

AKTIIVISEN PALAUTUMISEN VAIKUTUS HYPERTROFISEN VOI-
MAHARJOITUKSEN JÄLKEISEEN PALAUTUMISEEN

Hanna Salmijärvi

Kandidaatin tutkielma

Liikuntafysiologia

LFY.A005

Kevät 2007

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Antti Mero

TIIVISTELMÄ

Salmijärvi, Hanna 2007. Aktiivisen palautumisen vaikutus hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeiseen palautumiseen. Liikuntafysiologia. Kandidaatin tutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, 41 s.

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia sarjojen välissä tehtävän aktiivisen palautumisen vaikutusta palautumisnopeuteen hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen verrattuna passiiviseen eli istuen suoritettavaan palautumiseen. Koehenkilöinä oli kuusi voimaharjoittelua säännöllisesti harrastavaa 20–27 -vuotiasta naista. Hypertrofinen voimaaharjoitus koostui seitsemästä 70 %:lla yhden toiston maksimista suoritetusta sarjasta, joissa tehtiin niin monta toistoa kun koehenkilö jaksoi. Aktiivinen palautuminen sarjojen välillä oli pyöräilyä polkupyöräergometrillä 60 watin teholla kierrostaajuudella 60 kierrosta minuutissa. Passiivinen palautuminen suoritettiin istuen. Palautumiset kunkin sarjan jälkeen olivat kestoltaan kaksi minuuttia. Mitattavia muuttujia olivat maksimivoima, kevennyshypyn korkeus, laktaatti, pH, natrium-, kalium- ja kalsiumionipitoisuudet sekä syke.

Passiivisen ja aktiivisen palautumisen välillä ei havaittu tilastollista merkitsevyyttä maksimivoimissa, kevennyshypyjen korkeuksissa, sarjatoistojen lukumäärissä laktaattissa, pH:ssa, laktaatin poistumisnopeudessa, kaliumionipitoisuuksissa eikä kalsiumionipitoisuuksissa. Sen sijaan natriumionipitoisuuden osalta tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0.05$) oli palautumisen 10 minuutin kohdalla (passiivinen $141,6 \pm 1,4$ mmol/l ja aktiivinen $140,0 \pm 1,1$ mmol/l) ja 60 minuutin kohdalla (passiivinen $138,4 \pm 3,5$ mmol/l ja aktiivinen $141,2 \pm 2,6$ mmol/l). Myös minuuttisykkeessä tilastollinen merkitsevyys ($p < 0.05$) oli havittavissa ensimmäisen (passiivinen 150 ± 37 ja aktiivinen 173 ± 8), toisen (passiivinen 170 ± 11 ja aktiivinen 177 ± 9), kolmannen (passiivinen 169 ± 11 ja aktiivinen 178 ± 10) ja kuudennen (passiivinen 165 ± 15 ja aktiivinen 176 ± 14) sarjan jälkeen.

Tämän tutkimuksen perusteella aktiivinen palautuminen sarjojen välillä ei nopeuta palautumista hypertrofisesta voimaharjoituksesta verrattaessa passiiviseen palautumistaan. Aktiivinen palautuminen tutkimuksessa saattoi olla liian korkeaintensiteettistä perustuen korkeisiin sykearvoihin hypertrofisen voimaharjoituksen aikana aktiivisen palautumisen aikana. Lisää tutkimuksia alueella tarvitaan suuremmilla koehenkilöjoukoilla sekä aktiivisen palautumisen eri intensiteeteillä.

Avainsanat: aktiivinen palautuminen, hypertrofia

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO	4
2	KIRJALLISUUSKATSAUS	5
2.1	Hypertrofinen voimaharjoittelu ja hypertrofia	5
2.1.1	Hypertrofisen voimaharjoittelun perusteet	5
2.1.2	Hypertrofia ja hyperplasia	5
2.1.3	Hypertrofisen voimaharjoitus	8
2.1.4	Hypertrofisesta voimaharjoituksesta palautuminen	10
2.1.5	Hypertrofisen voimaharjoituksen vaikutus lihaksen rakenteeseen ja toimintaan	12
2.2	Aktiivisen palautumistavan vaikutus palautumiseen	13
2.2.1	Laktaatin poistumisnopeus aktiivisen palautumisen aikana verrattuna passiiviseen palautumiseen	13
2.2.2	Aktiivisen palautumistavan vaikutus suorituskykyyn	14
3	TUKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUSHYPOTEESIT	16
4	MENETELMÄT	17
4.1	Koehenkilöt	17
4.2	Koeasetelma	17
4.3	Aineiston keräys	19
4.3.1	Verinäytteet	19
4.3.2	Laktaatti, verenpaine ja syke	19
4.3.3	Maksimivoima ja kevennyshyppy	20
4.4	Aineiston analysointi	20
4.5	Tilastolliset menetelmät	21

5	TULOKSET	22
5.1	Maksimivoima, kevennyshyppy ja toistojen lukumäärä	22
5.2	Laktaatti, pH ja laktaatin poistumisnopeus	25
5.3	Syke	26
5.3	Natrium-, kalium- ja kalsiumionien pitoisuudet	27
6	POHDINTA	30
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	37

1 JOHDANTO

Hypertrofia on voimaharjoittelun aiheuttamaa lihasmassan kasvua eli lihassolujen supistuvan valkuaisen määrän lisääntymistä. Hypertrofisella voimaharjoittelulla tähdätäänkin nimenomaan lihaksen poikkipinta-alan kasvuun. Hypertrofinen voimaharjoittelu perustuu siihen että, proteiinisynteesiä tapahtuu enemmän kuin proteiinien hajoamista. Näin saadaan myofibrillien kokoa ja määrää kasvatettua, joka taas johtaa lihassolun koon kasvuun. Kun lihassolujen koko kasvaa, kasvaa luonnollisesti myös koko lihaksen poikkipinta-ala. Lihaksen poikkipinta-ala taas on suhteessa voimatason nousuun. (Komi 2003, 253.)

Aktiivisella palautumisella on havaittu olevan edullisia vaikutuksia laktaatin poistumisnopeuteen sekä pH:n nousemiseen kuormituksen jälkeen. Hypertrofisessa voimaharjoittelussa laktaattipitoisuudet lihaksessa nousevat, jonka seurauksena laktaattia poistetaan lihaksista verenkiertoon. Verenkierrosta laktaattia poistetaan ja käytetään palautumisen aikana hieman myös energian tuottoon. Vetyionien määrä lisääntyy harjoituksen aikana. Veren pH:n laskua estetään muodostaen vetyioneista ja bikarbonaatti-ioneista vettä ja hiilidioksidia. (Maughan & Gleeson 2004, 108–109.)

Yleensä voimaharjoittelua tehtäessä palautuminen sarjojen välillä suoritetaan istuen. On kuitenkin kyseenalaistettava tämä palautustapa, sillä aktiivisella palautumisella saadaan verenkiertoa ja sitä kautta koko aineenvaihduntaa vilkastettua. Tällöin mm. laktaatin poistoa ja käyttöä energiana voitaisiin saada nopeutettua ja seuraavalle sarjalle päästäisiin paremmin palautuneena, jolloin suorituskykykin saattaisi parantua.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää miten voima, ja verestä määritettävät muuttujat (laktaatti, pH, natrium-, kalium- ja kalsiumionipitoisuudet) ja syke käyttäytyvät verrattaessa aktiivista ja passiivista palautumistapaa hypertrofisessa voimaharjoituksessa. Olettamuksena on, että aktiivinen palautuminen sarjojen välillä nopeuttaa laktaatin poistumista sekä pH:n palautumista ennalleen. Tätä kautta aktiivisella palautumisella voitaneen nopeuttaa maksimivoiman sekä kevennyshypyn korkeuden palautumista ennalleen verrattaessa passiiviseen palautumistapaan.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Hypertrofinen voimaharjoittelu ja hypertrofia

2.1.1 Hypertrofisen voimaharjoittelun perusteet

Hypertrofisessa voimaharjoittelussa käytetään submaksimaalista kuormaa eli noin 60–80 % maksimista. Kussakin sarjassa tehdään useita toistoja (käytännössä 6-12) niin sanotulla ylikuormitusperiaatteella. Usein suositetaan maksimitoistoperiaatetta, eli tehdään niin monta toistoa kuin pystytään. Hypertrofiselle voimaharjoittelulle on myös ominaista, että käytetään huijausperiaatetta ja tehdään avustuksella (joko itse jollain muulla lihasryhmällä tai ulkopuolisella avustuksella eli pakotettu toistoperiaate) enemmän toistoja kuin ilman avustusta jaksettaisiin. (Häkkinen 1990, 71–72.)

Palautukset hypertrofisessa voimaharjoittelussa ovat lyhyitä, 1-2 minuuttia. Maksimikuormaa voi myös käyttää toisinaan hypertrofisessa voimaharjoittelussa, jolloin tehdään 2-3 toiston sarjoja lyhyellä palautuksella 3-4 sarjan verran. Hypertrofiselle voimaharjoittelulle on myös ominaista, että samaa lihasryhmää kuormitetaan 2-3 eri liikkeellä. (Häkkinen 1990, 71–72.)

2.1.2 Hypertrofia ja hyperplasia

Lihasmassan kehittäminen ja ylläpito riippuu kuuden tekijän vuorovaikutuksesta: 1. genetiikka 2. fyysinen aktiivisuus 3. ravitsemus 4. hormonaaliset tekijät 5. hermoston aktivointi ja 6. ympäristötekijät. Lihasta tulee ylikuormittaa, jotta hypertrofiaa voi tapahtua. Iällä ei ole todettu olevan merkitystä lihassolujen harjoitusadaptaatiolle. Lihasten on todettu vastaavan harjoitteluun hypertrofisesti samalla tavalla vanhoilla kuin nuorillakin. (McArdle ym. 2001, 529–533.)

Proteiinisynteesi. Harjoittelemattomalla henkilöllä alussa voimataso nousee nopeasti, mikä johtuu pääosin lihasten hermotuksen kehittymisestä. Vasta kun on harjoiteltu useita viikkoja säännöllisesti, alkaa voima nousta lihaksen hypertrofian vuoksi. (Häkkinen

1990, 56–60.) Voimakkaan vastusharjoittelujakson aikana myofibrillien proteiinisynteesi lisääntyy harjoitettavissa lihaksissa. Huippunsa proteiinisynteesi saavuttaa 24 tuntia harjoituksen jälkeen, mutta se pysyy kiihtyneenä 36–48 tuntia. Proteiinien hajoamista tapahtuu samaan aikaan kun proteiinisynteesiä, mutta hajotus ei lisääntynyt niin paljoa kuin synteesi. Yhteisvaikutuksena on, että proteiinitasapaino kasvaa. Kiihtynyt proteiinisynteesi johtuu pääosin tehostuneesta lähetti-RNA:n translaatiovaiheesta. (Komi 2003, 253.) Proteiinisynteesin kiihtymisen vuoksi kasvaa myofibrillien pinta-ala ja lukumäärä, mutta myofibrillien pakkaustiheydessä ei tapahdu muutosta (Laine 2005, 18).

Lihassolutyypin vaikutus hypertrofiaan. Hypertrofiaa voidaan havaita sekä hitaissa että nopeissa lihassoluissa. Suhteellinen nopeiden eli tyypin II lihassolujen hypertrofia on suurempaa kuin hitaiden eli tyypin I lihassolujen hypertrofia. (Häkkinen 1990, 56–60; Komi 2003, 254.) Etenkin voimaharjoittelujakson ensimmäisten viikkojen aikana lihashypertrofia on huomattavasti suurempaa nopeissa lihassoluissa kuin hitaissa lihassoluissa. Kun voimaharjoittelua jatketaan pidempään, alkaa hitaiden lihassolujen hypertrofia olla lähes yhtä suurta kuin nopeidenkin. Lihassolujen hypertrofia kasvattaa myös lihaksen poikkipinta-alaa, mikä parantaa lihaksen maksimivoimaa. (Häkkinen 1990, 56–60.)

