.

4.4 Aineiston keräys

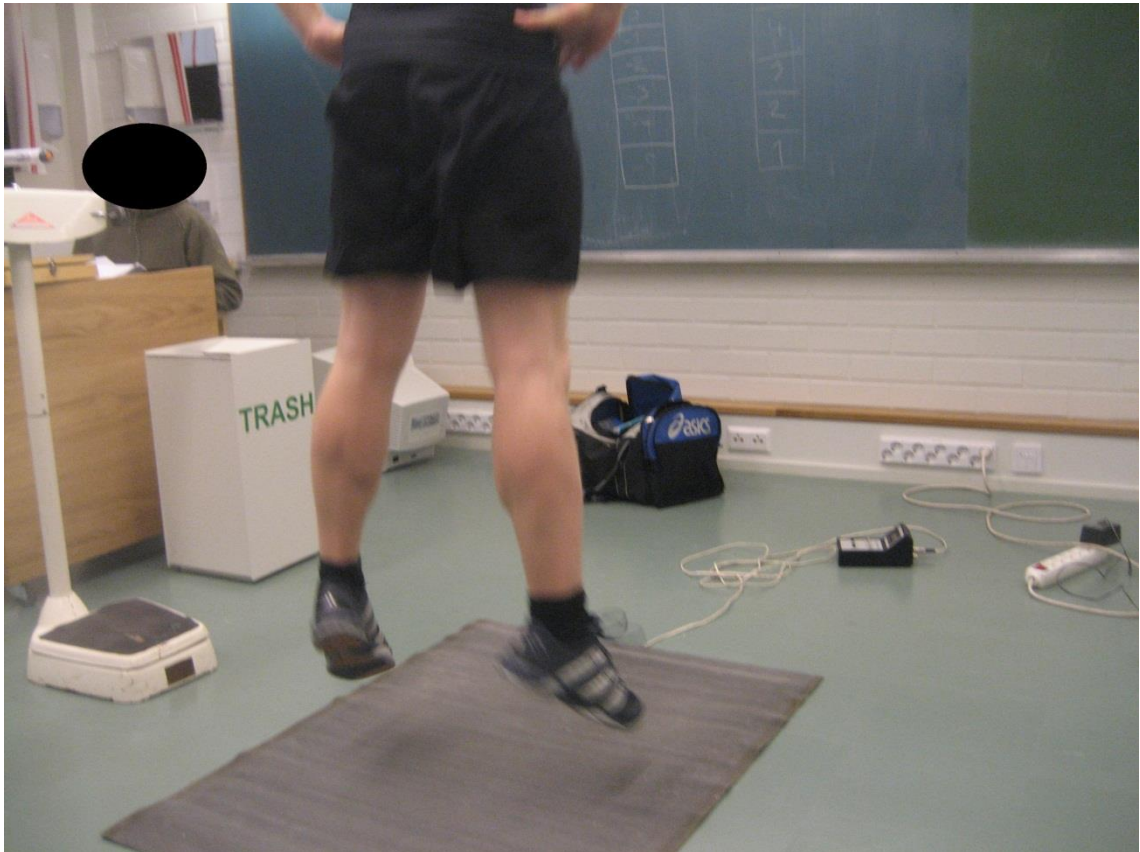
Aineiston keräys tapahtui kaksissa basaalimittauksissa, kaksissa välitesteissä, kolmissa kenttätesteissä ja yksissä lopputesteissä. Ensimmäisissä basaalitesteissä mitattiin suorituskykyvuuttujen lisäksi tutkittavien pituus, paino ja rasvaprosentti. Paino ja rasvaprosentti mitattiin uudestaan lopputesteissä. Staattinen hyppy sekä isometrinen maksimivoima ja voimantuottonopeus jalkadynamometrissä mitattiin molemmissa basaalimittauksissa, molemmissa välitesteissä sekä lopputesteissä. Dynaaminen maksimivoima sekä kestovoimatesti jalkaprässissä suoritettiin kolmissa kenttätesteissä. Viimeinen kenttätести oli loppumittauspäivänä.

4.4.1 Mittausmenetelmät ja -protokollat

Antropometriset mittaukset. Tutkittavien pituus mitattiin tasaisella lattialla tasaista seinää vasten rullamitan ja kuntotestauksen käsikirjan avulla. Tutkittavien paino (massa) punnittiin henkilöva’alla. Tutkittavien rasvaprosentti määritettiin rasvapihdeillä nelipistemittauksen avulla. Nelipistemittauksen rasvapoimuina toimivat biceps-ihopoimu, triceps-ihopoimu, lavanaluspoimu ja suoliluun harjanteen poimu (Keskinen ym. 2007, 48–49). Kullekin tutkittavalle tehtiin nelipistemittaus kolmesti ja kunkin rasvapoimun paksuudeksi laskettiin kolmen mittauskerran keskiarvo. Jokaisen rasvapoimun keskiarvopaksuudet laskettiin yhteen ja rasvaprosentti määritettiin käyttämällä Durnin & Womersley (1974) ”Rasvaprosentti miehillä eri ikäryhmissä” taulukkoa (Keskinen ym. 2007, 263). Rasvaprosentin nelipistepihtimittaus suoritettiin siis Kuntotestauksen käsikirjan (2007) ihopoimumittausohjeiden mukaan (Keskinen ym. 2007, 48–50).

Staattisen hypyn nousukorkeus. Ennen staattisen hypyn testiä tutkittavat suorittivat 10 minuutin alkuverryttelyn kuntopyörällä. Lämmittelyn intensiteetti ohjeistettiin siten, että hiki pitää tulla, mutta teho täytyy pitää sen verran maltillisena, että täytyy pystyä puhumaan. Ennen testihyppyjä tutkittava suoritti yhden lämmittely-/harjoitteluhypyn. Testihyppyissä ohjeistettiin laskeutumaan n. 90 asteen polvikulmaan (mittaaja vahti syvyyttä) ja pysähtymään sinne, kunnes mittaaja antaa ponnistusluvan. Ponnistuslupa annettiin laskemalla ”yksi, kaksi, hyppy” sen jälkeen, kun tutkittava oli liikkumattomassa tilassa ala-asennossa. Tutkittavia ohjeistettiin pitämään kädet lanteilla hypyn aikana ja tule-

maan hypystä alas suoria jaloin. Staattinen hyppy tapahtui kontaktimatolla. Kontaktimaton avulla saatiin hypyn lentoaika, josta laskettiin hypyn nousukorkeus kaavalla $h=gt^2/8$. Staattisten hypyjen välissä oli yhden minuutin palautus. Yrityskertoja oli kolme, ellei lentoaika parantunut yli viittä prosenttia kolmannella hypyllä. Jos lentoaika parani yli viisi prosenttia, otettiin lisäyrityksiä. Kuvassa 3 näkyy staattisen hypyn suorittaja ja mitauslaitteisto.



KUVA 3. Tutkittava on suorittamassa staattista hypyä kontaktimatolla.

Isometrinen maksimivoima ja voimantuottonopeus jalkadynamometrissä 110 asteen polvikulmalla. Isometrinen (lihasjännekompleksin pituus ei muutu) jalkadynamometri-testi tehtiin heti staattisen hypyn testin perään eli alla oli jo kuntopyörälämmittely ja staattiset hypyt. Jalkadynamometrissä tutkittavat istuivat siten, että kantapäät olivat samalla tasalla levyn alapinnan kanssa ja jalkojen etäisyys toisistaan oli 14 cm (jalkojen paikat oli merkitty teipeillä ja jalkojen sisäsyryjen tuli olla samalla tasalla teippauksen sisäreunan kanssa). Koko suorituksen ajan takapuolen tuli pysyä kiinni penkissä ja alaselän olla kiinni selkänojassa sekä käsillä tuli pitää kiinni käsinojista. Jalkadynamometrin penkin etäisyys voimantuottolevystä säädettiin siten, että tutkittavan polvikul-

maksi tuli 110 astetta. Polvikulma mitattiin goniometrillä siten, että goniometrin keskiö tuli polven lateraaliseen epikondylukseen, goniometrin toisen viivaimen keskikohta tuli nilkkaan lateraaliseen malleolukseen ja goniometrin toisen viivaimen keskikohta tuli lonkkaan trochanter majoriin. Ensimmäisissä testeissä otettiin kultakin tutkittavalta ylös jalkadynamometrin penkin paikka (penkki kulkee kiskoilla, jossa on mitta-asteikko) reliabiliteetin varmistamiseksi ja lopuilla mittauskerroilla asetimme penkin millimetrin tarkkuudella samaan kohtaan kuin se kullakin oli lähtötesteissä. Jalkadynamometrissä tehtiin yksi lämmittelysuoritus, jossa ohjeistettiin tuottamaan arviolta noin 70–80 prosenttia maksimivoimastaan. Varsinaisia testisuorituksia tehtiin kolme, jos maksimivoima ei kolmannella yrityksellä parantunut yli viittä prosenttia. Jos parani, otettiin niin monta yritystä, että ei enää parantunut yli viittä prosenttia. Palautusta testisuoritusten välissä oli 3-5 minuuttia. Tutkittavia ohjeistettiin tuottamaan niin paljon voimaa ja niin nopeasti kuin mahdollista. Komennolla ”VALMIINA” piti vetää keuhkot täyteen ilmaa, mutta olla vielä tuottamatta voimaa. Komennolla ”PAINA” piti tuottaa niin paljon ja niin nopeasti voimaa kuin kykeni kunnes komennolla ”SEIS” tuli lopettaa voimantuotto. ”SEIS”-komento annettiin vasta, kun nähtiin, että voimantuotto alkoi laskea. Yli 30 newtonin esikevennystä tai esijännitystä sisältäneet suoritukset hylättiin. Voimasignaalista määritettiin maksimivoima ja aika, joka voimantuoton alusta kului siihen, että tutkittava oli tuottanut 50 prosenttia maksimivoimastaan. Voimasignaalin käsittelyohjelmalla tietokoneella toimi Signal 4.08. Muuta mittauslaitteistoa olivat jalkadynamometri vastusvenymäliuskoineen, goniometri, vahvistin, analogi-digitaalimuunnin (AD-laatikko), tietokone sekä johdot jalkadynamometrin, vahvistimen, AD-laatikon ja tietokoneen välillä. Kuvassa 4 näkyy jalkadynamometrinentestin suorittaja.



KUVA 4. Tutkittava on suorittamassa jalkadynamometritestiä.

