

**HIT-HARJOITTELUN VAIKUTUKSET VO₂MAX:IIN, KEHON
KOOSTUMUKSEEN JA VOIMAAN 6 VIIKON
HARJOITUSJAKSOLLA**

Heikki Vänskä

Liikuntafysiologian Pro-gradu tutkielma

Kevät 2017

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Ohjaaja:

Vesa Linnamo

TIIVISTELMÄ

Heikki Vänskä (2017). HIT-harjoittelun vaikutukset VO₂max:iin, kehon koostumukseen ja voimaan 6 viikon harjoitusjaksolla. Liikuntabiologia, Jyväskylän yliopisto, Liikuntafysiologian Pro gradu –tutkielma, 81 s.

HIT –harjoittelua (korkeatehoista intervalliharjoittelua) on käytetty kilpaurheilussa jo pitkään suorituskyvyn ja erityisesti maksimaalisen hapenottokyvyn parantamiseksi. Nykyään harjoitusmenetelmää käyttävät myös tavalliset kuntoilijat, sillä HIT -harjoitukset ovat tehokkaita ja nopeita toteuttaa. HIT – harjoittelua on viime aikoina alettu käyttää myös voimaharjoittelussa kehonpainoa tai erilaisia painoja hyödyntäen.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kahden erilaisen HIT – kuormitusmallin (HIT 1: 4*4 min 85%/2 min ja HIT 2: 10*1 min 95%/1½min) vaikutuksia hapenottokykyyn, voimaan ja kehon koostumukseen. Tutkimukseen osallistui 33 (keski-ikä 47.6 ± 5.4 vuotta) työssäkäyvää henkilöä. HIT 1-ryhmään osallistui 10 henkilöä, HIT 2-ryhmään 11 henkilöä ja verrokkiryhmään 12 henkilöä. Molemmat ryhmät tekivät myös kaksi erilaista HIT kuntopiiriä omaa kehon painoa hyödyntäen. Kontrolliryhmä teki pelkästään alku- ja lopputestit. Harjoitusjakso kesti kuusi viikkoa. Tutkittavilta mitattiin vyötärön ympärys, kehon koostumus bioimpedanssianalyysin avulla, paino, kestovoima, hyppykorkeus ja submaksimaalinen hapenottokyky polkupyöräergometrillä. Verinäytteestä analysoitiin kokonaiskolesteroli, HDL, LDL ja triglyseridit.

Kehon koostumuksen osalta HIT 2-ryhmällä (lyhyt intervalli) paino tippui tilastollisesti merkitsevästi 0.9(±1.1) %, kun rajana on p<0.05. Samalla ryhmällä kehon rasvaprosentti tippui eniten 4.0(±8.0) %. Tulos ei ole kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä, kun usealla testattavalla oli rasvaprosentti noussut. HIT 1 – ryhmällä (pitkä intervalli) rasvaprosentin lasku ei ollut niin suurta 1.9(±3.0) %, mutta tulos on kuitenkin tilastollisesti merkitsevä. HDL ”hyvä” kolesteroli parani vastoin odotuksia kontrolli – ryhmällä tilastollisesti merkitsevästi 6.4(±7.4) %. HIT 1 – ryhmällä arvo laski keskimäärin 13.7 (±11.2)% ja HIT 2 –ryhmällä 4.3 (±10.7) %. LDL-kolesterolissa tai triglyserideissä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Maksimaalinen hapenottokyky parani tilastollisesti merkitsevästi ja prosentuaalisesti eniten HIT 2-ryhmällä 6.9(±8.8) %. HIT 1-ryhmällä tulos parani 1.6(±8.7) %, mutta tulos ei ole tilastollisesti merkitsevä. Hyppykorkeus ei parantunut millään ryhmällä. Kestovoima parani tilastollisesti merkitsevästi HIT 1- ja HIT 2 – ryhmillä. HIT 1 – ryhmällä keskimääräinen parannus oli 20.2%-38.1 %. HIT 2 – ryhmällä keskimääräinen parannus eri lihaskuntoliikkeissä oli 10.8 %-12.9 %. Verrokkiryhmälläkin tulokset paranivat 1.9 %-7.6 %, paitsi selän ojennus parani 26.8 %, kun pari koehenkilöä intoutui suureen tulosparannukseen. Verrokkiryhmän tulosparannus johtunee testisuorituksen oppimisesta. HIT 1 – ryhmän suurempi tulosparannus johtunee ryhmän alhaisemmasta lähtötasosta. Yhteenvetona voidaan todeta, että HIT-harjoittelu parantaa selkeästi hapenottokykyä ja kestovoimaa ja vähentää lievästi kehon rasvaa. Kuuden viikon harjoitusjaksolla ei ollut vielä vaikutuksia kolesteroliarvoihin.

Avainsanat: HIT, High Intensity Training, korkea intensiteettinen harjoittelu, intervalliharjoittelu, VO₂max, kolesteroli, rasvaprosentti, voima

Heikki Vänskä (2017). Effects of HIT (High Intensity Training) on VO₂max, body composition and strength in six weeks intervention. Biology of physical activity, University of Jyväskylä, Master's thesis, 81 p.

ABSTRACT

HIT (High Intensity Training) is a well-established method for improving athlete performance in competitive sports, in particular for enhancing maximal oxygen uptake. Presently the training method is also commonly used by recreational athletes, as HIT exercises are efficient and quick to implement. In recent years HIT has also been used in strength training, by utilizing body weight as well as employing various modes of resistance training equipment.

The aim of this study was to examine the effects of two different HIT exercise models (HIT 1: 4*4 min 85%/2 min and HIT 2: 10*1 min 95%/1½min) on aerobic performance (VO_{2peak}), strength and body composition by means of two study groups and a third control group. Both main groups also performed two separate HIT circuit training programs utilizing their own body weight. The participants were 33 (average age 47.6 ± 5.4 years) normally employed persons, and the training cycle was six weeks. In the beginning and after six week training body composition was measured by bioelectrical impedance analysis, waist circumference was measured and (VO_{2peak}) was estimated by submaximal bicycle ergometer test. In addition, jump height and muscle fitness tests (sit-ups, squats and pull-ups) were performed. Venous blood samples were collected after overnight fast for cholesterol, LDL-cholesterol, HDL-cholesterol and triglycerides. In terms of body composition only the HIT 2 (short interval) –group experienced a significant weight loss of 0.9(±1.1) (p<0.05). Otherwise there were no significant changes in either group. There were no significant changes in cholesterol, LDL-cholesterol and triglycerides. However, against all expectations, “good” HDL - cholesterol increased in the control group by significantly, 6.4(±7.4)% (p<0.05). Only HIT 2 -group had also a significant improvement in VO_{2max} 6.9(±8.8) (p<0.05).

HIT 2 - group showed 1 % increase in jump height. When comparing the HIT 1 and HIT 2 - groups the study showed a statistically significant difference (0.048) between the groups in average improvement. Muscle fitness improved with statistical significance for both HIT 1 and HIT 2 –groups. In the HIT 1 –group the average increase was 20.2%-38.1%, whereas in the HIT 2 –group the average improvement in various muscular endurance movements was 10.8%-12.9%. The greater improvement of HIT 1 –group is likely the result of the group's individuals having a lower starting level. In conclusion it can be stated that it is clear that HIT training is effective for improving both oxygen uptake and muscle fitness while having small effects on body composition. The training cycle of six weeks was too short to have an impact on blood lipids levels.

Key words: HIT, High Intensity Training, Interval Training, VO_{2max}, cholesterol, fat percentage, strength.

KÄYTETYT LYHENTEET

ATP	adenosiinitrifosfaatti
BIA	biosähköinen impedanssianalyysi (bioelectric impedance analysis)
CRT	kiertoharjoittelu vastuksella (Circuit-based resistance training)
EMG	electromyography
HDL	high density lipoprotein
HICT	korkeatehoinen kiertoharjoittelu (High-intensity circuit training)
HIIE	korkea tehoinen intervalliharjoittelu (High-Intensity Intermittent Exercise)
HIRT	korkea tehoinen intervalliharjoittelu vastuksella (High-Intensity Interval Resistance Training)
HIT	korkeaintensiteettinen harjoittelu (High intensity training)
HRC	korkeatehoinen kiertoharjoittelu vastuksella (High-resistance circuit training)
KP	kreatiinifosfaatti
LDL	low density lipoprotein
LICT	matalatehoinen kiertoharjoittelu (Low-intensity circuit training)
SIT	pikavauhtinen intervalliharjoittelu (Sprint interval training)
TS	perinteinen voimaharjoittelu (Traditional heavy strength training)
VO ₂ max	maksimaalinen hapenotto

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
2	FYYSISEN HARJOITTELUN VAIKUTUKSIA ELIMISTÖÖN.....	5
2.1	Energia-aineenvaihdunta.....	5
2.2	Hengitys ja verenkierto	11
2.3	Hermolihasjärjestelmän rakenne ja toiminta.....	17
3	HIT	26
3.1	HIT yleistä.....	26
3.2	Kestävyyspainotteinen HIT.....	27
3.3	Nopeuskestävyyspainotteinen HIT	30
3.4	Voimapainotteinen HIT	34
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS	40
5	MENETELMÄT	41
5.1	Tutkittavat	41
5.2	Tutkimusprotokolla.....	42
5.3	Harjoitusprotokolla	42
5.4	Mittaukset.....	43
5.4.1	Kehon koostumus.....	43
5.4.2	Veren rasva-arvot	44
5.4.3	Hapenottokyky	44
5.4.4	Voima.....	45
5.5	Tilastollinen analyysi	46

6 TULOKSET	47
6.1 Kehon koostumus.....	47
6.2 Veren rasva-arvot	49
6.3 VO2max	53
6.4 Voima.....	54
7 POHDINTA	61
7.1 Kehon koostumus.....	61
7.2 Maksimaalinen hapenotto- kyky	63
7.3 Voima.....	64
7.4 Johtopäätöksiä.....	65
8 LÄHTEET.....	68

1 JOHDANTO

HIT (High Intensity Training)– harjoitusmuoto on käsitteenä suhteellisen uusi. HIT-harjoitukset perustuvat kovalla teholla tehtyihin työjaksoihin ja sen jälkeen tapahtuvaan palautusjaksoihin. Yhdessä harjoituksessa voi olla useita tällaisia työ/palautusjaksoja. Harjoituksen työjaksojen määrä, tehot ja kestot voivat vaihdella. Saman tyyppistä intervalliharjoittelua on käytetty pitkään hapenottokykyä vaativissa lajeissa esim. juoksussa. Intervalliharjoittelun positiiviset vaikutukset suorituskykyyn havaittiin jo satakunta vuotta sitten. Viime aikoina tästä on saatu tieteellisiäkin tuloksia. Tutkimukset ovat liittyneet yleensä hapenottokykyyn ja paljon liikkuviin tai kilpaurheilua harrastaviin ihmisiin. Nykyään HIT harjoittelumuotoa ovat alkaneet käyttää tavalliset kuntoilijatkin. Se sopii kiireisille ihmisille, kun harjoitusvaikutus saadaan nopeasti kovan tehon ansiosta. HIT-harjoittelua on alettu käyttää hapenottoa kehittävien lajien lisäksi lihaskuntoa kehittävässä harjoituksissa kuten kuntopiireissä. Samalla on havaittu harjoitusmuodon positiiviset vaikutukset voimaan, aineenvaihduntaan ja kehon koostumukseen.

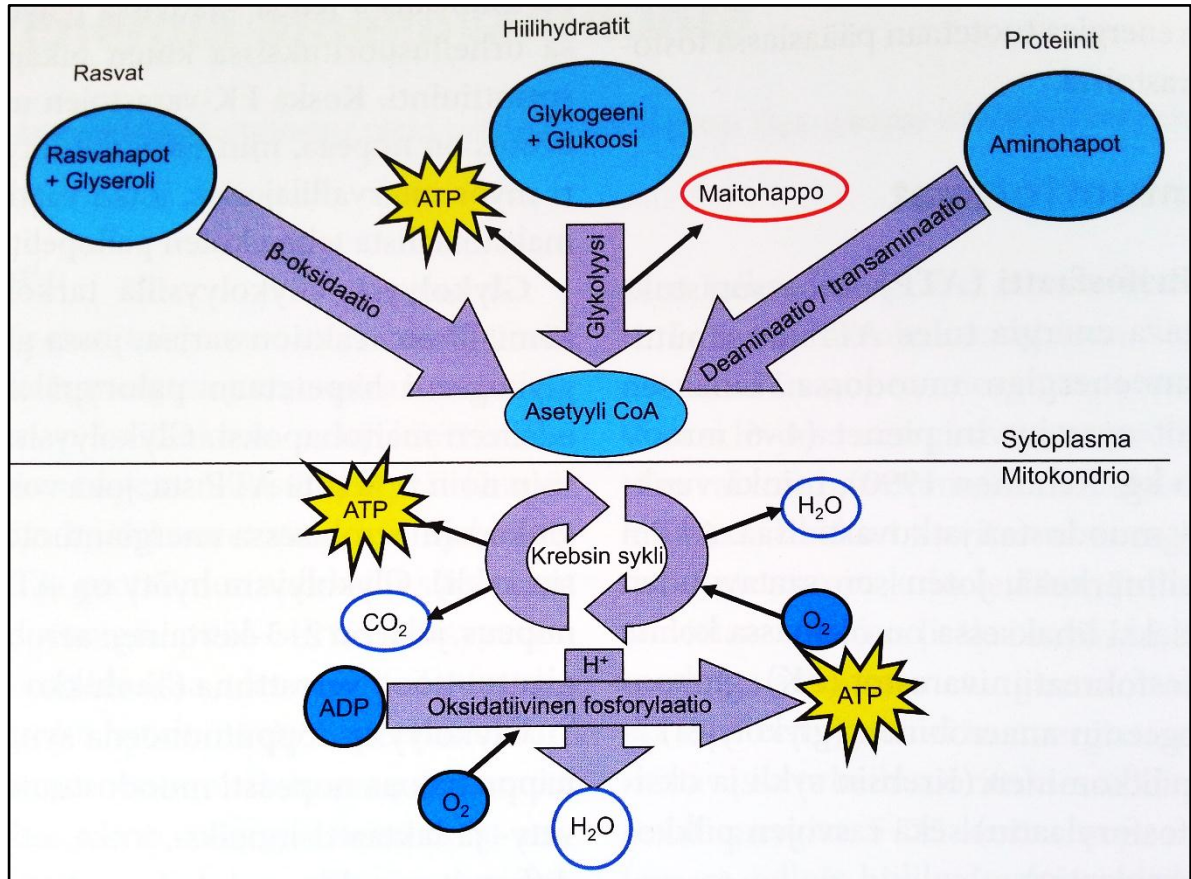
Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää ensisijaisesti HIT-harjoittelun vaikutuksia kehon koostumukseen, hapenottokykyyn ja voimaan ja toissijaisesti verrata kahden erilaisen HIT – mallin vaikutuksia ja mahdollisia eroja tutkittaviin kuuden viikon harjoitusjakson aikana. Tutkittavat jaettiin kolmeen eri ryhmään. HIT 1 – ryhmä teki kaksi intervalliharjoitusta viikossa 4 * 4 min 85 % tehoilla ja 2 minuutin palautuksella. Lisäksi he tekivät kaksi HIT – tyyppistä kuntopiiriharjoitusta. HIT 2 – ryhmä teki kaksi intervalliharjoitusta 10 * 1 min 95 % tehoilla 1½ minuutin palautuksilla. Lisäksi he tekivät samanlaiset kuntopiiriharjoitukset kuin ensimmäinen ryhmä. Tutkittavat suorittivat harjoitukset itsenäisesti ohjeistuksen mukaisesti. He saivat valita itse intervalliharjoituksessa käyttämänsä lajin (hiihto, juoksu tai pyöräily). Verrokkiryhmällä ei ollut harjoitteluohjelmaa, vaan tutkittavia ohjeistettiin jatkamaan harjoittelua samaan tapaan kuin ennen tutkimusta.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin vain liikunnan vaikutusta. Ravinnolla on keskeinen rooli kehon koostumusta muutettaessa. Tutkimus olisi kuitenkin paisunut kohtuuttoman laajaksi, jos ravinto olisi otettu mukaan. Tutkittavat ohjeistettiin syömään samalla tavalla kuin ennen tutkimusta. Testattavien erilaisia harjoitustaustoja ei eritelty tähän tutkimukseen.

2 FYYSISEN HARJOITTELUN VAIKUTUKSIA ELIMISTÖÖN

2.1 Energia-aineenvaihdunta

Elimistön kaikki biologiset toiminnot tarvitsevat energiaa. Hiilihydraattien, rasvojen ja proteiinien sidoksiin sitoutunut kemiallinen energia siirretään entsyymien säätelemissä reaktioissa adensiinitrifosfaatiksi (ATP). Energiaa vapautuu kun ATP luovuttaa yhden fosforihappotähteen ja muuttuu kahden arvoiseksi fosfaatiksi (ADP), $ATP \rightarrow ADP + Pi$. Elimistössä oleva ATP riittää kovassa lihastyössä vain alle sekunniksi. Suorituksen jatkuessa sitä täytyy muodostaa lisää. ATP:n muodostamisessa on kolme pääasiallista tapaa. Kreatiinifosfaattivarastoista (KP), anaerobisesti glukoosin ja glykokeenin (glykolyysi) avulla ja aerobisesti pilkkomalla (Krebsin sykli ja oksidatiivinen fosforylaatio) sekä rasvoja pilkkomalla (β -oksidatio) (Kuva 1). Energiantuotto suorituksen aikana riippuu suorituksen kestosta ja intensiteetistä. (Kiens ym. 1993.)



KUVA 1. Hiilihydraattien, rasvojen ja proteiinien energiantuottoreitit. (Nummela 2016).

Nopein tapa tuottaa lisää ATP:ia tapahtuu tuottamalla sitä korkea-arvoisesta fosfaattiyhdisteestä, kreatiinifosfaatista (KP), $ADP + \text{kreatiinifosfaatti} \leftrightarrow ATP + \text{kreatiini}$. Kreatiinifosfaatti voi tuottaa ATP:tä maksimaalisessa rasituksessa alle 10 sekunnin ajan. Kreatiinivarastot tyhjenevät täysin yli 30 sekunnin maksimisuorituksissa ja varastojen täyttyminen 100 %:sti kestää kolmesta viiteen minuuttiin. Rasituksen jatkuessa ATP:ia tuotetaan muista lähteistä joko hapen avulla tai ilman. (Tomlin & Wenger 2001.)

Anaerobisesti ATP:a tuotetaan glykolyysin avulla. Aerobisesti energiaa saadaan tuotettua hiilihydraateista, rasvoista ja proteiineista. Energiantuottonopeus määrittelee, millä tavoin ATP:n pääasiallisesti tuotetaan. Levossa energiaa tuotetaan lähes pelkästään rasvoja hapettamalla. Matalatehoisessa liikunnassa käytetään lisäksi hiilihydraatteja.

Kuormittavassa liikunnassa energiaa saadaan pääasiassa hiilihydraateista ja rasvojen osuus energianlähteenä putoaa murto-osaan. Anaerobinen energiantuotto tulee hallitsevaksi, kun lihasten energiantarve kasvaa 10-40 -kertaiseksi lepotilanteeseen nähden. (Nummela 2016). Esimerkiksi 3000 metrin juoksussa 85 % energiasta tuotetaan aerobisesti (Duffield ym. 2005a). Teholtaan kovemmassa 800 metrin juoksussa aerobisesti tuotetaan noin 60 % kokonaisenergiasta (Duffield ym. 2005b). Asiaa on havainnollistettu taulukossa 1.

Glykolyysissä glukoosista ja glykogeenivarastoista muodostetaan ATP:tä anaerobisesti heti suorituksen alettua. Glykolyysillä tarkoitetaan kymmenen kemiallisen reaktion sarjaa, jossa glukoosi tai glykogeeni hapetetaan palorypälehapoksi ja edelleen maitohapoksi. Maitohappo hajoaa nopeasti vety- ja laktaatti-ioneiksi. Suurin osa laktaatista siirtyy sydänlihakseen ja maksaan, joissa se käytetään joko suoraan energiantuotossa (sydänlihas) tai glukoosin muodostuksessa (Corin sykli). Glykolyysissä saadaan vain viisi prosenttia siitä ATP määrästä, joka voidaan saada glukoosin aerobisessa energian tuotossa (Krebsin sykli). Glykolyysin etu on kuitenkin ATP:n tuottonopeus, mikä on 2-3-kertainen aerobiseen energiantuottoon verrattuna. Glykolyysillä voidaan tuottaa energiaa jopa alle minuutin kestoiseen työskentelyyn. (Bodner 1986.)

Krebsin syklin avulla tuotetaan energiaa aerobisesti. Krebsin sykliä kutsutaan myös sitruunahappokierroksi. Glykolyysissä ja sitruunahappokierrossa kierrot tapahtuvat eri osissa solua. Sitruunahappokierto tapahtuu mitokondrion keskustassa, missä glykolyysin lopputuote, palorypälehapo, muutetaan asetyyli-CoA:ksi. Tämä pilkotaan edelleen hiilidioksidiksi ja vedyksi kymmenen kemiallisen reaktion sarjassa. Vetyatomit voidaan hapettaa oksidatiivisessa fosforylaatiossa, jolloin muodostuu ATP:tä ja vettä. (Bodner 1986.) Aerobisessa suorituksessa lähes kaikki palorypälehapo voidaan käyttää energianmuodostukseen, jolloin saadaan 18 kertaa enemmän ATP:a yhtä glykoosimolekyyliä kohti anaerobiseen energiantuottoon verrattuna. Aerobisessa energiantuotossa ATP:n tuottonopeus kuitenkin pienenee 75-80% alaktiseen energiantuottoon verrattuna ja 50-60% glykolyysiin verrattuna. (Kiens ym. 1993.)

Suoritusajan pidentyessä yli kahden tunnin rasvojen merkitys energiantuotannossa on suurimmillaan. Rasva on varastoitunut elimistön rasvakudoksiin ja lihaksiin triglyserideinä, jotka hajoavat lipaasientsyymin katalysoimassa reaktiossa glyseroliksi ja rasvahapoksi. (Kiens ym. 1993.) Glyceroli voidaan pilkkoa glykolyysissä ja rasvahapot β -oksidaatioissa. Näissä reaktioissa voidaan yhdestä triglyseridistä saada noin 12 kertaa enemmän ATP:tä kuin yhdestä glukoosimolekyylistä. Rasvan muuttaminen energiaksi on kuitenkin hidas prosessi. (Bodner 1986.) Taulukossa 1 on arvioitu eri energiantuottoreittien suhteellisia %-osuuksia energiantuotosta (ATP:n uudismuodostus) eripituisissa juoksukilpailuissa (Newsholme ym. 1992).

TAULUKKO 1. Arvio eri energiantuottoreittien suhteellisista %-osuuksista (muokattu Newsholme ym. 1992).

Matka	Fosfo-kreatiini	Glykogeeni		Veren glukoosi (maksan glykogeeni)	Triglyseridit (rasvahapot)
		Anaerobinen	Aerobinen		
100 m	50	50	–	–	–
200 m	25	65	10	–	–
400 m	12,5	62,5	25	–	–
800 m	6	50	44	–	–
1 500 m	Vähän	25	75	–	–
5 000 m	Vähän	12,5	87,5	–	–
10 000 m	Vähän	3	97	–	–
Maraton	–	–	75	5	20
Ultra 80 km	–	–	35	5	60

Rasvat

Rasvojen pääasiallisena tehtävänä on toimia energianlähteenä ja energiavarastona. Lisäksi rasvakudos toimii elimiä suojaavana eristeenä. Rasvahapoilla on lisäksi rakenteellisia tehtäviä. Niistä muodostuu solukalvoja. Rasvat toimivat myös rasvaliukoisten vitamiinien lähteinä. Jokaisella vitamiinilla on tärkeä tehtävä elimistössä. Hyvin vähärasvaisesta ruokavaliosta on vaikea saada riittävästi rasvaliukoisia vitamiineja. Rasvahapot ja niiden johdannaiset osallistuvat geenien toiminnan säätelyyn ja niillä on merkittävä rooli näkökyvyn ja immuunivasteen kehittymisessä ja toiminnassa. (McArdle ym. 2007, 27-28.)