Sidekudos. Koko lihaksen poikkipinta-ala kasvaa, kun yksittäisten lihassolujen koko kasvaa. Yksittäisen lihassolun kasvu johtuu myofibrillien koon ja määrän kasvusta. Poikkipinta-alan kasvuun vaikuttaa lihassolun kasvun lisäksi myös lihaksen sidekudoksen kasvu. (Häkkinen 1990, 73.) Sidekudoksen kasvu on kuitenkin vain pienenä osana lihaskasvua, sillä sen määrä lihaksessa on 13 %, joten sen kapasiteetti vaikuttaa lihaskoon kasvuun on tämän takia rajoitettua (Laine 2005, 19–20).

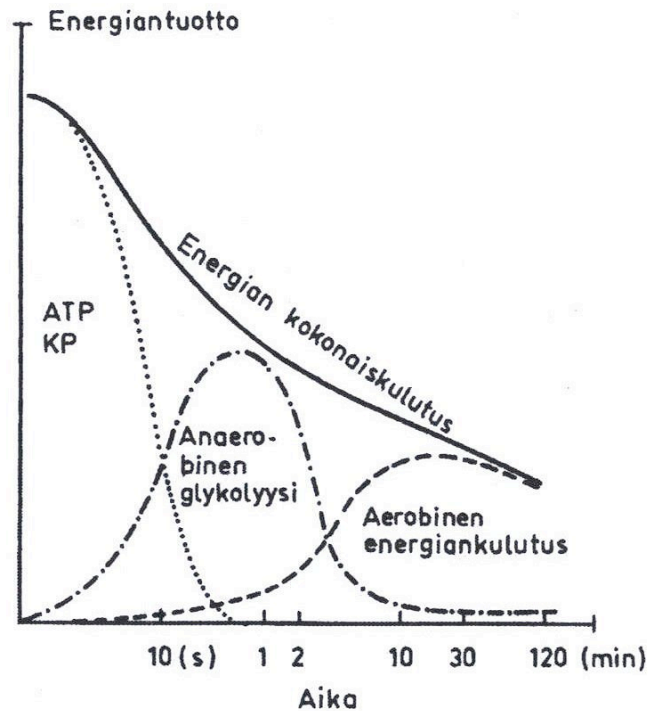
Ravitsemus ja hormonit hypertrofiassa. Proteiinitasapainon paraneminen lihasharjoituksessa todettiin jo edellä. Kuitenkin jos ravintoaineiden saanti on puutteellista, proteiinitasapaino pyysyy negatiivisena eli katabolisena lihasharjoituksesta huolimatta. Aminohappojen saatavuus on erityisen tärkeää. Näin voidaan maksimoida proteiinisynteesin stimulointi ja tuottaa suurta lihasanaboliaa. Proteiinisynteesiä ja hypertrofiaa säätelevät erityisesti insuliini ja testosteroni. Insuliini inhiboi proteiinien hajoamisen lisääntymistä. Proteiinisynteesissä insuliinilla on niin sanotusti salliva rooli. Harjoitusta ennen tulisi saada hiilihydraatteja ja aminohappoja, sillä harjoituksen aikana verenkierto lisääntyy ja

aminohapot pääsevät tällöin nopeasti rakennusaineiksi. Juuri ennen harjoitusta nautitut hiilihydraatit ja aminohapot ovatkin tämän syyn takia havaittu tehokkaammiksi kuin heti harjoittelun jälkeen nautitut. (Laine 2005, 20–21.)

Hyperplasia. Systemaattinen monivuotinen voimaharjoittelu aiheuttanee myös lihassolujen jakautumista kahtia pituussuunnassa eli hyperplasiaa. Tätä tukee muun muassa se, että kehonrakentajilla, joilla lihaksen poikkipinta-ala on hyvin suuri saattaa lihassolujen poikkipinta-ala olla pieni suhteessa koko lihaksen poikkipinta-alaan. Tämän perusteella eräät tutkijat ovat esittäneet, että lihassolun koolla saattaa olla niin sanottu optimi- tai maksimikoko. Tämän jälkeen lihassolu ei voisi enää kasvaa ja se jakautuisi kahtia. Voimaharjoittelun myötä tapahtuisi siis myös lihassolulukumäärän kasvua. (Häkkinen 1990, 73.)

2.1.3 Hypertrofinen voimaharjoitus

Energian tuotto. Yksittäisen sarja teko hypertrofisessa voimaharjoituksessa kestää 20–60 sekuntiin. Tässä ajassa käytetään välittömiä energian lähteitä (adenosiinitrifosfaatti, ATP ja kreatiinifosfaatti, KP), ATP:n uudelleen muodostusta anaerobisesta glykolyysistä sekä aerobisesti lihaksen glykokeenistä (kuva 1.) (Sjodin ym. 1982).



KUVA 1. Energianlähteet intensiivisen lihastyön aikana (Keul ym. 1969).

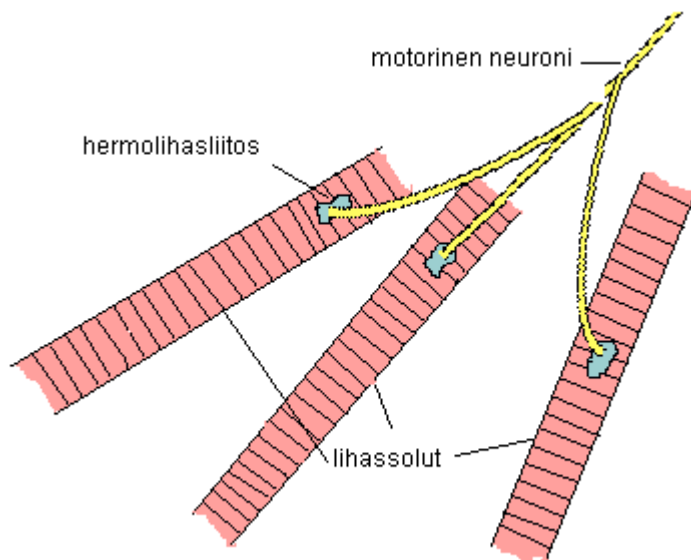
ATP on lihastoiminnassa energianlähteenä, mutta ATP varastot riittävät vain kahden sekunnin maksimaaliseen suoritukseen. Näin ollen tulee ATP:tä tuottaa koko ajan lisää. (Maughan & Gleeson 2004, 68–80.) Kreatiinifosfaattia käyttäen voidaan muodostaa lisää ATP:tä. Kreatiinifosfaatin reagoidessa kreatiinikinaasientsyymin katalysoimassa reaktiossa adenosiinidifosfaatin (ADP) kanssa saadaan lopputuotteena ATP:a ja kreatiinia:



Kreatiinifosfaatin lisäksi ATP:tä voidaan uudelleen muodostaa anaerobisesti myös lihasten glykokeenistä glykolyysin avulla. (McArdle ym. 2001, 101–118.) Tällöin glyko-

lyysin lopputuote pyruvaatti ei mene Krebsin sykliin, vaan se muutetaan maitohapoksi, joka dissosioituu laktaatiksi ja vetyioneiksi (Sjodin ym. 1982).

Hermostolliset tekijät. Yhden harjoituskerran aikana hermosto rekrytoi nopeat ja hitaat motoriset yksiköt (kuva 2). Motorisia yksiköitä ovat yhden hermosolun hermottamat lihassolut. Nopean motorisen yksikön hermosolu hermottaa nopeita lihassoluja ja hitaan motorisen yksikön hermosolu hermottaa hitaita lihassoluja. Yhden voimaharjoituksen aikana rekrytoitujen motoristen yksiköiden syttymisfrekvenssiä lisätään. (Mero ym. 2004.) Voimaharjoittelu lisää hermo-lihasjärjestelmän motoristen yksiköiden maksimaalista rekrytointia etenkin nopeassa ja lyhyessä kertasuorituksessa (Häkkinen 1990, 90).



KUVA 2. Motorinen yksikkö.

Hormonaalinen stressivaste. Voimaharjoitus saattaa aiheuttaa stressivasteen hormonaalisessa säätelyjärjestelmässä. Tällöin verestä havaitaan useiden hormonien pitoisuuksien nousua. Jos yksittäinen voimaharjoitus on tarpeeksi intensiivinen ja kuormitusmäärältään riittävä, havaitaan miehillä selvä seerumin testosteronin nousu. Näihin muutoksiin vaikuttavat kuitenkin monet tekijät, kuten voimaharjoituksen kovuus, palautuksen määrä, harjoituksen kokonaiskesto ja urheilijan sen hetkinen psykofyysinen taso. (Häkkinen 1990, 52–53.)

Naisilla testosteronin pitoisuus on normaalisti noin kymmenesosa miesten testosteronin pitoisuudesta. Naisilla onkin havaittavissa voimaharjoituksen aikana vähäisempää see-

rumin testosteronin nousua kuin miehillä. Etenkin naisilla voimaharjoitus voi olla joko liian kuormittava tai liian pitkäkestoinen, jolloin seerumin testosteronipitoisuus kääntyy laskuun jo harjoituksen aikana. Tämän vuoksi on voimaharjoittelu syytä jakaa pienempiin jaksoihin. Päivän aikana voi tehdä vaikka kaksi tai useampia lyhytkestoisia voimaharjoituksia. (Häkkinen 1990, 53.)

Voimaharjoituksen akuuteista vaikutuksista muiden hormonien pitoisuuksista seerumissa ei ole yksiselitteisiä tutkimustuloksia. Miesvoimaurheilijoilla on kuitenkin havaittu seerumin kortisolin pitoisuuden nousua akuutin stressin vaikutuksesta. Samantapaisia tuloksia on saatu myös naisilta. Mutta on myös tutkimustuloksia, joissa seerumin kortisolipitoisuudet eivät muuttuneet. Ristiriitaisia tuloksia on myös seerumin lutenisoivan hormonin (LH) pitoisuuden noususta. Kasvuhormonin (GH) pitoisuuden akuutti nousu näyttäsi puolestaan olevan yhteydessä kuormituksen intensiteettiin. Seerumin kasvuhormonin pitoisuuden nousua on havaittu sekä kuntoilijoilla että urheilijoilla. Katekolamiinien, adrenaliinin ja noradrenaliinin, akuutti seerumin pitoisuuden nousu on yleistä voimaharjoituksessa. (Häkkinen 1990, 53–54.)

2.1.4 Hypertrofisesta voimaharjoituksesta palautuminen

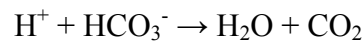
Palautuminen sarjojen välillä. Palautuminen sarjojen välillä on tärkeää etenkin välittömien energian lähteiden kannalta. Palautumisen ensimmäisen 30–60 sekunnin aikana kreatiinifosfaattivarastot palautuvat yli 50 %:sti ennalleen.

Laktaatin tuotto nousee kovan hypertrofisen voimaharjoituksen aikana korkealle (Tesch ym. 1986). Laktaattia poistuu lihaksista vereen sitä enemmän mitä suuremmaksi lihaksen laktaattipitoisuus nousee (Fleck & Kraemer 1997, 95–97). Väsymystä aiheuttaa kuitenkin lihaksen korkea laktaattipitoisuus, ei veren korkea laktaattipitoisuus (Maughan & Gleeson 2004, 105).

