Pro Gradu – tutkielma

Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun yhteydet nuorten naisten fyysiseen suorituskykyyn ja terveyteen

Johanna Repola & Riikka Salminen

Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologian aineenopettajan koulutus

15.11.2011

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Biologian aineenopettajan koulutus

REPOLA, J. & SALMINEN, R. : Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun yhteydet nuorten naisten fyysiseen suorituskykyyn ja terveyteen

Pro Gradu –tutkielma: 105 s.
Työn ohjaajat: Dos. Jari Haimi, Prof. Heikki Kyröläinen
Tarkastajat: Dos. Maija Vihinen-Ranta, Dos. Jari Haimi
Marraskuu 2011

Hakusanat: Kestävyysharjoittelu, maksimaalinen hapenottokyky, voimaharjoittelu, maksimivoima, kehon koostumus, kolesteroli, paastoglukoosi, sykevariaatiot

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu ovat yhteydessä voima- ja kestävyysominaisuuksiin, hormonaalisiin vasteisiin ja tiettyihin terveyden markkereihin. Koehenkilöinä oli 25-30-vuotiaita alle liikuntasuositusten liikkuvia naisia, jotka eivät käyttäneet hormonaalista ehkäisyä. Koehenkilöt tekivät yhteensä kolme kertaa viikossa voima- ja kestävyysharjoituksia yhdeksän viikon ajan. Voimaharjoittelu oli itsenäistä kuntosaliharjoittelua ja kestävyysharjoittelu ohjattua sisäpyöräilyharjoittelua. Mittaukset tehtiin tutkimuksen alussa, puolessa välissä ja lopussa. Koehenkilöiden maksimaalinen hapenottokyky kasvoi 8,5 %. Isometrinen maksimivoima kasvoi jalkalihaksien osalta 28,9 % ja ylävartalon voimaa mittaava penkkipunnerrus 7,8 %. Voimantuottonopeuksissa ja voimantuottoajoissa ei tapahtunut muutosta jalka- ja ylävartalon lihaksissa. Isometrisessa vartalon koukistuksessa maksimivoima kasvoi 27,2 % ja vartalon ojennuksessa 16,1 %. Seerumin kokonaiskolesterolipitoisuus pieneni 7,6 %. HDL-pitoisuus (high density lipoprotein) kasvoi 8,8 %. Veren LDL- (low density lipoprotein), hemoglobiini-, paastoglukoosi- ja triglyseridipitoisuuksissa ei tapahtunut muutoksia. Veren kortisolipitoisuus nousi 22,7 %. Muutosta ei tapahtunut veren testosteroni-, estradioli- ja sukupuolihormoneja sitovan globuliinin (SHBG) pitoisuuksissa. Koehenkilöiden lihasmassa kasvoi 0,8 %. Rasvamassassa, rasvaprosentissa ja painossa ei tapahtunut muutosta. Koehenkilöiden leposykkeessä ja sykevariaatioissa ei tapahtunut muutosta lukuun ottamatta seisten mitattua HFP:a (HFP = high frequency power), joka laski 48,2 %. Tuloksen osoittavat, että yhdeksän viikon ajan kolme kertaa viikossa tapahtuva harjoittelu näyttäsi olevan riittävää fyysisen suorituskyvyn parantumisen ja tiettyjen terveyden kannalta edullisten muutosten saavuttamiseksi. Pelkällä liikunnalla voidaan siis saavuttaa merkittäviä terveyshyötyjä ilman muutoksia ravintotottumuksissa.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science

Department of Biological and Environmental Science

REPOLA, J. & SALMINEN, R. : Relation of combined strength and endurance training to physical capacity and health of young women.

Master of Science Thesis: 105 p.
Supervisors: PhD Jari Haimi, Prof. Heikki Kyröläinen
Inspectors: PhD Maija Vihinen-Ranta, PhD Jari Haimi
November 2011

Key Words: Endurance training, maximal oxygen uptake, strength training, maximal strength, body composition, cholesterol, fasting plasma glucose, heart rate variation

ABSTRACT

Aim of this study was to investigate how combined strength and endurance training period affect strength and endurance features, hormonal responses and certain markers of health. Subjects were 25-30-year-old females who exercise less than recommendations indicate and who don't use hormonal birth control. Subjects trained in total three times a week strength and endurance during nine weeks. Independent strength training was performed at the gym and instructed endurance training by indoor cycling. Experimental measurements were assessed before, in the middle and after the training period. The 9-week training period led to 8.5 % increase in maximal oxygen uptake. Isometric maximal strength increased 28.9 % in lower limbs and 7.8 % in upper body. There were no changes in time and rate of force development in lower and upper body. Maximal isometric trunk flexion increased 27.2 % and maximal isometric trunk extension 16.1 %. Total cholesterol was lowered 7.6 % and HDL cholesterol (HDL = high density lipoprotein) was increased 8.8 %. LDL cholesterol (LDL = low density lipoprotein), hemoglobin, fasting plasma glucose and triglycerin remained unchanged. Plasma cortisol increased 22.7 %. There were no changes in plasma testosterone, estradiol or sex hormone binding globulin (SHBG). The skeletal muscle mass increased 0.8 %, but there were no changes in body fat mass, fat percentage or weight of subjects. Resting heart rate and heart rate variations remained unchanged with the exception of standing measured HFP, which decreased 48.2 %. The results showed that 9-week strength and endurance training period of three times a week seems to be sufficient to gain physical performance and certain benefits for health. Thus only training can induce significant health benefits without changes in dietary habits.

Sisältö

1. JOHDANTO 6
2. KESTÄVYYSHARJOITTELU 8
2.1. Kestävyys 8
2.2. Kestävyysharjoittelu 8
3. KESTÄVYYSHARJOITTELUN FYSIOLOGISIA VAIKUTUKSIA 10
3.1. Sydämen rakenne ja toiminta 10
3.2. Autonominen hermosto 11
3.3. Verenkierto 12
3.4. Veri ja sen koostumus 13
3.5. Kokonais-, LDL- ja HDL-kolesteroli 14
3.6. Hengityselimistön toiminta 15
3.7. Maksimaalinen hapenottokyky ($VO2_{max}$) ja siihen vaikuttavat tekijät 15
3.8. Luurankolihaksen adaptoituminen 19
3.9. Lihasrakenteen adaptaatiot 19
3.10. Energianlähteiden käytössä ilmenevät adaptaatiot 22
4. MITÄ VOIMAHARJOITTELU ON? 23
4.1. Lihasmassa ja –voima 23
4.2. Voimantuotto 24
4.3. Motoriset yksiköt 25
4.4. Voimantuottonopeus 25
4.5. Maksimivoimaharjoittelu 26
5. VOIMAHARJOITTELUN HORMONAALISET VAIKUTUKSET 26
5.1. Lihasten kehittymiseen vaikuttavat hormonit 26
5.2. Hormonipitoisuuksien muutokset 28
6. RAVINNON MERKITYS LIHASVOIMAN KEHITTYMISELLE 29
6.1. Proteiinit 29
6.2. Hiilihydraatit 30
7. AINEISTO JA MENETELMÄT 31
7.1. Koehenkilöt 31
7.2. Koeasetelma 31
7.3. Aineiston keräys ja analysointi 32
8. TULOKSET 40
8.1. Kestävyysmittaukset 40
8.2. Isometriset jalka- ja rintalihasmittaukset 42
8.3. Isometrinen vartalonkoukistus 46
8.4. Isometrinen vartalonojennus 47
8.5. Dynaaminen maksimivoima 48
8.6. Seerumin kokonais-, HDL- ja LDL-kolesteroli 49
8.7. Veren hemoglobiini-, paastoglukoosi- ja triglyseridipitoisuudet 50
8.8. Kehon koostumus 51
8.9. Sykemuuttujat 51
8.10. Ravintoanalyysi 54
8.11. Veren hormonipitoisuudet 55
9. TULOSTEN TARKASTELU 58
9.1. Kestävyyskunto 58
9.2. Isometrinen maksimivoima 59

9.3. Isometrinen vartalonojennus- ja -koukistusvoima 60
9.4. Lihasten voimantuotto 60
9.5. Voiman nousunopeuden maksimi ja voimantuottoajat 61
9.6. Maksimitoistokuorma 62
9.7. Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset seerumin rasva-arvoihin, paastoglukoosi- ja hemoglobiinipitoisuuteen 63
9.8. Seerumin hormonipitoisuudet 67
9.9. Kehonkoostumus 69
9.10. Syke ja sykevariaatiot 70
9.11. Ravintoanalyysi 72
10. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUKSET 73
Kiitokset 74
Kirjallisuus 75

1. JOHDANTO

Liikunnalla on havaittu olevan useita positiivisia vaikutuksia yksilön terveyteen (Vuori 2011a). Väestön fyysisen aktiivisuuden ja kunnon seurannan ja arvioinnin katsotaankin olevan yksi keskeisistä lähtökohdista kansakunnan hyvinvoinnin edistämisessä ja ylläpitämisessä (Suni &Vasankari 2011). Säännöllisesti liikkuvilla ihmisillä on muun muassa pienempi sairastumisriski, sillä fyysisen passiivisuuden on osoitettu liittyvän jopa 20 eri sairauden tai sairauden esiasteen kehittymiseen. Suomalaisista kansansairauksista mm. osteoporoosin, sepelvaltimotaudin ja korkean verenpaineen on havaittu olevan vähäisempää fyysisesti aktiivisilla yksilöillä. Lisäksi eri oireiden ja oireyhtymien hoidossa ja kuntoutuksessa sekä toimintakyvyn ylläpitämisessä ja edistämisessä liikunnan merkityksestä on kiistatonta näyttöä (Vuori 2011a). Ylipainon ja siitä seuraavien sairauksien yleisyys on lisääntynyt Suomessa reilusti viimeisten vuosikymmenten aikana. Vuonna 2005 18-vuotiaista pojista jo noin 25 % ja 18-vuotiaista tytöistä noin 13 % olivat ylipainoisia, kun vastaavat luvut vuonna 1977 olivat noin 7 % ja 2 %. Ylipainon lisääntymisen on katsottu olevan yhteydessä nimenomaan fyysisen aktiivisuuden vähenemiseen, ei niinkään ravinnosta saatavan energian lisääntymiseen (Fogelholm 2011).

Liikuntasuorituksen aloittamiseen ja ylläpitämiseen osallistuu useita elinjärjestelmiä, joista pääosassa ovat keskushermostosta lähtevät sähköiset hermoimpulssit, joiden tuoma viesti välittyy tahdonalaisille luustolihaksille saaden luiden ja niihin kiinnittyvien lihasten avulla aikaan kehon liikkeet. Liikunnan terveysvaikutukset perustuvat liikuntasuorituksen aikana toimivien elinjärjestelmien lyhyt- ja pitkäaikaisiin muutoksiin. Muutokset tapahtuvat huonokuntoisilla ja vähän harjoitelleilla yksilöillä yleensä nopeammin verrattuna paljon harjoitelleisiin yksilöihin. Siten monet liikunnan terveysvaikutukset tulevat esille liikunnan aloittamisen jälkeen suhteellisen nopeasti (Vuori 2011a).

UKK-instituutin terveysliikuntasuosituksena toimivan liikuntapiirakan mukaan liikunnan terveyshyötyjä saavuttaakseen yksilön tulisi harrastaa kestävyysliikuntaa reippaasti 2 tuntia 30 minuuttia tai rasittavasti 1 tunti 15 minuuttia viikossa. Lisäksi lihaskuntoa ja lihashallintaa tulisi harjoittaa kaksi kertaa viikossa (UKK-instituutti 2011). Terveysliikuntasuositukset perustuvat liikunnan alan asiantuntijoiden yhteisnäkemykseen siitä tieteellisestä näytöstä, jota liikunnan terveysvaikutuksista on saatu. Kansallisiin liikuntasuosituksiin vaikuttaa myös kansanterveyden sen hetkinen tila. Terveysliikunnan katsotaan olevan fyysistä toimintaa, joka parantaa ja ylläpitää terveyskuntoa. Hyvään terveyskuntoon sisältyy aerobisen ja lihaskunnon lisäksi myös liikkeiden hallintaa ja tasapainoa. Lisäksi kokonaisuuteen kuuluu yleinen terveys sekä sopiva paino ja vyötärön ympärys (Fogelholm ym. 2011).

Voima- ja kestävyysharjoittelulla on havaittu olevan erityyppisiä vaikutuksia yksilön fyysiseen terveyteen ja sairauksien ehkäisemiseen. Esimerkiksi kestävyysliikunnan rooli sepelvaltimotaudin ehkäisemisessä on voimaharjoittelua suurempi (Vuori 2011b). Selän ja niska-hartiaseudun vaivojen ja kiputilojen ehkäisyssä lihasharjoittelu on puolestaan tuottanut usein parempia tuloksia kestävyysharjoitteluun verrattuna (Suni & Rinne 2011).

Tässä tutkimuksessa tutkittiin yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelujakson vaikutusta fyysiseen kuntoon ja fyysiseen terveyteen. Muutoksia fyysisessä kunnossa ja terveydessä tutkittiin yhdeksän viikon kuntosali- ja sisäpyöräilyharjoituksia sisältävän harjoitusjakson aikana ja sen jälkeen. Yhdistämällä voima- ja kestävyysharjoittelu päästään lähemmäs UKK-instituutin määrittämiä

terveysliikuntasuosituksia, jolloin myös saavutettujen tuloksien voidaan olettaa olevan tutkimusjakson aikana parempia. Fyysistä kuntoa tutkittiin mittaamalla lihaskunnon ja kestävyyskunnon muutoksia, fyysistä terveyttä mm. veren kolesteroliarvojen, paastoglukoosin ja sykevariaatioiden muutoksina. Koehenkilöiksi haettiin keskenään samaan ikäluokkaan kuuluvia naisia, jotta tutkimusryhmä olisi mahdollisimman homogeeninen. Koehenkilöiden fyysisen kunnon lähtötaso oli suhteellisen alhainen, jotta odotettuja muutoksia ehdittäisiin saavuttaa tutkimusjakson aikana. Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena oli siis tutkia, miten yhdeksän viikkoa kestävä yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikuttaa huonokuntoisten 25–30-vuotiaiden naisten fyysiseen kuntoon ja terveyteen.

Tutkimushypoteesit olivat:

Yhdeksän viikon voima – ja kestävyysharjoittelu

(1) parantaa elimistön maksimaalista hapenottokykyä.
(2) parantaa lihasten voimantuotto-ominaisuuksia kehittämällä lihasten maksimivoimaa ja voimantuottonopeutta.
(3) muuttaa veren kolesterolipitoisuuksia, paastoglukoosi-, triglyseridi- ja hemoglobiinipitoisuuksia terveyden kannalta edullisempaan suuntaan.
(4) lisää elimistön lihasmassaa ja vähentää elimistön rasvamassaa.
(5) lisää parasympaattisen ja vähentää sympaattisen hermoston aktiivisuutta levossa mitattuna.
(6) lisää veren testosteroni-, estradioli- ja kortisolipitoisuutta. SHBG-pitoisuudessa (sex hormone binding globuline) ei tapahdu muutosta.

2. KESTÄVYYSHARJOITTELU

2.1. Kestävyys

Kestävyyden merkitys on suuri urheilulajeissa, joiden kesto ylittää kaksi minuuttia. Kestävyyden luonne muuttuu suorituksen keston lisääntyessä kahden minuutin suorituksesta usean tunnin pituiseen suoritukseen asti. Kestävyys voidaan jakaa neljään eri tyyppiin suoritustehon mukaan: aerobinen peruskestävyys, vauhtikestävyys, maksimikestävyys ja nopeuskestävyys (Nummela 1997). Nopeuskestävyys poikkeaa luonteeltaan muista kestävyyden lajeista niin paljon, että sen käsittely jätetään tutkielman ulkopuolelle.

Kestävyyssuorituskyky perustuu lajista riippumatta maksimaaliseen aerobiseen energiantuottokykyyn (VO_{2max}), pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyyteen, suorituksen taloudellisuuteen sekä hermo-lihasjärjestelmän toimintakykyyn. Lihassoluissa tuotettu energia täytyy muuttaa lihasten toiminnan kautta liikuntasuoritukseksi. Tätä hermo-lihas-järjestelmän suorituskyvystä ja suoritustekniikasta riippuvaa tekijää kutsutaan suorituksen taloudellisuudeksi (Nummela 1997). VO_{2max} kertoo hengitys- ja verenkiertoelimistön kyvystä kuljettaa happea maksimaalisessa fyysisessä rasituksessa. Hapenotto lisääntyy lineaarisesti rasituksen lisääntyessä (Wilmore & Costill 1994). VO_{2max} asettaa rajat aerobiselle energiantuotolle. Hermo-lihas-järjestelmän suorituskyky, VO_{2max} ja suorituksen taloudellisuus ratkaisevat lopullisesti kuinka hyvätasoiseen kestävyyssuoritukseen urheilija pystyy (Nummela 1997).

Kestävyyssuorituskykyä selittävien ominaisuuksien painoarvo muuttuu lajin keston, luonteen ja lajitekniikan mukaan. Tämän takia kestävyyssuorituskyky on aina lajispesifistä, eikä yhden urheilulajin harjoittelemisella saavuteta huipputuloksia toisessa lajissa (Nummela 1997).

2.2. Kestävyysharjoittelu

Harjoitusvaikutuksen aikaansaamiseksi on hengitys- ja verenkiertoelimistöä sekä hermolihasjärjestelmää järkytettävä pois normaalista tasapainotilasta (McArdle ym. 1996, Nummela 1997). Jo yksittäinen harjoitus aiheuttaa tällaisen järkytyksen, johon elimistö pyrkii sopeutumaan harjoituksen aikana ja välittömästi harjoituksen jälkeen. Useasti toistetun harjoituksen seurauksena elimistössä tapahtuu pitkäkestoisia adaptaatioita, joiden ansioista seuraavat harjoitukset eivät enää järkytä elimistöä yhtä voimakkaasti kuin aikaisemmat harjoitukset. Kestävyysharjoittelussa elimistöä järkytetään pääosin kahdella tavalla: harjoituksen suuren tehon tai pitkän keston avulla (Nummela 1997).

Aerobisella kynnyksellä tarkoitetaan sitä vaihetta, jossa maitohappo alkaa kasautua lihaksiin. Veren laktaattitaso nousee vain vähän ja hitaasti, saavuttaen keskimäärin arvon väliltä 1.7–2.4 mmol/l. Elimistö reagoi aerobiseen kynnykseen mm. kiihdyttämällä hengitystä. Anaerobisen kynnyksen jälkeen veren laktaattipitoisuuden kohoaminen on huomattavasti nopeampaa. Myös hengitys kiihtyy huomattavasti. Anaerobisen kynnyksen katsotaan ylittyneen silloin, kun laktaattipitoisuus nousee veressä n. 4 mmol/l (Martin & Coe 1997). Kun elimistöä järkytetään harjoituksen tehon avulla, on harjoituksessa ylitettävä anaerobinen kynnysteho (70-80 % VO_{2max}), minkä seurauksena lihaksissa muodostuu maitohappoa ja hengitys kiihtyy voimakkaasti. Mikäli tällaisessa harjoituksessa työtätekevien lihasten massa on suuri, kuten juoksussa ja hiihdossa, kohdistuu harjoitusvaikutus

hengitys- ja verenkiertoelimistöön ja VO_{2max} kehittyy (Nummela 1997).
Kun elimistön tasapainoa järkytetään harjoituksen keston avulla, harjoitusteho on alle anaerobisen kynnystehon, minkä vuoksi harjoitusvaikutus kohdistuu hapenottokyvyn sijasta lihasten energiantuottokykyyn. Harjoituksen kestoa voidaan lisätä edelleen laskemalla harjoituksen teho alle aerobisen kynnyksen (50- 70 % VO_{2max}), Samalla harjoitusvaikutus kohdistuu hiilihydraattiaineenvaihdunnan sijasta enemmän rasva-aineenvaihduntaan (Nummela 1997). Anaerobinen kynnys saattaa nousta kestävyysjuoksijoilla 80- 90 % VO_{2max}:sta, kun se normaalisti on 70- 80 % (Martin & Coe 1997).

Aerobista peruskestävyyttä voidaan parhaiten kehittää kevyillä ja pitkäkestoisilla harjoituksilla (taulukko 1). Peruskestävyysharjoittelun tavoitteena on kehittää aerobisia ominaisuuksia sekä parantaa rasvojen käyttöä energian lähteenä harjoituksen aikana. Harjoitustehon on oltava niin matala, ettei veren laktaattipitoisuus nouse levossa mitattavan laktaattipitoisuuden yläpuolelle. Tämä tarkoittaa sitä, että peruskestävyysharjoituksessa laktaatin tuotto ja poistuminen ovat tasapainossa, eikä laktaattia kasaannu harjoituksen aikana (Nummela 1997). Hengästymistä ei juuri tapahdu ja lihaksen väsyminen on erittäin hidasta (Wilmore & Costill 1994, Martin & Coe 1997). Peruskestävyysharjoittelu sijoittuu aerobisen kynnyksen alapuolelle. Peruskestävyys toimii pohjana kovatehoisemmalle harjoittelulle (Nummela 1997).

Vauhtikestävyysharjoittelun vaikutukset elimistöön ovat lähes samat kuin peruskestävyysharjoittelussakin. Suurimmat erot vauhti- ja peruskestävyysharjoittelussa ovat harjoituksen tehossa ja energiantuotossa. Peruskestävyysharjoituksessa jopa puolet energiasta tuotetaan rasvoista, kun vauhtikestävyydessä alle 30 %. Loput energiasta saadaan hiilihydraateista (Nummela 1997). Koska vauhtikestävyyssuorituksessa aktivoidaan jo jonkin verran myös nopeita lihassoluja eli nopeasti voimaa tuottavia, mutta myös nopeasti väsyviä lihassoluja, vähenee aerobinen energiantuotto verrattuna peruskestävyyssuoritukseen. Siten myös suorituksen maksimaalinen pituus lyhenee (Wilmore & Costill 1994). Vauhtikestävyysharjoittelun teho on suurempi kuin peruskestävyysharjoittelun. Vauhtikestävyyttä harjoitetaan tehoilla, jotka sijoittuvat aerobisen ja anaerobisen kynnyksien väliin (Nummela 1997).

Maksimikestävyysharjoittelun pääasiallinen tavoite on parantaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kapasiteettia ja maksimaalista hapenottokykyä. Lihastasolla maksimikestävyysharjoitukset vaikuttavat sekä aerobisiin että anaerobisiin ominaisuuksiin (Nummela 1997). Maksimikestävyyssuorituksessa aktivoituvat sekä ST-solut eli hitaat lihassolut, sekä FT_a- että FT_b-solut eli nopeat lihassolut (Wilmore & Costill 1994, Nummela 1997). Energiaa tuotetaan myös anaerobisesti ja lihaksen väsyminen on huomattavasti nopeampaa kuin perus- ja vauhtikestävyyssuorituksissa. Maksimikestävyyssuoritusta ei siis pystytä pitämään yllä läheskään yhtä pitkiä aikoja kuin perus- tai vauhtikestävyyssuoritusta (Wilmore & Costill 1994). Jotta harjoitusvaikutus kohdistuisi mahdollisimman paljon hengitys- ja verenkiertoelimistöön, tulisi harjoitus tehdä siten, että mahdollisimman suuri osa lihaksista olisi toiminnassa. Maksimikestävyysharjoitukset tehdään tehoalueella, jossa lihaksen ja veren laktaattipitoisuus nousee nopeasti. Maksimikestävyysharjoitus toteutetaan usein intervalliharjoituksena (Nummela 1997).

Taulukko 1. Peruskestävyys- ja vauhtikestävyysharjoittelun ominaisuuksia (Nummela 1997).

	Peruskestävyys	Vauhtikestävyys	Maksimikestävyys
Kuormituksen kokonaiskesto	30–240 min	20–60 min	5-30 min
Tehoalue (% VO_{2max})	40–70 %	65–90 %	80–100 %
Veren laktaattipitoisuus	< 2 mmol/l	2-5 mmol/l	5-10 mmol/l
Sykealue	< 150	150–170	170–200
Aktiiviset lihassolutyypit	ST	ST ja FT_a	ST, FT_a ja FT_b
Pääasiallinen harjoitusvaikutus	aerobinen energiantuotto, rasva-aineenvaihdunta	aerobinen energiantuotto, hiilihydraatti-aineenvaihdunta	maksimaalinen hapenottokyky, hiilihydraatti-aineenvaihdunta

3. KESTÄVYYSHARJOITTELUN FYSIOLOGISIA VAIKUTUKSIA

3.1. Sydämen rakenne ja toiminta

Kestävyysharjoittelussa tapahtuva kehitys perustuu sydämen toiminnan, hengitys- ja verenkiertoelimistön sekä lihaksien toiminnan tehostumiseen (Lamb 1984). Sydämen iskutilavuus tarkoittaa sitä määrää verta, jonka sydän pumppaa yhden iskun aikana aortan kautta suureen verenkiertoon. Minuuttitilavuus kertoo puolestaan sen, kuinka paljon sydän pumppaa verta aorttaan yhden minuutin aikana. Iskutilavuuden lisäksi minuuttitilavuuteen vaikuttaa sydämen syke. Yksilön fyysisen aktiivisuuden lisääntyessä myös minuuttitilavuus lisääntyy. Minuuttitilavuuden kasvaminen perustuu sykkeen sekä iskutilavuuden kasvamiseen. Iskutilavuuteen vaikuttavat mm. adrenaliini ja noradrenaliini, joiden erityksen seurauksena sydän lyö voimakkaammin, jolloin sydämen kammiot myös tyhjentyvät tehokkaammin. Syke nousee sekä hormonaalisen että hermostollisen säätelyn ohjaamana. Sympaattisen hermoston toiminnan aktivoituminen saa aikaan sykkeen nousun, mikä puolestaan vaikuttaa minuuttitilavuuden kasvuun (Lamb 1984).

Sydämen iskutilavuus suurenee kestävyysharjoittelun vaikutuksesta. Samalla myös minuuttitilavuus kasvaa. Iskutilavuus kasvaa lepotilaan verrattuna harjoituksen alkaessa, mutta harjoituksen tehon lähestyessä 100 % VO_{2max}:stä, iskutilavuus pienenee (9 %:n väheneminen harjoituksen tehon noustessa 50 %:sta 100 %:in VO_{2max}:stä ennen kestävyysharjoittelua). Kestävyysharjoittelulla voidaan vaikuttaa siihen, että iskutilavuus pienenee maksimaalista tehoa lähestyttäessä vähemmän kuin ennen harjoittelua (vain 2 %:n väheneminen harjoituksen tehon noustessa 50 %:sta 100 %:in VO_{2max}:stä). Tämä viittaa siihen, että osa minuuttitilavuuden kasvusta kestävyysharjoittelun vaikutuksesta voidaan selittää iskutilavuuden kasvulla kovatehoisessa suorituksessa (Spina ym. 1992).

Kestävyysharjoittelun on havaittu lisäävän sydämen vasemman kammion lihaskudoksen massaa ja seinämän paksuutta (Venckunas ym. 2008). Lisäksi vasemman kammion tilavuus kasvaa. Toisin sanoen harjoitelleen yksilön sydämen

vasempaan kammioon mahtuu enemmän verta verrattuna harjoittelemattomaan yksilöön (Pluim ym. 2000). Vastaavaa kehitystä ei tapahdu lyhyemmissä suorituksissa, kuten pikamatkojen juoksijoilla. Syynä vasemman kammion lihaskudoksen kehitykselle on todennäköisesti se, että suorituksen aikainen minuuttitilavuuden kasvun ja verenpaineen nousun aiheuttama pitkäaikainen mekaaninen ärsyke aktivoi proteiinisynteesiä sydänlihaksessa ja saa aikaan adaptaatioita vasemmassa kammiossa (Pluim ym. 2000, Venckunas ym. 2008). Eroja yksilöiden välillä sydämen ominaisuuksissa ei pystytä selittämään pelkästään harjoittelun avulla, sillä myös perimä vaikuttaa ominaisuuksiin voimakkaasti. Ainakin angiotensiinigeeni M235T vaikuttaa vasemman kammion massaan sekä miehillä että naisilla, mistä seuraa yksilöiden välisiä eroja kyseisessä ominaisuudessa (Karjalainen ym. 1999).

Kestävyysharjoittelu alentaa leposykettä (Maciel ym. 1985, Blumenthal ym. 1990). Cornelissen ym. (2010) havaitsivat, että kovatehoisilla harjoituksilla on suurempi vaikutus leposykkeen alenemiseen verrattuna matalatehoisiin harjoituksiin. Kestävyysharjoittelun vaikutuksesta leposykkeen alenemiseen on kuitenkin ristiriitaista näyttöä. Maciel ym. (1985) havaitsivat koehenkilöiden leposykkeen laskevan 10 viikon kestävyysharjoittelun seurauksena 11 bpm (beats per minute; lyöntiä minuutissa)). Kaikissa tutkimuksissa ei ole saatu yhtä merkittävää näyttöä harjoittelun vaikutuksesta. Seals & Chase (1989) havaitsivat, että 30 viikon harjoitusjakson aikana koehenkilöiden leposyke aleni 6 bpm. Toisaalta Sedgwick ym. (1979) eivät havainneet 12 viikon harjoitusjaksolla mitään muutosta leposykkeessä. Kuitenkin koehenkilöiden maksimaalinen hapenottokyky parani harjoittelun vaikutuksesta, joten aerobisen kunnon paranemisesta saatiin luotettavaa näyttöä (Sedgwick ym. 1979). Myöskään O'Connor ym. (1993) eivät havainneet muutosta leposykkeessä 12 viikon harjoittelujakson jälkeen.

Kestävyysharjoittelu näyttäisi alentavan myös maksimisykettä. Kun huippu-urheilijoiden maksimisykettä verrattiin samanikäisiin harjoittelemattomiin ihmisiin, havaittiin, että kestävyysurheilijoiden maksimisyke oli n. 5 iskua minuutissa tavallisia ihmisiä alempana. Syyt alemmalle maksimisykkeelle ovat vielä hieman epäselviä. Yhtenä selittävänä tekijänä voisi olla suurentunut iskutilavuus sekä levossa että suorituksen aikana (Whyte ym. 2008).

Yhtenä tekijänä sydämen kehityksen taustalla kestävyysharjoittelussa on autonomisen hermoston kehitys harjoittelun vaikutuksesta. Autonomisen hermoston pohjalta tapahtuva kehitys näyttäisi olevan voimakkaampaa nimenomaan miehillä (Sloan ym. 2009). Kestävyysharjoittelun jälkeen parasympaattinen hermosto toimii levossa tehokkaammin, kun taas sympaattisen hermoston aktiivisuustaso laskee. Adaptaatiot autonomisessa hermostossa saavat aikaan mm. sen, että sykkeen laskeminen harjoituksen jälkeen nopeutuu. Myös leposyke laskee. Lisäksi harjoituksen aikana syke on suhteellisesti aikaisemmin tehtyjä harjoituksia alempana. (Lamb 1984).

3.2. Autonominen hermosto

Autonominen hermosto toimii tahdosta riippumattomana ja se jaetaan sympaattiseen ja parasympaattiseen osaan. Sympaattinen osa toimii fyysisesti aktiivisissa tilanteissa. Parasympaattinen osa toimii puolestaan levossa. Sekä sympaattinen että parasympaattinen osa autonomisesta hermostosta on jatkuvasti toiminnassa. Sydämen syke määräytyy sen mukaan, kumpi autonomisen hermoston osista toimii

voimakkaammin. Jos parasympaattinen hermosto toimii voimakkaammin, syke laskee. Jos sympaattinen hermosto toimii voimakkaammin, syke nousee (Nienstedt ym. 2004). Kestävyysharjoittelu lisää parasympaattisen hermoston aktiivisuutta, mikä on yhtenä selittävänä tekijänä kestävyysharjoittelun vaikutuksesta tapahtuvalle leposykkeen laskulle (Lamb 1984, Levy ym. 1998). Toisaalta kestävyysharjoittelun on havaittu vähentävän sympaattisen hermoston aktiivisuutta (Lamb 1984, Gregoire ym. 1996).

Autonomisen hermoston toiminnan muutosta kestävyysharjoittelun vaikutuksesta voidaan tutkia mittaamalla sydämen sykkeestä korkeataajuuksista sykevaihtelua (HFP = high frequency power, yksikkönä ms^2) ja matalataajuuksista sykevaihtelua (LFP = low frequency power, yksikkönä ms^2). HF-power:n kasvaminen on merkkinä parasympaattisen hermoston aktiivisuuden lisääntymisestä (Shin ym. 1997, Sugawara ym. 2000). Kestävyysurheilijoilla onkin havaittu korkeampia HFP:ta verrattuna ei-urheilijoihin (Shin ym. 1997). Sugawara ym. (2000) havaitsivat kahdeksan viikon kestävyysharjoittelujakson kohtuullisella teholla (70 % VO_{2max}) nostavan HF-power:a merkitsevästi. Vielä 2 viikkoa harjoittelun lopettamisen jälkeen parasympaattisen aktiivisuus oli samalla tasolla verrattuna heti harjoittelun lopettamisen jälkeen mitattuun tasoon. Neljässä viikossa harjoittelun vaikutus oli kuitenkin jo loppunut. Kestävyysharjoittelun vaikutukset autonomisen hermoston toimintaan pysyvät yllä jonkin aikaa harjoittelun lopettamisen jälkeen, mutta käytännössä hyödyn saavuttamiseksi tulee harjoittelua tapahtua säännöllisesti ilman pidempiä taukoja (Sugawara ym. 2000). Kestävyysharjoituksia tulisi lisäksi suorittaa useasti. Kaksi kertaa viikossa toistetulla, matalatehoisella harjoittelulla saatiin vain suuntaa-antavia tuloksia levossa mitattuna HF-power:n noususta. Suorituksen aikana HF-power kuitenkin nousi merkitsevästi. Todennäköisesti kestävyysharjoittelu vaikuttaa ensimmäisenä parasympaattisen hermoston toimintaan kestävyyssuorituksena aikana, ja vasta myöhemmin parasympaattisen hermoston toimintaan levossa (Martinmäki ym. 2008).

LF-power:n on ajateltu ilmaisevan sympaattisen hermoston toimintaa. Asiasta ei ole kuitenkaan saatu täyttä selvyyttä, sillä on näyttöä myös siitä, että sekä sympaattisella että parasympaattisella hermostolla olisi vaikutusta LF-power:iin (Task Force 1996). Kestävyysharjoittelun on havaittu laskevan LFP:ta eli kestävyysharjoittelulla näyttäisi olevan laskeva vaikutus sympaattisen hermoston aktiivisuuteen (Gregoire ym. 1996). Toisaalta kestävyysharjoittelun vaikutuksesta LFP:iin on saatu myös toisenlaista näyttöä, sillä kaikissa tutkimuksissa kestävyysharjoittelulla ei ole ollut laskevaa vaikutusta LFP:iin (Shin ym. 1997, Figueroa ym. 2007, Cornelissen ym. 2010). Shin ym. (1997) havaitsivat, ettei kestävyysurheilijoiden ja ei-urheilijoiden LFP:ssa ollut eroja, mikä viittaisi siihen, ettei kestävyysharjoittelu vaikuta ainakaan kaikissa tapauksissa LF-power:iin laskevasti. Myöskään Figueroa ym. (2007) eivät havainneet ylipainoisilla naisilla tekemässään tutkimuksessa eroa ennen ja jälkeen harjoittelujakson mitatuissa LFP-lukemissa.

3.3. Verenkierto

Verenkierron tehtävänä kestävyyssuorituksen aikana on kuljettaa työskenteleville lihaksille happea ja ravintoaineita, joista lihakset tuottavat energiaa. Toisaalta verenkierron mukana kulkeutuu laskimoveren mukana mm. hiilidioksidia ja laktaattia, mikä omalta osaltaan varmistaa lihaksille mahdollisimman hyvän toimintakyvyn

(Lamb 1984).

Koska kestävyyssuorituksen aikana työskentelevät lihakset tarvitsevat käyttöönsä enemmän happea ja ravintoaineita, sekä toisaalta, koska lihaksista pitää kuljettaa pois kuona-aineita, tulee lihaksien verensaannin tehostua huomattavasti lepotilaan verrattuna. Kestävyyssuorituksen aikana verenkierrossa tapahtuu kaksi merkittävää muutosta: ensinnäkin lihaksien yhteydessä olevat verisuonet avautuvat. Toiseksi osa verisuonista, jotka kuljettavat verta sisäelimille, supistuvat. Myös ihon pintaverenkierto kiihtyy, jolloin elimistön lämmönsäätely tehostuu (Lamb 1984).

Levossa olevassa lihaksessa verta kiertää minuutin aikana n. 5 ml 100 g lihasta kohti. Kovan harjoituksen aikana määrä saattaa kasvaa jopa 15-kertaiseksi (Lamb 1984). Sydämen iskutilavuuden lisääntyminen saa aikaan verenpaineen nousun valtimoissa, mikä mahdollistaa veren työntymisen lihaksessa oleviin supistuneisiin verisuoniin. Verenkiertoa pystytään säätelemään myös siten, että levossa olevien lihasten verisuonet pysyvät supistuneina, ja nimenomaan työskentelevät lihakset saavat eniten verta (Lamb 1984). On kuitenkin myös näyttöä siitä, että aktiivisen lihaksen työskennellessä myös passiivisten lihasten verenkierto lisääntyy (Greenleaf ym. 1979).

3.4. Veri ja sen koostumus

Kestävyysharjoittelu suurentaa veren tilavuutta eli lisää yksilön veren määrää (Brotherhood ym. 1975, Heinicke ym. 2001). Veren tilavuus lisääntyy pääasiassa plasman tilavuuden lisääntymisen takia, mutta osaltaan myös veren punasolupitoisuuden nousemisen takia (Lamb 1984). Plasman tilavuuden lisääntymistä voidaan selittää mm. sillä, että kestävyysharjoittelu vaikuttaa plasman albumiinipitoisuuteen nostavasti, mikä puolestaan lisää veden määrää plasmassa lisäämällä osmoosia kudoksista verenkiertoon (Convertino ym. 1980). Varsinkin kuumassa ympäristössä ihon kautta tapahtuvan veden haihduttamisen vuoksi veren tilavuus saattaa suorituksen aikana pienentyä. Yksilöillä, joilla veren tilavuus on kestävyysharjoittelun vaikutuksesta lisääntynyt, on siis paremmat valmiuden suoriutua haastavissa olosuhteissa tapahtuvasta suorituksesta verrattuna harjoittelemattomiin yksilöihin (Lamb 1984).

Hemoglobiini on punasoluissa oleva rautapitoinen proteiini, johon happi kiinnittyy ja joka siten toimii veressä hapenkuljettajana. Siten on selvää, että punasolujen määrä veressä, ja siis samalla hemoglobiinin määrä, vaikuttaa voimakkaasti yksilön kestävyysominaisuuksiin (Lamb 1984, Levine & Stray-Gundersen 1997). Kestävyysharjoittelulla on havaittu olevan jonkin verran lisäävää vaikutusta hemoglobiinin määrään verenkierrossa (Brotherhood ym. 1975). Kun tarkastellaan yksilön kestävyysominaisuuksia, kannattaa ottaa huomioon ennemmin veren absoluuttinen hemoglobiinin määrä kuin veren hemoglobiinipitoisuus. Koska veren tilavuus kasvaa kestävyysharjoittelun vaikutuksesta pääosin plasman tilavuuden lisääntymisen kautta, saattaa hemoglobiinipitoisuus pienentyä, vaikka absoluuttinen hemoglobiinimäärä jopa kasvaisi (Kanstrup & Ekblom 1984) .

Kestävyysharjoittelun on havaittu laskevan veren triglyseridipitoisuutta (Stergioulas & Filippou 2006, Sillanpää ym. 2009, Stalius ym. 2010). Kelley ym. (2004) meta-analyysissä olleet tutkimukset paljastivat, että triglyseridipitoisuuksien keskiarvo oli pienentynyt 5 % kestävyysharjoittelun seurauksena.

Kestävyysharjoittelulla on havaittu olevan sekä lyhyt- (Brestoff ym. 2009) että pitkäaikaisia positiivisia vaikutuksia elimistön glukoositasapainoon (Pan ym. 1997). Varsinkin ravitsemuksen ja harjoittelun yhdistelmällä saavutetaan yleensä erittäin

positiivisia tuloksia (Pan ym. 1997, Lindström ym. 2006). Kuitenkaan liikunnalla saavutettuja muutoksia ei voida väheksyä, sillä positiivisia tuloksia elimistön glukoosiaineenvaihdunnassa on saatu pelkästään kestävyysliikunnan avulla (Fontana ym. 2010). Yleisesti ottaen kestävyysharjoittelulla uskotaan olevan positiivinen vaikutus glukoosiaineenvaihduntaan siksi, että kestävyysharjoittelu vähentää kehon rasvakudoksen määrää sekä parantaa maksimaalista hapenottokykyä. Rasvakudoksen vähenemisen vaikutuksesta ollaan oltu kuitenkin myös eri mieltä, sillä kestävyysharjoittelulla on saavutettu positiivisia tuloksia myös ilman muutosta kehon rasvakoostumuksessa (Fontana ym. 2010).

Kestävyysharjoittelu vaikuttaa veren hormonipitoisuuksiin. Kahden anabolisen hormonin, testosteronin ja kasvuhormonin, pitoisuuksien on havaittu lisääntyneen veressä heti kestävyyssuorituksen jälkeen. Lisäksi pitoisuudet pysyvät korkealla useita tunteja suorituksen jälkeen. Kestävyysharjoittelussa anabolisten hormonien lisääntyminen ei lisää niinkään lihaksen kokoa, vaan se saattaa vaikuttaa ennemminkin esimerkiksi lihaksen aerobisiin entsyymeihin tai muihin kestävyysominaisuuksia kehittäviin prosesseihin, kuten punasolujen tuotantoon. Myös kortisolin, katabolisen hormonin, pitoisuus lisääntyi kestävyyssuorituksen jälkeen, mutta pitoisuudet eivät missään vaiheessa nousseet kovin korkealle. Kestävyyssuoritus ei siis merkittävästi lisännyt katabolismia lihaskudoksessa (Kokalas ym. 2004). Myös suorituksen pituudella näyttäisi olevan merkitystä hormonipitoisuuksia tarkasteltaessa. Tremblay ym. (2005) havaitsivat, että yli 80 minuutin suorituksen jälkeen elimistön tila muuttui hormonien osalta enemmän kataboliseen suuntaan eli kortisolin eritys korostui verrattuna testosteronin erityksen (Tremblay ym. 2005).