Ravinnon rasvoista 90-95 prosenttia on triglyseridejä. Muita merkittäviä ravinnon rasvoja ovat fosfolipidejä ja steroleja. Kolesteroli kuuluu steroleihin. Kolesteroli on solukalvojen rakennusaine. Sitä tarvitaan myös tiettyjen hormonien ja D-vitamiinin ja sappihappojen valmistamiseen. Kolesterolia saadaan eläinperäisestä ruuasta. Ruuan mukana tuleva kolesteroli on kuitenkin turhaa, koska elimistö valmistaa itse tarvitsemansa kolesterolin. Veren korkea LDL-kolesteroli- ja triglyseridipitoisuus sekä matala HDL – kolesterolipitoisuus altistavat sydän- ja verisuonitaudeille. LDL-kolesterolin ja sidekudoksen kertyminen valtimoiden seinämiin voi aiheuttaa ahtautta ja seinämien kovettumista. Tästä voi seurata paikallista hapenpuutetta sydämessä ja lihaksissa. HDL – partikkelit pyrkivät kuljettamaan sidekudokseen kertynyttä kolesterolia maksaan ja ne toimivat näin suojaavana tekijänä. Tämän vuoksi HDL –kolesterolia kutsutaan hyväksi kolesteroliksi. LDL-kolesterolin ja HDL-kolesterolin välinen suhde kuvastaa paremmin alttiutta sairastua sydän- ja verisuonitauteihin kuin kolesteroliarvot yksinään. (McArdle ym. 2007, 24-26.)

Ylipainoa ja lihavuutta esiintyy ympäri maailmaa kehitysmaissa ja kehittyneissä maissa. Ylipaino aiheuttaa sairauksia ja heikentää elämänlaatua. (Trapp ym. 2008.) Ylipaino lisää huonon kolesterolin pitoisuutta elimistössä. Normaalipainoisella naisella rasvan osuus kehon painosta on 25% ja miehellä noin 15%. Kun rasvan osuus kehon painosta on tätä suurempi, puhutaan lihavuudesta. Parhaiten lihavuutta voisi arvioida mittaamalla kehon

ylimääräistä rasvaa. Tämä on kuitenkin usein hankalaa tai epätarkkaa. Sen takia joudutaan usein tyytymään punnitsemiseen ja pituuden mittaamiseen. Painon ja pituuden suhteuttamisessa käytetään painoindeksiä (BMI, body mass index). Painoindeksi saadaan, kun paino jaetaan pituuden neliöllä. Voimaharjoittelijoilla saattaa lihasmassaa olla niin paljon, että he saavat suuren lukeman painoindeksistä, vaikka rasvaa ei olekaan liikaa. Rasvakudoksen määrän lisäksi sen jakautumisella on merkitystä. Lihavuutta voi syntyä, kun energian saanti on kulutusta suurempaa. Kaikilla lihominen ei tapahdu samalla tavalla. Syitä tähän ei vielä täysin tiedetä. Siihen vaikuttaa ilmeisesti perinnölliset syyt. (Mustajoki & Fogelholm 1999, 258-266.) Keskvartalolihavuus vaikuttaa moniin lihavuuteen liittyviin sydän- ja verisuonisairauksiin. Siinä rasva on kertynyt vatsan sisäosiin ns. viskeraaliseksi rasvaksi. (Hunter ym. 2010).

Ravinto- ja elämäntapatekijät vaikuttavat kuitenkin lihavuuteen ja kolesterolipitoisuuksiin. Lihavuuden hoidossa liikunnan päätarkoitus on energiankulutuksen lisääminen ja energiatasapainon muuttaminen negatiiviseksi. Lisäksi energia-aineenvaihdunta tehostuu ja kudosten insuliiniherkkyys paranee (Paoli ym. 2013). Kaikki liikunta kuluttaa energiaa, joten aina sen ei tarvitse olla pitkäkestoista tai intensiivistä. Ilman ruokailutottumusten muutoksia liikunta on kuitenkin melko tehoton laihduttaja. Laadullisesti liikunnan avulla saavutettu painon pudotus on kuitenkin hyvä, sillä paino on lähtenyt lähes kokonaan rasvakudoksesta. Liikunnan käyttämisessä painonhallinnassa on joitakin harhaluuloja. Usein luullaan, että rasvan polttamiseen suorituksen pitäisi kestää tietty aika. Rasvat ovat kuitenkin ensisijainen energianlähde rauhallisessa liikunnassa heti alusta lähtien. Ratkaisevaa on liikunnan kokonaisteho ja määrä. On väitetty, että ainoastaan kohtuullisen rasittava ja pitkäkestoinen liikunta toimisi rasvan polttajana. Tämä perustuu siihen, että rasvaa käytetään eniten energiaksi juuri tuolla sykealueella. Rauhallisen liikunnan jälkeen elimistön energia-aineenvaihdunta käyttää kuitenkin hiilihydraatteja. (Trapp ym. 2008.) Kun taas rasittavan suorituksen jälkeen elimistö käyttää rasvoja (Alkahtani ym. 2013).

2.2 Hengitys ja verenkierto

Kestävyys suorituksissa lihassolut tarvitsevat ravintoaineiden lisäksi happea. Hapen saannissa ja käytössä keskeisinä tekijöinä ovat hengitys, verenkierto ja lihaskudosten kyky käyttää happea. Maksimaalinen hapenotto määräytyy pääasiassa sydämen ja verenkiertoelimistön kyvystä kuljettaa ja käyttää happea (Bassett & Howley 2000). Hengityselimistö on keuhkojen, hengitysteiden ja hengityslihasten muodostama kokonaisuus. Sen tehtävänä on huolehtia kaasujen vaihdosta keuhkojen ja veren välillä. Verenkiertoelimistö muodostuu sydäimestä, verestä ja verisuonistosta. Sen tehtävänä on veren kierrättäminen sydämen, kudosten ja keuhkojen välillä. Hengitys- ja verenkiertoelimistön yhteistoiminnalla huolehditaan hapen ja hiilidioksidin kuljettamisesta verenkiertoelimistössä. Keuhkotuuleuksessa ilma virtaa keuhkoihin joko suun tai nenän kautta. Nenän ja suun jälkeen ilma virtaa nielun, kurkunpään, keuhkoputken välityksellä keuhkorakkuloihin eli alveoleihin. Alveoleissa kaasujen vaihto tapahtuu erittäin ohuen kalvon läpi. (McArdle ym. 2007, 260-264.)

Lepotilassa normaali ihminen hengittää keskimäärin kuusi litraa ilmaa minuutissa hengityksen tiheyden ollessa noin 12 ulos- ja sisäänhengitystä. Tällöin kertahengityksen tilavuus on 500 ml. Kuormituksessa hengitystilavuus voi olla 2.5 – 3 litraa minuutissa. Keuhkotuuletus ja elimistön energian tarve kasvavat samaan tahtiin kuormituksen lisääntymisen kanssa. Matalilla kuormitustasoilla keuhkotuuletus lisääntyy pääasiassa hengitystilavuutta kasvattamalla. Kuormituksen kasvaessa myös hengitysfrekvenssi kasvaa. Maksimaalisen kuormituksen aikana keuhkotuuletus saattaa nousta suurikokoisilla huippu-urheilijoilla jopa selvästi yli 200 litran. Yleisesti ottaen kovankaan fyysisen kuormituksen aikana keuhkotuuletuksen ei ole todettu olevan merkittävä suorituskykyä rajoittava tekijä. (McArdle ym. 2007, 260-269, 307.)

Raskaassa työssä laktaatti- ja vetyionipitoisuus nousee elimistössä. Jälkimmäinen vaikuttaa pH-luvun avulla kuvattuun happo-emäs tasapainoon. Elimistö pyrkii säilyttämään tasapainotilan mahdollisimman vakaana, koska pienetkin muutokset pH-luvussa vaikuttavat

elimistön kemiallisiin reaktioihin. Veren normaali pH on lepotilassa 7.4 ja lihaksessa noin 7.0. Kovassa rasituksessa veren pH voi laskea 6.9:ään ja lihaksen pH jopa 6.4-6.5 tasolle. Elimistöllä on useita erilaisia toimintoja happamuuden torjuntaan. Olennaisen tärkeä rooli on hengitystoiminnalla, jolla elimistön tasapainotila pyritään palauttamaan mahdollisimman nopeasti rasituksen jälkeen. Hiilidioksidin ja hapen vaihto ulkoilman ja happea käyttävän kudoksen välillä on monivaiheinen tapahtuma. Kaasujen siirtyminen perustuu kaasujen osapaineissa vallitseviin eroihin siten, että kaasu siirtyy aina suuremmasta osapaineesta pienempiin ja sitä nopeammin mitä suuremmasta paine-erosta on kysymys. (Keskinen 2004, 78)

Verenkiertoelimistö muodostuu sydäimestä, verisuonista ja verestä. Se toimii kuljetusjärjestelmänä, joka huolehtii elimistön ravinnon saannista, elimistön suojaamisesta ja kuona-aineiden poiskuljetuksesta. Veri kuljettaa mukanaan erilaisia elimistön materiaaleja: happea, hiilidioksidia, ravintoaineita, erilaisia hormonaalisia viestejä ym. Veren kierrätystä säätelemällä elimistö tasoittaa eri kehon osien välisiä lämpötila-, nestepitoisuus-, happamuus- ym. eroja. Veren ominaisuuksilla on huomattava merkitys ihmisen terveydelle ja fyysiselle suorituskyvyllä. Sen ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa urheiluharjoittelulla. Veren määrä riippuu ihmisen koosta. Miehillä on verta 5-6 litraa ja naisilla 4-5 litraa. Veri koostuu plasmasta ja veren kiinteistä rakenteista. Plasman osuus on normaalisti 55%. Plasmasta 90% on vettä. Kestävyysharjoittelun vaikutuksesta plasman osuus saattaa akuutisti kasvaa. Veren kiinteät rakenteet muodostuvat 99%:sti punaisista verisoluista. Veren kyky kuljettaa happea riippuu punasoluissa olevan hemoglobiinin määrästä. Miehillä on 100 grammaa kohti veressä n. 15 grammaa. Jokainen gramma hemoglobiinia voi sitoa itseensä noin 1.34 ml happea. Vaikka veri viipyy keuhkokapillaarissa vain hyvin lyhyen aikaa, ehtii se siinä ajassa sitoa lähes kaiken hemoglobiinimäärän mahdollistamasta hapesta. (McArdle ym. 2007, 282-292; 314-315.)

Sydän

Sydän on verenkiertoelimistön toiminnallinen keskipiste ja verenkierron ylläpitäjä. Se on suunnilleen omistajansa nyrkin kokoinen lihas. Sydänlihas muodostuu poikkijuovaisesta lihaskudoksesta kuten luurankolihaksetkin, mutta sen solut ovat monitumaisia ja sähköinen impulssi siirtyy nopeasti solusta toiseen. Sydämen toimintaa voidaan tarkastella sydämen minuuttitilavuuden, sykintätaajuuden ja iskuilavuuden perusteella. Minuuttitilavuudella tarkoitetaan sydämen yhden minuutin aikana pumppaamaa veren määrää ja sykintätaajuudella sydämen lyöntien määrää minuutissa. Iskuilavuus on näiden kahden osamäärä, eli sydäimestä yhden lyönnin siirtämä verimäärä. Lepotilassa minuuttitilavuus on suunnilleen sama kuin verenkiertoelimistön verimäärä. Keskipiteisellä mieshenkilöllä tämä on noin viisi litraa. Sydämen minuuttitilavuus kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen lisäyksen kanssa. Ihmisen koko verimäärä voi kiertää sydämen kautta kovassa rasituksessa noin kahdeksan kertaa minuutissa. Ihmisen elimistö saa happea käyttöönsä lähes samassa suhteessa sydämen pumppauksen kanssa. Näin ollen sydämen kunto on tärkeässä roolissa aerobista kestävyyskuntoa kehitettäessä. Urheilulajeissa, joissa sekä ala- että yläraajat työskentelevät (hiihto, soutu) veren virtaus on suurempaa kuin pelkkien toisten raajojen työskentelyssä. Lepotilassa ihmisen syke on noin 60 lyöntiä minuutissa. Syke voi kuitenkin vaihdella suuresti. Siihen vaikuttaa mm. ikä ja harjoittelutausta. Kuormituksessa sydämen syke kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen lisääntymisen kanssa. Maksimia lähestyttäessä sykkeen nousu hidastuu suhteessa kuorman nousuun. Ihmisen maksimisyke riippuu iästä ja verenkiertoelimistön kunnosta. Karkea maksimisyke voidaan laskea vähentämällä luvusta 220 tutkittavan henkilön ikä vuosissa. Myös urheiluharjoittelu vaikuttaa maksimisykkeeseen. Yksipuolisesti matalilla sykealueilla harjoittelemalla maksimisyke alenee merkittävästi. Tavallisella ihmisellä iskuilavuus kasvaa lepotilan n. 70 ml arvoista kaksinkertaisiksi maksimityössä. (McArdle ym. 2007, 314-328.)

Veren kiertäminen tapahtuu sydämen ja verisuonten muodostamassa suljetussa putkistossa. Veren kierrätys perustuu paineeseen ja siinä tapahtuviin muutoksiin. Putkiston peruspaine syntyy kun verisuonisto puristaa verta sekä verisuonten seinämien elastisuuteen perustuen,

että aktiivisesti verisuonten seinämien sileää lihaskudosta supistamalla autonomisen hermoston välityksellä. Peruspaine on keskimäärin levossa 70-80 mmHg. Sitä sanotaan diastoliseksi paineeksi ja se mitataan sydämen sykäysten välissä. Diastolisen verenpaineen avulla huolehditaan, että kaikki kudokset saavat riittävästi verta. Sydämen pumppauksen aikaista verenpainetta kutsutaan systoliseksi verenpaineeksi. Se on olkavarresta lepotilassa mitattuna keskimäärin 120 mmHg. Verenpaineissa on huomattavia yksilöllisiä eroja pääasiassa iästä ja terveydentilasta johtuen. Verenpaine muuttuu oleellisesti kuormituksen kasvaessa. Pitkäkestoisessa suorituksessa systolinen verenpaine kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen lisääntymisen kanssa. Maksimaalisessa suorituksessa terveillä ihmisillä systolinen verenpaine voi olla yli 200 mmHg. Dynaamisessa kuormituksessa ei diastolisen verenpaineen pitäisi juurikaan nousta. Ainoastaan hyvin suurilla kuormituksilla myös diastolinen paine kasvaa. Tässä asiassa tutkimustulokset ovat ristiriitaisia. (McArdle ym. 2007, 314-328.) Isometrisessä työssä havaitaan diastolisen paineen selvää kasvua. Erittäin kovatehoisessa voimaharjoittelussa saattaa verenpaine nousta hetkellisesti jopa 480/350 mmHg tasolle (MacDougall ym. 1985).

Maksimaalinen hapenottokyky

Maksimaalinen hapenottokyky on erityisen tärkeä lajeissa, joissa työskentelevät suuret lihasmassat ja joissa suorituksen kesto aika on 3-15 minuuttia. Tätä lyhytkestoisissa lajeissa maksimaalisen muiden ominaisuuksien merkitys kasvaa. ”Maksimaalinen hapenkulutus” – termin ottivat Hill ja Lupton käyttöön tutkimustensa yhteydessä (1923). Maksimaalinen hapenkulutus (VO_{2max}) kertoo korkeimman arvon, jonka ihminen pystyy käyttämään kehon hyväksi. Hill ja Lupton (1923) tarkensivat vielä määrittystä toteamalla, että maksimaalisella hapenkulutuksella on yläraja, maksimaaliset hapenkulutusrvot vaihtelevat yksilöiden välillä, menestyäkseen keskipitkillä ja pitkillä juoksumatkoilla ihmisellä on oltava korkea maksimaalinen hapenkulutusrvo ja VO_{2max} :a rajoittaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kyky kuljettaa happea lihaksiin. Hapenottoa pidetään maksimaalisena, kun työtehoa lisättäessä hapen kulutus ei enää kasva (Howley ym. 1995). Toisaalta liian nopeasti nouseva hapenkulutus ei anna luotettavaa arvoa maksimaalisesta hapenkulutuksesta, vaikka

tasaantumisvaihe saavutettaisiinkin. Sen vuoksi luotettavan arvon saamiseksi pitää käyttää muitakin kriteerejä (Rowland 1993). Yleisimpiä muita kriteerejä ovat: veren laktaattipitoisuus viiden minuutin jälkeen suorituksen päättymisestä on yli 8 mmol/l, hengitysosamäärän arvo (RER) on yli 1.00 ja sydämen sykearvo testin päättyessä on yli 85% iän mukaan lasketusta maksimista. (Cumming & Borosyk 1972.) Näistä kriteereistä pelkästään yhtä käytettynä ei anna luotettavaa kuvaa maksimaalisesta hapenkulutuksesta. Esimerkiksi Issekutz ym. (1992) huomasivat tutkimuksissaan, että maksimaalinen hapenkulutus saavutetaan iästä ja sukupuolesta riippumatta samalla hengitysosamäärällä.

Maksimaalinen hapenotto ilmaistaan litroina minuutissa ja millilitroina painokiloa kohti minuutissa. Jälkimmäinen on tärkeä lajeissa, joissa työskennellään painovoimaa vastaan (esim. hiihto ja juoksu). Suuri kehon rasvamäärä on lisäpaino, joka pienentää maksimaalista hapenottoa painokiloa kohti laskettuna. Suuri lihassmassa lisää l/min -arvoa edellyttäen että lihaksen kestävyysominaisuudet ovat hyvät. Kestävyysurheilua harrastamaton henkilö pystyy parantamaan hapenottoa 10-20 % muutamassa kuukaudessa ja pitkällä aikavälillä jopa 20-40%. Yleisen sarjan kestävyysurheilijoilla hapenoton vaihtelu kaudessa on 5-10% (// suomalainen valmennusoppi). Kävelemällä tehdyssä Hiit -tutkimuksessa Nemoto ym. (2007) totesivat vanhusten hapenottokyvyn parantuneen 9%. Tutkimus kesti 5 kuukautta ja siinä harjoiteltiin 4 kertaa viikossa. Vastaavaa hapenottokyvyn parantumista ei havaittu tasavauhtisia harjoituksia tekevillä.

Kehon painon lisäksi moni muukin tekijä vaikuttaa maksimaaliseen hapenottokykyyn. Maksimaalinen hapenkulutus voi vaihdella 5-20 % sen hetkisen kunnon mukaan (McArdle ym. 2007, 244). Naisilla on 15-30 % pienempi painoon suhteutettu hapenottokyky (Vogel 1986). Kun $VO_2\max$ jaetaan rasvattoman kehon painolla, on ero enää 10 %. (Washburn & Seals 1984). Tämä selittyy miesten suuremmalla hemoglobiinipitoisuudella. Luultavasti miesten korkeamman testosteronitason vuoksi heillä on noin 10-14 % korkeampi hemoglobiinipitoisuus kuin naisilla (Von Döbeln ym. 1967).

Ikääntymisen seurauksena kehossa tapahtuu anatomisia ja fysiologisia muutoksia ja fyysinen aktiivisuus vähenee. Sen vuoksi noin 25 ikävuoden jälkeen maksimaalinen hapenottokyky laskee noin 1 % vuodessa. Tämä on yleensä huomioitu kuntoluokitustaulukoissa niin, että iäkkäämmät henkilöt saavuttavat saman kuntoluokituksen pienemmällä hapenotolla. (Foster ym. 1986.) Schiller ym. (2001) totesivat tutkimuksissaan, että maksimaalinen hapenottokyky laskee lähinnä kehon painon nousun seurauksena, koska ventilaatio pysyi samana riippumatta iästä. Toisaalta Eskurza ym. (2002) totesivat tutkimuksensa perusteella, että kestävyysharjoittelua lisättäessä maksimaalinen hapenottokyky ei laskenut yhtä voimakkaasti verrokkiryhmään verrattuna. Heidän tutkimuksissa ei kehon massalla tai maksimaalisen sykkeen muutoksilla ollut vaikutuksia maksimaaliseen hapenottokykyyn. Perinnöllisyyden on arvioitu vaikuttavan 20-30 % maksimaaliseen hapenkulutukseen, 50 % maksimaaliseen sydämen sykkeeseen ja 70 % fyysiseen työskentelykapasiteettiin (Péruze 1989).

Testitavassa työtä tekevien lihasten massan suuruus vaikuttaa maksimaaliseen hapenottokykyyn. Testissä käytettävien lihasten massan kasvu lisää myös maksimaalista hapenottokykyä (Lewis ym. 1983.) Tämän vuoksi juoksumattotestissä saavutetaan parempi tulos kuin polkupyörätesteissä (Åstrand & Saltin 1961.) Kestävyysharjoittelu ja erityisesti maksimikestävyysharjoittelu kehittää VO_2max :ä. Lajiharjoittelu kehittää hapenottoa erityisesti niissä lihaksissa, joissa harjoittelu pääasiassa tapahtuu. Esimerkiksi uinnissa taitavilla henkilöillä oli 20% matalammat maksimaalisen hapenkulutuksen arvot juoksumattotestissä, kuin uimalla tehdyssä testissä (Magel & Faulkner 1967).

Maksimaalista hapenottokykyä rajoittaa pääasiassa sydämen ja verenkiertoelimistön kapasiteetti ja lihastason ominaisuudet (ACSM 2006, 66). Bassett ja Howley (1997) havaitsivat tutkimuksissaan, että maksimaalista hapenottokykyä rajoittavia tekijöitä ovat hengitystoimintaan liittyvät tekijät, sydämen verenkiertoon liittyvät tekijät, ääreisverenkiertoon vaikuttavat tekijät ja luurankolihasmetabolia. McClaran ym. (1998) tutkivat rajoittaako pienikeuhkoisten naisten hengitys maksimaalista hapenkulutusta kovassa harjoituksessa verrattuna isokeuhkoisiin miehiin. Tuloksiensa mukaan raskaassa

harjoituksessa maksimaaliset uloshengitysarvot rajoittivat uloshengitystä ja kasvattivat hengitystiheyttä ja näin rajoittivat maksimaalista hapenkulutusta.

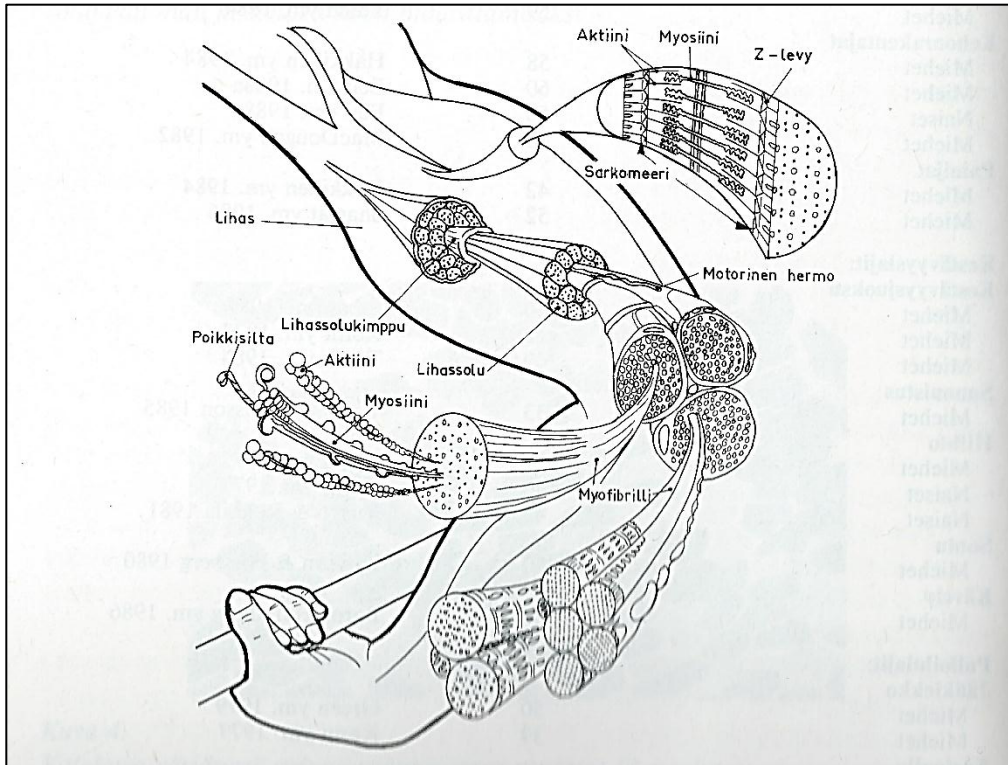
2.3 Hermolihasjärjestelmän rakenne ja toiminta

Hermo-lihasjärjestelmää tarvitaan tahdonalaisen liikkeen ja näin myös lihaksiston voiman tuottamiseen. Hermosto jaetaan keskus- ja ääreishermostoon. Keskushermostoon kuuluvat aivot ja selkäydin. Ääreishermosto vie toimintakäskyjä keskushermostosta lihaksille. Lihaksen tahdonalainen supistumiskäsky kulkee aivoista hermoratoja pitkin selkäyttimeen, josta käsky siirtyy motorisia liikehermoja pitkin lihakseen. Keskushermoston rooli voimantuotossa on keskeinen, sillä mitä nopeammin ja enemmän aivoista pystytään lähettämään supistumiskäskyjä, sitä nopeammin ja enemmän lihas pystyy tuottamaan voimaa. Motorinen hermosolu jakaantuu lihaksessa useisiin päätehaaroihin, joista kukin kytkeytyy lihassoluun. Yhden hermosolun muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan motoriseksi yksiköksi. (McArdle ym. 2007, 392-402.)