Palautuminen harjoituksen jälkeen. Palaututtaessa osa laktaatista siirtyy verestä maksaan, jossa sijaitsee tarvittavia entsyymejä glukoosin uudelleen muodostamista varten. Maksassa, luurankolihaksissa sekä sydänlihaksessa on laktaattidehydrogenaasientsyy-

min aktiivisuus suurta, jolloin sen katalysoima reaktion laktaatin ja pyruvaatin välillä tapahtuu helposti. Palautumisen aikana laktaatista voidaankin muodostaa pyruvaattia. Osa laktaatista kulkeutuu aktiivisiin kudoksiin, kuten sydämeen, jossa siitä muodostuu energiaa oksidatiivisen metabolian kautta. (Maughan & Gleeson 2004, 108.)

Kuten kappaleessa 2.1.3 mainittiin, anaerobisen glykolyysin lopputuotteena syntyy laktaatin lisäksi myös vetyioneja. Kun vetyionipitoisuus kasvaa, aiheuttaa se pH:n laskua lihassoluissa. Vetyionit poistetaan lihassoluista vereen. Veren pH:n laskua estetään reaktiolla, jossa vereen diffusoituneet vetyionit reagoivat bikarbonaatti-ionien kanssa muodostaen hiilidioksidia ja vettä:



Muodostunut hiilidioksidi poistuu hengityksen kautta keuhkoissa. Noin tunnin palautumisen jälkeen veren bikarbonaatti-ionitaso on ennallaan. Suunnilleen saman verran aikaa vie veren ja lihaksen laktaattitason palautumiseen ennen harjoitusta olevalle tasolle. (Maughan & Gleeson 2004, 106–108.)

Palautumisaika raskaasta voimaharjoituksesta on 48–72 tuntia, mutta jos harjoitus on ollut erittäin raskas palautumisaika voi olla yli 72 tuntia (Zatsiorsky 1995). Jos intensiteettiä pidetään koko ajan kovana ja palautumiset harjoitusten välillä jäävät lyhyiksi on ylikuntoilan kehittymisen riski suuri. Näin ollen muodostuu lihaksiin mikroaurioita, jotka voivat jatkuvasti edelleen kuormitettaessa muodostaa makroaurioita. (Gibala ym. 1995; Whiting & Zernicke 1998, 117.)

Maksimivoima on pienimmillään tavallisesti heti kuormituksen jälkeen. Maksimivoiman palautuminen kertoo parhaiten siitä, että aiheuttaako kuormitus lihasvaurioita. (Warrenin ym. 1999.) Kovan hypertrofiaan tähtäävän voimaharjoituksen jälkeen maksimaalinen isometrisesti mitattu voima on merkitsevästi alentunut vielä 2-3 kuormituksen jälkeisenä päivänä. Voiman palautuminen on hieman hitaampaa voimaharjoituksen jälkeen, joka sisältää pakkotoistoja verrattuna normaaliin väsymykseen asti suoritettuun hypertrofistyyppiseen voimaharjoitukseen. (Ahtiainen ym. 2003.)

2.1.5 Hypertrofisen voimaharjoituksen vaikutus lihaksen rakenteeseen ja toimintaan

Kovan eksentrisen kuormituksen on todettu aiheuttavan vaurioille alttiiden lihassyiden tuhoutumista ja tulehdusreaktion sekä lihaksen tilavuuden laskua 1-2 viikon kuluttua harjoituksesta. Lihasvaurioiden lisäksi myös muut lihaksen rakenteet kuten proteiini titiini sekä sarkolemma, sarkoplasmaattinen retikkeli, t-tubulus ja jänne ja/tai jännelihasliitos vaurioituvat mahdollisesti erityisesti kovan eksentristä lihastyötä sisältävän kuormituksen jälkeen. Tulehduksen vakavuus riippuu kuormituksen tyypistä, kestosta ja intensiteetistä. Eksentrisen lihastyö aiheuttaa enemmän vaurioita ja tulehdusreaktioita kuin konsentrisen vastaava. Neutrofiilien tulo lihaskudokseen on ensimmäinen merkki tulehduksesta. Noin 1-3 päivän kuluttua makrofagien määrä lisääntyy tulehduskohdassa. (Foley ym. 1999.) Smithin ym. (2001) mukaan kovan kuormituksen jälkeen lisääntynyt makrofagien määrä lihaksessa kiihdyttää mahdollisesti satelliittisolujen lisääntymistä, mikä nopeuttaa tulevien vaurioiden korjautumisprosessia. Tulehdusreaktion tarkoitus on korjata vaurio ja palauttaa kudoksen toiminta ennalleen. (Foley ym. 1999.)

Hypertrofinen voimaharjoittelu sisältää myös voimakasta eksentristä lihastyötä, josta seuraa lihasvaurioita. Voimakas harjoittelu aiheuttaa myös melko kokeneilla voimaharjoittelijoilla merkittävää lihasarkuutta, joka on suurimmillaan kaksi päivää kuormituksen jälkeen. (Ahtiainen ym. 2003; Ahtiainen 2001, 5 ja 69.) Tutkimuksissa, joissa on yritetty saada aikaan selvästi havaittava lihasvaurio keinotekoisilla äärimmäisen kovilla eksentrisillä kuormituksilla, kreatiinikinaasientsyymi saattaa nousta huippuunsa vasta viikko kuormituksen jälkeen. Tällöin lihasten vauriot eivät vielä ole täysin korjautuneet. (Foley ym. 1999; Gibala ym. 1995.)

Voimaharjoittelun aiheuttamat lihasvauriot voivat mahdollisesti edistää lihaksen kasvua (Morgan & Allen 1999). Lihasvaurion syntyessä proteiinisynteesi aktivoituu ja netto-proteiinitasapaino säilyy korkeammalla vielä 48 tuntia harjoituksen jälkeen (Phillips ym. 1997).

2.2 Aktiivisen palautumistavan vaikutus palautumisnopeuteen

2.2.1 Laktaatin poistumisnopeus aktiivisen palautumisen aikana verrattuna passiiviseen palautumiseen

Aktiivisen palautumistavan on todettu olevan edullinen monien erilaisten kuormitusten jälkeen etenkin laktaatin poistumisnopeuden kannalta. Korkea intensiteettisen kuormituksen (150 % VO₂max:sta 60 sekuntia) jälkeen aktiivisella palautumisella oli nopeuttavaa vaikutusta laktaatin poistumiseen verestä verrattuna passiiviseen (istuminen) palautumiseen aktiivisilla miehillä. (Bond ym. 1991). Bonen ja Belcastro (1977) ovat esittäneet, että aktiivisen palautumisen vaikutus laktaatin poistumisnopeuteen johtuvan aktiivisen palautumisen vaikutuksesta pyryvaatin uudelleen muodostumiseen ja sen käyttöön hitaasti supistuvissa oksidatiivisissa fiibereissä.

Myös toistuvassa maksimaalisessa kuormituksessa (neljä kuormituskertaa, joiden jokaisen välillä 20 min palautuminen) on todettu aktiivisen palautumisen jalkatyönä sekä käsityönä aiheuttavan nopeampaa veren laktaatin poistumisnopeutta kuin passiivisen palautumisen (istuminen). Alhaisimmat veren laktaattipitoisuudet havaittiin kun aktiivinen palautuminen suoritettiin jalkatyönä. (Thiriet ym. 1993.) 30 sekunnin sprintin jälkeen aktiivisella palautumisella on todettu myös olevan nopeuttavaa vaikutusta sekä laktaatin että pH:n palautumiseen sille tasolle mitä ne olivat ennen sprinttiä (Madon ym. 2002). Kiipeilijöille toteutetussa tutkimuksessa, jossa kiipeilijät kiipeivät 20 metriä, jonka jälkeen oli joko aktiivinen palautuminen tai passiivinen palautuminen, todettiin, että aktiivisella palautumistavalla veren laktaattipitoisuus palasi 20 minuutissa samalle tasolle mitä se oli ennen kiipeilyä. 30 minuutin passiivisen palautumisen aikana laktaattitaso pysyi kohonneena. (Watts ym 2000.)

On tutkittu myös kuinka vastusharjoittelussa aktiivinen palautuminen vaikuttaa veren laktaatti pitoisuuteen. Kyseisessä tutkimuksessa havaittiin että, matalaintensiteettisellä palautumisella laktaatin kasautuminen elimistöön väheni. Tämän tutkimuksen mukaan isoja lihasryhmiä vastuksen kanssa harjoiteltaessa tulisi palautumisena käyttää matalain-

tensiteettistä palautumista ennemmin kuin pelkkää passiivista palautumista tai korkeammalla intensiteetillä tehtävää palautumista. (Corder ym. 2000.)

Aktiivisen palautuminen saa todennäköisesti hyödyllisiä vaikutuksia aikaan sen vuoksi että, se lisää verenkiertoa kuormitetuille lihaksille (Bogdanis ym. 1996). Aktiivisella palautumisella on havaittu olevan korkeampi myoglobiinin uudelleen hapettaminen ja korkeampi fosfokreatiinin uudelleen synteesi kuin passiivisella palautumisella korkeaintensiteettisen kuormituksen jälkeen (Dupont ym. 2004).

2.2.2 Aktiivisen palautumistavan vaikutus suorituskykyyn

Lihäsväsymyksen katsotaan johtuvan suurelta osalta laktaatin kertymisestä elimistöön. Kuitenkaan aktiivisen palautumisen ja suorituskyvyn välillä ei ole niin selkeää yhteyttä kuin aktiivisella palautumisella ja laktaatin poistumisnopeudella. Aktiivisen palautumisen vaikutukset suorituskykyyn ovat huomattavasti ristiriitaisempia tutkimustulosten perusteella. Lihäsväsymyksestä toipuminen on todettu aiempien tutkimusten mukaan olevan nopeampaa aktiivisen palautumisen jälkeen kuin passiivisen palautumisen jälkeen (Sairyo ym. 2003). Suorituskykyyn 30 sekunnin sprintissä ei kuitenkaan havaittu eroavaisuutta aktiivisen ja passiivisen palautumistavan välillä, vaikka laktaatti poistui-kin nopeammin aktiivisella palautumistavalla (Madon ym. 2002).

Aktiivisen palautumisen on todettu olevan monella tavalla hyväksi harjoituksesta palautumiselle. Sairyon ym. (2003) mukaan myös pH:n nousu harjoituksen jälkeen on siis huomattavasti nopeampaa aktiivisen palautumisen aikana verrattuna passiiviseen palautumiseen. Tutkimuksessa käytettiin laskevaa kuormaa palautumisjakson aikana, mutta myös tasaista kuormaa käytettäessä aktiivinen palautuminen tuottaa hyviä tuloksia solun sisäisiä tapahtumiakin tarkastellessa.

Rotstein ym. (1999) esittää tutkimustuloksissaan, että vaihtelemalla aktiivisuutta aktiivisella palautumisella oli lihäsväsymystä vähentävä vaikutus verrattuna passiiviseen palautumiseen. Isoilla lihasryhmillä tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että aktiivisuuden vaihtelulla on vaikutusta lihäsväsymykseen sitä estävästi.

Corder ym. (2000) toteuttamassa vastusharjoittelututkimuksessa suoritettiin viimeisen neljän minuutin palautumisjakson jälkeen 65 % maksimista niin monta toistoa kuin jaksosi (MRP). Tutkimuksessa todettiin, että, kun palautumisaika oli kevytintensiteettistä aktiivista palautumista, oli MRP suurempi kuin passiivisella palautumisella tai korkeaintensiteettisemmällä aktiivisella palautumisella.

3 TUTKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUSHYPOTEEESIT

Tutkimusongelma. Aktiivisen palautumisen vaikutus palautumisnopeuteen hypertrofisesta voimaharjoituksesta. Miten sarjojen välissä suoritettava aktiivinen palautuminen

vaikuttaa palautumisnopeuteen hypertrofisen jalkavoimaharjoituksen jälkeen verrattuna passiiviseen palautumiseen? Maksimivoiman, kevennyshypyn korkeuden, pH-arvon, laktaatin, natrium-, kalium-, ja kalsiumionien pitoisuuksien palautuminen lähtötasolle hypertrofisen jalkavoimaharjoituksen jälkeen.