Dynaaminen maksimivoima- sekä kestovoimatesti 45-asteen jalkaprässissä 90 asteen polvikulmalla. Ennen jalkaprässimittauksia tutkittavat polkivat lämmittelyksi kuntopyörää viisi minuuttia teholla, jolla piti tulla hiki, mutta piti pystyä puhumaan. Ennen testejä otettiin kaksi lähestymissarjaa. Ensin tehtiin yksi 10 toiston sarja 50 prosentin kuormalla edellisen testin yhden toiston maksimista (ensimmäisellä kertaa arvioidusta maksimista) ja sitten yksi viiden toiston sarja 75 prosentin kuormalla edellisen testin yhden toiston maksimista (ensimmäisellä kertaa arvioidusta maksimista). Päivän yhden toiston maksimi pyrittiin löytämään viidellä yrityksellä 15 kilogramman tarkkuudella. Yritysten välissä oli 3-5 minuutin palautustauko. Yhden toiston maksimin löytämisen jälkeen pidettiin vielä yksi 3-5 minuutin palautustauko, jonka jälkeen tehtiin toistomaksimitesti 80 prosentin kuormalla ensimmäisten jalkaprässitestien ykkösmaksimista. Ensimmäisissä jalkaprässimittauksissa polvikulma määritettiin goniometrin avulla ja otettiin viivaimella ylös matka kelkan levyn tukimetallista prässin rungon kiintopisteeseen, joten jokaisella mittauksella liikerata oli samalla tutkittavalla yhtä pitkä. Näin taattiin testiin hyvä reliabiliteetti. Prässin runkoon merkittiin mustalla taulutussilla kullekin tutkittavalle viiva, jonka tasolla kelkan levyn tukimetallin piti hyväksytyssä suorituksessa käydä.

Yksi mittaajista antoi äänimerkin, kun kelkka oli laskeutunut tarvittavaan syvyyteen, jolloin tutkittava tiesi muuttaa eksentrisen työvaiheen konsentriseksi. Hyväksytyyn suori- tuksen yläasennossa polvinivelten tuli ojentua suoriksi. Jalkaprässissä tutkittavien jalko- jen paikkaa levyllä ei vakioitu jokaiselle millilleen samaksi kuten laboratoriomittausten jalkadynamometrissä, vaan kenttätestissä ohjeeksi jalkojen asennosta annettiin se, että ”Käytä sellaista jalka-asentoa, jolla tunnet pystyväsi tuottamaan eniten voimaa. Käytä samaa jalka-asentoa kuin treeneissä.”. Tällä ohjeistuksella saimme todennäköisesti kent- tätestin jalka-asennon vakioitua kenttätestin tarkkuusvaateiden mukaiseksi. Kuvassa 5 näkyy jalkaprässin maksimitestin suorittaja.



KUVA 5. Tutkittava on suorittamassa yhden toiston maksimitestiä jalkaprässissä.

Subjekttiivinen tuntemus lihasarkuudesta. Laboratoriotesteissä tutkittavilta kysyttiin li- hasarkuuden tuntemus asteikolla 1-5 (1 = ei ollenkaan lihasarkuutta, 5 = suurin mahdol- linen lihasarkuus). Lihasarkuus kysyttiin aina testien aluksi ennen alkuverryttelyn aloi- tusta. Subjekttiivisen lihasarkuuden taulukko löytyy liitteestä 4.

4.4.2 Aineiston analysointi ja tilastolliset menetelmät

Tilastollisissa analyyseissä käytettiin SPSS 20.0 ohjelmaa. Ajan myötä tapahtuvia muutoksia ryhmän sisällä tutkittiin ANOVA toistettujen mittausten testillä, jossa käytettiin Bonferronin Post Hoc –testiä. ANOVA toistettujen mittausten testissä käytettiin neljän mittauskerran mittaustuloksia: toisia basaalimittauksia käytettiin alkutestinä eli ensimmäisenä mittauskertana ja muut käytetyt mittauskerrat olivat normaaliharjoituskauden jälkeiset testit, ylikuormituskauden jälkeiset testit sekä herkistelykauden jälkeiset loppu-testit. Lisäksi kahden riippuvan otoksen odotusarvojen yhtäsuuruuden t-testillä (parittainen t-testi) verrattiin muutoksia kaksien alkutestien välillä sekä ennen ja jälkeen herkistelyn. Epänormaalijakautuneissa aineiston osissa ajan myötä tapahtuvia muutoksia ryhmän sisällä tutkittiin Wilcoxonin nonparametrisellä testillä. Ryhmien eroja alkumittauksissa vertailtiin kahden riippumattoman otoksen odotusarvojen yhtäsuuruuden t-testillä (t-testi). Lisäksi keskihajontoja laskettiin Exel 2010 -ohjelmalla. Merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p < 0.05$.

5 TULOKSET

Alkutesteissä A- ja B-ryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa lähtötasossa minkään muuttujan osalta. Taulukossa 2 näkyy koko tutkimusjakson suorituskykytestien mittaustulokset A-ryhmän osalta ja taulukossa 3 B-ryhmän osalta.

TAULUKKO 2. A-ryhmän suorituskykytestien mittaustulokset koko tutkimusjaksolta.

A-Ryhmä	pre1	pre2	post1	post2	post3
		*			
SH (cm)	36,4 ± 7,0	37,3 ± 6,8	35,6 ± 7,4	36,2 ± 7,7	36,6 ± 7,8
					α
JD (N)	4302 ± 1426	4399 ± 1267	4387 ± 1305	4598 ± 1486	4775 ± 1455
		*			
RFD (s)	0,225 ± 0,063	0,173 ± 0,052	0,164 ± 0,058	0,189 ± 0,069	0,205 ± 0,061
JPM (kg)			332 ± 71	344 ± 65	346 ± 77
JPT (kpl)			14,8 ± 7,9	18,3 ± 7,2	17,4 ± 7,2

pre1 = ensimmäiset basaalimittaukset, pre2 = toiset basaalimittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, SH = staattisen hypyn nousukorkeus, JD = jalkadynamometrin maksimivoima 110-asteen polvikulmalta, RFD = aika, joka kului siihen, kun oli tuottanut puolet maksimivoimastaan jalkadynamometrissä, JPM = jalkaprässitestin yhden toiston maksimi 90-asteen polvikulmalta, JPT = jalkaprässitestin tois-
tomaksimi 80 % kuormalla ensimmäisten jalkaprässitestien yhden toiston maksimista,
* = tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0.05$) verrattuna ensimmäisiin basaalimittauksiin,
α = tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0.05$) verrattuna toisiin basaalimittauksiin.

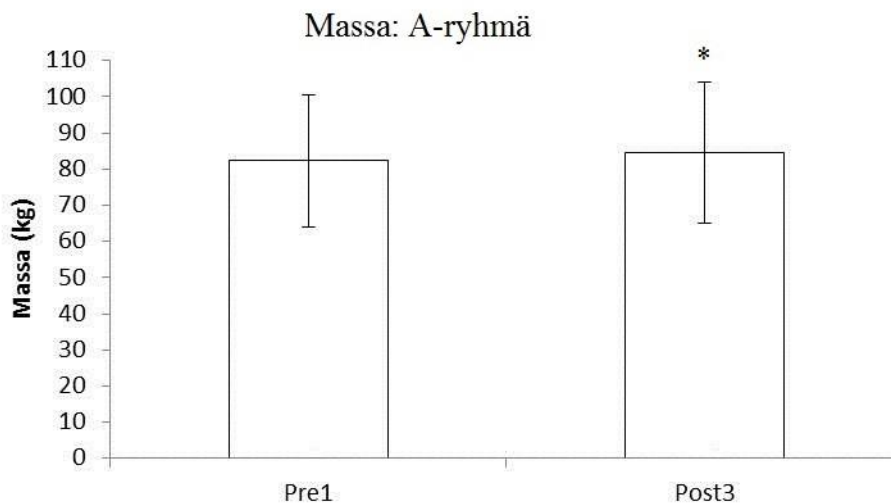
TAULUKKO 3. B-ryhmän suorituskykytestien mittaustulokset koko tutkimusjaksolta.

B-Ryhmä	pre1	pre2	post1	post2	post3
SH (cm)	36,3 ± 6,4	37,2 ± 7,1	37,1 ± 8,3	36,9 ± 7,1	38,8 ± 6,6
JD (N)	3842 ± 1065	3747 ± 1218	3729 ± 1194	3836 ± 1318	4024 ± 1220
RFD (s)	0,192 ± 0,042	0,159 ± 0,036	0,193 ± 0,084	0,21 ± 0,127	0,182 ± 0,109
JPM (kg)			341 ± 80	338 ± 68	347 ± 84
JPT (kpl)			13,6 ± 3,8	18,2 ± 7,2	22 ± 9,3

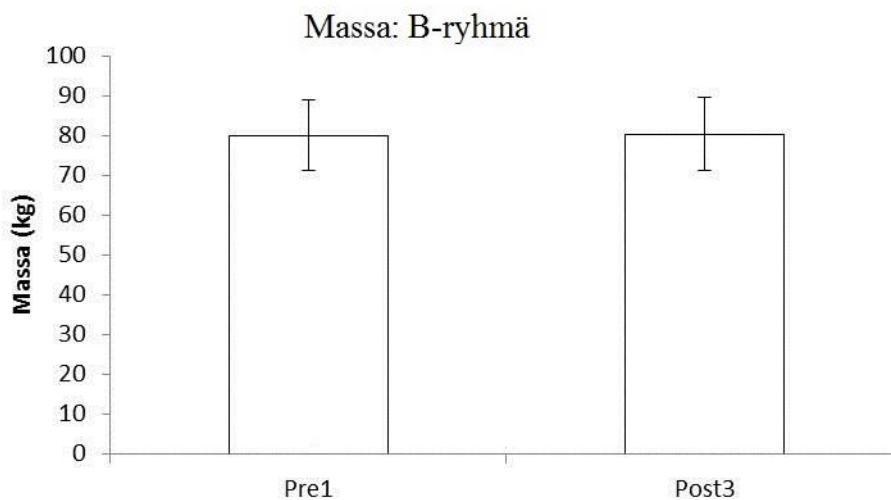
pre1 = ensimmäiset basaalmittaukset, pre2 = toiset basaalmittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, SH = staattisen hypyn nousukorkeus, JD = jalkadynamometrin maksimivoima 110-asteen polvikulmalta, RFD = aika, joka kului siihen, kun oli tuottanut puolet maksimivoimastaan jalkadynamometrissä, JPM = jalkaprässitestin yhden toiston maksimi 90-asteen polvikulmalta, JPT = jalkaprässitestin tois-
tomaksimi 80 % kuormalla ensimmäisten jalkaprässitestien yhden toiston maksimista,
* = tilastollisesti merkitsevä ero ($P < 0.05$) verrattuna ensimmäisiin basaalmittauksiin,
= tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0.05$) verrattuna ylikuormituskauden jälkeisiin mittauksiin.

5.1 Antropometriset muutokset

A-ryhmän kehon massa kasvoi tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) tutkimusjakson aikana 82,3 kilogrammasta 84,5 kilogrammaan (kuva 16). B-ryhmällä kehon massassa ei tapahtunut merkitseviä muutoksia (kuva 17). B-ryhmän kehonmassa muuttui tutkimusjakson aikana 80,2 kilogrammasta 80,5 kilogrammaan.