3.5. Kokonais-, LDL- ja HDL-kolesteroli

Liikunnan vaikutuksesta kokonaiskolesterolipitoisuuden muutoksiin on saatu erisuuntaisia tuloksia. Kelley ym. (2004) tekemässä meta-analyysissa, jossa koottiin vuosikymmenten aikana saatuja tutkimustuloksia kestävyysharjoittelun ja veren rasva-arvojen välisestä yhteydestä, kestävyysharjoittelun vaikutukset veren kokonaiskolesterolin ja LDL:n (low density lipoprotein) määrään olivat laskevia (Kelley ym. 2004). Toisista tutkimuksista on saatu näyttöä siitä, ettei kestävyysharjoittelujaksolla olisi vaikutusta veren kokonaiskolesteroli- ja LDL-pitoisuuteen (Leon ym. 2000, Stalius ym. 2010). Pidempiaikaisessa, 21 viikkoa kestävässä, tutkimuksessa kokonaiskolesteroli- ja LDL-pitoisuudet kuitenkin vähenivät (Sillanpää ym. 2009). Täten harjoittelujakson pituudella näyttäisi olevan merkitystä saavutettujen tulosten kannalta.

Kestävyysharjoittelun on ajateltu olevan suurempana tekijänä veren rasva-arvojen muutoksissa verrattuna voimaharjoitteluun. Tämä johtuu kestävyysharjoitteluun kuuluvasta suuremmasta energiankulutuksesta, joka saa aikaan elimistöön negatiivisen energiatasapainon (Lakka ym. 2004). Toisaalta kestävyysharjoittelun on havaittu vaikuttavan veren rasva-arvoihin voimakkaammin kuin yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun, vaikka yhdistetyssä harjoittelussa kokonaisenergian kulutus nousi useamman harjoituskerran takia suuremmaksi (Sillanpää ym. 2009). Kestävyysharjoittelun aikana tapahtuva kokonaiskolesteroli- ja LDL-pitoisuuden laskeminen on myös ajateltu johtuvan aerobisten ominaisuuksien muutosten lisäksi kehon rasvakoostumuksen muutoksista (Kelley ym. 2004, Sillanpää ym. 2009). On kuitenkin myös tutkimuksia, joissa rasvaprosentti on kestävyysharjoittelun vaikutuksesta laskenut ilman sitä seurannutta muutosta

kokonaiskolesterolissa ja LDL:ssa (Stalius ym. 2010). Toisaalta myös kokonaiskolesteroli- ja LDL-pitoisuudet ovat laskeneet ilman kehon rasvaprosentin laskemista (Halverstadt ym. 2007).

Kestävyysharjoittelun on havaittu vaikuttavan veren HDL-pitoisuuteen (high density lipoprotein) nostavasti (Leon ym. 2000, Kelley ym. 2004, Hagner ym. 2009 Sillanpää ym. 2009, Stasiulis ym. 2010). Sillanpää ym. (2009) päättelivät HDL-pitoisuuden muutoksen olevan sidoksissa sekä aerobisen kunnon kasvuun että kehon painon, rasvamassan ja keskivartalorasvan muutoksiin. Toisaalta HDL-pitoisuus on noussut myös ilman muutosta elimistön rasvamassassa tai rasvaprosentissa (Halverstadt ym. 2007). Aerobisen kunnon nouseminen voi vaikuttaa HDL-pitoisuuden nousuun itsenäisesti ilman kehon koostumuksessa tapahtuneita muutoksia. Kestävyyskunnon mittarina pidetyn maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymisen (VO_{2max}) ja HDL-pitoisuuden muutoksen välillä onkin havaittu olevan yhteys (Kelley ym. 2004).

3.6. Hengityselimistön toiminta

Aerobisella harjoittelulla on monenlaisia vaikutuksia keuhkotuuletukseen. Maksimaalisessa suorituksessa elimistön hapentarve kasvaa. Samalla hiilidioksidin määrä elimistössä lisääntyy. Kasvaneen hapen tarpeen ja lisääntyneen hiilidioksidi-pitoisuuden vuoksi myös keuhkotuuletuksen pitää olla tehokkaampaa. Maksimaalinen suoritus tehostaakin hengitystä ja parantaa siten elimistön maksimaalista hapenottokykyä (McArdle ym. 1996).

Submaksimaalisen harjoittelun vaikutuksesta keuhkoihin virtaavan sisään hengitysilman tilavuus kasvaa ja hengitystiheys vähenee. Tästä seuraa se, että hengitysilma pysyy keuhkoissa pidempään ja kaasujen vaihto on keuhkorakkuloissa tehokkaampaa. Tämä tarkoittaa sitä, harjoittelemattoman henkilön täytyy hengittää suhteessa enemmän ilmaa saadakseen elimistönsä käyttöön vastaavan määrän happea verrattuna harjoitelleeseen henkilöön. (Lamb 1984).

3.7. Maksimaalinen hapenottokyky ($VO2_{max}$) ja siihen vaikuttavat tekijät

VO_{2max} kertoo hengitys- ja verenkiertoelimistön kyvystä kuljettaa happea maksimaalisessa fyysisessä rasituksessa (Wilmore & Costill 1994). Maksimaalista hapenottokykyä kuvataan Fickin yhtälöllä seuraavasti:

Maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) =
maksimaalinen minuuttitilavuus (Q_{max}) x maksimaalinen valtimo-laskimohappiero ($a\text{-}vO_{2diff}$)

Verenkierrossa valtimo-laskimohappiero ($a\text{-}vO_{2diff}$) (arterio-venous oxygen difference) kuvaa veressä kulkeutuvan, suhteellisen suuren happimäärän käyttöä lihaksissa ja muissa kudoksissa. Verrattaessa valtimo- ja laskimoveren hemoglobiiniin sitoutuneen hapen määrää, voidaan määrittää se osuus hapesta, jonka lihassolut ovat käyttäneet hyväkseen harjoituksen aikana. Normaalisti hyödyntämättömän hapen osuus on suhteellisen suuri (McArdle ym. 1996). Lihasten hapenotto lisääntyy lineaarisesti rasituksen lisääntyessä (Wilmore & Costill 1994).

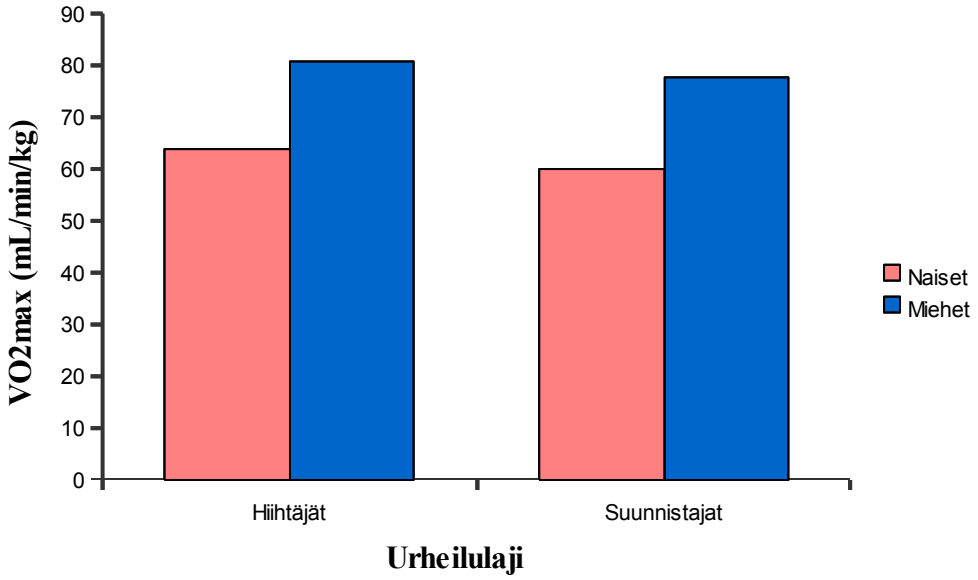
Kestävyysharjoittelu kehittää elimistön maksimaalista hapenottokykyä (Cunningham ym. 1975, Pedersen ym. 1978, Martin ym. 1987). Maciel ym. (1985)

havaitsivat, että 10 viikon kestävyysharjoittelun seurauksena koehenkilöiden maksimaalinen hapenottokyky kasvoi keskimäärin 15,6 %. Spina ym. (1992) raportoivat 12 viikkoa kestäneessä harjoittelujaksossa vastaavan luvun olleen 19 %.

Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavat yksilön ominaisuuksista perimä, sukupuoli, ikä, kehonkoostumus ja ruumiin koko. Harjoituksellisista tekijöistä maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavat harjoittelu muoto (esim. urheilulaji) sekä harjoittelun taso. VO_{2max}:a voidaan testata mm. juoksumatto-, kävely- sekä polkupyöräergometritestillä. Koehenkilöillä, jotka eivät ole harjoitelleet kovasti, eivätkä tämän vuoksi ole tottuneet maksimaalisen suorituksen mukanaan tuomiin tuntemuksiin, kuten lihaksissa tuntuvaan kipuun ja kokonaisuudessaan epämiellyttävään olotilaan, voi olla vaikea saavuttaa todellista maksimaalista hapenottokykyä liian aikaisen luovuttamisen takia. Motivaatiotekijöillä onkin suuri vaikutus suoritukseen, mutta näitä tekijöitä on myös hyvin hankala kategorisoida (McArdle ym. 1996).

Sukupuoli

Naisilla VO_{2max} on normaalisti 15-30 % miehiä matalampi (Vogel ym. 1986). Jopa kestävyysurheilijoilla ero sukupuolien välillä on huomattava (kuva 1) (Saltin ym. 1967).



Kuva 1. Maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) ruotsalaisilla nais- ja mieshuippu-urheilijoilla. (Saltin ym. 1967)

Sukupuolten välisten erojen katsotaan johtuvan pääosin kehonkoostumuksen ja hemoglobiinipitoisuuksien eroista (McArdle ym. 1996). Suurempi hemoglobiinipitoisuus mahdollistaa tehokkaamman hapenkuljetuksen veressä, mikä edistää kestävyyssuoritusta. Hemoglobiinierot selittyvät mm. miesten korkeammalla testosteronin pitoisuudella (McArdle ym. 1996). Lisäksi maksimaalisessa suorituksessa miesten isku- ja minuuttitilavuus ovat naisia suuremmat. Miehillä maksimaalisen hapenottokyvyn kehittyminen harjoittelussa perustuukin vahvemmin

sydämessä tapahtuvaan kehitykseen, kun puolestaan periferiassa tapahtuva hapen käyttö kehittyi miehillä suhteellisesti vähemmän (Ogawa ym. 1992). Edellä mainitut luvut ovat kuitenkin vain keskiarvoja, eikä sukupuoli kerro automaattisesti sitä, onko VO_{2max} korkea vai matala (McArdle ym. 1996).

Kehonkoostumus ja koko

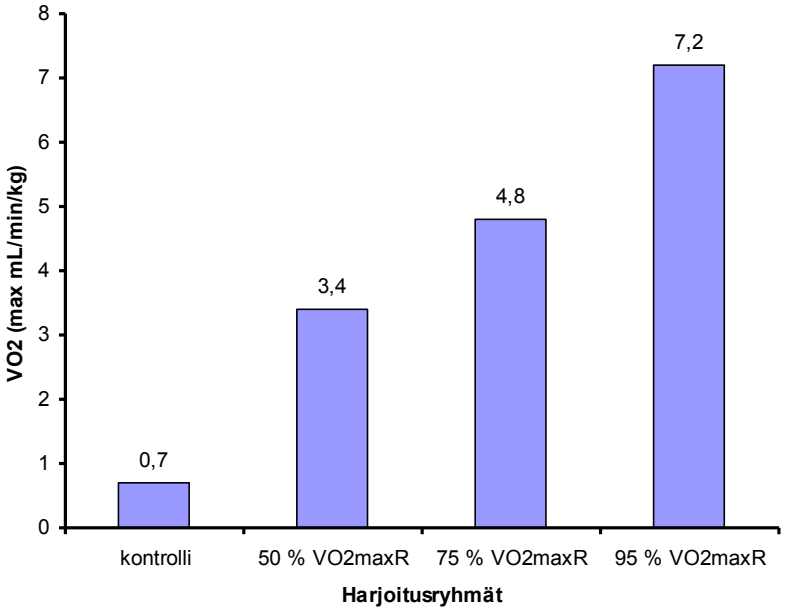
Yksilöiden välisistä eroista maksimaalisessa hapenottokyvyssä suuri osa voidaan selittää ruumiin painon vaihteluilla. Siksi maksimaalista hapenottokyky on järkevämpi suhteuttaa kehon painoon (mL/min/kg), eikä antaa arvoja absoluuttisena lukemana (ml/min) (McArdle ym. 1996). Jos VO_{2max} suhteutetaan elimistön rasvattomaan massaan, saadaan sukupuolien välille vähemmän vaihtelua. Tästä voidaan vetää johtopäätös, että sukupuolten väliset erot maksimaalisessa hapenottokyvyssä johtuvat pääosin miesten ja naisten eroista elimistön sisältämässä lihas- ja rasvamassassa (Ogawa ym. 1992).

Ikä

Maksimaalinen hapenottokyky alkaa laskea 25 ikävuoden jälkeen. (Lamb 1984). VO_{2max}:n pienenemistä voidaan pääosin selittää sydämen minuuttitilavuuden pienenemisellä ikääntymisen myötä. Myös hapen heikompi hyödyntäminen selittää osaksi maksimaalisen hapenottokyvyn pienentymistä. Lisäksi vanhetessa tapahtuva kehon rasvakudoksen lisääntyminen selittää osaltaan iän mukanaan tuomaa aerobisen kapasiteetin heikkenemistä (Ogawa ym. 1992). Harjoittelu kuitenkin pitää VO_{2max}:ä suhteellisesti korkeammalla verrattuna epäaktiivisiin yksilöihin (Dehn ym. 1972). Paljon harjoittelevilla sydämen iskutilavuus on epäaktiivisiin yksilöihin verrattuna huomattavasti suurempi (Ogawa ym. 1992). Fyysisesti epäaktiivisilla yksilöillä VO_{2max} saattaakin laskea iän myötä jopa kolme kertaa enemmän verrattuna aktiivisiin yksilöihin (Dehn ym. 1972). Tästä voidaan päätellä, että ikä itsessään ei määritä maksimaalista hapenottokykyä, vaan yksilön aktiivisuudella on siihen suuri merkitys.

Harjoittelun teho

Suurin vaikutus maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymiseen on harjoituksilla, jotka tehdään lähes maksimaalisilla tehoilla (kuva 2). Alemmilla tehoilla suoritetut harjoitukset kehittivät maksimaalista hapenottokykyä huomattavasti kovatehoista harjoittelua vähemmän (Gormley ym. 2008).



Kuva 2. Harjoitustehon vaikutus maksimaaliseen hapenottokykyyn (VO2max). (Gormley ym.2008).

Murias ym. (2010) selvittivät maksimaalisen hapenottokyvyn kasvamisen taustoja vanhoilla (n. 69 v) ja nuorilla naisilla (n. 25 v) 12 viikon harjoittelujakson aikana. Vanhoilla naisilla VO_{2max} kasvoi n. 17 %, kun taas nuorilla naisilla vastaava luku oli 22 %. Maksimaalisen hapenottokyvyn kasvua selitetään sekä sydämen maksimaalisen minuuttitilavuuden kasvulla (Q_{max}) että periferiassa tapahtuvalla hapenkäytön tehostumisella (a-vO_{2diff}). Vanhemmilla naisilla maksimaalisen hapenottokyvyn kasvua selitti vahvemmin (2/3) lihasten hapenottokyvyn kasvu (a-vO_{2diff}). Selittäviä tekijöitä periferian puolella ovat mm. lihasten hiussuonten määrän lisääntyminen sekä oksidatiivisten entsyymien määrän lisääntyminen. Nuoremmilla naisilla vO_{2diff} ja Q_{max} (max. cardiac output) puolestaan selittivät yhdessä (equally) maksimaalisen hapenottokyvyn kasvua (Murias ym. 2010). Asiasta on saatu kuitenkin myös päinvastaisia tuloksia. Cunningham ym. (1975) tutkimuksessa keskimäärin 31-vuotiaat naiset tekivät 9 viikon ajan kestävyysharjoituksia. Maksimaalisen hapenottokyvyn kehittyminen katsottiin olevan pääasiassa sydämen toiminnan kehittymisen tulosta, sillä mm. iskutilavuus suureni 28 % suorituksen ollessa tasolla 80 % VO_{2max}. a-vO_{2diff}:ssa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia (Cunningham ym. 1975). Toisaalta molemmilla sukupuolilla tehdyllä tutkimuksella päädyttiin tulokseen, jonka mukaan vanhemmilla ihmisillä perifeeriset ominaisuudet, kuten lihasten oksidatiivisen kapasiteetin kasvaminen oli tärkeämmässä roolissa VO2maxin kasvamisessa verrattuna nuoriin (Meredith ym. 1989).

Ajallisesti vanhempien naisten kohdalla VO_{2max} ei kasvanut enää 9. harjoitteluviikon jälkeen, vaikka harjoittelun intensiteettiä lisättiin. Nuorilla vastaavaa ilmiötä ei havaittu, sillä heidän kohdallaan VO_{2max} kasvoi myös viikkojen 9 ja 12 välillä (Murias ym. 2010).

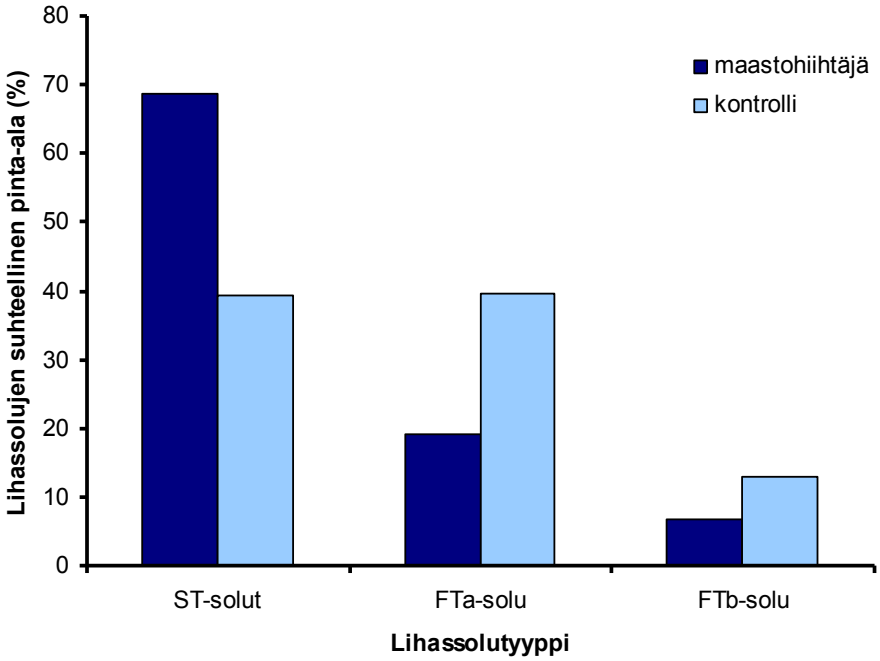
3.8. Luurankolihaksen adaptoituminen

Lihaksella on kyky sopeutua harjoituksen aiheuttamaan solujen homeostasian järkkymiseen tuottamalla eri määriä erilaisia proteiineja. Sopeutumisen toiminnalliset seuraukset määräytyvät esimerkiksi harjoittelun tehokkuuden ja proteiinien puoliintumisajan perusteella. Harjoittelu tuottaakin tiettyjä adaptaatioita spesifisesti, eli harjoittelu on laji-spesifistä. Pitkäaikainen kestävyysharjoittelu muuttaa useiden geenien ilmentymistä muuttaen lihaksen fenotyyppiä siten, että se mm. kestää paremmin väsymistä (Coffey & Hawley 2007).

Harjoittelu aktivoi useita mm. lihaksen aineenvaihduntaan liittyviä geenejä. Geenien ilmentyminen on yleensä hetkellistä ja lähetti-RNA-pitoisuudet palaavat noin vuorokauden kuluessa takaisin harjoitusta edeltäville tasoille. Useasti toistuvien harjoitusten jälkeen mitatuista lähetti-RNA-arvoista on kuitenkin havaittu, että joidenkin geenien ekspressoituminen voi olla vielä vuorokaudenkin jälkeen korkeammalla kuin ennen harjoittelua (Pilegaard ym. 2000). Vaikka asiassa on vielä jonkin verran epäselvyyttä, solutason adaptaatioiden ajatellaan olevan geenien ilmentymisessä harjoituksen jälkeen tapahtuvien hetkellisten muutosten kasautumista (Pilegaard ym. 2000, Yang ym. 2004).

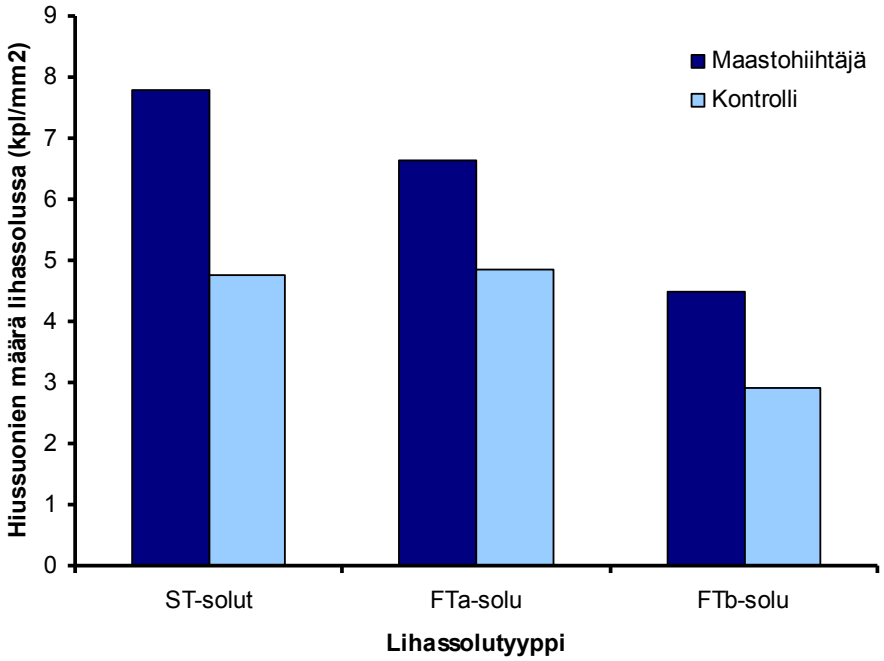
3.9. Lihasrakenteen adaptaatiot

Perus- ja vauhtikestävyysharjoittelu perustuu suurilta osin hitaiden lihassolujen toimintaan. Maksimikestävyyssuorituksessa myös FT-solujen, eli nopeiden lihassolujen, merkitys korostuu. ST-solujen eli hitaiden lihassolujen koko kasvaa verrattuna nopeisiin lihassyihin (kuva 3), mutta harjoittelu ei muuta niiden absoluuttista määrää. Harjoitetussa lihaksessa on siis yhtä paljon ST-soluja kuin harjoittamattomassakin lihaksessa, mutta niiden koko on kasvanut tai pienentynyt riippuen harjoittelusta. Eri lihassolutyypit voivat kuitenkin kehittyä ominaisuuksiltaan lähemmäs muita lihasolutyyppejä. Vuosia kestäneen harjoittelun tuloksena FT_b-syyt saattavat muuntautua hoitamaan FT_a-syiden tehtäviä (Wilmore & Costill 1994). Lisäksi kaikki solut, myös FT_a- ja FT_b-solut, voivat parantaa kykyään tuottaa ATP:a aerobisesti (McArdle ym. 1991). Gollnick ym. (1973) havaitsivat kestävyysharjoittelun, jonka harjoitusteho oli 75-90 % maksimaalisesta hapenottokyvystä, kasvattavan sekä ST- että FT-solujen oksidatiivista kapasiteettia. Glykolyyttinen kapasiteetti nousi vain FT-soluilla (Gollnick ym. 1973).



Kuva 3. Lihassolutyyppien osuudet (%) lihaksen kokonaispinta-alasta maastohiihtäjillä. Kontrolliryhmänä toimivat harjoittelemattomat henkilöt (Ingjer 1979).

Hiussuonien määrä lisääntyy lihassolujen yhteydessä harjoittelun vaikutuksesta (kuva 4). Sopeuma mahdollistaa tehokkaamman kaasujen vaihdon. Lisäksi lämmönsäätely, kuona-aineiden poisto sekä energian tuotantoon vaadittavien aineiden saanti tehostuu (Wilmore & Costill 1994). Hitaiden lihassolujen koon kasvaessa kestävyysharjoittelun vaikutuksesta hapen diffuusion avulla kulkema matka pidentyy. Jotta solun koon kasvu saataisiin kompensoitua, tarvitaan siis lisää hiussuonia kuljettamaan suurempia määriä happea lihassoluille (Ingjer 1979). Hiussuonien tiheyden lisääntymisen vaikutukset hapen kuljetuksen tehostumiseen perustuvat mm. siihen, että tiheyden lisääntyessä yksittäisen hiussuonen läpi virtaaman veren nopeus hidastuu, ja aineiden vaihto hiussuonen ja lihaksen välillä tehostuu. Aineiden diffuusion avulla kulkema matka, ja samalla aika, lyhentyvät (Kiens & Lithell 1989). Siten hiussuonien määrän lisääntyminen mahdollistaa tehokkaamman energian tuotannon ja jatkuvan lihassyiden supistumisen (Wilmore & Costill 1994). Hiussuonien määrän lisääntymisellä on voimakas positiivinen korrelaatio maksimaalisen hapenottokyvyn tehostumiseen (McArdle ym. 1991). Siten hiussuonien määrän kasvaessa myös hapenottokyky paranee (Ingjer 1979).



Kuva 4. Hiussuonien määrä lihassolussa maastohiihtäjillä. Kontrolliryhmänä toimivat harjoittelemattomat henkilöt (Ingjer 1979).

Myoglobiini on lihassolun sisällä oleva hemoglobiinin kaltainen rautapitoinen proteiini, joka siirtää hiussuonissa kuljetettavia happimolekyyleja lihassolun solukalvolta mitokondrioille. Myoglobiinilla on lisäksi kyky varastoida happea lihassolun sisälle. Myoglobiinia on paljon hitaissa lihassoluissa, joissa se aiheuttaa solujen punaisen värin. Lihas käyttää myoglobiinin varastoimaa happea silloin, kun lihaksen hapensaanti on vähäistä. Myoglobiinin tuomaa happea käytetään harjoittelun alkamisesta lähtien niin kauan kunnes hiussuonien laajenemisen vuoksi happipitoisuus lihaksen ympärillä kasvaa. Kestävyysharjoittelun seurauksena lihassyiden myoglobiinipitoisuus voi kasvaa jopa 75-80 % (Wilmore & Costill 1994). Hickson ja Rosenkoetter (1981) havaitsivat FT_a- ja ST-solujen myoglobiinipitoisuuksien nousevan kestävyysharjoittelujakson aikana. FT_b-solujen myoglobiinipitoisuudessa ei tapahtunut mitään muutosta. Harjoittelun lopettamisen jälkeen ST- ja FT_a-solujen myoglobiinikonsentraatioiden palautuminen harjoittelua edeltäville tasoille on hyvin hidasta. Myoglobiinikonsentraation hitaalla pienenemisellä voidaankin osaksi selittää aerobisen voiman hidasta häviämistä lihassolusta harjoittelun loputtua (Hickson & Rosenkoetter 1981).

Mitokondriot tuottavat ATP:a lihasten käyttöön soluhengityksessä. Mitokondrioilla on yksittäisenä soluorganellina suurin vaikutus luustolihaksen oksidatiiviseen kapasiteettiin ja väsymisen estämiseen pitkäkestoisen lihaksen toiminnan aikana (Coffey & Hawley 2007). Jatkuva lihasaktiivisuus tuottaa lihaksiin uusia mitokondrioita (Hood 2001). Mitokondrioiden määrä lisääntyy kaikissa solutyypeissä, sekä ST- että FT-soluissa (Adhihetty ym. 2003). Aerobisessa harjoittelussa lisäksi mitokondrioiden koko ja tehokkuus kasvavat, mikä mahdollistaa tehokkaamman hapen käytön ja ATP:n tuotannon (Wilmore & Costill 1994). Kestävyysharjoittelun ansiosta mitokondrioissa tapahtuu adaptaatioita, joiden ansiosta niiden toiminta tehostuu. Mitokondrioiden oksidatiivinen kapasiteetti paranee. Lisäksi tiettyjen entsyymien, jotka vaikuttavat mitokondrion matriksin sekä

elektroninsiirtoketjun toimintaan, aktiivisuudet lisääntyvät. Mitokondrioiden adaptaatioiden ansiosta lihassolu pystyy siis tuottamaan tehokkaammin energiaa sekä kalvokuljetukseen että varsinaiseen lihassupistukseen (Bizeau ym. 1998).

3.10. Energianlähteiden käytössä ilmenevät adaptaatiot

Lihakset käyttävät kestävyysharjoittelussa sekä hiilihydraateista että rasvoista saatavaa energiaa (Wilmore & Costill 1994). Peruskestävyysharjoittelussa pääasiallisena energianlähteenä toimivat rasvat, kun taas harjoituksen tehon noustessa hiilihydraatit nousevat suurempaan merkitykseen (Essén 1977, Wilmore & Costill 1994). Kestävyysharjoittelu tehostaakin rasva- ja hiilihydraattiaineenvaihduntaa, jolloin energiantuotto tehostuu ja väsymisen riski vähenee (Wilmore & Costill 1994).

Elimistön hiilihydraattivarastojen loppumisella on suuri vaikutus uupumisen kehittymiselle harjoituksen aikana. Jotta harjoituksen kestoa voitaisiin lisätä, tulee elimistön kehittää erilaisia keinoja säästää hiilihydraattivarastoja mahdollisimman pitkään. Harjoittelun jälkeen mitatuista arvoista havaitaankin, että harjoitetussa lihaksessa glykogeenipitoisuus laskee suorituksen aikana vähemmän kuin harjoittamattomassa lihaksessa (Baldwin ym. 1975). Lisäksi harjoitettu lihas pystyy varastoimaan paremmin glykogeenia, mikä mahdollistaa lihakselle paremman lähtökohdan seuraavaan harjoitukseen (Wilmore & Costill 1994). Viiden kuukauden kestävyysharjoittelu voi nostaa lihaksen glykogeenitason 2,5-kertaiseksi (Gollnick ym. 1973).

Harjoitettu lihas käyttää energian lähteenään enemmän rasvoja ja vähemmän hiilihydraatteja verrattuna harjoittamattomaan lihakseen (Tarnopolsky ym. 1995). Hiilihydraattien säästäminen on ominaista kaikille lihassolutyypeille. Taustalla hiilihydraattien käytön vähenemiselle on mitokondrioiden määrän lisääntyminen lihassolussa. Harjoittelu vaikuttaa mm. mitokondriossa tapahtuvaan sitruunahappokiertoon siten, että soluhengityksessä hiilen lähteenä käytetään hiilihydraattien sijasta yhä enemmän rasvaa. Lisäksi hengitys- ja verenkiertoelimistön kehittyminen mahdollistaa tehokkaamman hapen kuljetuksen lihassoluille sekä harjoituksen alussa että siirryttäessä kevyestä harjoituksesta tehokkaampaan, jolloin rasva-aineenvaihdunta tehostuu. Edellä mainituissa vaiheissa käytetään yleensä hiilihydraateista saatavaa energiaa (Baldwin ym. 1975).

Harjoitetun lihaksen kyky varastoida triglyseridia on huomattavasti suurempi kuin harjoittamattoman lihaksen. Rasvahappoja hapettavien entsyymien aktiivisuus lihaksessa kasvaa (Wilmore & Costill 1994, Saltin & Helge 2001). Lisäksi rasvahappoja soluihin ja mitokondrioihin kuljettavien proteiinien määrä lisääntyy (Saltin & Helge 2001). Tehokkaamman varastoinnin lisäksi harjoitettu lihas pystyy käyttämään tehokkaammin rasvoissa olevaa energiaa kuin harjoittamaton lihas. Tämä mahdollistaa sen, että hiilihydraattivarastot säilyvät pidempään ja lihaksen kestävyys paranee (Jeukendrup & Achten 2001). Lisäksi rasvat vapautuvat nopeammin triglyseridivarastoista, jolloin lihas pystyy hyödyntämään rasvojen energiaa nopeammin (Wilmore & Costill 1994). Hitaiden lihassolujen kyky käyttää hyväksi rasvojen energiaa on huomattavasti suurempi kuin nopeiden lihassolujen (Saltin & Helge 2001). Tehokkaammalla rasvojen käytöllä on positiivinen korrelaatio korkean oksidatiivisen kapasiteetin kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että lihaksen tehostaessa rasva-aineenvaihduntaansa myös lihaksen kyky käyttää happea tehostuu (Henriksson 1977b).

Kestävyysharjoittelu lisää kokonaisuudessaan elimistössä tapahtuvaa rasvan

kulutusta. Samalla harjoittelu muuttaa suhteellisia osuuksia rasvahappojen lähteiden välillä. Kestävyysharjoittelun vaikutuksesta rasvasoluista veren välityksellä kuljetettujen rasvahappojen osuus rasva-aineenvaihdunnasta vähenee. Lihassolujen sisältämän TG:n hapettumisen tehostuminen noin kaksikertaiseksi verrattuna harjoittelua edeltäviin arvoihin kompensoi kuitenkin plasman avulla kuljetettujen rasvahappojen vähenemisen, ja rasvojen kokonaisosuus kasvaa. Suorituksen kestäessä yli 2-3 tuntia plasman kautta lihaksiin kuljetettujen rasvahappojen osuus kokonaisrasvankulutuksessa alkaa kuitenkin kasvaa, sillä lihaksissa sekä glykogeeni- että TG-varastot ovat siihen mennessä jo kulutettu lähes loppuun (Martin ym. 1993).

Lipoproteiinilipaasi-entsyymin (LPL) määrä lisääntyy harjoittelun vaikutuksesta. Koska kestävyysharjoittelu lisää hiussuonien määrää lihassolun yhteydessä, LPL-entsyymi saa samalla lisää kiinnittymistilaa hiussuoniin. Hiussuonien määrän ja LPL:n aktiivisuuden lisääntymisellä on siis positiivinen korrelaatio. LPL:n määrän lisääntyminen edistää lipoproteiinien kuljettaman TG:n siirtymistä verisuonistosta lihassolun sisälle, ja siten parantaa lihaksen energiantuotantoa. Rasvojen käytön tehostumista edistää lisäksi hiussuonten lisääntymisen aikaansaama diffuusiomatkojen lyhentyminen (Kiens & Lithell 1989). Plasman lipoproteiinipitoisuudet muuttuvat harjoittelun vaikutuksesta. HDL-pitoisuus veressä kasvaa (Kiens ym. 1980).

4. MITÄ VOIMAHARJOITTELU ON?

4.1. Lihasmassa ja –voima

Voimaharjoittelulla pyritään kasvattamaan lihasmassaa ja/tai lihasten voimantuottoa. Lihasmassa ja -voima ovat suurimmillaan noin 20–30-vuotiaana, ja ne pysyvät lähes muuttumattomina 50-vuotiaaksi saakka, ellei fyysisessä aktiivisuudessa ja elintavoissa tapahdu suuria muutoksia (Vuori ym. 2005). Lihasmassan kehittymiseen ja ylläpitoon vaikuttavat fyysinen aktiivisuus, perimä, hermojärjestelmän aktivoiminen, ympäristötekijät, hormonaaliset tekijät ja ravitsemustila (McArdle ym. 2001). Lihasvoiman kasvuun vaikuttavia tekijöitä ovat myös harjoitusintensiteetti eli voimaharjoittelussa käytettävä kuorma ja sarjojen ja toistojen määrä (McDonagh & Davies 1984) sekä harjoituksen kesto, harjoitusten määrä yhdellä harjoituskerralla ja palautusajat sarjojen välillä (Fleck & Kraemer 2004). Progressiivisella voimaharjoittelulla tarkoitetaan sitä, että vastusta lisätään jatkuvasti, jotta lihas kykenee tuottamaan yhä enemmän voimaa tai, että lihaksen kestävyyskyky paranee. Progressiivisessa harjoittelussa voidaan lisätä joko kuorman määrää, toistoja tai toistojen nopeutta (Fleck & Kraemer 2004). Esimerkkinä progressiivisesta harjoittelusta ja sen vaikutuksista on Kanakisin & Hickinsonin (1980) tutkimus, jossa tutkittiin 18-27-vuotiaiden miesten voimaharjoittelun vaikutuksia 10 viikon ajan. Tutkimuksen lopussa koehenkilöt pystyivät nostamaan jalkalihasliikkeessä 40-50 % suuremman kuorman kuin tutkimuksen alussa (Kanakis & Hickinson 1980).

Aloittelijoille tai lihasvoimaltaan heikoille henkilöille soveltuva harjoituskuorma voi olla lihasharjoittelua aloitettaessa alle 60-80 % maksimista. Kuorman lisäksi voimaharjoittelussa määritellään sopiva toistojen määrä. Aloittelijalla voimaharjoitteluun pitäisi kuulua kaikkien päälihasryhmien liikkeitä. Voimaharjoittelussa edetään siten, että suuremmista lihasryhmistä siirrytään pienempiin (Häkkinen 1990). Lihasten hypertrofia eli supistuvan proteiinin määrä lisääntyy voimaharjoittelun myötä. Hypertrofisella voimaharjoittelulla tarkoitetaan

sitä, että siinä käytetään submaksimaalista kuormaa, joka on 60-80 % lihaksen maksimivoimasta. (Häkkinen 1990).

Lihasmassan kasvu johtuu lihassyiden määrän lisääntymisestä eli hyperplasiasta tai lihassyiden koon kasvusta eli hypertrofiasta, mutta myös lihasten sidekudoksen määrän lisääntymisestä (Komi 2003). Voimaharjoittelu vaikuttaa lihasmassan kasvuun, jolloin myös lihasvoima kasvaa ja perusaineenvaihdunta kiihtyy. Jos harjoittelu lopetetaan, lihasvoima alkaa vähentyä. Eri lihasryhmissä lihaksiston suorituskyky heikkenee eri tahtiin. Alaraajojen lihasvoima heikkenee nopeammin kuin yläraajojen lihasvoima (Vuori ym. 2005). Lihasten kuormittaminen auttaa ylläpitämään lihaksiston rakennetta ja suorituskykyä. Fyysisesti passiivisilla henkilöillä lihasvoima heikkenee iän myötä nopeammin kuin fyysisesti aktiivisilla. Heti harjoittelun aloittamisen jälkeen lihaksiston suorituskyky paranee lähinnä harjoiteltavien lihasten hermostollisen aktivoinnin lisääntyessä (Vuori ym. 2005; Sipilä ym. 2008). Vähintään kahden kuukauden mittaisella harjoittelulla saadaan aikaan lihassyiden pinta-alan kasvua ja aineenvaihdunnan tehostumista (Vuori ym. 2005).

4.2. Voimantuotto

Lihaksilla on kolme voimantuotto-ominaisuutta; maksimi-, nopeus- ja kestovoima. Ahtiaisen & Häkkisen (2004) mukaan voimantuotto-ominaisuudet saavutetaan fyysisellä harjoittelulla, ja ne vaikuttavat terveyteen kehon rasvatonta painoa ja lepoaineenvaihduntaa ylläpitämällä. Maksimivoiman tuottamisessa käytetty aika on melko pitkä, kun taas nopeusvoimassa voimantuottoaika on hyvin lyhyt. Kestovoimassa puolestaan jotakin voimatasoa pyritään pitämään yllä pitkään tai voimataso toistetaan useasti palautusajan ollessa lyhyt (Ahtiainen & Häkkinen 2004). Lihastoiminta voi olla isometristä eli staattista tai dynaamista (Vuori ym. 2005). Dynaaminen lihastoiminta on joko konsentrista tai eksentristä. Konsentrista se on silloin, kun lihas lyhenee ja eksentristä silloin, kun lihas pitenee (McDonagh & Davies 1984; McArdle ym. 2001) Eksentrisessä supistuksessa lihaksen maksimivoima on suurin ja konsentrisessa pienin (Häkkinen 1990). Voimaharjoittelu vaikuttaa voimantuoton kasvuun ja lihasten aktivoimiskapasiteetin kasvuun. Jos harjoittelu on nopeusvoimatyyppistä, se kehittää lihasten tahdonalaista säätelyä (Ahtiainen & Häkkinen 2004).

Tahdonalaisten lihasten maksimaalinen isometrinen ja dynaaminen voima ovat pienempiä aamulla kuin muina vuorokaudenaikoina. Parhaita tuloksia voimantuotossa ei siis pystytä saavuttamaan aamulla, joten suurta voimantuottoa vaativat suoritukset kannattaa keskittää johonkin toiseen vuorokauden aikaan. Lihaksen koon kasvun ja voiman lisääntymisen kannalta vuorokauden ajalla ei kuitenkaan ole merkitystä, sillä vastaavanlaista kehitystä on havaittu maksimaalisessa tahdonalaisessa voimassa sekä lihasten koon kasvussa vuorokauden ajasta riippumatta (Sedliak 2009).