Tutkimushypoteesi 1. Aktiivinen palautuminen sarjojen välillä nopeuttaa laktaatin poistumisnopeutta hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen verrattuna passiiviseen palautumistapaan. Aktiivisella palautumisella on havaittu olevan laktaatin poistumisnopeutta kasvattavaa vaikutusta voimaharjoituksen yhteydessä. Tämän on todettu johtuvan siitä, että aktiivinen palautuminen lisää kuormitettavien lihasten verenkiertoa. (Bogdanis ym. 1996; Coder ym. 2000; Thiriet ym. 1993.)

0-hypoteesi 1. Aktiivinen palautuminen sarjojen välillä hidastaa laktaatin poistumisnopeutta tai pitää laktaatin poistumisnopeuden samana hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen verrattuna passiiviseen palautumistapaan.

Tutkimushypoteesi 2. Aktiivinen palautuminen sarjojen välillä nopeuttaa veren pH:n palautumista ennalleen hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen verrattuna passiiviseen palautumistapaan (Sairyon ym. 2003).

0-hypoteesi 2. Aktiivinen palautuminen sarjojen välillä hidastaa veren pH:n laskua tai pitää veren pH:n laskun samana hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen verrattuna passiiviseen palautumistapaan.

4 MENETELMÄT

4.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöjoukko koostui kuudesta iältään 20–27 vuotiaista terveestä suomalaisesta naisesta (taulukko 1). Koehenkilöt harrastavat voimaharjoittelua suhteellisen säännöllisesti. Koehenkilöillä ei ollut mitään lääkitystä, he eivät polttaneet tupakkaa tai käyttäneet nuuskaa eivätkä he myöskään käyttäneet riippuvuutta aiheuttavia aineita tai urheilussa kiellettyjä aineita. Koehenkilöt olivat Jyväskylän yliopiston opiskelijoita. Ennen tutkimukseen osallistumista koehenkilöille kerrottiin tutkimuksen tarkoitus ja he täyttivät ja allekirjoittivat suostumuslomakkeen.

TAULUKKO 1. Koehenkilöiden taustatiedot.

	$X \pm SD$
ikä(vuosina)	23,2 \pm 2,3
pituus (cm)	168,3 \pm 5,3
paino (kg)	64,3 \pm 6,1

4.2 Koeasetelma

Tutkimus koostui kahdesta viikon välein suoritettavasta mittauskerrasta huhti- ja touku-kuussa 2006. Mittaukset suoritettiin kahdessa erässä, siten että ensimmäisillä mittauskerroilla koehenkilöitä oli kaksi ja toisilla mittauskerroilla koehenkilöitä oli neljä. Puolet koehenkilöistä suoritti mittauksen ensimmäisellä kerralla passiivisella palautumisella ja puolet koehenkilöistä suoritti mittauksen ensimmäisellä kerralla aktiivisella palautumisella, joten oppimisen vaikutus näin kumoutui.

Kolme päivää ennen molempia mittauksia kontrolloitiin koehenkilöiden elämäntavat ravinnon, nesteen, liikunnan ja unirytmien osalta mahdollisimman samanlaisiksi. Mittausta edeltävänä päivänä ei saanut harrastaa raskasta liikuntaa. Alkoholia ei saanut nauttia kolmena päivänä ennen mittauksia. Ravinnon tuli olla terveellistä monipuolista ja riittävää energiansaannin kannalta mittausta edeltävinä päivinä. Mittauspäivänä nestetasapainon tuli olla hyvä.

Mittauspäivien aamuina oli paastoverinäyte, joten 10 tuntia paastoverinäytettä ennen ei saanut nauttia mitään ruokaa eikä juomaa, ei edes vettä. Paastoverinäytteen jälkeen koehenkilöt nauttivat aamiaisen, johon kuului: ruisleipä, margariinia, juustoa, rasvatonta maitoa ja banaani.

Tutkimus koostui kahdesta mittauskerrasta. Mittaukset olivat muuten identtisiä, mutta ensimmäisellä kerralla hypertrofisen voimaharjoittelun väliset palautumiset suoritettiin passiivisena palautumisena ja toisella mittauskerralla aktiivisella palautumisella. Puolet koehenkilöistä suoritti mittaukset juuri päinvastaisessa järjestyksessä. Ravinto ja liikunta vakioitiin mittauksia edeltäviksi kolmeksi päiväksi samanlaiseksi molempia mittauspäiviä ennen. Aamulla 10 tunnin paaston jälkeen koehenkilöiltä otettiin paastoverinäyte ja mitattiin laktaatti. Paastonäytteen jälkeen koehenkilöt söivät samanlaisen aamiaisen. Puolen tunnin kuluttua aamiaisen nauttimisesta koehenkilöiltä otettiin jälleen verinäyte sekä mitattiin laktaatti.

Kaikki koehenkilöt toteuttivat paastonäytteen jälkeen (aloitusaika paastonäytteen jälkeen noin 35 minuuttia) samanlaisen harjoituksen. Aluksi koehenkilöt suorittivat lämmittelyn polkupyöräergometrilla. Lämmittelyn kesto oli vakioitu kaikilla koehenkilöillä 10 minuutin pituiseksi. Minuutti lämmittelyn jälkeen alkoi nopeusvoiman mittaus kevennyshyppynä kontaktimatolla. Kahden puolitehoisen harjoitteluhypyn jälkeen tehtiin kolme maksimaalista ponnistusta yhden minuutin palautuksella. Seuraavaksi mitattiin maksimivoima jalkakyykynä Smith-laitteessa siten, että ensin lämmittely sarja 5 toistoa noin 60 % arvioidusta kyykkymaksimista eli 1 RM:stä. Kyykyn kulma vakioitiin 90° goniometrin ja kuminauhan avulla. Kahden minuutin palautuksen jälkeen tehtiin yksi 3 toiston sarja 80 % arvioidusta 1RM:stä. Jälleen kahden minuutin palautuksen jälkeen 1 RM:ää yritettiin kolmesta viiteen kertaa 2 minuutin palautuksilla. Maksimin löytymisen jälkeen oli kymmenen minuutin palautuminen.

Alkumittausten jälkeen suoritettiin seitsemän sarjaa 70 % 1RM:sta niin monta toistoa kun jaksaa/sarja. Jokaisen sarjan jälkeen oli palautuminen (1. kerralla passiivinen, 2. kerralla aktiivinen tai päinvastoin), joka kesti kaksi minuuttia. Aktiivinen palautuminen tehtiin Monarkin polkupyöräergometrilla 60 watin teholla kierrostaajuudella 60 kierrosta minuutissa polkien. Jokaisen kuorman jälkeen mitattiin verenpaine ja syke. Välittömästi viimeisen kuorman jälkeen mitattiin laktaatti sekä otettiin verinäyte. Verinäytteen oton jälkeen tehtiin kaksi maksimaalista kevennyshyppyä minuutin palautuksilla. Tämän jälkeen kolmella yrityksellä määritettiin kyykyn 1 RM kahden minuutin palautuksilla. Maksimivoiman mittauksen jälkeen mitattiin laktaatti sekä otettiin verinäyte. Seuraavan tunnin aikana otettiin verinäyte ja mitattiin laktaatti seuraavasti:

- Viiden minuutin jälkeen

- Kymmenen minuutin jälkeen
- 15 minuutin jälkeen
- 60 minuutin jälkeen

60 minuutin mittausten jälkeen tehtiin kaksi maksimaalista kevennyshyppyä minuutin palautuksilla. Tämän jälkeen kolmella yrityksellä määritettiin kyykyn 1 RM kahden minuutin palautuksilla.

4.3 Aineiston keräys

4.3.1 Verinäytteet

Kaikki verinäytteet otti laboratoriohoitaja, joka vastasi myös näytteiden jatkokäsittelystä. Verinäytteet otettiin kaikki makuuasennossa.

4.3.2 Laktaatti ja syke

Laktaatti mitattiin sormenpästä Lactate Pro – pika-analysaattorimittarilla (malli F4). Mittari kalibroitiin jokaisen mittauspäivän aamuna kalibrointiliuskoilla. Antiseptisellä liuksella puhdistettuun sormenpäähän pistettiin neulalla pieni reikä, jonka jälkeen ensimmäinen veripisara pyyhittiin pois ja toisesta pisarasta otettiin näyte. Minuutin kuluttua näytteen otosta analysaattori antoi tuloksen. Syke mitattiin Polar –sykemittaria käyttäen.

4.3.3 Maksimivoima ja kevennyshyppy

Koehenkilöt olivat harjoitelleet jalkakyykkyä Smith-laitteessa sekä kevennyshypyn oikeaa tekniikkaa. Maksimivoima mitattiin 2,5 kilogramman tarkkuudella siten, että polvikulma oli vakioitu 90°:een kuminauhan avulla. Maksimivoimasta laskettiin 70 % 2,5

kilogramman tarkkuudella ja tällä määrällä suoritettiin seitsemän sarjaa niin monta toistoja kuin jaksaa/sarja. Sarjoissa polvikulma oli vakioitu 90°:een kuminauhan avulla samalla tavalla kuin maksimivoiman mittauksessakin.

Kevennyshyppy mitattiin kontaktimatolla. Polvikulmaa ei vakioitu, vaan koehenkilöt hyppäsivät sellaisilta polvikulmilta kuin oli luontevinta. Hypyn alastulo vakioitiin siten, että alastulo tuli tehdä päkiät edellä. Perusprotokollaa, jossa kädet lanteilla, käytettiin. Aiemmin tätä ovat käyttäneet mm. Elliot 1998, Häkkinen 1989 ja Newton ym. 1999.

4.4 Aineiston analysointi

Kevennyshyppyjen korkeudet analysoitiin käyttäen lentoaikoja, joista saatiin hyppykorkeudet käyttäen kaavaa $h = g \cdot t^2 / 8$, jossa h on hypyn korkeus (m), g on putoamiskiihtyvyys $9,81 \text{ m/s}^2$ ja t on lentoaika (s).

NOVA STAT PROFILE PHOX PLUS verikaasuanalysointilaitteella määritettiin pH, natrium-, kalium- sekä kalsiumionipitoisuudet.

Laktaatin poistumisnopeuden laskemiseen käytettiin kaavaa $v = (a-b)/t$, jossa v on laktaatin poistumisnopeus (mmol/l/min), a on laktaatin alkuarvo (mmol/l), b on laktaatin loppuarvo (mmol/l) ja t on aika (min). Laktaatin alkuarvona käytettiin sarjojen jälkeen mitattujen kevennyshyppyjen ja maksimivoiman jälkeen mitattua laktaattia.