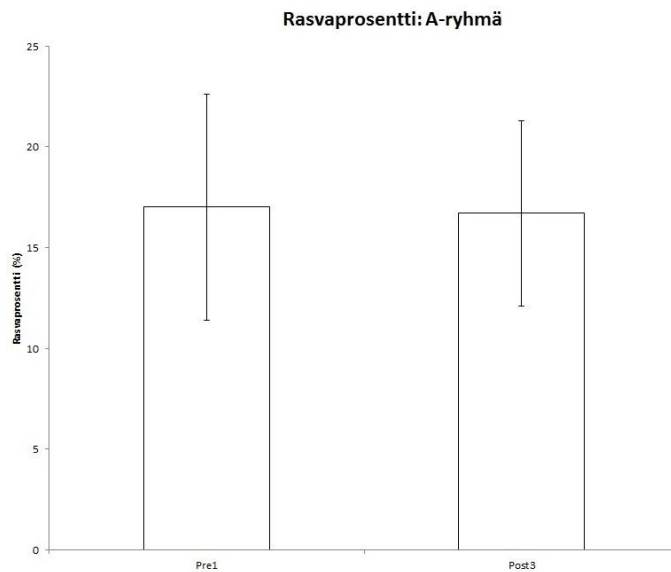
KUVA 16. A-ryhmän kehon massa ennen tutkimusjaksoa ja sen jälkeen. pre1 = ensimmäiset alkumittaukset eli ensimmäiset basaalimittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset loppumittaukset, * = tilastollisesti merkitsevä muutos ($P < 0.05$) verrattuna ensimmäisiin alkumittauksiin.



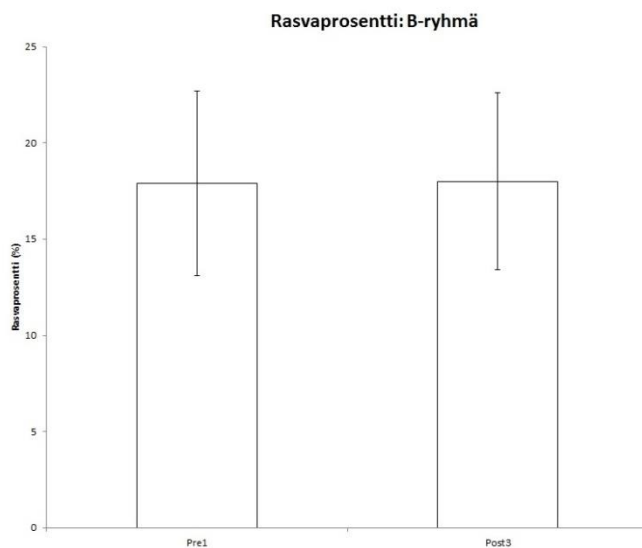
KUVA 17. B-ryhmän kehon massa ennen tutkimusjaksoa ja sen jälkeen. pre1 = ensimmäiset alkumittaukset eli ensimmäiset basaalimittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset loppumittaukset.

Rasvaprosentti ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi kummallakaan ryhmällä (kuvat 18 ja 19). A-ryhmällä lihasmassan määrä kasvoi jonkin verran, koska kehon massa kasvoi tutkimusjakson aikana 2,2 kg, mutta rasvaprosentissa ei tapahtunut merkitsevää

muutosta sen laskiessa 17:sta 16,7:ään. B-ryhmällä rasvaprosentti alkumittauksissa oli 17,9 ja loppumittauksissa 18,0.



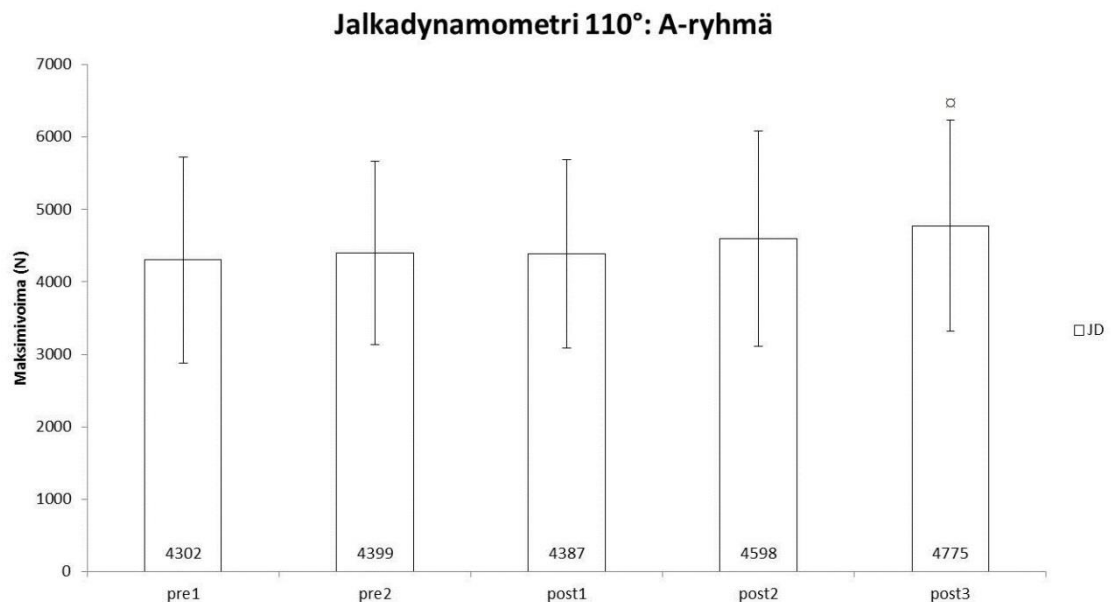
KUVA 18. A-ryhmän kehon rasvaprosentti ennen tutkimusjaksoa ja sen jälkeen. pre1 = ensimmäiset alkumittaukset eli ensimmäiset basaalimittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset loppumittaukset.



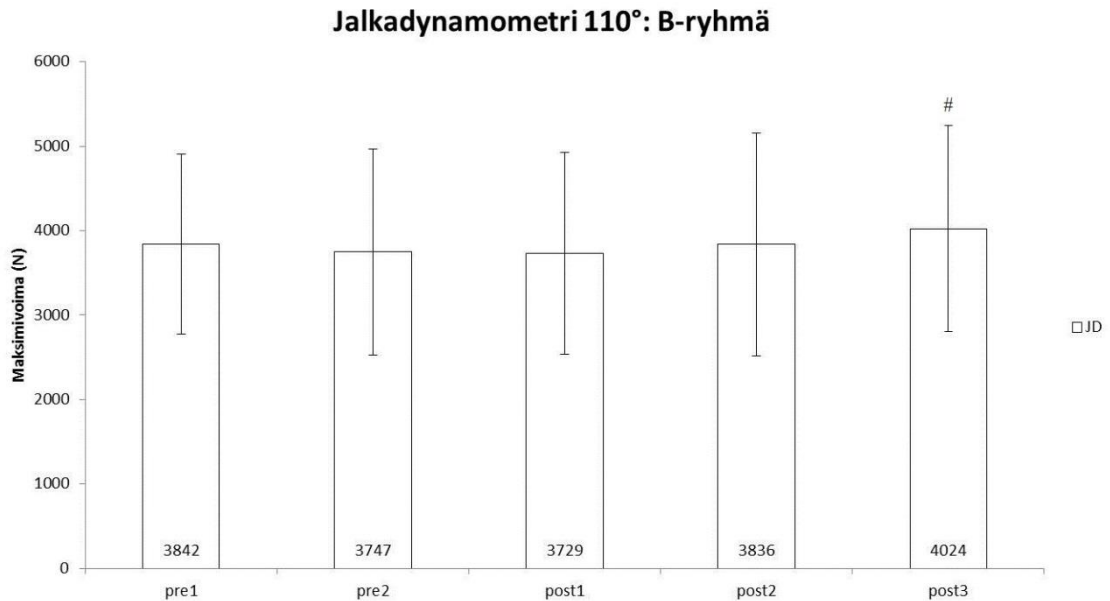
KUVA 19. B-ryhmän kehon rasvaprosentti ennen tutkimusjaksoa ja sen jälkeen. pre1 = ensimmäiset alkumittaukset eli ensimmäiset basaalimittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset loppumittaukset.

5.2 Jalkadynamometrin maksimivoima ja voimantuottonopeus

A-ryhmällä jalkadynamometrin maksimivoima parani tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) alkutestien ja lopputestien välillä, joten harjoitusjakso kokonaisuudessaan paransi A-ryhmän voimantuottokykyä jalkadynamometrissä 110-asteen polvikulmalla (kuva 6). Toisissa alkutesteissä A-ryhmän maksimivoima jalkadynamometrissä oli 4399 newtonia ja lopputesteissä 4775 newtonia. B-ryhmä paransi tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) maksimivoimatasojaan jalkadynamometrissä herkistelyjakson aikana (kuva 7). B-ryhmän maksimivoima jalkadynamometrissä ennen herkistelyjaksoa oli 3836 newtonia ja herkistelyjakson jälkeen 4024 newtonia.



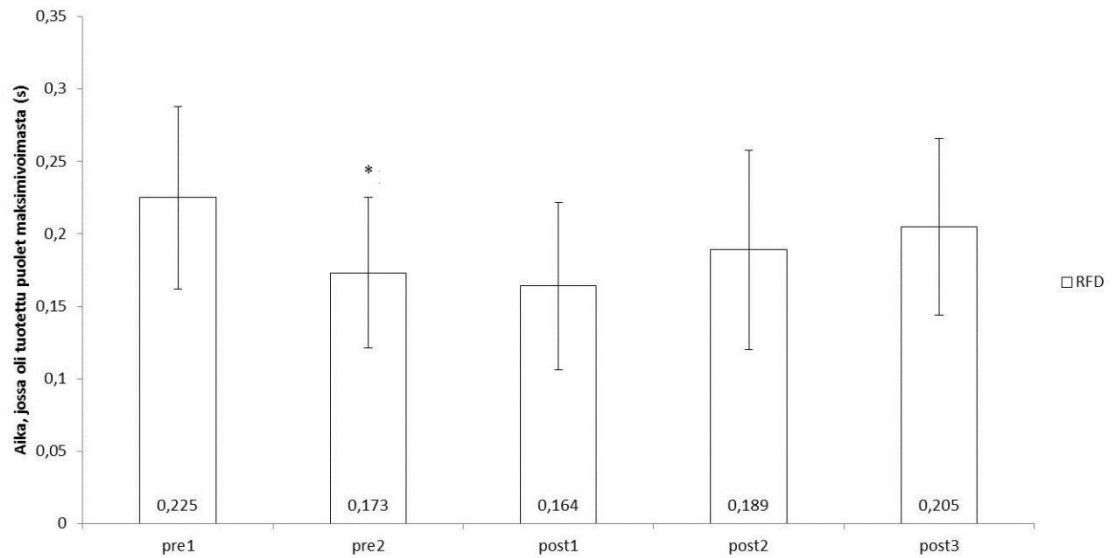
KUVA 6. A-ryhmän maksimivoimatulokset jalkadynamometrissä 110-asteen polvikulmalla. pre1 = ensimmäiset basaalimittaukset, pre2 = toiset basaalimittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, JD = jalkadynamometrin maksimivoima 110-asteen polvikulmalta, \boxtimes = tilastollisesti merkitsevä muutos ($p < 0.05$) verrattuna toisiin basaalimittauksiin.