Uupumisella tarkoitetaan lihasjännityksen vähenemistä toistuvan ärsytyksen seurauksena. Uupumiseen vaikuttavat muun muassa hapenpuute ja veren ja lihasten laktaattipitoisuuden kasvu maksimaalisen harjoittelun aikana (McArdle ym. 2001). Maksimivoimaharjoittelussa, joka tehdään suurella intensiteetillä, saadaan aikaiseksi väsymysvaikutus, jonka vuoksi kuormitettavien lihasten aktivointiin tarvittava hermostollinen kapasiteetti vähenee (Häkkinen 1990, Ahtiainen & Häkkinen 2004). Ahtiainen (2001) havaitsi kahdentoista maksimitoiston sarjojen (12 RM) laskevan koehenkilöiden voimantuottoa ennen kuormitusta mitattuun arvoon verrattuna sekä

maksimi- että pakkotoistoissa. Myös lihasaktiivisuuden todettiin laskevan. Voimantuotto-ominaisuudet vähenevät siis heti voimaharjoittelun jälkeen ennen lihasten ja hermoston palautumista harjoituksesta. Salvadorin ym. (2009) tutkimuksessa kahdeksan viikon harjoittelujakson aikana koehenkilöt tekivät voimaharjoituksia kolme kertaa viikossa. Kävi ilmi, että kahdeksan viikon voimaharjoittelu sekä lisäsi merkittävästi voimaa että pienensi väsymisindeksiä. Koehenkilöt pystyivät tutkimuksen lopussa uupumukseen asti suoritetuissa testeissä tekemään huomattavasti enemmän toistoja verrattuna lähtötilanteeseen. Voimaharjoittelujakso paransi täten koehenkilöiden väsymyksensietokapasiteettia.

4.3. Motoriset yksiköt

Motoriset yksiköt ovat lihasten pienimpiä toiminnallisia yksiköitä ja niiden määrä vaihtelee lihasryhmien mukaan. On olemassa sekä hitaita että nopeita motorisia yksiköitä, joista nopeat tuottavat hitaita motorisia yksiköitä nopeammin ja enemmän voimaa, mutta väsyvät nopeammin (Häkkinen 1990). Motorinen yksikkö muodostuu liikehermosolusta ja sen hermottamista lihaksista. Lihassolujen määrä motorisessa yksikössä riippuu toiminnan hienosäätelystä eli mitä vähemmän lihassoluja on, sitä pienemmän voiman motorinen yksikkö voi tuottaa (Fleck & Kraemer 2004). Yhdessä motorisessa yksikössä saattaa olla tuhansiakin lihassoluja esimerkiksi raajojen suurissa lihaksissa (Sipilä ym. 2008). Kaikki motoriset yksiköt eivät toimi samanaikaisesti, koska muuten lihaksen tuottamaa voimaa olisi mahdoton säädellä (McArdle ym. 2001). Voimaharjoittelu vaikuttaa uusien motoristen yksiköiden käyttöönottamiseen tai jo käytössä olevien yksiköiden syttymistiheyteen. Pienillä vastuksilla nopeasti tehtävä suoritus aktivoi nopeat motoriset yksiköt ja suurilla vastuksilla tehtävä suoritus sekä nopeat että hitaat yksiköt (Mero ym. 2004).

4.4. Voimantuottonopeus

Lihasten voimantuottonopeudella tarkoitetaan sitä, kuinka nopeasti pystytään tuottamaan tietty voimataso. Nopeusvoimaan vaikuttaa se, kuinka hermosto aktivoi lihasten motorisia yksiköitä ja miten nopeasti välittömät energialähteet eli adenosiinitrifosfaatti (ATP) ja kreatiinifosfaatti (KP) otetaan käyttöön (Ahtiainen & Häkkinen 2004, Mero ym. 2004). Ahtiaisen & Häkkisen (2004) mukaan lähtövoiman ja räjähtävän voimantuoton määrittämisen pohjalta voidaan määrittää muun muassa maksimaalinen voimantuottonopeus ja voima-aika-riippuvuus. Testattavan henkilön kyky rekrytoida mahdollisimman monta motorista yksikköä samalla kertaa vaikuttaa voima-aikakäyrän jyrkkyyteen. Erityisen tärkeitä ovat juuri nopeat motoriset yksiköt (Ahtiainen & Häkkinen 2004). Jos nopeusvoimalajeissa maksimivoimaharjoittelujakso on liian pitkä, saattaa lihaksiston voimantuottonopeus heikentyä (Häkkinen 1990). Romun (2001) tutkimuksessa 21 viikon pelkän voimaharjoittelun nähtiin kasvattavan voimantuottonopeutta, mutta yhdistetty voima-kestävyysharjoittelu saattoi estää voimantuottonopeutta kehittymästä, ja se jopa laski harjoittelujakson aikana aiemmin harjoittelemattomilla miehillä.

4.5. Maksimivoimaharjoittelu

Harjoituksen intensiteetti voidaan arvioida maksimitoistotestien (RM) avulla. Pienin intensiteetti, jolla harjoittelemattomien nuorten ihmisten voimaa saadaan kehitettyä, on noin 60 % yhden toiston maksimista, (1RM) kun taas ennestään harjoitelleiden voiman kehitys vaatii kuormaksi 80 % yhden toiston maksimista (Rhea ym. 2003).

McArdlen ym. (2001) mukaan progressiivinen harjoittelu kerran viikossa yhden toiston maksimikuormalla lisää huomattavasti voimaa jo yhden viikon jälkeen ja voima kasvaa yhä edelleen ainakin kuudenteen harjoitteluviikkoon asti. Myös Izquierdon ym. (2009) saivat vastaavaa näyttöä, sillä 7 viikkoa kestävällä harjoittelujaksolla havaittiin selvää parannusta maksimaalisessa isometrisesti tuotetussa voimassa yhden maksimitoiston (1-RM) testeissä. Ahtiaisen (2001) tutkimuksen mukaan kaikkien kuormitusten jälkeen voimantuotto laski alkuarvoon verrattuna merkitsevästi sekä maksimi- että pakkotoistoissa.

Kaikkein tehokkain lihasvoimaa kehittävä maksimitoistojen määrä on 3-12. Harjoittelija, joka haluaa maksimoida lihasten kasvun ja koon, saa parhaita tuloksia tekemällä useita sarjoja. Jos samoja lihasryhmiä harjoitellaan lähes päivittäin, lihasten toipuminen harjoitusten välillä vaikeutuu ja siitä saattaa olla vähemmän hyötyä kuin 2-3 kertaa viikossa tehdyistä harjoituksista. Sillä, tekeekö voimaharjoituksia vapailla painoilla vai voimaharjoittelulaitteilla, ei ole merkitystä lihasvoiman kehittymiselle (McArdle ym. 2001).

5. VOIMAHARJOITTELUN HORMONAALISET VAIKUTUKSET

5.1. Lihasten kehittymiseen vaikuttavat hormonit

Aivolisäkkeen etulohko erittää somatotropiinia eli kasvuhormonia, joka on lähes parinsadan aminohapon pituinen peptidiketju. Kasvuhormoni säätelee kasvua lisäämällä solujen proteiinisynteesiä. Lisääntynyt kasvuhormoneritys vaikuttaa lihasten, luiden ja sidekudosten kasvuun (McArdle ym. 2001). Kasvuhormonia muodostuu 400 µg vuorokauden aikana (Lamberg ym. 1992). On vielä epäselvää, miten harjoittelu saa aikaan kasvuhormonin erityksen ja proteiinisynteesin lisääntymisen, mutta sen biologista merkitystä tutkitaan jatkuvasti (Komi, 2003, McArdle, 2001). Kasvuhormoni stimuloi rasvahappojen vapautumista rasvakudoksesta ja estää samalla solujen glukoosinoton ja edistää maksan glukoneogeneesiä eli glukoosin muodostusta (McArdle ym. 2001). MacIntyren (1987) mukaan seerumin kasvuhormonipitoisuudet riippuvat iästä, sukupuolesta, kehon koostumuksesta ja aktiivisuustasosta. Istumatyötä tekevillä ja hyväkuntoisilla kasvuhormonipitoisuus kasvaa samalla tavalla, jos harjoitellaan uupumukseen asti, mutta istumatyötä tekevillä kasvuhormonipitoisuus säilyy suurempana useita tunteja. Submaksimaalinen harjoittelutaso aiheuttaa fyysisesti huonokuntoisille suurempaa stressiä, jolloin kasvuhormonin eritys liittyy fyysisen ponnistelun aiheuttamaan uupumukseen (McArdle ym. 2001). Kasvuhormonipitoisuus kasvaa harjoittelun myötä nuorilla ja keski-ikäisillä naisilla, mutta vanhemmilla naisilla se pysyy samana. Kasvuhormonipitoisuuksien nousua on havaittu myös nuorilla ja keski-ikäisillä miehillä, mutta vanhoilla miehillä muutosta ei ole tapahtunut (Häkkinen & Pakarinen 1995).

Testosteroni on mieshormoni eli androgeeni, jota valmistuu kivesten välisoluissa ja lisämunuaisen kuorikerroksessa, mutta naisilla sitä muodostuu lisäksi

jonkin verran munasarjoissa. Näin voidaan selittää sitä, että naisillakin on verenkierrossa mieshormoneja (Nienstedt ym. 2004). Testosteroni kiertää veriplasmassa suurimmaksi osaksi plasman proteiineihin kuten albumiiniin ja sukupuolihormoneja sitovaan globuliiniin (SHBG) sitoutuneena. Naisilla testosteroni on ensisijainen fysiologisesti aktiivinen androgeeni (Griffin & Ojeda 2003). Naisilla seerumin normaali testosteronipitoisuus on 0,85-2,7 nmol/l ja miehillä 14-38 nmol/l. Miehillä 50 % ja naisilla 30 % testosteronista on sitoutunut albumiiniin. Globuliiniin eli SHBG:n sitoutuneen testosteronin osuus on miehillä 44 % ja naisilla 66 %. Vapaata testosteronia on miehillä 0,9 % ja naisilla 0,5 % (Lamberg ym.1992).

Testosteroni on anabolinen steroidihormoni, joka voi edesauttaa luustolihasten kasvua ja lisätä proteiinisynteesiä. Sen tiedetään lisäävän kasvuhormonin eritystä puberteetti-iässä ja aikuisilla miehillä. Testosteronin anabolinen, kudosten rakentumista edistävä rooli vaikuttaa sukupuolieroihin lihasmassan ja voiman suhteen. Naisilla harjoittelu ei aina vaikuta testosteronipitoisuuksiin, mutta miehillä voimaharjoittelu lisää testosteronin eritystaajuutta ja määrää (McArdle ym. 2001).

Testosteroni on vuorovaikutuksessa hermoreseptorien kanssa ja lisää hermovälittäjien vapautumista. Hermostolliset vaikutukset parantavat luustolihasten voimantuottokykyä (McArdle ym. 2001). Ahtiaisen (2001) tutkimuksessa selvitettiin testosteronipitoisuuden akuutteja muutoksia. Sekä kokonaistestosteronipitoisuus että seerumin vapaa testosteronipitoisuus laskivat alle lähtötason maksimitoistokuormitusten jälkeen (Ahtiainen 2001). Naisilla on havaittu testosteronipitoisuuden nousua ennen harjoitusta tehtävissä mittauksissa ensimmäisen ja kuudennen harjoitteluviikon välillä. Liikuntaa harrastamattomilla miehillä testosteronipitoisuus nousi välittömästi voimaharjoittelun myötä (Kraemer ym. 1997). Myös testosteronipitoisuuksien pitkäaikaisia vasteita voidaan tutkia. Seerumin testosteronin pitoisuuden on todettu pysyvän kaikenikäisillä naisilla samana voimaharjoittelusta huolimatta. Nuorilla ja keski-ikäisillä miehillä puolestaan on havaittu merkittävää testosteronipitoisuuden nousua voimaharjoittelun myötä (Häkkinen & Pakarinen 1995).

Fyysisen aktiivisuuden aiheuttama stressi stimuloi hypotalamusta erittämään kortikotropiinia vapauttavaa tekijää, jonka vaikutuksesta aivolisäkkeen etulohko vapauttaa adrenokortikotrooppista hormonia (ACTH). Edelleen ACTH edistää glukokortikoidien vapautumista (McArdle ym. 2001). Glukokortikoidit ovat lisämunuaiskuoren erittämiä hiilihydraattiaineenvaihduntaan vaikuttavia hormoneja, joista kortisoli on tärkein. Kortisolia erittyy vereen 15-30 mg vuorokauden aikana ja se kuluttaa kudosten proteiineja. Parkerin & Raineyn (2003) mukaan kortisoli vähentää aminohappojen hyödyntämistä proteiinisynteesissä muualla paitsi maksassa, koska aminohapot eivät kulkeudu lihassoluihin. Tällöin maksan ulkopuoliset proteiinivarastot hupenevat ja aminohappopitoisuus veressä kasvaa (Parker & Rainey 2003). Kortisoli kuljettaa pilkkoutuneet aminohapot veren mukana maksaan glukoosin muodostukseen. Kortisolin eritys kiihdyttää myös rasvan käyttöönottoa energiaksi intensiivisen, pitkällisen harjoittelun aikana (McArdle ym. 2001, Nienstedt ym. 2004). Parkerin & Raineyn (2003) mukaan kortisoli nimittäin lisää rasvahappojen ja glyserolin kuljetusta rasvakudoksesta, jolloin rasvahapot ja glyseroli toimivat energiavarastona glukoneogeneesissä eli glukoosin muodostuksessa.

Kuten useiden muidenkin hormonien, myös kortisolin biologista aktiivisuutta säätelee veressä kiertävän vapaan kortisolin osuus. Noin 10 % veren kortisolista on vapaata, 15 % on sitoutunut albumiiniin ja loput kortikosteroidia sitovaan globuliiniin (Fleck & Kraemer 2004). Kortisolia vapautuu harjoittelun vaikutuksesta ja ainoastaan raskaan harjoittelun tiedetään lisäävän kortisolipitoisuutta (McArdle ym. 2001).

McArdlen ym. (2001) mukaan submaksimaalisen harjoituksen aikana plasman kortisolitaso kasvaa vähemmän koehenkilöillä, jotka ovat harjoitelleet verrattuna vähän liikkuviin koehenkilöihin. Kortisolitasot säilyvät kohonneina ainakin muutaman tunnin harjoituksen jälkeen, koska kortisoli osallistuu kudosten palautumiseen ja korjaamiseen (McArdle ym. 2001).
Estrogeenit, kuten estradioli ja progesteroni muodostuvat munasarjoissa. Miehillä estrogeenia muodostuu mieshormonien aromatisaatiossa muun muassa kiveksissä (Griffin 2003). Veren estrogeeneista tärkein on estradioli (Nienstedt ym. 2004). Griffinin (2003) mukaan testosteroni voidaan muuttaa estradioliksi aivoissa ja aivolisäkkeessä.Veren estradiolista 78 % miehillä ja 61 % naisilla on sitoutuneena ensisijaisesti albumiiniin ja 20 % miehillä ja 37 % naisilla sukupuolihormoneja sitovaan globuliiniin (SHBG). Vain 2 % estradiolista on vapaana. Estradiolin viitealue hedelmällisessä iässä olevilla naisilla on 0,05-2 nmol/l ja miehillä 0,02-0,15 nmol/l (Lamberg ym. 1992). McArdlen ym. (2001) mukaan estrogeenien määrä lisääntyy harjoittelun vaikutuksesta, mutta lisääntyminen riippuu kuukautiskierron vaiheesta.

SHBG eli sukupuolihormoneja sitova globuliini muodostuu maksassa ja se sitoo nimensä mukaisesti sekä androgeeneja että estrogeeneja. Estrogeenit suurentavat ja androgeenit puolestaan pienentävät SHBG:n pitoisuutta. Jotta saataisiin selville vapaan testosteronin pitoisuus veressä, SHBG:n mittaaminen on välttämätöntä. (Lamberg ym.1992).

Testosteroni/SHBG-suhde eli vapaan androgeenin indeksi (FAI= free androgen index) voidaan Vankriekenin (1997) mukaan laskea seuraavasti:
FAI= (Testosteroni (nmol/l) ÷ SHBG (nmol/l) × 10 tai × 100 tai × 1000.

5.2. Hormonipitoisuuksien muutokset

Hormonit leviävät verenkierron mukana kaikkialle elimistöön, mutta vaikuttavat vain omiin kohdesoluihinsa sitoutumalla niiden solukalvon reseptoreihin. Jo lyhytaikaisen voimaharjoittelun on voitu osoittaa vaikuttavan hormonipitoisuuksien, kuten testosteroni-, kasvuhormoni- ja kortisolipitoisuuksien muutoksiin (Kraemer ym. 1998; Ahtiainen 2001; Izquierdo ym. 2009; Salvador ym. 2009). Voimaharjoittelun akuutit ja krooniset hormonaaliset vasteet vaikuttavat joko anabolisesti tai katabolisesti molemmilla sukupuolilla. Tämä voi osittain selittää lihasten kasvua ja voimantuottoa voimaharjoittelussa (Fleck & Kraemer 2004). Voimaharjoittelu saa aikaan hormonien vapautumismekanismin. Myös harjoitusten ja sarjojen väliset palautusjaksot vaikuttavat harjoituksen hormonaalisiin vasteisiin. Jotkut hormonit toimivat yhteisvaikutuksessa toisten hormonien kanssa voimistaen toisten hormonien vaikutusta. Esimerkiksi kasvuhormoni ja testosteroni voivat vahvistaa luustolihasten kasvua proteiinisynteesiä lisäämällä, kun taas kortisoli vaikuttaa proteiinien tuhoutumisen lisääntymiseen (Komi, 2003). Voimaharjoittelu lisää miehillä testosteronin ja kasvuhormonin eritystaajuutta, jolloin hormonaalinen ympäristö on otollinen lihasten kasvulle. Toisaalta naisia tutkittaessa testosteroni- ja kasvuhormonipitoisuuksissa ei ole havaittu muutoksia harjoittelun vaikutuksesta. Täten sukupuolierot hormonituotannossa voivat osittain selittää pitkäaikaisen lihasharjoittelun vasteiden eroja lihasmassan ja -voiman kehityksessä sukupuolten välillä (McArdle ym. 2001).

Ahtiaisen (2001) tutkimuksessa tutkittiin puolen tunnin välein otettujen kontrolliverinäytteiden avulla lihaskuormitusten akuutteja vaikutuksia seerumin testosteronin, vapaan testosteronin, kortisolin ja kasvuhormonin pitoisuuksiin.

Tutkimuksen mukaan sekä maksimi- että pakkotoistokuormitus lisäsivät kasvuhormonin, seerumin testosteronin ja vapaan testosteronin, laktaatin ja kortisolin pitoisuuksia alkuarvoihin verrattuna. Ahtiaisen (2001) mukaan tutkimus osoitti, että nimenomaan pakkotoistomenetelmä vaikuttaa erityisesti kortisolin ja kasvuhormonin pitoisuuksiin.

Kraemerin ym. (1997) tutkimuksessa koehenkilöt tekivät kahdeksan viikon voimaharjoittelujakson aikana kyykkyjä, jalkaprässiä ja polvenojennusta kahdesti viikossa. Yhden toiston maksimitestit tehtiin joka toinen viikko. Verinäytteistä tutkittiin veren laktaatti-(LAC), seerumin kokonaistestosteroni- (TT), kortisoli- (CORT) ja kasvuhormonipitoisuudet (GH) sekä sukupuolihormonia sitovan globuliinin (SHBG) pitoisuus. Kraemerin ym. (1997) tutkimuksessa ennen harjoittelua otetuissa näytteissä sekä miesten että naisten seerumin testosteronipitoisuus kasvoi kuudennella ja kahdeksannella harjoitusviikolla. Naisilla sukupuolihormoneja sitovan globuliinin (SHBG:n) havaittiin kasvavan kahdeksan viikon jälkeen, mutta miehillä muutosta ei tapahtunut.

Kokonaistestosteronin, vapaan testosteronin, adrenokortikotrooppisen hormonin, kortisolin ja laktaatin on havaittu lisääntyvän rankan voimaharjoittelun jälkeen sekä nuorilla että vanhoilla miehillä. (Kraemer ym. 1998) Ahtiainen (2001) havaitsi kortisoli- ja kasvuhormonipitoisuuksissa selvää nousua sekä maksimi- että pakkotoistokuormituksessa.

Kuukautiskierron vaiheiden vaikutuksesta maksimivoiman kasvuun tiedetään melko vähän. Maksimivoiman muutoksia kuukautiskierron eri vaiheissa selitetään hormonaalisilla muutoksilla. Ovulaation ja kuukautisten alun välillä katabolisesti vaikuttavat progesteroni- ja kortisolipitoisuus ovat suurimmillaan. Testosteronipitoisuudet puolestaan pysyvät lähes muuttumattomana koko kuukautiskierron ajan lukuun ottamatta ovulaationaikaista lisääntymistä (Fleck & Kraemer 2004).

6. RAVINNON MERKITYS LIHASVOIMAN KEHITTYMISELLE

6.1. Proteiinit

Voimaharjoittelussa tarvitaan proteiineja, rasvoja ja hiilihydraatteja. Suorituksen teho vaikuttaa hiilihydraattien ja rasvojen käyttöön. Jos rasittavuus on suuri, hiilihydraattien merkitys korostuu, kun taas matalan intensiteetin suorituksissa energiaa tuotetaan lähes täysin rasvavarastoista (Mero ym. 2004). Ravinnon määrällä, laadulla ja ruokailun ajoituksella on merkitystä harjoittelussa. Voimaharjoittelu kiihdyttää olennaisesti proteiinin hajoamista lihaksissa. Välttämättömien aminohappojen saanti ennen harjoittelua ja harjoittelun jälkeen takaa niiden kuljetuksen luustolihaksiin ja saa aikaan proteiinisynteesin (Volek 2004). Luustolihakset sisältävät noin 65 % kehon kokonaisproteiinista, mutta määrä voi lisääntyä systemaattisen voimaharjoittelun vaikutuksesta (McArdle ym. 2001). Ilanderin ym. (2006) mukaan lihasproteiinien rakentumista pitäisi tehostaa ja samalla minimoida proteiinien hajoamista, jotta lihaskehitystä voi tapahtua. Insuliini ja testosteroni vaikuttavat lihasten proteiinisynteesiin ja lihasten hypertrofiaan eli lihaskudoksen kasvuun. Insuliini muun muassa estää lihasproteiinien hajoamista (Tipton ym. 2001). Proteiineilla on tärkeä rooli kudosten ylläpitämisessä, korjaamisessa ja kasvussa, mutta niitä tarvitaan ravinnosta suhteellisen vähän energianlähteeksi. McArdlen ym. (2001) mukaan lihasmassa ei kuitenkaan lisäänny

vain hyvälaatuisia proteiineja sisältäviä ruokia syömällä. Kohtuuton ravitsemussuositusten ylittävä proteiininsaanti voi aiheuttaa haitallisia sivuvaikutuksia. Puutteellinen proteiininsaanti puolestaan saa aikaan lihasproteiinin vähenemisen ja suorituskyvyn heikkenemisen. Myös glykogeenin puute vaikuttaa lihaksiin, sillä se laukaisee glukoosinmuodostuksen proteiineista. Äärimmillään tämä voi vähentää merkittävästi lihaskudosmassaa. Ravinnosta saatu huonolaatuinen proteiini johtaa virheelliseen ravitsemukseen, vaikka energiaa ja proteiinia saataisiin tarpeellinen määrä. Huonolaatuisella proteiinilla tarkoitetaan proteiinia, jossa ei ole yhtä tai useampaa välttämätöntä aminohappoa (McArdle ym. 2001).

6.2. Hiilihydraatit

Voimaharjoittelun aikana käytettäviä energialähteitä ovat muun muassa hiilihydraatit ja vapaat rasvahapot (Lemon ym. 1981). Voimaharjoittelua ennen ja sen aikana saadut hiilihydraatit voivat vaikuttaa voimaharjoittelun jälkeisen kokonaisproteiinisynteesin tasoon (Haff ym. 2003). Glykogeeni on varastohiilihydraatti, jota on sekä maksassa että lihaksissa. Harjoituksen aikana lihasten sisäinen glykogeeni toimii aktiivisten lihasten pääasiallisena hiilihydraateista saatavana energian lähteenä. Maksassa glykogeeni puolestaan muuttuu nopeasti glukoosiksi, vapautuu verenkiertoon ja ylläpitää näin veren glukoosipitoisuutta. Glykogeenin muuttumista takaisin glukoosiksi kutsutaan glykogenolyysiksi. Ravinnon saannin rajoittaminen tai raskas harjoittelu vaikuttavat maksa- ja lihasglykogeenivarastojen tyhjentymiseen, jolloin glukoosin muodostumiseen käytetään muita ravintoaineita, erityisesti proteiineja. Jos taas hiilihydraatteja saadaan ravinnosta liikaa, ne eivät enää voi varastoitua maksaan tai lihaksiin, joten ne varastoituvat rasvana. Täten kehon rasvan määrä voi kasvaa, vaikka ravinto sisältäisi vain vähän rasvoja (McArdle ym.2001).

7. AINEISTO JA MENETELMÄT

7.1. Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöinä oli 17 vapaaehtoista nuorta naista. Koehenkilöiden alustava rekrytointi tehtiin Jyväskylän yliopiston eri ainejärjestöjen sähköpostilistojen kautta. Kriteerinä valinnalle oli, että koehenkilö on liikuntaa harrastamaton tai liian vähän liikkuva 25–30 -vuotias nainen, joka ei käytä hormonaalista ehkäisyä. Pääosin koehenkilöt tekivät istumatyötä, eivätkä harrastaneet juuri mitään liikuntaa viikoittain. Lopullinen koehenkilöiden valinta tehtiin liikunta- ja terveyskäyttäytymiskyselyn (liite 1) perusteella, jossa selvitettiin, että koehenkilöllä ei ole mitään vakavaa sairautta tai tutkimukseen osallistumista estävää, sykkeeseen vaikuttavaa lääkitystä. Muutama potentiaalinen koehenkilö jouduttiin rajaamaan pois tutkimuksesta unilääkkeiden, masennuslääkkeiden tai jännitysoireisiin käytettävien lääkkeiden vuoksi. Myöskään rintakivuista ja hengenahdistuksesta kärsiviä tai verenpainetautia sairastavia henkilöitä ei voitu valita tutkimukseen.

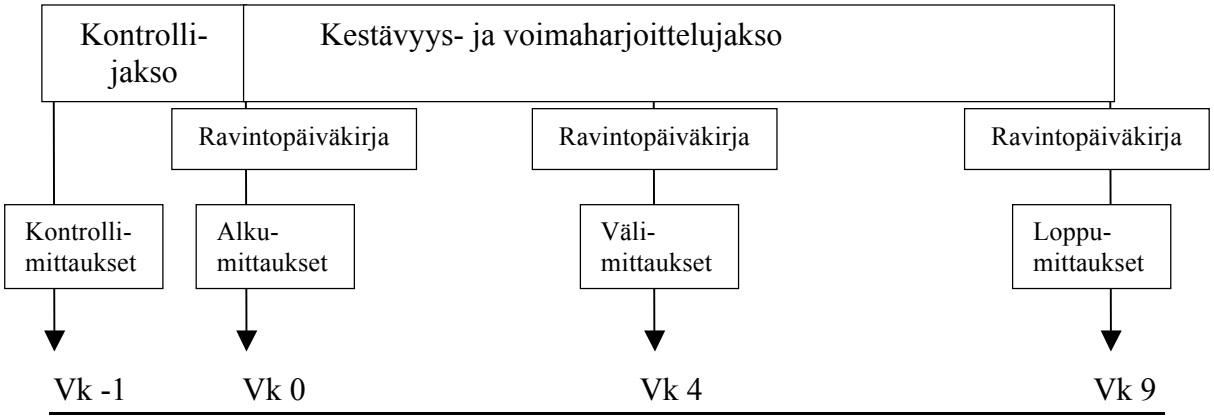
Koehenkilöt allekirjoittivat suostumuslomakkeen (liite 2), jossa heille kerrottiin muun muassa tutkimuksen kulusta, koehenkilön oikeuksista ja vakuutusturvasta. Tutkimukselle saatiin eettinen lausunto Jyväskylän yliopiston eettiseltä toimikunnalta. Koehenkilöiltä toivottiin sitoutumista tutkimukseen, mutta heillä oli oikeus keskeyttää tutkimukseen osallistuminen milloin vain syytä kertomatta.

Koehenkilöiden keski-ikä oli 27 vuotta. Keskimääräinen painoindeksi oli 25,7 (± 4,6). Ylipainoisia (painoindeksi eli body mass index = BMI > 25) oli koehenkilöistä 65 % (11 koehenkilöä). Normaalipainoisia (BMI 18,5-24,99) oli 29 % (5 koehenkilöä). Alipainoisia (BMI < 18,49) oli 6 % (1 koehenkilö).

7.2. Koeasetelma

Maaliskuussa 2010 koehenkilöille tehtiin viikon välein kontrollimittaukset ja alkumittaukset. Harjoittelujakso ei alkanut vielä kontrollimittausten ja alkumittausten välillä. Koehenkilöitä ohjeistettiin pitämään liikunta- ja ruokailutottumuksensa samankaltaisina verrattuna kontrollimittauksia edeltäviin tottumuksiin. Siten kontrolli- ja alkumittauksia verrattaessa saataisiin mahdollisimman luotettavat tulokset tutkimuksen kontrolliryhmää varten. Koehenkilöt toimivat siis samalla omana kontrolliryhmänään, jolloin rinnakkaista kontrolliryhmää ei tarvittu.

Harjoittelujakson oli tarkoitus kestää 8 viikkoa, mutta tutkimuksessa käytettävien mittauslaitteiden saatavuudesta johtuen harjoittelujakso pidennettiin 9 viikon mittaiseksi. Alkumittauksissa saatiin selville koehenkilöiden kuntotaso lähtötilanteessa. Alkumittauksien jälkeen koehenkilöt aloittivat yhteensä 9 viikkoa kestävän kestävyys- ja voimaharjoittelujakson (kuva 5). Neljän viikon harjoittelun jälkeen koehenkilöille tehtiin välimittaukset ja 9 viikon jälkeen loppumittaukset.



Kuva 5. Yhdeksän viikon harjoittelujakson, ravintopäiväkirjojen täyttämisen ja mittauksien jaksotus.

Harjoittelu tapahtui kokonaisuudessaan liikuntakeskus Kuntoportin tiloissa. Koehenkilöt harjoittelivat 9 viikon ajan 3 kertaa viikossa. Seitsemän viikon ajan voimaharjoittelua tehtiin 2 kertaa viikossa ja kestävyysharjoittelua 1 kerta viikossa. 2 viikon ajan kestävyysharjoittelua oli 2 kertaa, ja voimaharjoittelua kerran viikossa. Ravitsemusneuvontaa ei koehenkilöille annettu tutkimusjakson aikana ollenkaan. Tällä pyrittiin varmistamaan se, että tutkimuksen aikana saavutetut tulokset johtuisivat nimenomaan liikunnan eikä ravinnon vaikutuksesta. Koehenkilöt täyttivät mittausviikoilla kolmena päivänä ravintopäiväkirjaa. Kaksi päivistä oli arkipäiviä ja yksi viikonlopun päivä. Koehenkilöt ohjeistettiin täyttämään ravintopäiväkirjat mahdollisimman tarkasti. Lisäksi koehenkilöt saivat kirjalliset ohjeet ravintopäiväkirjan täyttämistä varten (liite 3). Ravintopäiväkirjojen avulla tarkasteltiin ruokavaliossa tapahtuneita muutoksia ja pohdittiin niiden merkitystä tutkimuksen aikana koehenkilöissä tapahtuneiden muutoksien taustalla.

7.3. Aineiston keräys ja analysointi

Kestävyysharjoittelu

Kestävyysharjoittelu tehtiin sisäpyöräilyharjoituksina. Harjoitukset olivat luonteeltaan intervalliharjoituksia. Sisäpyöräilyharjoitukset olivat ohjattuja ja ne kestivät harjoitusjakson alussa 30 minuuttia ja lopussa 55 minuuttia (taulukko 2). Tehot vaihtelivat keskiarvoiltaan 85:stä 91 prosenttiin maksimaalisesta hapenottokyvystä. EPOC vaihteli 86:sta 157:ään. Sisäpyöräilytunnit olivat sykeohjattuja eli koehenkilöt pystyivät seuraamaan harjoituksen aikana sykealueita. Jokaisessa harjoituksessa tähdättiin tiettyyn harjoitusvaikutukseen (Training effect, TE). Harjoitusvaikutus kertoo kuormituksesta, jonka tietty harjoitus saa aikaan yksilön hengitys- ja verenkiertoelimistölle. Harjoitusvaikutukseen vaikuttaa mm. yksilön aikaisempi aktiivisuus. Koehenkilöille asetettiin ennen jokaista tuntia tavoite TE, jonka he kaikki pyrkivät saavuttamaan tunnin aikana. Sisäpyöräilyssä käytössä olivat BodyBike-sisäpyörät (Bodybike International; Frederikshavn; Tanska). Sisäpyöräilytunneilla oli käytössä Firstbeatin Monitor-ohjelma, jonka avulla pystyttiin seuraamaan jokaisen henkilökohtaisten taustatietojen avulla harjoitusvaikutuksen (TE:n) ja sykkeen

kehitystä tunnin aikana. Lisäksi käytössä olivat Firstbeatin Memorybelt-tallentavat sykevyöt, joiden avulla saatiin sekä tunneilta että testeistä kerätty aineisto talteen.

Tutkimuksen aikana koehenkilöillä oli käytössään Firstbeatin Kuntovalmentaja-ohjelma (Firstbeat Technologies; Jyväskylä; Suomi), jonne tutkimuksen alussa täytettiin mittauksista saatujen tietojen perusteella jokaiselle koehenkilölle oma profiili. Kuntovalmentaja oli yhteydessä Monitor-ohjelmaan (Firstbeat Technologies; Jyväskylä; Suomi) sisäpyöräilytuntien aikana, joten koehenkilöiden tiedot saatiin ennen jokaista harjoitusta automaattisesti Monitor-ohjelmaan. Monitor-ohjelman ollessa käytössä koehenkilöt saivat automaattisesti tiedot harjoituksen tai testin kulusta ja mm. kulutetusta energiasta Kuntovalmentajaan. Koehenkilöiden piti käydä merkitsemässä itsenäisesti tekemänsä kuntosaliharjoitukset Kuntovalmentajaan, jolloin harjoituksien toteutumista oli helppo seurata.

Tutkimukseen kuuluvan harjoittelun lisäksi koehenkilöt ohjeistettiin olemaan aloittamatta uusia liikuntaharrastuksia. Koehenkilöitä ohjattiin elämään muutenkin tutkimuksen tuoman liikunnan ulkopuolella mahdollisimman samalla tavalla kuin ennen tutkimusta. Tutkimuksen ulkopuoliset liikuntasuoritukset piti merkata ylös, sillä niillä oli vaikutusta mm. Kuntovalmentajan määrittämään yksilön aktiivisuusluokkaan. Aktiivisuusluokka puolestaan oli määrittämässä sisäpyöräilytunnilla saavutettua harjoitusvaikutusta.

Taulukko 2. Koehenkilöiden tekemät kestävyysharjoitukset 9 viikon harjoittelujakson aikana. Aika on ilmoitettu minuutteina, teho osuutena lasketusta maksimaalisesta hapenottokyvystä (%VO_{2max}). Taulukon luvut ovat koehenkilöiden keskiarvoja ±keskihajontoja.

	Aika (min)	**Teho (%VO_{2max})**
Vk 1	30	85±5
Vk 2	30	85±5
Vk 3	35	86±5
Vk 4	35	85±5
Vk 5	35	88±5
Vk 6	40	86±5
Vk 6	40	86±5
Vk 7	45	91±5
Vk 7	45	89±5
Vk 8	55	87±4
Vk 9	45	87±3

Kestävyysmittaukset

Kestävyyskuntoa mitattiin maksimaalisella epäsuoralla polkupyöräergometritestillä. Epäsuorassa polkupyöräergometritestissä ei mitata koehenkilön hengityskaasuja. Epäsuoran polkupyöräergometritestin luotettavuus on siten suoraan pp-ergometritestiin verrattuna huonompi. Kestävyysurheilijoilla, joiden maksimaalinen hapenottokyky kehittyy vain muutamia prosentteja vuodessa, kannattaa testaamiseen käyttää suoraa menetelmää pienien erojen löytämiseksi (Nummela 2004). Tässä tutkimuksessa koehenkilöillä ei ollut aktiivista kestävyysharjoittelupohjaa. Koska terveys- ja kuntoliikkujan testauksessa tarkkuuden ei tarvitse urheilijoihin verrattuna olla aivan yhtä suurta, epäsuoran mittaustavan käyttäminen tämän tutkimuksen pp-ergometritestissä oli perusteltua (Nummela 2004). Testin lähtötilanteessa pyörään säädettiin 75 watin vastus. Kahden minuutin välein wattimäärää lisättiin 25 watilla. Koehenkilöt ohjeistettiin pitämään vauhti tasaisena, ja pyöritysnopeus 60 pyöräytystä

minuutissa. Kun testin lopussa pyöritysnopeus laski alle 60:een, testi piti lopettaa. Testi suoritettiin uupumukseen asti. Koehenkilöillä oli yllään Firstbeatin Memorybelt-sykevyöt (Firstbeat Technologies; Jyväskylä; Suomi), joihin saatiin tallennettua testin aikaiset syketiedot. Koehenkilöillä oli koko ajan näkyvillä Firstbeatin Monitor-ohjelman avulla syke, joten he saivat seurata sykkeen nousua testin aikana. Satulan korkeus säädettiin muutama sentti suoliluun harjanteen alapuolelle. Koehenkilöt toistivat kaikki testit samalla yksilöllisellä satulankorkeudella. Polkupyöräergometritestistä saadut sykekäyrät analysoitiin Firstbeatin Sports-ohjelmalla (Firstbeat Technologies; Jyväskylä; Suomi), josta saatiin painoon suhteutettu maksimaalinen hapenottokyky.

Mitattaessa polkupyöräergometritestin avulla maksimaalista hapenottokykyä tulee tuloksien tarkastelussa ottaa huomioon testissä käytössä olevien lihasten määrä. Mitä suurempi lihasmassa on työskentelyssä mukana sitä suuremmaksi VO_{2max} kohoaa. Koska polkupyöräergometritestissä on mukana käytännössä vain alavartalon lihakset, testitulokset eivät nouse yhtä korkealle kuin esimerkiksi sauvakävelytestissä. Lisäksi VO_{2max}:n kehittyminen on hyvin lajispesifistä, jolloin esimerkiksi hiihtäjiltä mitattaessa maksimaalista hapenottokykyä polkupyörätestin avulla, tulokset eivät ole välttämättä todellisuuden mukaisia. Mm. tämän takia tutkimukseen haluttiin ottaa kestävyysharjoittelumuodoksi sisäpyöräily, jotta lajispesifisyys toimisi varsinaisessa testauksessa. Myös suorituksen taloudellisuus kehittyy spesifisesti, jolloin polkupyöräergometritestissä suoritettujen pyöritysnopeuden toistaminen testin ulkopuolella parantaa testissä saatuja tuloksia (Nummela 2004). VO_{2max}-testissä oletetaan, että testaaja tekee kaikkensa, jotta hän saavuttaisi parhaan mahdollisen tuloksen. Mm. suullinen kannustaminen voi auttaa koehenkilöitä parempiin tuloksiin (McArdle ym. 1996).

Kehon paino vaikuttaa maksimaaliseen hapenottokykyyn (yksikkönä ml/min) siten, että isokokoisemmilla ihmisillä maksimaalinen hapenottokyky on yleensä suurempi kuin pienikokoisilla. Tämä vaikeuttaa vertailua keveimpien ja painavampien koehenkilöiden välillä (Nummela 2004). Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa polkupyöräergometritestin tulokset on ilmoitettu suhteutettuna kehon painoon (yksikkönä ml/kg/min).

Maksimaalisen epäsuoran polkupyöräergometritestin luotettavuuteen vaikuttavat monet tekijät. Maksimitesteihin perustuvien epäsuorien määritysmenetelmien luotettavuus on selvästi suurempi ja ne ovat paremmin toistettavampia verrattuna submaksimaaliseen testiin. Koska epäsuora testi perustuu sykkeen kehitykseen ja siitä arvioitavaan hapenkulutuksen muuttumiseen, tulee tuloksien tarkastelussa huomioida myös muita sykkeeseen vaikuttavia tekijöitä. Ensinnäkin syke saattaa kuormituksen aikana vaihdella huomattavasti riippumatta siitä, kuinka paljon happea käytetään sillä hetkellä lihasten energian tuotantoon. Sykkeeseen vaikuttavat esimerkiksi koehenkilöt tunne- ja jännitystilasta. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat mm. veren hemoglobiinipitoisuus, veren määrä, yksilön nestetasapaino, piristävien aineiden tai lääkkeiden käyttö, aika edellisestä ruokailusta sekä testitilan lämpötila. Tutkimuksen aikana pyrittiin vakioimaan mahdollisimman monta sykkeeseen vaikuttavaa taustatekijää. Testit otettiin aina viikon alussa (maanantaina ja tiistaina) ja koehenkilöt tulivat testiin mahdollisimman samaan aikaan (välillä kuitenkin käytännön syyt pakottivat muutamaan hieman testiajankohtaa, joten täysin samaan kellonaikaan kaikkien koehenkilöiden kanssa ei päästy). Koehenkilöt ohjeistettiin syömään, juomaan ja toimimaan yleisesti samankaltaisesti jokaisen testipäivän aamuna. Koehenkilöiltä kysyttiin alkukyselyssä heidän käyttämiään lääkeaineita, ja tutkimuksesta rajattiin jo alussa pois ne yksilöt,

joiden käyttämä lääkitys vaikuttaisi sydämen lyöntitiheyteen. Lisäksi testipaikka pysyi aina samana (Nummela 2004).

Portaittain nousevan kuormituksen huonona puolena nähdään se, että kuormitusportaat ovat liian lyhyitä suhteessa kuormaportaan suuruuteen. Lisäksi testimallit jäävät joskus liian matalille kuormitustasoille verrattuna testattavan kuntoon (Nummela 2004).

Voimaharjoittelu

Voimaharjoittelu tehtiin kuntosalilla. Koehenkilöt ohjeistettiin tutkimuksen alussa henkilökohtaisesti lihasharjoittelua varten. Näin pyrittiin varmistamaan, että kuntosaliharjoittelu olisi mahdollisimman tehokasta ja turvallista. Tutkimuksen aikana koehenkilöt tekivät kuntosaliharjoittelun itsenäisesti viikoittain päivitettävän kuntosaliohjelman mukaisesti (liite 4). Harjoittelu tapahtui pääasiassa TechnoGym-laitteilla (TechnoGym, the Wellness Company; Cambettola; Italia) ja vapailla painoilla.