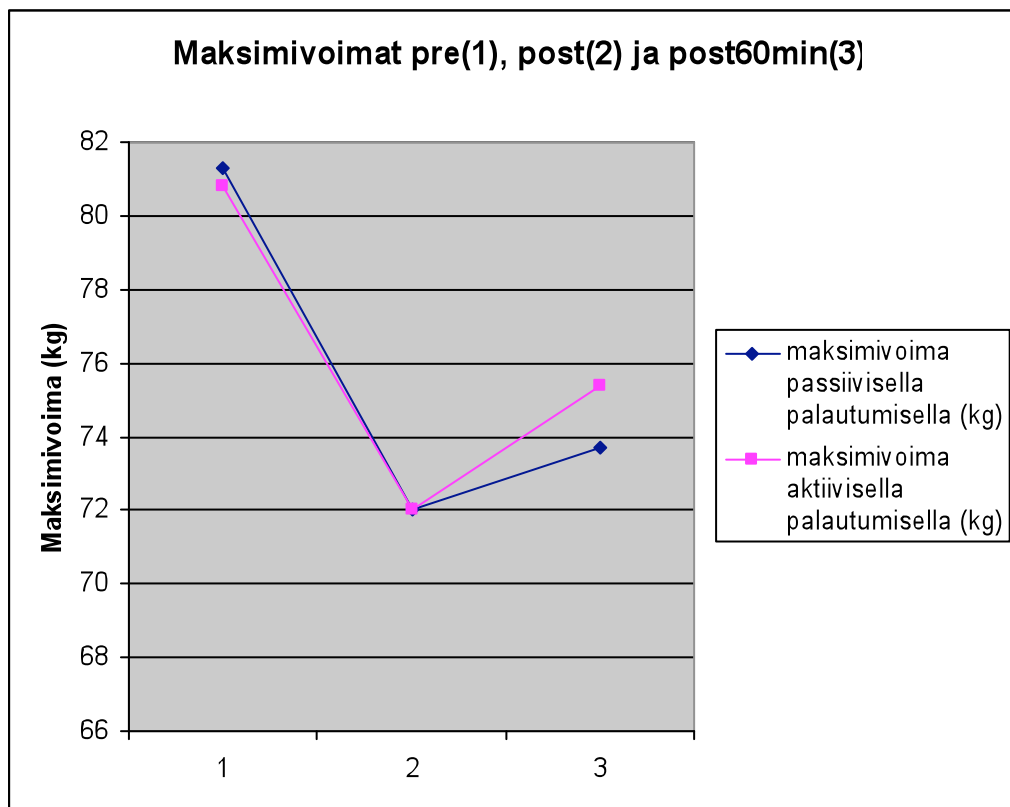
4.5 Tilastolliset menetelmät

Tilastollisessa analyysissä käytettiin SPSS 12.0 ohjelmaa. Käytettävät tilastolliset menetelmät olivat keskiarvo, keskihajonta, keskivirhe ja Wilcoxonin merkkitesti (nonparametrinen testi). Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin 0,05 (kaksisuuntainen).

5 TULOKSET

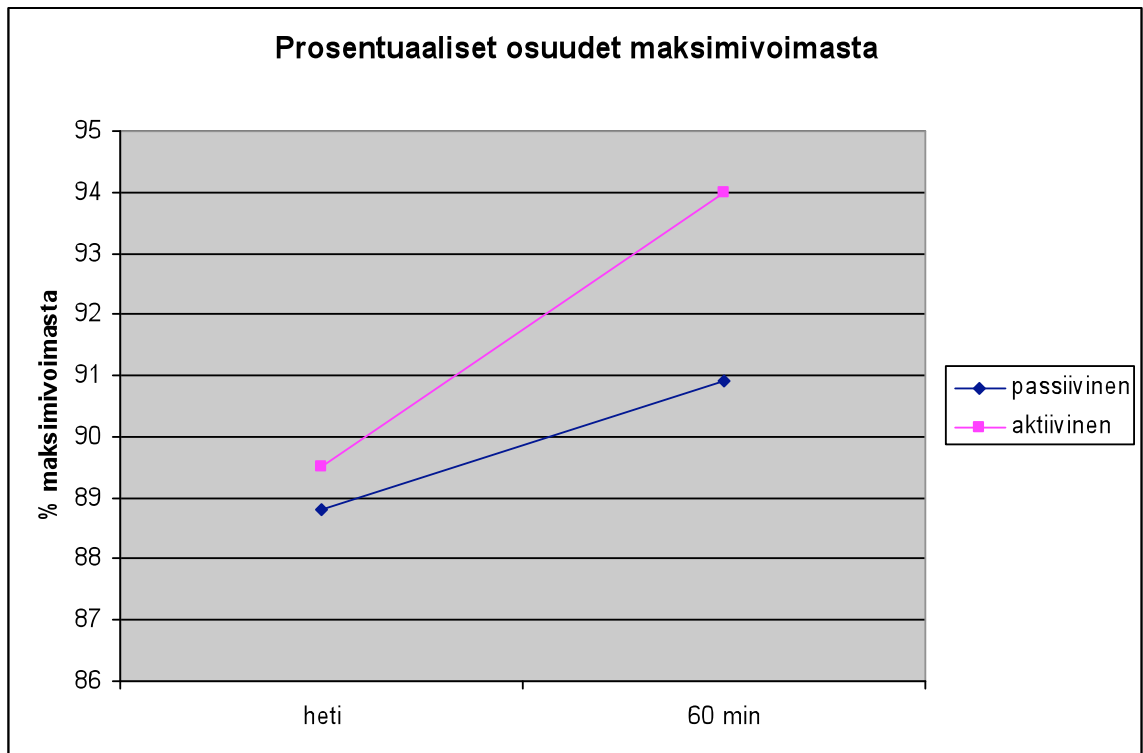
5.1 Maksimivoimat, kevennyshyppy ja toistojen lukumäärät

Maksimivoima. Maksimivoimat ovat esitettyinä kuvassa 3. Ne olivat ennen harjoitusta passiivisen palautumisen kerralla ($X \pm SD$) $81,3 \pm 17,0$ kg ja aktiivisen palautumisen kerralla $80,8 \pm 16,3$ kg. Maksimivoimat heti sarjojen jälkeen olivat passiivisen palautumisen kerralla $72,0 \pm 15,7$ kg ja aktiivisen palautumisen kerralla $72,0 \pm 13,3$ kg. Maksimivoimat 60 minuuttia sarjojen jälkeen olivat passiivisen palautumisen kerralla $73,7 \pm 14,8$ kg ja aktiivisella palautumisen kerralla $75,4 \pm 12,7$ kg. Maksimivoimissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.



KUVA 3. Maksimivoimat ennen harjoitusta (pre), välittömästi harjoituksen jälkeen (post) sekä 60 minuuttia harjoituksen päätyttyä (post60min).

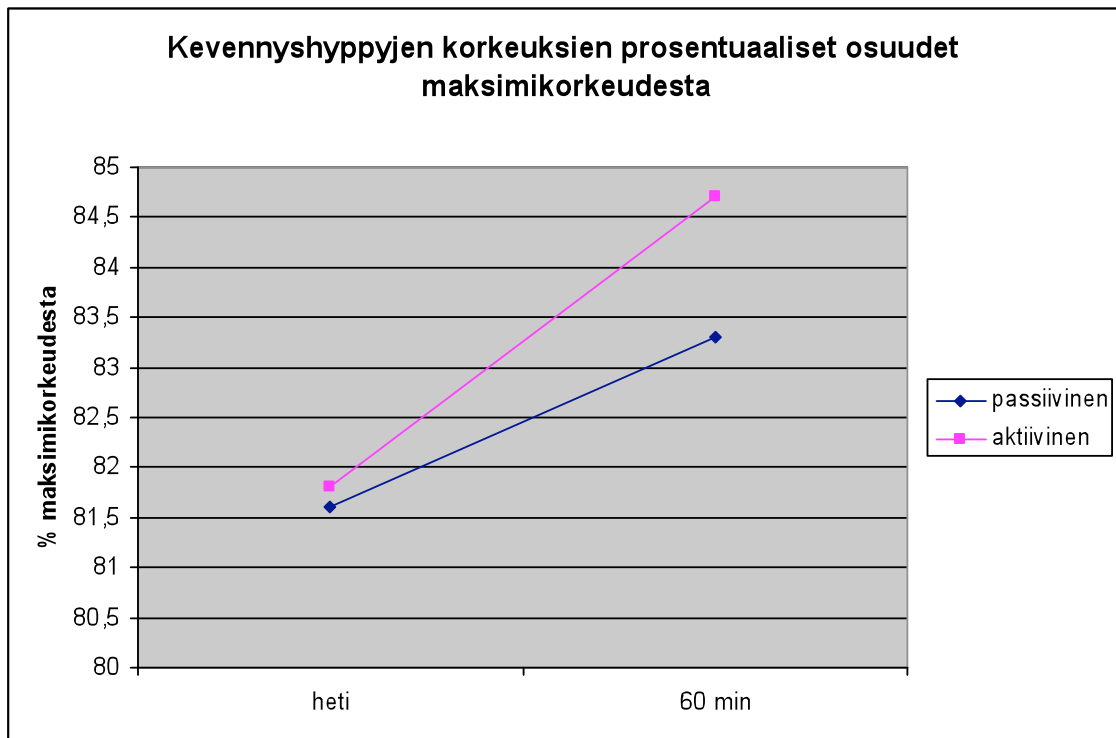
Maksimivoiman prosentuaaliset osuudet on esitetty kuvassa 4. Heti kuormituksen jälkeen maksimivoima oli passiivisen palautumisen kerralla 88,8 % ennen kuormitusta mitatusta maksimivoimasta ja 89,5 % aktiivisen palautumisen kerralla. 60 minuuttia kuormituksen jälkeen maksimivoima oli passiivisen palautumisen kerralla 90,9 % ennen kuormitusta mitatusta maksimivoimasta ja 94,0 % aktiivisen palautumisen kerralla. Prosentuaalisissa osuuksissa maksimivoimasta ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.



KUVA 4. Prosentuaaliset osuudet ennen sarjoja mitattuun maksimivoimaan verrattuna.

Kevennyshyppy. Kevennyshyppyjen korkeudet ennen sarjoja olivat passiivisen palautumisen kerralla $31,4 \pm 0,05$ cm ja aktiivisen palautumisen kerralla $31,7 \pm 0,06$ cm. Kevennyshyppyjen korkeudet heti sarjojen jälkeen olivat passiivisen palautumisen kerralla $25,9 \pm 0,07$ cm ja aktiivisen palautumisen kerralla $26,0 \pm 0,07$ cm. Kevennyshyppyjen korkeudet 60 minuuttia sarjojen jälkeen olivat passiivisen palautumisen kerralla $26,4 \pm 0,05$ cm ja aktiivisen palautumisen kerralla $26,9 \pm 0,06$ cm. Kevennyshyppyissä passiivisen ja aktiivisen palautumistavan välillä ei ollut merkitsevää eroa.

Kevennyshyppyjen prosentuaaliset osuudet on esitetty kuvassa 5. Heti kuormituksen jälkeen kevennyshyppyjen korkeus oli passiivisen palautumisen kerralla 81,6 % ennen kuormitusta mitatusta maksimivoimasta ja 91,0 % aktiivisen palautumisen kerralla. 60 minuuttia kuormituksen jälkeen kevennyshyppyjen korkeus oli passiivisen palautumisen kerralla 83,3 % ennen kuormitusta mitatusta maksimivoimasta ja 84,7 % aktiivisen palautumisen kerralla. Prosentuaalisissa osuuksissa maksimaalisesta kevennyshyppyn korkeudesta ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.



KUVA 5. Prosentuaaliset osuudet ennen sarjoja mitattuun kevennyshypyn korkeuteen verrattuna.

Sarjatoistot kyykkynostossa. Sarjatoistot passiivisen palautumisen kerralla olivat ensimmäisessä sarjassa 12 ± 4 , toisessa sarjassa 9 ± 2 , kolmannessa sarjassa 8 ± 2 , neljännessä sarjassa 6 ± 2 , viidennessä sarjassa 6 ± 2 , kuudennessa sarjassa 5 ± 2 ja seitsemännessä sarjassa 6 ± 2 . Sarjatoistot passiivisen palautumisen kerralla olivat ensimmäisessä sarjassa 15 ± 1 , toisessa sarjassa 9 ± 2 , kolmannessa sarjassa 8 ± 3 , neljännessä sarjassa 7 ± 2 , viidennessä sarjassa 5 ± 3 , kuudennessa sarjassa 5 ± 3 ja seitsemännessä sarjassa 6 ± 2 . Sarjatoistoissa tilastollisesti merkitsevää eroa ei ollut.