Motorisen yksikön koko riippuu lihaksen toimintatarkoituksesta. Tarkkaa säätelyä vaativissa lihaksissa (esimerkiksi silmän liikelihakset) yksi hermo hermottaa ainoastaan muutamaa lihassolua. Suurta voiman tuottoa ja karkeampaa säätelyä vaativissa lihaksissa yksi hermo voi hermottaa useita tuhansia lihassoluja. Motorisia yksiköitä on lihaksesta riippuen muutamasta kymmenestä muutamaan sataan. Supistumiskäsky etenee aivoista sähköisenä viestinä motorista hermoa pitkin kemiallisen välittäjäaineen avulla lihassoluun. Tämä aiheuttaa lihassolun supistuksen ja voiman tuoton. Koska supistumiskäsky (aktiopotentiaali) leviää kaikkiin hermon päätehaaroihin samanaikaisesti, supistuvat ko hermon lihassolut lähes yhtäaikaisesti. Motorisen yksikön kaikki solut osallistuvat normaalisti voiman tuottoon. Motorista yksikköä pidetään toiminnallisesti pienimpänä hermo-lihasjärjestelmän voimaa tuottavana yksikkönä. Luurankolihasien motoriset yksiköt voidaan jakaa niiden mekaanisen ja kemiallisen toiminnan perusteella nopeisiin ja hitaisiin motorisiin yksiköihin. Nopeat yksiköt tuottavat enemmän ja nopeammin voimaa ja relaxoituvat nopeammin kuin hitaat yksiköt. Nopeat yksiköt myös väsyvät nopeammin

kuin hitaat yksiköt. Luurankolihakset koostuvat sekä nopeista että hitaista motorisista yksiköistä. Niiden lukumäärä voi vaihdella eri lihaksissa. Eri henkilöiden välillä voi tietyn lihaksen solujakaumassa olla suuriakin eroja. (Maughan & Gleeson 2004, 24-28.) Lihaksen solujakauma on todennäköisesti periytyvää (Häkkinen 1990, 15; Komi ym. 1977) eikä sitä todennäköisesti pysty muuttamaan. Nopeiden ja hitaiden lihassolun kokoon voi sen sijaan harjoittelulla vaikuttamaan ja saada näin aikaan lihaksen voiman huomattavaa kehittymistä (Bell & Jacobs 1990).

Lihassolulla on ympärillään helposti sähköä johtava kalvo. Lihassolun sisällä on aineenvaihduntaan ja rakentamiseen liittyviä osia (ribosomit, Golgin aparaatti, lysosomit, mitokondriot jne.), solun supistumisen aikaansaavia valkuaisainesauvoja (miofibrillejä) sekä supistumiskäskyn valkuaisainesauvoille tuovia putkistoja (T-tubulukset ja sarkoplastinen retrikkeli). Lihassolu koostuu useista vierekkäisistä mikronin (mikroni = 0,001 millimetriä) paksuisista myofibrillisauvoista, kuten näkyy kuvasta 2. Miofibrilli on jakautunut useisiin peräkkäisiin sarkomeeriin. Sarkomeerit erottaa toisistaan z-levy, johon pituusakselin suuntaisesti aktiinisauvat kiinnittyvät. Sarkomeerin keskellä aktiinifilamenttien välissä sijaitsevat lihassolun pituusakselin suuntaiset myosiinifilamentit. Tämä järjestäytyminen näkyy mikroskoopissa juovamaisena rakenteena ja siksi luurankolihakset kutsutaan poikkijuovaisiksi lihaksiksi. Hermo-lihasliitoksen kautta lihassoluun saapunut supistumiskäsky (aktiopotentiaali) alkaa levitä lihassolua pitkin kohti sen ääripäitä. Samalla supistumiskäsky aiheuttaa solun supistumisen siten, että pienet kemialliset välisillat vetävät aktiini- ja myosiinisauvoja toistensa lomiin lyhentäen sarkomeereja. Solun peräkkäisten sarkomeerien supistumisten seurauksena koko lihassolu pyrkii lyhenemään. Tämä vaatii energiaa, joka saadaan pilkkomalla soluun varastoitunutta ATP:tä ADP:ksi. (Maughan & Gleeson 2004, 15-19.)

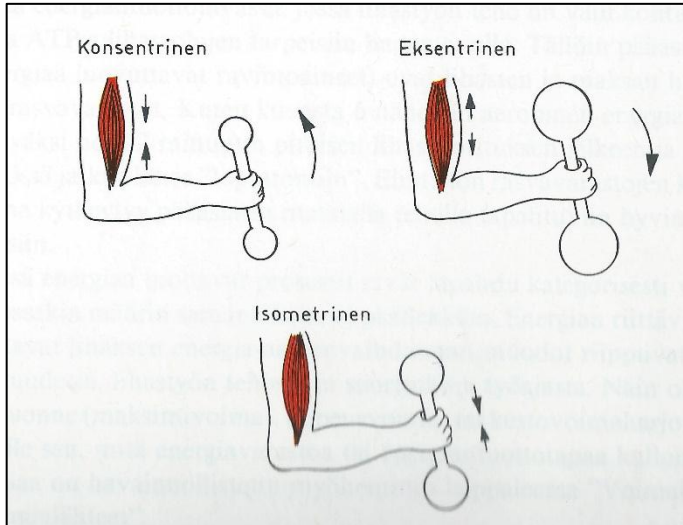


KUVA 2. Lihaksen rakenne. (Häkkinen 1990, 18).

Lihaksen voimantuotto

Lihaksen supistuminen tarkoittaa lihaksen sisäistä tapahtumaa, joka ilmenee ulkoisesti mitattuna lihasjännityksenä eli voiman tuottamisena. Lihaksen supistuminen jaetaan isometriseen ja dynaamiseen lihassupistukseen. Dynaaminen lihassupistus jaetaan vielä konsentriseen ja eksentriseen lihassupistukseen. Isometrisessä lihassupistuksessa lihaksen kokonaispituus ei ulkoisesti mitattuna muutu eikä tehdä nivelliikettä. Tällöin pidetään lihasjännitystä paikallaan yllä. Konsentrisessä lihassupistuksessa lihas lyhenee ja liikuttaa kuormaa, kuten kuvasta 3 havaitaan. Eksentrisessä lihassupistuksessa lihas venyy. Lihaksen tuottama maksimaalinen voima on suurin eksentrisessä supistuksessa ja pienin konsentrisessä. Isometrisen voiman supistus on näiden välillä. Yleensä liikunta- ja urheilusuorituksessa lihas suorittaa työnsä useampia supistumistapoja käyttäen.

Supistumismallit on ymmärrettävä osana jatkuvaa kokonaistoimintaa. (Maughan & Gleeson 2004, 34)

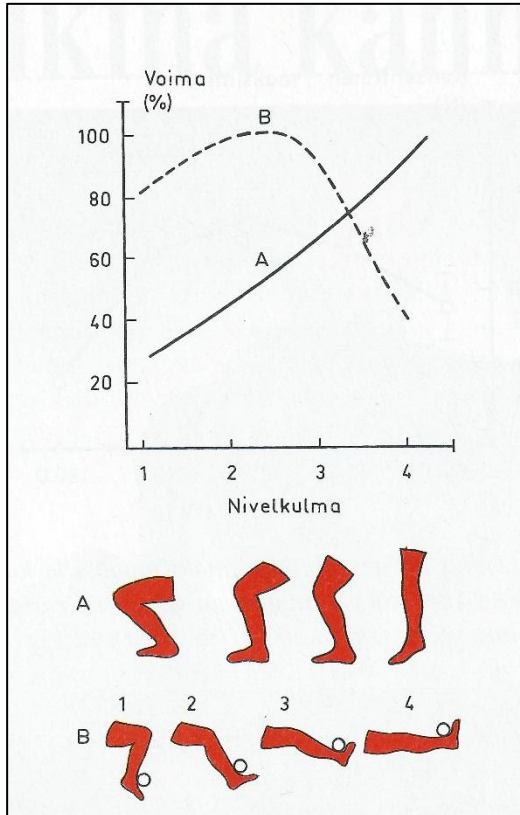


KUVA 3. Lihaksen supistumistavat. (Häkkinen 1990, 22).

Lihaksen sarkomeerin tuottama voiman suuruus on riippuvainen sarkomeerin pituudesta. Voima on suurimmillaan sarkomeerin keskipituuksilla, jolloin poikkisiltojen lukumäärä on suurimmillaan. Sarkomeerin ollessa äärimmäisen lyhentynyt tai venynyt muodostuu aktiivisia poikittaissiltoja aktiini- ja myosiinifilamenttien välille vähemmän ja vastaavasti tuotettu voima on pienempi. Koska lihassolu on rakentunut lukuisista peräkkäisistä sarkomeereista, voidaan ajatella voima-pituus-riippuvuuden edustavan lihassolun voima-pituus-riippuvuutta. Lihaksen voimantuottoon vaikuttaa lihassolujen tuottaman voiman lisäksi myös lihaksen sidekudoksen tuottama voima. Sidekudos ei voi aktiivisesti tuottaa voimaa. Sen tuottama voima vaikuttaa koko lihaksen tuottamaan voimaan, kun voima tuotetaan lihasta venyttävää ulkoista voimaa vastaan. (McArdle ym. 2007, 372-378).

Liikkuminen tapahtuu lihasten liikuttaessa raajojemme luita, jotka ovat niveltyneet toisiinsa. Yksittäisen lihaksen tuottama voima on siis yhteydessä lihaksen kulloiseenkin pituuteen. Toisaalta jokaisella lihaksella on tietty kulma, jolla se pystyy tehokkaimmin vääntämään

lihaksiin kytkeytyneitä luita. Tällöin voidaan mitata kullekin nivelliikkeelle oma spesifinen nivelkulman ja liikuttavan lihaksiston yhteinen voimakäyrän kuvaaja. Kuvassa 4 on esitetty kuvaaja nivelkulman ja maksimaalisen isometrisen voiman välillä polven ojennuksessa. Kuvan A-kohdassa voiman tuotto tapahtuu useamman nivelen liikkeellä esim. jalkakyykyssä. Tällöin voimantuottoon osallistuvat useammat lihakset jolloin polvinivelen nivelkulman ja tuotetun voiman välinen riippuvuus on erilainen kuin pelkässä polvinivelen ojennuksessa mitattu nivelkulman ja voiman välinen riippuvuus. Käytännössä nivelen pienivoimaisin asento määrää harjoituskuorman suuruuden vakiopainoisia harjoitusvälineitä käytettäessä. Esimerkiksi jalkakyykyssä tämä asento on A-kohdan mukaisesti syvin kyykyasento ja polven ojennusliikkeessä se on nivelliikkeen loppuvaiheessa. Sopivan kuormituksen varmistamiseksi tulisi voimaharjoittelussa käyttää erisuuruisia painoja nivelliikkeen eri vaiheilla. Esimerkiksi korkeushyppääjä harjoittelee suurilla nivelkulmilla ja painon- ja voimanostaja harjoittelee pääsääntöisesti pienillä nivelkulmilla eli ns. syväkyykyjä. Nivelkulman ja voiman välisen riippuvuuden optimaaliseksi huomioon ottamiseksi on kehitetty harjoituslaitteita, joissa vastus muuttuu nivelliikkeen aikana. (Häkkinen 1990, 27.)



KUVA 4. Voiman riippuvuus nivelen kulmasta. (Häkkinen 1990, 25).

Lihaksen voimantuottoa säädelään yksittäisten yksiköitten syttymistiheyden ja aktiivisten yksiköitten avulla. Kullakin lihaksella ja lihasryhmällä on voimadynamometreilla mitattava voima-aikakäyrä isometrisessä supistumistilanteessa, jossa henkilö tuottaa maksimaalisen voimansa mahdollisimman nopeasti. Lihasten aktivoitumista voidaan mitata samassa yhteydessä, sillä lihassolun aktiopotentialia välittyy iholle saakka. Aktiopotentialia voidaan mitata elektrodeilla. Rekisteröitävää signaalia kutsutaan elektromyogrammiksi (EMG). Signaali mittaa ko. lihaksen motoristen yksiköitten yhteisaktiivisuutta, jolloin sitä voidaan käyttää kuvaamaan mitattavan lihaksen aktivoitumistasoa ja/tai -määrää ja aktivoitumisen nopeutta. (McArdle ym. 2007, 408-409).

Keskushermoston rooli voimantuotossa on keskeinen. Lihaksen aktivaatiotaso on lähes suorassa yhteydessä tuotettuun voimaan. Mitä enemmän keskushermosto pystyy

aktivoimaan lihasten motorisia yksiköitä, sitä suurempi on lihaksen tuottama voima. (Deschenes & Kraemer 2002). Mittaustilanteessa koehenkilön motivoiminen on tärkeätä, jotta hän tuottaisi sen hetkisen todellisen maksimivoimansa. Tällöin lihaksen tuottama maksimivoima on melko suorassa yhteydessä lihaksen poikkipinta-alaan (Häkkinen ym. 1998a). Tämä pätee eri lihaksiin. Lihaksen poikkipinta-ala voidaan määrittää esimerkiksi ultraäänikuvauksella tai tietokonetomografialla. Voimaharjoittelulla voidaan vaikuttaa lihassolujen kokoon ja koko lihaksen poikkipinta-alaan ja näin myös lihaksen maksimaaliseen voimaan (Wang ym. 2010). Lihasten ja lihasryhmien rekrytointinopeuteen vaikuttaa kuinka monta ja kuinka suurella syttymisfrekvenssillä pystytään aktivoimaan motorisia yksiköitä kertosuorituksessa. Tähänkin ominaisuuteen voidaan vaikuttaa sopivalla voimaharjoittelulla. Lisäksi voima-aika –käyrän muotoon vaikuttaa lihaksen solujakauma. Voima-aika –käyrä on jyrkempi eli voimantuotto tapahtuu lyhyemmässä ajassa henkilöillä, joiden lihaksistossa on suuri nopeiden solujen lukumääräinen osuus verrattuna henkilöihin, joilla on hitaiden solujen osuus suurempi. (McArdle ym. 2007, 408-409).

Voima-aikakäyrällä on käytännössä tärkeä rooli liikunta- ja urheilusuoritusten kannalta. Vaikka maksimivoimalla on tärkeä merkitys useissa urheilulajeissa, on useissa lajeissa (pallopelit, yleisurheilun hyyt, mäkihyppy jne.) huomattavasti tärkeämpää tuottaa paljon voimaa mahdollisimman lyhyessä ajassa. Voimantuottoon käytettävissä oleva aika vaihtelee lajista riippuen 0.1-0.3 sekuntiin. Maksimaaliseen voimantuottoon kuluva aika saattaa olla 0.5-2.5 sekuntia. Useissa urheilulajeissa ehditäänkin tuottamaan vain submaksimaalisia voimia lihaksen maksimivoimaan nähden. Tämä tulisi ottaa huomioon voimaharjoittelun suunnittelussa. Lihaksiston voima-aika – riippuvuuteen sisältyy lihaksiston voima-kesto – riippuvuus. Lihas pystyy ylläpitämään määrättyä voimatasoa vain tietyn ajan, mikä riippuu ensisijaisesti siitä, kuinka suuresta lihasjännityksestä on kyse. Lihaksen solujakauma vaikuttaa oleellisesti siihen, kuinka kauan lihas pystyy pitämään submaksimaalista voimatasoa maksimivoimaan verrattuna. Henkilöt, joilla on lihaksissaan paljon hitaita lihassoluja, pystyvät pitämään kauemmin suhteellista voimatasoa, kuin nopeita lihassoluja omaavat henkilöt. (Häkkinen 1990, 34).

Voimaharjoittelutavan vaikutus lihaksen rakenteeseen ja toimintaan

Liikunta vaikuttaa lihaksen rakenteeseen ja sen toimintaan. Vaikutuksen laatu riippuu liikunnan laadusta ja kestosta. Voimaharjoittelussa lihaksien kasvu tapahtuu solujen koon kasvaessa. Tällöin lihassolujen lukumäärä ei muutu. Lihassolujen kasvu on suurinta nopeissa lihassoluissa. Voimaharjoittelun aiheuttama lihasvoiman kasvuun vaikuttaa myös hermosto (Netreba ym. 2011). Hermostollisia vaikutuksia tutkitaan mittaamalla muutoksia lihasten EMG-aktiivisuudessa. Harjoittelun vaikutuksesta lihassupistukseen osallistuvien hermoyksiköiden määrä lisääntyy. (Rabita ym. 2000.) Voimaharjoittelun vaikutuksesta lihasten hapenottokyky huononee kun mitokondrioiden määrä vähenee, energiavarastot pienenevät ja hiusverisuonten suhteellinen määrä laskee. Vaikka voimaharjoittelu heikentää osittain kestävyysominaisuuksia, tehostuu lihaksen muu energiantuotto. Entsyymien aktiviteetti lisääntyy ja ATP:n ja kreatiinifosfaatin pitoisuudet nousevat. (Rauramaa & Rankinen 1999.) Nykyisten tutkimusten mukaan varsinkin maksimaalisen- ja nopeusvoimaharjoittelun myötä maksimaalinen hapenottokyky voi tosin parantua (Paavolainen ym. 1999.)

Lihakset edesauttavat terveyden ylläpitoa lisäämällä kehon rasvatonta massaa ja kiihdyttämällä lepoaineenvaihduntaa. Näillä on positiivinen vaikutus painonhallintaan ja sokeritasapainon ylläpitoon. Varsinkin korkealla intensiteetillä toteutetulla kuntopiiriharjoittelulla on todettu olevan suotuisia vaikutuksia elimistön rasva-arvoihin (Alcaez ym. 2011; Paoli ym. 2013). Korkean intensiteetin kuntopiiriharjoittelussa palautukset eri liikkeiden välillä ovat tavanomaista voimaharjoittelua lyhyemmät. Hyvä lihaskunto ylläpitää myös luun massaa ehkäisten osteoporoosia. Riittävät voimaominaisuudet ylläpitävät toimintakykyä ja vähentävät loukkaantumisen riskiä esim. horjahtaessa. Hyvä lihaskunto luo edellytyksiä selviytyä päivittäisistä toiminnoista. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.) Varsinkin kovalla intensiteetillä toteutettu voimaharjoitus aktivoi voimakkaasti lepoaineenvaihduntaa. Harjoituksen vaikutukset ovat näkyvissä vielä 22 tunnin jälkeen harjoituksesta. (Paoli ym. 2012.) Korkealla intensiteetillä toteutetuissa

kiertoharjoituksilla saadaan rasvan vähenemisen lisäksi nostettua voimaominaisuuksia enemmän matalan intensiteetin kiertoharjoituksiin verrattuna (Paoli ym. 2010).

3 HIT

3.1 HIT yleistä

HIT (High Intensity Training), korkeaintensiteettinen harjoittelu muodostuu täysillä tai lähes täysillä suoritetuista tehojaksoista ja välissä olevista palautusjaksoista. Tehojaksojen pituus voi vaihdella joistakin sekunneista useisiin minuutteihin. HIT – harjoittelussa voi käyttää erilaisia lajeja esim. juoksua tai pyöräilyä. (Gibala & McGee 2008). Samaten intervallien ja palautusjaksojen määrää ja kestoja voidaan vaihdella (Gibala ym. 2012.) HIT-harjoittelussa on pääasiassa kaksi erilaista mallia: aerobinen malli ja anaerobinen malli. Aerobisessa mallissa tehdään pidempiä tehojaksoja (esim. 4 minuuttia) matalammalla teholla (esim. 90 % maksimisykkeestä) ja anaerobisessa mallissa lyhyempiä tehojaksoja (esim. 30 sekuntia) maksimaalisella teholla. (Tanskanen 2014). Kovasta tehosta johtuen harjoitukset ovat yleensä lyhyitä. Lämmittelyineen ja jäähdyttelyineen harjoitukset kestävät alle 30 minuuttia. HIT –käsite ei ole vakiintunut ja siitä käytetään myös HIIT (High Intensity Interval Training) –muotoa. (Gillen & Gibala 2014). Samasta asiasta käytetään myös HIIE (High Intensity Intermittent Exercise) – lyhennettä. Vaikka harjoittelumuotoa on käytetty kilpaurheilussa yli sata vuotta, ei siitä ole vakiintunut muotoa, eikä harjoittelumuodon fyysisiä vaikutuksia täysin tunneta. (Tschakert & Hofmann 2013). HIT –harjoittelumuotoa voi käyttää myös voimaharjoitteluun painojen avulla tai omalla kehonpainolla toteutettuna. Kehon painolla harjoitukset toteutetaan kiertoharjoittelun muodossa ja tästä käytetään myös käsitettä HICT (High Intensity Circuit Training). (Klika & Jordan 2013.) Tässä tutkielmassa ei erotella eri harjoitusmuotoja, vaan kaikista käytetään nimikettä HIT.

3.2 Kestävyyspainotteinen HIT

Kestävyys merkitys korostuu suorituksissa, joiden kesto ylittää kaksi minuuttia. Kestävyys luonne muuttuu keston lisääntyessä aina kahteen tuntiin saakka. Kestävyys voidaan jakaa neljään eri osa-alueeseen suoritustehon mukaan: aerobiseen peruskestävyyteen, vauhti-, maksimi- ja nopeuskestävyyteen. Kestävyys suorituskyky perustuu maksimaaliseen aerobiseen energiantuottoon (VO_{2max}), pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyteen, suorituksen taloudellisuuteen sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuottoon. Harjoitusvaikutuksen aikaansaamiseksi on hengitys- ja verenkiertoelimistöä sekä hermo-lihasjärjestelmää järkytettävä pois tasapainotilasta. Elimistö pyrkii sopeutumaan harjoituksen aiheuttamaan ärsykkeeseen harjoituksen aikana ja sen jälkeen. Kestävyys harjoittelussa elimistön tasapainoa järkytetään pääosin suuren tehon tai pitkän keston avulla. Matalatehoisessa harjoituksessa (alle anaerobisen kynnyksen) harjoituksessa vaikutus kohdistuu hapenottoon sijasta lihaksen energiantuottoon. Peruskestävyyttä tulisi harjoittaa kevyellä ja pitkäkestoisella harjoituksella. Tehon noustessa liian kovaksi harjoitusvaikutus kohdistuu vauhtikestävyteen peruskestävyyden sijasta. Kestävyys harjoittelusta suurin osa tulisi olla peruskestävyysharjoittelua. Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto eri kestävyysominaisuuksien harjoittamisesta. Nopeuskestävyysharjoittelua käsitellään seuraavassa luvussa. Tässä käsitellään vauhti- ja maksimikestävyys harjoittamista. Sen tyyppisiä harjoitusmuotoja käytetään HIT-harjoittelussa. (Nummela 2004).