Harjoitusohjelmat, joissa päivitettiin liikkeitä, toistoja ja vastuksia, annettiin koehenkilöille viikon alussa. Kehoa kuormitettiin monipuolisesti, mutta pääpaino oli niillä lihasryhmillä, joita testattiin mittauksissa. Alaraajoihin kohdistuvia liikkeitä olivat mm. jalkaprässi, päkiöille nousu ja reiden koukistus. Yläraajoihin ja -vartaloon kohdistuivat hauiskääntö, rintaprässi, ylätalja ja ojentajaliike. Keskivartaloa harjoitettiin vatsarutistuksella ja selkäliikkeellä. Harjoittelujakson aikana liikkeiden kuormitusta nostettiin progressiivisesti. Toistot vaihtelivat 5-15 välillä. Vastukset ja painot vaihtelivat toistoista riippuen.

Lihasvoimamittaukset

Lihasvoiman muutoksia tutkittiin isometrisellä lihaskuntotestillä. Isometrisen maksimivoiman mittaus tarkoittaa, että testattava tuottaa maksimaalisesti voimaa mahdollisimman nopeasti ja lyhyessä ajassa liikkumatonta kohdetta vastaan. Voimantuotto tapahtuu tietyllä nivelkulmalla, jolla mitattavan lihasryhmän voimantuotto on suurinta (Vuori ym. 2005). Mittaustilanteissa on tärkeää motivoida tutkittavaa henkilöä, jotta todellinen maksimivoima saavutettaisiin, koska lihasten tuottama voima on suurimmillaan, kun keskushermosto aktivoi yhä useampia lihasten motorisia yksiköitä. Maksimivoiman tuottamiseen vaikuttaa myös lihaksen poikkipinta-ala (Häkkinen 1990).

Mittaukset tehtiin Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian laitoksen tiloissa. Mittauslaitteina käytettiin Jyväskylän yliopiston jalka- ja vartalodynamometrejä. Tiedonkeruumenetelmä oli Datag Instruments Inc., USA:n ACODAS ja analysointiohjelmana Jyväskylän yliopiston kehittämä VOIMA. Isometrisissä maksimivoiman mittauksissa koehenkilöt ohjeistettiin tuottamaan maksimaalisesti voimaa mahdollisimman nopeasti liikkumatonta tasoa vastaan. Tasoissa kiinni olevat venymäliuska-anturit mittasivat tuotettua voimaa. Testiliikkeinä olivat jalkalihas-, rintalihas-, vartalonkoukistus- ja vartalonojennusliike. Kaikissa liikkeissä mitattiin maksimaalista voimantuottoa. Suoritus tehtiin kolme kertaa kaikissa mitattavissa lihasryhmissä. Isometrisessä jalkalihasliikkeessä ja rintalihasliikkeessä (penkkipunnerrus) mitattiin lisäksi voimantuottonopeutta eli sitä, kuinka nopeasti koehenkilö saa tuotettua liikkeen aikana maksimivoiman. Jalkalihasliikkeessä koehenkilöille määritettiin polvikulmaksi 107º. Rintalihasliikkeessä kyynärpään kulma oli 90º. Vartalonkoukistusliikkeessä koehenkilöt kiinnitettiin lantion kohdalta

vyöllä laitteeseen. Voimantuottoa mittaava anturi oli rinnan kohdalla. Selkäliikkeessä käytettiin samoja säätöjä. Kaikissa liikkeissä säädöt merkittiin ylös ensimmäisellä mittauskerralla, ja säädöt pysyivät samoina kaikilla testikerroilla. Todellisen maksimivoiman saavuttamisen vuoksi koehenkilöitä kannustettiin suorituksen aikana.

Lihasvoimamittausten luotettavuuteen vaikuttavat monet tekijät. Lihasvoimamittauksissa pyrittiin jokaisella mittauskerralla kontrolloimaan, että liikkeiden suoritustekniikka on puhdas. Koehenkilöiden asento suorituksissa yritettiin pitää mahdollisimman samana eri mittauskerroilla. Tätä varten jokaiselle oli tutkimuksien alussa mitattu sopiva etäisyys säädettävässä jalkadynamometrissä ja sopiva korkeus penkkipunnerrustangolle ja vartalodynamometrille. Suorituksia häiritsevät tekijät minimoitiin siten, että mittauksissa oli samanaikaisesti vain muutama koehenkilö, jotta ylimääräinen suorituspaine ei vaikuttaisi tuloksiin.

Jalkadynamometrin säädöt tarkastettiin loppumittauksissa jokaisen suorituksen välissä. Penkkipunnerruslaitteessa suoritustekniikka oli olennainen mittauksen luotettavuuden kannalta, ja koehenkilöt harjoittelivat ennen varsinaista suoritusta. Puhtaaseen suoritukseen vaadittiin, että tanko nostetaan kannattimelta mittausanturin lähelle ja maksimivoima tuotetaan nopeasti ilman, että tanko kolahtaa mittausanturiin.

Lihasvoiman mittaamisessa voidaan käyttää myös dynaamista menetelmää, yhden toiston maksimia (1 RM, RM = repetition maximum). Mittaaminen aloitetaan hieman pienemmällä painolla, kuin henkilön oletettu maksimisuoritus. Painoa lisätään progressiivisesti ja suoritusten välissä pidetään 1-5 minuutin palautumisaika mitattavasta lihasryhmästä riippuen (McArdle ym. 2001). Yhden toiston maksimisuorituksella tarkoitetaan suurinta mahdollista painoa, jonka koehenkilö jaksaa nostaa hyväksytysti yhden kerran. Yhden toiston maksimisuorituksen avulla voidaan määrittää dynaamiseen voimaharjoitteluun sopiva kuorma. Yhden (1 RM) ja kymmenen (10 RM) maksimitoiston kuormat mitattiin kuntosalilla jalkaprässilaitteessa (TechnoGym).

Verinäytteet

Verinäytteet otettiin aamulla 10-12 tunnin paaston jälkeen kyynärlaskimosta. Samana mittausajankohtana otettiin myös kehonkoostumusmittaukset. Veden juonti oli sallittua ennen verinäytteiden ottoa. Näytteistä analysoitiin perusverenkuva (PVK). Verinäytteet otettiin yhteen 5/2 ml K2E vakuumiputkeen (B&D Vacutainer, Plymouth, UK), yhteen 5/3 ml seerumigeeliputkeen (B&D Vacutainer, Plymouth, UK) ja yhteen 5/2 ml FX-putkeen (B&D Vacutainer, Plymouth, UK). PVK tehtiin K2E-putkesta heti näytteenoton jälkeen Sysmex KX 21N-analysaattorilla (Sysmex Co., Kobe, Japan). Seerumigeeliputki sentrifugoitiin 3500 rpm 10 min ja seerumista analysoitiin kokonaiskolesteroli (S-KOL), HDL-kolesteroli (S-KOL-HDL) ja triglyseridit (S-TRIGLY) Konelab 20 XTi-analysaattorilla (Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa, Finland). Laskennallinen seerumin LDL-kolesteroli (S-KOL-LDL) laskettiin käyttäen Friedenwaldin kaavaa. Seerumi pakastettiin -80 ℃ pakastimeen hormonimäärityksiä varten. FX-putki sentrifugoitiin 3500 rpm 10 min. Plasman glukoosi (GLUK) analysoitiin Konelab 20 XTi analysaattorilla (Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa, Finland). Hormoninäytteet (testosteroni, SHBG, kortisoli ja estradioli) analysoitiin Immulite 1000-analysaattorilla (Siemens Healthcare Diagnostics LA, Ca, USA). Verinäytteiden otosta ja analysoinnista vastasi näytteiden ottoon koulutuksen saanut laboratoriomestari.

Antropometria

Antropometrialla tarkoitetaan ihmisruumiin rakenteen, mittasuhteiden ja koostumuksen analysoimista erilaisin mittauksin. Mittauksissa koehenkilöiltä mitattiin paino, pituus ja kehonkoostumus. Mittaukset otettiin aamulla paastomittauksina. Paaston ohjeistus koehenkilöille oli se, että 10- 12 tuntiin ei saanut syödä mitään. Veden juominen oli kuitenkin sallittua. Pituus mitattiin seinämitalla. Tulokset otettiin 1 cm:n tarkkuudella. Kehonkoostumus- ja painomittaukset tehtiin InBody-bioimbedanssilaitteella. Bioimbedanssimittauksissa koehenkilöillä oli yllään vain alusvaatteet. Jalkapohjat ja kämmenet puhdistettiin ennen mittausta. Mittaukset tehtiin Jyväskylän yliopiston liikuntabiologisen laitoksen tiloissa.

Koska kehonkoostumusta ei ihmisillä voida mitata suoraan, täytyy kehonkoostumuksen mittauksessa turvautua keinoihin, jotka arvioivat elimistön sisältämää rasvaa, lihasta, luukudosta sekä nesteitä. Bioimbedanssi-laitteen toiminta perustuu kehon kykyyn johtaa sähköä. Laite mittaa kehon nesteitä. Kudoksien välisistä nestepitoisuuseroista voidaan tulkita eri kudoksien osuudet kehon massasta. Elimistön nestetasapaino vaikuttaa bioimbedanssimittauksen luotettavuuteen. Koska sähkön johtavuus paranee solun ulkoisen nestetilavuuden suurentuessa, mm. hikoilussa tapahtuva nesteen menetys suurentaa vastusta ja rasvan määrän ennustetta. Ylimääräinen neste elimistössä, esimerkiksi ennen kuukautisia ja aterian jälkeen, parantaa sähkönjohtavuutta ja pienentää rasvaprosenttiennustetta. Sähköisen bioimbedanssimittauksen hyvänä puolena on se, että mittaajasta johtuvat mittausvirheet ovat käytännössä olemattomia. Mittausolojen ja koehenkilöstä johtuvien aineenvaihdunnallisten tekijöiden vakioiminen on kuitenkin haastavaa. Esimerkiksi naisille tehtäviä mittauksia ei tulisi suorittaa kuukautisten aikana. Aikataulullisista syistä johtuen tätä seikkaa ei tässä tutkimuksessa voitu ottaa huomioon (Fogelholm 2004).

Ortostaattinen koe

Ortostaattisella kokeella pyrittiin selvittämään koehenkilöiden sykevälivaihteluiden muutosta yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksesta. Ortostaattinen koe tehtiin aamulla 10-12 tunnin paaston jälkeen. Kokeessa koehenkilöiden piti ensin mennä makuulle ja maata puhumatta 5 minuuttia. Tämän jälkeen koehenkilöt nousivat ylös seisomaan ja testi jatkui vielä 5 minuuttia. Ortostaattisen kokeen aikana koehenkilöiden syketiedot tallentuivat Firstbeatin Memorybelt-sykevöille. Sykeaineisto analysoitiin Firstbeatin Hyvinvointi-ohjelman avulla. Sykeaineistosta analysoitiin sykevälivariaatioita (HFP = high frequency power ja LFP = low frequency power), jotka toimivat mittareina sympaattisen ja parasympaattisen hermoston toiminnasta.

Lisäksi koehenkilöiltä mitattiin ortostaattisen kokeen aikana leposyke. HFP:a ja LFP:a analysoitaessa otettiin huomioon ortostaattisen kokeen 2.-4. minuutit, jolloin koehenkilöt makasivat maassa, sekä 6.-8. minuutit, jolloin koehenkilöt seisoivat. Leposykettä analysoitaessa otettiin huomioon ortostaattisen kokeen 2.-4. minuutit, jolloin koehenkilöt makasivat lattialla. Jotta sykevariaatioista saataisiin luotettavaa tietoa, tulee HFP:n mittaamiseen käyttää vähintään minuutin, ja LFP:n vähintään kahden minuutin mittausjakso. (Task Force 1996). Ensimmäiset minuutit makuulta ja seisten jätettiin tulosten ulkopuolelle, jotta alussa ennen mittauksia tapahtunut aktiivisuus ja heti seisomaan nousun jälkeinen vaikutus sykkeeseen eivät vaikuttaisi mittaustuloksiin. Viimeiset minuutit makuulta ja seisten jätettiin pois, sillä asennon

muutos sekä mittauksen lopun lähestyminen olisi esimerkiksi saattanut alkaa jännittämään koehenkilöitä, millä olisi voinut olla jonkin verran vaikutusta sykkeeseen.

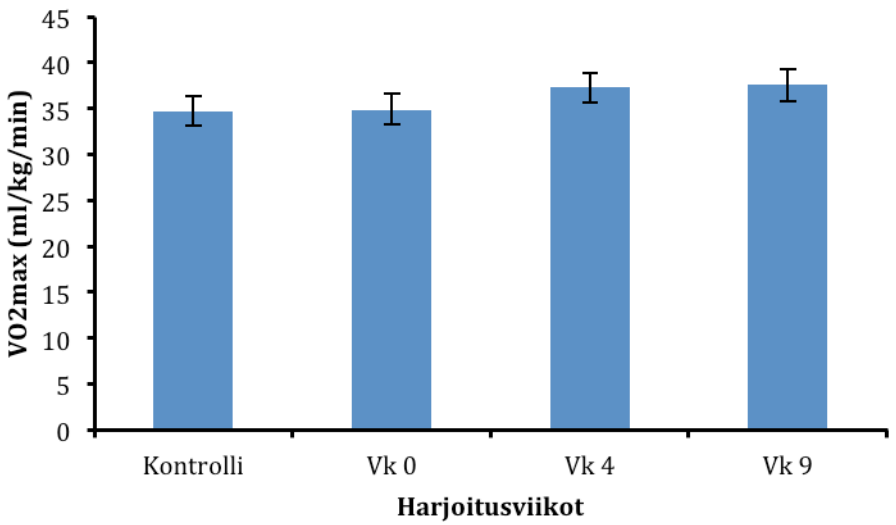
Tilastolliset testaukset

Tilastollisessa testauksessa verrattiin koehenkilöillä mitattujen arvojen muutoksia harjoittelujakson edetessä. Kaikista mitattavista testisuureista laskettiin koehenkilöiden keskiarvot, tulosten keskihajonnat (SD) ja keskiarvon keskivirheet (SE). Testituloksista on jokaisen muuttujan kohdalta ilmoitettu testisuure (t), tilastollinen merkitsevyys (p) ja vapausaste (df). Kontrollimittauksen tuloksia verrattiin ainoastaan ensimmäisen varsinaisen mittauksen tuloksiin. Tilastollisessa testauksessa käytettiin PASW Statistics 18 -ohjelmaa ja parittaista t-testiä (Paired-Samples T-test). Korrelaatioiden laskemisessa käytettiin Pearsonin bivariaatti-korrelaatiotestiä

8. TULOKSET

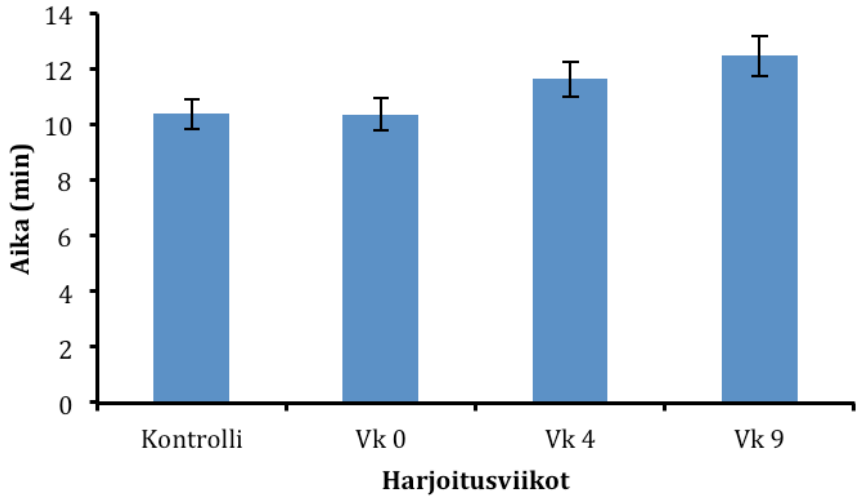
8.1. Kestävyysmittaukset

Koehenkilöiden maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) (ml/kg/min) kehittyi 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana 8,5 %:lla (t = -6,14, p< 0,001, df = 13) (kuva 6). Kontrolli- ja alkumittausten välillä tuloksissa ei ollut eroa (t = -0,56, p= 0,587, df = 15). Tutkimuksen alussa koehenkilöiden tuloksien keskiarvo oli 34,9 ml/kg/min (± 6,606). Suurinta tuloksien kehitys oli harjoittelun alun ja 4. viikon välillä. Ensimmäisen 4 viikon jälkeen VO_{2max} oli 37,3 ml/kg/min (± 6,031) eli nousua oli tapahtunut 6,9 % (t = -6,89, p < 0,001, df = 13). Tutkimuksen lopussa koehenkilöiden keskiarvo oli 37,8 ml/kg/min (± 6,320). VO_{2max}:n ja kehon rasvakudoksen määrän väliltä löytyi vahva negatiivinen korrelaatio (liite 5). VO_{2max}:n ja kehon lihaskudoksen määrän väliltä korrelaatiota ei löytynyt.



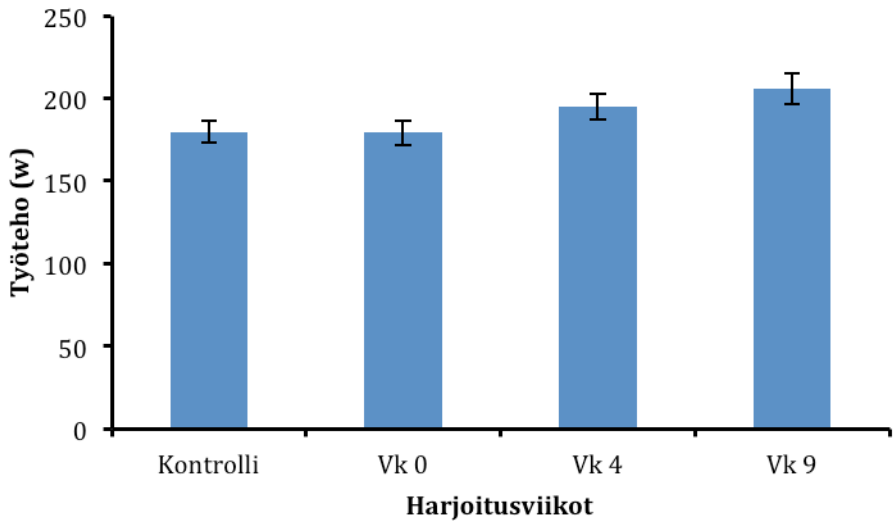
Kuva 6. Koehenkilöiden polkupyöräergometritestissä saavuttama maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) (ml/kg/min) 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17). Kontrollimittaukset tehtiin viikkoa ennen alkumittauksia (0 vk).

Polkupyöräergometritestissä polkemiseen käytetty aika oli tutkimuksen alussa keskimäärin 10 minuuttia 23 sekuntia. Kontrolli- ja alkumittausten välillä tuloksissa ei ollut eroa (t = 0,25, p= 0,805, df = 15). Neljännen viikon kohdalla keskiarvo oli noussut 11 minuuttiin 37 sekuntiin (0. – 4. vk, t = -9,96, p < 0,001, df = 13). Yhdeksännen viikon kohdalla keskiarvo oli 12 minuuttia 27 sekuntia (4. – 9. vk t = -3,08, p = 0,011, df = 11). Yhdeksän viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana polkupyöräergometritestin suorittamiseen käytetty aika kasvoi 20,3 %:lla (t = -6,2, p < 0,001, df = 13) (kuva 7).



Kuva 7. Koehenkilöiden käyttämä aika polkupyöräergometritestissä (minuutteina) 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17). Kontrollimittaukset tehtiin viikkoa ennen alkumittauksia (0 vk).

Yhdeksän viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana polkupyöräergometritestin tulokset paranivat työtehona mitattuna 12,8 %:lla ($t = -6{,}10$, $p < 0{,}001$, $df = 13$) (kuva 8). Kontrolli- ja alkumittausten välillä tuloksissa ei ollut eroa ($t = 0{,}13$, $p = 0{,}902$, $df = 15$). Työteho oli alussa keskimäärin 179 wattia (± 28,79). Neljännen viikon kohdalla työteho oli 195 wattia (± 28,26) (0. – 4. vk, $t = -10{,}13$, $p < 0{,}001$, $df = 13$) ja lopussa 9. viikon kohdalla 205 wattia (± 34,79) (4. – 9. vk $t = -3{,}05$, $p = 0{,}011$, $df = 11$).

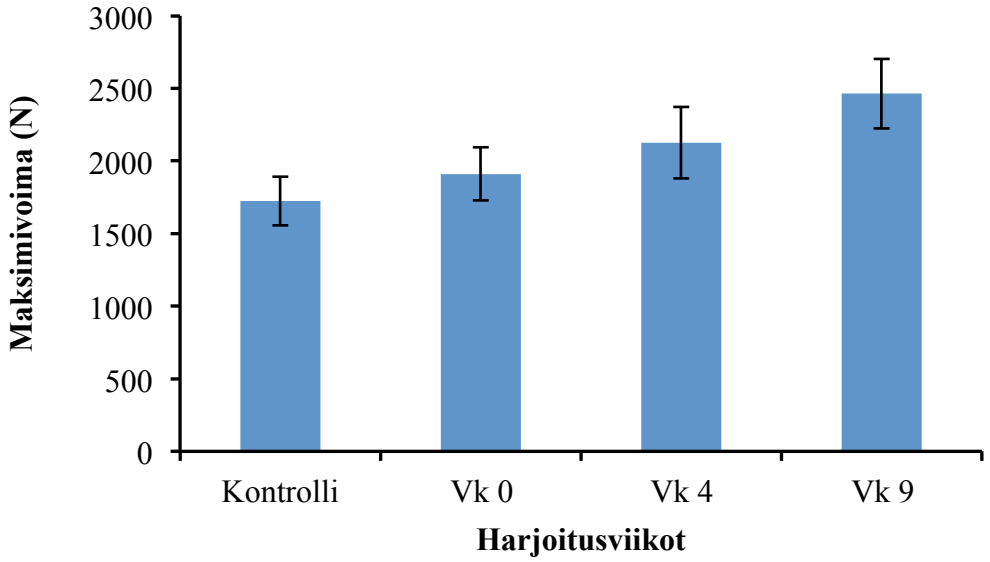


Kuva 8. Koehenkilöiden polkupyöräergometritestissä saavuttama työteho (watteina) 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17). Kontrollimittaukset tehtiin viikkoa ennen alkumittauksia (0 vk).

8.2. Isometriset jalka- ja rintalihasmittaukset

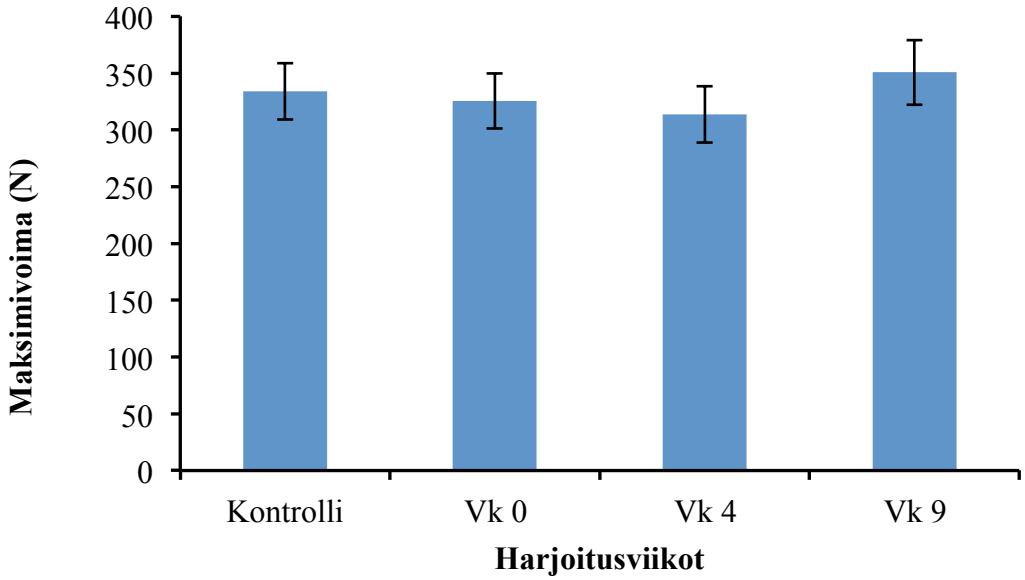
Isometrinen maksimivoima

Koehenkilöiden maksimaalinen isometrinen jalkalihasvoima kasvoi 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana 28,9 % ($t = -4{,}254$, $p = 0{,}001$, $df = 13$) (kuva 9.) Tutkimuksen alussa koehenkilöiden keskimääräinen maksimivoima isometrisessä jalkaprässiliikkeessä oli 1910 ± 183,3 N ja loppumittauksissa 2460 ± 239,7 N. Maksimivoiman kasvu, 11,2 %, oli suuntaa antava ensimmäisen neljän viikon aikana ($t = -2{,}126$, $p = 0{,}053$, $df = 13$). Tutkimusjakson 4. ja 9. viikon välillä kasvua tapahtui 15,9 % ($p=0{,}008$). Kontrolli- ja alkumittausten välillä maksimivoima kasvoi 10,8 % ($t = -3{,}147$, $p = 0{,}006$, $df = 16$).



Kuva 9. Koehenkilöiden jalkalihasten isometrinen maksimivoima, 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).

Maksimaalinen isometrinen penkkipunnerrusvoima parani harjoittelujakson aikana 7,8 % ($t = -2{,}525$, $p = 0{,}025$, $df = 13$) (kuva 10). Isometrisessä penkkipunnerruksessa koehenkilöiden maksimivoima oli alkumittauksissa 330 ± 24,2 N ja loppumittauksissa 350 ± 28,6 N. Ensimmäisen neljän viikon aikana maksimivoima ei muuttunut ($t = 0{,}690$, $p = 0{,}502$, $df = 13$), mutta kasvoi 4. ja 9. viikon välillä 11,8 % ($t = -2{,}525$, $p < 0{,}001$, $df = 11$).

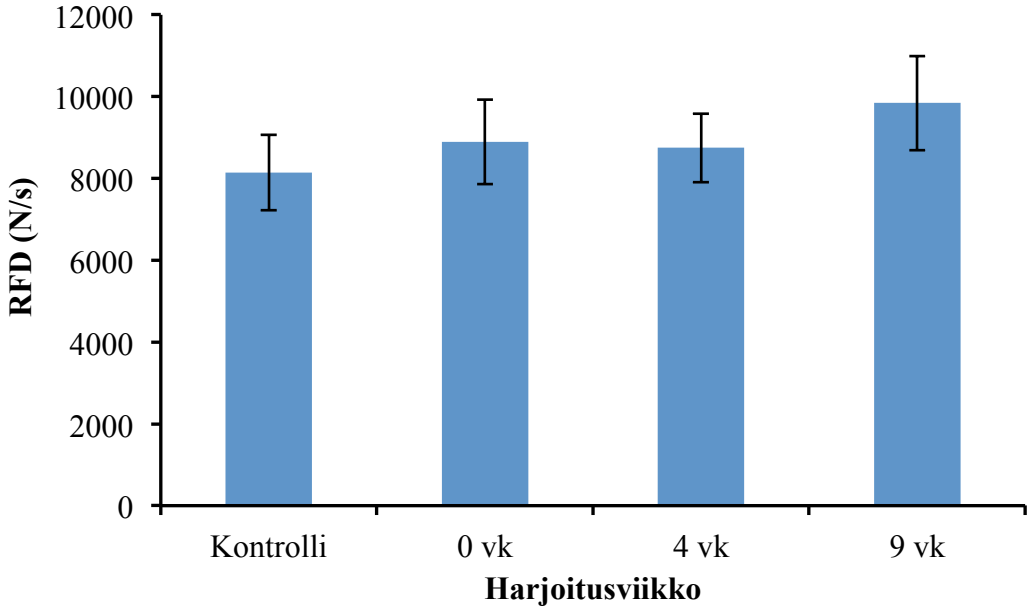


Kuva 10. Koehenkilöiden isometrinen maksimivoima (Newtoneina) penkkipunnerruksessa, 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).

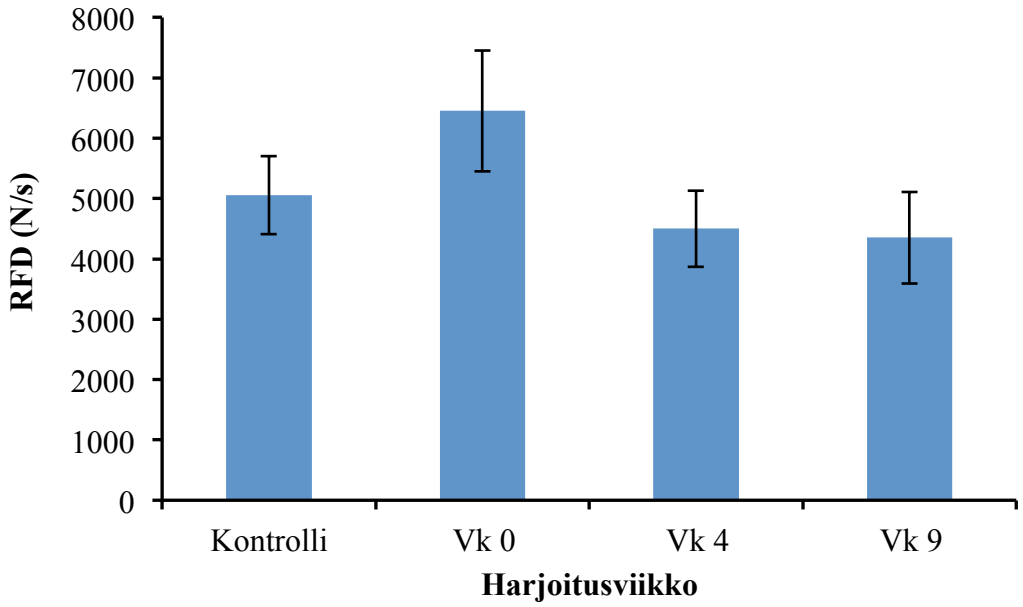
Maksimaalinen voimantuottonopeus

Isometrisessä jalkalihasvoiman mittauksessa voiman nousunopeuden maksimi, RFD, (RFD = rate of force development) ei muuttunut 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana ($t = -0{,}710$, $p = 0{,}490$, $df = 13$). (kuva 11).

Voiman nousunopeuden maksimissa (RFD) ei havaittu muutosta myöskään penkkipunnerrusliikkeessä ($t = 1{,}751$, $p = 0{,}103$, $df = 13$) (kuva 12).



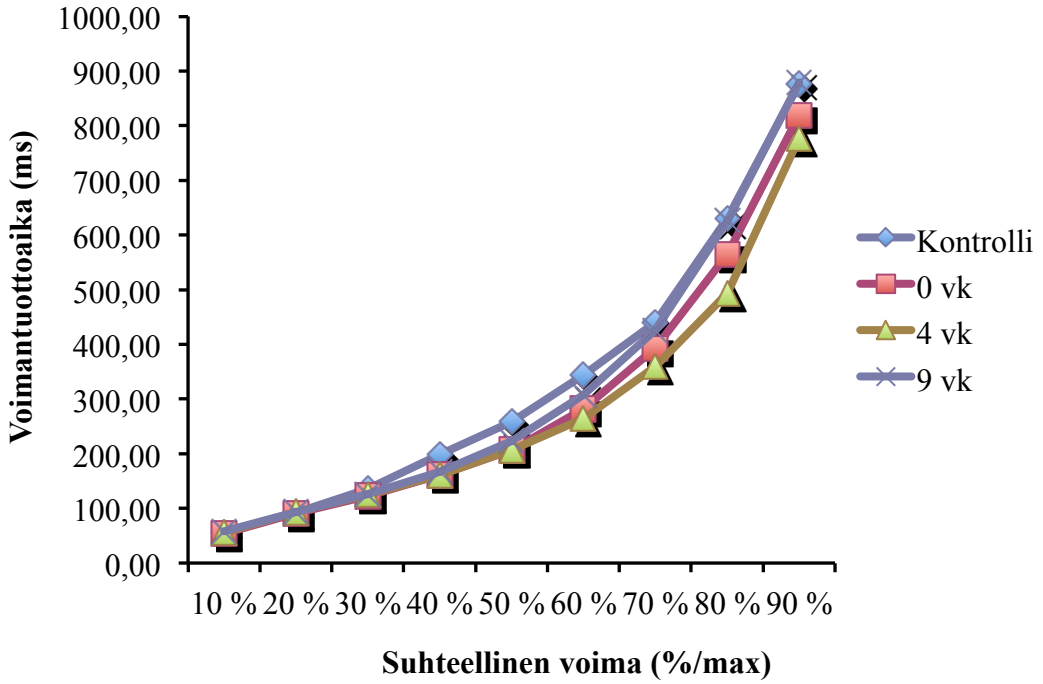
Kuva 11. Voiman nousunopeuden maksimi (RFD) 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana isometrisessä jalkalihasliikkeessä (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).



Kuva 12. Voiman nousunopeuden maksimi isometrisessä penkkipunnerruksessa 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).

Voimantuottoajat isometrisissä jalka- ja rintalihasvoimanmittauksissa

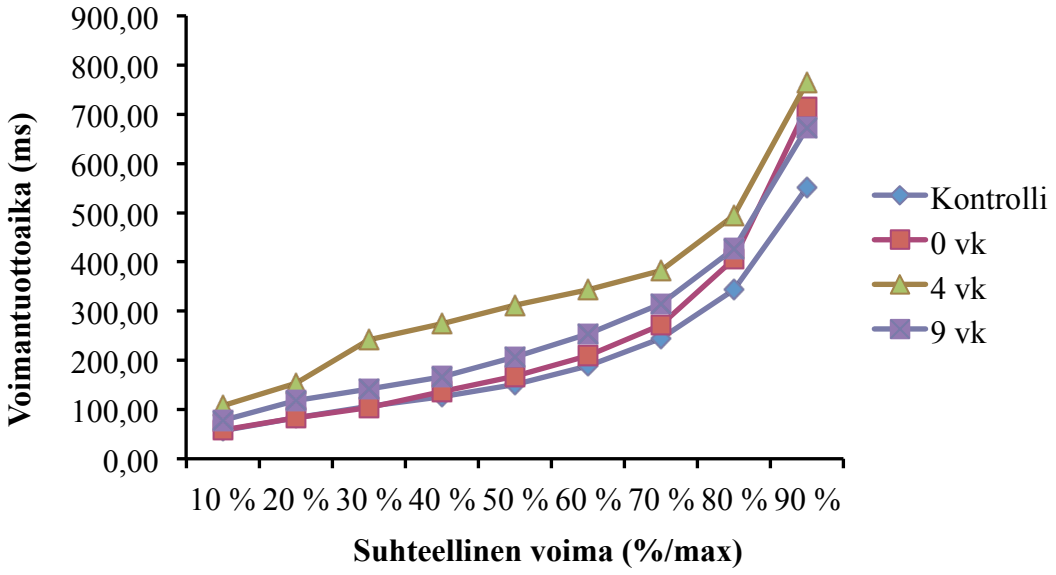
Koehenkilöiden voimantuottoajoissa ei tapahtunut muutosta minkään suhteellisen (% maksimivoimasta) (kuva 13) tai absoluuttisen (taulukko 3) voimamuuttujan kohdalla isometrisessä jalkalihasliikkeessä. Muutosta ei myöskään tapahtunut isometrisessä penkkipunnerruksessa minkään suhteellisen (kuva 14) ja absoluuttisen (taulukko 4) voiman arvon kohdalla.



Kuva 13. Voimantuottoajat isometrisessä jalkalihasliikkeessä 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot, N=17).

Taulukko 3. Koehenkilöiden voimantuottoajat isometrisessä jalkalihasliikkeessä 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelujakson aikana. (SD = keskihajonta, p = tilastollinen merkitsevyys).

	Vk 0		**Vk 4**		**Vk 9**		**Muutos (0-9 vk)**	
Abso-luuttinen voima	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$ **Muutos-%**	**p**
50N	20	(7,4)	23	(7,89)	23	(10,5)	15,0	0,084
100N	35	(17,3)	36	(11,6)	36	(14,0)	2,9	0,670
150N	50	(29)	48	(13,7)	47	(19,1)	6,0	0,859
200N	62	(37,7)	59	(16,6)	56	(22,4)	9,7	0,786
250N	78	(58,4)	70	(22)	65	(26,1)	16,7	0,283
300N	90	(69)	80	(27)	73	(29,3)	18,9	0,194
400N	149	(218,3)	102	(38,13)	93	(49,5)	37,6	0,003
600N	130	(85,4)	150	(81,7)	136	(98,84)	4,6	0,192
800N	187	(143,5)	165	(104,7)	215	(262,1)	15,0	0,278



Kuva 14. Voimantuottoajat isometrisessä penkkipunnerruksessa 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana.

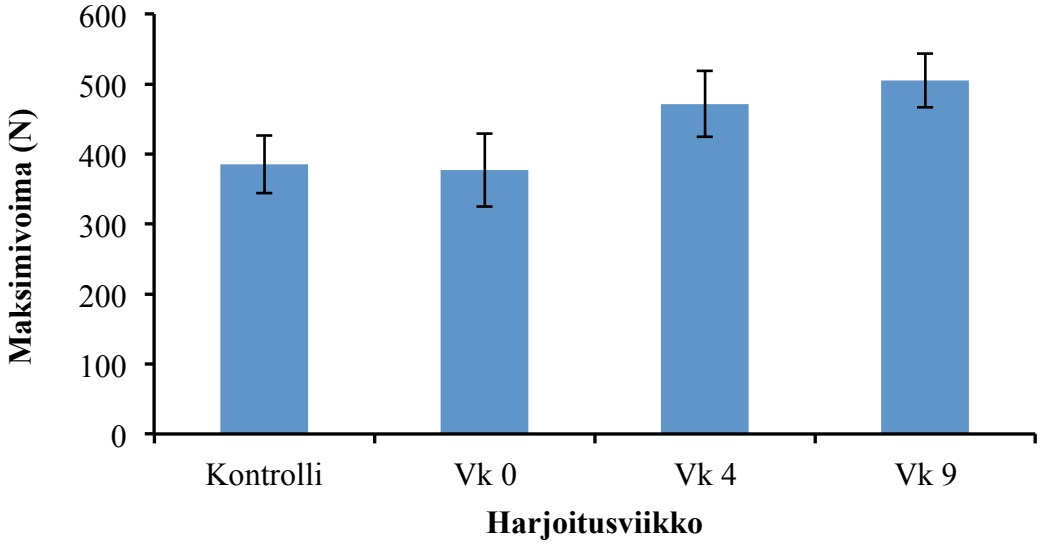
Taulukko 4. Koehenkilöiden voimantuottoajat isometrisessä penkkipunnerrusliikkeessä 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelujakson aikana. (SD = keskihajonta, p = tilastollinen merkitsevyys).

	Vk 0		**Vk 4**		**Vk 9**		**Muutos (0-9 vk)**	
Abso-luuttinen voima	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$ **Muutos-%**	**p**
50N	61	(35,4)	113	(103,4)	77	(51,2)	26,2	0,419
100N	103	(105,9)	217	(276,0)	115	(73,12)	11,7	0,993
150N	137	(163,8)	260	(318)	146	(89,61)	6,6	0,839
200N	167	(215,4)	289	(337,5)	170	(103)	1,8	0,713
250N	173	(206,9)	336	(355,3)	221	(154,8)	27,7	0,586
300N	158	(138,5)	345	(389,5)	226	(171,2)	43,0	0,238
400N	210	(193)	397	(479,4)	298	(267,2)	41,9	0,201
600N	210	(212)	350	(407)	416	(465,9)	98,1	0,208
800N	263	(443,2)	376	(770,2)	270	(302)	2,7	0,892

8.3. Isometrinen vartalonkoukistus

Koehenkilöiden isometrisessä vartalonkoukistusliikkeessä saavuttama maksimivoima parani 27,2 % alku- ja loppumittausten välillä (t=-4,387, p=0,001, df=14). Maksimaalinen vartalonkoukistusvoima oli koehenkilöillä tutkimusjakson alussa 380 ± 52,2 N ja tutkimusjakson lopussa 510 ± 38,4 N. Kontrolli- ja alkumittausten välillä

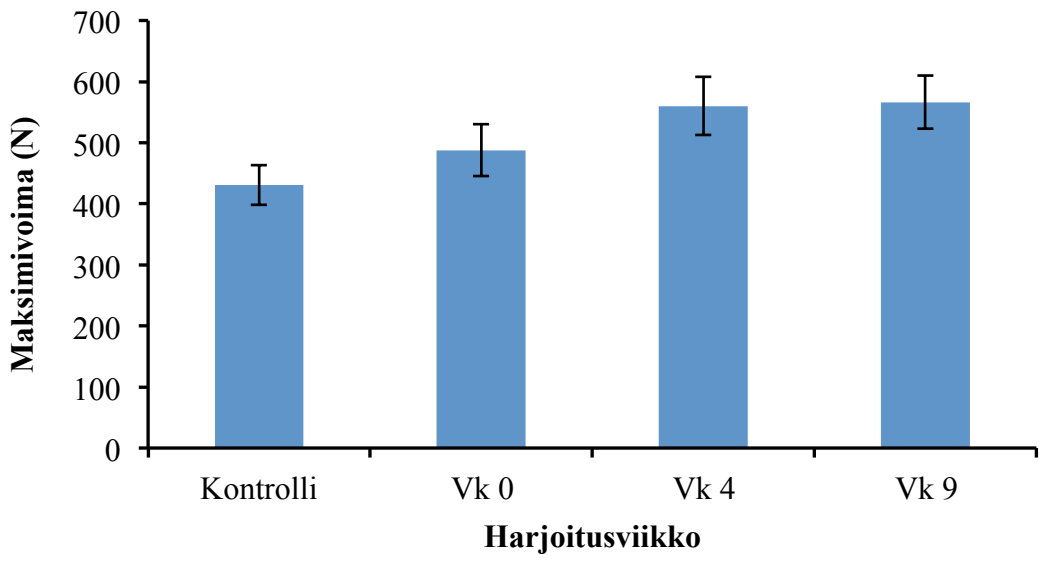
ei ollut eroa (t = -0,617, p = 0,546, df = 16). Ensimmäisen neljän viikon aikana maksimivoima kasvoi 25 % (t = -2,951, p = 0,011, df = 14) (kuva 15).