KUVA 7. B-ryhmän maksimivoimatulokset jalkadynamometrissä 110-asteen polvikulmalla. pre1 = ensimmäiset basaalimittaukset, pre2 = toiset basaalimittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, JD = jalkadynamometrin maksimivoima 110-asteen polvikulmalta, # = tilastollisesti merkitsevä muutos ($p < 0.05$) verrattuna ylikuormituskauden jälkeisiin mittauksiin.

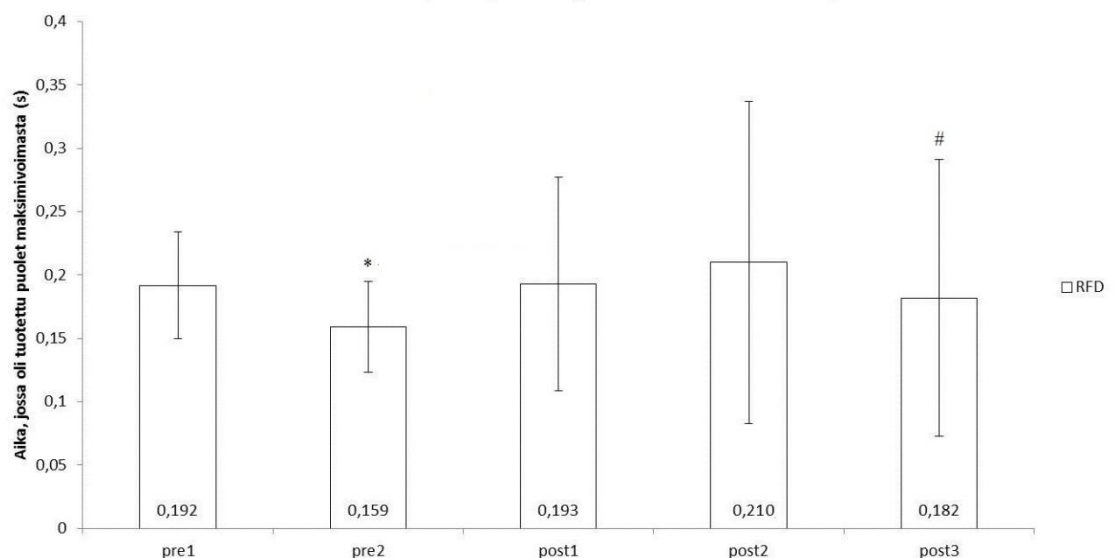
A-ryhmällä voimantuottonopeus jalkadynamometrissä muuttui tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) ainoastaan alkutestien (kaksien basaalimittausten) välissä, jolloin aika, joka kului tuottaessa puolet maksimivoimasta, laski 0,225 sekunnista 0,173 sekuntiin (kuva 8). B-ryhmällä voimantuottonopeus laski tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) sekä basaalimittausten välissä että herkistelyjakson aikana (kuva 9). Basaalimittausten välissä B-ryhmän aika, joka kului tuottaessa puolet maksimivoimasta, laski 0,192 sekunnista 0,159 sekuntiin. Herkistelyjakson aikana B-ryhmän aika, joka kului tuottaessa puolet maksimivoimasta, laski 0,210 sekunnista 0,182 sekuntiin. Kokonaisuudessaan harjoitusjakso ei kuitenkaan aiheuttanut merkittäviä muutoksia jalkadynamometrin voimantuottonopeudessa kummallakaan ryhmällä (kuvat 8 ja 9).

Voimantuottonopeus jalkadynamometrissä: A-ryhmä



KUVA 8. A-ryhmän voimantuottonopeus jalkadynamometrissä. pre1 = ensimmäiset basaalimittaukset, pre2 = toiset basaalimittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, RFD = aika, joka kului siihen, kun oli tuottanut puolet maksimivoimastaan jalkadynamometrissä, * = tilastollisesti merkitsevä muutos ($P < 0.05$) verrattuna ensimmäisiin basaalimittauksiin.

Voimantuottonopeus jalkadynamometrissä: B-ryhmä

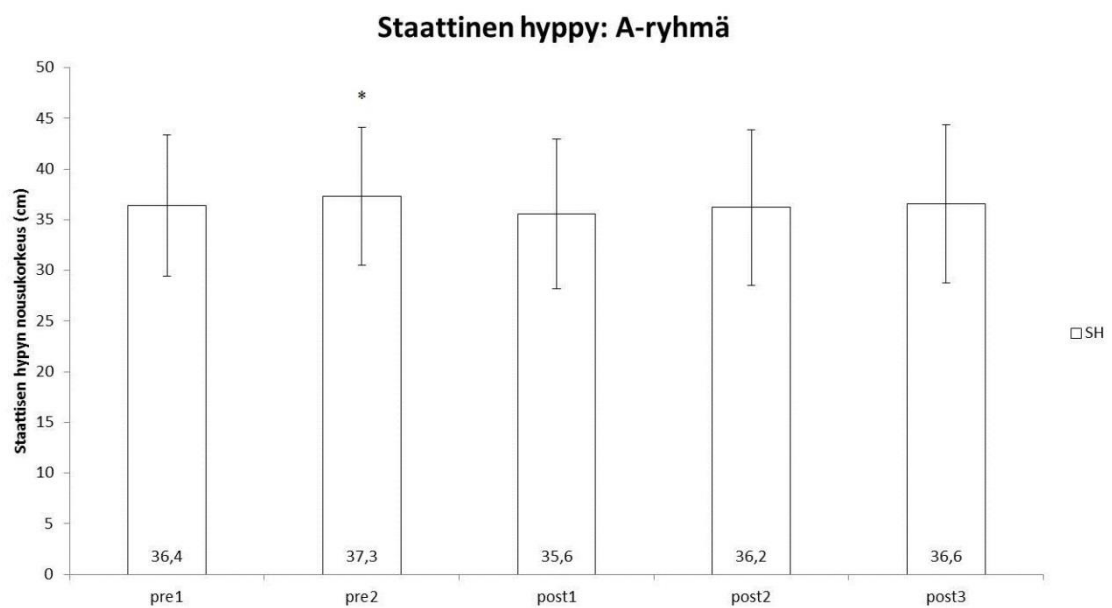


KUVA 9. B-ryhmän voimantuottonopeus jalkadynamometrissä. pre1 = ensimmäiset basaalimittaukset, pre2 = toiset basaalimittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistely-

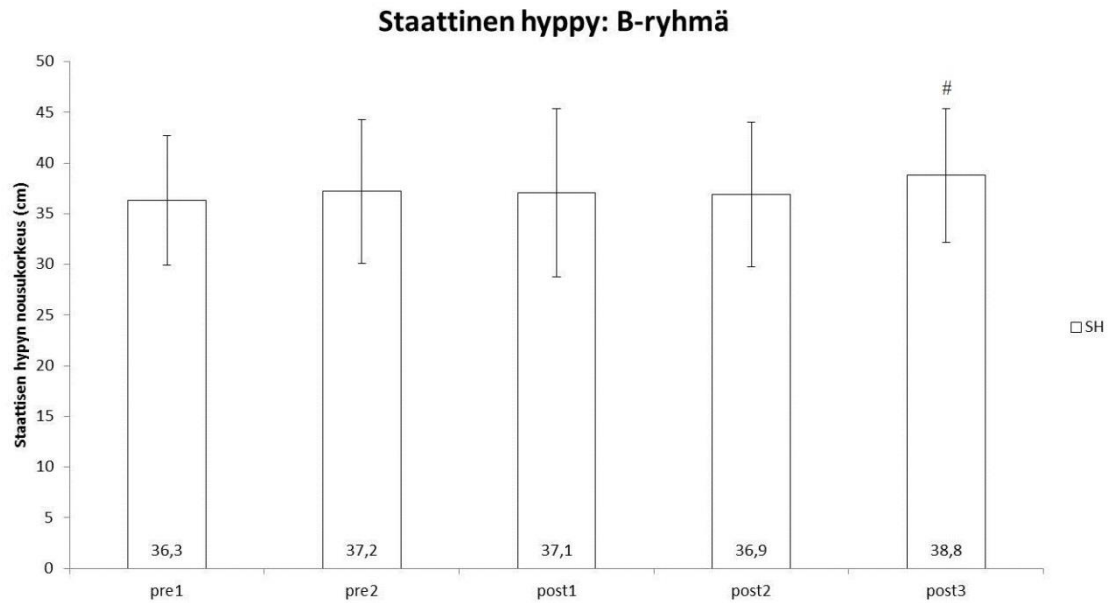
jakson jälkeiset mittaukset, RFD = aika, joka kului siihen, kun oli tuottanut puolet maksimivoimastaan jalkadynamometrissä, * = tilastollisesti merkitsevä muutos ($P < 0.05$) verrattuna ensimmäisiin basaalimittauksiin, # = tilastollisesti merkitsevä muutos ($p < 0.05$) verrattuna ylikuormituskauden jälkeisiin mittauksiin.

5.3 Staattisen hypyn nousukorkeus

A-ryhmällä staattisen hypyn nousukorkeus muuttui tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) ainoastaan basaalimittausten välissä, jolloin se kasvoi 36,4 senttimetrinä 37,3 senttimetriin (kuva 10). B-ryhmä paransi staattisen hypyn nousukorkeutta tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) herkistelyjakson aikana 36,9 senttimetrinä 38,8 senttimetriin (kuva 11).



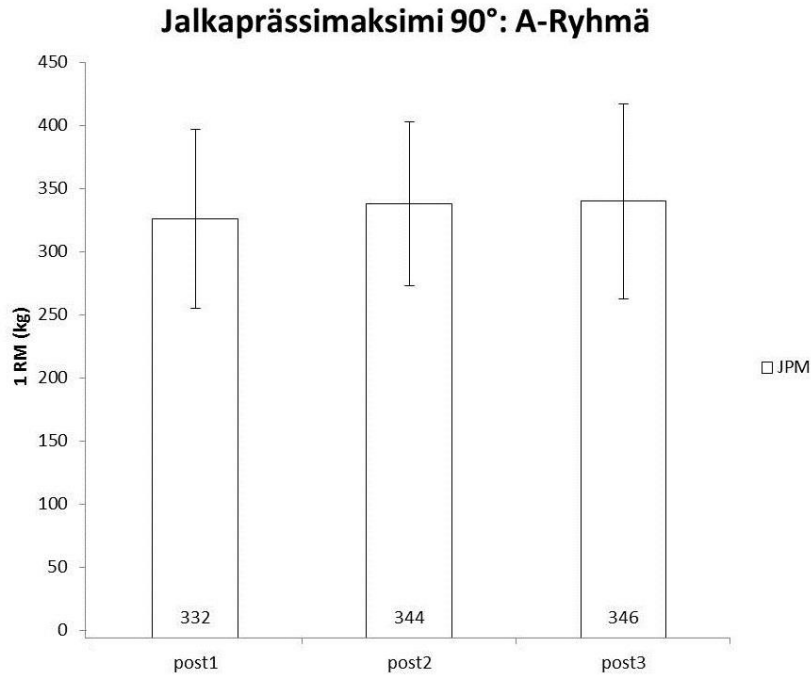
KUVA 10. A-ryhmän staattisen hypyn nousukorkeudet tutkimusjakson aikana. pre1 = ensimmäiset basaalimittaukset, pre2 = toiset basaalimittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, SH = staattisen hypyn nousukorkeus, * = tilastollisesti merkitsevä muutos ($P < 0.05$) verrattuna ensimmäisiin basaalimittauksiin.