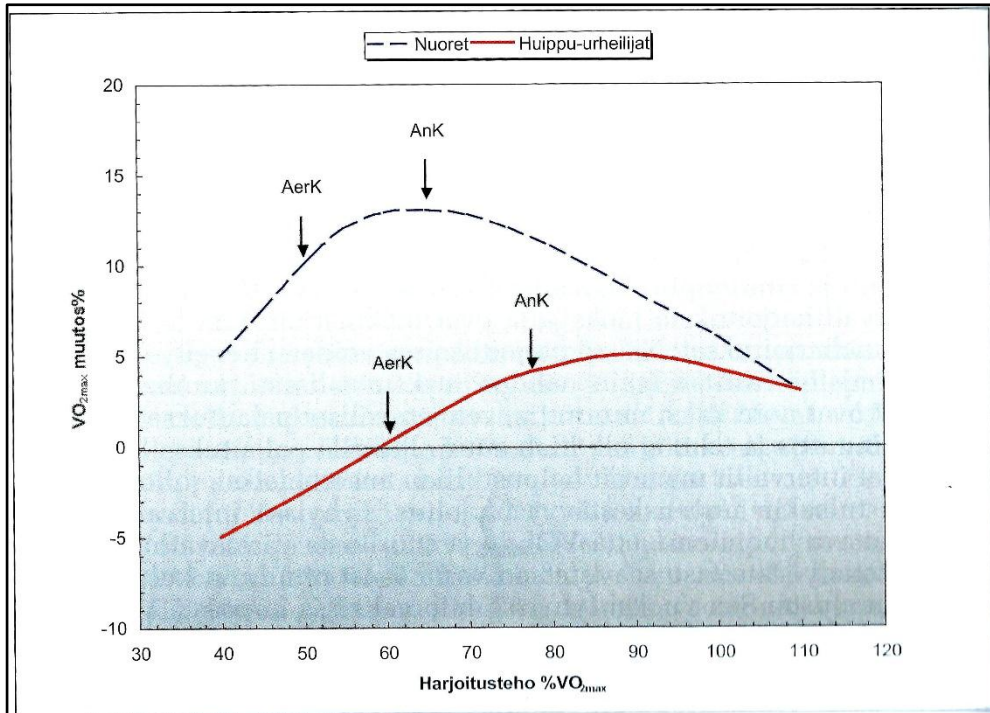
TAULUKKO 2. Kestävyysharjoittelun jaottelu. (Nummela 2004).

	Peruskestävyys	Vauhtikestävyys	Maksimikestävyys
Kuormituksen kokonaiskesto	30–240 min	20–60 min	10–30 min
Intervallitoiston pituus	-	5–20 min	3–10 min
Toistot (kpl) / palautus	-	1–10 / 1–2 min	1–10 / 1–5 min
Tehoalue (%VO _{2max})	40–70%	65–90%	80–100%
Veren laktaattipitoisuus	< 2 mmol · l ⁻¹	2–5 mmol · l ⁻¹	5–10 mmol · l ⁻¹
Sykealue	< 150	150–170	170–200
Aktiiviset lihassolutyypit	ST	ST ja FTa (osa)	ST, FTa ja FTb (osa)
Pääasiallinen harjoitusvaikutus	aerobinen energiantuotto rasva-aineen-vaihdunta	aerobinen energiantuotto hiilihydraattiaineen-vaihdunta	maksimaalinen hapenotto kyky hiilihydraattiaineen-vaihdunta

ST = hitaat lihassolut, FTa = nopeat oksidatiiviset lihassolut, FTb = nopeat glykolyttiset lihassolut

Vauhtikestävyysharjoitukset vaikuttavat lähes samoihin fysiologisiin tekijöihin kuin peruskestävyysharjoituksetkin (Little ym. 2010). Suurimmat erot harjoitusten välillä on intensiteetissä ja energiantuotossa. Peruskestävyysharjoituksessa jopa puolet energiasta tuotetaan rasvoista kun vauhtikestävyudessa rasvojen osuus on alle 30 %. Sopivalla vauhtikestävyysharjoittelulla on todettu olevan positiivisia vaikutuksia koehenkilöiden rasva-arvoihin (Tjønna ym. 2013). Peruskestävyysharjoitus toteutetaan alle aerobisen kynnyksen olevilla tehoilla ja vauhtikestävyysharjoitus aerobisen ja anaerobisen kynnyksen välissä olevilla nopeuksilla. Vauhtikestävyysharjoitus voidaan toteuttaa yhtäjaksoisena suorituksena tai 5-20 minuutin intervalliharjoituksena. Intervalliharjoituksessa teho voi olla suurempi. Sydämen syke harjoituksessa on 0-10 lyöntiä minuutissa alle anaerobisen kynnyssykkeen ja laktaattipitoisuus 3-5 mmol/l. Ellei anaerobista kynnystä ole määritelty, voidaan se arvioida vähentämällä maksimisykkeestä 20 lyöntiä. Huippukestävyysurheilijat voivat tehdä vauhtikestävyysharjoituksia 2-3 kertaa viikossa ja yhden harjoituksen kesto voi olla jopa 60-90 minuuttia. Onnistuneen vauhtikestävyysharjoittelun jälkeen harjoitusvauhti kasvaa tietyllä sykealueella ja anaerobinen kynnussyke nousee 2-5 lyöntiä. Kuvassa 5 on

esitetty harjoitusvaikutus onnistuneen vauhtikestävyysharjoittelujakson jälkeen. (Nummela 2004.)



KUVA 5. sydämen sykkeiden ja laktaattipitoisuuden muutokset vauhtikestävyysharjoituksessa. (Nummela ym. 2004).

Maksikestävyysharjoitusten pääasiallinen tavoite on parantaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kapasiteettia ja maksimaalista hapenottokykyä. Lihastasolla vaikutukset kohdistuvat aerobisiin ja anaerobisiin ominaisuuksiin. Tehokkaimmin hengitys- ja verenkiertoelimistöön kohdistuvan harjoitusvaikutuksen saa aikaiseksi kun mahdollisimman suuri määrä lihaksia on toiminnassa kuten hiihdossa. Harjoitus vaikuttaa spesifisti hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyyn ts. harjoitettavan lajisuorituksen tehoalueet kehittyvät eniten. Maksimikestävyysharjoitukset tehdään yleensä intervalliharjoituksena. Vetojen pituudet ovat 3-10 minuuttia ja palautukset 1-5 minuuttia. Vetojen määrä harjoituksessa on 4-6, jolloin harjoituksen kokonaiskestoksi tulee 20-60 minuuttia ilman palautuksia. Pitkällä palautuksella toteutetut lyhyet intervallit menevät

helposti liian anaerobiseksi, jolloin harjoituksesta tulee nopeuskestävyysharjoitus. Maksimikestävyysharjoittelussa oikean tehon määrittäminen on tärkeää, sillä harjoittelun tehoalueella lihaksen ja veren laktaattipitoisuus muuttuu paljon suhteessa nopeuteen ja sykkeeseen. Suurin VO_{2max} :n paraneminen saadaan aikaan, kun harjoitukset tehdään lähellä anaerobista kynnystä. (Nummela ym. 2004.)

Pitkään harjoitelleen huippu-urheilijan on tehtävä yhä kovempitehoisia harjoituksia järkyttämään tasapainoa. Huippukestävyysurheilijan täytyy tehdä harjoitukset yli 90%:n teholla saadakseen aikaan kehittymistä. Yleinen virhe maksimikestävyysharjoituksessa on tehdä se liian suurella teholla, jolloin kuormitetaan liikaa anaerobista energiantuottoa. Ohjeellinen tavoitelaktaattipitoisuus on 5-9 mmol/l. (Nummela ym. 2004.) Tjønna ym. (2013) puolestaan havaitsivat 10 viikkoa kestäväen tutkimuksen aikana, että kolmesti viikossa tapahtuneen intervalliharjoittelun vaikutukset rasva-arvoihin ja kehon koostumukseen olivat merkittävät. HDL tippui 0.11 mmol/l ja LDL 0.44 mmol/l. Testihenkilöiden paino tippui keskimäärin 2.1 kg ja kehon painosta hävisi nimenomaan rasvaa. Rasvaprosentti tippui keskimäärin 3 %. Intervallien kesto oli 4*4min /3 min palautuksella. Tehon ollessa 90 % maksimisykkeestä. Maksimaalinen hapenotto kyky parani keskimäärin 13 %.

3.3 Nopeuskestävyyspainotteinen HIT

HIT työjaksojen ollessa maksimaalisia tai lähes maksimaalisia ja keston ollessa kymmenestä sekunnesta aina puoleentoista minuuttiin saakka, elimistön kuormittuminen tapahtuu nopeuskestävyys – tyyppisesti. Energiantuotto tapahtuu pääasiassa anaerobisesti. Energiantuoton ja suoritustehon perusteella nopeuskestävyys voidaan jakaa eri lajeihin: anaerobinen peruskestävyys, maitohapollinen nopeuskestävyys, maitohapoton nopeuskestävyys. Maitohapollinen nopeuskestävyys voidaan jakaa vielä maksimaaliseen ja submaksimaaliseen nopeuskestävyyteen. Nopeuskestävyys rakentuu nopeudesta, kestävydestä, voimasta ja lajitekniikasta. Sen vuoksi nopeuskestävyyden harjoittelua suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon edeltävä harjoittelu ja em. ominaisuuksien taso.

Harjoittelun ongelmana on, että yleensä nopeuden kehittyessä kestävyys heikkenee ja päinvastoin. (Nummela 2004.) Nopeuskestävyys on lajisidonnainen ominaisuus, eli uimarille ei ole juuri hyötyä juoksemalla tehdystä nopeuskestävyysharjoittelusta tai päinvastoin. Harjoittelun intensiteettiä, vetojen pituutta ja palautumisaikoja muuntelemalla voidaan harjoitusvaikutus kohdistaa eri ominaisuuksiin. (McArdle ym. 2007, 472 - 489.) Taulukossa 3 on kuvattu nopeusharjoittelua eri harjoitusalueilla. Harjoitusalueille on olemassa myös toisenlaisia nimiä, mutta tässä yhteydessä ei niitä kaikkia ole tarkoituksenmukaista käydä läpi.

TAULUKKO 3. Nopeuskestävyysharjoittelun jaottelu (Nummela 2004)

	Määräintervallit	Tehointervallit	Submaksimaalinen nopeuskestävyys	Maksimaalinen nopeuskestävyys	Maitohapoton nopeuskestävyys
Suorituksen kesto	15–180 s	15–120 s	10–90 s	10–30 s	6–10 s
Toistopalautus	0.5–3 min	2–5 min	2–8 min	6–60 min (lähes täydellinen)	2–8 min
Sarjapalautus	3–6 min	4–10 min	8–20 min	-	6–10 min
Tehoalue (% vetomatkan maksimista)	50–75%	75–85%	85–95%	95–100%	85–95%
Määrä / harjoitus	5–30 kpl	5–20 kpl	3–10 kpl	2–6 kpl	5–20 kpl
Laktaattipitoisuus	4–9 mmol·l ⁻¹	7–12 mmol·l ⁻¹	> 12 mmol·l ⁻¹	~ maksimi	7–12 mmol·l ⁻¹
Pääasiallinen harjoitusvaikutus	anaerobinen taloudellisuus laktaatin poisto	anaerobinen taloudellisuus laktaatin poisto	anaerobinen kapasiteetti puskurointikyky väsymyksen sietokyky	anaerobinen teho ja kapasiteetti hermo- lihasjärjestelmän suorituskyky	anaerobinen teho alaktinen kapasiteetti hermo- lihasjärjestelmän suorituskyky

Määräintervalleissa määrä on suurempi harjoitusärsyke kuin teho. Teho ei saisi olla liian suuri, muuten harjoitusvaikutus kohdistuu maitohapolliseen nopeuskestävyyteen. Lyhyissä (alle 20 s.) vedoissa vauhti on kova, mutta maitohappoaineenvaihdunta ei kuormitu. Veren laktaattipitoisuus ei saisi nousta yli 7-9 mmol/l. Intervallien räsitystä voi kontrolloida myös maksimisykkeestä. Palautusjakson aikana sykkeen pitäisi laskea minuutissa alle 140 lyöntiin

minuutissa. Lajierot ja yksilöiden väliset erot voivat olla huomattavia. (Nummela 2004.) Heydari ym. (2012) totesivat maksimaalisen hapenottokyvyn parantuneen 15 % 12 viikkoa kestäneen tutkimusjakson aikana, kun kuntopyörällä tehtiin 8 sekuntia kestäviä intervaleja 80 - 90 % teholla ja 12 sekunnin palautuksella. Koko harjoituksen kestäessä 20 minuuttia. Koehenkilöillä väheni rasvan määrä 8,5 % saman tutkimusjakson aikana.

Maitohapollisessa nopeuskestävyysharjoittelussa intervallit ovat 10 - 120 sekunnin mittaisia ja intensiteetti ylittää 75 % vetomatkan maksimista. Laktaattipitoisuus ylittää 7 - 9 mmol/l urheilijasta riippuen. Yksilöllinen tehoarvion selvittäminen on tärkeää, sillä joillakin urheilijoilla intervalliharjoituksesta tulee maitohapollinen jo 55 % teholla ja toisilla vasta 80 % tehoisilla suorituksilla. Maitohapollisella nopeuskestävyysharjoituksella pyritään kehittämään ensisijaisesti anaerobisen energiantuoton tehoa ja kapasiteettia sekä suorituksen taloudellisuutta. Maitohapollinen nopeuskestävyysharjoittelu voidaan jakaa tehointervalleihin sekä submaksimaalisiin ja maksimaalisiin nopeuskestävyysharjoituksiin. Tehointervalleissa kuormituksen täytyy olla sellainen, että laktaatti ja happamuus eivät pääse kasautumaan harjoituksen aikana lihaksiin ja verenkiertoon. Tehointervallit valmistavat urheilijaa kovatehoiseen nopeuskestävyysharjoitteluun. Submaksimaalisessa harjoituksessa lihakset ovat rasittuneet siinä määrin, että suoritustekniikka kärsii helposti viimeisissä vedoissa. Tehojen täytyy olla kuitenkin sellainen, että tekniikka ja rentous ovat hallinnassa. Harjoitustaustasta ja lajista riippuen submaksimaalisia nopeuskestävyysharjoituksia voidaan tehdä kerran tai jopa kolme kertaa viikossa. Elimistö adaptoituu näihin harjoituksiin parantamalla anaerobiseen energiantuottoon erikoistuneiden nopeiden lihassolujen toimintaa. Tämän tyyppiset harjoitukset järkyttävät hormonaalista ja hermostollista säätelyjärjestelmää ja väärin suunniteltuna ja toteutettuna seurauksena voi olla elimistön ylikunto. (Nummela 2004.) Vetojen välinen palautus määrittelee onko harjoitus laktinen vai alaktinen. Harjoitusta voidaan jatkaa pitkään ilman laktaatin kertymistä ja tehon laskua, mikäli palautukset ovat riittävän pitkät. Anaerobisessa intervalliharjoittelussa glykolyysin osuus energiantuotannossa on pienempi kuin vastaavan tehoisessa tasavauhtisessa harjoituksessa. (Billat 2001.) Trapp ym. (2008) päätyivät 15 viikkoa kestäneessä tutkimuksessaan siihen lopputulokseen, että lyhyet intervallit (8

sekuntia) täysillä tehtynä 20 sekunnin palautuksella kuluttavat tehokkaammin rasvaa kuin tasavauhtiset harjoitukset. Harjoitus tehtiin kolme kertaa viikossa. Intervallien määrää lisättiin sitä mukaa kun kunto kasvoi. Kehon rasva väheni 14,7 % testijakson aikana ja hapenottokykykin parani 23.8 %.

Maksimaalisella nopeuskestävyysharjoituksella saadaan lopullinen suorituskyky esille sen jälkeen kun anaerobista kapasiteettia on kehitetty riittävälle tasolle tehointervalleilla ja submaksimaalisilla nopeuskestävyysharjoituksilla. Maksimaalinen nopeuskestävyysharjoitus kehittää hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyä lyhytkestoisessa suorituksessa ja anaerobista tehoa. Maksimaaliset nopeuskestävyysharjoitukset ovat urheilijalle fyysisesti ja henkisesti vaativia, sillä niissä pyritään sellaisille tehoalueille, joihin urheilija ei ole aikaisemmin pystynyt. (Mero ym. 2004.) Yleensä 2-4 viikon harjoittelun keventäminen ja 2-4 onnistunutta maksimaalista nopeuskestävyysharjoitusta saa merkittävää suorituskyvyn kasvua aikaiseksi (Gibala & McGee 2008). Näissäkin harjoituksissa suoritustekniikan ja rentouden kontrollointi on tärkeää. Harjoitukset tehdään lähes täydellisillä palautuksilla, jotta happamuus ja väsymyksen kasaantuminen eivät pilaa suoritusta. Nopeuskestävyysharjoittelun kokonaisuutta ohjelmoitaessa pitää ottaa huomioon harjoitustausta, ikä, sukupuoli ja anaerobisen suorituskyvyn vaikuttavien ominaisuuksien taso. Ohjelmoinnissa on käytetty menestyksekkäästi kahta erilaista ohjelmointimallia kestävyys – ja nopeustyypeille. Maitohapoton nopeuskestävyysharjoitus on nopeusharjoituksen ja maitohapollisen nopeuskestävyysharjoituksen välimuoto. Suurin ero nopeusharjoitukseen verrattuna tulee lyhyemmistä palautusajoista ja hieman matalammasta tehosta. Helgerud ym. (2007) vertailivat erilaisten kuormitusmallien vaikutusta maksimaaliseen hapenottokykyyn. Heillä oli tutkittavana neljä erilaista ryhmää: tasavauhtia juoksevat, tasavauhtia kovaa juoksevat, 4*4 min intervaleja ja 15 sekunnin intervaleja juoksevat. Kuormitus jokaiseen harjoitukseen oli pyritty tekemään samanlaiseksi. Intervalliryhmillä hapenotto parani merkittävästi, mutta tasavauhtia harjoittelevilla ei tullut merkittävää parannusta maksimaaliseen hapenottokykyyn.

3.4 Voimapainotteinen HIT

Fyysisen harjoittelun tavoitteena on järkyttää hetkellisesti elimistön tasapainotilaa eli homeostaasia. Elimistö pyrkii sopeutumaan (adaptoitumaan) sille asetettuihin vaatimuksiin. Kun hermo-lihasjärjestelmää ärsytetään riittävän usein ja sopivalla kuormituksella, on voimantuotto-ominaisuuksissa mitattavissa kehittymistä jo muutaman harjoituksen jälkeen. (Deschenes & Kraemer 2002) Voimaharjoittelu aiheuttaa aina jossain määrin hypertrofiaa eli lihasten kasvua. Sitä esiintyy jonkin verran sekä hitaissa että nopeissa lihassoluissa. Kasvu on kuitenkin suurempaa nopeissa soluissa. (Frontera ym. 1988). Voimaharjoittelun suunnittelussa tulisi huomioida yksittäisen harjoitteen rakenne, sarjan rakenne, harjoituksen rakenne ja harjoituskauden rakenne. Mitä harjoitetumpi elimistö on, sitä vaikeampi elimistön homeostaasin järkyttäminen on. Kehittymisen jatkamiseksi on periaatteessa kaksi mahdollisuutta: harjoittelun laadullinen ja määrällinen lisääminen, tai vanhojen harjoitteiden korvaaminen sellaisilla harjoitteilla, joihin elimistö ei ole totunut. Fyysisten ominaisuuksien jatkuva kehittyminen tulisi varmistaa riittävän usein suoritettulla harjoitteiden vaihdolla. Kehittymisen kannalta tärkeä on myös asteittain lisääntyvän kuormituksen periaate. Menetelmässä harjoituskuorman suuruutta lisätään lihasvoiman kasvua vastaavaksi. Voimaharjoittelu voidaan toteuttaa omaa kehon painoa käyttäen tai vapailla painoilla (Hass ym. 2001)

Voimaharjoittelun ymmärtämiseksi on tärkeää oivaltaa voiman lajit: nopeus-, maksimi- ja kestovoima. Nopeusvoimassa voimantuotto voi olla kertasuorituksellista ja voimantuotto voi kestää 0.1 sekunnista muutamaan sekuntiin. Nopeusvoimaa voidaan tuottaa myös toistuvina suorituksina esim. pikajuoksussa aina noin kymmeneen sekuntiin saakka. Maksimivoimassa lihas tai lihasryhmä tuottaa maksimaalisen voiman tahdonalaisessa kertaponnistuksessa. Maksimivoimaa voidaan mitata yhden toiston maksimilla tai maksimaalisella isometrisellä supistuksella. Kestovoimassa voiman tuotto voi kestää jopa useita minutteja. Se on anaerobista tai aerobista energian tuottotavasta riippuen. (Häkkinen ym. 2004) Taulukossa 4 on esitetty erilaisten voimaominaisuuksien harjoittamisessa

käytettyjen ohjeellisten keskimääräisten sarjassa käytettyjen toistojen määrään vaihtelualueet (Häkkinen 1990, 203).

TAULUKKO 4. Voiman lajit. (Häkkinen 1990).

	KESTOVOIMA		MAKSIMIVOIMA			NOPEUSVOIMA	
	Aero- binen painotus	Anaero- binen painotus	Hyper- trofinen painotus	Hyper- trofis- hermos- tollinen	Hermos- tollinen painotus	Hermos- tollis- hyper- trofinen	Hermos- tollinen painotus
Kuorma (%)	0–30	20–60	60–80	70–90	90–100	30–80	30–60
Toistot/ sarja	30–	10–30	6–12	3–6	1–3	1–10	1–10

Maksimaalinen voimaharjoittelu jaetaan hermostolliseen ja hypertrofiseen. Maksimaalista voimaa harjoitettaessa harjoituskuorman tulisi olla suuri 70 %:sta maksimaalisiin kuormiin. Tällöin toistoja jaksetaan tehdä 3-8 sarjaansa kohti. Mitä suurempi kuorma, sitä vähemmän toistoja sarjassa voidaan tehdä. Yleisesti ottaen sarjan viimeinen toisto on tärkein ärsyke lihasvoiman kasvulle. Hermostollisessa voimaharjoituksessa sarjapalautukset tulisi olla 3-5 minuuttia. Sarjoja yhtä liikettä kohti pitäisi olla kolme. Harjoituskertojen väliseksi palautusjaksoksi on suositeltu vähintään 48 tuntia. Paras maksimivoiman kasvu saavutetaan yhdistelemällä konsentrista ja eksentristä lihastyötappaa. (Viitasalo 1985). Hermostollista maksimivoimaa harjoitettaessa lihasten massan kasvu ei ole merkittävää (Wang ym. 2010). Hypertrofista voimaa harjoitettaessa kuorman tulisi olla 75 – 80 % maksimikuormasta (1RM) ja toistojen määrän tulisi olla 6-12 (Wernbom ym. 2007). Ahtiainen ym. (2005) totesivat, että sarjojen välillä oleva palautusaika voi vaihdella. Aika riippuu toistojen ja sarjojen määrästä ja intensiteetistä. Tutkimuksessaan he totesivat, että harjoituksen vaikutukset lihaskasvuun oli sama kolmen minuutin ja viiden minuutin palautuksella sarjojen välissä. Kahden minuutin palautus on minuutin palautusta parempi

moninivelliikkeessä, kun halutaan pitää harjoituksen kokonaiskuormitus suurena (Cabral ym. 2014).

Nopeusvoimantuottoa vaativissa suorituksissa hermolihasjärjestelmä tuottaa mahdollisimman suuren voiman lyhyessä ajassa (Tillin & Folland 2014). Harjoitusasteen kasvaessa tuotettu voimaimpulssikin kasvaa. Voimantuottonopeuden harjoittaminen edellyttää hyvää perusvoimatasoa. Urheilijalta vaaditaan keskittymistä nopeusvoiman tuottamiseen, jotta mahdollisimman monen motorisen yksikön rekrytointi onnistuisi. Harjoituksen onnistuminen edellyttää, että urheilija on palautunut kunnolla edeltävästä harjoituksesta. Samoin sarjojen välillä on oltava riittävä palautumisaika. Nopeusvoiman tuotossa anaerobinen aineenvaihdunta on keskeisellä sijalla. Kuormitusjakso saattaa vaatia myös laktista anaerobista energiantuottoa. Palautumisjakson tulisi olla riittävä, jotta lihaksen ja veren maitohappopitoisuus ei koho liikaa. Muutoin etenkin nopeiden motoristen yksiköiden toimintakyky laskee ja nopeusharjoituksen teho vähenee. Plyometrisessä harjoittelussa hyödynnetään venyttävän vaiheen lihassupistusta, mikä edeltää konsentrista työvaihetta. Esimerkiksi jalkalihasten räjähtävää voimaa tai pikavoimaa vaativissa lajeissa erilaiset hyppy- ja loikkaharjoitukset muodostavat keskeisen osan nopeusvoimaharjoittelusta. (Viitasalo 1985).