Kuva 15. Koehenkilöiden saavuttama maksimivoima isometrisessä vartalonkoukistusliikkeessä 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).

8.4. Isometrinen vartalonojennus

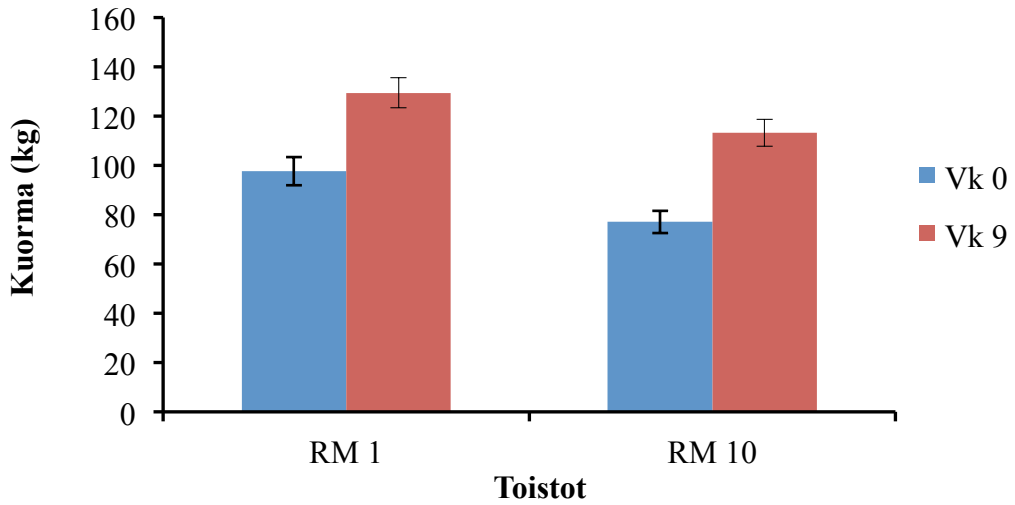
Koehenkilöiden saavuttama maksimivoima parani isometrisessä vartalonojennusliikkeessä 16,1 % 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelun aikana (t = -2,197, p = 0,045, df = 14). Maksimaalinen vartalonojennusvoima oli koehenkilöillä tutkimusjakson alussa 490 ± 42,5 N ja tutkimusjakson lopussa 570 ± 43,4 N. Ensimmäisen neljän viikon aikana maksimivoiman kasvu oli suuntaa antava (t = -2,062, p = 0,058, df = 14). Neljännen ja yhdeksännen viikon välillä muutosta ei tapahtunut (t = 0,093, p = 0,928, df = 12) (kuva 16).



Kuva 16. Koehenkilöiden vartalonojennusliikkeessä saavuttama maksimivoima 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).

8.5. Dynaaminen maksimivoima

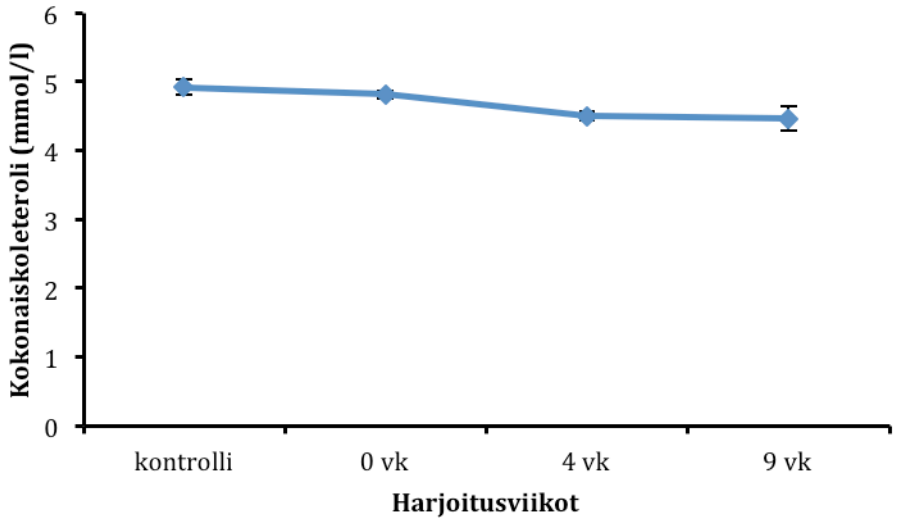
Maksimikuorma lisääntyi 32,5 % ($t = -15{,}22$, $p < 0{,}001$, $df = 15$) yhden maksimitoiston testeissä (RM1) ja 46,8 % ($t = -13{,}34$, $p < 0{,}001$, $df = 15$) kymmenen maksimitoiston testeissä (RM10) jalkaprässiliikkeessä (kuva 17). Harjoittelujakson alussa RM1 oli 98 ± 5,72 kg ja 9 viikon harjoittelujakson jälkeen 129 ± 6,087 kg. RM10 oli harjoittelujakson alussa 77 ± 4,52 kg ja 9 viikon jälkeen 113 ± 5,456 kg.



Kuva 17. Koehenkilöiden jalkaprässiliikkeessä saavuttama kuorma yhden maksimitoiston (RM1) ja kymmenen maksimitoiston (RM10) testeissä 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson alussa ja lopussa (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=16).

8.6. Seerumin kokonais-, HDL- ja LDL-kolesteroli

Koehenkilöiden keskimääräinen kokonaiskolesteroli oli tutkimuksen kontrolli- ja alkumittauksissa hieman yleisen suositusrajan alapuolella (< 5 mmol/l). Kontrollimittauksessa koko ryhmän keskiarvo (± keskihajonta) oli 4,96 mmol/l (± 0,47). Alkumittauksessa vastaava luku oli 4,83 mmol/l (± 0,262). Kontrolli- ja alkumittausten välillä kokonaiskolesterolissa ei tapahtunut muutosta. ($t = 1,12$, $p = 0,279$, $df = 16$). Kokonaiskolesteroli laski 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana 7,6 % ($t = 2,21$, $p = 0,046$, $df = 13$) (kuva 18). Loppumittauksissa ryhmän keskiarvo oli 4,46 mmol/l (± 0,685). Suurin muutos tapahtui 4. viikkoon mennessä ($t = 3,76$, $p = 0,002$, $df = 13$). Neljännen ja yhdeksännen viikon välillä muutosta ei enää tapahtunut ($t = 0,21$, $p = 0,836$ $df = 12$). Kokonaiskolesteroli ei korreloinut maksimaalisen hapenottokyvyn tai elimistön rasvakudoksen määrän kanssa.



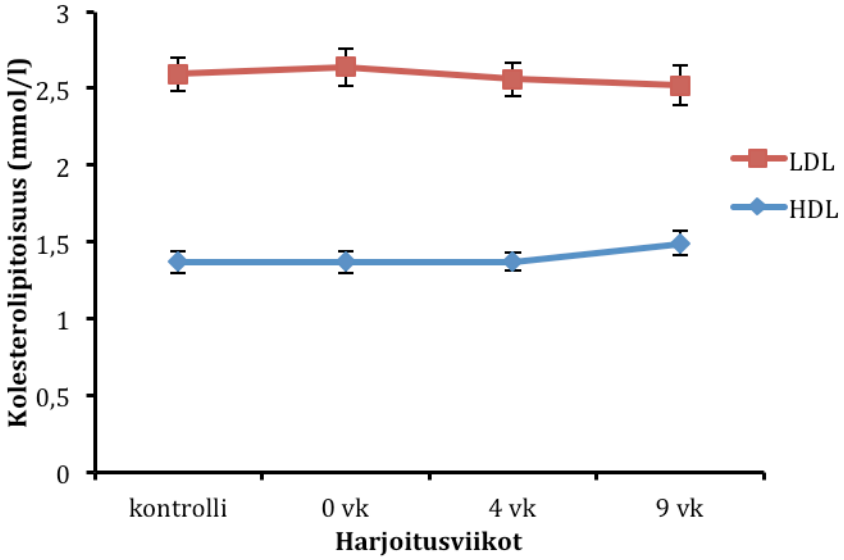
Kuva 18. Koehenkilöiden veren kokonaiskolesterolipitoisuudet 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17). Kontrollimittaukset tehtiin viikkoa ennen alkumittauksia (0 vk).

LDL-kolesterolipitoisuus oli ennen harjoittelujaksoa lähellä suositusten ylärajaa (2,6 mmol/l). Alkumittauksessa koehenkilöiden keskiarvo oli 2,67mmol/l (± 0,491). Kontrolli- ja alkumittauksien välillä muutosta ei tapahtunut ($t = -0,66$, $p = 0,519$, $df = 16$). Yhdeksän viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakso ei muuttanut LDL:n pitoisuutta veressä (kuva 19) ($t = 1,47$, $p = 0,165$, $df = 13$).

HDL-pitoisuus (high density lipoprotein) kasvoi 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana 8,8 % (kuva 19) ($t = -2,91$, $p = 0,012$, $df = 13$). Neljännen viikon kohdalla muutosta ei ollut vielä tapahtunut ($t = -0,36$, $p = 0,717$, $df = 14$)), mutta tutkimuksen loppuun mennessä (9. viikon kohdalla) koehenkilöiden keskiarvo HDL-pitoisuudessa oli noussut 1,48 mmol/l (± 0,286) ($t = -2,50$, $p = 0,028$, $df = 12$). Kontrolli- ja alkumittauksien välillä muutosta ei tapahtunut ($t = -0,36$, $p = 0,723$, $df = 16$).

Veren LDL-pitoisuuden ja ravinnon tyydyttyneiden rasvojen väliltä ei löytynyt

korrelaatiota. Veren HDL-pitoisuus korreloi kehon lihaskudoksen määrän kanssa. Kehon rasvamassan ja HDL-pitoisuuden, tai maksimaalisen hapenottokyvyn ja HDL-pitoisuuden väliltä korrelaatiota ei löytynyt (liite 5).



Kuva 19. Koehenkilöiden veren HDL- ja LDL-pitoisuudet 9. viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17). Kontrollimittaukset tehtiin viikkoa ennen alkumittauksia (0 vk).

8.7. Veren hemoglobiini-, paastoglukoosi- ja triglyseridipitoisuudet

Yhdeksän viikon kestävyys- ja voimaharjoittelun aikana koehenkilöiden veren hemoglobiinipitoisuudessa ei tapahtunut muutosta (t = 0,66, p = 0,524, df = 13) (taulukko 5). Kontrolli- ja alkumittauksien välillä muutosta ei tapahtunut (t = 1,18, p = 0,255, df = 16).

Taulukko 5. Hemoglobiinin (g/l), paastoglukoosin (mmol/l) ja triglyseridien (mmol/l) pitoisuudet 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana. Tulokset on ilmoitettu koehenkilöiden keskiarvona (keskihajonta). Tutkimuksen aikana tapahtunut muutos on ilmoitettu keskiarvon absoluuttisena muutoksena (ka muutos) sekä suhteellisena muutoksena (ka muutos-%).

		Hemoglobiini (g/l)	**Paastoglukoosi (mmol/l)**	**Triglyseridi (mmol/l)**
Kontrolli-	$\bar{x}$	136	5,29	1,17
mittaus	**(Sd)**	(7,538)	(0,417)	(0,336)
Alku-	$\bar{x}$	136	5,12	1,04
mittaus	**(Sd)**	(7,658)	(0,303)	(0,350)
Väli-	$\bar{x}$	137	Ei otettu	0,95
mittaus	**(Sd)**	(8,196)	Ei otettu	(0,242)
Loppu-	$\bar{x}$	134	5,37	1,01
mittaus	**(Sd)**	(9,085)	(0,352)	(0,287)
Muutos	$\bar{x}$	- 2	0,25	-0,03
(0-9 vk)	$\bar{x}$**%**	-1,47	4,88	-2,88

Koehenkilöiden veren paastoglukoosipitoisuus oli tutkimuksen alussa keskimäärin 5,12 mmol/l, mikä oli suosituksien mukainen (< 6,1 mmol/l). Yhdeksän viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana pitoisuus nousi 0,25 mmol/l eli 4,9 % (t = -2,424, p = 0,031, df = 13) (taulukko 5). Paastoglukoosipitoisuutta ei mitattu 4. viikon kohdalla. Kontrolli- ja alkumittausten välillä havaittiin pientä muutosta. Kontrollimittauksessa paastoglukoosipitoisuus oli 5,26 mmol/l (± 0,417) ja alkumittauksessa 5,12 mmol/l (± 0,303) (t = 2,370, p = 0,031, df = 16).

Veren triglyseridipitoisuus oli ryhmällä alussa keskimäärin 1,04 mmol/l (± 0,350). Arvo oli suosituksien mukainen. Yhdeksän viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana veren triglyseridipitoisuus ei muuttunut (taulukko 5) (t = 0,943, p = 0,363, df = 13). Myöskään kontrolli- ja alkumittausten välillä ei tapahtunut muutosta (t= 1,253, p = 0,228, df = 16). Veren triglyseridipitoisuus ei korreloinut maksimaalisen hapenottokyvyn, ravinnon hiilihydraatti- ja proteiinipitoisuuden tai tyydyttyneiden rasvojen määrän kanssa (liite 5).

8.8. Kehon koostumus

Koehenkilöiden paino (t=-1,730, p=0,107, df=13), rasvamassa (t=0,804, p=0,436, df=13) ja rasvaprosentti (t=1,789, p=0.098, df=13) eivät muuttuneet 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana. Rasvaprosentti kuitenkin laski ensimmäisen neljän viikon aikana 2,5 % (t = 3,515, p = 0.003, df = 14). Lihasmassa (SMM = sceletal muscle mass) kasvoi harjoittelujakson aikana keskimäärin 0,8 % (t = -3,122, p = 0,008, df = 13) (taulukko 6).

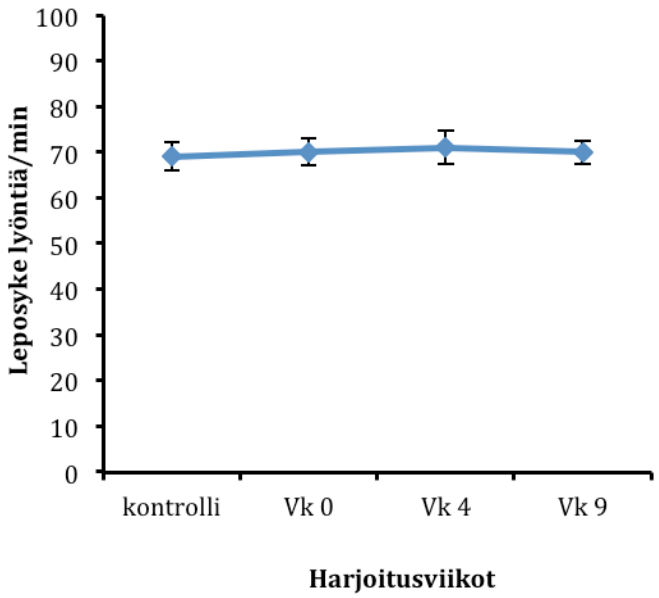
Taulukko 6. Kehon koostumus 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelujakson aikana. (SD = keskihajonta, p = tilastollinen merkitsevyys).

	Vk 0		**Vk 4**		**Vk 9**		**Muutos (0-9 vk)**	
	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$ **Muutos-%**	**p**
Paino (kg)	72,3	(12,9)	72,3	(13,3)	71,9	(13,1)	- 0,38	0,107
SMM (kg)	26,4	(3,4)	26,9	(3,7)	26,6	(3,4)	0,83	0,008
Rasvamassa (kg)	24,5	(9,8)	23,5	(9,6)	23,9	(9,9)	- 2,27	0,436
Rasva-%	32,8	(8,6)	31,9	(8,5)	33,2	(8,6)	1,14	0,098

8.9. Sykemuuttujat

Leposyke

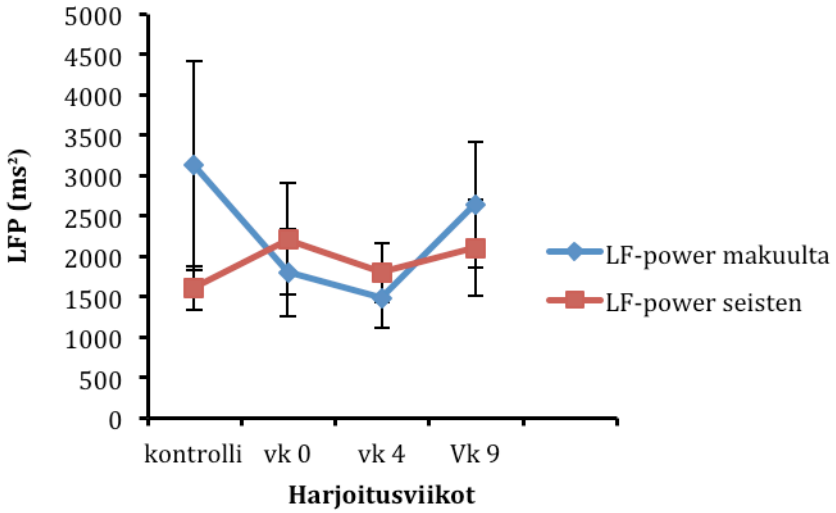
Koehenkilöiden leposyke ei muuttunut 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (kuva 20) (t = -0,37, p = 0,718, df = 9). Kontrolli- ja alkumittauksen välillä tuloksissa ei ollut eroa (t = 0,25, p = 0,810, df = 8). Leposykkeen taso oli kaikilla mittauskerroilla n. 70 lyöntiä minuutissa. Yhdenkään mittauskerran välillä ei ollut eroa (0.-4. vk: t = - 1,49, p = 0,168, df = 10, 4.-9. vk: t = 0,32, p = 0,758, df = 10).



Kuva 20. Koehenkilöiden ortostaattisessa kokeessa mitattu leposyke (lyöntiä/min) 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17). Kontrollimittaukset tehtiin viikkoa ennen alkumittauksia (Vk 0).

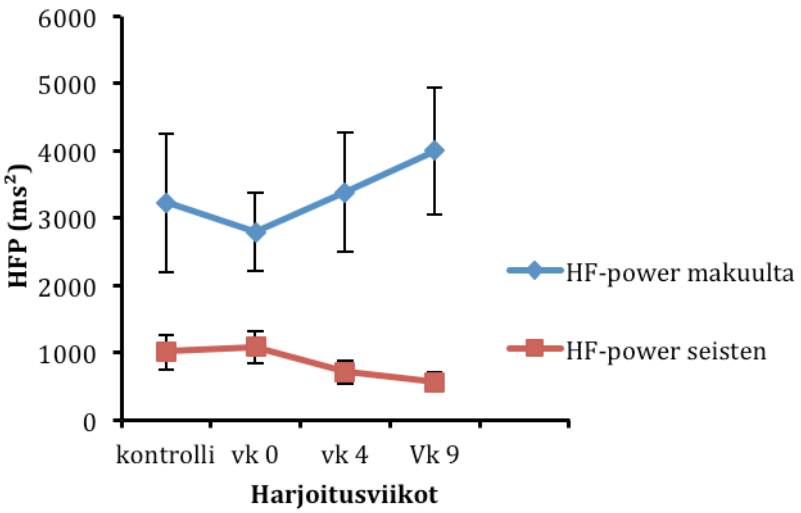
Sykevariaatiot

Yhdeksän viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana koehenkilöiden LF-powerissa ei tapahtunut muutosta makuulla (kuva 21) ($t = -2{,}21$, $p = 0{,}063$, $df = 9$) tai seisten ($t = -0{,}32$, $p = 0{,}759$, $df = 9$) mitatuissa tuloksissa. Kontrolli- ja alkumittausten välillä tuloksissa ei ollut eroa (makuulla: $t = 1{,}19$, $p = 0{,}269$, $df = 8$, seisten: $t = -1{,}09$, $p = 0{,}306$, $df = 8$).



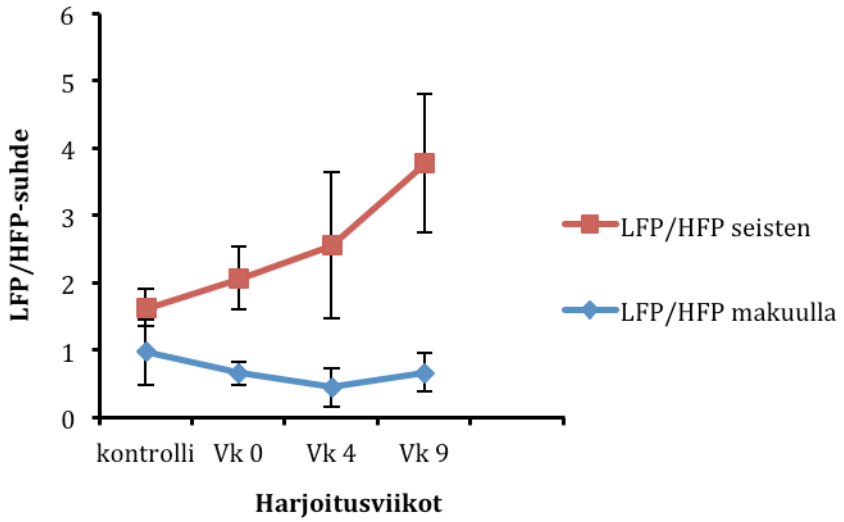
Kuva 21. Koehenkilöiden ortostaattisessa kokeessa mitattu LF-power (low frequency power) (ms^2) 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17). Kontrollimittaukset tehtiin viikkoa ennen alkumittauksia (Vk 0).

Koehenkilöiden HF-power ortostaattisessa kokeessa seisten mitattuna laski 48,2 % 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (kuva 22) ($t = 3,72$, $p = 0,005$, $df = 9$). Tutkimuksen alussa seisten mitattuna koehenkilöiden HFP:n keskiarvo oli 1070 ms² (± 816,9). Yhdeksän viikon harjoittelun jälkeen HFP seisten mitattuna oli 560 ms² (± 512). Makuulla mitatuissa arvoissa muutosta ei tapahtunut muutosta ($t = -1,05$, $p = 0,320$, $df= 9$). Kummassakaan muuttujassa ei löytynyt eroa kontrolli- ja alkumittausten välillä (makuulla: $t = 0,45$, $p = 0,668$, $df = 8$, seisten: $t = -0,42$, $p = 0,687$, $df = 8$).



Kuva 22. Koehenkilöiden ortostaattisessa kokeessa mitattu HF-power (high frequency power) (ms²) 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17). Kontrollimittaukset tehtiin viikkoa ennen alkumittauksia (Vk 0).

LF-power:n ja HF-power:n suhteessa ei tapahtunut muutosta 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana mitattaessa makuulla (kuva 23) ($t = -0,650$, $p = 0,532$, $df =8$) tai seisten ($t = -1,996$, $p = 0,077$, $df = 9$). Kontrolli- ja alkumittausten välissä ei tapahtunut muutosta (makuulla: $t = 1,328$, $p = 0,221$, $df = 8$, seisten: $t = -0,813$, $p = 0,440$, $df = 8$).



Kuva 23. Koehenkilöiden ortostaattisessa kokeessa mitattu HF-power:n (high frequency power) ja LF-power:n suhde (LF:HF) 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17). Kontrollimittaukset otettiin viikkoa ennen alkumittauksia (Vk 0).

8.10. Ravintoanalyysi

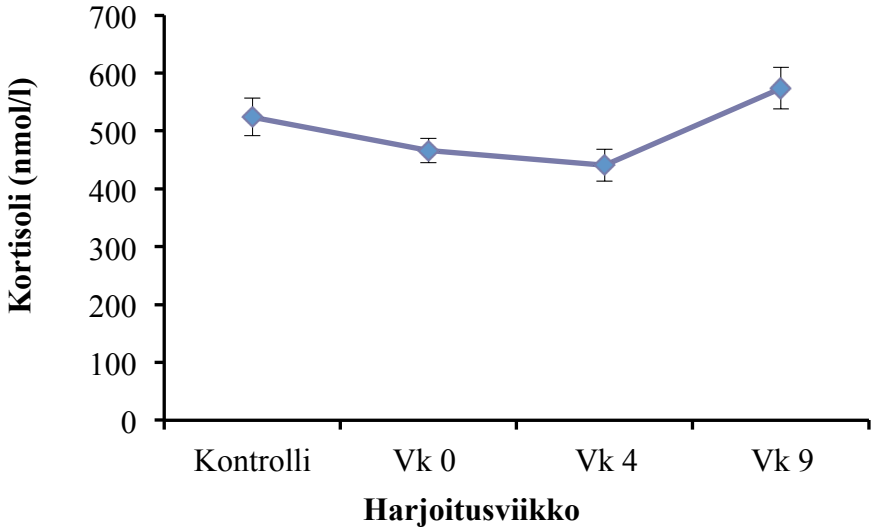
Koehenkilöiden kokonaisenergiansaanti ei muuttunut 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana ($t = 1{,}300$, $p = 0{,}223$, $df = 10$). Hiilihydraattien osuus kokonaisenergiasta pysyi muuttumattomana ($t = -1{,}006$, $p = 0{,}338$, $df = 10$), eikä myöskään rasvan osuudessa kokonaisenergiasta tapahtunut muutosta 9 viikon aikana ($t = -0{,}987$ $p = 0{,}347$, $df = 10$). Koehenkilöiden proteiiniensaanti ei muuttunut 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana ($t = -0{,}998$, $p = 0{,}342$, $df = 10$), mutta proteiinien osuus energiansaannista oli 15,4 % pienempi neljän viikon kohdalla kuin alussa ravintopäiväkirjojen perusteella ($t = 2{,}181$, $p = 0{,}052$, $df = 10$) (taulukko 7).

Taulukko 7. Koehenkilöiden keskimääräinen energiansaanti päivää kohti ja energiaravintoaineiden osuudet ravintopäiväkirjojen perusteella. (SD = keskihajonta, p = tilastollinen merkitsevyys).

	Vk 0		**Vk 4**		**Vk 9**		**Muutos (0-9 vk)**	
	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$	**(SD)**	$\bar{x}$ **Muutos-%**	**p**
Kokonais-energia (kcal)	2040	(629,2)	2050	(594,9)	1840	(568,3)	-9,8	0,223
Rasvat E %	38,5	(3,949)	36,4	(5,807)	35,4	(4,435)	-8,2	0,347
Hiilihydraatit E %	42,6	(4,617)	47,8	(6,897)	43,7	(8,750)	2,7	0,338
Proteiinit E %	17,8	(4,776)	15,1	(3,635)	17,2	(3,462)	-3,3	0,342

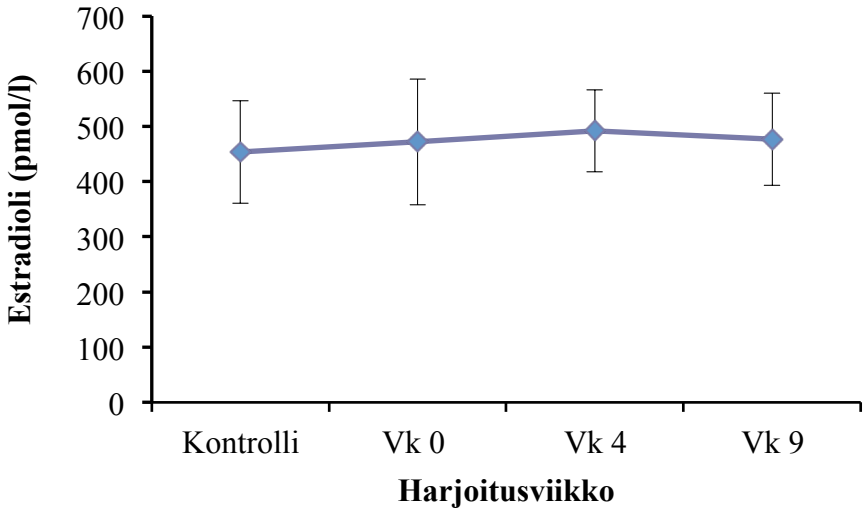
8.11. Veren hormonipitoisuudet

Koehenkilöiden veren kortisolipitoisuus nousi 9 viikon harjoittelujakson aikana 22,7 % (t = -2,853, p = 0,014, df = 13) (kuva 24). Kortisolipitoisuus oli tutkimuksen alussa keskimäärin 470 ± 21,5 nmol/l ja tutkimuksen lopussa 570 ± 35,9 nmol/l.



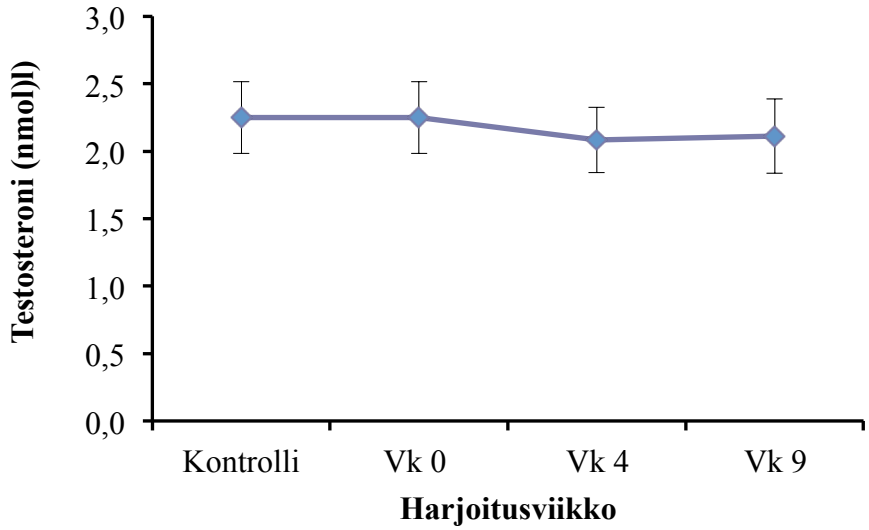
Kuva 24. Koehenkilöiden veren kortisolipitoisuudet 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17)

Koehenkilöiden veren estradiolipitoisuus ei muuttunut 9 viikon harjoittelujakson aikana (t = 0,124, p = 0,904, df = 13) (kuva 25). Tutkimuksen alussa koehenkilöiden veren keskimääräinen estradiolipitoisuus oli 472 ± 114,1 pmol/l ja tutkimuksen lopussa 476 ± 83,72 pmol/l.



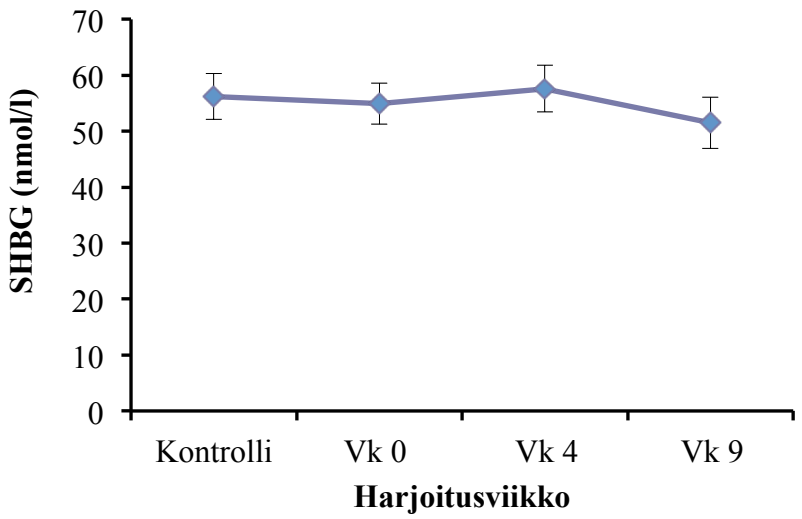
Kuva 25. Koehenkilöiden veren estradiolipitoisuudet 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).

Koehenkilöiden veren testosteronipitoisuus ei muuttunut 9 viikon harjoittelujakson aikana (t = -0,196, p = 0,848, df = 13) (kuva 26). Veren testosteronipitoisuus oli keskimäärin 2,3 ± 0,27 nmol/l alkumittauksissa ja 2,1 ± 0,28 nmol/l loppumittauksissa. Ensimmäisen neljän viikon aikana koehenkilöiden keskimääräinen veren testosteronipitoisuus laski arvoon 2,1 ± 0,24 nmol/l, mutta nousi siitä hiukan loppumittauksissa. Kontrollimittausten ja alkumittausten välillä ei ollut eroja.



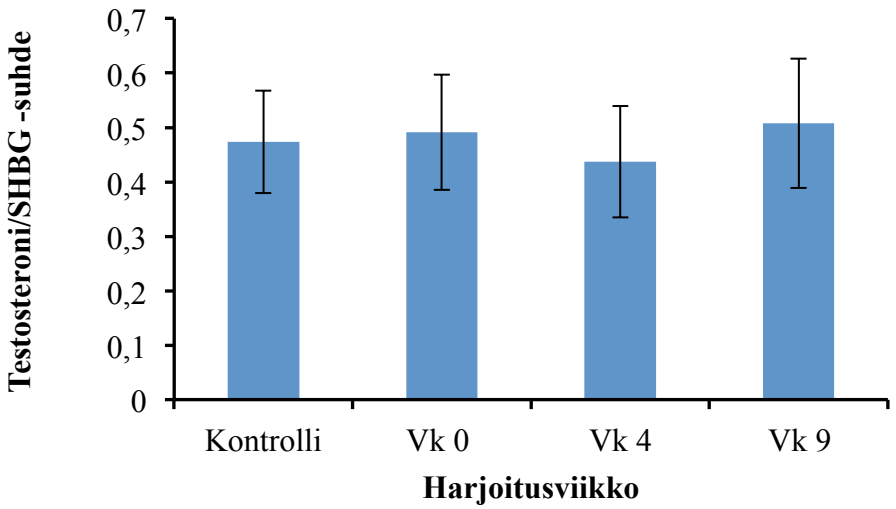
Kuva 26. Koehenkilöiden veren testosteronipitoisuus 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).

Koehenkilöiden veren SHBG-pitoisuus ei muuttunut alku- ja loppumittausten välillä (t = 1,166, p = 0,265, df = 13). SHBG-pitoisuus oli tutkimusjakson alussa 55 ± 3,66 nmol/l ja 52 ± 4,57 nmol/l tutkimusjakson lopussa. Kontrolli- ja alkumittausten välillä ei ollut eroa (t = 0,586, p = 0,566, df = 16) (kuva 27).



Kuva 27. Koehenkilöiden veren SHBG-pitoisuus (nmol/l) 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).

Koehenkilöiden testosteroni/SHBG-suhde ei muuttunut 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelun aikana (t = -0,398, p = 0,697, df = 13). Tutkimusjakson alussa koehenkilöiden testosteroni/SHBG-suhde oli 0,5 ± 0,15 ja tutkimuksen lopussa 0,5 ± 0,12 (Kuva 28).



Kuva 28. Koehenkilöiden testosteroni/SHBG-suhde (Testosteroni (nmol/l) ÷ SHBG (nmol/l) × 10) 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelujakson aikana (keskiarvot ± keskiarvon keskivirheet, N=17).

9. TULOSTEN TARKASTELU

9.1. Kestävyyskunto

Maksimaalisen hapenottokykyä (VO_{2max}) on pidetty yleisesti hyvänä kestävyyskunnon mittarina. Kestävyysharjoittelun tiedetään kehittävän elimistön maksimalista hapenottokykyä (Cunningham ym. 1975, Pedersen ym. 1978, Martin ym. 1987). Maciel ym. (1985) havaitsivat, että 10 viikon kestävyysharjoittelun seurauksena koehenkilöiden maksimaalinen hapenottokyky kasvoi keskimäärin 15,6 % (Maciel ym. 1985). Spinan ym. (1992) 12 viikkoa kestäneessä harjoittelujaksossa vastaava luku oli 19 % (Spina ym. 1992). Tässä tutkimuksessa keskimääräinen nousu VO2max:ssa 9 viikon harjoittelujakson aikana oli 8,5 %. Kehitys tässä tutkimuksessa jää reilusti esim. Spinan ym. (1992) saamista tuloksista, mutta toisaalta meidän tutkimuksemme tutkimusjakson pituus on jonkin verran lyhyempi. Maciel ym. (1985) havaitsivat maksimaalisen hapenottokyvyn lisääntyvän 10 viikon kestävyysharjoittelujakson aikana 15,6 %. Tämän tutkimuksen ja Maciel ym. (1985) tutkimuksen harjoittelujaksojen pituudet eroavat vain yhdellä viikolla, joten harjoittelujakson pituus ei selvästikään selitä täysin tutkimuksien välisiä eroja koehenkilöiden maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymisessä. Selitystä voidaan hakea ainakin kestävyysharjoittelukertojen määrästä. Esimerkiksi Spina ym. (1992) tutkimuksessa koehenkilöt harjoittelivat 12 viikon ajan 3 kertaa viikossa. Myös tässä tutkimuksessa harjoittelukertoja oli 3 viikossa, mutta koska näissä kolmessa kerrassa oli mukana myös voimaharjoitukset, kestävyysharjoituskertoja tuli kokonaisuudessaan vain 11 kappaletta. Kestävyysharjoituskertojen vähäinen määrä on varmasti yhtenä merkittävänä tekijänä selittämässä muihin tutkimuksiin verrattuna suhteellisen vähäistä VO_{2max}:n kehitystä.

Kun tässä tutkimuksessa suhteutetaan tehtyjen kestävyysharjoitusten määrää maksimaalisessa hapenottokyvyssä tapahtuneeseen kehitykseen, tulokset ovat olleet hyviä. Lisäksi jos kestävyyskuntomittauksien tuloksia tarkastellaan myös polkemisajassa (kehitys + 20,3 %) ja työtehossa (kehitys + 12,8 %), koehenkilöiden aerobinen kunto parantui selvästi. Selitystä tälle suhteellisen vähässä harjoitusmäärässä tapahtuneeseen aerobisen kunnon kehitykseen voidaan hakea suoritettujen kestävyysharjoituksien tehoista. Kestävyysharjoituksien teho vaikuttaa saavutettuun kehitykseen. Mitä korkeampitehoisia harjoituksia (%VO_{2max}) harjoittelujakson aikana tehdään, sitä parempia tuloksia saavutetaan (Gormley ym. 2008). Tässä tutkimuksessa koehenkilöt tekivät kestävyysharjoitukset kovatehoisina (85 - 91 % VO_{2max}). Kovatehoinen kestävyysharjoitusjakso onkin varmasti osaltaan selittämässä aerobisen kunnon kehitystä. Matalatehoisimmilla kestävyysharjoituksilla tulokset olisivat todennäköisesti jääneet vaatimattomammiksi. Myös harjoitusmuodolla on voinut olla vaikutusta polkemisajassa ja työtehossa saavutettuihin hyviin tuloksiin. Kestävyyskunnon kehittymisen on havaittu olevan lajispesifistä (Nummela 1997). Siten tässä tutkimuksessa käytetty sisäpyöräilyharjoittelu on todennäköisesti ollut vaikuttamassa hyviin tuloksiin polkupyöräergometritestissä, verrattuna siihen, että harjoitusmuotona olisi ollut esimerkiksi juoksu.Sukupuolen on havaittu selittävän eroja maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymisessä (Saltin ym. 1967, Vogel ym. 1986). Sukupuolten välisten erojen on esitetty johtuvan eroista sydämen iskutilavuudessa sekä kehonkoostumuksessa (Ogawa ym. 1992). Tässä tutkimuksessa kaikki koehenkilöt olivat naisia. Koehenkilöiden sukupuolella on todennäköisesti ollut vaikutusta saavutettuihin tuloksiin, kun tämän tutkimuksen tuloksia verrataan aikaisempiin

tutkimuksiin. Esimerkiksi Maciel ym. (1985) kaikki koehenkilöt olivat miehiä, jolloin 10 viikon aikainen maksimaalisen hapenottokyvyn voimakkaampi kehittyminen tähän tutkimukseen verrattuna selittyy todennäköisesti osaltaan sukupuolien välisillä eroilla.

Tässä tutkimuksessa yksilöiden välillä oli kohtalaisen suuria eroja maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymisessä. Perimä on yksi suurimmista vaikuttajista yksilöiden välisissä eroissa VO_{2max}:n muutoksissa. Jopa n. 50 % yksilöiden välisistä eroista maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymisestä voidaan selittää yksilön perimän avulla (Bouchard ym. 1999). Suurta vaihtelua koehenkilöiden välillä voidaan selittää mm. eroilla kehonkoostumuksessa. Rasvakudoksen suuri määrä elimistössä vaikuttaa maksimaaliseen hapenottokykyyn negatiivisesti, kun taas suuri lihaskudoksen määrä positiivisesti (Ogawa ym. 1992). Tässä tutkimuksessa koehenkilöillä, joiden rasvamassa oli pienempi, maksimaalinen hapenottokyky oli yleensä suurempi. Nämä tulokset ovat samanlaisia Ogawan ym. (1992) tutkimuksen kanssa, ja vahvistavat sitä seikkaa, että maksimaalinen hapenottokyky on sidoksissa yksilön rasvakudoksen määrään. Lihaskudoksen ja maksimaalisen hapenottokyvyn väliltä ei tässä tutkimuksessa löytynyt riippuvuutta.

9.2. Isometrinen maksimivoima

Isometrisen maksimivoiman on havaittu lisääntyvän voimaharjoittelun myötä. Jo kahdesti viikossa 7 viikon ajan tehtyjen voimaharjoituksien määrän on havaittu olevan riittävä isometrisen lihasvoiman merkittävään lisäämiseen jalka- ja rintalihaksissa (Izquierdon ym. 2009). Koska tässä tutkimuksessa koehenkilöt suorittivat sekä voima- ja kestävyysharjoittelua, mielenkiintomme kohdistuu enemmänkin aikaisempiin tuloksiin voima- ja kestävyysharjoittelun yhdistämisestä. McArdlen ym. (2001) mukaan yhtäaikainen voimaharjoittelu ja aerobinen harjoittelu heikentävät lihasvoiman paranemista. Romun (2001) tutkimuksessa saatiin kuitenkin juuri päinvastaisia tuloksia, sillä 21 viikon tutkimusjakson aikana voimaharjoitteluryhmän ja yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoitteluryhmän välillä ei ollut eroa isometrisen maksimivoiman kehityksessä.