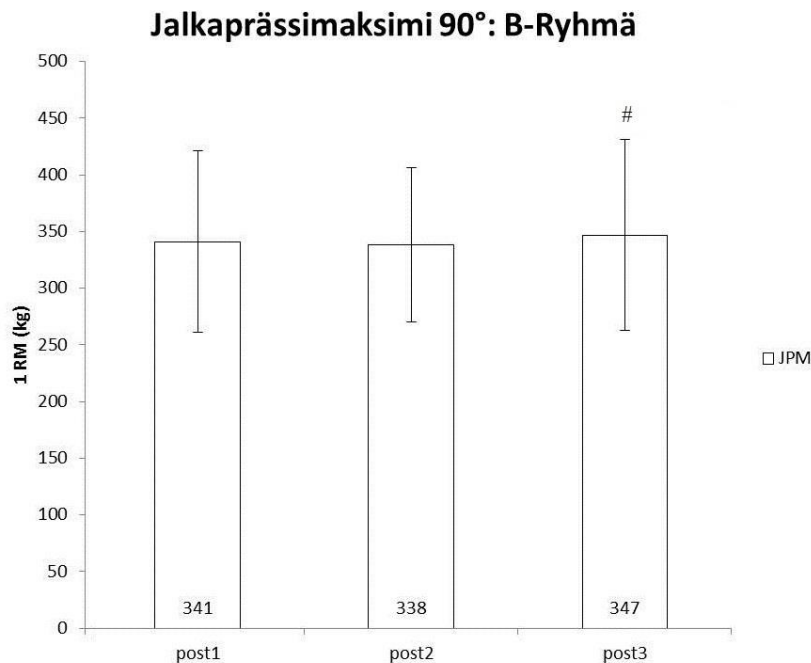
KUVA 11. B-ryhmän staattisen hypyn nousukorkeudet tutkimusjakson aikana. pre1 = ensimmäiset basaalimittaukset, pre2 = toiset basaalimittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, SH = staattisen hypyn nousukorkeus, # = tilastollisesti merkitsevä muutos ($p < 0.05$) verrattuna ylikuormituskauden jälkeisiin mittauksiin.

5.4 Jalkaprässin maksimivoima- ja kestoimatestit

A-ryhmällä ei tapahtunut merkittäviä muutoksia jalkaprässin maksimivoimatasoissa tutkimusjakson aikana (kuva12). B-ryhmä paransi jalkaprässitestin maksimivoimatasoja tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) herkistelyjakson aikana 338 kilogrammasta 347 kilogrammaan (kuva 13).



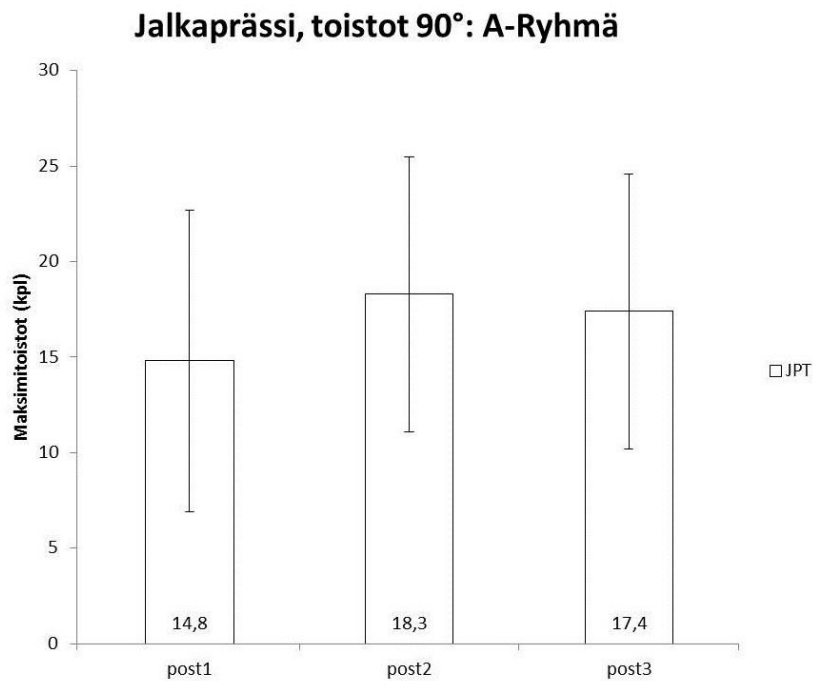
KUVA 12. A-ryhmän jalkaprässitestin yhden toiston maksimit tutkimusjakson testeissä 90-asteen polvikulmalla. post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, JPM = jalkaprässitestin yhden toiston maksimi 90-asteen polvikulmalta.



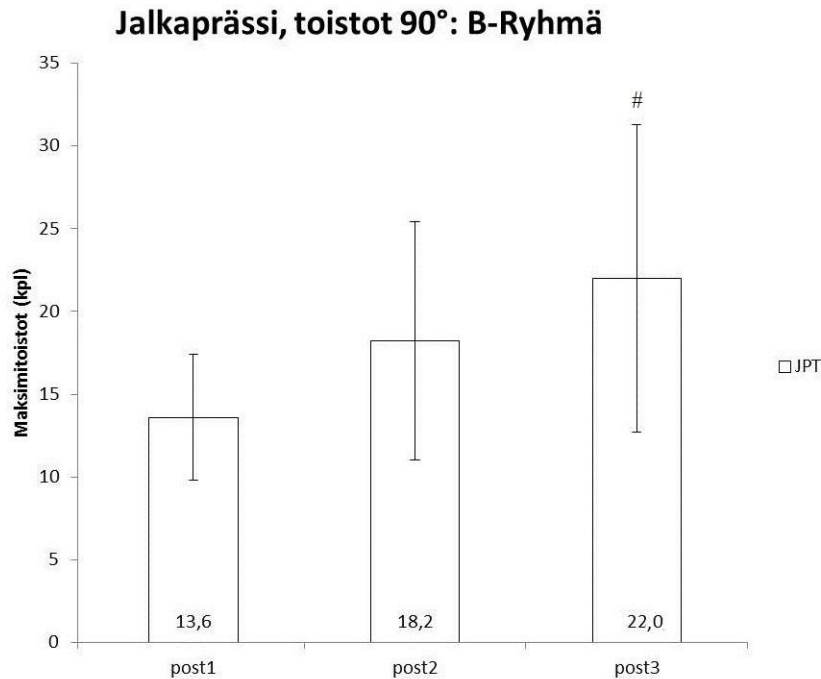
KUVA 13. B-ryhmän jalkaprässitestin yhden toiston maksimit tutkimusjakson testeissä 90-asteen polvikulmalla. post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset,

JPM = jalkaprässitestin yhden toiston maksimi 90-asteen polvikulmalta, # = tilastollisesti merkitsevä muutos ($p < 0.05$) verrattuna ylikuormituskauden jälkeisiin mittauksiin.

A-ryhmällä ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia jalkaprässin toistotestissä tutkimusjakson aikana (kuva 14). B-ryhmä paransi jalkaprässin toistotestin tulosta tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) herkistelyjakson aikana 18,2 toistosta 22,0 toistoon (kuva 15). Lisäksi B-ryhmä paransi selvästi koko tutkimusjakson ajan jalkaprässin toistotestin tulosta, vaikka tilastollisesti merkitsevästi se paraniikin vain herkistelyjakson aikana (kuva 15).



KUVA 14. A-ryhmän testitulokset jalkaprässin toistotestissä tutkimusjakson aikana. post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, JPT = jalkaprässitestin toistomaksimi 80 % kuormalla ensimmäisten jalkaprässitestien yhden toiston maksimista.



KUVA 15. B-ryhmän testitulokset jalkaprässin toistotestissä tutkimusjakson aikana. post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset, JPT = jalkaprässitestin toistomaksimi 80 % kuormalla ensimmäisten jalkaprässitestien yhden toiston maksimita, # = tilastollisesti merkitsevä muutos ($p < 0.05$) verrattuna ylikuormituskauden jälkeisiin mittauksiin.

5.5 Subjekttiivinen tuntemus lihasarkuudesta

Lihasarakuus esitetään tässä työssä luokitusasteikon keskiarvoina. Lihasarakuus oli koholla normaaliharjoitusjakson ja ylikuormituskauden jälkeen, mutta se ei ollut korkeammalla ylikuormituskauden jälkeen kuin normaaliharjoitusjakson jälkeen (taulukko 8). Herkistelyjakson jälkeen lihasarakuus aleni molemmilla ryhmillä alkutestien tasolle (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Tutkittavien keskiarvoinen tuntemus lihasarkuudesta ryhmäkohtaisesti asteikolla 1-5 (1 = ei ollenkaan lihasarkuutta, 5 = suurin mahdollinen lihasarkuus).

Ryhmän lihasarkuus	pre1	pre2	post1	post2	post3
A-ryhmän lihasarkuus	1,3	1,5	3,1	2,4	1
B-ryhmän lihasarkuus	1,8	1,1	2,4	2,6	1,1

pre1 = ensimmäiset basaalimittaukset, pre2 = toiset basaalimittaukset, post1 = normaaliharjoituskauden jälkeiset mittaukset, post2 = ylikuormituskauden jälkeiset mittaukset, post3 = herkistelyjakson jälkeiset mittaukset

6 POHDINTA

Päätulokset. Tässä tutkimuksessa hermostollishypertrofista ja hypertrofista voimaharjoittelua tehtäessä matalaintensiteettisempi ja korkeavolyymisempi puolentoista viikon herkistelyjakso tuotti kahden viikon normaaliharjoituskauden ja kahden viikon ylikuormituskauden jälkeen paremmat tulokset niin maksimivoima-, nopeusvoima- kuin kesto-voimasuorituksissa verrattuna korkeaintensiteettiseen ja matalavolyymiseen herkistelyprotokollaan. Kahden viikon kestoinen yhdeksän kovaa hermostollishypertrofista ja hypertrofista harjoittelua sisältänyttä voimaharjoitusta per lihasryhmä (niin sanottu yksijakoinen harjoitusohjelma) sisältänyt ylikuormituskausi ei merkittävästi muuttanut tutkittavien voimantuotto-ominaisuuksia, vaikka jalkadynamometrin maksimivoimatasot sekä etenkin jalkaprässitestin toistotesti paranivatkin ylikuormituskauden aikana, joskaan eivät tilastollisesti merkitsevästi. Hermostollishypertrofinen ja hypertrofinen voimaharjoittelu paransi tutkimuksessa isometrisiä maksimivoimatasoja merkitsevästi ja dynaamisia kestovoimatasoja prosentuaalisesti paljon, joskaan ei tilastollisesti merkitsevästi. Nopeusvoimaominaisuudet sekä dynaaminen maksimivoima eivät kehittyneet harjoittelun seurauksena.