Kestovoimassa tiettyä voimatasoa ylläpidetään suhteellisen pitkään ja/tai tiettyjä voimatasoja toistetaan peräkkäin useita kertoja suhteellisen lyhyillä palautusajoilla. Voiman jakoa maksimi-, nopeus- ja kestovoimaan ei voida kuitenkaan suorittaa kovin tarkasti, eikä se käytännön kannalta ole välttämätöntä (Häkkinen 1990, 41). Kestovoimassa ja lihaskestävydessä väsymykseen vaikuttaa hermoston toiminta ja lihassolun rakenteeseen ja aineenvaihduntaan liittyvät tekijät. Urheilussa lihasväsymyksellä on suurempi tekijä. Lihastasolla väsymisvaikutukset kohdistuvat välittömien energiavarastojen vähenemiseen ja palamistuotteiden kasautumisesta johtuviin muutoksiin. Lyhytkestoisessa suurella intensiteetillä tehdyssä suorituksessa lihaksen kyky toimia korkeassa maitohappopitoisuudessa ja happamuudessa, on ratkaisevan tärkeä. Tällaisessa suorituksessa tulisi fosfageenivarastojen olla suuret. Lihaskestävyuden kannalta on lihaksen

solusuhte tärkeä. Suurella intensiteetillä ja liikenopeudella suoritetuissa intervallityyppisissä harjoituksissa nopean solusuhteen omaavat henkilöt väsyvät nopeammin. Kuormituksen ollessa submaksimaalisella tasolla, lihaksen solusuhteella ei ole juuri merkitystä lihasvoiman muutoksiin. (Viitasalo 1985). Nykyään käytetään erilaisia voimaharjoittelun muotoja painon säätelyssä ja kontorolloinnissa (Donnelly ym. 2013). Romero-Arenas ym. (2013) totesivat tutkimuksissaan, että kiertoarjoitteluna kovalla intensiteetillä ja lyhyillä palautuksilla toteutettu voimaharjoittelu vähensi kehon rasvaa. Heidän tutkimuksessa samaa vaikutusta ei havaittu perinteisellä tavalla voimaa harjoittelevilla. Paoli ym. (2013) vertailivat 12 viikkoa kestäneessä tutkimuksessaan kolmea erilaista ryhmää: korkean intensiteetin kuntopiiri, matalan tehon kuntopiiri ja perinteinen kestävyysarjoittelu. Korkean intensiteetin kuntopiirin tehneillä kolesterolien arvot ja kehonkoostumus muuttuivat parhaiten.

Tärkeä kysymys urheiluvalmennuksen kannalta on, kuinka eri voimaominaisuuksien harjoittaminen vaikuttaa toisiinsa. Raskaalla maksimivoimaharjoittelulla on havaittu olevan positiivisia vaikutuksia kestävyysominaisuuksiin (Heggelund ym. 2013). Eksentrisen ja isometrisen maksimivoimaharjoittelun hyödyistä konsentriseen räjähtävään lihassupistukseen on erilaisia näkemyksiä. Samaten on olemassa erilaisia näkemyksiä raskaan konsentrisen voimaharjoittelun vaikutuksista nopeusvoimaan. Esimerkiksi Frontera ym. (1988) havaitsivat tutkimuksissaan, että voimaharjoittelu suurilla kuormilla hitaasti tehtynä johti maksimivoiman kasvuun, mutta paransi vain vähäisesti räjähtävää voimantuottoa. Voimaharjoittelun sisältäessä räjähtävän voiman harjoitteita, paranee myös nopea voimantuotto. (Häkkinen ym. 1998b). Tillin ym. (2012) huomasivat tutkimuksissaan, että maksimivoimaharjoittelu ei parantanut juuri räjähtävää voimaa, mutta räjähtävän voiman harjoittelu paransi maksimaalista voimaa. Lisätutkimuksissaan vuonna 2014 Tillin ja Folland havaitsivat, että voimaharjoittelun vaikutukset ovat spesifit. Eli räjähtävä voima kehittyi räjähtävän voiman harjoitteilla ja maksimivoima maksimaalisen voiman harjoitteilla.

Ilmeisesti nopeusvoiman kannalta tärkeää olisi harjoitella maksimivoimaa suurella liikenopeudella. Nopeusvoiman kuormituksella ei ole suurta merkitystä, jos harjoittelijan suorituskyky on matala. Tärkeää on, että harjoittelu on intensiteetiltään ja määrältään riittävä. Riittävän perusvoimatason urheilijan voimantuottonopeus kehittyy tehokkaammin suuria liikenopeuksia käyttämällä. Harjoittelun periodistamisella saadaan 8-12 viikon kestoisella harjoitusjaksolla sekä maksimivoimassa että nopeusvoimassa suurempi kehitys aikaan kuin käyttämällä harjoitusjakson ajan samaa päivittäistä harjoitusohjelmaa. (Hass ym. 2001)

Harjoittelua voitaneen tehostaa myös yhdistämällä harjoitusohjelmaan erilaisia kuormitustapoja. Kuntopiiriä voidaan käyttää voima-, nopeus- ja kestävyysharjoittelussa. Kuntopiiri voidaan toteuttaa painoja tai omaa kehoa käyttäen. Lihasurymiä kuormitetaan vuoron perään tietyillä toistoilla ja kuormilla. (Viitasalo 1985). Harjoittelussa käytettyjä toistomääriä, suoritustempoa, lihastyömuotoja ja palautumisaikoja vaihtelemalla voidaan säädellä harjoitusvaikutuksia. Harjoitteilla voidaan kehittää yleistä harjoituskestävyyttä, aerobista ja anaerobista kestävyyttä, perusvoimaa, nopeusvoimaa ja kimmoisuutta. Lihastyötavoiksi voidaan valita yksinkertaisia liikkeitä tai tiettyyn lajiin sopivia erikoisliikkeitä. Oikein annosteltuna kuntopiiriharjoittelu soveltuu vasta-alkajalle ja huippu-urheilijalle. (Hirvonen & Aura 1988.)

Korkealla intensiteetillä toteutetuilla voimaharjoituksilla on samoja harjoitusvaikutuksia voiman kasvun suhteen kuin perinteisellä pitkällä palautuksilla toteutetuilla voimaharjoituksilla. Korkean intensiteetin harjoituksissa käytetty aika on lyhyempi. Lisäksi korkean intensiteetin harjoitusten jälkeen energian kulutus on suurempi ja kestää kauemmin kuin pitkällä palautusajoilla ja rauhallisella tempolla toteutetuissa harjoituksissa. (Alcaez ym. 2011; Paoli ym. 2012.) Lyhyillä palautuksilla toteutetuissa kiertävissä painoilla tapahtuvissa voimaharjoituksissa ei tapahdu suorituskyvyn laskua perinteisellä tavalla toteutettuun voimaharjoitteluun verrattuna (Alcaez ym. 2008). Bocalini ym. (2012) tekivät 12 viikkoa kestävä tutkimuksen iäkkäille ylipainoisille naisille. Tutkimuksen ajan tehtiin kolmesti viikossa 50 minuuttia kestävä kiertoharjoitus painoja käyttäen. Jakson päätteeksi

koehenkilöiden paino oli laskenut keskimäärin kolme kiloa. Painon lasku oli tutkimuksen mukaan tapahtunut kehon rasvan vähentymisenä. Osa koehenkilöistä oli heidän tutkimuksensa mukaan kasvattanut useilla kiloilla lihasmassaansa. Paoli ym. (2012) vertailivat 12 viikkoa kestäneessä tutkimuksessaan kolmen erilaisen harjoitustavan vaikutuksia rasva- ja voima-arvoihin. Korkealla intensiteetillä toteutettu kiertoarjoittelu painoja käyttäen paransi eniten sekä rasva-arvoja, että voima-arvoja. Muut tutkittavat harjoitustavat olivat matalalla intensiteetillä toteutettu kiertoarjoittelu painoilla ja tasavauhtinen kestävyysarjoittelu juoksumatolla.

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kahden erilaisen HIT – kuormitusmallin (HIT 1: 4*4 min 85%/2 min ja HIT 2: 10*1 min 95%/1½ min) vaikutuksia hapenottokykyyn, voimaan ja kehon koostumukseen. Lisäksi molemmat ryhmät tekivät kaksi HIT-tyyppistä lihaskuntoharjoitusta viikossa. Tutkittavat olivat työelämässä olevia terveitä keski-ikäisiä henkilöitä. Heidän liikunnallinen aktiivisuus ja fyysinen kunto vaihtelivat suuresti. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että HIT-harjoittelu parantaa hapenottokykyä. HIT-tyyppistä lihaskuntoharjoitteluun liittyviä tutkimuksia ei ole tehty yhtä paljoa. Kehon koostumusta ja veren rasva-arvoja (kokonaiskolesteroli, LDL-kolesteroli, HDL-kolesteroli, triglyseridi) ajatellen kuusi viikkoa on suhteellisen lyhyt aika tutkimukseen. Ruokailutottumuksilla on keskeinen rooli kehon koostumukseen liittyen. Tässä tutkimuksessa ei ruokailuun paneuduttu, koska tutkimus olisi paisunut liian laajaksi. Testattavia kehoitettiin ruokailemaan tutkimuksen ajan samalla tavalla kuin he tekivät ennen tutkimusta. HIT-harjoittelun vaikutuksia kehon koostumukseen on tutkittu jonkin verran ja tutkimustulokset ovat osittain ristiriitaisia. HIT-harjoittelu on psyykkisestikin vaativaa, kun harjoittelutehot (varsinkin HIT 2–mallissa) pitäisi nousta lähelle maksimia. Hypoteesina tutkimuksessa on, että kuuden viikon mittainen HIT-harjoittelu parantaa testattavien hapenottokykyä, lihaskuntoa ja jonkin verran kehonkoostumusta sekä veren rasva-arvoja. Erilaiset kuormitusmallit aiheuttavat todennäköisesti erilaisia vaikutuksia. Perinteisesti on ajateltu, että kovatehoinen intervalliharjoittelu (intervallien teho lähellä maksimaalista sykettä) kehittää maksimaalista hapenottokykyä ja matalampitehoinen intervalliharjoittelun vaikutus kohdistuu enemmän aineenvaihduntaan. Uusimmissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että kovatehoinen intervalliharjoitus vaikuttaa suotuisasti elimistön rasvan kulutukseen. Tutkimusongelmista voisi mainita, että harjoittelujakson aika saattaa olla lyhyt elimistön rasva-arvojen muutoksiin. Tutkittavilla on erilaiset kuntotasot ja liikunnallinen aktiivisuus vaihtelee. Jaksavatko tutkittavat tehdä harjoitukset riittävän kovalla teholla ja tapahtuuko harjoittelussa loukkaantumisia, jos elimistö ei ole hyvässä valmiudessa.

5 MENETELMÄT

5.1 Tutkittavat

Tutkimukseen osallistui keski-ikäisiä työssäkäyviä henkilöitä. Heidän liikuntatottumukset vaihtelivat suuresti. Joukossa oli aktiivisia kuntourheilijoita ja toisaalta liikuntaa täysin harrastamattomia henkilöitä. Koehenkilöt haettiin sähköpostikampanjalla koulutusorganisaatiosta ja urheiluseuran vanhemmista. Jako harjoitusryhmiin tehtiin arpomalla. HIT 1 (pitkä intervalli) -ryhmään valikoitui kolme miestä ja seitsemän naista. HIT 2 (lyhyt intervalli) – ryhmään valikoitui seitsemän miestä ja neljä naista. Yksi henkilö keskeytti tutkimuksen tästä ryhmästä sairastumisen takia. Hän on ainoa tutkimuksen keskeyttäneistä, eikä ole mukana laskelmissa. Kontrolli–ryhmään valikoitui neljä miestä ja kahdeksan naista. Taustatiedot tutkittavista on nähtävissä taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Tutkittavien taustatiedot ryhmittäin (keskiarvo ja keskihajonta).

Ryhmä	Sukupuoli (M/N)	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)
Hit1 (N=10)	(3/7)	46.5 ± 5.6	167 ± 5.9	72.4 ± 12.5
Hit2 (N=11)	(7/4)	46.7 ± 5.0	175 ± 8.5	75.6 ± 12.4
Kontrolli (N=12)	(4/8)	49.3 ± 5.5	171 ± 9.8	69.9 ± 14.1

Tutkimukseen kuului kaksi tapaamista. Ensimmäisellä tapaamisella käytiin läpi koehenkilötiedot ja suostumuslomake. Suostumuslomakkeessa käytiin läpi tutkittavan oikeudet ja tutkittava antoi suostumuksen tietojensa käyttöön. Lisäksi täytettiin terveystietolomake, jossa todettiin ettei tutkittavalla ole tutkimusta rajoittavia sairauksia. Ruokavaliota ei tässä tutkimuksessa tarkasteltu. Tutkittavia kehoitettiin jatkamaan ruokailua samalla tavalla kuin ennen tutkimusta.

5.2 Tutkimusprotokolla

Mittaukset suoritettiin lääkärikeskus Lupauksen tiloissa. Tutkimuksiin kuului kaksi mittausta ja kuuden viikon mittainen harjoittelujakso. Mittaukset aloitettiin maaliskuun alussa 2013. Jokainen tutkittava mitattiin erikseen. Viimeinen mittaus harjoitusjakson jälkeen tehtiin kesäkuun lopussa. Mittauskäyntien jälkeen tutkittavan tuli käydä omatoimisesti lääkärikeskuksessa luovuttamassa verta kolesterolimittausta varten. Verinäytteen ottamisen ja analysoimisen hoiti lääkärikeskuksen henkilökunta (sairaanhoitaja). Veren luovutus ei onnistunut samana päivänä kuntotestin kanssa, sillä siihen kuului kymmenestä kahteentoista tuntia kestävä paasto.

Ensimmäisellä mittauskerralla tutkittava ohjeistettiin testiin ja harjoitusohjelmaan. Mitattiin pituus, vyötärön ympärys, kehon koostumus, voima ja lopuksi hapenottokyky polkupyöräergometrillä (submaksimaalinen testi). Kuuden viikon harjoittelujakson tutkittava suoritti itsenäisesti ohjeistuksen mukaisesti. Tutkittavan tuli täyttää harjoittelupäiväkirjaa jakson aikana. Muuten harjoitusten toteutumista ei kontrolloitu. Viimeisellä tapaamisella kysyttiin päiväkirja ja harjoittelujaksolla tapahtuneet mahdolliset loukkaantumiset. Tehtiin samat mittaukset kuin ensimmäisellä kerralla. Lopuksi tutkittavalle annettiin kirjallinen palaute omasta kunnosta ja lyhyt ohjeistus harjoittelun jatkamisesta. Tutkittavan piti käydä vielä seuraavina päivinä antamassa verinäyte kolesterolimittausta varten.

5.3 Harjoitusprotokolla

Tutkittavat jaettiin kolmeen eri ryhmään. HIT 1 (pitkä intervalli), HIT 2 (lyhyt intervalli) ja kontrolliryhmään. HIT 1-ryhmä teki kaksi kertaa viikossa 4 x 4 min intervalliharjoituksen 85 % maksimisykkeellä. Palautusta sarjojen välillä tuli olla kaksi minuuttia. Lisäksi tuli tehdä kymmenen minuutin alku- ja loppuverryttely. Harjoituksen sai tehdä hiihtämällä, juoksemalla, polkupyöräilemällä tai kuntopyörällä ajaen oman valintansa mukaan. Lisäksi

viikoittain tehtiin kaksi erityyppistä kuntopiiriä omaa kehonpainoa käyttäen. Tavoitteena molemmissa kuntopiireissä oli tehdä mahdollisimman paljon toistoja työjakson aikana. Kuntopiiri 1: 10 sekuntia etunojapunnerruksia, minuutin palautus, 10 sekuntia vatsalihaksia, minuutin palautus, 10 sekuntia kyykkyy-n-ylös, minuutin palautus, 10 sekuntia selkäliahaksia, minuutin palautus. Em. harjoitteet tuli tehdä harjoituksessa kolme kertaa. Kuntopiiri 2 oli muuten samanlainen, mutta työjaksot kestivät kaksikymmentä sekuntia. Tutkittavaa ohjeistettiin tekemään vuorotellen intervalliharjoitusta ja kuntopiiriä. Mahdollisuuksien mukaan harjoituspäivän välissä ohjeistettiin pitämään lepopäiviä.

HIT 2-ryhmällä teki samalla tavalla kaksi intervalliharjoitusta viikossa. Harjoituksen intervallijaksot tehtiin 95 % maksimisykkeestä. Intervalleja tehtiin 10 kertaa puolentoista minuutin palautuksilla. Myös nämä intervallit voitiin toteuttaa hiihtäen, pyöräillen, kuntopyörällä tai juosten tutkittavan mieltymyksistä riippuen. Kuntopiiriharjoitukset toteutettiin samalla tavalla kuin HIT 1-ryhmällä. Näin tälläkin ryhmällä tuli neljä harjoitusta viikossa. Harjoitukset ohjeistettiin rytmittämään samalla tavalla kuin HIT 1-ryhmä. Tutkittavia kehoitettiin välttämään sairaana harjoittelua. Maksimaalinen syke saatiin ensimmäisellä mittauskerralla hapenottotestistä. Kontrolliryhmän jäseniä kehoitettiin syömään ja liikkumaan samaan tapaan kuin he tekivät ennen tutkimusta.

5.4 Mittaukset

5.4.1 Kehon koostumus

Vyötärön ympärysmitta mitattiin tutkittavan seistessä mittanauhalla alimman kylkiluun ja suoliluun puolesta välistä. Tulos katsottiin normaalin uloshengityksen lopussa. Testattavan pituus mitattiin seisoen seinää vasten olevaan mittaan vertaamalla. Kehon rasvaprosenttia tutkittiin Tanita SC-330 kehonkoostumusanalysointilaitteella (Tanita Corporation, Japani). Analysointilaitteisto ilmoitti myös tutkittavan painon. Analysointilaitteisto arvioi bioimpedanssi- eli BIA - menetelmää käyttäen rasvaprosentin. Kehon rasva päästää lävitseen erittäin vähän virtaa,

kun taas veden läpi virta kulkee helposti. Vettä on runsaasti mm. lihaksissa. Virran kulun vaikeus ilmoitetaan resistanssina ja rasvan ja muiden kehon aineosien suhteet voidaan johtaa tästä vastuksesta. Mittaus tapahtui seisomalla avojaloin tasaisesti anturoiden päällä. Vartalotyypiksi valittiin kaikilla testattavilla normaali. Ennen mittausta piti olla kaksi tuntia syömättä ja juomatta. Lisäksi piti välttää raskasta liikuntaa. Tutkittavaa ohjeistettiin käymään wc:ssä ennen mittausta, jos vaan vähänkin tuntui siltä. Molemmat kehon koostumuksen mittaukset pyrittiin tekemään mahdollisimman samalla tavalla.

5.4.2 Veren rasva-arvot

Verinäytteestä tutkittiin kokonaiskolesteroli, HDL, LDL ja triglyseridit. Ennen näytteen ottamista piti olla 10 - 12 tuntia juomatta ja syömättä. Näytteen otti lääkäriasema Lupauksen sairaanhoitaja, joka hoiti näytteen jatkokäsittelyn. Jokaisen testattavan tuli käydä ensimmäistä tutkimusta seuraavana päivänä luovuttamassa verinäyte. Pitkän paaston takia verinäytettä ei saanut otettua ensimmäisellä kerralla samalla kun tehtiin kuntotestit. Verinäyte otettiin kyynärlaskimosta 5 ml Li-hepariiniputkeen. Putken annettiin jäähtyä ja hyytyä n. tunnin ajan pystyasennossa, minkä jälkeen putki sentrifugoitiin ja se säilytettiin kylmässä analysointiin saakka. Näyte analysoitiin fotometrisella, entsyymaattisella akkreditoidulla menetelmällä.

5.4.3 Hapenottokyky

Hapenottokykyä (VO_2max) arvioitiin epäsuoralla mittausmenetelmällä. Testi suoritettiin polkupyöraergometrillä 12 minuuttia kestäneenä nousujohteisena testinä. Testin alussa satula säädettiin testattavalle sopivaan korkeuteen ja testattava ohjeistettiin testiin. Polkupyöraergometrin merkki ja malli oli Ergoline Ergoselect (Ergoline GmbH, Saksa). Testissä käytettiin Polarin sykepantaa (Polar T31; Polar Electro Oy, Suomi). Testattavan syke tallentui automaattisesti tietokoneelle minuutin välein. Ergometriin tietokoneen kautta yhdistetty Ergo PRO – ohjelma (Ergoline GmbH, Saksa). ohjasi testiä ja analysoi tulokset.

Testissä pyrittiin saavuttamaan n. 85 %:n syketaso koehenkilön maksimisykkeeseen verrattuna.

Ergometrin vastusta lisättiin kolmessa portaassa neljän minuutin välein. Ohjelma ehdotti laskelmiensa perusteella kuormitusten nostoa ja testaaaja hyväksyi noston, jos se vaikutti asianmukaiselta. Minuutti ennen kuorman vaihtoa kysyttiin testattavalta Borgin asteikon mukaisesti tuntemuksia harjoituksen rasittavuudesta (RPE). Tämäkin varmisti osaltaan kuormituksen sopivuuden. Ergometrissa oli sähköjarru. Testissä seurattiin miten nopeasti ja miten korkealle syke nousi kuormitusta lisättäessä. Testissä pyrittiin pitämään 60 poljinkierrosta minuutissa. Mitä suurempaa kuormaa polki ilman että syke nousi lähelle iän mukaista maksimisyketasoa, sen parempi oli kunto. Ohjelma laski maksimaalisen hapenottokyvyn tarkan tuloksen ja harjoitusohjelman laskelmien pohjana käytetyn maksimaalisen sykkeen. Heti testin jälkeen ajettiin vielä palauttava viisi minuuttia kevyellä kuormalla.

5.4.4 Voima

Voimaan mittaaminen tehtiin Kuntotestauksen käsikirja Keskinen ym. 2007 ohjeistuksen mukaisesti. Kestovoimaa testattaessa tulos oli maksimitoistomäärä ilman lepotaukoja. Etunojapunnerruksissa kädet pidettiin hartioiden leveydellä ja vartalo suorana. Miehillä oli varpaat tukipisteenä ja naisilla polvet. Ala-asennossa leuan tuli osua lattiaan ja yläasennossa käsien tuli ojentua suoraksi. Vatsalihaksia testattaessa istuttiin selin makuulla polvet 90 asteen kulmassa. Testaaaja piti jaloista kiinni. Kädet pidettiin korvien kohdalla ja yläasennossa kyynärpäät osuivat polviin.

Selkälihakset testattiin selkäpenkissä. Jalat ovat tuettu nilkoista. Testattava oli taipuneena 45 asteen kulmaan suoliluun harjun ylemmän etukulman kohdalta. Testattava nosti ylävartaloaan vaakatasoon. Toistoja jatkettiin tasaiseen tahtiin. Jos testattava ei jaksanut nostaa vartaloaan vaakatasoon tai liike muuttui nykiväksi, niin suoritus keskeytettiin. Yläraajojen nostotestissä testattiin vasen ja oikea käsi erikseen. Naisilla käytettiin 5 kg ja

miehillä 10 kg käsipainoa. Lähtötilanteessa testattava seiso i kapeassa haara-asennossa. Olkavarret olivat vartalon vierellä, kyynärnivelet koukistettuina ja käsipainot olkapään tasolla. Käsi ojennettiin ylös pään viereen. Kyynärpäät olivat koko ajan eteenpäin. Testi päättyi, jos kättä ei pystytty ojentamaan suoraksi tai suoritus ei ollut yhtäjaksoinen tai nosto tapahtui vartaloa kallistamalla.