Isometrisen polvien koukistusvoiman mittauksissa kestävyys-voimaryhmän maksimivoima kasvoi jopa enemmän kuin pelkkää voimaharjoittelua tehneillä koehenkilöillä. Tässä tutkimuksessa 9 viikon yhdistetyssä voima- ja kestävyysharjoittelussa isometrinen jalkojen ojentajalihasten voima parani 28,9 % ja kyynärvarren ojentajien sekä rintalihasten 11,8 %. Tulokset osoittavat siis sen, että tähän tutkimukseen käytetty 9 viikkoa on riittävän pitkä aika tulosten saavuttamiseen maksimivoimassa. Koska koehenkilöiden isometrinen maksimaalinen jalkalihasvoima kasvoi jo ensimmäisen neljän viikon aikana (11,2 %), voidaan sanoa, että aikaisemmin harjoittelemattomien nuorten naisten isometrinen maksimivoima voi kehittyä jo melko lyhyessä ajassa. Vastaavia tuloksia ovat saaneet myös Santtila ym. (2008), jotka havaitsivat maksimivoiman lisääntymistä isometrisissä testeissä jo 8 viikon kestävyys- että voimaharjoitteluryhmissä. Santtilan ym. (2008) tutkimuksessa on mielenkiintoista se, että voimaharjoitteluryhmän lisäksi myös pelkkää kestävyysharjoittelua tehneet koehenkilöt kehittyivät maksimivoimatestissä. Myös Santtilan ym. (2009) tutkimustulokset osoittavat, että koehenkilöinä olleiden varusmiesten ylä- ja alavartalon maksimaalinen voimantuotto parantui 8 viikon peruskoulutuskauden harjoittelun myötä. Osa tutkimusryhmäläisistä teki myös lisättyä voimaharjoittelua, mutta heidän maksimivoimatasonsa ei eronnut muista tutkimusryhmäläisistä. Siten tässäkin tutkimuksessa voimaharjoittelu ei todennäköisesti pelkästään selitä tapahtunutta kehitystä, vaan myös

kestävyysharjoittelulla on ollut vaikutusta koehenkilöiden parantuneisiin tuloksiin isometrisessä maksimitestissä jalka- ja rintalihaksissa. Koska suuria eroja voimaharjoittelua tekevien ja yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua tekevien ryhmien välillä ei ole löytynyt isometrisissä maksimivoimatesteissä (Romu 2001, Karavirta ym. 2011), samanaikaisen kestävyysharjoittelun ei voida siis sanoa häiritsevän maksimivoiman lisääntymistä tässä tutkimuksessa.

9.3. Isometrinen vartalonojennus- ja -koukistusvoima

Holvialan ym. (2011) tutkimuksessa isometrinen vartalonojennusvoima kasvoi 21 viikon aikana huomattavasti voimaharjoitteluryhmässä (13,2 %) ja yhdistetyssä voima- ja kestävyysharjoitteluryhmässä (10,8 %), mutta vähemmän kontrolli- ja kestävyysharjoitteluryhmissä. Isometrinen vartalonkoukistusvoima puolestaan kasvoi ainoastaan yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua tekevässä ryhmässä (Holviala ym. 2011). Tässä tutkimuksessa naiskoehenkilöiden isometrinen vartalonkoukistusvoima (27,2 %) ja isometrinen vartalonojennusvoima (16,1 %) kasvoivat systemaattisesti 9 viikon aikana. Aiemmat tutkimukset (Holviala ym. 2011) kuitenkin tukevat sitä, että yhdistetyssä voima- ja kestävyysharjoittelussa isometrinen vartalonkoukistus- ja ojennusvoima kasvavat.

Voidaan todeta, että jo lyhyemmällä (9 viikkoa) aikavälillä voidaan saavuttaa huomattavaa isometrisen voiman kasvua yhdistetyssä voima- ja kestävyysharjoittelussa. Tulokset tässä tutkimuksessa ovat huomattavia, varsinkin kun huomioidaan tämän tutkimuksen suhteellisen lyhytkestoinen harjoittelujakso. Esimerkiksi verrattuna Holvialan ym. (2011) tuloksiin, joissa isometrinen vartalonojennus parani 21 viikon aikana 13,2 %, yhdeksässä viikossa saavutettu 16,1 %:n parannus on ollut merkittävä.

9.4. Lihasten voimantuotto

Lihasvoiman kehittymistä selitetään pääasiassa lihasten koon kasvulla, sekä lihasta hermottavien hermosolujen kehittymisellä. Häkkisen (1990) mukaan voimaharjoittelua aloittavilla henkilöillä voimaharjoittelujakson alussa tapahtuva voimanlisäys johtuu hermostotoiminnan parantumisesta, mutta useamman viikon kestänyt voimaharjoittelu aiheuttaa hypertrofisia muutoksia lihaksissa ja samalla hermostollisten tekijöiden osuus vähenee. Koska tässä tutkimuksessa koehenkilöillä ei ollut aikaisempaa harjoitustaustaa, ja koska harjoittelun alussa tapahtuvaa kehitystä lihaksen voimantuotto-ominaisuuksissa selitetään pääasiassa hermostollisilla muutoksilla (Häkkinen 1990, Vuori ym. 2005, Sipilä ym. 2008), voidaan tehdä johtopäätös, että myös tässä tutkimuksessa kehitys isometrisessä maksimivoimassa perustui pääasiassa hermostollisiin muutoksiin. Tätä hypoteesia tukee myös se, että keskimääräisesti lihaskudoksen määrä koehenkilöillä kasvoi vain n. 0,8 %, mikä ei riitä pelkästään selittämään 28,9 %:n ja 11,8 %:n muutoksia jalka- ja käsilihaksien maksimivoimassa.

Tässä tutkimuksessa maksimivoima isometrisissä mittauksissa ja maksimitoistomittauksissa olisi saattanut lisääntyä vieläkin selvemmin, jos ainoastaan testattavia lihasryhmiä olisi harjoitettu kuntosalilla. Tässä tutkimuksessa esiintyi suurta vaihtelua sekä mittauskertojen että yksittäisen koehenkilön suoritusten välillä. Koska koehenkilöt olivat kaikki naisia, vaihtelua voidaan selittää mm. sillä, että kuukautiskierrolla on yksilöllisiä vaikutuksia ja joillakin naisilla kierron alun ja puolivälin välissä suorituskyky on parhaimmillaan (Ahtiainen ym. 2004). Tuloksiin

on saattanut tässä tutkimuksessa vaikuttaa harjoittelujakson lisäksi myös mm. testattujen liikkeiden suoritustekniikka, jonka paraneminen testikertojen välillä saattaa olla osaltaan vaikuttamassa voimantuotto-ominaisuuksien nopeaan kehittymiseen. Erityisesti isometrisessä rintalihasmittauksessa suoritustekniikan oppimisella oli suurta vaikutusta tulosten paranemiseen. Koska tässä tutkimuksessa koehenkilöiden ravitsemukseen ei puututtu, eikä ravintopäiväkirjoja pyydetty täyttämään juuri mittauspäivän aamuna, ei voida suoraan sanoa, onko ravinto vaikuttanut suorituksiin.

9.5. Voiman nousunopeuden maksimi ja voimantuottoajat

Ahtiaisen ym. (2004) mukaan isometriseen voimantuottonopeuteen vaikuttavat muun muassa lihassolusuhteet, ikä ja sukupuoli. Isometrisen maksimivoimamittauksen ohella voidaan selvittää aika, joka maksimivoiman saavuttamiseen on kulunut ja voimantuoton nousunopeus (Ahtiainen ym. 2004). Tässä tutkimuksessa koehenkilöiden voimantuottonopeus ei lisääntynyt 9 viikon harjoittelujakson aikana. Häkkisen (1990) mukaan nopeusvoimaharjoittelun vaikutuksesta koehenkilö pystyy tuottamaan enemmän voimaa jo lyhyessä ajassa, ja voima-aika -käyrän muoto muuttuu tavalliseen maksimivoimaharjoitteluun verrattuna. Koehenkilöiden harjoitusohjelmaan ei kuulunut nopeusvoimaharjoittelua, sillä voimaharjoitteluohjelmasta rakennettiin nimenomaan maksimivoimaa kehittävä. Tämä selittääkin vahvasti sitä, miksi koehenkilöiden lihasten voimantuottonopeus ei parantunut. Nopeusvoimaharjoittelussa on tarkoituksena aktivoida nopeita lihassoluja, jotta lihasten voimantuotto voisi olla nopeampaa. Mahdollisesti nopeiden lihassolujen aktivointi ei tässä tutkimuksessa ole muuttunut koehenkilöillä, mikä selittää myös voiman nousunopeuden säilymisen samana.

Voiman nousunopeuden maksimia (RFD) on tutkittu melko vähän. Santtilan ym. (2009) tutkimuksessa koehenkilöiden jalkojen koukistuksen maksimaalinen bilateraalinen RFD ei muuttunut 8 viikon harjoittelujakson aikana missään harjoitteluryhmässä. Lisätyn voimaharjoittelun ryhmässä koehenkilöiden maksimaalinen RFD kasvoi käsilihaksissa 28,1 %, mutta lisättyä kestävyysharjoittelua ja perusharjoittelua tekevissä ryhmissä muutosta ei tapahtunut 8 viikon aikana. Häkkisen ym. (1998) tutkimuksessa RFD-arvot pysyivät kuukauden kontrollijakson aikana muuttumattomina, mutta kasvoivat 6 kuukauden voimaharjoittelun aikana keskimäärin 66 % 40-vuotiailla miehillä ja 31 % samanikäisillä naisilla. Samassa tutkimuksessa 70-vuotiailla miehillä voiman nousunopeus kasvoi 40 % ja samanikäisillä naisilla 28 %. Saattaakin olla, että tässä tutkimuksessa tutkimusjakson oli liian lyhyt tai harjoitusintensiteetti alhainen, jotta muutoksia voimantuottonopeudessa olisi maksimivoimaharjoittelulla saavutettu. Myös sillä saattaa olla vaikutusta, että räjähtäviä voimaharjoitteita ei tehty harjoitusjakson aikana. Lisäksi naisilla voimantuottonopeus näyttäisi kehittyvän hitaammin kuin miehillä, joten myös koehenkilöiden sukupuolella on tässä tutkimuksessa saattanut olla vaikutusta siihen, ettei parantuneita tuloksia tämän muuttujan osalta saavutettu. Romun (2001) tutkimuksessa maksimaalinen voimantuottonopeus isometrisissä bilateraalisen alaraajojen ojennusvoiman ja polvien koukistusvoiman mittauksissa nousi huomattavasti pelkkää voimaharjoittelua tekevillä koehenkilöillä, mutta laski voima-kestävyysharjoitteluryhmän koehenkilöillä. Eroa on selitetty sillä, että voimaharjoitteluryhmän koehenkilöillä lihasten nopea aktiivisuus kasvoi, mutta yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoitteluryhmän koehenkilöillä vastaavaa muutosta ei tapahtunut (Romu 2001). Koska kestävyysharjoittelu näyttäisi vaikuttavan lihasten voimantuottonopeuden kehittymiseen heikentävästi, ja koska tässä tutkimuksessa

koehenkilöt tekivät voimaharjoittelun lisäksi myös kestävyysharjoittelua, voidaan voimantuottonopeuden muuttumattomuutta tässä tutkimuksessa selittää osaltaan myös kestävyysharjoittelun vaikutuksella.

9.6. Maksimitoistokuorma

Ahtiaisen ym. (2004) mukaan isometrisellä voimamittauksella ei ole yhteyttä dynaamiseen voimantuottokykyyn, koska isometrinen suoritus on mekaanisesti ja hermostollisesti varsin erilainen kuin dynaaminen lihastyö. Kuntosalilla tehdyn voimaharjoittelun vaikutus voiman kasvuun johtuu hermostollisista ja lihaskudoksissa tapahtuvista tekijöistä. Harjoittelun alkuvaiheessa voima lisääntyy lihasten hermostollisen aktivoimisen vuoksi (Sipilä ym. 2008). Tässä tutkimuksessa muutos maksimitoistotestissä oli merkittävä, sillä yhden toiston maksimitesti (RM1) parani yhdeksän viikon voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutuksesta 32,5 % ja kymmenen toiston maksimitesti parani jopa 46,8 %. Häkkisen (1990) mukaan harjoitusintensiteettiä eli harjoituksissa käytettävää kuormaa ei voida korvata lisäämällä harjoitusten määrää, jos halutaan lisätä maksimivoimaa. Tässä tutkimuksessa harjoitusohjelma rakennettiinkin siten, että kuorman määrää lisättiin lähes viikoittain, mutta harjoituskertojen määrä ei voimaharjoittelun osalta lisätty.

Izquierdon ym. (2004) tekemässä tutkimuksessa keski-ikäisillä miehillä 16 viikon tutkimusjakson aikainen parannus jalkalihasliikkeessä yhden maksimitoiston (1RM) testissä oli voimaharjoittelua tekevällä ryhmällä (45 %) huomattavasti suurempi kuin yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua tekevällä ryhmällä (37 %). Tutkimuksen puolessa välissä (8 viikkoa) tehdyt mittaukset osoittivat, että yhden maksimitoiston testien tuloksissa ei ollut eroja voimaharjoittelu- ja voima-kestävyysharjoitteluryhmien välillä (Izquierdo ym. 2004). Izquierdon ym. (2004) havaintojen pohjalta kestävyysharjoittelu näyttäisi siis vaikuttavan dynaamisissa liikkeissä lihasvoiman kehitykseen. Koska Izquierdo ym. (2004) eivät havainneet tutkimuksen alussa, eli ensimmäisen kahdeksan viikon aikana, eroa voimaharjoitteluryhmän ja yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoitteluryhmän välillä, saattaa olla, että kestävyysharjoittelun merkitys korostuu maksimivoimatuloksien heikentämisessä vasta myöhäisemmässä vaiheessa. Siten tämän tutkimuksen kohdalla ei voida sanoa, olisiko maksimitoistotesteissä saavutettu yhdeksässä viikossa vielä parempia tuloksia, jos koehenkilöt olisivat tehneet vain voimaharjoittelua. Aiheesta on saatu kuitenkin myös päinvastaista näyttöä. Holvialan ym. (2011) tutkimuksessa 1RM voima jalkaprässiliikkeessä kasvoi kaikissa tutkimusryhmissä, mutta kestävyysharjoitteluryhmän muutokset olivat huomattavasti pienempiä kuin voimaharjoittelua (21 %) ja yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua (22 %) tekevissä ryhmissä saadut muutokset. Myös Romun (2001) tutkimuksessa mieskoehenkilöiden maksimitoistokuorma kasvoi 21 viikon aikana 21 % voimaryhmällä ja 22 % voima-kestävyysryhmällä dynaamisessa alaraajojen ojentajaliikkeessä. Lisäksi pelkällä kestävyysharjoittelulla on saavutettu tuloksia maksimitoistotestissä. Näiden tulosten valossa voidaan sanoa myös kestävyysharjoittelulla olleen osaltaan vaikutusta maksimitoistotestien paranemiseen tässä tutkimuksessa.

Salvadorin ym. (2009) tutkivat sukupuolten välisiä eroja lihasvoimassa 8 viikon voimaharjoittelujakson aikana. Maksimitoistovoima kasvoi sekä naisilla että miehillä, mutta naisilla muutosprosentti oli suurempi kaikissa mitattavissa liikkeissä (penkkipunnerrus, kyykky, hauiskääntö). Naisilla muutokset maksimitoistotestissä ovat olleet jopa miehiä suuremmat.

Kuntosalilla tehtyjen maksimikuormamittauksien toistettavuuteen vaikuttaa se, että laitteiden mekanismi vaihtelee eri kuntosalien välillä. Ahtiaisen ym. (2004) mukaan testitulokset ovat laitekohtaisia. Testituloksien laitekohtaisuus aiheuttaa sen, että tämän tutkimuksen tulokset eivät ole välttämättä vertailukelpoisia aikaisempien tutkimustulosten kanssa. Koska tutkimuksen aikana testauslaitteet eivät muuttuneet, ovat tutkimuksen sisällä tapahtuneet muutokset luonnollisesti vertailukelpoisia. Koska koehenkilöillä ei ollut ennen harjoittelujaksoa aktiivista liikuntataustaa, saattaa koehenkilöiden suoritustekniikan parantuminen testitilanteessa vaikuttaa osaltaan saavutettuihin tuloksiin.

9.7. Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset seerumin rasva-arvoihin, paastoglukoosi- ja hemoglobiinipitoisuuteen

Veren kokonais-, HDL- ja LDL-kolesterolipitoisuus

Liikunnan vaikutuksesta veren kokonaiskolesterolipitoisuuteen on saatu erisuuntaisia tuloksia. Kestävyysharjoittelun on havaittu laskevan veren kokonaiskolesteroli- sekä LDL-pitoisuuksia (Kelley ym. 2004), mutta näyttöä on myös siitä, ettei kestävyysharjoittelujaksolla ole vaikutusta veren kokonaiskolesteroli- ja LDL-pitoisuuksiin (Leon ym. 2000, Stalius ym. 2010).

Harjoittelujakson kesto saattaa osaltaan selittää eroja veren kokonaiskolesteroli- ja LDL-pitoisuuksissa. Pidempiaikaisessa (21 viikkoa kestäneessä) tutkimuksessa kokonaiskolesteroli- (4 %) ja LDL-pitoisuudet (10 %) alenivat (Sillanpää ym. 2009). Tässä tutkimuksessa veren kokonaiskolesteroli aleni yhteensä 7,6 %. Selkein muutos tapahtui 4. viikkoon mennessä. Kokonaiskolesterolipitoisuuden väheneminen tapahtui suhteellisen nopeasti, mikä on pienessä ristiriidassa verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin, joiden mukaan kokonaiskolesterolipitoisuus on laskenut vasta pidempiaikaisen kestävyysharjoittelun vaikutuksesta. (Leon ym. 2000, Sillanpää ym. 2009). Tämä saattaa johtua osittain siitä, että muutokset veren kolesterolipitoisuuksissa on havaittu olevan ainakin vanhemmilla naisilla yhteyksissä kestävyysharjoittelun vaikutuksesta keskivartaloalueen rasvakudoksen muutoksiin, mitä lyhyessä ajassa ei ehdi tapahtua (Sillanpää ym. 2009).

LDL-pitoisuus pysyi muuttumattomana koko tutkimusjakson ajan. Kestävyys- ja voimaharjoittelulla ei siis näyttäisi tämän tutkimuksen mukaan olevan vaikutusta veren LDL-kolesterolipitoisuuteen. Samanlaisia tuloksia ovat saaneet myös Leon ym. (2000) ja Stalius ym. (2010). Sillanpää ym. (2009) tuloksiin verrattuna nämä tutkimustulokset ovat ristiriidassa. Lisäksi Kelley ym. (2004) tekemän meta-analyysin mukaan LDL-pitoisuus on yleensä ollut laskusuunnassa harjoittelun vaikutuksesta. Saattaakin olla, että tämän tutkimuksen 9 viikon harjoittelujakso on liian lyhyt saamaan aikaan muutoksia LDL-kolesterolipitoisuudessa. Korkean LDL-kolesterolipitoisuuden ja runsaan tyydyttyneiden rasvojen saannin välillä on havaittu olevan selvä yhteys. Tyydyttyneiden rasvojen saannin muuttumattomuus voisikin selittää LDL-kolesterolin muuttumattomuutta tässä tutkimuksessa (Denke 2006). Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan löytynyt yhteyttä LDL-kolesterolin ja tyydyttyneiden rasvojen välillä. Koehenkilöiden tyydyttyneiden rasvojen saantia selvitettiin ravintopäiväkirjoja analysoimalla. Ravintopäiväkirjojen tulosten luotettavuus voi kuitenkin olla heikkoa, sillä esimerkiksi ruoka-ainemäärien arvioiminen ravintopäiväkirjaa täytettäessä voi olla vaikeaa, mikä voi johtaa virheisiin

tuloksissa. Siksi tyydyttyneiden rasvojen ja LDL-kolesterolin yhteyttä ei välttämättä löytynyt.

Kestävyysharjoittelun on arveltu olevan merkittävämpi tekijä veren rasva-arvojen muutoksissa kuin voimaharjoittelun (Lakka ym. 2004). Durstine ym. (2001) arvioivat, että viikoittaisen energian kulutuksen liikunnan vaikutuksesta tulisi nousta 1200-2200 kcal:iin, jotta liikunnalla olisi vaikutusta veren rasva-arvoihin (Durstine ym. 2001). Saattaakin olla, ettei tässä tutkimuksessa saavutettu viikoittain tarpeeksi suurta energiankulutusta, jolloin terveyden kannalta positiivinen vaikutus veren rasva-arvoihin on jäänyt saavuttamatta. Toisaalta kestävyysharjoittelun on havaittu vaikuttavan veren rasva-arvoihin voimakkaammin kuin yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun, vaikka yhdistetyssä harjoittelussa kokonaisenergiankulutus nousi useamman harjoituskerran takia suuremmaksi (Sillanpää ym. 2009). Kestävyysharjoittelun aikana tapahtuva kokonaiskolesteroli- ja LDL-pitoisuuden aleneminen on myös arveltu johtuvan aerobisten ominaisuuksien muutosten lisäksi kehon rasvakoostumuksen muutoksista (Kelley ym. 2004, Sillanpää ym. 2009). On kuitenkin myös tutkimuksia, joissa rasvaprosentti on kestävyysharjoittelun vaikutuksesta laskenut ilman sitä seurannutta muutosta kokonaiskolesterolissa ja LDL:ssa (Stalius ym. 2010). Toisaalta myös kokonaiskolesteroli- ja LDL-pitoisuudet ovat laskeneet ilman kehon rasvaprosentin laskemista (Halverstadt ym. 2007). Tässä tutkimuksessa kokonaiskolesterolin ja kehon rasvamassan tai kokonaiskolesterolin ja maksimaalisen hapenottokyvyn väliltä ei löytynyt riippuvuutta, joten kokonaiskolesterolin muutosta tulee selittää joidenkin muiden tekijöiden avulla.

Syyt kokonaiskolesterolin muutoksen taustalla harjoittelun vaikutuksesta ovat monimutkaisia, sillä harjoittelun lisäksi monet tekijät kuten perimä ja ruokavalio, vaikuttavat yksittäisen koehenkilön kohdalla suuresti veren rasva-arvojen muutoksiin. Lisäksi koehenkilöiden aktiivisuus tutkimukseen kuuluvien harjoituksien lisäksi voi omalta osaltaan vaikuttaa veren rasvakoostumukseen (Lakka ym. 2004). Koehenkilöiden ruokavaliota ei voitu tarkkailla muuten kuin ravintopäiväkirjan avulla, joiden täyttämiseen ja analysointiin liittyy aina vähintään pieni virhemarginaali. Ravintopäiväkirjojen tuloksista ei löytynyt tekijää, joka olisi selittänyt tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia veren rasva-arvoissa. Ravinnon vaikutusta kokonaiskolesterolipitoisuuden muutoksessa ei voidakaan kokonaan unohtaa. Tutkimuksessamme käytettyihin muuttujiin pohjaten emme voi varmuudella nimetä tekijää, joka olisi veren kokonaiskolesterolipitoisuuden muuttumisen taustalla.

Kestävyysharjoittelun on havaittu vaikuttavan veren HDL-pitoisuuteen nostavasti (Leon ym. 2000, Kelley ym. 2004, Hagner ym. 2009 Sillanpää ym. 2009, Stasiulis ym. 2010). Kelleyn ym. (2004) meta-analyysissä vuosina 1955-2003 tehtyjen tutkimuksien keskiarvo HDL:n muutoksessa oli + 3 %. Tässä tutkimuksessa vastaava luku oli 8,8 %:n muutos veren HDL-pitoisuudessa ei ole kuitenkaan mikään poikkeuksellisen suuri muutos, sillä esimerkiksi Stalius ym. (2010) havaitsivat 8 viikon kestävyysharjoittelujakson nostavan HDL-pitoisuutta lähes 18 %.

Sillanpää ym. (2009) päättelivät HDL-pitoisuuden muutoksien olevan sidoksissa sekä aerobisen kunnon kasvuun että kehon painon, rasvamassan sekä keskivartalorasvan muutoksiin (Sillanpää ym. 2009). Toisaalta HDL-pitoisuus on noussut ilman muutosta elimistön rasvamassassa tai rasvaprosentissa (Halverstadt ym. 2007). Aerobisen kunnon nouseminen voi vaikuttaa HDL-pitoisuuden nousuun itsenäisesti ilman kehon koostumuksessa tapahtuneita muutoksia. Kestävyyskunnon mittarina pidetyn maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymisen (VO_{2max}) ja HDL-pitoisuuden muutoksen väliltä onkin havaittu olevan yhteys (Kelley ym. 2004). Tässä tutkimuksessa havaittiin, että koehenkilöiden lihasmassa korreloi veren HDL-

pitoisuuden kanssa. Kehonkoostumuksen muutoksella on selvästi vaikutusta veren HDL-pitoisuuteen, mutta tässä tutkimuksessa muutoksen taustalla on ollut nimenomaan lihasmassan lisääntyminen, eikä rasvamassan väheneminen. Ensimmäisen. ja 9. viikon mittauksien välillä sekä koehenkilöiden lihasmassa että HDL-pitoisuus kasvoivat. Koska lihasmassa kasvoi eniten 4. viikkoon mennessä, ja HDL-pitoisuus vasta 4. viikon jälkeen, voidaan päätellä, että vasta lihasmassan kasvun alettua vaikutukset alkavat näkymään veren HDL-pitoisuudessa. Tämä on todennäköisesti yhtenä selittävänä tekijänä HDL-pitoisuuden muutoksen taustalla.

Kestävyysharjoitusten määrän lisääntymisellä voi olla vaikutusta veren HDL-pitoisuuden nousuun. Tätä päätelmää tukee mm. se seikka, että HDL-pitoisuus nousi vasta 4. ja 9. viikon välillä, jolloin kestävyysharjoitusten määrä oli myös suurempi. Toisaalta 4. viikkoa on voinut yksinkertaisesti olla liian lyhyt aika HDL-pitoisuuden alenemiseen, jolloin harjoittelun vaikutus alkoi näkyä vasta harjoittelujakson lopussa. Tässä tutkimuksessa havaittu HDL:n nousu on samanlaista kuin Stalius ym. (2010) saamissa tuloksissa, joiden mukaan HDL-pitoisuus nousi vasta 6. ja 8. harjoitteluviikon välillä. Kyseisessä tutkimuksessa harjoittelumuoto, -määrä ja -teho pysyivät koko ajan samanlaisina (Stalius ym. 2010). Tämän perusteella voitaisiin päätellä meidän tutkimuksemme kohdalla, että vasta viimeisissä mittauksissa esille tulleet muutokset HDL-pitoisuudessa johtuvat suuremmalta osin pidempään kestäneestä kestävyysharjoittelusta eikä kestävyysharjoittelun määrällisestä lisääntymisestä.

HDL-pitoisuuden muutokseen näyttää vaikuttavan harjoittelujakson pituuden lisäksi harjoitteluteho (Seals ym. 1984). Tässä tutkimuksessa kestävyysharjoituksien tehot olivat alusta lähtien suhteellisen korkealla (85 - 91 % VO_{2max} → harjoittelu tapahtui vauhti- ja maksimikestävyysalueilla). Kestävyysharjoituskertoja oli kuitenkin suhteellisen vähän (viikot 1-5 ja 8-9 1 krt/vk, viikot 6-7 2 krt/vk). Kestävyysharjoituksien teho on saattanut kompensoida harjoittelukertojen määrää, ja siten 9 viikon aikana koehenkilöiden HDL-pitoisuuden keskiarvo nousi 8 %. Vertailukohtana voidaan pitää esimerkiksi 21 viikon harjoittelujaksoa, jossa kestävyysharjoittelua oli 2 kertaa viikossa, mutta teholtaan harjoittelujakso oli tämän tutkimuksen harjoittelua alempana. HDL-pitoisuus nousi keskimäärin 6 % (Sillanpää ym. 2009). Kuitenkaan maksimaalisen hapenottokyvyn ja HDL:n väliltä ei tässä tutkimuksessa löytynyt korrelaatiota. Tämä on sinänsä yllätys, sillä normaalisti nimenomaan kestävyyskunnon paranemisella on ollut voimaharjoittelua suurempi vaikutus veren HDL-pitoisuuteen. Todennäköisesti kestävyysharjoittelu vaikuttaa muidenkin tekijöiden kautta HDL-pitoisuuteen kuin vain VO_{2max}:n kasvamisen kautta. Näitä tekijöitä meidän tutkimuksemme ei kuitenkaan paljastanut, sillä mittaamistamme muuttujista HDL-pitoisuus korreloi ainoastaan elimistön lihasmassan kanssa.

Triglyseridi-, paastoglukoosi- ja hemoglobiinipitoisuus

Kestävyysharjoittelun on havaittu laskevan veren triglyseridipitoisuutta (Stergioulas & Filippou 2006, Sillanpää ym. 2009, Stalius ym. 2010). Kelley ym. (2004) meta-analyysissä tutkimuksien keskiarvo triglyseridipitoisuudessa oli – 5 % (Kelley ym. 2004). Tässä tutkimuksessa trilyseridipitoisuudessa ei tapahtunut muutosta. Kun verrataan tuloksia aiheesta aikaisemmin tehtyjen tutkimuksien tuloksiin, on yllättävää, että muutosta terveyden kannalta positiiviseen suuntaan ei tapahtunut. Esimerkiksi 8 viikon ajan 3 kertaa viikossa 60 minuuttia kerrallaan harjoitelleella ryhmällä kestävyysharjoittelu laski veren triglyseridipitoisuutta 0,84:sta 0,62 mmol/l eli 26 %.

Kyseisessä tutkimuksessa koehenkilöiden trigyseridipitoisuudet kuitenkin vaihtelivat jonkin verran harjoittelujakson sisällä (ennen harjoittelua: 0,84, vk 2: 0,65, vk 4: 0,80, vk 6: 0,68, vk 8: 0,62). Triglyseridipitoisuus saattoi vaihdella muutaman viikon välein muutamia kymmenyksiä. Harjoittelumäärät ja -tehot pysyivät kuitenkin samoina koko harjoittelujakson ajan (Stalius ym. 2010). Edellä mainitun tutkimuksen perusteella voidaan tulkita, ettei pelkästään kestävyysharjoittelu selitä muutoksia veren triglyseridipitoisuudessa. Tässä tutkimuksessa VO_{2max}:n muutokset eivät korreloineet veren triglyseridipitoisuuden kanssa, mikä tukee edellä esitettyä päätelmää. Kannattaakin tarkastella myös muita tekijöitä, jotka ovat voineet olla vaikuttamassa siihen, ettei tämän tutkimuksen aikana tapahtunut odotettua muutosta koehenkilöiden veren triglyseridipitoisuudessa.

Ruokavalion runsaan proteiinin (25 % kokonaisenergian saannista) ja kohtuullisen hiilihydraatin (48 % kokonaisenergian saannista) saannin on havaittu vähentävän veren triglyseridipitoisuutta (Furtado ym. 2008). Tässä tutkimuksessa proteiinien tai hiilihydraattien saannissa ei tapahtunut muutoksia harjoittelujakson aikana. Koska ruokavalio pysyi suhteellisen muuttumattomana, saattaa se olla osaltaan selittämässä sitä, miksi veren triglyseridipitoisuuksissa koehenkilöillä ei tapahtunut muutosta. Kuitenkaan ravinnon hiilihydraatti, proteiini- tai tyydyttyneen rasvan määrä ei korreloinut triglyseridi-pitoisuuden kanssa.

Kestävyysharjoittelulla on havaittu olevan sekä lyhyt (Brestoff ym. 2009) että pitkäaikaisia positiivisia vaikutuksia elimistön glukoositasapainoon (Pan ym. 1997). Tässä tutkimuksessa mielenkiinnon kohteena ovat pitkäaikaiset vaikutukset, sillä mittauksien ja edellisen harjoituksen aikaväli oli tutkimuksessa sen verran pitkä, ettei akuutteja muutoksia veren glukoosipitoisuudessa voitu ottaa huomioon. Kuitenkaan liikunnalla saavutettuja muutoksia ei voida väheksyä, sillä positiivisia tuloksia elimistön glukoosiaineenvaihdunnassa on saatu pelkästään kestävyysliikunnan avulla (Fontana ym. 2010). Yleisesti ottaen kestävyysharjoittelulla uskotaan olevan positiivinen vaikutus glukoosiaineenvaihduntaan siksi, että kestävyysharjoittelu vähentää kehon rasvakudoksen määrää sekä parantaa maksimaalista hapenottokykyä. Rasvakudoksen vähenemisen vaikutuksesta ollaan oltu kuitenkin myös eri mieltä, sillä kestävyysharjoittelulla on saavutettu positiivisia tuloksia myös ilman muutosta kehon rasvakoostumuksessa (Fontana ym. 2010).

Tässä tutkimuksessa veren paastoglukoosipitoisuus nousi n. 5 % 9 viikon harjoittelujakson aikana. Tutkimuksen aikana tapahtui siis epäedullinen muutos koehenkilöiden glukoosiaineenvaihdunnassa. Tulos on hieman yllättävä, sillä koehenkilöiden liikuntamäärien lisääntyessä verrattuna harjoitusjaksoa edeltäneeseen aikaan terveyden kannalta epäedullista muutosta paastoglukoosissa ei olisi pitänyt tapahtua. Kestävyysharjoituksia tehtiin vain kerran tai kaksi kertaa viikossa harjoittelujakson ajankohdasta riippuen, joten saattaa olla, ettei kestävyysliikuntaa harrastettu tarpeeksi, jotta hyötyä veren glukoosipitoisuuteen olisi saavutettu. Muutos veren paastoglukoosipitoisuudessa oli kuitenkin suhteellisen pieni, ja loppumittausten arvo oli normaaliarvojen sisäpuolella (< 6,1 mmol/l).

Koska kestävyyssuorituksen aikana elimistön hapentarve kasvaa reilusti, voidaan kestävyysharjoittelun odottaa vaikuttavan veren hemoglobiinipitoisuuteen huomattavasti voimaharjoittelua enemmän (Lamb 1984, Levine & Stray-Gundersen 1997). Veren hemoglobiinipitoisuus ei muuttunut merkitsevästi tämän tutkimuksen aikana. Tulos ei ollut ollenkaan yllättävä, sillä normaalisti kestävyysharjoittelu lisää veren plasman tilavuutta, ja vaikka hemoglobiinin absoluuttinen määrä lisääntyisikin harjoittelun vaikutuksesta, veren hemoglobiinipitoisuus ei välttämättä plasmantilavuuden nousun takia kasva (Kanstrup & Ekblom 1984). Plasmantilavuutta

ei tässä tutkimuksessa mitattu, joten varmaksi ei voida sanoa, onko hemoglobiinin absoluuttisessa määrässä tapahtunut muutosta. Todennäköisesti tämä harjoittelujakso oli liian lyhyt vaikuttamaan veren hemoglobiinipitoisuuteen.

9.8. Seerumin hormonipitoisuudet

Kortisolipitoisuus

Tässä tutkimuksessa yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua tekevien naiskoehenkilöiden kortisolipitoisuudet nousivat 9 viikon aikana. Päinvastaisia tuloksia saatiin Gorosteagan ym. (1999) tutkimuksessa, jossa keskimäärin 15-vuotiaiden käsipalloa pelaavien poikien kortisolipitoisuudet eivät muuttuneet 6 viikon aikana missään ryhmässä (käsipalloharjoittelu, yhdistetty käsipallo- ja voimaharjoittelu sekä kontrolliryhmä). Myöskään Häkkisen ym. (1991) tutkimuksessa kortisolipitoisuus ei muuttunut koehenkilöillä kolme viikkoa kestävän intensiivisen voimaharjoittelun aikana. Santtilan ym. (2009) tutkimuksessa seerumin kortisolipitoisuus puolestaan nousi voimaharjoitteluryhmän koehenkilöillä, kun taas kestävyysharjoittelu- ja kontrolliryhmissä muutosta ei tapahtunut. Kortisolipitoisuuden nousu tehostettua voimaharjoittelua tekevällä ryhmällä saattoi johtua liian suuresta kestävyyspainotteisen perusharjoittelun määrästä (Santtila ym. 2009). Myös tässä tutkimuksessa yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu on saattanut vaikuttaa kortisolipitoisuuksien kasvuun.

Estradiolipitoisuus

Hormonipitoisuuksien muutoksia voidaan selittää myös normaaleilla vuorokausivaihteluilla, joten pitoisuuksien muutokset eivät välttämättä johdu harjoitusvaikutuksista. Naiskoehenkilöiden kuukautiskierron vaihe vaikuttaa myös hormonipitoisuuksiin. Kun tutkitaan harjoitteluvaikutusta naisten hormonipitoisuuksiin, on siis otettava huomioon kuukautiskierron vaiheet (Fleck & Kraemer 2004). Muuten ei voida suoraan sanoa, ovatko hormonipitoisuuksien muutokset johtuneet harjoittelusta vai kuukautiskierrosta. Bonenin ym. (1979) tutkimuksessa koehenkilöiden kuukautiskierron vaihe selvitettiin aiempien kuukautisten avulla. Tutkimuksessa havaittiin, että harjoittelemattomilla nuorilla naisilla munasarjojen hormonien pitoisuudet kasvavat, kun taas aiemmin harjoitelleilla samanlaista kasvua ei havaittu. Harjoitukset tehtiin 74,1 ± 3,0 % VO_{2max} teholla. Seerumin estradiolipitoisuus mitattiin 15 minuuttia ennen polkupyöräergometritestiä ja välittömästi puoli tuntia testin jälkeen. Estradiolipitoisuus kasvoi keskimäärin 13,5 %, kun kuukautiskierron vaihetta ei huomioitu (Bonen ym. 1979). Bonenin ym. (1979) tutkimuksessa selvisi myös, että viidessä harjoitustestissä estradiolipitoisuus kasvoi luteaalisessa vaiheessa keskimäärin 20,6 %. Kolmessa harjoitustestissä kuukautisten aikana seerumin estradiolipitoisuus puolestaan ei muuttunut (Bonen ym. 1979). Samassa tutkimuksessa estradiolipitoisuuden havaittiin kasvavan luteaalisessa vaiheessa, jos harjoitusteho oli 60 % $VO2_{max}$:sta. Kovilla harjoitustehoilla saatiin huomattavasti suurempia muutoksia seerumin estradiolipitoisuudessa kuin kohtuutehoisilla harjoituksilla.

Tässä tutkimuksessa kuukautiskierron vaiheita ei selvitetty, mutta myöskään muutosta estradiolipitoisuudessa ei tapahtunut 9 viikon aikana. Koska tämän tutkimuksen kestävyysharjoitukset olivat kovatehoisia (85 - 91 % VO_{2max}) ja polkupyöräergometritestit tehtiin uupumukseen asti, olisi voinut olettaa, että

estradiolipitoisuudessa tapahtuu enemmän kasvua. Toisaalta muutos olisi voinut tapahtua, jos verinäytteet olisi otettu välittömästi polkupyöräergometritestien jälkeen, mutta tällöin olisi ollut kyseessä välitön vaikutus, kun tutkimuksen tavoitteena oli tutkia harjoitusvaikutuksia 9 viikon aikana. Myös Bonen ym. (1979) tutkivat harjoitusvaikutuksia seerumin hormonipitoisuuksiin. Osa koehenkilöistä harjoitteli polkupyöräergometrillä puoli tuntia 3 kertaa viikossa vähintään 8 viikon ajan, mutta selvisi, että estradiolipitoisuus ei kasvanut harjoituksen vaikutuksesta.

Testosteronipitoisuus

Zmuda ym. (1996) ja Bonifazi ym. (1995) ovat tutkineet testosteronipitoisuudessa tapahtuvia akuutteja muutoksia. Zmudan ym. (1996) tutkimuksessa noin 70-vuotiailla miehillä seerumin testosteronipitoisuudet nousivat harjoitusintensiteetin kasvaessa polkupyöräergometriharjoituksissa, mutta laskivat välittömästi harjoitusten päätyttyä. Tutkimukseen ei kuulunut harjoittelujaksoa, vaan mittauksia suoritettiin yhden päivän aikana ennen harjoituksia, 15 minuuttia kestävien harjoitusten aikana ja niiden jälkeen. Bonifazin ym. (1995) tutkimuksessa koehenkilöiden vapaan testosteronin pitoisuus nousi tunnin mittaisen juoksuharjoituksen jälkeen, mutta laski palautumisen aikana alkuperäiseen arvoonsa.

Myös harjoittelun pitkäaikaisvaikutuksia testosteronipitoisuuksiin on tutkittu. Santtilan ym. (2009) tutkimuksessa koehenkilöiden seerumin testosteronipitoisuus nousi kaikissa tutkimusryhmissä 8 viikon aikana, mutta suurin muutos tapahtui kestävyysharjoitteluryhmän koehenkilöillä. Häkkisen ym. (1991) tutkimuksessa saatiin päinvastaisia tuloksia, kun seerumin testosteronin ja vapaan testosteronin pitoisuuksissa ei tapahtunut muutoksia kolme viikkoa kestävän intensiivisen voimaharjoittelun aikana. Myöskään Gorosteagan ym. (1999) tutkimuksessa koehenkilöiden testosteronipitoisuudet eivät muuttunut missään ryhmässä 6 viikon aikana. Tässä tutkimuksessa naiskoehenkilöiden seerumin testosteronipitoisuus ei muuttunut 9 viikon aikana. Koska tiedetään, että testosteroni edesauttaa luustolihasten kasvua ja lisää proteiinisynteesiä, voi olla, että lihasten testosteronintarve laskee seerumin testosteronipitoisuutta. Naisilla on luontaisesti paljon alhaisempi testosteronipitoisuus kuin miehillä. Miesten suuremman testosteronin erityksen tiedetään liittyvän naisia suurempaan lihasmassan ja voiman kasvuun (Ahtiainen & Häkkinen 2004). Kokonaistestosteronin pitoisuuteen vaikuttaa myös sukupuolihormoneja sitovan globuliinin, SHBG:n, pitoisuus, koska testosteroni on suurelta osin sitoutuneena SHBG:iin.