Antropometriset muutokset. A-ryhmällä lihasmassan määrä kasvoi jonkin verran, sillä kehon massa kasvoi 2,2 kiloa, mutta rasvaprosentti ei muuttunut merkitsevästi. B-ryhmällä lihasmassan määrässä ei tapahtunut mitään muutoksia tutkimusjakson aikana kehon massan ja rasvaprosentin pysyessä samana. B-ryhmä paransi kuitenkin voima-arvojaan enemmän kuin A-ryhmä. Tämä johtui todennäköisesti B-ryhmän paremmasta hermostollisesta adaptoitumisesta. A- ja B-ryhmä harjoittelivat samalla lailla koko tutkimusjakson lukuun ottamatta viimeistä puolentoista viikon herkistelyjaksoa. Niinpä ero lihasmassamuutoksessa A- ja B-ryhmän välillä täytyy selittyä sattumalla, jonka taustalla on yksittäisten tutkittavien yksilöllisyys eli perimä, harjoitustausta, elämäntavat, kuten syöminen, nukkuminen, yleinen lepääminen ja tutkimusjaksoon kuulumaton harjoittelu tutkimusjakson aikana. Toisella sama harjoitusjakso saattaa kasvattaa rasvatonta kehonmassaa useammalla kilolla, kun toisella se ei muuta kehon rasvattoman massan määrää lainkaan. Koska B-ryhmän lihasmassan määrä ei keskiarvoisesti kasvanut harjoitusjakson aikana, voidaan olettaa B-ryhmän voimien kasvun selittyvän pääosin hermostollisella adaptaatiolla.

Vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Ensimmäinen tutkimuskysymys oli parantaako korkeaintensiteettinen ja matalavolyyminen herkistely vai matalaintensiteettinen ja korkeavolyyminen herkistely enemmän polvien ja lonkan ojentajien voimantuottokykyä hermostollishypertrofisessa voimaharjoittelussa kahden viikon suunnitellun ylikuormituskauden jälkeen? Hypoteesi oli, että kirjallisuuden mukaan intensiteetin säilytys ja volyymin kevennys toisi paremman lopputuloksen (Bompa & Haff 2009, 187-202, Izquierdo ym. 2007). Hypoteesi kumoutui, sillä tässä tutkimuksessa matalaintensiteetisempi ja korkeavolyymisempi herkistelyjakso tuotti paremmat tulokset kaikissa suorituskykyymuuttujissa (isometrinen maksimivoima jalkadynamometrissä 110-asteen polvikulmalla, voimantuottonopeus jalkadynamometrissä, dynaaminen maksimivoima jalkaprässissä 90-asteen polvikulmalla, toistotesti jalkaprässissä ja staattisen hypyn nousukorkeus) verrattuna korkeaintensiteettisempään ja matalavolyymisempaan herkistelyprotokollaan. Tuloksia tulkitessa tulee huomioida, että tämän tutkimuksen tulokset ovat spesifejä juuri tässä tutkimuksessa käytetylle harjoitusohjelmalle ja kohderyhmälle (kuntosaliharjoittelua harrastavat ei-kilpavoimailevat nuoret miehet). Jos normaaliharjoitusjakso ja/tai ylikuormituskausi olisivat olleet rakenteeltaan erilaisia, olisi myös herkistelyprotokollien vaikutus suorituskykyyn voinut olla erilainen. Todennäköisesti ylikuormituskausi oli kuitenkin hermolihasarjelmälle niin kuormittava (vaikkei suorituskyky sen aikana pudonnutkaan), että suorituskyvyn superkompensaatioon kevennysjakson aikana vaadittiin teholtaan kevyempää harjoittelua ja korkeatehoinen vähennety määrän harjoittelu esti palautumista. Olisiko korkeaintensiteettisempi harjoittelu estänyt hermoston palautumista ylikuormituskaudesta? Näin voisi päätellä siitä, että A-ryhmän keskiarvoinen lihasarkuus oli lopputesteissä 1 asteikolla 1-5 (1 = ei lihasarkuutta ja 5 = suurin mahdollinen lihasarkuus) eli lihaksisto oli subjektiivisten tunteusten mukaan palautunut herkistelyn aikana.

Vastaus toiseen tutkimuskysymykseen. Toinen tutkimuskysymys oli heikentääkö kahden viikon suunniteltu ylikuormitusjakso (tehostettu harjoitusjakso) hermolihasarjelmän voimantuottokykyä? Hypoteesi oli, että suunniteltu ylikuormitusjakso tulee akuutisti heikentämään hermolihasarjelmän voimantuottokykyä, mutta välittömästi ylikuormituskautta seuraavan kevennysjakson aikana ylikuormituskauden aiheuttama väsymys hälvenee ja suorituskyky superkompensoituu korkeammalle tasolle etenkin verrattuna ylikuormituskauden jälkeiseen tilaan, mutta myös verrattuna ylikuormituskautta edeltä-

neeseen tilaan (Coumts ym. 2007). Tämäkin hypoteesi kumoutui ainakin osittain. Ensinäkin ylikuormituskausi ei merkittävästi muuttanut tutkittavien voimantuottoominaisuuksia. Toiseksi ylikuormituskausi vastoin hypoteesia paransi, joskaan ei tilastollisesti merkitsevästi, maksimivoimatasoja jalkadynamometrissä ja toistoja jalkapräsin toistotestissä vastoin hypoteesia. Hypoteesin ennustama ylikuormituskautta seuraavan herkistelyjakson aikana tapahtuva suorituskyvyn superkompensaatio toteutui B-ryhmän osalta, muttei A-ryhmän osalta. B-ryhmän osalta superkompensaatio toteutui todennäköisesti siksi, että tälle kohdejoukolla tähän harjoitusjaksoon matalaintensiteetinen ja korkeampi volyyminen herkistelyjakso sopi paremmin kuin korkeaintensiteetinen ja matalavolyymisempi. Se, että kahdessa viikossa tehdyt yhdeksän kovaa samoille lihasryhmille kohdennettua suhteellisen korkeavolyymista hermostollishypertrofista ja hypertrofista voimaharjoittelua sisältävää harjoitusta eivät edes hetkellisesti laskeneet jalkojen voimantuottokykyä oli yllättävä löydös. Myös se, että keskimääräinen lihasarkuus ei ollut ylikuormituskauden jälkeen sen suurempaa kuin normaaliharjoituskauden jälkeen oli mielenkiintoista. Subjekttiivisen lihasarkuuden suuruuden tuntemukseen saattoi tosin vaikuttaa tottuminen lihaskipuun. Kaikki tutkittavat eivät todennäköisesti olleet harjoitelleet jalkoja yhtä kuormittavasti ennen tutkimusjaksoa. Normaaliharjoituskauden aiheuttama lihasarkuus oli uutta ja saatettiin sen takia tuntea suhteessa kovempaa kuin ylikuormituskauden jälkeinen lihasarkuus, jolloin jatkuvaan lihasarkuuteen oli jo totuttu. Lisäksi tutkimuksen tulokset osoittavat, että kahden viikon kovakaan hermostollishypertrofista ja hypertrofista voimaharjoittelua lähes päivittäin samoille lihasryhmille sisältävä voimaharjoittelu ei ehdi aiheuttaa niin paljon vaurioita hermolihasarjelmässä, eikä ylittää kehon adaptoitumiskapasiteettia niin voimakkaasti kuntosaliharjoittelua harrastavilla nuorilla miehillä, että suorituskyky alkaisi alentua. Ken ties kolme tai neljä viikkoa samanlaista harjoittelua kahden viikon sijaan laskisi jo akuutisti suorituskykyä. Tämän selvittäminen vaatisi lisätutkimuksia. Myös se on tärkeä pohdinnan aihe, että harrastelijoiden irtiottokyky voimaharjoittelussa ei ole todennäköisesti kilpavoimailijoiden tai aktiiviharrastajienkaan tasolla. Mahdollisesti kovemman tason voimailijoilla vastaava ylikuormituskausi olisi laskenut akuutisti hermolihasarjelmän voimantuottokykyä merkittävästi.

Muut havainnot. Tutkimusjakson voimaharjoittelu paransi merkittävästi isometrisiä maksimivoimatasoja, muttei tilastollisesti merkitsevästi kestovoimatasoja. Kestovoimatasot kuitenkin paranivat, vaikkeivät tilastollisesti merkitsevästi. B-ryhmän kestovoima-

tasojen kohentuminen johtunee sekä anaerobisen aineenvaihdunnan kehittymisestä että hermostollisesta adaptaatiosta, muttei lihasmassan kasvusta, koska kehonkoostumuksessa ei havaittu muutoksia. A-ryhmällä osa kestovoiman kehittymisestä selittynee lihasmassan kasvulla. Nopeusvoimaominaisuuksia ja dynaamista maksimivoimaa harjoittelu ei parantanut. Hermostollishypertrofisessa ja hypertrofisessa voimaharjoittelussa lihasupistukset kestävät kuitenkin kohtuullisen pitkään, kun taas nopeusvoimasuorituksissa voimantuottoaikaa on vain 0,1-0,3 s, joten se, ettei tutkimusjakson harjoittelu parantanut voimantuottonopeutta oli jossain määrin odotettua. Taasen se, että tutkimusjakson harjoittelu ei parantanut dynaamisia maksimivoimatasoja, oli yllättävä löydös, koska tutkimuksen voimaharjoittelu oli kuitenkin dynaamista ja treeneissä tehtiin jalkaprässiä kuten testeissäkin. Voimaharjoittelun aiheuttaman voimantuoton kehittymisen on havaittu olevan lihastyötaspesifiä siten, että voima kehittyy eniten sillä lihastyötavalla, jolla treenataan (Fleck & Kraemer 2004, 8). Dynaamisen maksimivoiman kehittymättömyys kuitenkin selittänee miksi myöskään staattinen hyppy ei kehittynyt jalkadynamometrin voimantuoton paranemisen myötä voimantuottonopeuden kehittymättömyydestä huolimatta. Vaikka voimantuottonopeus pysyisi samana, pitäisi samassa ajassa pystyä tuottamaan enemmän voimaa, jos maksimivoimataso on kehittynyt. Dynaamisen maksimivoiman siirtovaikutus dynaamiseen nopeusvoimasuoritukseen lienee voimantuoton lihastyötaspesifisyydestä johtuen selvästi suurempaa kuin isometrisen maksimivoiman siirtovaikutus dynaamiseen nopeusvoimasuoritukseen. Dynaamisen maksimivoiman kehittymättömyys voi johtua liian rankasta kokonaiskuormituksesta tai tutkimuksen harjoitusohjelman riittämättömästä ärsykkeenvaihtelusta. Harjoittelu oli aika monotonista koko harjoitusjakson ajan sarjapituuksien pienen vaihtelun vastaten ainoana muuttujana jalkojen voimaharjoittelun ärsykkeenvaihtelusta. Ärsykkeenvaihtelu on yksi kehittävän treenin pääkomponenteista ja liian vähäinen ärsykkeenvaihtelu harjoittelussa saattaa johtaa niin sanottuun monotonisen harjoittelun aikaansaamaan taantumiaan (Bompa & Haff 2009, 40–42). Yksi selitys dynaamisen maksimivoimatestin kehittymättömyyteen voi olla se, että huolimatta ohjeistuksesta suurin osa tutkittavista on tehnyt jalkaprässisarjat treeneissä liian korkealla polvikulmalla verrattuna jalkaprässin maksimivoimatestin 90-asteen polvikulmaan ja voimantuotto ei ole kehittynyt merkittävästi alanivelkulmilla (voiman nivelkulmaspesifisyys). Toisaalta tutkimustuloksista ei näy kehittyikö dynaaminen maksimivoimataso polvien ja lonkan ojennuksissa 90-asteen polvikulmaa korkeammilla polvikulmilla. Jalkaprässiharjoittelussa vajaan jäänneen liikelaajuuden mahdollisuutta tukee se, että 110-asteen polvikulmalla (20 astetta jalka-