Jalkojen nopeusvoimaa mitattiin staattisella hypyllä. Lähtöasennossa polvinivel oli 90 asteen kulmassa, selkä suorana ja kädet sivulla. Lähtöasentoon laskeuduttiin rauhallisesti ja siihen pysähdyttiin elastisen vaikutuksen minimoimiseksi. Maksimaalinen ponnistus tehtiin suoraan ylöspäin ilman esikevennystä. Testattava kosketti seinässä olevaa mitta-asteikkoa. Hyppykorkeus saadaan kun tästä vähennetään seisten käsi suorassa mitattu ulottuvuus.

5.5 Tilastollinen analyysi

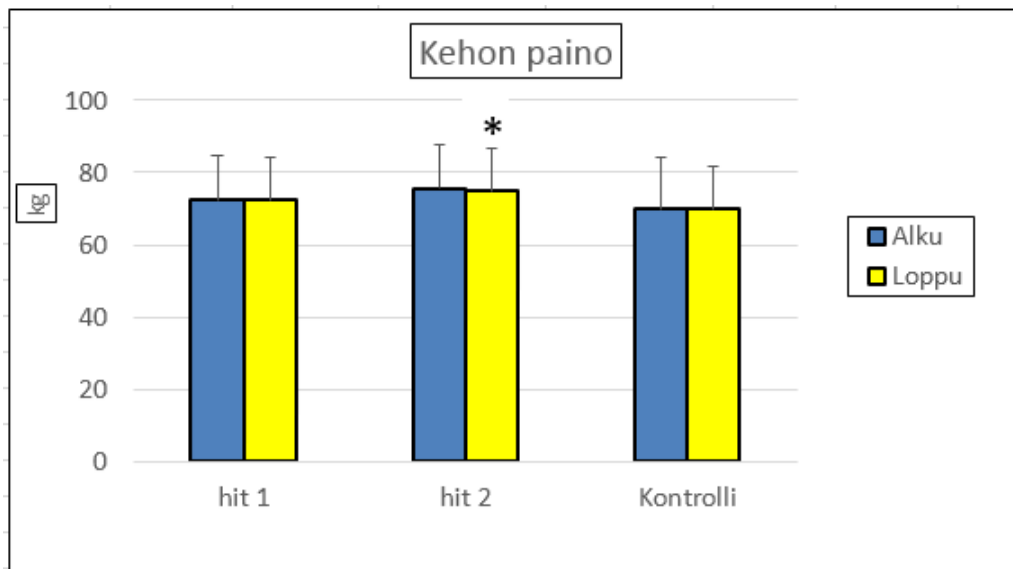
Tilastollinen testaus suoritettiin SPSS –ohjelman (IBM Corp. Released 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.) avulla. Muuttujista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat ($\bar{x} \pm sd$) ja niiden normaalijakaumatarkastelut tehtiin Kolmogorov-Smirnov –testillä ja Shapiro-Wilkin testillä. Ryhmän harjoittelun vaikutuksia tutkittiin parillisella T-testillä. Jos tulokset eivät olleet normaalisti jakautuneet, niin harjoittelun vaikutuksia tutkittiin Wilcoxon Signed-Rank –testillä. Ryhmien välistä vertailua tarkasteltiin Anova –testillä ja jos tulokset eivät olleet normaalisti jakautuneet Kruskal Wallisin testeillä.

6 TULOKSET

6.1 Kehon koostumus

Kehon paino

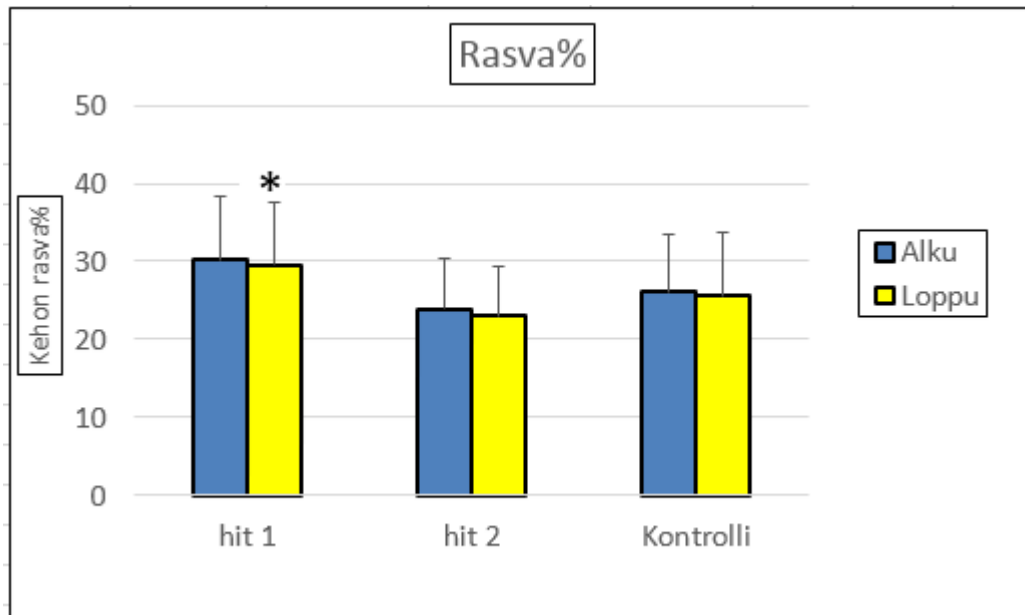
Kehon paino laski HIT 2 (lyhyt intervalli) -ryhmällä $0.7 (\pm 0.9)\text{kg}$ ja $0.9 (\pm 1.1)\%$ ($p=0.027$). HIT 1- ja kontrolliryhmällä paino pysyi samana. Kuva 6.



KUVA 6. Keskimääräinen kehon paino ryhmittäin ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja painojen keskihajonnat. *: $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä.

Rasva%

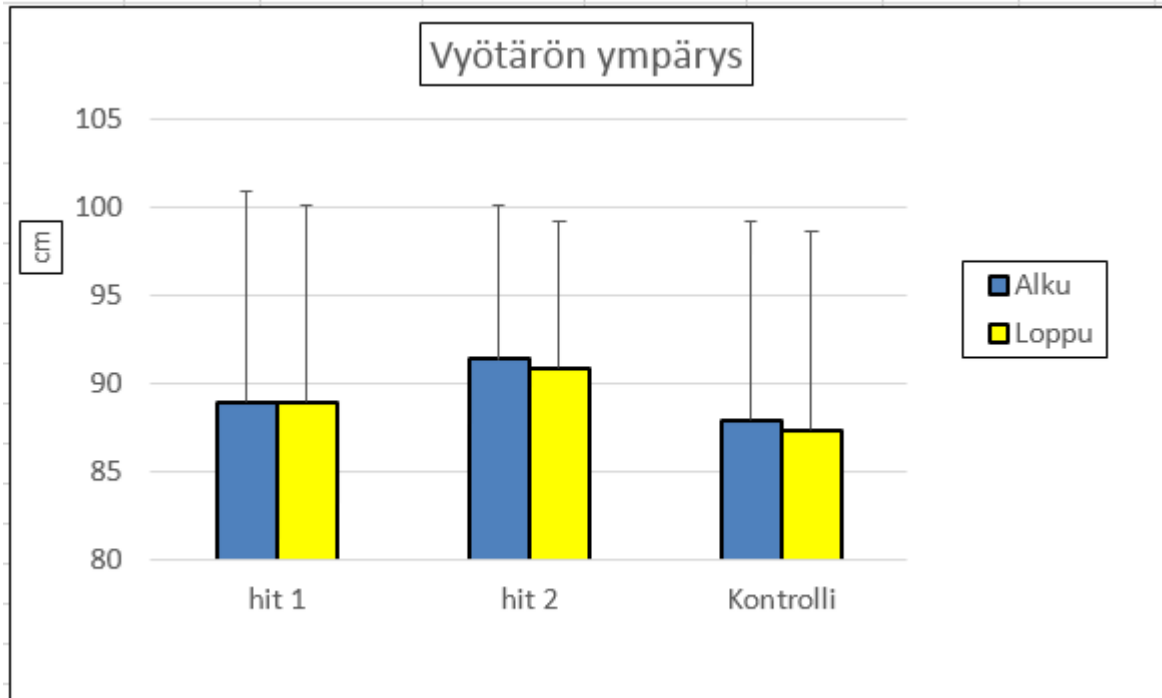
Kehon rasva % pieneni HIT 1 (pitkä intervalli) –ryhmällä 0.6 (± 0.8) ($p=0.044$), mikä vastaa 1.9 (± 3.0) prosentuaalista muutosta harjoitusjakson aikana. HIT 2 (lyhyt intervalli) –ryhmällä prosentuaalisesti rasva% pieneni 4.0 (± 8.0) ja kontrolli –ryhmällä 2.1 (± 5.5), mutta ei tilastollisesti merkitsevästi. Kuva 7.



KUVA 7. Eri ryhmien keskimääräinen kehon rasvaprosentti ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja niiden keskihajonnat. *: $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä.

Vyötärön ympäryys

Vyötärön ympäryksessä ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta millään ryhmällä. Kuva 8.



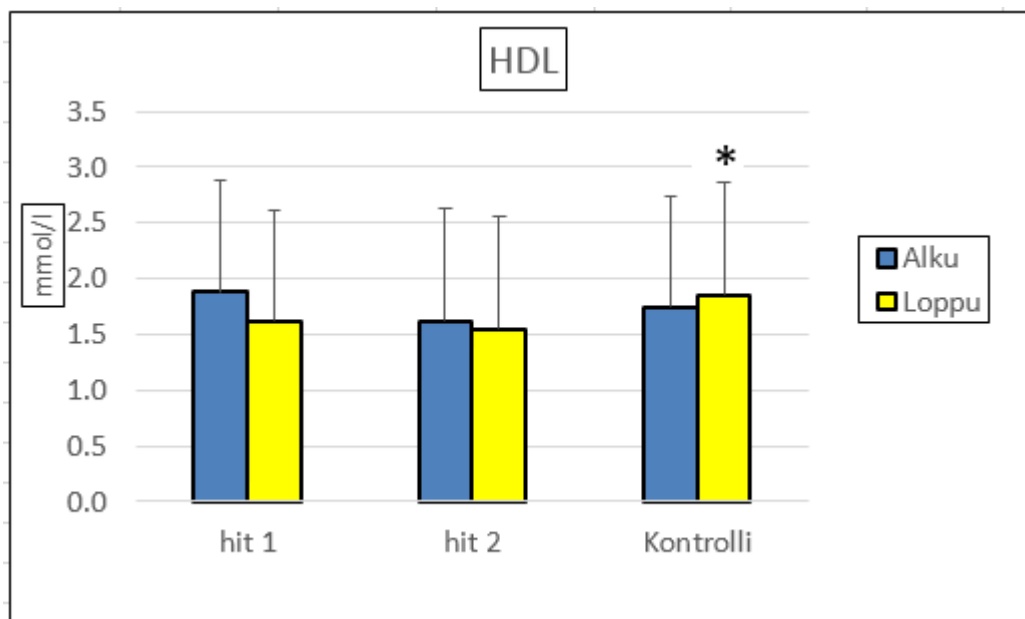
KUVA 8. Ryhmien keskimääräinen vyötärön ympäryys ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja keskihajonnat.

6.2 Veren rasva-arvot

Tuloksia analysoitaessa on otettava huomioon, että kaikki testihenkilöt eivät antaneet verinäytettä kolesterolitutkimukseen. Näyte piti antaa paaston jälkeen eri päivänä kuin kuntotestit ja kaikki testihenkilöt eivät jostakin syystä halunneet /ennättäneet antamaan näytettä. HIT 1 –ryhmästä näytteet antoi 5 (ryhmän koko 10 henkilöä), HIT 2 –ryhmästä näytteet antoi 6 (ryhmän koko 11 henkilöä) ja kontrolli –ryhmästä näytteet antoi 9 (ryhmän koko 12 henkilöä).

HDL

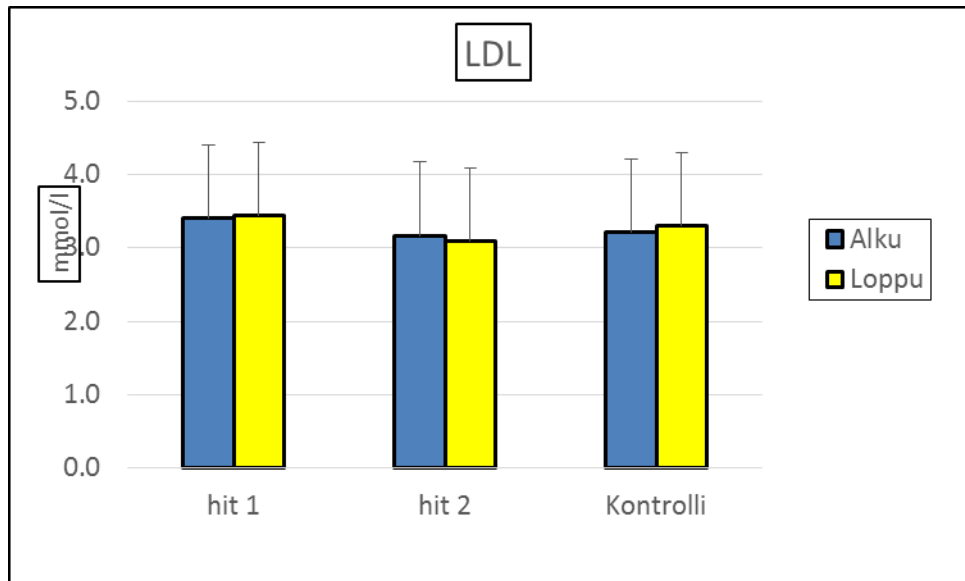
HDL parani kontrolliryhmällä harjoitusjakson aikana 6.4 (± 7.4) % ($p=0.029$). HIT 1 –ryhmällä arvot laski 13.7 (± 11.2) % ja HIT 2 –ryhmällä arvot laski 4.3 (± 10.7) %, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi. Kuva 9.



KUVA 9. HDL:n keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat. *: $p < 0.05$ tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä.

LDL

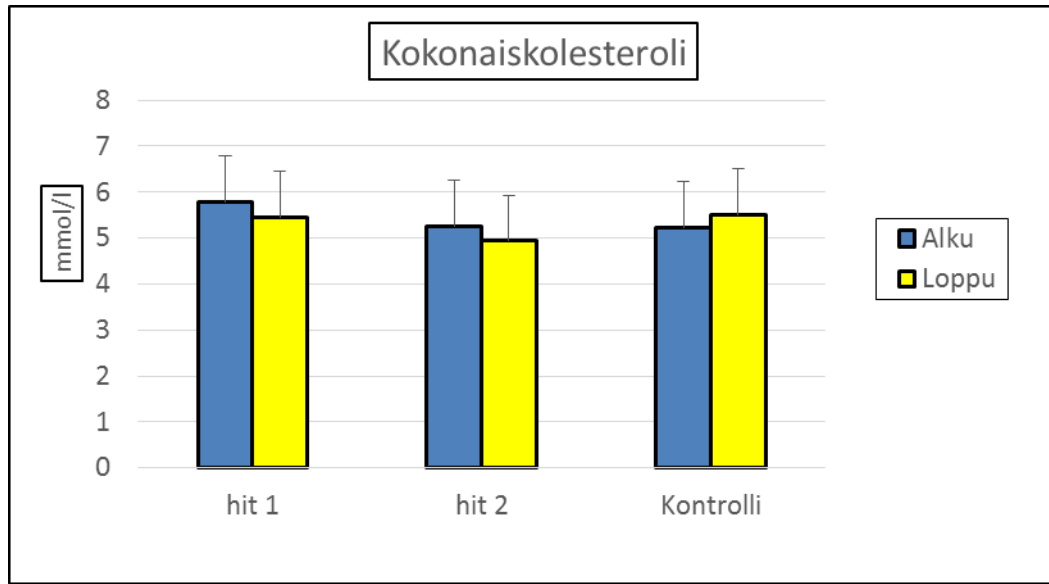
LDL ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi millään ryhmällä ja prosentuaaliset muutoksetkin olivat vähäiset. Kuva 10.



KUVA 10. LDL:n keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat.

Kokonaiskolesteroli

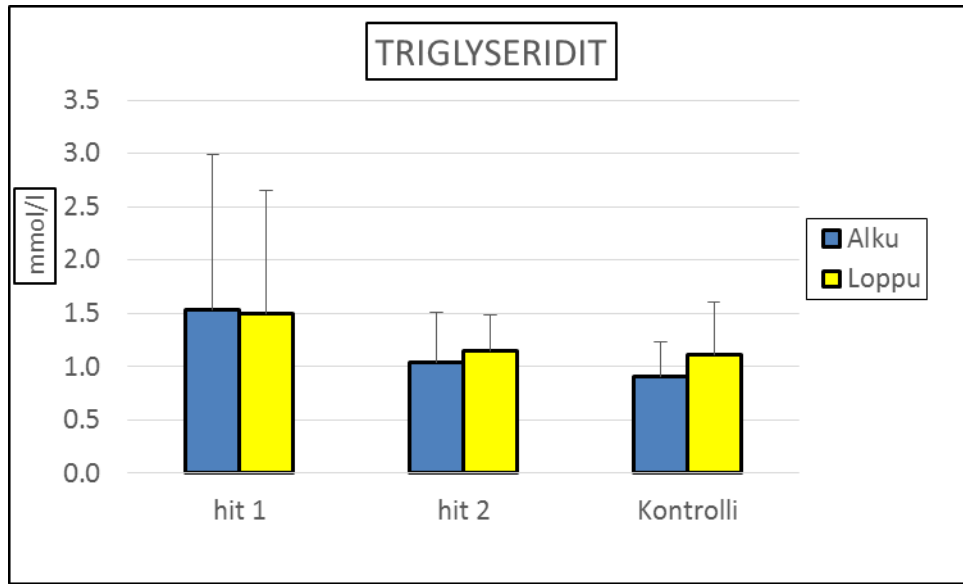
Kokonaiskolesteroli ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi millään ryhmällä. Kontrolliryhmällä arvot nousivat keskimäärin harjoitusjakson aikana 5.3 (± 11.3) %. HIT 1 –ryhmällä arvot laski 5.5 (± 12.9) %. HIT 2 –ryhmällä arvot laski 6.0 (± 11.4) %. Kuva 11.



KUVA 11. Kokonaiskolesterolin keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat.

Triglyseridit

Triglyseridit eivät muuttuneet tilastollisesti merkitsevästi millään ryhmällä. Kuva 12.

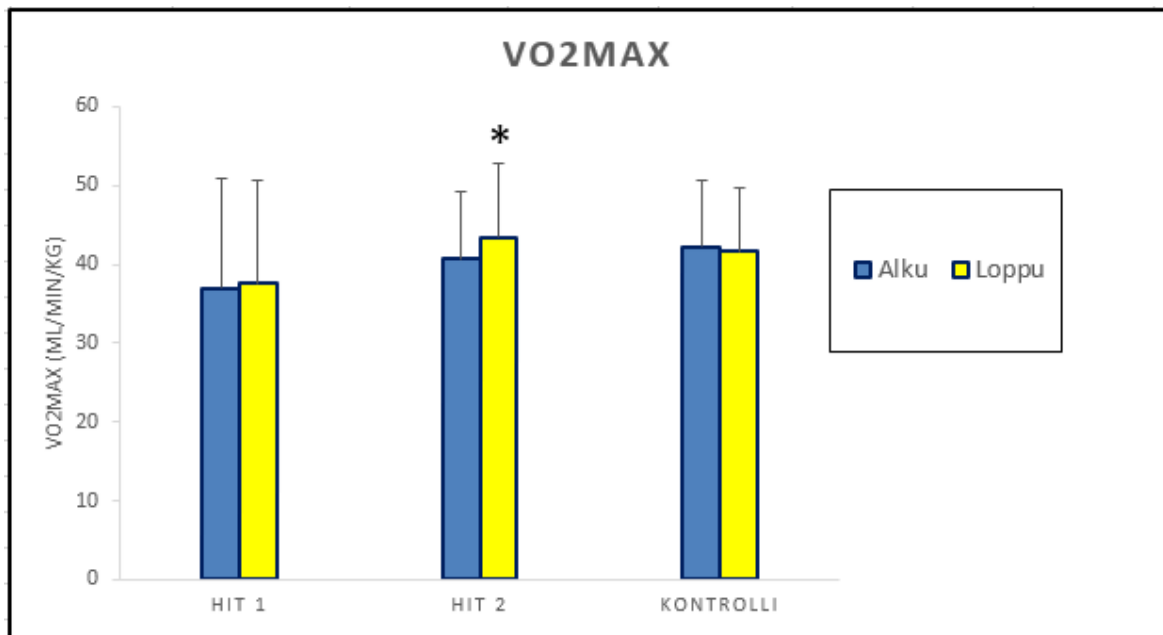


KUVA 12. Triglyseridien keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat.

Kehon koostumuksessa tai kolesteroliarvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja eri harjoitusryhmien keskimääräisiä suhteellisia muutoksia vertailtaessa.

6.3 VO₂max

Maksimaalinen hapenottokyky (VO₂max) parani HIT 2-ryhmällä 2.8 (±3.3) ml/kg/min ja 6.9 (±8.8) % (p=0.019). HIT 1 -ryhmällä tulokset paranivat 1.6 (±8.) % ja kontrolliryhmällä tulokset laskivat keskimäärin 1.6 (±6.8) %, mutta muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Maksimaalisessa hapenottokyvyssä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja eri harjoitusryhmien keskimääräisiä suhteellisia muutoksia vertailtaessa. Kuva 13.

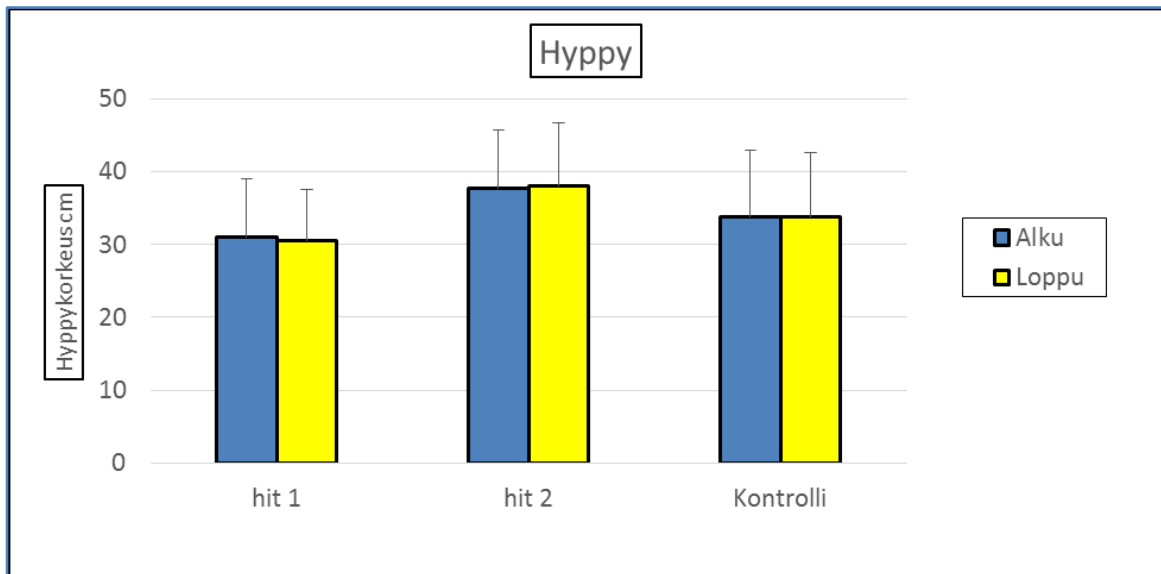


KUVA 13. Maksimaalisen hapenottoyvyn keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat. *:p<0.05 tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä.