5.2 Laktaatti, pH ja laktaatin poistumisnopeus

Laktaatti. Laktaattiarvot on esitetty taulukossa 2. Laktaattiarvoissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa passiivisen ja aktiivisen palautumistavan välillä. Myöskään laktaattiarvojen eroissa verrattuna paastonäytteen laktaattiarvoihin ei ollut tilastollisesti merkitsevää muutosta verrattaessa passiivista palautumistapaa aktiiviseen palautumistapaan.

TAULUKKO 2. Laktaattiarvot passiivisen ja aktiivisen palautumisen kerroilla heti kuormituksen jälkeen, heti, 5 minuuttia, 10 minuuttia, 15 minuuttia ja 60 minuuttia maksimivoiman mittaamisen jälkeen.

	passiivinen(mmol/l)	aktiivinen(mmol/l)
heti kuormituksen jälkeen	8,9 ± 1,7	9,1 ± 2,0
heti maksimivoiman mittaamisen jälkeen	4,5 ± 2,4	4,8 ± 2,9
5 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	2,9 ± 1,5	3,1 ± 1,6
10 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	2,0 ± 1,0	2,7 ± 0,7
15 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	2,1 ± 1,0	2,3 ± 0,6
60 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	1,7 ± 1,0	1,9 ± 0,6

pH –arvo. Laskimoveren pH-arvot on esitetty taulukossa 3. Laskimoveren pH-arvoissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa passiivisen ja aktiivisen palautumistavan välillä. Myöskään pH-arvojen eroissa verrattuna paastonäytteen pH-arvoihin ei ollut tilastollisesti merkitsevää muutosta verrattaessa passiivista palautumistapaa aktiiviseen palautumistapaan.

TAULUKKO 3. pH –arvot passiivisen ja aktiivisen palautumisen kerroilla heti kuormituksen jälkeen, heti, 5 minuuttia, 10 minuuttia, 15 minuuttia ja 60 minuuttia maksimivoiman mittaamisen jälkeen.

	passiivinen	aktiivinen
heti kuormituksen jälkeen	7,395 ± 0,047	7,390 ± 0,074
heti maksimivoiman mittaamisen jälkeen	7,455 ± 0,035	7,464 ± 0,035
5 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	7,458 ± 0,039	7,460 ± 0,028
10 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	7,470 ± 0,040	7,467 ± 0,028
15 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	7,454 ± 0,022	7,439 ± 0,025
60 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	7,438 ± 0,048	7,428 ± 0,037

Laktaatin poistumisnopeus. Taulukossa 4 näkyy laktaatin poistumisnopeudet 5 minuutin, 10 minuutin, 15 minuutin ja 60 minuutin kohdalla verrattaessa kevennyshyppyjen ja maksimivoiman mittaamisen jälkeisiin laktaattiarvoihin. Laktaatin poistumisnopeudessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa passiivisen ja aktiivisen palautumistavan välillä.

TAULUKKO 4. Laktaatin poistumisnopeus. Laktaatin poistumisnopeudet passiivisen ja aktiivi-

sen palautumisen kerroilla 5 minuutin, 10 minuutin, 15 minuutin ja 60 minuutin kohdalla kevennyshyppyjen ja maksimivoiman mittaamisen jälkeen.

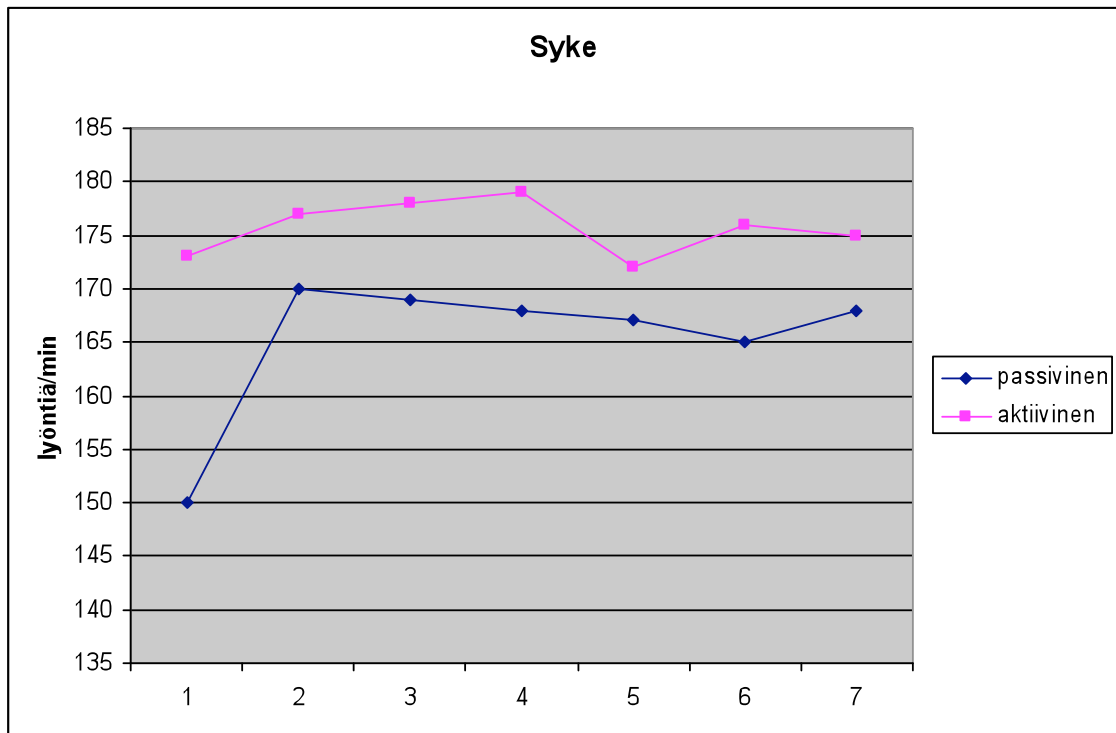
	passiivinen(mmol/l/min)	aktiivinen(mmol/l/min)
5 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	0,33	0,32
10 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	0,25	0,22
15 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	0,16	0,17
60 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	0,06	0,05

5.3 Syke

Taulukossa 5 on esitetty syke jokaisen sarjan jälkeen passiivisen ja aktiivisen palautumisen kerroilla. Syke oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi ($p < 0,05$) aktiivisen palautumisen kerralla kuin passiivisen palautumisen kerralla ensimmäisen, toisen, kolmannen ja kuudennen sarjan jälkeen.

TAULUKKO 5. Syke jokaisen sarjan jälkeen passiivisen ja aktiivisen palautumisen kerroilla. * = tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$).

	Passiivinen	Aktiivinen
1. sarjan jälkeen	150±37	173±8 *
2. sarjan jälkeen	170±11	177±9 *
3. sarjan jälkeen	169±11	178±10 *
4. sarjan jälkeen	168±15	179±9
5. sarjan jälkeen	167±14	172±17
6. sarjan jälkeen	165±15	176±14 *
7. sarjan jälkeen	168±13	175±14



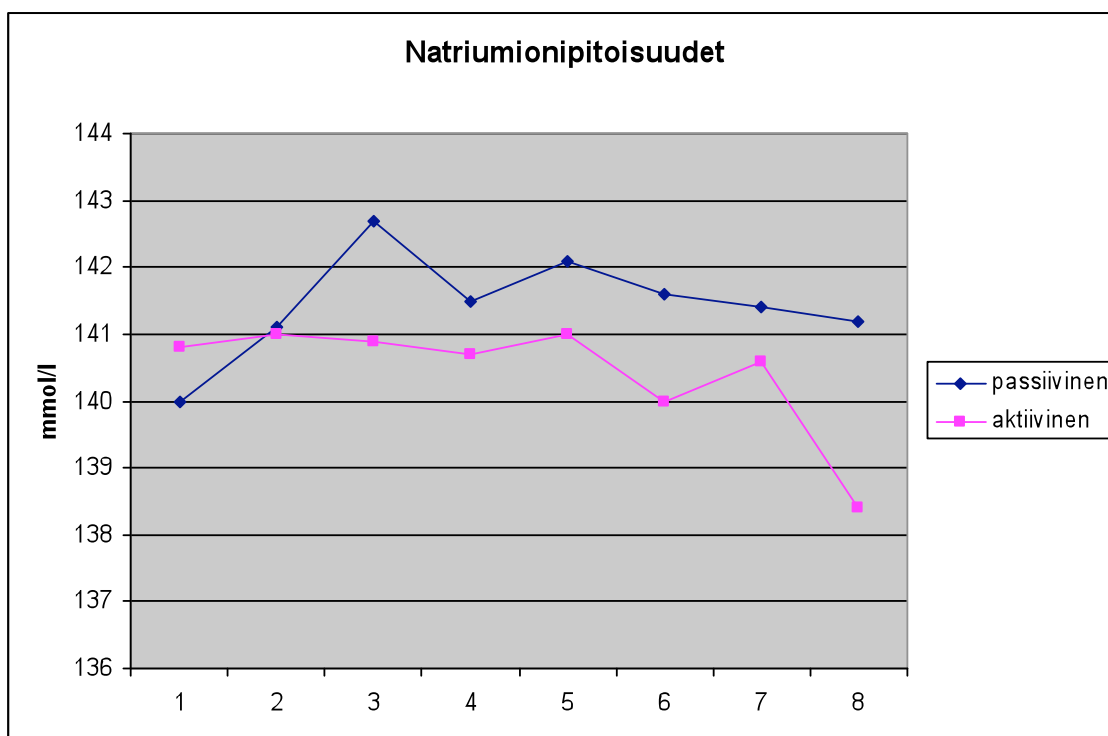
KUVA 6. Syke passiivisen ja aktiivisen palautumisen kerroilla sarjojen (1-7) jälkeen.

5.4 Natrium-, kalium- ja kalsiumionien pitoisuudet

Natrium. Natriumionipitoisuudet laskimoveressä on esitetty taulukossa 6 ja kuvassa 7. Kymmenen minuuttia ja kuusikymmentä minuuttia kevennyshyppyjen ja maksimivoiman mittaamisen jälkeen passiivisen ja aktiivisen palautumisen kertojen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$). Verrattaessa paastonäytteen arvoihin tilastollisesti merkitsevä ero löytyi vain 60 minuuttia kevennyshyppyjen ja maksimivoiman mittaamisesta ($p < 0,05$).

TAULUKKO 6. Natriumionipitoisuudet passiivisen ja aktiivisen palautumisen kerroilla. * = tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$).

	passiivinen(mmol/l)	aktiivinen(mmol/l)
paastoarvo	140,0 ± 1,9	140,8 ± 2,4
30 min aamiaisesta	141,1 ± 1,7	141,0 ± 2,0
heti kuormituksen jälkeen	142,7 ± 2,3	140,9 ± 3,4
heti maksimivoiman mittaamisen jälkeen	141,5 ± 1,9	140,7 ± 1,7
5 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	142,1 ± 2,6	141,0 ± 1,7
10 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	141,6 ± 1,4	140,0 ± 1,1 *
15 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	141,4 ± 2,0	140,6 ± 1,4
60 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	141,2 ± 2,6	138,4 ± 3,5 *



KUVA 7. Natriumionipitoisuudet aktiivisen ja passiivisen palautumisen kerroilla. 1 = paastoarvo, 2 = 30 min aamiaisesta, 3 = heti kuormituksen jälkeen, 4 = heti maksimivoiman mittaamisen jälkeen, 5 = 5 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen, 6 = 10 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen, 7 = 15 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen ja 8 = 60 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen.

Kalium. Kaliumionipitoisuudet on esitetty taulukossa 7. Tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu. Verrattaessa paastonäytteen arvoihin tilastollisesti merkitsevää eroa ei myöskään löytynyt.