prässitestiä suurempi polvikulma) isometrinen maksimivoima jalkadynamometrissä kuitenkin kehittyi tutkimusjakson harjoittelun seurauksena (vaikka isometristä voimaharjoittelua ei tehty). Lisäksi on mielenkiintoista, että sekä A-ryhmä että B-ryhmä paransivat tilastollisesti merkitsevästi isometristä maksimivoimaa, mutta vain A-ryhmällä kasvoi lihasmassan määrä. Lihas- välisen koordinaation kehittymisen ei pitäisi olla yhtä merkittävä tekijä isometrisen maksimivoiman kuin dynaamisen maksimivoiman kehittämisessä, koska dynaamiset liikkeet ovat usein hermostolle vaativampia toteutettavia. Kuitenkin ilmeisesti osittain myös lihas- välisen koordinaation kehittyminen, mutta etenkin motoristen yksiköiden rekrytoinnin sekä liikehermojen impulssitiheyden ja siitä seuraavan lihasnykäysten summaation kehittyminen selittävät pääosin B-ryhmän isometristen maksimivoimatasojen nousun.

Tutkimustuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Tutkimustuloksiin vaikuttaa se, että tutkittavien elämä ei ole ollut muuten kuin treenien osalta kontrolloitua. Treenejäkään ei paikan päällä vaihdettu, vaikka tosin ennen ensimmäisiä treenejä opastettiin kaikille kaikkien liikkeiden suoritustekniikat, vastailtiin kysymyksiin ja kirjallisissa treeniohjelmissa oli tarkat ohjeet harjoittelun suorittamisesta, kuten kuormien valinnasta ja lisäksi tutkittavat täyttivät ja palauttivat treenipäiväkirjat. Urheilussa kehittymisen kulmakivet ovat treeni, ravinto ja lepo. Se, että näistä suurista pääkomponenteista kahta ei kontrolloida, vaikuttaa tutkimustuloksiin siten, että suuri osa tuloksien syy-seuraussuhteista jää epäselväksi tai arvailuiden varaan. Näin ollen ei tiedetä saiko suurin osa tutkittavista esimerkiksi ravinnosta tarpeeksi proteiinia (n. 2,0 g / painokilo / vuorokausi) ja energiaa lihaskasvun tarpeisiin tai oliko voimaharjoittelua palveleva treeninympärysyöminen kunnossa. Lemonin (1991) mukaan voimailijan tulisi saada välttämättömät aminohapot sisältävää proteiinia n. 2 g per painokilo vuorokaudessa. Myöskään tutkittavien riittävästä unen määrästä suhteessa harjoitteluun ja kokonaiselämään ei ole tietoa. Suorituskykytesteissä hyvä reliabiliteetti ja validiteetti oli turvattu tarkoilla suoritusohjeilla ja mittalaitteilla.

Johtopäätökset ja tutkimustulosten hyötyjä käytännönvalmennukseen. Tämän tutkimuksen perusteella kovan voimaharjoitusjakson jälkeen matalaintensiteettinen herkistely saattaa toimia paremmin kuin korkeaintensiteettinen herkistely. Kahden viikon kestoisen korkeafrekvenssinen ja kovatehoinen voimaharjoitusjakso ei vielä välttämättä heikennä hermolihasjärjestelmän voimantuottokykyä nuorilla kuntosaliharjoittelua harrastavilla miehillä. Harjoittelun vasteet ovat yksilöllisiä, jonka takia urheilijan harjoittelun

suunnittelussa tulee ottaa huomioon kuormittamisen peruselementit: yksilöllisyys, spesifisyys (se kehitty, mitä treenataan), ärsykeenvaihtelu ja progressiivisuus (nousujohteisuus). Niin sanottu 60 % -sääntö eli 60 prosentin kuormat yhden toiston maksimista on toimiva ratkaisu kevyen viikon sarjapainojen määritykseen voimaharjoittelua rytmittäessä.

7 LÄHTEET

- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W.J. & Häkkinen, K. 2005. Short vs. Long Rest Period between the Sets in Hypertrophic Resistance Training: Influence on Muscle Strength, Size, and Hormonal Adaptations in Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (3), 572-582.
- Baechle, T. & Earle, R. 2008. *Essentials of Strength Training and Conditioning*. 3. painos. Human Kinetics. Champaign Yhdysvallat.
- Bird, S. 2010. Strength Nutrition: Maximizing Your Anabolic Potential. *Strength and Conditioning Journal* 32 (4), 80–83.
- Bodine, S.C. 2006. mTOR Signaling and the Molecular Adaptation to Resistance Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38 (11), 1950–1957.
- Bompa, T.O. & Haff, G.G. 2009. *Periodization*. 5. painos. Human Kinetics. Champaign Yhdysvallat.
- Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, . & Mujika, I. 2007. Effects of Tapering on Performance: A Meta-Analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (8), 1358-1365.
- Campos, G.E.R., Luecke, T.J., Wendeln, H.K., Toma, K., Haegerman, F.C., Murray, T.F., Ragg, K.E., Ratamess, N.A., Kraemer, J.K. & Satoron, R.S. 2002. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* 88, 50-60.
- Carroll, T.J. 2012. Emerging evidence that exercise-induced improvements in muscular strength are partly due to adaptations in the brain. *Acta Physiologica* 206, 96–97.
- Coutts, A., Reaburn, B., Piva, T.J. & Murphy, A. 2006. Changes in Selected Biochemical, Muscular Strength, Power, and Endurance Measures during Deliberate Overreaching and Tapering in Rugby League Players. *Int J Sports Med* 28, 116–124.
- Drummond, M.J., Dreyer, H.C., Fry, C.S., Glynn, E.L. & Rasmussen, B.B. 2009. Nutritional and contractile regulation of human skeletal muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. *J Appl Physiol* 106, 1374-1384.
- Fleck, S.J. & Kraemer, W.J. 2004. *Designing Resistance Training Programs*. 3. painos.

Human Kinetics. Champaign Yhdysvallat.

- Folland, J.P. & Williams, A.G. 2007. The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Med* 37 (2), 145-168.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2011. *Textbook of medical physiology*. 12. painos. Saunders Elsevier. Yhdysvallat.
- Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Q.V. & Toverud, K.C. 2009 *Ihmisen Fysiologia*. 1.-4. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., Gonzalez-Badillo, J.J., Nicholas, A., Ratamess, Kraemer, W.J., Häkkinen, K., Bonnabau, H. Granados, C., French, D.N. & Gorostiaga, E.M. 2007. Detraining and tapering effects on hormonal responses and strength performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21(3), 768-775.
- Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2007. *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. painos. Tampere: Tammerprint Oy.
- Lemon, P.W.R. 1991. Protein and amino acid needs of the strength athlete. *International Journal of Sport Nutrition* 1 (2), 127-145.
- Marshall, P.W.M., McEwen, M. & Robbins, D.W. 2011. Strength and neuromuscular adaptation following one, four and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. *Eur J Appl Physiol* 111, 3007–3016.
- Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2007. *Urheiluvallmennus*. 2. painos. Jyväskylä: Gummerrus kirjapaino Oy.
- Peterson, M.D., Rhea, M.R. & Alvar, B.A. 2005. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (4), 950–958.
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., Costes, F., Busso, T., Lacour, J. & Barthelemy, J.C. 2000. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32 (10), 1729-1736.
- Salles, B., Simão, R., Miranda F., Novaes, J., Lemos, A., Willardson, J.M. 2009. Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Med* 39 (9), 765-777.
- Schoenfeld, B.J. 2010. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and*

- Conditioning Research 24 (10), 2857-2872.
- Slater, G. & Phillips, S.M. 2011. Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *Journal of Sports Sciences* 29 (1), 67–77.
- Spangenburg, E.E. 2009. Changes in muscle mass with mechanical load: possible cellular mechanisms. *Appl. Physiol. Nutr. Metab* 34, 328–335.
- Tesch, P.A. & Larsson, R. 1982. Muscle Hypertrophy in Bodybuilders. *Eur J Appl Physiol* 49, 301-306.
- Weiss, L.W. & Coney, H.D. 2003. Optimal Post-Training Abstinence for Maximal Strength Expression. *Research in Sports Medicine* 11, 145-155.
- Willardson, J.M. 2006. A Brief Review: Factors Affecting the Length of the Rest Interval Between Resistance Exercise Sets. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20 (4), 978-984.
- Willardson, J.M. 2008. A Brief Review: How Much Rest between Sets? *Strength and Conditioning Journal* 30 (3), 44-50.
- Zatsiorsky, V. & Kraemer, W. 2006. Science and practice of strength training. 2. painos. *Human Kinetics*. Champaign Yhdysvallat.

8 LIITTEET

Liite 1. Tutkittavien harjoitusohjelma

Perusharjoitusjakson treenit.

MAANANTAISIN	
Jalkaprässi	4x6/3'
Bilateraalinen polvien ojennus	4x10/2'
Bilateraalinen polvien koukistus	4x10/2'
Penkkipunnerrus	4x10/2'
Alatalja V-kahvalla	4x10/2'
Vatsarutistuslaite	4x10/2'
TORSTAIN	
Jalkaprässi	4x4/3'
Bilateraalinen polvien ojennus	4x8/2'
Bilateraalinen polvien koukistus	4x8/2'
Pystypunnerrus istuen smithissä	4x8/2'
Ylätalja myötäotteella eteen	4x8/2'
Vatsarutistuslaite	4x8/2'

Suunnitellun ylikuormitusjakson treenit.

MAANANTAISIN, KESKIVIIKKOISIN JA ENSIMMÄISEN VIIKON PERJAN- TAINA	
Jalkaprässi	4x6/3'
Bilateraalinen polvien ojennus	4x8/2'
Bilateraalinen polvien koukistus	4x8/2'
Penkkipunnerrus	4x8/2'
Alatalja V-kahvalla	4x8/2'
Vatsarutistuslaite	4x8/2'
TIISTAISIN JA TORSTAIN	
Jalkaprässi	4x4/3'

Bilateraalinen polvien ojennus	4x12/2'
Bilateraalinen polvien koukistus	4x12/2'
Pystypunnerrus istuen smithissä	4x12/2'
Ylätalja myötäotteella eteen	4x12/2'
Vatsarutistuslaite	4x12/2'

Korkeaintensiteettinen ja matalavolyyminen herkistelyjakso (A-ryhmä).