SHBG-pitoisuus

Veren sukupuolihormoneja sitovan globuliinin pitoisuuksien muutoksista on olemassa ristiriitaisia tuloksia. Santtilan ym. (2009) tutkimuksessa minkään harjoitteluryhmän seerumin SHBG-pitoisuuksissa ei havaittu muutosta. Samanlaisia tuloksia saivat Häkkinen ym. (1991) 3 viikkoa kestäneessä tutkimuksessaan, kun koehenkilöiden SHBG-pitoisuus ei muuttunut ja Smith ym. (2011), joiden tutkimuksessa esivaihdevuosi-ikäisillä naiskoehenkilöillä SHBG-pitoisuuksissa ei tapahtunut muutoksia 16 viikon aerobisen harjoittelun aikana. Voi siis olla, että pitkäaikainenkaan harjoittelu ei riitä saamaan aikaan muutoksia SHBG-pitoisuuksissa. Tässä tutkimuksessa 9 viikkoa kestänyt yhtäaikainen voima- ja kestävyysharjoittelu ei myöskään vaikuttanut SHBG-pitoisuuksiin.

Sukupuolihormoneja sitovan globuliinin pitoisuuksien muutoksia on tutkittu myös välittömästi harjoittelun aikana. Zmudan ym. (1996) tutkimuksessa koehenkilöiden SHBG-pitoisuudet kasvoivat harjoittelutehon kasvaessa, mutta laskivat välittömästi harjoittelun jälkeen. Koska myös testosteronipitoisuudessa tapahtui samanlaisia muutoksia, voidaan päätellä testosteronin ja SHBG:n olevan yhteydessä toisiinsa. Positiivinen korrelaatio SHBG:n ja testosteronin välillä on havaittavissa myös Bonifazin ym. (1995) tutkimuksessa. Molemmat pitoisuudet laskivat aamuharjoitteluryhmällä harjoituksen jälkeen, mutta SHBG-pitoisuus laski jopa alle alkuarvon palautumisjakson jälkeen. Samassa tutkimuksessa iltapäivällä harjoitelleen ryhmän koehenkilöillä kokonaistestosteroni- ja SHBG-pitoisuudet puolestaan nousivat harjoituksen jälkeen, mutta kokonaistestosteronipitoisuus laski alle alkuarvon palautumisen jälkeen.

Testosteroni/SHBG-suhde

Vapaan testosteronin määrää eli testosteroni/SHBG-suhdetta ovat tutkineet muun muassa Häkkinen ym. (1991) ja Santtila ym. (2009). Santtilan ym. (2009) tutkimuksessa kaikkien harjoitteluryhmien koehenkilöiden seerumin testosteroni/SHBG-suhde nousi 8 viikon aikana. Tässä tutkimuksessa naiskoehenkilöiden testosteroni/SHBG-suhde ei puolestaan muuttunut 9 viikon aikana. Samankaltaisia tuloksia saivat myös Häkkinen ym. (1991), joiden tutkimuksessa naiskoehenkilöiden testosteroni/SHBG-suhde ei muuttunut 3 viikon raskaan voimaharjoittelujakson aikana.

9.9. Kehonkoostumus

Rasvan osuus kehon massasta nuorilla aikuisilla on 15 % miehillä ja 25 % naisilla (McArdle ym. 2001). Santtilan (2010) tutkimuksessa koehenkilöiden kehon koostumuksessa, etenkin rasvaprosentissa tapahtui muutoksia parempaan suuntaan. Muutokset olivat parempia niillä varusmiehillä, joilla oli armeijan peruskoulutuskauden alussa huonompi kunto ja alhainen liikunta-aktiivisuus. Voidaan kuitenkin esittää myös päinvastaisia tuloksia kehonkoostumuksessa. Izquierdon ym. (2009) tutkimuksessa koehenkilöiden rasvan määrä ei muuttunut 7 viikon voimaharjoittelujakson aikana, mutta paino lisääntyi. Tässä tutkimuksessa koehenkilöillä ei tapahtunut muutosta painossa eikä rasvamassassa 9 viikon aikana. Myös Häkkinen ym. (1991) ovat saaneet samankaltaisia tuloksia. Heidän tutkimuksessaan naiskoehenkilöiden paino ja rasvaprosentti eivät muuttuneet 3 viikon voimaharjoittelujakson aikana. Holvialan ym. (2011) tutkimuksessa voimaharjoittelua, kestävyysharjoittelua ja yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua tehneissä tutkimusryhmissä ei tapahtunut muutoksia painoindeksissä keski-ikäisillä miehillä 21 viikkoa kestäneessä tutkimuksessa. Samankaltaisia tuloksia sai myös Romu (2001), jonka tutkimuksessa voimaharjoittelua tekevien koehenkilöiden paino ja rasvaprosentti eivät muuttuneet 21 viikon aikana. Myöskään voima-kestävyysharjoittelua tekevien koehenkilöiden paino ei muuttunut 21 viikon aikana, mutta rasvaprosentti laski 2,3 prosenttiyksikköä. Romun (2001), Häkkisen (1991) ja tämän tutkimuksen pohjalta voidaan todeta, että rasvaprosentin vähenemiseen vaaditaan kestävyysharjoittelua ja suhteellisen pitkä (21 viikkoa) harjoittelujakso.

9.10. Syke ja sykevariaatiot

Kestävyysharjoittelun on havaittu laskevan yksilön leposykettä (Maciel ym. 1985, Blumenthal ym. 1990). Maciel ym. (1985) havaitsivat leposykkeen laskevan 11 iskua minuutissa 10 viikon harjoittelujakson aikana. Cornelissen ym. (2010) havaitsivat 10 viikkoa kestävän kestävyysharjoittelua sisältäneen harjoitusjakson alentavan leposykettä noin 8 %. Lisäksi nimenomaan kovatehoisemman kestävyysharjoittelun havaittiin laskevan leposykettä enemmän verrattuna matalatehoiseen harjoitteluun. Näihin tuloksiin verrattuna on hieman yllättävää, ettei tässä tutkimuksessa havaittu koehenkilöillä muutosta leposykkeessä. Koska tässä tutkimuksessa harjoittelujakso oli vain hiukan Cornelissen ym. (2010) harjoitusjaksoa lyhyempi, yhden viikon puuttuminen harjoittelujaksolta ei vielä riitä selittämään eroa em. tutkimuksessa saatuihin tuloksiin. Myöskään kestävyysharjoittelun teho ei ollut tässä tutkimuksessa liian matala tuloksien saavuttamiseksi. Syitä voidaan hakea muista tekijöistä. Esimerkiksi Cornelissen ym. (2010) tutkimuksessa koehenkilöt harjoittelivat 10 viikon ajan 3 kertaa viikossa jokaisen harjoituskerran kestäessä 50 minuuttia. Tässä tutkimuksessa kestävyysharjoittelua tehtiin sekä kertoina laskettuna että ajallisesti huomattavasti vähemmän. Saattaakin olla, että tämän tutkimuksen kestävyysharjoittelu oli määrällisesti liian vähäistä, jotta muutoksia leposykkeessä olisi saavutettu yhdeksässä viikossa.

Kestävyysharjoittelun vaikutus leposykkeeseen ei näyttäisi olevan muutenkaan täysin yksiselitteinen, sillä Maciel ym. (1985) ja Cornelissen ym. (2010) tutkimuksiin verrattuna on saatu myös päinvastaista näyttöä. Esimerkiksi Sedwick ym. (1979) eivät havainneet 12 viikon kestävyysharjoittelujakson aikana muutosta koehenkilöiden leposykkeessä, vaikka kestävyyskunnon kehittymisen merkkinä pidettyä maksimaalisen hapenottokyvyn paranemista tapahtuikin. Myös tässä tutkimuksessa tapahtui selkeitä muutoksia maksimaalisessa hapenottokyvyssä (muutos + 8,5 %), vaikka koehenkilöiden leposykkeissä ei muutosta tapahtunutkaan. Voidaan siis päätellä, ettei pelkästään kestävyyskunnon kehittyminen takaa koehenkilöiden leposykkeen alenemista. Koska parasympaattisen hermoston aktivaation lisääntyminen vaikuttaa sydämeen sykkeeseen laskevasti (Lamb 1984), voi se, ettei tässä tutkimuksessa havaittu parasympaattisen hermoston aktivoitumisen lisääntymistä, olla osaltaan selittämässä sitä, miksi tutkimuksessa ei havaittu laskua koehenkilöiden leposykkeessä.

Parasympaattisen hermoston toiminnasta kertovan HF-power:n arvot nousevat yleensä kestävyysharjoittelun vaikutuksesta (Shin ym. 1997, Levy ym. 1998, Sugawara ym. 2000). Tässä tutkimuksessa makuulla mitatussa HFP:ssa ei tapahtunut muutosta. Seisten mitattu HFP laski 48,2 % yhdeksän viikon harjoittelun aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että yhdeksän viikon kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksesta parasympaattisen hermoston aktiivisuus vähentyi, mikä oli täysin odottamaton tulos. LF-poweria on toisaalta käytetty kuvaamaan pelkästään sympaattisen hermoston aktiivisuutta, toisaalta siihen on havaittu vaikuttavan sekä sympaattisen että parasympaattisen hermoston toiminnat (Task Force 1996). Kestävyysharjoittelulla ei näyttäisi olevan yksiselitteistä vaikutusta LF-poweriin. Tuloksia on saatu siitä, että kestävyysharjoittelu laskee LFP.a (Gregoire ym. 1996), ja toisaalta näyttöä on myös siitä, ettei kestävyysharjoittelulla ole vaikutusta LFP:in (Shin ym. 1997, Figueroa ym. 2007, Cornelissen ym. 2010). Tässä tutkimuksessa muutosta LF-powerissa ei tapahtunut. Tämä tulos on samansuuntainen Shinin ym. (1997), Figueroan ym. (2007) ja Cornelissenin ym. (2010) havaintojen kanssa. Autonomisen hermoston toiminnan muutosta tutkittaessa voidaan myös tarkastella

muutosta LFP:HFP-suhteessa. Normaalisti voidaan odottaa LFP:HFP-suhteen pienenemistä kestävyysharjoittelujakson aikana. LFP:HFP-suhteessa ei tapahtunut tässä tutkimuksessa muutoksia. Tämä ei sinänsä ole yllättävää, kun tiedetään, että LF-power ja HF-power pysyivät seisoen mitattua HFP:a lukuun ottamatta muuttumattomina tutkimuksen aikana.

Syitä sille, ettei autonomisen hermoston toiminnassa tapahtunut odotettuja muutoksia kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksesta voidaan hakea useista tekijöistä. Esimerkiksi harjoitusjakson keston ja harjoitusmäärien on havaittu vaikuttavan sykemuuttujiin. Sugawara ym. (2000) havaitsivat kahdeksan viikon kohtuullisella teholla suoritetun kestävyysharjoittelujakson nostavan HFP:a merkittävästi. Sugawaran ym. (2000) tutkimukseen verrattuna tämän tutkimuksen harjoitusjakson keston olisi pitänyt riittää nostamaan parasympaattisen hermoston aktiivisuutta. Kuitenkaan kestävyysharjoittelun vaikutus parasympaattisen hermoston toimintaan ei ole yksiselitteinen. Usein onkin saatu näyttöä siitä, että vasta pitkäaikainen kestävyysharjoittelu vaikuttaa autonomisen hermoston toimintaan levossa (Martinmäki ym. 2008, Cornelissen ym. 2010). Lisäksi vasta riittävä harjoituskertojen määrä ja harjoitusten pituus näyttäisi vaikuttavan parasympaattisen hermoston toimintaan (Gregoire ym. 1996). Se, ettei parasympaattisessa hermostossa saatu odotettuja tuloksia tässä tutkimuksessa voitaisiinkin osittain selittää sillä, ettei tutkimuksen kestävyys- ja voimaharjoittelujakso kestänyt tarpeeksi pitkään, eikä harjoituskertoja tullut tarpeeksi. Tutkimuksen aikana tapahtunutta HFP:n laskua ei kuitenkaan pystytä selittämään kestävyysharjoitteluun liittyvillä tekijöillä.

Tarkasteltaessa yksilöiden välisiä eroja parasympaattisen hermoston aktiivisuuden muutoksissa voidaan havaita, että kuudella koehenkilöllä HFP nousi makuulla mitattuna tutkimusjakson aikana. Siten odotusten mukaista kehitystä tapahtui usealla yksilöllä. Erot HF-powerissa olivat kuitenkin suuria sekä koehenkilön eri mittauskertojen että eri koehenkilöiden välillä. Se, että HFP laski tämän tutkimuksen harjoittelujakson aikana, sekä suuret, epäloogiset erot tuloksissa eri mittauskertojen välillä viittaisivat siihen, että sydämen sykkeeseen ovat vaikuttaneet tutkimuksen ja mittauksien aikana jotkin harjoittelun ulkopuoliset tekijät.

Koska on edelleen hieman epävarmaa, mitä LFP yleensä kertoo autonomisen hermoston toiminnasta, voi näiden tulosten perusteella olla hankala sanoa, tapahtuiko tässä tutkimuksessa muutosta sympaattisen hermoston toiminnassa. Yksilötasolla odotetunlaista muutosta tapahtui makuulla mitatuissa tuloksissa vain kahdella, ja seisoen mitatuista vain kolmella koehenkilöllä. Jos LFP kuvaa vain sympaattisen hermoston aktiivisuutta, voidaan sanoa, ettei muutosta sympaattisen hermoston aktiivisuudessa tapahtunut. Toisaalta, eräiden tutkimusten mukaan LPF ottaa huomioon sympaattisen hermoston lisäksi myös parasympaattisen hermoston (Task Force 1996). Siten ei voida varmasti sanoa, tapahtuiko tässä tutkimuksessa muutosta sympaattisessa hermostossa, sillä ei pystytä tarkkaan sanomaan, missä määrin LFP ottaa huomioon sympaattista, ja missä määrin parasympaattista hermostoa. Todennäköisempää on kuitenkin se, että mittauksien aikana saatuihin tuloksiin ovat ainakin osaksi vaikuttaneet kestävyysharjoittelun ulkopuoliset tekijät, jotka ovat vaikuttaneet sykkeeseen, eikä tutkimuksesta tämän vuoksi saatu odotettuja tuloksia.

Koska sydämen sykkeeseen ja sykevariaatioihin vaikuttavat harjoittelun ohella monenlaiset seikat, tulee tuloksia tarkasteltaessa ottaa huomioon myös muita tekijöitä. Koeasetelma pyrittiin vakioimaan samanlaiseksi joka mittauskerralle, mutta koska koehenkilöiden vapaa-aikaan tutkimuksen ulkopuolella ei voinut vaikuttaa, saattoivat jotkin ulkopuoliset tekijät vaikuttaa syketuloksiin. Esimerkiksi koska leposykkeitä ei mitattu koehenkilöiden kotona, leposykkeisiin saattoi vaikuttaa se, saapuiko

koehenkilö paikalle autolla vai polkupyörällä. Tutkimuksen ajankohdalla saattoi olla vaikutusta mittaustuloksiin. Koska tutkimus sijoittui ajallisesti loppukevääseen, saattoi esimerkiksi opintojen kuormittavuus aiheuttaa koehenkilöille henkistä stressiä, mikä on osaltaan voinut vaikuttaa koehenkilöiden sykemuuttujiin. Lisäksi lyhyemmän aikavälin tekijät, kuten huonosti nukuttu yö, voi vaikuttaa tutkimustuloksiin. Lisäksi mittauslaitteiden käyttö tuotti hieman ongelmia. Varsinkin tutkimuksen alussa, jolloin sykevöiden käyttö oli koehenkilöille uutta, saatiin jonkin verran huonolaatuista sykedataa. Tämä on voinut vaikuttaa myös lopullisiin syketuloksiin.

9.11. Ravintoanalyysi

Ravinto vaikuttaa fyysiseen suorituskykyyn ja kehon koostumukseen. Ilanderin (2006) mukaan energian liikasaanti johtaa lihomiseen, mutta toisaalta riittävä energiansaanti on yhteydessä tulokselliseen harjoitteluun. Borgin ym. (2006) mukaan kuntoa ei voi arvioida rasvaprosentin eikä painon mukaan, ja suorituskyky heikkenee energiavajeen vuoksi. Edelleen hänen mukaansa on tärkeä ymmärtää, että painoa ei alenneta ruoan määrää vähentämällä, vaan sen laadun ja koostumuksen säätelyllä.

Finravinto 2002 -tutkimuksen mukaan suomalaiset 25-34-vuotiaat naiset saavat energiaa keskimäärin 1685 kcal vuorokaudessa (Reinivuo ym. 2003). Tutkimuksemme koehenkilöillä kokonaisenergiansaanti (1841 kcal) oli vielä tutkimuksen lopussakin Finravinto 2002-tutkimuksessa saatuihin tuloksiin verrattuna hieman suurempaa, vaikka energian saanti pieneni 9 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana. Borgin ym. (2006) mukaan urheilevan naisen tulisi saada vähintään 1500 kcal vuorokauden aikana. Karan (2005) mukaan kevyttä työtä tekevien, vapaa-aikansa passiivisina viettävien 18-30-vuotiaiden naisten viitteellinen energiantarve on 1980 kcal, vähän liikuntaa harrastavien samanikäisten naisten 2260 kcal vuorokaudessa ja vapaa-aikanaan säännöllisesti liikuntaa harrastavien samanikäisten naisten 2570 kcal vuorokaudessa. Kuitenkaan mitään yleisiä suosituksia ei energiantarpeesta voida antaa, sillä energiantarve on yhteydessä perusaineenvaihdunnan määrään, kehon koostumukseen ja fyysisen aktiivisuuden tasoon, jotka ovat yksilöllisiä tekijöitä (Kara 2005).

Finravinto 2002-tutkimuksen mukaan päivittäisestä energiasta 31,7 E % (E % = osuus kokonaisenergiasta) tulee rasvoista, 51,2 E % hiilihydraateista ja 15,7 E % proteiineista (Reinivuo ym. 2003). Tutkimuksemme koehenkilöillä rasvoista (35,4 E %) ja proteiineista (17,2 E %) saadun energian osuus on hieman suurempi ja hiilihydraateista (43,7 E %) saadun energian osuus vastaavasti hieman pienempi tutkimusjakson lopussa kuin 25-34-vuotiailla suomalaisnaisilla keskimäärin Finravinto 2002-tutkimuksessa. Karan (2005) mukaan kovien rasvojen eli tyydyttyneiden rasvahappojen määrän tulisi olla alle 10 E % ja kokonaisuudessaan rasvojen saannin tulisi olla 25-35 E %. Tutkimuksemme koehenkilöiden rasvojensaanti on koko tutkimusjakson ajan suositeltavaa määrää suurempi. Suomalaisten ravitsemussuositusten mukaan hiilihydraatteja tulisi saada 50-60 E %, josta vain alle 10 E % saa olla sokeria (Kara, 2005). Koehenkilöillämme hiilihydraateista saaman energian osuus on siis viitteellisten arvojen alapuolella, vaikka niiden osuus tutkimusjakson aikana nousikin. Proteiineja tulisi saada päivittäisestä energiasta 10-20 E %. Proteiinit lisäävät kylläisyyden tunnetta, joten hieman suuremmalla saannilla voi olla merkitystä painonhallinnassa (Kara, 2005). Koehenkilöidemme proteiineista saama osuus vastaa saantisuosituksia koko tutkimusjakson ajan.

10. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUKSET

Tulokset osoittavat, että 9 viikon voima- ja kestävyysharjoittelujakso, kolmesti viikossa tehdyllä harjoittelulla, on riittävää tulosten saavuttamiseksi tiettyjen fyysisen kunnon osa-alueiden ja fyysisen terveyden kohdalla. Aerobisen kunnon ja voimaominaisuuksien kehittyminen voimantuottonopeutta lukuun ottamatta oli merkittävää. Lisäksi terveyden markkereina pidetyistä veriarvoista kolesteroliarvot paranivat koehenkilöillä huomattavasti.

Fyysisen harjoittelun yhdistäminen ravitsemustottumusten muutoksiin olisi saattanut tuottaa tutkimusjakson aikana vielä merkittävämpiä tuloksia. Siten vastaavanlainen tutkimus yhdistettynä ravintoneuvontaan voisi vaikuttaa voimakkaammin esimerkiksi kehon koostumuksessa tapahtuviin muutoksiin, sekä veren paastoglukoosi- ja triglyseridiarvoihin, jotka pysyivät tässä tutkimuksessa muuttumattomina. Ravinto-ohjauksen ja harjoittelujakson yhdistäminen tuo eteen kuitenkin ongelman, jossa ravinnon ja harjoittelun vaikutuksia ei pystytä selkeästi erottamaan toisistaan. Kansanterveydellisestä näkökulmasta tämän kaltainen tutkimus voisi kuitenkin olla kannattavaa.

Sykevariaatioiden muuttumattomuus tutkimusjakson aikana antaisi aihetta mahdollisille jatkotutkimuksille. Ovatko ulkopuoliset tekijät vaikuttaneet sykevariaatiotuloksiin niin voimakkaasti, ettei odotettuja tuloksia saavutettu, vai eikö mittausjakso ollut tarpeeksi pitkä tulosten saavuttamiseksi? Jatkotutkimuksen aiheena voisi olla esimerkiksi sykevariaatioihin vaikuttavat ulkopuoliset tekijät, jolloin sykevariaatiotutkimuksiin saataisiin arvokasta tietoa.

Kestävyysharjoittelu tai maksimivoimaan tähtäävä voimaharjoittelu on saattanut estää voimantuottonopeuden kehittymisen. Jatkotutkimuksissa tulisi vertailla pelkästään voimaharjoittelua tekevän ryhmän ja yhdistettyä voima-kestävyysharjoittelua tekevän ryhmän tuloksia keskenään. Nopeusvoiman kehittymiseen tähtäävää voimaharjoittelua ja maksimivoiman kehittymiseen tähtäävää voimaharjoittelua tekevien ryhmien vertailulla voitaisiin osoittaa voimaharjoittelumuodon vaikutus voimantuottonopeuteen ja voimantuottoaikoihin.

KIITOKSET

Pro gradu-työssä kummallakin oli omat päävastuualueensa, mutta varsinkin tutkimuksen valmistelusta, tutkimuksesta ja mittauksista vastasimme yhdessä. Riikka ohjasi sisäpyöräilytunnit ja suunnitteli kuntosaliohjelmat tutkimuksen aikana, mutta molemmat vastasivat kuntosaliohjelman ohjeistuksesta koehenkilöille tutkimuksen alussa. Johanna vastasi terveyskyselyjen sekä ravintopäiväkirjojen analyyseistä.

Kirjoitusvaiheessa Riikka vastasi kestävyysharjoitteluosuudesta, sekä muuttujista, jotka ovat pääosin sidoksissa kestävyysharjoitteluun. Tuloksissa ja tulostentarkastelussa Riikka käsitteli kestävyyskuntomuuttujia, veren kolesteroliarvoja, hemoglobiinia, paastoglukoosia, triglyseridiä ja sykevariaatioita. Johanna kirjoitti voimaharjoittelusta, kehon koostumuksesta ja ravitsemuksesta ja vastasi tuloksissa ja tulostentarkastelussa voimamuuttujien, kehon koostumuksen sekä veren hormonipitoisuuksien käsittelystä. Johdannon, tiivistelmän ja johtopäätökset kirjoitimme yhdessä.

Pro gradu-tutkimuksemme mahdollisti useiden tahojen kanssa toteutettu yhteistyö. Lämpimät kiitokset ohjaajallemme Jari Haimille erinomaisesta yhteistyöstä ja kannustavasta ohjauksesta. Kiitämme asiantuntevasta ohjauksesta ja kommenteista myös toista ohjaajaamme Heikki Kyröläistä Liikuntabiologian laitokselta.

Kiitokset Jyväskylän yliopiston Bio- ja ympäristötieteiden laitokselle, joka mahdollisti tutkimuksen toteutuksen taloudellisen tukensa avulla. Lisäksi kiitos Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian laitokselle, joiden mittauslaitteita saimme käyttää asiantuntevan henkilökunnan avustuksella. Kiitokset Pirkko Puttoselle ja Risto Puurtiselle.

Kestävyys- ja voimaharjoittelun mahdollisti naisten liikuntakeskus Kuntoportti, jonka tilat olivat käytössämme tutkimusjakson ajan. Kiitokset kuuluvat myös Firstbeat Technologies:lle ja erityisesti Aki Pulkkiselle, jonka kautta saimme käyttöömme Firstbeatin Memorybelt-tallentavat sykevyöt, Monitor-, Kuntovalmentaja- ja Firstbeat-Sport-ohjelmat.

Kiitos mittauksissa auttaneille ja koko projektin ajan kannustaneille rakkaille miehillemme Akille ja Mikolle. Kiitämme myös perheitämme, jotka ovat kannustaneet tässä pitkässä projektissa.

KIRJALLISUUS

Adhihetty P. J., Irrcher I., Joseph A-M, Ljubicic V. & Hood D.A. 2003. Review: Plasticity of skeletal muscle mitochondia in resconse to contractile activity. *Exp. Physiol. 88*: 99-107.

Ahtiainen J. 2001. *Akuutti hormonaalinen ja neuromuskulaarinen vaste maksimi- ja pakkotoistokuormituksessa*. Liikuntafysiologian pro gradu –tutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos. 110s.

Ahtiainen J. & Häkkinen K. 2004. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa Keskinen K.L., Häkkinen K. & Kallinen M. 2004. *Kuntotestauksen käsikirja*. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156 – Helsinki 2004.

Baldwin K. M., Fitts R. H., Booth F. W., Winder W. W. & Holloszy J. O. 1975. Depletion of muscle and liver glycogen during exercise. *Pflügers. Arch. 354*: 203-212.

Blumenthal J.A., Fredrikson M., Kuhn C.M., Ulmer R.L. Wallsh-Riddle M. & Applebaum M. 1990. Aerobic exercise reduces levels of cardiovascular and sympathoadrenal responces to mentai stress in subjects without prior ecidence of myocardial ischemia. *Am. J. Cardiol*. 65(1): 93-98.

Bizeau M. E., Willis W. T. & Hazel J. R. 1998. Differential responses to endurance training in subsarcolemmal and intermyofibrillar mitochondria. *J. Appl. Physiol. 85*: 1279-1284.

Bonen A., Ling W. Y., MacIntyre K. P., Neil R., McGrail J. C. & Belcastro A. N.1979. Effects of Exercise on the Serum Concentrations of FSH, LH, Progesterone, and Estradiol. *Eur. J. Appl. Physiol*.42, 15-23 (1979)

Borg P. 2006. Urheilevan naisen ravitsemus. Teoksessa: Ilander O, Borg P., Laaksonen M., Mursu J., Ray C., Pethman K., & Marniemi A. 2006. *Liikuntaravitsemus*. VK-kustannus Oy.

Bouchard, C., An. P., Rice, T., Skinnet, J.S., Wilmore, J.H., Gagnon, J., Pérusse, Louis, Leon, A.S. & Rao, D.C. 1999. Familial aggregation of VO_{2max} response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study. *J. Appl. Physiol*. 87: 1003-1008.

Brestoff, J.R., Clippinger, B., Spinella, T., von Duvillard, S.P., Nindl, B. & Arciero, P.J. 2009. An acute bout of endurance exercise but not sprint interval exercise enhances insulin sensitivity. *Appl. Physiol. Nutr. & Metab*. 34: 25-32.

Brotherhood J., Brozovic B. & Pugh L.G. 1975. Haematological status of middle- and long-distance runners. *Clin. Sci. Mol. Med*. 48: 139-145.

Cunningham D.A. & Hill J.S.1975. Effect of training on cardiovascular response to exercise in women. *J Appl Physiol* 39: 891-895

Coffey V. G. & Hawley J.A. 2007. Review: The molecular bases of training adaptation. *Sports. Med. 37*: 737-763.

Cornelissen V.A., Verheyden B., Aubert A.E. & Fagard R.H. 2010. Effect of aerobic training intensity on resting, exercise and post-exercise blood pressure, heart rate and heart rate varioability. *J. Human Hyperten*. 24: 175-182.

Convertino V.A., Brock P.J., Keil L.C., Bernauer E.M. & Greenleaf J.E. 1980. Exercise training-induced hypervolemia: role of plasma albumin, renin, and vasopressin. *J. Appl. Physiol*. 48: 665-669.

Dehn M.M. & Bruce R.A. 1972. Londitudal varioations in maximal oxygen intake with age and activity. *J. Appl. Physiol*. 33: 805-807.

Denke M. 2006. Dietary fats, fatty acids, and their effects on lipoproteins. Current *Atherosclerosis Reports* 8: 466.

Durstine J.L., Grandjean P.W., Davis P.G., Ferguson M.A., Alderson N.L. & DuBose K.D. 2001. Blood lipid and lipoprotein adaptations to exercise: a quantitative analysis. *Spirts Medic*. 31: 1033-1062.

Essén B., Hagenfeldt L. & Kaijser L. 1977. Utilization of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. *J. Physiol. 265*: 489–506.

Figueroa A., Baynard T., Fernhall B., Carhart R. &. Kanaley J.A. 2007. Endurance training improves post-exercise cardiac autonomic modulation in obese women with and without type 2 diabetes. *Eur. J. Appl. Physiol*. 100: 437-444.

Fleck SJ. &, Kraemer WJ. 2004. *Designing resistance training programs*. Human Kinetics, Champaign, IL. 3. painos.

Fogelholm M. 2004. Antropometriset ja kehonkoostumusta kuvaavat mittaukset. Teoksessa Keskinen K.L., Häkkinen K. & Kallinen M. 2004. *Kuntotestauksen käsikirja*. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156 – Helsinki 2004.

Fogelholm M. 2011. Lihavuus ja kehon koostumus. Teoksessa Fogelholm, M., Vuori, I., Vasankari, T. (toim.). 2011. *Terveysliikunta*. Duodecim. Helsinki.

Fogelholm M. & Oja, P. 2011. Terveysliikuntasuositukset. Teoksessa Fogelholm, M., Vuori, I., Vasankari, T. (toim.). 2011. *Terveysliikunta*. Duodecim. Helsinki.

Fontana L., Klein S. & Holloszy J. 2010. Effects of long-term calorie restriction and endurance exercise on glucose tolerance, insulin action, and adipokine production. *AGE* 32: 97.

Furtado J.D., Campos H., Appel L.J., Miller E.R., Laranjo N., Carey V.J.& Sacks F.M. 2008. Effect of protein, unsaturated fat, and carbohydrate intakes on plasma apolipoprotein B and VLDL and LDL containing apolipoprotein C-III: results from the OmniHeart Trial. *Am. J. Clinic. Nutr*. 87: 1623-1630.

Greenleaf J.E., Mongomery L.D., Brock P.J. & van Beaumont W. 1979. Limb blood flow: rest and heavy exercise in sitting and supine positions in man. *Aviation, Space and Enviromental Medicine*. 50: 702-707.

Gollnick P. D., Armstrong R. B., Saltin B., Saubert IV C. W., Sembrowich W. L. & Shepherd R. E. 1973. Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle. *J. Appl. Physiol. 34*: 107-111.

Gormley S.E., Swain D.P., High R., Spina R.J., Dowling E.A., Kotipalli U.S. & Gandrakota R. 2008. Effect of intensity of aerobic training on VO2max. *Med. Sci. Sports. Exerc*. 40: 1336-1343.

Gorosteaga E.M., Izquierdo M., Iturralde P., Ruesta M. & Ibánêz J. 1999. Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur J Appl Physiol* (1999) 80: 485-493.

Gregoire J., Tuck, S., Yamamoto Y. &, Hughson R.L. 1996. Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender, and physical training. *Can. J. Appl.Physiol*. 21: 455-470.

Griffin J.E 2003. Male reproductive function. Teoksessa: Griffin J. & Ojeda S. 2003. *Textbook of Endocrine Physiology*. Oxford University Press.

Haff GG, Lehmkuhl MJ, McCoy LB, Stone MH. Carbohydrate supplementation and resistance training. *J Strength Cond Res*. 2003 Feb;17:187-96.

Hagner W., Hagner-Derengowska M., Wiacek M. & Zubrzycki I.Z. 2009. Changes in level of VO2max, blood lipids, and waist circumference in the response to moderate endurance training as a function of ovarian aging. *Menopause* 16: 1009-1013

Halverstadt A., Phares D.A., Wilund K.R., Goldberg A.P. & Hagberg J.M. 2007. Endurance exercise training raises high-density lipoprotein cholesterol and lowers small low-density lipoprotein and very low-density lipoprotein independent of body fat phenotypes in older men and women. *Metabolism*. 56: 444.

Heinicke K. Wolfarth B., Winchenbach P., Biermann B., Schmid A., Huber G., Friedman B. & Schmidt W. 2001. Blood volume anf hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. Int. J. Sport. Med. 22: 504-512.Henriksson J. 1977a. Time course of changes in human skeletal muscle succinate dehydrogenase and cytochrome oxidase activities and maximal oxygen uptake with physical activity and inactivity. *Acta. Physiol. Scand. 99*: 91-97.

Henriksson J. 1977b. Training induced adaptation of skeletal muscle and metabolism during submaximal exercise. *J. Physiol. 270*: 661–675.

Hickson R. C. & Rosenkoetter M. A. 1981 Separate turnover of cytochrome *c* and myoglobin in the red types of skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Cell. Physiol. 241*: C140-C144.

Holviala J, Kraemer W.J., Sillanpää E., Karppinen H., Avela J, Kauhanen A, Häkkinen A. & Häkkinen K. 2011. Effects of strenth, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *Eur J Appl Physiol*. DOI 10.1007/s00421-011-2089-7.

Hood D. A. 2001 Invited review: Contractile activity - induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *J. Appl. Physiol. 90*: 1137-1157.

Häkkinen K. 1990. *Voimaharjoittelun perusteet, vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi*. Gummerus kirjapaino OY, Jyväskylä, 1990.

Häkkinen K. & Pakarinen A. 1995. Acute Hormonal Responses to Heavy Resistance Exercise in Men and Women at Different Ages. *International Journal of Sports Medicine*. 1995. 16: 507-513 DOI: 10.1055/s-2007-973045.

Häkkinen K, Pakarinen A. & Kallinen, M. 1991. *Neuromuscular adaptations and serum hormones in women during short-term intensive strength training. Eur J. Appl Physiol (1992) 64: 106-111.*

Häkkinen K., Kallinen M., Izquierdo M.,. Jokelainen K, Lassila H., Mälkiä E.,. Kraemer W. J, Newton R. U. & Alen M.1998. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middleaged and older people. *J. Appl. Physiol.* 84: 1341–1349,1998.

Ilander O, Borg P., Laaksonen M., Mursu J., Ray C., Pethman K.,& Marniemi A. 2006. *Liikuntaravitsemus*. VK-kustannus Oy

Izquierdo M., Häkkinen K. Ibañez J. Kraemer, W.J. Gorostiaga E.M. 2004. Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur J Appl Physiol* (2005) 94: 70–75 DOI 10.1007/s00421-004-1280-5

Izquierdo M., Ibañez, Calbet, J.A.L., Navarro-Amezqueta, I., González-Izal, M., Idoate, F., Häkkinen, K., Kraemer W.J., Palacios-Sarrasqueta, M., Almar, M., Gorostiaga E.M. 2009. Cytokine and hormone responses to resistance training. *Eur J Appl Physiol* (2009) 107:397–409 DOI 10.1007/s00421-009-1139-x

Ingjer F. 1979 Capillary supply and mitochondrial content of different skeletal muscle fiber types in untrained and endurance-trained men. A histochemical and ultrastructural study. *Eur. J. Appl. Physiol. 40*: 197-209.

Jeukendrup A. E. & Achten J. 2001. Fatmax: A New Concept to Optimize Fat Oxidation During Exercise? *Eur. J. Sport Sci*. 1: 1-6.

Kanakis C. & Hickson R C. 1980. Left ventricular responses to a program of lower-limb strength training. *Chest* 1980;78;618-621 DOI 10.1378/chest. 78.4.618

Kanstrup I-L.& Ekblom B. 1984. Blood volume and hemoglobin concentration as determinants of maximal aerobic power. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16: 256-262.

Kara R. 2005. *Suomalaiset ravitsemussuositukset– ravinto ja liikunta tasapainoon*. Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Edita Publishing Oy

Karavirta L., Häkkinen A., Sillanpää E., Garcı´a-Lo´pez D., Kauhanen A., Haapasaari A., Alen M., Pakarinen A., Kraemer W. J., Izquierdo M.,. Gorostiaga E & Häkkinen K..Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40–67-year-old men. *Scand J Med Sci Sports* 2011: 21: 402–411 & 2009 John Wiley & Sons A/S doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01059.x

Karjalainen J., Kujala U.M., Stolt A., Mäntysaari M. Viitasalo M., Kainulainen K. & Kontula K. 1999. Angiotensiogen gene M235T polymorphism predicts left ventricular hypertrophy in endurance athletes. *J. Amer. Coll. Cardiol*. 34:494-499.

Kelley G.A., Kelleys K.S. & Tran Z.V. 2007. Aerobic exercise and lipids and lipoproteins in children and adolescents: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Wom. Health*. 13: 1148-1164.

Kiens B., Jorgensen I., Lewis S., Jensen G., Litthen H., Vesby B, Hoe, S. & Schnohr P. 1980. Increased plasma HDL-cholesterol and apo A-I in sedentary middle-aged men after physical conditioning. *Eur. J. Clin. Invest. 10*: 203-209.

Kiens B & Litthen H. 1989. Lipoprotein metabolism influenced by training-induced changes in human skeletal muscle. *J. Clin. Invest. 83*: 558-564.

Kokalas N. Tsalis G., Tsigilis N. & Mougios V. 2004. Hormonal responces to three training protocols in rowing. *Eur. J. Appl. Physiol*. 92: 128-132.

Komi P.V. 2003. *Strength and power in sport*. Osney Mead, Oxford ; Malden, MA : Blackwell Science, c2003. 523s.

Kraemer W.J., Häkkinen K., Newton R.U., McCormick M., Nindl B.C., Volek J.S., Gotshalk L.A., Fleck S.J., Campbell W.W., Gordon S.E. Farrell P.A. &. Evans W.J. 1998. *Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in younger and older men*. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology

Kraemer W.J., Staron R.S., Hagerman F.C., Hikida R.S., Fry A.C. Gordon S.E., Nindl B.C., Gothshalk L.A., Volek J.S., Marx J.O. Newton R.U. & Häkkinen K. 1997. *The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women.* European Journal of Applied Physiology (1998) 78: 69-76.

Lakka H-M, Tremblay A., Després J-P. & Bouchard C. 2004. Effects of long-term negative energy balance with exercise on plasma lipid and lipoprotein levels in identical twins. *Atherosclerosis* 172: 127-133.

Lamb D.R. 1984. *Physiology of exercise*. Macmillan, New York, 489 s.

Lamberg B-A., Koivisto V. & Pelkonen R. 1992. *Kliininen endokrinologia*. Helsinki. Duodecim 696s.

Lemon P.W, Nagel F.1981. Effects of exercise on protein and amino acid metabolism. *Med Sci Sports Exerc* 1981;13:141.

Leon A.S., Rice, T., Mandel S., Despres J-P, Bergeron J., Gagnon J., Rao D.C., Skinner J.S., Wilmore, J.H., Wilmore, & Bouchard, C. 2000. Blood lipid response to 20 weeks of supervised exercise in large biracial population: the HERITAGE family study. *Metabolism* 49: 513-520.

Levine B.D. & Sray-Gundersen J. 1997. "Living hign-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *J. Appl. Physiol*. 83: 102-112.

Levy W.C., Cerqueira M.D., Harp G.D., Johannessen K.A., Abrass I.B., Schwartz R.S., Stratton, J.R. 1998. Effect of endurance training exercise training on heart rest variability at rest in healthy young men and older men. *Am. J. Cardiol*. 82: 1236-1241.

Lindström J., Ilanne-Parikka P., Peltonen M., Eriksson J.G., Hemiö K., Hämäläinen H., Härkönen P., Keinänen-Kiukaanniemi S., Laakso M., Louheranta A., Mannelin M., Paturi M., Sundvall J., Valle T.T., Uusitupa M. & Tuomilehto J. 2006. Sustained reduction in the incidence of type 2 diabetes by lifestyle intervention: follow-up of the Finnish Diabetes Prevention Study. *The Lancet.* 368: 11-17.

Maciel B. C., Gallo L. Jr., Neto J. A. M., Filho E. C. L., Filho T.J. & Manco J.C. 1985. Parasympathetic contribution to bradycardia induced by endurance training in man. *Cardiovasc. Res*. 19:642-648.

MacIntyre J.G. 1987. Growth hormone and athletes.*Sports Med* 1987;4:129

Martin W.H., Montgomery J., Snell P.G., Corbett J.R., Sokolov J.J., Buckey J.C., Maloney D.A. & Blomqvist C.G. 1987. Cardiovascular adaptations to intense swim training in sedentary middle-aged men and women. *Circulation* 75: 323-330.

10.1.1.1.1 Martin D. E. & Coe P. N. 1997. *Better training for distance runners*. Human Kinetics, Champaign (IL), 435 s

Martin III W. H., Dalsky G. P., Hurley B. F., Matthews D. E., Bier D. M., Hagberg, J. M., Rogers, M. A., King, D. S. & Holloszy, J. O. 1993. Effect of endurance training on plasma free fatty acid turn over and oxidation during exercise. *Am. J. Physiol. 265*: 708-714.

Martinmäki K., Häkkinen K., Mikkola J. & Rusko, H. 2008. Effect of low-dose endurance training on heart rate variability at rest and during an incremental maximal exercise test. *Eur. J. Appl. Physiol*. 104: 541-548.

McArdle W.D., Katch F.I & Katch V.L. 1996. *Exercise physiology: energy, nutrition andhuman performance.* William & Wilkins, Baltimore (MD), 839 s.

McArdle W.D., Katch F.I. & Katch V.L. 2001. *Exercise physiology; Energy, nutrition and human performance.* Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, cop. 2001. 1158s.

McDonagh M.J.N. & Davies C.T.M. 1984. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol and Occupational Physiology* Volume 52, Number 2, 139-155, DOI: 10.1007/BF00433384

Meredith C.N., Frontera W.R., Fisher E.C., Hughes V.A., Herland J.C., Edwards J & Evans W.J. 1989. Peripheral effects of endurance training in young and old subjects. *J. Appl. Physiol*. 66: 2844-2849.