6.4 Voima

Hyppykorkeus

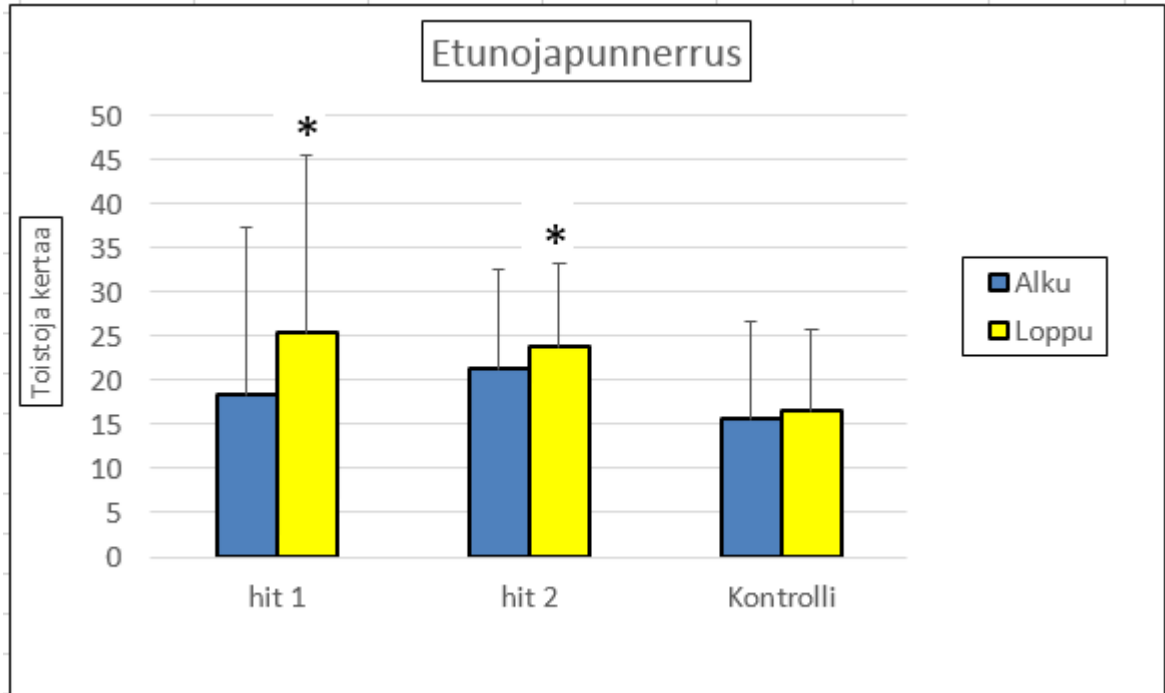
Räjätävää voimaa mitattiin maksimaalisella vertikaalisella hypyllä. HIT 2 – ryhmällä tulokset paranivat 0.8 (± 7.8) % ja kontrolliryhmällä 0.4 (± 17.0) %. HIT 1 – ryhmällä tulokset laskivat 1.6 (± 12.4) %. Räjätävän voiman osalta havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero (0.048) harjoitusryhmien HIT1 – HIT2 keskimääräisiä suhteellisia muutoksia vertailtaessa. Kuva 14.



KUVA 14. Keskimääräiset hyppykorkeudet ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat.

Etunojapunnerrus

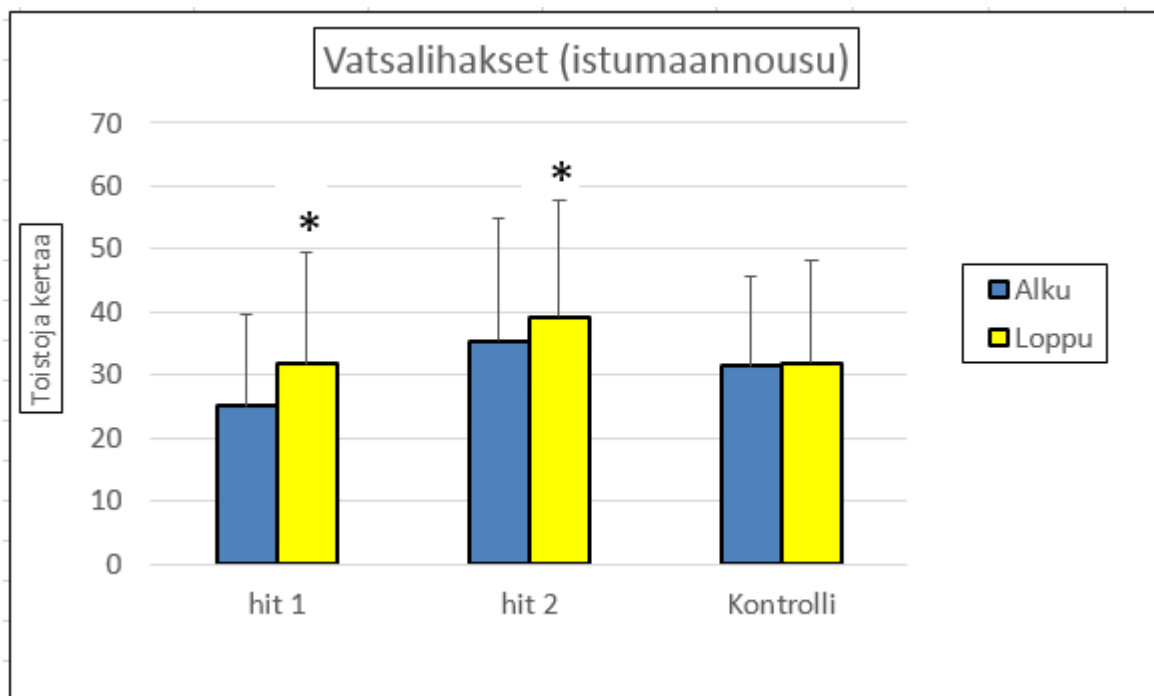
HIT 1 -ryhmällä tulos parani 7.0 (± 2.4) krt, 38.1 (± 13.6) % ($p=0.012$). HIT 2 -ryhmällä 2.5 (± 3.6) krt, 12.0 (± 11.5)% ($p=0.052$). Kontrolliryhmällä tulos parani 6.4 (± 11.8) %, ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi. Kuva 15.



KUVA 15. Etunojapunnerrusten keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat. *:p<0.05 tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä.

Vatsalihas

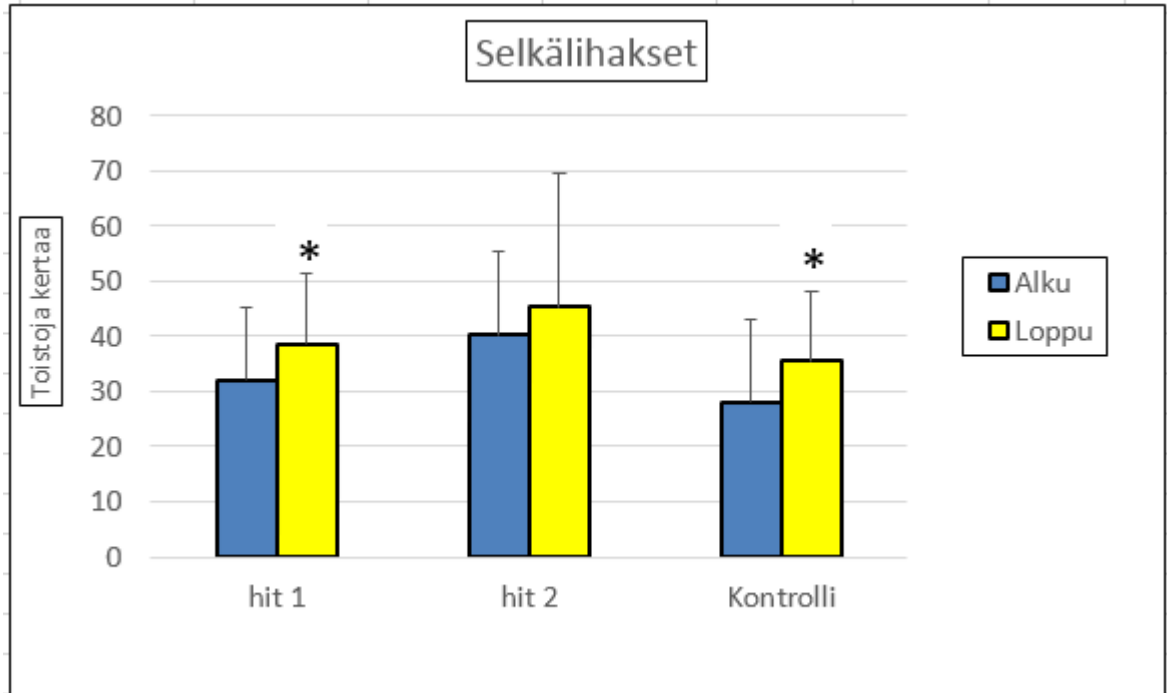
Tulokset paranivat HIT 1 –ryhmällä 6.8 (± 6.7) krt, 27.2 (± 13.6) % (p=0.011) ja HIT 2-ryhmällä 3.8 (± 5.2) krt, 10.8 (± 11.5) % (p=0.036). Kontrolliryhmällä tulokset paranivat 1.9 (± 22.4) %, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi. Kuva 16.



KUVA 16. Vatsalihasten (istumaannousu) keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat. *:p<0.05 tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä.

Selkälihas

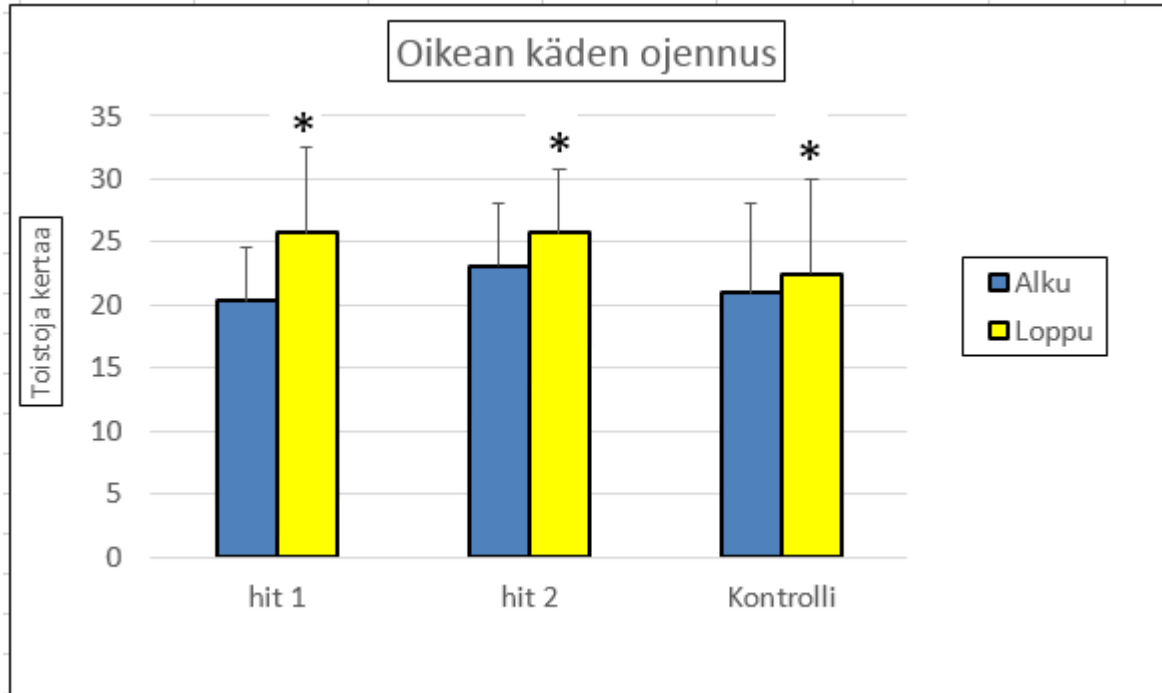
Tulokset paranivat HIT 1 –ryhmällä 20.2 (± 23.2)% (p=0.007) ja kontrolliryhmällä 26.8 (± 42.8)% (p=0.028). HIT 2 –ryhmällä tulokset paranivat 12.9 (± 30.7) %, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi. Kuva 17.



KUVA 17. Selkälihasten keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat. *:p<0.05 tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä.

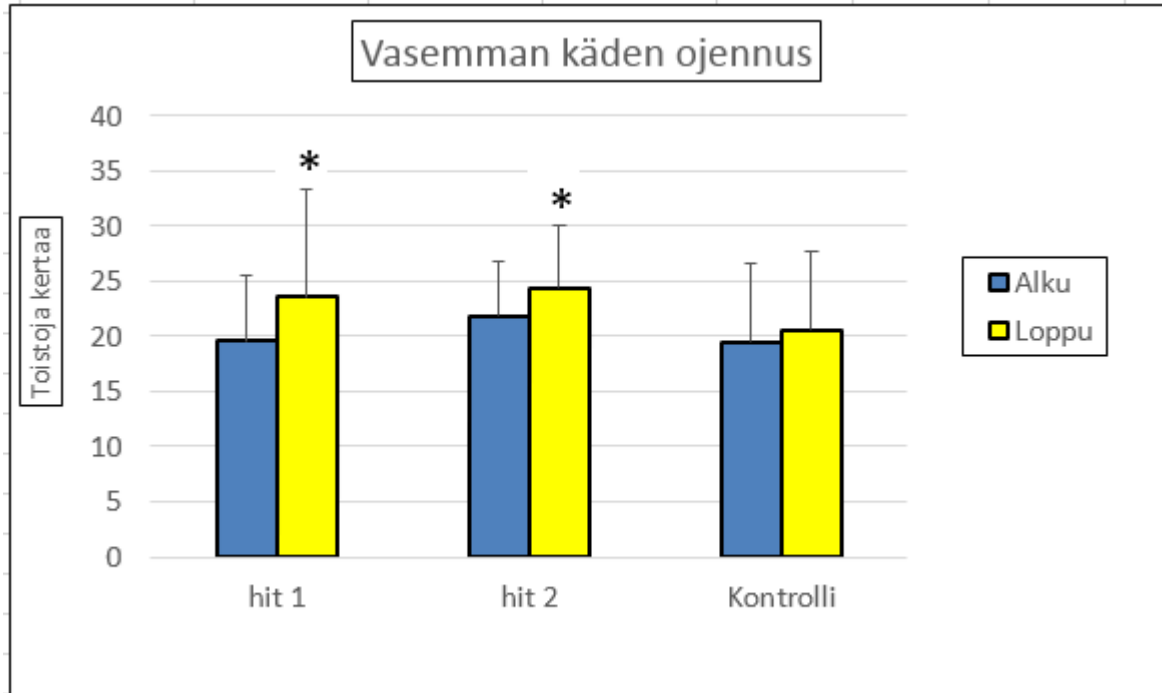
Käden ojennus

Oikean käden osalta tulokset paranivat HIT 1 –ryhmällä 26.6 (±11.9) % (p=0.005), HIT 2 –ryhmällä 11.4 (±11.3) % (p=0.012) ja kontrolliryhmällä 7.6 (±10.7) % (p=0.034). Kuva 18.



KUVA 18. Oikean käden ojennuksen keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat. *:p<0.05 tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä.

Vasemman käden HIT 1 -ryhmän parannus oli 20.4 (± 20.7) % ($p=0.035$). HIT 2 –ryhmällä tulokset paranivat 11.7 (± 16.7)% ja kontrolliryhmällä 5.6 (± 16.1) %, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi. Kuva 19.



KUVA 19. Vasemman käden ojennuksen keskimääräiset tulokset ennen ja jälkeen harjoitusjaksoa ja tulosten keskihajonnat. *:p<0.05 tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittauksen välillä.

Kestovoiman tuloksia arvioitaessa havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja HIT 1 – HIT 2 ryhmien välillä (0.005) ja HIT 1 - Verrokki ryhmien välillä (0.002) keskimääräisiä suhteellisia muutoksia vertailtaessa. Eri parametrien välisiä korrelaatiotuloksia vertailtaessa havaittiin, että kolesteroliarvon parantuessa myös hapenottokyky parani sekä HIT 1-, että HIT 2-ryhmillä. Kolesteroliarvojen paraneminen tapahtui useammalla koehenkilöllä HIT 2-ryhmässä. Muitten tulosten paranemisella ei ollut selkeää yhteyttä eri parametrien suhteen (voima-paino, hapenottokyky-voima tms.). Valitettavasti kaikki koehenkilöt eivät luovuttaneet verta, niin tulokset jäävät siltä osin puutteellisiksi.

7 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kahden erilaisen HIT – kuormitusmallin (HIT 1: 4*4 min 85%/2 min ja HIT 2: 10*1 min 95%/1½min) vaikutuksia hapenottokykyyn, voimaan ja kehon koostumukseen. Päälöydökset olivat, että HIT 2 – kuormitusmallin avulla tutkittujen parametrin suhteen tulokset paranevat pääsääntöisesti enemmän. Maksimaalinen hapenottokyky ($VO_2\max$) parani HIT 2 – ryhmällä tilastollisesti merkitsevästi ja keskimääräisesti enemmän kuin HIT 1 – ryhmällä. Kestovoiman osalta tulokset paranivat molemmilla ryhmillä. Räjähävän voiman osalta tulosten parannus oli lievää, mutta HIT 2 – ryhmän osalta tilastollisesti merkitsevää HIT 1 – ryhmään verrattuna. Kehon koostumuksen osalta HIT 2 – ryhmällä kehon paino ja rasvaprosentti paranivat enemmän. Veren rasva-arvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää paranemista. Kuitenkin sellaisilla henkilöillä, joilla maksimaalinen hapenottokyky parani tutkimusjakson aikana, on havaittavissa myös rasva-arvojen kohenemista. Veren rasva-arvojen tuloksiin vaikuttanee tutkimusjakson lyhyt aika. Lisäksi ravinnolla on suuri merkitys veran rasva-arvoihin. Sitä ei otettu mukaan tähän tutkimukseen, koska tutkimus olisi paisunut liian laajaksi.

7.1 Kehon koostumus

Tutkimuksen yksi osatavoite oli tutkia HIT-harjoittelun vaikutuksia aineenvaihduntaan ja kehon koostumukseen. Ravinnon merkitys aineenvaihdunnalle on tärkeä, mutta tässä tutkimuksessa sitä ei käsitelty, koska tutkimus olisi paisunut liian laajaksi. Tutkittavat ohjeistettiin ruokailemaan samalla tavalla kuin he tekivät ennen tutkimusta. Joitakin tilastollisesti merkitseviä muutoksia kehon koostumuksessa oli havaittavissa. HIT 2 – ryhmällä paino tippui tilastollisesti merkitsevästi 0.9 (\pm 1.1) %. Samalla ryhmällä kehon rasva % tippui myös eniten, eli 4.0 (\pm 8.0) %. Rasva % tulos ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä, kun usealla ryhmän jäsenellä rasva % oli noussut. Pienessä ryhmässä parin koehenkilön poikkeava tulos vaikuttaa tilastolliseen käsittelyyn

ratkaisevasti. Keskimääräinen suuntaus oli kuitenkin selkeästi laskeva. Vyötärön ympäryys tippui HIT 2-ryhmällä samassa suhteessa painon kanssa. Edelleen parin koehenkilön poikkeava tulos vaikutti tilastolliseen merkitsevyyteen. Muillakaan ryhmillä ei ollut havaittavissa tilastollisesti merkitsevää muutosta vyötärön ympäryksessä. Trapp ym. (2008) päätyivät 15 viikkoa kestäneessä tutkimuksessaan siihen lopputulokseen, että lyhyet intervallit (8 sekuntia) täysillä tehtynä 20 sekunnin palautuksella kuluttavat tehokkaammin rasvaa kuin tasavauhtiset harjoitukset. Harjoituksia tehtiin kolme kertaa viikossa. Kehon rasva väheni 14,7% testijakson aikana.

HIT 1-ryhmällä rasva % lasku ei ollut keskimääräisesti yhtä suurta $1.9 (\pm 3.0) \%$, mutta tulos oli kuitenkin tilastollisesti merkitsevä. Tässä tutkimuksessa ei käsitelty lihasmassan kasvua. Periaatteessa voisi olla mahdollista, että HIT 1 – ryhmällä kehon rasvat vähenivät ja lihasta tuli tilalle. Näin kehon paino pysyi likipitään samana. Kehonkoostumusanalysointori ilmoittaa kehon lihasmassan, mutta tulokseen täytyy suhtautua pienellä varauksella. Esim. wc:ssä käynti muuttaa ilmoitettua kehon lihasmassaa useita satoja grammoja ja aikaisemmin nautitut nestemäärät vaikuttavat samaten tuloksiin. Tutkittavat kyllä ohjeistettiin olemaan syömättä ja juomatta kaksi tuntia ennen tutkimuksia ja vakioimaan muutenkin päivän ohjelma. Pintapuolisesti kehonkoostumusanalysointorin tuloksia tarkasteltaessa lihasten kasvua ei ollut juuri havaittavissa.

HDL ”hyvä” kolesteroli parani vastoin odotuksia kontrolli – ryhmällä $6.4 (\pm 7.4) \%$. HIT 1-ryhmällä arvo laski keskimääräinen $13.7 (\pm 11.2) \%$ ja HIT 2 - ryhmällä $4.3 (\pm 10.7) \%$. LDL – kolesteroli ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi millään ryhmällä. Myös prosentuaaliset muutokset olivat pienet. Kokonaiskolesteroli ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi millään ryhmällä. Triglyseridit reagoivat herkästi aikaisempien päivien ruokailuun. Triglyseridien arvoissa ei näkynyt tilastollisesti merkitseviä muutoksia millään ryhmällä.

Tjönna ym. (2013) huomasivat 10 viikkoa kestäväen tutkimuksen aikana, että kolmesti viikossa tapahtuneen intervalliharjoittelun vaikutukset rasva-arvoihin ja kehon

koostumukseen olivat merkittävät. Intervallien kesto oli 4*4min /3 min palautuksella. Tehon ollessa 90% maksimisykkeestä, eli saman tyyppinen kuin HIT 1-ryhmällä. Tosin HIT 1 – ryhmä teki intervalliharjoituksen vain kaksi kertaa viikossa. HDL tippui 0.11 mmol/l ja LDL 0.44 mmol/l. Testihenkilöiden paino tippui keskimäärin 2.1 kg ja kehon painosta hävisi nimenomaan rasvaa. Rasvaprosentti tippui keskimäärin 3 %.

7.2 Maksimaalinen hapenottokyky

Maksimaalinen hapenottokyky parani ainoastaan HIT 2-ryhmällä. Myös HIT 1 – ryhmällä oli suuntausta paranemisesta 1.6 (\pm 8.7) %, kun kontrolliryhmällä tulos heikkeni hieman (1.6 %). Tässä kuormitusmallissa piti suoritus tehdä 95 % tehoilla laskennallisesta maksimisykkeestä. Riittävän rasituksen saavuttaminen vaati testattavalta päättäväisyyttä. Joukossa oli entisiä kansallisen tason urheilijoita, jotka paneutuivat harjoitteluun erityisen huolella. He kertoivat kehityksen olleen voimakasta. Intervention loppupuolella harjoitukset kulkivat kevyesti. HIT 1 – tyyppisen harjoituksen tekemällä Tjännä ym. (2013) havaitsivat em. tutkimuksessaan, että maksimaalinen hapenottokyky parani testihenkilöillä 13 %. HIT 2 – tyyppisiä harjoituksia tekemällä (8sekuntia täysillä/20 sekunnin palautuksella) Trapp ym. (2008) havaitsivat hapenottokyvyn parantuneen 23.8 % 15 viikkoa kestäneen tutkimusjakson aikana.

Maksimaalinen hapenottokyky lasketaan painokiloa kohti. Painoa pudottamalla voi tulosta parantaa, vaikka kunto ei muuten kasvaisikaan. HIT 2-ryhmällä paino tippui keskimäärin 0.9 kg ensimmäisen ja toisen mittauksen välillä, mikä selittää osan tuloksen paranemisesta. Muilla ryhmillä paino pysyi ennallaan. Polkupyöräergometritesti on yleisesti käytetty liikuntatieteellisissä tutkimuksissa. Se on helppo toteuttaa ja mittausolosuhteet on helppo vakioida. Juosten hankittu kunnan kohennus ei näy kuitenkaan täysimääräisenä polkupyörättestissä, koska hermolihasjärjestelmä kuormittuu näissä eri tavalla. (McArdle ym. 2007, 471-472.) Suurin osa HIT 2-ryhmästä teki harjoitukset juosten, joten hapenottokyvyn paraneminen lienee todellisuudessa saatuja lukuja hivenen suurempi.