TAULUKKO 7. Kaliumionipitoisuudet passiivisen ja aktiivisen palautumisen kerroilla.

	passiivinen(mmol/l)	aktiivinen(mmol/l)
paastoarvo	4,09 ± 0,23	4,21 ± 0,14
30 min aamiaisesta	4,09 ± 0,20	4,25 ± 0,24
heti kuormituksen jälkeen	4,06 ± 0,23	4,01 ± 0,10
heti maksimivoiman mittaamisen jälkeen	4,08 ± 0,13	4,11 ± 0,09
5 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	4,17 ± 0,16	4,12 ± 0,14
10 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	4,19 ± 0,26	4,14 ± 0,12
15 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	4,21 ± 0,22	4,21 ± 0,17
60 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	4,30 ± 0,15	4,18 ± 0,09

Kalsium. Kalsiumionipitoisuudet on esitetty taulukossa 8. Tilastollisesti merkitseviä eroja ei syntynyt passiivisen ja aktiivisen palautumistavan välille kalsiumionipitoisuuksissa. Verrattaessa paastonäytteen arvoihin tilastollisesti merkitsevää eroa ei myöskään löytynyt.

TAULUKKO 8. Kalsiumionipitoisuudet passiivisen ja aktiivisen palautumisen kerroilla.

	passiivinen(mmol/l)	aktiivinen(mmol/l)
paastoarvo	1,12 ± 0,03	1,15 ± 0,01
30 min aamiaisesta	1,14 ± 0,03	1,14 ± 0,02
heti kuormituksen jälkeen	1,12 ± 0,06	1,12 ± 0,03
heti maksimivoiman mittaamisen jälkeen	1,14 ± 0,03	1,12 ± 0,02
5 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	1,14 ± 0,03	1,13 ± 0,01
10 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	1,14 ± 0,03	1,13 ± 0,01
15 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	1,15 ± 0,02	1,15 ± 0,02
60 min maksimivoiman mittaamisen jälkeen	1,16 ± 0,05	1,14 ± 0,04

6 POHDINTA

Passiivisen ja aktiivisen palautumisen välillä ei havaittu mitään tilastollista merkitsevyyttä maksimivoimissa, kevennyshyppyjen korkeuksissa, sarjatoistojen lukumäärissä laktaatissa, pH:ssa, laktaatin poistumisnopeudessa, kaliumionipitoisuuksissa eikä kalsiumionipitoisuuksissa. Natriumionipitoisuuden osalta tilastollisesti merkitsevä ero löytyi 10 minuutin ja 60 minuutin kohdalta sarjojen jälkeen tehtyjen kevennyshyppykorkeuksien ja maksimivoiman mittaamisen jälkeen. Sykkeessä tilastollinen merkitsevyys oli ensimmäisen, toisen, kolmannen ja kuudennen sarjan jälkeen. Aktiivisen palautumisen kerralla syke oli korkeampi kuin passiivisen palautumisen kerralla.

Maksimivoimat. Absoluuttisissa maksimivoimissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa Wilcoxonin merkkitestin mukaan. 60 minuuttia sarjojen jälkeen mitatut maksimivoimat olivat aktiivisen palautumisen jälkeen 1,3 kg suuremmat kuin passiivisen palautumisen jälkeen, vaikka lähtötaso oli 0,5 kg korkeampi passiivisen palautumisen kerralla. Heti kyykkysarjojen jälkeen mitatussa maksimivoimassa ei ollut eroa passiivisen ja aktiivisen palautumistavan välillä. Maksimivoiman prosentuaalisissa osuuksissa ei myöskään löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa, mutta ero näissä passiivisen ja aktiivisen palautumistavan välillä on kuitenkin havaittavissa. Aktiivisen palautumistavan kerralla etenkin 60 minuuttia hypertrofisten sarjojen jälkeen mitattu prosentuaalinen maksimivoima oli 3,1 prosenttiyksikköä suurempi kuin passiivisen palautumisen kerralla. Aiemmissä tutkimuksissa tulokset suorituskyvyn palautumisesta ovat olleet ristiriitaisia aktiivista palautumista käytettäessä. Sairyo ym. (2003) totesi, että lihasväsymyksestä toipuminen on nopeampaa aktiivisen palautumisen jälkeen kuin passiivisen palautumisen jälkeen Suorituskykyyn 30 sekunnin sprintissä ei kuitenkaan havaittu eroavaisuutta aktiivisen ja passiivisen palautumistavan välillä (Madon ym. 2002).

Kevennyshyppyjen korkeudet. Kevennyshyppyjen absoluuttisissa korkeuksissa ei ollut eroja passiivisen ja aktiivisen palautumistavan välillä. Toisaalta kevennyshyppyjen korkeuksien prosentuaalisista osuuksista maksimikorkeudesta oli havaittavissa eroa, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Ero oli suotuisa aktiiviselle palautumistavalle. Tästä voidaan päätellä, että aktiivisesta palautumisesta sarjojen välillä hypertrofisessa

voimaharjoituksessa on hieman hyötyä maksimivoimatason sekä kevennyshyppy korkeuden palautumisnopeuksille.

Syke. Syke oli jokaisen sarjan jälkeen noin kymmenen yksikköä korkeampi aktiivisen palautumisen kerralla kuin passiivisen palautumisen kerralla. Tilastollisesti merkitsevästi suurempi syke oli aktiivisen palautumisen kerralla ensimmäisen, toisen, kolmannen ja kuudennen sarjan jälkeen. Tämä tulos viittaa siihen, että aktiivinen palautuminen oli liian korkeaintensiteettistä. Näin ollen syke ei päässyt laskemaan aktiivisen palautumisen aikana läheskään samalla tavalla kuin passiivisen palautumisen aikana.

Laktaatti ja laktaatinpoistumisnopeus. Heti sarjojen jälkeen mitatuissa veren laktaattipitoisuuksissa ei ollut eroa passiivisen ja aktiivisen palautumistavan välillä. Madon ym. (2002) havaitsi 30 sekunnin sprintin jälkeen aktiivisella palautumisella nopeuttavan vaikutuksen laktaatin palautumiseen sille tasolle mitä se oli ennen sprinttiä. Tämä viittaa siihen, että tässä tutkimuksessa aktiivinen palautuminen on tehty liian korkealla intensiteetillä, jolloin se ei ole enää ollut yhtään edullisempi laktaatinpoistumisen kannalta kuin passiivinen palautuminen. Laktaatin poistumisnopeus oli jopa aavistuksen (0,1–0,3 mmol/l/min) suurempi passiivisen palautumisen kerralla 5 minuuttia, 10 minuuttia ja 60 minuuttia sarjojen jälkeen. Koska 60 minuutin palautuminen kaikkien sarjojen jälkeen oli molemmilla (aktiivisen ja passiivisen palautumistavan) kerroilla passiivista, ei laktaatin poistumisnopeuksissa ollut odotettavissakaan eroja.

pH. Laskimoveren pH-arvoissa ei ollut havaittavissa eroa aktiivisen ja passiivisen palautumistavan välillä sarjojen jälkeen mitatuissa arvoissa. Aiemmassa tutkimuksessa Sairyon ym. (2003) pH:n nousu viisi minuuttia harjoituksen jälkeen oli nopeampaa aktiivisen palautumisen aikana ($6,82 \pm 0,06$) verrattuna passiiviseen palautumiseen ($6,38 \pm 0,10$). Tämä viittaa siihen, että tässä tutkimuksessa aktiivinen palautuminen on ollut liian intensiivistä puskurikapasiteetin toimivuuden kannalta. Myöhemmin mitatuissa laskimoveren pH-arvoissa ei havaittu eroa. Tämä oli oletettavissa, sillä 60 minuutin palautuminen kaikkien sarjojen jälkeen oli molemmilla (aktiivisen ja passiivisen palautumistavan) kerroilla passiivista.

Natrium-, kalium- ja kalsiumionien pitoisuudet. Kalium- ja kalsiumionien pitoisuuksissa ei havaittu eroa aktiivisen ja passiivisen palautumistavan välillä. Sitä vastoin natriumio-

nien pitoisuuksissa löytyi tilastollisesti merkitsevä ero kymmenen ja 60 minuutin kohdalla kyykkysarjojen jälkeen. Merkitsevyys viittaa siihen, että aktiivisella palautumisella kyykkysarjojen välissä voitaisiin nopeuttaa harjoituksen myötä kohonneen laskimoveren natriumionipitoisuuden laskemista lähtötasolle. Tämän perusteella ei voida kuitenkaan tehdä johtopäätöksiä siihen suuntaan, että aktiivinen palautuminen nopeuttaisi natriumionipitoisuuden palautumista normaaliarvojen suuntaan hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen passiiviseen palautumistapaan verrattuna. Viiden ja viidentoista minuutin kohdalla vastaavaa tilastollista merkitsevyyttä ei nimittäin löytynyt. Toisaalta aktiivisen palautumisen kerralla laskimoveren natriumionipitoisuus laski alle aamun paastonäytteen arvon (2,4mmol/l) sekä alle aamiaisesta 30 minuuttia otetun näytteen arvon (2,6mmol/l).

Coderin ym. (2000) mukaan aktiivisella palautumistavalla on edullisia vaikutuksia palautumisnopeuteen kun aktiivinen palautuminen sarjojen välillä on kevyt intensiteettistä. Intensiteetti saattoi olla liian suuri tässä tutkimuksessa, sillä Coderin ym (2000) mukaan korkea intensiteettinen aktiivinen palautuminen ei nopeuta palautumista. Tämän tutkimuksen perusteella ei voida sanoa aktiivisen palautumisen nopeuttavan palautumista hypertrofisen voimaharjoituksen jälkeen. Joissakin muuttujissa (maksimivoima ja kevennyshypyn prosentuaaliset osuudet) trendi aktiivisen palautumisen palautumista nopeuttavaan vaikutukseen on kuitenkin havaittavissa. Näin ollen jatkotutkimuksia aktiivisen palautumisen vaikutuksesta palautumisnopeuteen sarjapalautusten aikana hypertrofisessa voimaharjoituksessa kannattaa tehdä, jotta ideaalinen palautumistapa löytyisi.

Tilastollisesti merkitseviä eroja ei tässä tutkimuksessa juurikaan havaittu, mikä johtunee koehenkilöjoukon pienuudesta. Lisää tutkimusta tarvitaan suuremmilla koehenkilöjoukoilla sekä eri intensiteettisillä aktiivisilla palautumisilla. Eri intensiteettisillä aktiivisilla palautumisilla saataisiin selville tarkemmin millainen palautumistapa olisi suotuisin sarjapalautusten välille.

Pidemmät seuranta-ajat harjoituksen jälkeen olisivat myös mielekkäitä tutkimuskohteita, sillä kiinnostavaahan on tietää kuinka nopeasti kutakin palautumistapaa käyttäen elimistö palautuu. Tunnin seurantajakso ei vielä anna tietoa seuraavan päivän tilasta. Urheilijoille tärkeää onkin se kuinka hyvin harjoituksesta palaututaan ennen seuraavaa

harjoitusta. Välittömät vasteet eivät yleensä ole niin tärkeitä pitkän harjoituskauden aikana.

LÄHTEET

- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Kraemer, W.J. & Häkkinen, K. 2003. Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24 (6), 410-418.
- Ahtiainen, J. 2001. Akuutti hormonaalinen ja neuromuskulaarinen vaste maksimi- ja pakkotoistokuormituksessa. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Pro Gradu tutkielma.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Lakomy, H. K. A., Graham, C. M. & Louis, G. 1996. Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 74, 461-469.
- Bond, V., Adams, R. G., Tearney, R. J., Gresham, K. & Ruff, W. 1991. Effects of active and passive recovery on lactate removal and subsequent isokinetic muscle function. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31 (3), 357-361.
- Bonen, A. & Belcastro, A. N. 1977. A physiological rationale for active recovery exercise. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 2, 634-635.
- Corder, K., Potteiger, J., Nau, K., Figoni, S., Hershberger, S. 2000. Effects of active and passive recovery conditions on blood lactate, rating of perceived exertion, and performance during resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, May, 151-156.
- Dupont, G., Moalla, W., Guinhouya, C., Ahmaidi, S. & Berthoin, S. 2004. Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercise. *Medical Science of Sports Exercise*, 36 (2), 302-308.
- Elliot, B. 1998. *Training in Sport*. UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Fleck, S.J. & Kraemer W.J. 1997. *Designing resistance training programs*, 2nd ed. Human Kinetics, Champaign, Illinois.
- Foley, J.M., Jayaraman, R.C., Prior, B.M., Pivarnik, J.M. & Meyer, R.A. 1999. MR measurements of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 87 (6), 2311 - 2318.
- Gibala, M.J., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., Stauber, W.T. & Elorriaga, A.