MAANANTAINA	
Jalkaprässi	2x6/3'
Bilateraalinen polvien ojennus	2x10/2'
Bilateraalinen polvien koukistus	2x10/2'
Penkkipunnerrus	2x10/2'
Alatalja V-kahvalla	2x10/2'
Vatsarutistuslaite	2x10/2'
TORSTAINA	
Jalkaprässi	2x4/3'
Bilateraalinen polvien ojennus	2x8/2'
Bilateraalinen polvien koukistus	2x8/2'
Pystypunnerrus istuen smithissä	2x8/3'
Ylätalja myötäotteella eteen	2x8/2'
Vatsarutistuslaite	2x8/2'

Matalaintensiteettinen ja korkeavolyyminen herkistelyjakso (B-ryhmä.)

MAANANTAINA	
Jalkaprässi	4x10x60%1RM*/2'
Bilateraalinen polvien ojennus	4x10x60%*/2'
Bilateraalinen polvien koukistus	4x10x60%1RM*/2'
Penkkipunnerrus	4x10x60%**/2'
Alatalja V-kahvalla	4x10x60%**/2'
Vatsarutistuslaite	4x10x60%**/2'
TORSTAINA	
Jalkaprässi	4x10x60%1RM*/2'
Bilateraalinen polvien ojennus	4x10x60%**/2'

Bilateraalinen polvien koukistus	4x10x60%**/2'
Pystypunnerrus istuen smithissä	4x10x60%**/2'
Ylätalja myötäotteella eteen	4x10x60%**/2'
Vatsarutistuslaite	4x10x60%**/2'

* kuorma 60 % ykkösmaksimista

**60 % siitä kuormasta, jolla on viimeksi tehnyt 10 RM

Liite 2. Suostumuslomake tutkimukseen

Arvoisa koehenkilö

Tohtori Juha Ahtiaisen johtaman tutkimuksen ”Voima- ja kestävyysharjoittelun fysiologiset vasteet” tarkoituksena on selvittää fyysistä suorituskykyä (mm. eri lihasryhmien voimantuotto-ominaisuuksia ja aerobista kuntoa) eri-ikäisillä miehillä ja naisilla.

Voimantuotto-ominaisuuksia seurataan mittaamalla laboratorio-olosuhteissa voimantuotto-ominaisuuksia maksimaalisia tahdonalaisia lihassupistuksia hyväksi käyttämällä. Fyysistä suorituskykyä mitataan lisäksi maksimaalisella polkupyöraergometritestillä. Veren maitohappopitoisuutta mitataan sormenpääverinäytteiden avulla. Terveystilaa seurataan mm. tutkimalla hormonaalisia muutoksia aamuverinäytteiden avulla. Kehon koostumuksen muutoksia tutkitaan mm. mittaamalla kehon rasvan osuutta kokonaispainosta. Tutkimuksessa koehenkilöt suorittavat lisäksi intensiivistä voima- tai kestävyysharjoittelua, jossa myös joudutaan ponnistelemaan (joskus jopa maksimaalisesti) yhteensä 7 viikon ajan. Tutkimuksesta saatavaa tietoa voidaan hyödyntää kehitettäessä kuntoilua, urheiluvalmennusta ja kuntoutusta.

Kuten liikuntaan ja urheiluun yleensä, niin myös tähän tutkimukseen liittyy loukkaantumisriskejä mittauksissa tapahtuvien ponnistelujen vuoksi. Maksimaalisessa lihassupistuksessa ja kuormituksessa saattaa tuki- ja liikuntaelimistöön tulla vaurioita tai vammoja esimerkiksi lihasrevähtymä tms. Kuormituskokeissa kuten yleensäkin kovassa liikunnassa on aina olemassa sydämen, verenkiertoelimistön ja/tai hengityselimistön ylikuormittumisen vaara, jolloin pahimmassa tapauksessa voi seurata sydämen hapenpuute, rytmihäiriö tai muu kohtalokas häiriö normaalissa toiminnassa. Mahdollisiin komplika-

tioihin on varauduttu lääkärin antamien ohjeiden mukaisesti ja lääkäri on tarvittaessa tavoitettavissa puhelinsoitolla. Tutkimuksen tarkoituksena on kuormittaa elimistöä aika ajoin varsin voimakkaasti, minkä seurauksena esim. jalat ja kädet saattavat kipeytyä ja olla arkoina useita päiviä. Mittauslaitteet saattavat hangata aiheuttaen pieniä hiertymiä tai muita hankaluuksia. Laskimo- ja sormenpääverinäytteenottoihin liittyy myös pieni tulehdusvaara. Laskimoverinäytteen ottaa siihen päteväitynyt laboratoriomestari.

Tutkijat tekevät mittaustuloksista yhteenvedot, tieteelliset tutkimusraportit ja opinnäytetyöt, joita käytetään hyväksi perustietona sellaisenaan sekä kuntoilun ja kuntoutuksen kehittämisessä. Lisäksi tuloksia esitetään ammatillisissa koulutustilaisuuksissa. Tutkimustuloksia käsitellään luottamuksellisesti eikä tutkimushenkilöiden nimiä julkaista. Tutkijat ja mittaajat ovat valmiita selvittämään yksityiskohtaisemmin mittauksia ja koikeita, niihin liittyviä riskejä ja niistä saatavaa hyötyä. Jokainen tutkittava saa aikataulujen yhteydessä tutkijoiden yhteystiedot ja puhelinnumerot mahdollisten kysymysten ym. varalle. Osallistuminen mittauksiin on täysin vapaaehtoista ja tutkittava voi kieltäytyä mittauksista ja hän saa keskeyttää kokeen milloin tahansa hän haluaa.

Suostumus tutkimukseen ja geenianalyysissä käytettävien verinäytteiden ottoon

1) Olen tutustunut tutkimuksessa ”Voima- ja kestävyysharjoittelun fysiologiset vasteet” suoritettaviin mittauksiin ja olen ymmärtänyt mittausten tarkoituksen ja niihin liittyvät riski- ja hyötynäkökohdat. Suostun osallistumaan tutkimukseen liittyviin **mittauksiin ja harjoitteluun** annettujen ohjeiden mukaisesti. Voin kuitenkin halutessani keskeyttää tutkimuksen missä tahansa tutkimuksen vaiheessa.

2) Olen terve, eikä minulla ole tällä hetkellä tuki- ja liikuntaelimestön tai/ja sydän-, hengitys- ja verenkiertoelimestön sairautta tai loukkaantumista. Minulla ei ole ollut kuume-sairautta kahden viimeksi kuluneen viikon aikana.

Paikka ja aika _____

Allekirjoitus _____

Nimen selvennös

Suostumuksen vastaanottajan allekirjoitus _____

Liite 3. Tutkittavilla täytätetty taustatietokysely

Arvoisa tutkimushenkilö

Seuraavilla kysymyksillä pyritään selvittämään tutkimuksen kannalta oleellisia taustatietoja.

Nimi _____

Päivämäärä _____

Ympyröi tai rastita sopiva vaihtoehto. Kirjoita tarvittaessa tarkennus.

1. Millainen fyysinen kuntonne on omasta mielestänne tällä hetkellä?

- 1 Erinomainen
- 2 Hyvä
- 3 Kohtalainen
- 4 Huono
- 5 Surkea

2. Minkä verran käytätte päivittäin aikaa arki-/hyötyliikuntaan?

(ulkoilu, kotityöt, kotieläinten ulkoilutus yms.) _____ tuntia päivässä

3. Minkä verran käytätte päivittäin aikaa kevyeen puuhailuun kotona?

(TV:n katselu, tietokonetyöskentely, lukeminen yms.) _____ tuntia päivässä

4. Harrastatteko kuntosaliharjoittelua? Määrittele tarkemmin mitä harjoitusliikkeitä teet alaraajoille, sekä kuinka monta sarjaa ja kuinka monta toistoa sarjassa?

5. Liikuntatottumukset kesällä? (säännöllisesti harrastamanne liikunta, joka aiheuttaa hengästymistä ja hikoilua)

Laji	kertaa/viikko	minuuttia/kerta
_____	_____ krt	_____ min
_____	_____ krt	_____ min
_____	_____ krt	_____ min

6. Liikuntatottumukset talvella? (säännöllisesti harrastamanne liikunta, joka aiheuttaa hengästymistä ja hikoilua)

Laji	kertaa/viikko	minuuttia/kerta
_____	_____ krt	_____ min
_____	_____ krt	_____ min
_____	_____ krt	_____ min

7. Ovatko liikuntatottumuksenne muuttuneet viimeisen kahden vuoden aikana?

8. Millainen terveydentilanne on omasta mielestänne tällä hetkellä?

- 1 Erinomainen
- 2 Hyvä
- 3 Kohtalainen
- 4 Huono
- 5 Surkea

9. Millainen mielialanne on omasta mielestänne ollut viimeisten kuukausien aikana?

- 1 Erinomainen
- 2 Hyvä
- 3 Kohtalainen
- 4 Huono
- 5 Surkea

10. Tupakoittekko?

- 1 En
- 2 Kyllä, _____savuketta/vrk

11. Lääkärin toteamat sairaudet ja vaivat?

- 1 keuhkosairaus esim. astma: __ ei __ kyllä, mikä

- 2 sydänsairaus esim. sepelvaltimotauti: __ ei __ kyllä, mikä

- 3 muu verenkiertoelimistön sairaus esim. verenpainetauti: __ ei __ kyllä, mikä

- 4 nivelten, raajojen tai selän vaiva esim. osteoporoosi: __ ei __ kyllä, mikä

- 5 mielenterveysongelma esim. masennus: __ ei __ kyllä, mikä

- 6 hormonitoiminnan sairaus esim. kilpirauhasen vajaatoiminta: __ ei __ kyllä _____
- 7 muu lääkärin toteama sairaus tai vaiva esim. diabetes, allergia: __ ei __ kyllä, mikä

12. Onko Teillä rintakipua liikunnan aikana? __ ei __ kyllä, tarkenna

13. Onko Teillä ollut rintakipua viimeisen kuukauden aikana? __ ei __ kyllä, tarkenna _____

14. Oletteko menettäneet tajuntanne tai kaatunut huimauksen takia yhden tai useamman kerran? __ ei __ kyllä, tarkenna

15. Onko Teillä luustossa tai nivelissä sellaisia ongelmia,

jotka saattaisivat pahentua liikunnan aikana? ___ ei ___ kyllä, tarkenna

16. Onko Teillä ollut nivel- tai lihaskipuja (esim. alaselässä, polvissa, lonkissa jne.) viimeisen viikon aikana? ___ ei ___ kyllä, tarkenna

17. Onko terveydentilanne muuttunut viimeisen kahden vuoden aikana?

18. Lääkärin määräämät lääkkeet?

19. Onko lääkityksenne muuttunut viimeisen kahden vuoden aikana?

Liite 4. Subjekttiivisen lihasarkuuden taulukko

Subjekttiivinen tuntemus lihasarkuudesta

1	Ei lihasarkuutta
2	
3	
4	
5	Suurin mahdollinen lihasarkuus