7.3 Voima

Kestovoimassa testattiin yhtäjaksoisilla suorituksilla vatsa- ja selkälihakset, etunojapunnerrus ja käsipainon nosto olkapään tasolta. Etunojapunnerrusten osalta parilla testattavalla voimantuotto saattoi mennä ensimmäisessä aluksi maksimivoiman puolelle. He pystyivät ensimmäisessä testissä tekemään 1-5 toistoa. Tulokset kaikissa lihaskuntoliikkeissä ovat samansuuntaiset. HIT 1- ja HIT 2-ryhmillä tulokset paranivat tilastollisesti merkitsevästi. Vain selkälihas ei parantunut HIT 2-ryhmällä tilastollisesti merkitsevästi. Yhdellä testattavalla selkä jumittui ja tulos jäi hänen osaltaan puoleen ensimmäiseen testiin verrattuna. Tämä vaikutti pienessä ryhmässä tilastolliseen merkitsevyyteen. Prosentuaalisesti HIT 1-ryhmällä tulokset parinavat eri lihaskuntoliikkeissä 20.2 - 38.1. Vastaavasti HIT 2-ryhmällä 10.8 - 12.9 %. Verrokkiryhmälläkin kaikkien liikkeiden tulos parani 1.9 - 7.6 %, paitsi selkälihas parani 26.8 %, kun pari tutkittava teki tässä huomattavat parannukset tuloksiinsa. HIT 1-ryhmällä oli siis suurimmat prosentuaaliset paranemiset tuloksissa. Tähän saattoi vaikuttaa, että ryhmän lähtötason tulokset olivat alhaisemmat kuin HIT 2-ryhmällä. Lisäksi HIT 1-ryhmä toteutti harjoittelua huhtikuussa ja ajankohta saattoi houkuttaa panostamaan enemmän sisällä tapahtuvaan tehoharjoitteluun.

Räjähtävää voimaa testattiin maksimaalisella vertikaalisella hypyllä. Tässä ei tapahtunut tilastollisesti merkittävää muutosta. Myöskään prosentuaalisesti ei tulokset parantuneet (0.4-0.8). HIT 1-ryhmällä tulokset jopa heikkenivät hieman (-1.6%). Olisi voinut olettaa, että tulokset paranevat tässäkin liikkeessä, kun kyseessä on pääsääntöisesti vain vähän liikuntaa harrastavia tutkittavia. Ilmeisesti harjoitusohjelman mukainen harjoitusvaikutus on niin spesifi, että tulokset eivät parantuneet. Juoksuharjoittelu ja lihaskuntoliikkeet eivät antaneet riittävästi ärsykettä räjähtävän voiman paranemiselle.

Paoli ym. (2012) vertailivat 12 viikkoa kestäneessä tutkimuksessaan kolmen erilaisen harjoitustavan vaikutuksia rasva- ja voima-arvoihin. Korkealla intensiteetillä toteutettu kiertoarjoittelu painoja käyttäen paransi eniten sekä rasva-arvoja, että voima-arvoja. Muut

tutkittavat harjoitustavat olivat matalalla intensiteetillä toteutettu kiertoarjoittelu painoilla ja tasavauhtinen kestävyysarjoittelu juoksumatolla.

7.4 Johtopäätöksiä

Tutkittavien ryhmien koko oli tyypillinen liikuntatieteellisissä tutkimuksissa käytetty. Nyt parinkin tutkittavan syystä tai toisesta poikkeavat tulokset muuttivat keskimääräisiä tuloksia. Tässä tutkimuksessa, kuten yleensä liikuntatieteellisen tutkimuksissa tutkittavien harjoittelutaustaa ei juurikaan huomioida tutkimuksissa. Osa tutkittavista saattoi harrastaa liikuntaa hyvinkin aktiivisesti. HIT – harjoitusohjelma saattoi tuntua tällaisesta henkilöstä jopa kevyeltä. Osa tutkittavista ei harrastanut liikuntaa juurikaan ennen tutkimusta. Tällaisilla henkilöillä harjoitusohjelman toteuttaminen oli haastavaa. Toisaalta heillä oli sitten mahdollista saada suuri prosentuaalinen kunnon nousu, kun lähtötaso oli matalalla tasolla.

Tutkittavat tekivät harjoitukset itsenäisesti. Heidät ohjeistettiin ensimmäisellä testauskerralla ja kaikille annettiin kirjalliset ohjeet. Lisäksi heille tarjottiin apua sähköpostin tai puhelimen välityksellä, jos kysyttävää olisi ilmennyt. Tutkittavat täyttivät lisäksi harjoittelustaan päiväkirjaa, jonka palauttivat viimeisellä testauskerralla. Tästä huolimatta osa tutkittavista myönsi tehneensä harjoitukset puolinaisesti. HIT-harjoitustapa edellyttää riittävän tehokkaita työjaksoja harjoituksissa. Harjoitukset olisi voinut olla ohjatusti siten, että koko ryhmä osallistuu niihin samaan aikaan. Tässä tutkimuksessa tutkittavat olivat työssäkäyviä ihmisiä ja yhteisen harjoitteluajan löytyminen olisi ollut vaikeaa. Ainakin ensimmäiset harjoitukset olisi ollut hyvä tehdä ohjatusti, jotta koehenkilölle olisi varmasti selvinnyt harjoituksen oikea suoritustapa. Harjoitukset olisi voinut tallentaa sykemittarille ja siirtää sitten esimerkiksi netin kautta käsittelyä varten, jolloin oikea harjoitustapa olisi voitu varmentaa. Tämä olisi saattanut lisätä testihenkilöiden tekemisen tarkkuutta, kun harjoituksen tulokset olisi ollut selkeästi katsottavissa. Tutkimus olisi voitu toteuttaa urheiluseurassa tai ohjattuna liikuntakeskuksessa. Liikuntakeskuksista löytyy ryhmäliikuntaan soveltuvia kuntopyöriä ja muuta välineistöä, joilla tämän tyyppisen

tutkimuksen tekeminen olisi ollut vaivatonta. Liikuntakeskuksista olisi voinut löytyä helpostikin halukkaita tämän tyyppiseen tutkimukseen.

Tässä tutkimuksessa kehon koostumuksen osalta kehon paino tippui HIT 2-ryhmällä tilastollisesti merkitsevästi ja rasva % HIT 1-ryhmällä. Veren rasva-arvojen osalta ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta, lukuunottamatta HDL:a. Kokonaiskolesterolin lasku oli kuitenkin selkeästi havaittavissa. HIT 1-ryhmällä kokonaiskolesteroli tippui kolmella koehenkilöllä viidestä yhdellä arvon pysyessä samana. HIT 2-ryhmällä kokonaiskolesteroliarvon tippuminen oli vielä selkeämpää: viidellä henkilöllä kuudesta tippui kokonaiskolesteroli. Molemmissa ryhmissä oli kuitenkin yksi koehenkilö, jolla kokonaiskolesteroli nousi testin aikana. Siitä johtuen tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Lisäksi kolesteroliarvoja analysoitaessa täytyy ottaa huomioon näytteen antaneiden henkilöiden pieni lukumäärä. Hieman odotusten vastaisesti koehenkilöillä tippui myös HDL ”hyvä” kolesteroli. Terveysten kannalta olisi ollut suotavaa, jos HDL olisi noussut. Jatkotutkimuksissa kolesteroliin muutosta voisi olla mielenkiintoista seurata pidemmässä esim. kaksitoista viikkoa kestävässä tutkimuksessa. Samaten olisi mielenkiintoista testata erilaisten HIT-kuormitusmallien vaikutusta kolesteroleihin. Ja onko erilaisilla kuormitusmalleilla vaikutusta HDL- ja LDL- kolesteroliin muutokseen. Tämän tutkimuksen perusteella lyhyet täydellä (tai lähes täydellä) teholla tehdyt HIT-harjoitukset parantavat enemmän maksimaalista hapenottoa ja jonkin verran paremmin kehon koostumusta verrattuna pidempikestoisiin HIT-harjoituksiin.

Tavalliselle kuntoilijalle HIT-harjoittelua voi suositella tietyin ehdoin. Harjoittelua aloitettaessa suoritustekniikoiden ja oikeaoppisen harjoittelun varmistamiseksi mukana olisi hyvä olla asiansa osaava valmentaja. Aluksi harjoittelun voisi aloittaa lyhyillä esim. 10 sekunnin täysivauhtisilla vedoilla huolellisten lämmittelyjen jälkeen. Vetojen pituutta ja määrää voisi kasvattaa viikoittain. Positiivisten terveysvaikutusten kannalta mukana tulisi olla hapenottoa lisäävien harjoitusten (esim. juoksu, pyöräily, hiihto) lisäksi esim. HIT –muotoista voimaharjoittelua. Harjoitusohjelmaan kannattaisi lisätä vielä palauttavia ja kestävyystyypisiä harjoituksia ylikunnon ja rasitusvammojen välttämiseksi. Tässä

tutkimuksessa ei tullut esille HIT-harjoittelun aiheuttamia vammoja, joten HIT-harjoittelua voidaan pitää turvallisena aloittelijallekin.

8 LÄHTEET

- ACSM. 2006. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. (7.painos) United States: Lippincott, Williams & Wilkins, n.d.
- Ahtiainen, J.P. & Häkkinen K. 2007. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa K.L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. 2. painos. Liikuntatieteellisen seuran julkaisu nro 161. Tampere, Suomi, 125.
- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W.J. & Häkkinen, K. 2005. Short Vs. Long Rest Period Between the Sets in Hypertrophic Resistance Training: Influence on Muscle Strength, Size, and Hormonal Adaptations in Trained Men. *Journal of Strength & Conditioning Research* 19 (3), 572 – 582.
- Alkahtani, S., King, N., Hills, A. & Byrne, N. 2013. Effect of interval training intensity on fat oxidation, blood lactate and the rate of perceived exertion in obese men. *Springer Open Journal* 2:532.
- Alcaraz, P.E., Perez-Gomez, J., Chavarrias, M., Blazevich, A.J. 2011. Similarity in adaptations to high-resistance circuit vs. traditional strength training in resistance-trained men. *Journal of Strength Condition Research*. 25, 2519–2527.
- Alcaraz, P.E., Sanchez-Lorente, J., Blazevich, A.J., 2008. Physical performance and cardiovascular responses to an acute bout of heavy resistance circuit training versus traditional strength training. *J. Strength Cond. Res.* 22, 667–671.

- Bassett, D. R. Jr & Howley, E. T. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise* 32 (1), 70-84.
- Bassett, D R. jr. & Howley, E. T. (1997). Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29, 5, 591-603
- Bell, D.G. & Jacobs, I. 1990. Muscle fibre area, fibre type & capillarization in male and female body builders. *Canadian Journal of Sport Sciences* 15(2), 115–119.
- Billat V., 2001. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part 2: Anaerobic interval training. *Sports Medicine*, 31, 2, 75-90.
- Bodner, G. M. 1986. The tricarboxylic acid (TCA), citric acid, Krebs cycle. *Journal of Chemical Education*, 63, 673-677
- Bocalini, D.S., Lima, L.S., De Andrade, S., Madureira, A., Rica, R.L., Dos Santos, R.N., Serra, A.J., Silva, J.A. Jr., Rodriguez, D., Figueira, A. Jr., Pontes, F.L. Jr. 2012. Effects of circuit-based exercise programs on the body composition of elderly obese women. *Clinical interventions in aging*. 7:551–556.
- Cabral, D.M.R., de Matos, D.G., MaziniFilho, M.L., Costa Moreira, O., Hickner, R.C., Cardozo, D., Barbosa, A.H., Reis, L.G. & Aidar, F.J. 2014. Comparison of Repetition Number Between Uni-Joint and Multi-Joint Exercises with 1-min and 2-min Rest Intervals. *Journal of Exercise Physiology* 17 (4), 93 – 101.
- Cumming, G. R. & Borosyk, L. M. 1972. Criteria for maximum oxygen uptake in men over 40 in a population survey. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 14, 18-22

- Deschenes, M. R. & Kraemer, W. J. 2002. Performance and Physiologic Adaptations to Re-sistance Training. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 81, S3–S16.
- Donnelly, J.E., Blair, S.N., Jakicic, J.M., Manore, M.M., Rankin, J.W., Smith, B.K. Position stand: appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. 2009. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:459-71.
- Duffield R, Dawson B, Goodman C. 2005a. Energy system contribution to 1 500- and 3000-metre track running. *J Sports Sci.* Oct;23(10):993-1002.
- Duffield R, Dawson B, Goodman C. 2005b. Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. *J Sports Sci.* Mar;23(3):299-307.
- Eskurza, I., Donato, A. J., Moreau, K. L., Seals, D. R. & Tanaka, H. 2002. Changes in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained women: 7 years follow-up. *Journal of Applied Physiology*, 92, 2303-2308
- Foster, V. L., Hume, G. J. E., Dickinson, A. L., Chatfield, S. J. & Byrnes, W. C. 1986. The reproducibility of VO₂max, ventilatory, and lactate thresholds in elderly women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 18, 4, 425- 430
- Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'Reilly, K.P., Knuttgen, H.G. & Evans, W.J. 1988. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of Applied Physiology* 64(3), 1038–1044.
- Gibala, M.J. & McGee, S.L. 2008. Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain? *Exerc Sport Sci Rev* Vol. 36, No. 2, pp. 58-63.

- Gibala, M., Little, J. P., MacDonald, M. J. & Hawley, J. A. 2012. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Journal of Physiology* 1 (590), 1077-1084.
- Gillen, J. B. & Gibala, M. J. 2014. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied physiology, nutrition, and metabolism* 39 (3), 409-412.
- Hass, C. J., Feigenbaum, M. S. & Franklin, B. A. 2001. Prescription of Resistance Training for Healthy Populations. *Sports Medicine* 31 (14), 953–964.
- Heggelund, J., Fimland, M., Helgerud, J. & Hoff, J. 2013. Maximal Strength Training Improves Work Economy, Rate of Force Development and Maximal Strength More Than Conventional Strength Training. *European Journal of Applied Physiology* 113 (6), 1565-1573.
- Heydari, M., Freund, J. & Boutcher, S. 2012. The Effect of High-Intensity Intermittent Exercise on Body Composition of Overweight Young Males. *Journal of Obesity*, Vol. 2012, Article ID 480467.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., Hoff, J. 2007. Aerobic high intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc* 39: 665–671.
- Hill, A. V. & Lupton, H. 1923. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Quarterly Journal of Medicine*, 16, 135-171
- Hirvonen, J., Aura, O. 1988. Voima ja sen harjoittaminen. Teoksessa Kantola, H. (toim.) *Suomalainen Valmennusoppi 2, harjoittelu*. Helsinki: Urheilusyke Oy, 228.

- Howley, E. T., Bassett, D. R. jr. & Welch, H. G. 1995. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 27, 9, 1292-1301
- Hunter, G. R., Chandler-Laney, P. C., Brock, D. W., Lara-Castro, C., Fernandez, J. R. & Gower, B. A. 2010. Fat distribution, aerobic fitness, blood lipids, and insulin sensitivity in African-American and European-American women. *Obesity (Silver Spring, Md.)* 18 (2), 274-281.
- Häkkinen, K. 1990. *Voimaharjoittelun perusteet: vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., Kraemer, W.J., Newton, R.U. 1998a. Muscle CSA, force production, and activation of leg extensors during isometric and dynamic actions in middle-aged and older men and women. *Journal of Aging and Physical Activity* 6, 232–247.
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., Kraemer, W.J., Newton, R.U. & Alen, M. 1998b. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology* 84(4), 1341–1349.
- Häkkinen, K., Mäkelä, J., Mero, A. 2004. *Voima*. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, A. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) *Urheiluvalmennus*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 251
- Issekutz, B. jr., Birkhead, N. C. & Rodahl, K. (1962). Use of Respiratory Quotients in Assessment of Aerobic Work Capacity. *Journal of Applied Physiology*, 17, 1, 47-50

- Keskinen, K.L. 2004. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormitus. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, A. Keskinen, & K. Häkkinen (toim.) Urheiluvalmennus. Lahti: VK-Kustannus Oy, 74-94.
- Kiens, B., Éssen-Gustavsson, B., Christensen, N. J. & Saltin, B. (1993). Skeletal Muscle Substrate Utilization during Submaximal Exercise in Man: Effect of Endurance Training. *Journal of Physiology*, 469, 459-478
- Klika, B. & Jordan, C. 2013. High-intensity circuit training using body weight: maximum results with minimal investment. *ACSM's Health and Fitness Journal* 17 (3), 8-13.
- Lewis, S. F., Taylor, W. F., Graham, R. M., Pettinger, W. A., Schutte, J. E. & Blomqvist, C. G. 1983. Cardiovascular responses to exercise as function of absolute and relative work load. *Journal of Applied Physiology*, 54, 5, 1314-1323
- Little, J., Safdar, A., Wilkin, G., Tarnopolsky, M. & Gibala, M. 2010. A Practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *Journal of Physiology* 588.6, pp 1011 – 1022.
- Macdougall, J.D., Tuxen, D., Sale, D. G., Moroz, J.R. & Sutton, J.R. 1985. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* 58(3): 785-790.
- Magel, J. R. & Faulkner, J. A. 1967. Maximum oxygen uptakes of college swimmers. *Journal of Applied Physiology*, 22, 5, 929-938
- Marniemi, A. & Ilander, O. 2014. Rasvat. Teoksessa O. Ilander, , P. Borg, M. Laaksonen, J. Mursu, C. Ray, K. Perhman & A. Marniemi Liikuntaravitsemus. 3. painos. Lahti. VK-Kustannus Oy, 91-112.

- Maughan, R., Gleeson, M., 2004. *The Biochemical Basis of Sports Performance*. United States: Oxford University Press Inc.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2007. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy and Human Performance*. (6th edition) United States: Wolters Kluwer Health: Lippincott Williams & Wilkins.
- McClaran, S. R., Harms, C. A., Pegelow, D. F. & Dempsey, J. A. (1998). Smaller lungs in women affect exercise hyperpnea. *Journal of Applied Physiology*, 84, 6, 1872-1881
- Mustajoki, P. & Fogelholm, M. 1999. Lihavuus. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 2. painos. Helsinki: Duodecim 258-266.
- Nemoto, K., Gen-no, H., Masuki, S., Okazaki, K., Nose, H. 2007. Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. *Mayo Clin Proc*. 82(7):803-811.
- Netreba, A., Bravyy, Ya., Makarov, V., Ustyuzhanin, D. & Vinogradova, O. 2011. Evaluation of Training Effectiveness for Improving Maximal Voluntary Contraction Without Noticeable Hypertrophy of Muscles. *Human Physiology* 37 (6), 719 – 725.
- Newsholme, E.A., Blomstrand, E., Ekblom, B. (1992). Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *British Medical Bulletin*, 48 (3), 477–495.
- Nummela, A. 2004. Nopeuskestävyys. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, A. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) *Urheiluvalmennus*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 315-324.

- Nummela, A., Keskinen, K.L., Vuorimaa, T. 2004. Kestävyys. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, A. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) Urheiluvalmennus. Lahti: VK-Kustannus Oy, 333-343.
- Nummela, A. 2016. Energia-aineenvaihdunta. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja, K. Häkkinen (toim.) Huippu-urheiluvalmennus. Lahti: VK-Kustannus Oy, 128-130.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämäläinen, I., Nummela, A. & Rusko, H. 1999 Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology* 86, 1527–1533.
- Paoli, A., Moro, T., Marcolin G., Neri, M., Bianco, A., Palma, A. & Grimaldi, K. 2012. High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. *Journal of Translational Medicine*, 10:237.
- Paoli A., Pacelli, F., Bargossi, A.M., Marcolin, G., Guzzinati, S., Neri, M., Bianco A., Palma A. 2010. Effects of three distinct protocols of fitness training on body composition, strength and blood lactate. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2010;50:43-51.
- Paoli, A., Pacelli; Q.P., Moro, T., Marcolin, G., Neri, M., Battaglia, G., Sergi, G., Bolzetta, F., Bianco, A. 2013. Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. *Lipids in Health and Disease* 2013, 12:131
- Pérusse, L. 1989. Genetic And enviromental influences on level of habitual physical activity and exercise participation. *American Journal of Epidemiology*, 129, 1023

- Rabita, G., Perot, C. & Linsel-Corbeil, G. 2000. Differential effect of knee extension isometric training on the different muscles of the quadriceps femoris in humans. *European Journal of Applied Physiology* 83, 531–538.
- Rauramaa, R. & Rankinen, T. 1999. Liikunnan vaikutukset elinjärjestelmiin. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 2. painos. Helsinki: Duodecim 27-28.
- Rehunen, S. 1997. *Terveys ja Liikunta*. Lahti: VK-Kustannus Oy.
- Romero-Arenas, S., Blazeovich, A.J., Martínez-Pascual, M., Pérez-Gómez, J., Luque Antonio, J., López-Román, F.J., Alcaraz, P.E. 2013. Effects of high-resistance circuit training in an elderly population. *Experimental Gerontology* 48 (2013) 334–340.
- Rowland, T. W. 1993. Does peak VO₂ reflect VO₂max in children? evidence from submaximal testing. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 25, 6,689-693
- Schiller, B., Casas, Y., Desouza, C. & Seals, D. 2001. Maximal aerobic capacity across age in healthy hispanic and caucasian women. *Journal of Applied Physiology*, 91, 1048-1054
- Tanskanen Minna. HIT on poppia. 2014. [www-dokumentti]. <http://huippukuntoon.fi/liikunta/hit-poppia> katsottu 18.2.2014. 18.2.2014.
- Tillin, N., Pain, M., Folland, J. 2012. Short-term training for explosive strength causes neural and mechanical adaptations. *Experimental Physiology* 97:630–641.

- Tillin, N. & Folland, J. 2014. Maximal and Explosive Strength Training Elicit Distinct Neuromuscular Adaptations, Specific to the Training Stimulus. *European Journal of Applied Physiology* 114 (2), 365 – 374.
- Tjønnå, A.E., Leinan, I.M., Bartnes, A.T., Jenssen, B.M., Gibala, M.J., Winett, R.A., Wisløff, U. 2013. Significantly Improves Maximal Oxygen Uptake after 10-Weeks of Training in Healthy Men. *PLoS ONE* 8(5): E6582.
- Tomlin, D. L. & Wenger, H. A. (2001). The Relationship Between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Intermittent Exercise. *Sports Medicine*, 31 (1),1-11
- Trapp, E.G., Chisholm, D.J., Freund, J. & Boutcher, S.H. 2008. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International Journal of Obesity*, Apr;32(4):684-91.
- Tschakert, G. & Hofmann, P. 2013. High-Intensity Intermittent Exercise: Methodological and Physiological Aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 8, 600-610.
- Viitasalo J. 1985. Lihasvoiman harjoittamisen ja mittaamisen biomekaniikka ja fysiologia. Teoksessa J. Viitasalo, J. Raninen, S. Liitsola (toim.) *Voimaharjoittelu –perusteet ja käytännön toteutus*. Jyväskylä: Finntrainer Oy, 110-132.
- Vogel, J. A. 1986. An Analysis on Aerobic Capacity in a Large United States Population. *Journal of Applied Physiology*, 60, 494-500
- Von Döbeln, W., Åstrand, I. & Bergström, A. (1967). An analysis of age and other factors related to maximal oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology*, 22, 5, 934-938

- Wang, E., Helgerud, J., Loe, H., Indseth, K., Kaehler, N. & Hoff, J. 2010. Maximal Strength Training Improves Walking Performance in Peripheral Arterial Disease Patients. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (5), 764 – 768.
- Washburn, R. A. & Seals, D. R. (1984). Peak oxygen uptake during arm cranking in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 56, 954
- Wernbom, M., Augustsson, J. & Thomeé, R. 2007. The Influence of Frequency, Intensity, Volume and Mode of Strength Training on Whole Muscle Cross-Sectional Area in Humans. *Sports Medicine* 37 (3), 225 – 264.
- Åstrand, P-O. & Saltin, B. 1961. Maximal oxygen uptake during the first minutes of heavy muscular exercise. *Journal of Applied Physiology*, 16, 6, 971-976