1995. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 78 (2), 702 - 708.
- Harrison, M.H. 1985. Effects of thermal stress and exercise on blood volume in humans. *Physiological Reviews* 65, 149 - 209. Review.
- Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet: vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Häkkinen, K. 1989. Maximal force, explosive strength and speed in female volleyball and basketball players. *Journal of Human Movement Studies*, 16, 291-303.
- Keul, J., Doll, E. & Keppeler, D. 1969. Muskelstoffwechsel. Barth Verlag, München. Teoksessa Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet, vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Gummerus kirjapaino OY, Jyväskylä, 20.
- Komi, P. V. 2003. Strength and power in sport. Blackwell Science Ltd, Osney Mead, Oxford OX2 0EL, UK.
- Laine, V. 2005. Erilaisten voimaharjoitteluohjelmien vaikutus luurankolihasen hypertrofiaan. Pro gradu –tutkielma, Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto.
- Madon, M. S., Bishop, D. & Fournier, P.A. 2002. Recovery from a sprint: Impact of active recovery. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 5 (4 suppl.), 44.
- Maughan, R. & Gleeson, M. 2004. The biochemical basis of sport performance. Oxford University press.
- McArdle, W. D., Katch, F.I. & Katch, V. L. 2001. Exercise Physiology – Energy, Nutrition and human performance. 5. painos. Lippincott Williams & Wilkins.
- Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvallmennus. Lahti. VK-Kustannus Oy, 251–282.
- Morgan, D.L. & Allen, D.G. 1999. Early events in stretch-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 87 (6), 2007 - 2015. Review.
- Newton, R. U., Kraemer, W.J., Häkkinen K. 1999. Effects on ballistic training of elite volleyball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31 (2), 323-330
- Phillips, S.M., Tipton, K.D., Aarsland, A., Wolf, S.E., and Wolfe, R.R. 1997. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism* 273, 99 - 107.

- Rotstein, A., Jablonowsky, R., Bar-Sela, S., Malamud, G., Tenenbaum, G. & Inbar, O. 1999. The effect of diverting activity on fatigue during isokinetic exercise using large muscle groups. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13 (1), 72-75.
- Sairyō, K., Iwanaga, K., Yoshida, N., Mishiro, T., Terai, T., Sasa, T. & Ikata, T. 2003. Effects of active recovery under a decreasing work load following intense muscular exercise on intramuscular energy metabolism. The University of Tokushima, Japan. *The International Journal of Sports Medicines*, 24, 179-182.
- Sjödín, B., Schele, R. & Karlsson, J. 1982. The physiological background of onset of blood lactate accumulation (OBLA). Teoksessa Komi P.V. (toim.) *Exercise and Sport Biology* 12. Human Kinetics Publishers Champaign, Illinois, 43 - 56.
- Smith, H.K., Maxwell, L., Rodgers, C.D., McKee, N.H. & Plyley, M.J. 2001. Exercise-enhanced satellite cell proliferation and new myonuclear accretion in rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology* 90(4), 1407 - 1414.
- Tesch, P.A., Colliander, E.B. & Kaiser, P. 1986. Muscle Metabolism during intense, heavy-resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology* 55, 362 - 366.
- Thiriet, P., Gozal, D., Wouassi, D., Oumarou, T., Gels, H. & Lacour, J. R. 1993. The effect of various recovery modalities on subsequent performance, in consecutive supramaximal exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33 (2), 118-129.
- Warren G.L., Lowe D.A. & Armstrong, R.B. 1999. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Journal of Sports Medicine*, 27 (1), 43 - 48. Review.
- Watts, P. B., Daggett, M. Gallaher, P. & Wilkins, B. 2000. Metabolic response during sport climbing and the effects of active versus passive recovery. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 185-190.
- Whiting, W.C. & Zernicke, R.F. 1998. Biomechanics of musculoskeletal injury. Human Kinetics, USA.
- Zatsiorsky, V. 1995. Science and practice of strength training. Human Kinetics, USA.

LIITTEET

Liite 1. Koehenkilötiedote ja suostumuslomake:

Jyväskylän yliopisto
Liikuntabiologian laitos
Koehenkilötiedote ja suostumuslomake

AKTIIVISEN PALAUTUMISTAVAN VAIKUTUS PALUTUMIS- NOPEUTEEN HYPERTROFISESSA VOIMAHARJOITUKSESSA

**TIEDOTE TUTKITTAVILLE JA SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMI-
SESTA**

Tutkijoiden yhteystiedot

Vastuullinen tutkija:

Hanna Salmijärvi, liik. yo, Wilhelm Schildtin katu 17 A 12 40740 Jyväskylä,
0407319308, hasusalm@cc.jyu.fi.

Tutkimuksen taustatiedot

Tutkimuksen on määrä käynnistyä huhtikuun aikana ja saada päätökseen toukokuussa 2006. Tutkimuksesta valmistuu toukokuun 2006 loppuun mennessä liikuntabiologian kandidaatintutkielma, liikuntafysiologiaan työnohjaajana dosentti Antti Mero (014-2602077).

Tutkimusaineiston säilyttäminen

Tutkimuksen vastuullinen tutkija vastaa tutkimusaineiston turvallisesta säilyttämisestä. Tutkimuksessa mukana olevilta kerättävät tiedot säilytetään tutkijalla. Ulkopuoliset eivät pysty tunnistamaan koehenkilöitä tietojen perusteella.

Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja merkitys

Tutkimuksella pyritään selvittämään aktiivisen palautumistavan vaikutusta palautumisnopeuteen hypertrofisessa voimaharjoituksessa.

Menettelyt, joiden kohteeksi tutkittavat joutuvat

Koehenkilöille tehdään samanlaiset mittaukset kahtena päivänä viikon palautumisella. Paaston jälkeen otetaan verinäyte, jonka jälkeen mitataan kevennyshyppymaksimi ja maksimivoima kyykyssä. Tämän jälkeen suoritetaan seitsemän sarjaa 70 %:lla maksimista kahden minuutin palautuksilla siten, että toisella kerralla palautuminen on passiivista ja toisella kerralla aktiivista polkupyöräergometrillä. Harjoituksen jälkeen palautumista seurataan tunnin ajan verinäyttein sekä voimatasojen mittauksin. Verinäytteitä otetaan testien aikana yhteensä seitsemän ja niistä analysoidaan laktaattipitoisuus, hemoglobiini, hematokriitti sekä hapen ja hiilidioksidin osapaineet. Verinäytteet ottaa ammattitaitoinen laboratorioanalyytikko.

Tutkimuksen hyödyt ja haitat tutkittaville

Tutkittavat saavat tietoa voimatasostaan sekä voimaharjoituksesta palautumisesta. Verinäytteistä he saavat myös tietoa erilaisista veriarvoista. Tutkimuksen tulokset selitetään tutkittaville heti tutkimuksen jälkeen ja tarkempi palaute annetaan kun tulokset ovat valmiit.

Käytetyt menetelmät ovat yleisiä ja niihin liittyvät riskit ovat pieniä. Voimaharjoituksen jälkeen esiintyy muutaman päivän ajan lihasrakuutta, joka ei kuitenkaan ole millään tavalla terveydelle vaarallista. Lihasrevähdykset ovat mahdollisia, mutta ne todennäköisesti saadaan vältettyä asianmukaisella lämmittelyllä. Verinäytteen otossa pistokohta voi pahimmassa tapauksessa tulehtua, mutta sen riski on erittäin pieni, sillä verinäytteet ottaa siihen koulutettu ensiapuvalmiuden osaava henkilö. Tutkimuspaikan lähellä on ensiapuvälineistöä ja lääkäri voidaan hälyttää nopeasti paikalle.

Miten ja mihin tutkimustuloksia aiotaan käyttää

Tutkimustuloksista tehdään liikuntabiologian kandidaatintutkielma, joka julkaistaan liikuntabiologian laitoksen julkaisuna toukokuussa 2006.

Tutkittavien oikeudet

Osallistuminen tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Tutkittavilla on tutkimuksen aikana oikeus kieltäytyä mittauksista ja keskeyttää testit ilman, että siitä aiheutuu mitään seuraamuksia. Tutkimuksen järjestelyt ja tulosten raportointi ovat luottamuksellisia. Tutkimuksesta saatavat tiedot tulevat ainoastaan tutkittavan ja tutkijaryhmän käyttöön ja tulokset julkaistaan tutkimusraporteissa siten, ettei yksittäistä tutkittavaa voi tunnistaa. Tutkittavilla on oikeus saada lisätietoa tutkimuksesta tutkijaryhmän jäseniltä missä vaiheessa tahansa.

Vakuutukset

Tapaturmien ja sairastapausten välittömään ensiapuun mittauksissa on varauduttu tutkimusyksikössä. Laboratoriossa on ensiapuvälineet ja varusteet, joiden käyttöön henkilökunta on perehtynyt. Tutkittavalla olisi hyvä olla oma henkilökohtainen tapaturma/sairaus- ja henkivakuutus, koska Jyväskylän yliopisto/liikuntabiologian laitos ei ole vakuuttanut koehenkilöitä.

Tutkittavan suostumus

Olen perehtynyt tämän tutkimuksen tarkoitukseen ja sisältöön, tutkittaville aiheutuviin mahdollisiin haittoihin sekä tutkittavien oikeuksiin ja vakuutusturvaan. Suostun osallistumaan mittauksiin ja toimenpiteisiin annettujen ohjeiden mukaisesti. En osallistu mittauksiin flunssaisena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena. Voin halutesani peruuttaa tai keskeyttää osallistumiseni tai kieltäytyä mittauksista missä vaiheessa tahansa. Tutkimustuloksiani saa käyttää tieteelliseen raportointiin (esim. julkaisuihin) sellaisessa muodossa, jossa yksittäistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

Päiväys	Tutkittavan allekirjoitus
---------	---------------------------

Päiväys	Tutkijan allekirjoitus
---------	------------------------

Liite 2. Tutkimuslomake:

Koehenkilön numero _____ Mittauskerta _____ Palautumistapa _____

Paino _____ kg Pituus _____ cm Syke _____

Verenpaine _____ mmHg Synt.aika _____

laktaatti _____

Aamiaisesta 30 min: Verenpaine _____ mmHg Syke _____ Lakt _____

	1	2	3	4	5
Kevennyshyppy					
Maksimivoima 70 % maksimista _____ kg					

	1	2	3	4	5	6	7
Toistot							
Syke							
Verenpaine							

Verenpaine _____ mmHg Syke _____ laktaatti _____

	1	2	3	4	5
Kevennyshyppy					
Maksimivoima					

0min Verenpaine _____ mmHg Syke _____ laktaatti _____

5 min: Verenpaine _____ mmHg Syke _____ laktaatti _____

10 min: Verenpaine _____ mmHg Syke _____ laktaatti _____

15 min: Verenpaine _____ mmHg Syke _____ laktaatti _____

60 min: Verenpaine _____ mmHg Syke _____ laktaatti _____

	1	2	3	4	5
Kevennyshyppy					
Maksimivoima					