Mero A., Nummela A., Keskinen K. & Häkkinen K. 2004. *Urheiluvalmennus.* Lahti : VK-kustannus, 2004. 503s.

Murias J.M., Kowalchuk J.M. & Paterson D.H. 2010. Mechanisms for Increases in VO2max with Endurance Training In Older and Young Women. *Med. Sci. Sports Exerc.*(painossa)

Nienstedt W., Hänninen O., Atrsila A. & Björqvist S-E. 2004. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. WSOY, Helsinki. 655.

Nummela A. 2004. Kestävyysominaisuuksien mittaaminen. Teoksessa Keskinen K.L., Häkkinen K. & Kallinen M. 2004. *Kuntotestauksen käsikirja*. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156 – Helsinki 2004.

Nummela A. 1997. Kestävyys. Teoksessa: Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K. *Nykyaikainen urheiluvalmennus*. Mero OY, Jyväskylä, 182-186.

Ogawa T., Spina R.J., Martin W.H., Kohrt W.M., Schechtman K.B., Hollozy J.O. & Ehsani A.A. 1992. Affects of aging, sex and physical training on cardiovascular responces to exercise. *Circulation*. 86: 494-503.

O'Connor P.J., Crowley M.A., Gardner A.W. & Skinner J. S. 1993. Influence of training on sleeping heart rate following date time exercise. *Eur. J. Appl. Physiol*. 67: 37-42.

Pan X.-R., Li G.-W., Hu Y-H., Yang W-Y., An Z-X., Hu Z-X., Lin J., Xiao J-Z., Cao H-B., Liu P-A., Jiang X-G. Wang J-P, Zheng H., Zhang H., Bennett P.H. & Howard B.V. 1997. Effects of Diet and Exercise in Preventing NIDDM in People With Impaired Glucose Tolerance: The Da Qing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care* 20: 4537-4544.

Parker K.L. & Rainey W.E. 2003. The Adrenal Glands. Teoksessa: Griffin J. & Ojeda S. 2003. *Textbook of Endocrine Physiology*. Oxford University Press.

Pedersen P.K. & JØrgensen K. 1978. Maximal oxygen uptake in young women with training, inactivity, and retraining. *Med Sci Sports.*10:233-7.

Pilegaad H., Domino K., Noland T., Juel, C., Hellsten Y., Halestrap A. P. & Bangsbo J. 1999. Effect of high-intensity training on lactate/H^+ transport capacity in human skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 276*: 255-261.

Pilegaard H., Ordway G. A., Saltin B. & Neufer P. D. 2000. Transcriptional regulation of gene expression in human skeletal muscle during recovery from exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol Metab 279:* 806-814.

Pluim B.M., Zwinderman A.H., van der Laarse A. & van der Wall E.E. 2000. The Athelete's heart: A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*. 101: 336-344.

Reinivuo H., Männistö S., Tapanainen H. & Pakkala H. 2003. Liite 5. Ravintoaineiden saanti. Julkaisussa: Männistö S., Ovaskainen M-L. & ja Valsta L. toim. *Finravinto 2002 -tutkimus. The National FINDIET 2002 Study. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B3/2003*. Kansanterveyslaitos, Ravitsemusyksikkö. Helsinki 2003.

Rhea M.R., Alvar B.A, Burkett L.N & Ball S.D. 2003. A Meta-analysis to Determine the Dose Response for Strength Development. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35: 456-464.

Romu S. 2001. *Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset hermo-lihasjärjestelmän sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskykyyn*. Liikuntafysiologian Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto, 77s.

Saltin B & Åstrand P-O. 1967. Maximal oxygen uptake in athletes. *J. Appl. Physiol*. 23: 353-358.

Saltin B. & Helge J. 2001 Skeletal Muscle, Physical Activity, and Health. *Eur. J. Sport Sci*. 1: 1-12.

Salvador E.P., Dias R.M.R., Gurjão A.L.D., Avelar A., Pinto L.G., Cyrino E.S. 2009. *Effect of eight weeks of strength training on fatigue resistance in men and women.*

Santtila M., Häkkinen K., Karavirta L. & Kyröläinen H. 2008. Changes in Cardiovascular Performance during an 8-Week Military Basic Training Period Combined with Added Endurance or Strength Training. *Military Medicine*, 173, 12:1173, 2008.

Santtila M., Kyröläinen H. & Häkkinen K. 2009. Serum hormones in soldiers after basic training: Effect of added strength or endurance regimes. *Aviat Space Environ Med*. 80:615-620.

Sedliak M. 2009. *Neuromuscular and hormonal adaptations to resistance training. Special effects of time of day of training*. Studies in sport, physical education and health 135. Jyväskylän yliopisto.

Seals D.R. & Chase P.B. 1989. Influence of physical training on heart rate variability and baroreflex circulatory control. *J. Appl. Physiol*. 66: 1886-1895.

Sedgwick A.W., Craig R.J., Crouch R. & Dowling B. 1979. The effects of physical training on the day and night long-term heart-rates of middle-aged men. *Eur. J. Appl. Physiol*. 33: 307-314.

Shin K., Minamitani H., Onishi S., Yamazaki H. & Lee M. 1997. Autonomic differences between athletes and nonathletes: spectral analysis approach. *Med. Sci. Sports Exerc*. 29: 1482-1490.

Sillanpää E., Laaksonen D.E., Häkkinen A., Karavirta L., Jensen B., Kraemer W.J., Nyman K. & Häkkinen K. 2009. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *Eur J Appl Physiol* 106:285–296.

Sipilä S., Rantanen T. & Tiainen K. 2008. Lihasvoima. Teoksessa Heikkinen E. & Rantanen T. 2008. *Gerontologia*. Kustannus Oy Duodecim. 544.

Sloan R.P., Shapiro P.A., DeMeersman R.E., Bagiella E., Brondolo E.N., McKinley P.S., Slavov I., Fang Y. & Myers M.M. 2009 The effect of aerobic training and cardiac autonomic regulation in young adults. *Am. J. Public Health* 99: 921-928.

Smith A.J., Phipps W.R., Arikawa A.Y., O'Dougherty M., Kaufman B., Thomas W. Schmitz K. & Kurzer M.S. 2011. Effects of Aerobic Exercise on Premenopausal Sex Hormone Levels: Results of the WISER Study, a Randomized Clinical Trial in Healthy, Sedentary, Eumenorrheic Women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2011;20:1098-1106. Published OnlineFirst April 5, 2011. DOI:10.1158/1055-9965.EPI-10-1219

Spina R.J., Ogawa T., Martin W.H., Coggan A.R., Holloszy J.O. & Ehsani A.A. 1992. Exercise training prevents decline in stroke volume during exercise in young healthy subjects. *J. Appl. Physiol*. 72: 2458-2462.

Stasiulis A, Mockiene A, Vizbaraite D, Mockus P. 2010. Aerobic exercise-induced changes in body composition and blood lipids in young women. *Medicina (Kaunas).* 2010;46:129-34.

Stergioulas A.T. & Filippou D.K. 2006. Effects of physical conditioning on lipids and arachidonic acid metabolites in untrained boys: a longitudinal study. *Appl. Physiol. Nutr., and Metab. 31: 432.*

Sugawara J., Murakami H., Kuna S., Maeda S., Kakiyama T. & Matsuda M. 2000. Effects of endurance training and detraining on cardiac autonomic nervous system activity in young males. *Japan. J. Physic. Fit. Sports Med*. 49: 121-127.

Suni J. & Rinne M. 2011. Lanneselvän ja niska-hartiaseudun vaivat. Teoksessa Fogelholm, M., Vuori, I., Vasankari, T. (toim.). 2011. *Terveysliikunta*. Duodecim. Helsinki.

Suni J. & Vasankari T. 2011. Terveyskunto ja fyysinen toimintakyky. Teoksessa Fogelholm, M., Vuori, I., Vasankari, T. (toim.). 2011. *Terveysliikunta*. Duodecim. Helsinki.

Tarnopolsky M. A., Atkinson S. A., Phillips S. M. & MacDougall J. D. 1995. Carbohydrate loading and metabolism during exercise in men and women. *J. Appl. Physiol*. 78: 1360-1368.

Task Force, 1996.: Guidelines on Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery. Report of the American college of cardiology/American heart association Task Force on practice guidelines Committee on Perioperative cardiovascular evalution cardiovasculas evalition for noncardiac surgery. *Circulation*. 93: 1278-1317.

Tremblay M.S., Copeland J.L. & Van Helder W. 2005. Influence of exercuse duration on post-exercise steroid hormone responces in trained males. *Eur. J. Appl. Physiol*. 94: 505-513.

Tipton K.D. & Wolfe R.R. 2001. Exercise, protein metabolism, and muscle growth. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2001 Mar;11:109-32.

UKK-instituutti. 2011. Terveysliikuntasuositukset. http://www.ukkinstituutti.fi/liikuntapiirakka. Luettu 31.10.2011.

Vankrieken L. 1997. Testosterone and the Free Androgen Index. Diagnostic Products Corporation. http://www.medical.siemens.com/siemens/en_GLOBAL/gg_diag_FBAs/files/news_views/spring00/techreports/zb158-a.pdf. Luettu 31.10.2011.

Venckunas T., Raugaliene R., Mazutaitiene B. & Ramoskeviciute S. 2008. Endurance rather than sprint running increases left ventricular wall thickness in female athletes. *Eur. J. Appl. Physiol*. 102: 307-311.

Vogel J.A., Patton J.F., Mello R.P. & Daniels W.L. 1986. An analysis of aerobic capacity in a large United States population. *J. Appl. Physiol*. 60: 494-500.

Volek J.S. 2004. Influence of nutrition on responses to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*. 2004 Apr;36(4):689-96

Vuori I. 2011a. Liikunnan vaikutustapa. Teoksessa Fogelholm, M., Vuori, I., Vasankari, T. (toim.). 2011. *Terveysliikunta*. Duodecim. Helsinki.

Vuori I. 2011b. Valtimoita ahtauttavat sairaudet. Teoksessa Fogelholm, M., Vuori, I., Vasankari, T. (toim.). 2011. *Terveysliikunta*. Duodecim. Helsinki.

Whyte G.P., George K., Shave R., Middleton N. & Nevill A.M. 2008 Training induced changes in maximum heart rate. *Int. J. Sports. Med*. 29: 129-133.

Willmore J. H. & Costill D. L. 1994. *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics, Champaign (IL), 549 s

Yang Y., Creer A., Jemiolo B. & Trappe S. 2007. Time course of myogenic and metabolic gene expression in response to acute exercise in human skeletal muscle. *J. Appl. Physiol. 98*: 1745-1752.

Liite 1.

LIIKUNTA-JA TERVEYSKÄYTTÄYTYMISKYSELY

1. Mihin seuraavista vapaa-ajan liikuntaryhmistä kuulut?

Ajattele **kolmea viime kuukautta** ja ota huomioon kaikki sellainen vapaa-ajan fyysinen rasitus, joka on kestänyt kerrallaan **vähintään 20 minuuttia**.

a Ei juuri mitään liikuntaa viikottain
b Verkkaista tai rauhallista liikuntaa yhtenä tai useampana päivänä viikossa
Miten monena päivänä? _____

c Ripeää ja reipasta liikuntaa noin kerran viikossa
d Ripeää ja reipasta liikuntaa kaksi kertaa viikossa
e Ripeää ja reipasta liikuntaa kolme kertaa viikossa
f Ripeää ja reipasta liikuntaa ainakin neljä kertaa viikossa

(Liikunta on **ripeää ja reipasta,** kun se aiheuttaa ainakin jonkin verran hikoilua ja hengityksen kiihtymistä.)

2. Kuinka monta minuuttia päivässä keskimäärin kävelet tai pyöräilet työ- tai asiointimatkoillasi? Laske yhteen meno- ja paluumatkoihin käytetty aika.

a en kävele tai pyöräile päivittäin työ- tai asiointimatkoilla
b alle 15 minuuttia päivässä
c 15 – 29 minuuttia päivässä
d 30 – 59 minuuttia päivässä
e 60 minuuttia tai enemmän päivässä

3. Miten arvioit omaa tämän hetkistä fyysistä kuntoasi verrattuna ikätovereihisi?

a selvästi huonompi
b jonkin verran huonompi
c yhtä hyvä
d jonkin verran parempi
e huomattavasti parempi

4. Mikäli et ole tällä hetkellä työssä, pyydämme sinua vastaamaan viimeisimmän työsi tai opiskelupäiväsi mukaisesti.
Miten rasittavaa työsi on ruumiillisesti? Valitse tilanteeseesi sopivin vaihtoehto.

a työni on pääasiassa istumatyötä enkä kävele paljoakaan
b kävelen työssäni melko paljon, mutta en joudu nostelemaan tai kantamaan raskaita esineitä
c joudun työssäni kävelemään ja nostelemaan paljon tai nousemaan portaita tai ylämäkeä
d työni on raskasta ruumiillista työtä, jossa joudun nostamaan tai kantamaan raskaita esineitä, kaivamaan, lapiomaan tai hakkaamaan tai tekemään muuta raskasta työtä

5. Mikä on vapaa-ajan liikuntaharrastuksesi keskeisin motiivi? (= miksi harrastan liikuntaa?)

a virkistys
b fyysinen kunto
c kilpailu
d terveys
e kaverit ja ystävät
f raha
g elämänlaatu
h en harrasta vapaa-aikanani liikuntaa
i jokin muu motiivi: MIKÄ _____

6. Mikä seuraavista tekijöistä <u>ensisijaisesti</u> rajoittaa liikkumistasi vapaa-aikanasi <u>(valitse vain yksi kohta)</u>?

a Liikunta ei kiinnosta minua.
b Liikunnasta ei ole minulle hyötyä.
c Minulla ei ole riittävästi aikaa.
d Olen väsynyt töiden tai muun syyn takia, enkä jaksa lähteä liikkumaan.
e En mielestäni hallitse riittävän hyvin liikunnassa tarvittavia taitoja.
f En tiedä, miten kannattaisi liikkua.
g Liikuntavarusteet ja liikuntapaikkojen käyttömaksut maksavat liian paljon, tai liikuntapaikat ovat hankalasti saavutettavissa.
h Minulla on sairaus tai vamma, joka rajoittaa liikkumistani.
i Minulla ei ole vapaa-ajan liikuntaa rajoittavia tekijöitä.

7. Mikä on mieluisin kestävyysliikuntalaji, jota harrastat?

a kävely, lenkkeily
b juoksu/hölkkä, lenkkeily
c uinti
d pyöräily
e hiihto
f suunnistus
g rullaluistelu

h en harrasta kestävyysliikuntalajeja
i jokin muu kestävyysliikuntalaji: MIKÄ /MITKÄ _____

8. Stressillä tarkoitetaan tilannetta, jossa ihminen tuntee itsensä jännittyneeksi, levottomaksi, hermostuneeksi tai ahdistuneeksi, tai hänen on vaikea nukkua asioiden vaivatessa jatkuvasti mieltä. Tunnetko sinä nykyisin tällaista stressiä?

a en lainkaan
b vain vähän
c jonkin verran
d melko paljon
e erittäin paljon

TERVEYSSEULA

1. Onko sinulla lääkärin toteamaa hengitys-, sydän tai verenkiertoelimistön sairautta?

kyllä (A) ei (B)
Mikä _____

2. Esiintyykö sinulla rintakipuja tai hengenahdistusta?

Levossa
kyllä (A) ei (B)
Rasituksessa
kyllä (A) ei (B)

3. Sairastatko verenpainetautia tai onko lääkäri todennut, että verenpaineesi on kohonnut?

kyllä (A) ei (B)

4. Pyörryttääkö sinua usein tai kärsitkö huimauksesta?

kyllä (A) ei (B)

5. Onko sinulla lääkärin toteama tulehduksellinen nivelsairaus?

kyllä (A) ei (B)

6. Onko sinulla selkävaivoja tai muita tuki- ja liikuntaelinten pitkäaikaisia tai usein toistuvia vaivoja?

kyllä (A) ei (B)
Mitä _____

7. Onko sinulla jokin muu omaan terveyteesi liittyvä syy (jota ei edellä ole vielä mainittu), jonka takia sinun ei tulisi osallistua liikuntaan, vaikka itse haluaisitkin?

kyllä (A) ei (B)
Mikä _____

8. Käytätkö tällä hetkellä lääkkeitä?

kyllä (A) ei (B)
Mitä _____

9. Oletko viimeisen kahden viikon aikana sairastanut jotain tulehdustautia (flunssa, kuumetauti)?

kyllä (A) ei (B)
Mitä _____

10. Oletko viimeksi kuluneen vuorokauden aikana nauttinut runsaasti alkoholia (enemmän kuin 2 ravintola annosta)?

kyllä (A) ei (B)

TERVEYDENTILAN MITTAUKSET (mitataan tarkastuksen yhteydessä)

Lepoverenpaine: systolinen _____ mmHg diastolinen _____ mmHg
Paino: _____ kg **Pituus:** _____ cm
Kehon painoindeksi: _____ (kg/m^2) **Vyötärön ympärys:** _____ cm

Liite 2.

EETTINEN TOIMIKUNTA

Fyysisesti passiiviset opiskelijat liikkeelle

TIEDOTE TUTKITTAVILLE JA SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISESTA

Tutkijoiden yhteystiedot

Vastuulliset tutkijat/ ohjaajat:
Heikki Kyröläinen, Professori, Liikuntabiologian laitos, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto (Rautpohjankatu 8 a), (014) 260 2078, heikki.kyrolainen@sport.jyu.fi
Jari Haimi, Dosentti, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto (Survontie 9), (014) 260 2303, jari.m.haimi@jyu.fi

Tutkimuksen tekijät:

Johanna Repola, Vapaudenkatu 68 A11, 40100 Jyväskylä, 0445070321, johanna.i.repola@jyu.fi
Riikka Salminen, Emännäntie 19 F39, 40740 Jyväskylä, 0505617867, riikka.salminen@jyu.fi

Tutkimuksen taustatiedot

Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian sekä Bio- ja ympäristötieteiden laitokset
Tutkimuksesta tehdään pro gradu tutkielma ja kansainvälinen tiederaportti.

Koehenkilöille (n=20) ohjeistetaan/ohjataan 8 viikon harjoittelujakso, jonka aikana he suorittavat sekä kestävyys- että lihaskuntoharjoituksia. Tutkimuksen alkumittaukset suoritetaan viikolla 12 vuonna 2010. Varsinaisesti tutkimus aloitetaan viikolla 13, jonka alussa otetaan mittaukset. Seuraavat mittaukset tehdään tutkimuksen puolessa välissä, viikolla 17 sekä tutkimuksen lopussa, viikolla 22.

Tutkimusaineiston säilyttäminen

Tutkimuksen vastuulliset tutkijat vastaavat tutkimusaineiston turvallisesta säilyttämisestä rekisteriselosteen mukaisesti. Paperilla oleva aineisto säilytetään Bio- ja ympäristötieteiden laitoksella lukitussa huoneessa, lukitussa kaapissa.
Sähköisessä muodossa oleva aineisto säilytetään salasanalla turvatulla kotitietokoneella.
Koehenkilöille annetaan koodit heti tutkimuksen alussa, joten koehenkilöiden nimet eivät tule näkymään julkaisussa tai missään muussakaan tutkimuksen vaiheessa.

Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja merkitys

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia, millainen vaikutus 8 viikon lihaskunto- ja aerobisella harjoitusjaksolla on 25-30-vuotiaiden, alle liikuntasuositusten liikkuvien naisopiskelijoiden fyysiseen kuntoon, sykevaihteluihin sekä verestä mitattaviin terveyden riskitekijöiden tunnuksiin.

Liikkumattomat nuoret ovat kansanterveydellisesti suuria tulevaisuuden riskitekijöitä. Tutkimuksen tarkoituksena on saada tietoa, miten lyhytaikainen harjoittelu vaikuttaa liikunnallisesti passiivisten ihmisten suorituskykyyn, veren rasva- ja sokeriarvoihin, autonomisen hermoston vasteisiin sekä hormonaalisiin vasteisiin., Lisäksi pyritään motivoimaan nuoria aloittamaan fyysisesti aktiivinen elämäntapa.

Menettelyt, joiden kohteeksi tutkittavat joutuvat

Koeasetelma

Koehenkilöt tekevät sekä kestävyys- että lihaskuntoa kehittäviä harjoituksia 8 viikon ajan. Kestävyysharjoitukset suoritetaan ohjattuna sisäpyöräilynä. Lihaskuntoharjoittelu on omatoimista, ennalta ohjeistettua kuntosaliharjoittelua.

Tutkittavien käsittely: suoritukset, mitä näytteitä otetaan?
Fyysistä kuntoa testattaessa koehenkilöt tekevät ergometritestin kuntopyörällä sekä isometrisen lihaskuntotestin käsi-, jalka-, selkä- ja vatsalihaksille. Koehenkilöiltä otetaan lisäksi verinäytteet kyynärlaskimosta sekä tehdään ortostaattinen koe. Ortostaattisella kokeella tarkoitetaan tilannetta, jossa koehenkilö ensin lepää vaakatasossa 10 minuuttia. Tämän jälkeen koehenkilö nousee pystyyn ja häneltä mitataan sydämen sykkeessä tapahtuvia muutoksia.
Lisäksi koehenkilöiltä mitataan verenpaine sekä kehonkoostumus.
Koehenkilöt täyttävät ravintopäiväkirjaa kolmena päivänä ennen harjoitusinterventiota sekä kahdesti sen aikana.

Mitä mitataan ja mitä analysoidaan?

Epäsuora pp-ergometritesti mittaa aerobisen kunnon kehittymistä. Testi aloitetaan 75 watin vastuksella, ja vastukseen lisätään 2 minuutin välein 25 wattia. Koehenkilöt tekevät suorituksen uupumukseen asti. Testissä mitataan sykettä ja epäsuorasti arvioidaan hapenottokykyä. Isometrisen lihaskuntotestin perusteella voidaan tarkastella lihaksien voimantuoton sekä voimantuottonopeuden muutoksia.

Verinäytteistä selvitetään veren rasva- ja glukoosiarvot, sekä erilaisten hormonien (testosteroni, kortisoli, estrogeeni) tasoja. Ortostaattisella kokeella selvitetään muutoksia koehenkilön sydämen sykevälivaihteluissa ja sitä kautta koehenkilön stressitasoissa. Kehonkoostumusta mitattaessa selvitetään mm. koehenkilöiden lihas- ja rasvamassan osuuksien muutoksia elimistössä. Ravintopäiväkirjan avulla kartoitetaan muutoksia koehenkilön ravitsemuksessa harjoittelujakson aikana.

Tutkimuksen hyödyt ja haitat tutkittaville

Mitä tutkittavat hyötyvät osallistumisestaan tutkimukseen.

Koehenkilöt saavat tietoa omasta fyysisestä kunnostaan, terveydestään ja ravitsemuksestaan.

Koehenkilöt saavat 8 viikon ilmaisen, ohjatun harjoittelujakson. Lisäksi harjoittelujakson jälkeen koehenkilöille annetaan ohjeita sekä liikkumisesta että ravitsemuksesta, jotta he saisivat ylläpidettyä fyysisesti aktiivisemman elämäntavan, jonka he harjoittelujakson aikana omaksuvat.

Tutkimukseen liittyvät riskit ja mahdolliset haitat.

Tutkimuksessa käytettävien menetelmien turvallisuus:
Kaikki tutkimuksessa käytettävät menetelmät ovat turvallisia ja paljon rutiininomaisesti käytettyjä. Lisäksi ennen tutkimusta koehenkilöt täyttävät terveysseulakyselyn, jonka perusteella arvioidaan heidän osallistumaan tähän tutkimukseen.

Mittauksiin liittyvät riskit ja niiden todennäköisyys:
Verinäytteen ottaminen saattaa aiheuttaa lievää kipua ja sisäistä verenvuotoa (mustelma), mutta ei mitään pysyviä ongelmia. Lisäksi maksimaaliset testit voivat aiheuttaa kipua ja pahoinvointia.

Onko jokaisella tutkijalla/tutkimusta avustavalla henkilöllä (laborantti, lääkäri, sairaanhoitaja jne.) riittävä ammattitaito tehtäväänsä?
Kyllä.

Tutkimusyksikön varautuminen tapaturmiin ja sairauskohtauksien ensiapuun
Ensiapukurssi, Ea1 on suoritettu ja ensiapuvälineet ja -varusteet löytyvät laboratoriosta.

Mitä haittavaikutuksia näytteiden otto voi jättää elimistöön?
Ei jätä mitään haittavaikutuksia.

Miten ja mihin tutkimustuloksia aiotaan käyttää

Aineistosta laaditaan opinnäytetyö biologian opettajaopinnoissa, kansainvälinen julkaisu, sekä mahdollisesti kongressi- ja seminaariesityksiä.

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

Tutkittavat on vakuutettu tutkimuksen aikana tehtävissä mittauksissa ulkoisen syyn aiheuttamien tapaturmien, vahinkojen ja vammojen varalta. Vakuutusyhtiöt eivät kuitenkaan korvaa äkillisen ponnistuksen aiheuttamaa lihas- tai jännerevähdystä, ellei siihen liity ulkoista syytä. Tapaturmien ja sairastapausten välittömään ensiapuun mittauksissa on varauduttu tutkimusyksikössä. Laboratoriossa on ensiapuvälineet ja varusteet, joiden käyttöön henkilökunta on perehtynyt ja koulutettu. Tutkittavalla olisi hyvä olla oma henkilökohtainen tapaturma/sairaus- ja henkivakuutus, koska tutkimusprojekteja varten vakuutusyhtiöt eivät myönnä täysin kattavaa vakuutusturvaa esim. sairauskohtauksien varalta.

Tutkittavan suostumus tutkimukseen osallistumisesta

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 halutessani 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 3.

RAVINTOPÄIVÄKIRJAN TÄYTTÖOHJEET

Merkitse lomakkeelle **kaikki mitä syöt ja juot kolmena peräkkäisenä päivänä** (kahtena arkipäivänä ja yhtenä viikonloppupäivänä.) Ohessa on malliksi yksi valmiiksi täytetty ruokapäiväkirjan sivu.

- Merkitse tiedot lomakkeeseen **heti ruokailun jälkeen**.
    - aloita täyttäminen heti aamusta
- Tarkista, että jokaiselle sivulle tulee merkittyä nimi, päivämäärä ja viikonpäivä.
- Aloita jokainen päivä uudelta sivulta. Yhteen päivään voit käyttää useampia sivuja.
- Kirjoita aika- ja paikka- sarakkeeseen se kellon aika, jolloin söit tai joit jotain ja ruokailupaikka esim. koti, koulu, baari jne.
- Merkitse ruoat ja juomat -sarakkeeseen kaikkien nauttimiesi ruokien ja juomien nimet.
- Merkitse jokainen ruoka ja juoma omalle rivilleen.
- Ilmoita **ruokien ja juomien laatu mahdollisimman tarkkaan**
    - esim. rasvaton maito, kevytmaito, mansikkajogurtti, Edam-juusto, ruisleipä, suklaakääretorttu jne.
- Ruokalajeista selosta myös ruoan **valmistustapa.**
    - erityisen tärkeää on, että ilmoitat valmistukseen käytetyn rasvan tai maidon laadun.
    - paistettu, keitetty, pataruoka jne.
    - esim. muikut (paistettu voissa), kesäkeitto (kevytmaitoon).
- Kirjaa ylös myös: **Mitä ravintolisiä ja vitamiineja käytit** (nimi, määrä, valmistaja)
    - esim. Multitabs, Ferrosan, 1 pilleri tai urheilujuoma Extran, 4%, 0,5l)

ESIMERKKI

Aika ja paikka	Ruokalaji tai ruoka-aine	Valmistustapa ja rasvan laatu	Määrä
8.00 koti	Kahvi Maito, rasvaton Vaasan ruisleipä Polar, 17% juusto Kaurapuuro	 Veteen	2 kkp 2 rkl 2 viip. 2 viip. 1 laut.
11.00 koulu	Perunat Lihapulla (sika-nauta) Ruskea kastike	Kuorineen keitetty Uunissa paistettu Margariini	3 kpl 5 kpl 1 kauh.

Ruoan määrä tai annoksen koko:

- Merkitse nauttimasi ruoan määrä mahdollisimman tarkasti.
    - Jos sinulla on käytettävissä vaaka tai muutoin tiedät tarkkaan ruoan painon, merkitse määrä grammoina.
    - Voit käyttää myös talousmittoja määrän ilmoittamiseen.

- Nestemäiset ruoat kuten juomat, keitot, kastikkeet sekä laatikkoruoat ja salaatit: desilitraa, lasillista.

- Pienemmät neste- ja ruokamäärät: teelusikallinen, ruokalusikallinen.

- Erilaisia kiinteitä ruokia kuten peruna, liha ja hedelmät grammoina tai kappalemäärinä ja kokoina: pieni, keskikokoinen, iso.

- Leivät, juustot, makkarat ym. viipaloitavat ruoat grammoina tai senttimetreinä:
    - sekaleipä, 2 cm viipale (3 x 8 cm)
    - Edam –juusto, höyläviipale (3 x 5 cm).

- Kaupasta ostettujen pakattujen elintarvikkeiden paino on aina merkitty pakkaukseen.

- Kaupassa punnittujen hedelmien ja vihannesten painon saa kätevästi jakamalla kokonaispainon kappalemäärällä.

Ruoka-annosten keskimääräisiä mittoja: Kun ilmoitat määriä, voit käyttää lyhenteitä

1 kupillinen kahvia	= 1,25 dl	litra	= l
1 lasillinen maitoa	= 1,8 dl	desilitra	= dl
1 ruisleipäviipale	= 35 g	kahvikupillinen	= kkp
1 graham- tai hiivaleipäviipale	= 30 g	teekupillinen	= tkp
1 teelusikallinen rasvaa	= 5 g	ruokalusikallinen	= rkl
1 makkaraviipale (kaupan)	= 15 g	teelusikallinen	= tl
1 peruna (kananmunan kokoinen)	= 60 g	lautasellinen	= laut
1 porkkana	= 100 g	lasillinen	= las
1 tomaatti	= 70 g	kappale	= kpl
1 appelsiini	= 150 g		
1 omena	= 135 g		
1 kokolihapihvi	= 125 g		
1 jauhelihapihvi	= 60 g		
1 lihapulla	= 25 g		
pala kalaa	= 70 g		

RAVINTOPÄIVÄKIRJA

Nimi_____

Viikonpäivä _____ **Päivämäärä** _____

Erityisruokavalio:____ Ei____ Kyllä, millainen
_____

Aika ja paikka	Ruokalaji tai ruoka-aine	Valmistustapa ja rasvan laatu	Määrä

Liite 4. Kuntosaliharjoitusohjelma + kuvat harjoitusliikkeistä

Harjoitusviikot

Liike		**1.**	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**	**7.**	**8.**	**9.**
Kyykky	Sarjat:	3	3	3	3	3	2	3	2	2
	Toistot:	15	12	8-10	8-10	8-10	5-8	5-8	10	10
	Painot (kg):	80	90	100	110	110	130	130	110	110
Ylä-talja	Sarjat:	1	2	2	2	2	2	3	2	2
	Toistot:	15	15	12	12	12	12	12	12	12
	Painot (kg):	15	15	17,5	20	20	22,5	22,5	22,5	22,5
Rinta-prässi	Sarjat:	3	3	3	3	3	2	3	2	2
	Toistot:	15	12	8-10	8-10	8-10	5-8	5-8	10	10
	Painot (kg):	15	20	20	25	25	30	30	25	25
Polven koukis-tus	Sarjat:	-	-	2	2	-	2	-	2	2
	Toistot:	-	-	15	12	-	12	-	12	12
	Painot (kg):	-	-	20	25	-	30	-	35	35
Päkiöille nousu (pohkeet)	Sarjat:	-	-	2	2	-	2	-	2	2
	Toistot:	-	-	15	12	-	12	-	12	12
	Painot (kg):	-	-	30	40	-	50	-	60	60
Hauis-kääntö	Sarjat:	1	2	-	-	3	-	2	-	-
	Toistot:	15	15	-	-	12	-	12	-	-
	Painot (kg):	5	5	-	-	6	-	7	-	-
Pysty-soutu	Sarjat:	1	2	-	-	3	-	2	-	-
	Toistot:	15	15	-	-	12	-	12	-	-
	Painot (kg):	4	4	-	-	5	-	6	-	-
Ojentaja taljassa	Sarjat:	3	3	3	3	3	2	3	2	2
	Toistot:	15	12	8-10	8-10	8-10	5-8	5-8	10	10
	Painot (kg):	7,5	10	12,5	15	17,5	20	20	17,5	17,5
Selkä-rutistus	Sarjat:	1	2	2	2	3	2	3	2	2
	Toistot:	15	15	12	12	12	12	12	12	12
	Painot (kg):	20	20	25	25	25	30	30	30	30
Vatsa-rutistus	Sarjat:	1	2	2	2	3	2	3	2	2
	Toistot:	15	15	12	12	12	12	12	12	12
	Painot (kg):	20	20	25	25	25	30	30	30	30

1. Kyykky

2. Ylätalja

3. Rintaprässi

4. Polven koukistus

5. Päkiöille nousu (pohkeet)

6. Hauiskääntö:

7. Pystysoutu:

8. Ojentaja taljassa

9. Selkärutistus

10. Vatsarutistus

Liite 5: Korrelaatiot. Ensimmäisen ilmoitettu Pearsonin korrelaatio kerroin, toisena p:n arvo ja kolmantena koehenkilöiden määrä (N)

		VO_{2max} (vk -1)	**VO_{2max} (vk 0)**	**VO_{2max} (vk 4)**	**VO_{2max} (vk 9)**
Rasva-massa	vk **-1**	-0,874, p< 0,001, N= 13	-0,836, p< 0,001, N= 14	-0,869, p< 0,001, N= 12	-0,791, p= 0,001, N = 14
	vk 0	-0,869, p< 0,001, N= 13	-0,834, p< 0,001, N= 14	-0,875, p< 0,001, N= 12	-0,799, p= 0,001, N = 14
	vk 4	-0,861, p< 0,001, N= 12	-0,822, p= 0,001, N= 13	-0,880, p< 0,001, N= 12	-0,780, p= 0,001, N= 14
	vk 9	-0,852, p< 0,001, N= 13	-0,810, p< 0,001, N= 14	-0,845, p= 0,001, N= 12	-0,766, p= 0,001, N= 14
Lihas-massa	**vk -1**	-0,121, p= 0,695, N= 13	-0,025, p= 0, ,933 N= 14	-0,153, p= 0,636, N= 12	0,089, p= 0,761, N= 14
	vk 0	-0,072, p= 0,816, N= 13	0,017, p= 0,953, N= 14	-0,040, p= 0,901, N= 12	0,158, p= 0,589, N= 14
	vk 4	-0,102, p= 0,752, N= 12	0,008, p= 0,979, N= 13	-0,051, p= 0,875, N= 12	0,160, p= 0,602, N= 13
	vk 9	-0,165, p= 0,591, N= 13	-0,078, p= 0,790, N= 14	-0,180, p= 0,576, N= 12	0,066, p= 0,823, N= 14
Kokonais-kolesteroli	**vk -1**	-0,225, p= 0,459, N = 13	-0,226, p= 0,458, N = 13	0,206, p= 0,521, N = 12	
	vk 0	-0,286, p= 0,321, N = 14	-0,190, p= 0,515, N = 14	0,215, p= 0,481, N = 13	-0,246, p= 0,398, N = 14
	vk 4	-0,097, p= 0,764, N = 14	-0,170, p= 0,597, N = 12	0,239, p= 0,455, N = 12	-0,215, p= 0,503, N = 12
	vk 9	-0,223, p= 0,444, N = 14	-0,142, p= 0,627, N = 14	0,223, p= 0,464, N = 13	-0,385, p= 0,174, N = 14
HDL-kolesteroli	**vk -1**	0,283, p= 0,350, N= 13	0,202, p= 0,488, N= 13	0,174, p=0, 589, N= 12	0,136, p= 0, 644, N= 13
	vk 0	0,218, p= 0,474, N= 14	0,162, p=0,581, N= 14	0,155, p= 0, 630, N= 13	0,082, p= 0, 782, N= 14
	vk 4	0,134, p= 0, 679, N= 12	0,062, p=0, 581, N= 12	0,141, p= 0, 663, N= 12	0,052, p= 0, 867, N= 12

	vk 9	-0,055, p= 0,860, N= 14	-0,126, p= 0,669, N= 14	-0,009, p= 0, 979, N= 13	-0,141, p= 0,632, N= 14
Triglyse-ridit	**vk -1**	-0,174, p=0,570, N= 13	-0,031, p= 0,296, N= 14	-0,123, p= 0,704, N= 12	-0,096, p= 0,743, N= 14
	vk 0	-0,314, p= 0,296, N= 13	-0,223, p= 0,444, N= 14	-0,188, p= 0,558, N= 12	-0,301, p= 0,295, N= 14
	vk 4	-0,560, p= 0,058, N= 12	-0,484, p= 0,094, N= 13	-0,507, p= 0,092, N= 12	-0,514, p= 0,073, N= 13
	vk 9	-0,493, p= 0,087, N= 13	-0,419, p= 0,136, N= 14	-0,366, p= 0,242, N= 12	-0,519, p= 0,057, N= 14

		Triglyseridit (vk -1)	**Triglyseridit (vk 0)**	**Triglyseridit (vk 4)**	**Triglyseridit (vk 9)**
Hiili-hydraatti	**vk 0**	-0391, p= 0,167, N= 14	0,075, p= 0,800, N= 14	0,079, p= 0,798, N= 13	-0,076, p= 0,796, N= 13
	vk 4	-0,256, p= 0,377, N= 14	0,123, p= 0,675, N= 14	0,086, p= 0,780, N= 13	-0,162, p= 0,580, N= 14
	vk 9	0,312, p=0,300, N=13	0,167, p=0,585, N=13	-0,026, p= 0,937, N= 12	-0,187, p= 0,541, N= 13
Tyydyttynyt rasva	**vk 0**	-0,308, p= 0,306, N= 13	-0,153, p= 0,618, N= 13	-0,461, p= 0,131, N= 12	-0,497, p= 0,084, N= 13
	vk 4	-0,141, p= 0,631, N= 14	0,160, p=0,585, N= 14	-0,151, p= 0,627, N= 13	-0,137, p= 0,640, N= 14
	vk 9	-0,187, p= 0,540, N= 13	0,314, p= 0,296, N= 13	0,157, p= 0,627, N= 12	0,036, p= 0,907, N= 13
Proteiini	**vk 0**	0,264, p= 0,362, N= 14	-0,388, p= 0,170, N= 14	.0,536, p= 0,059, N= 13	-0,462, p= 0,096, N= 14
	vk 4	0,015, p= 0,959, N= 14	0,356, p= 0,212, N= 14	0,005, p= 0,988, N= 13	-0,240, p= 0,408, N= 14
	vk 9	-0,178, p=0,561, N=13	0,516, p=0,071 N=13	0,001, p= 0,997, N= 12	0,123, p= 0,688, N= 13

		HDL-kolesteroli (vk -1)	HDL-kolesteroli (vk 0)	HDL-kolesteroli (vk 4)	HDL-kolesteroli (vk 9)
Lihas-massa	**vk -1**	-0,647, p= 0,009, N= 15	-0,629, p= 0,012, N= 15	-0,600, p= 0,030, N= 13	-0,573, p= 0,032, N= 14
	vk 0	-0,667, p= 0,007, N= 15	-0,641, p= 0,010, N= 15	-0,569, p= 0,043, N= 13	-0,565, p= 0,035, N= 14
	vk 4	-0,627, p= 0,016, N= 14	-0,583, p= 0,029, N= 14	-0,524, p= 0,066, N= 13	-0,484, p= 0,093, N= 13
	vk 9	-0,675, p= 0,006, N= 15	-0,665, p= 0,008, N= 15	-0,569, p= 0,042, N= 13	-,0554, p= 0,040, N= 14
Rasva-massa	**vk -1**	-0,275, p= 0,321, N= 15	-0,204, p=0,467, N= 15	-0,095, p= 0,758. N= 13	0,115, p= 0,694, N= 14
	vk 0	-0,242, p= 0,405, N= 14	-0,188, p= 0,519, N= 14	-0,121, p= 0,694, N= 13	0,087, p= 0,777, N= 13
	vk 4	-0,285, p= 0,302, N= 15	-0,207, p= 0,459, N= 15	-0,089, p= 0,772, N= 13	0,120, p= 0,683, N= 14
	vk 9	-0,285, p= 0,302, N= 15	-0,220, p= 0,431, N= 15	-0,107, p= 0,729, N= 13	0,122, p= 0,678, N= 14

		LDL-kolesteroli (vk -1)	LDL-kolesteroli (vk 0)	LDL-kolesteroli (vk 4)	LDL-kolesteroli (vk 9)
Tyydyttynyt rasva	**vk 0**	-0,312, p= 0,300, N= 13	-0,398, p= 0,178, N= 13	-0,250, p= 0,433, N= 12	-0,149, p= 0,627, N= 13
	vk 4	-0,002, p= 0,995, N= 14	-0,010, p= 0,974, N= 14	0,003, p= 0,993, N= 13	0,114, p= 0,697, N= 14
	vk 9	0,066, p= 0,830, N= 13	-0,032, p= 0,918, N= 13	-0,003, p= 0,992, N= 12	0,197, p= 0,518, N= 13

		Kokonais-kolesteroli (vk -1)	Kokonais-kolesteroli (vk 0)	Kokonais-kolesteroli (vk 4)	Kokonais-kolesteroli (vk 9)
Rasva-massa	**vk -1**	0,230, p= 0,409, N= 15	0,427, p= 0,112, N= 15	-0,069, p= 0,822, N= 13	0,221, p= 0,447, N= 14
	vk 0	0,147, p= 0,616, N= 14	0,443, p= 0,112, N= 14	-0,088, p= 0,776, N= 13	0,227, p= 0,456, N= 13
	vk 4	0,237, p= 0,394, N= 15	0,431, p= 0,109, N= 15	-0,069, p= 0,824, N= 13	0,205, p= 0,482, N= 14
	vk 9	0,247, p= 0,375, N= 15	0,499, p= 0,058, N= 15	-0,078, p= 0,801, N= 13	0,228, p= 0,432, N= 14