

**KUUKAUTISKIERTOON MUKAUTETUN VS. PERINTEISEN KESTÄVYYS-
HARJOITTELUN VAIKUTUKSET VEREN RASVA-ARVOIHIN JA KEHON
RASVAMASSAAN**

Tuuli Torvinen

Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Syksy 2023

TIIVISTELMÄ

Torvinen, T. 2023. Kuukautiskiertoon mukautetun vs. perinteisen kestävyysharjoittelun vaikutukset veren rasva-arvoihin ja kehon rasvamassaan. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, 50 s.

Kuukautiskierron aikaiset hormonipitoisuuksien vaihtelut aiheuttavat kuukautiskierrolle ominaiset vaiheet. Kuukautiskierron mukana tulevat vaihtelut saattavat vaikuttaa hiilihydraatti- ja rasva-aineenvaihduntaan sekä levossa että harjoittelun aikana. Estrogeeni- ja progesteronipitoisuuksien vaihteluiden vaikutusta tulee tutkia niin suorituskyvyn kannalta kuin terveyteen vaikuttavien tekijöiden vuoksi naisurheilijoilla sekä liikuntaa harrastavilla naisilla. Kuukautiskierron mukautetussa harjoittelussa tietyssä kierron vaiheessa painotetaan harjoittelun volyyimia tai intensiteettiä suhteessa muihin kierron vaiheisiin. Korkeaintensiteettisen intervalliharjoittelun (HIIT) on todettu olevan tehokas keino kehittää maksimaalista hapenottoa sekä vähentää kehon rasvamassan määrää. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, havaitaanko eroa kehonkoostumuksen sekä veren rasva-arvojen muutoksissa perinteisen kestävyysharjoittelun ja kuukautiskierron mukautetun kestävyysharjoittelun välillä.

Tutkittavat jaettiin kolmeen eri ryhmään: kontrolliryhmä ($n = 9$), joka suoritti kestävyysharjoittelua tasaisesti koko jakson ajan (CON), luteaalivaiheen ryhmä ($n = 10$), joka painotti harjoittelua kierron luteaalivaiheeseen (LP) sekä follikulaarivaiheen ryhmä ($n = 10$), joka painotti harjoittelua kierron follikulaarivaiheeseen (FP). Tutkimukseen osallistui 29 naista (ikä $30,0 \pm 4,2$ vuotta, BMI $24,3 \pm 2,9$ kg/m²). Tutkittavat suorittivat 16 viikon harjoitusjakson, joka sisälsi 8 viikon kohtuukuormitteisen kestävyysharjoitusjakson (MIET) ja 8 viikon korkeaintensiteettisen intervalliharjoitusjakson (HIIT). Kehonkoostumusta mitattiin kolmessa eri mittapisteessä bioimpedanssilla ja ympärystimitoilla (olkavarsi, vyötärö, lantio ja reisi) sekä kahdessa mittapisteessä DXA:lla. Veren rasva-arvot mitattiin kolmessa eri mittapisteessä paastoverinäytteestä kierron follikulaarivaiheessa. Ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin nonparametrisellä Kruskal-Wallis testillä sekä LP- ja FP-ryhmien välisiä eroja kahden eri harjoitusjakson jälkeen Mann-Whitney U -testillä.

Kontrolliryhmän sekä luteaali- ja follikulaarivaiheen ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) BMI:n, vyötärön ympäryksen, ja rasvamassan määrän muutoksessa. Tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) havaittiin ryhmien CON ja LP välillä vatsan alueen rasvamassan määrän muutoksessa. Kontrolliryhmällä muutokset rasvamassan määrässä sekä muissa kehonkoostumuksen muutoksissa olivat suurempia verrattuna luteaali- ja follikulaari-ryhmiin. Veren rasva-arvoissa tai niiden muutoksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien tai mittapisteiden välillä. LP- ja FP-ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero reiden ympärysmittan muutoksessa MIET-harjoitusjaksolla: LP-ryhmän reiden ympärysmitta pieneni (-0,4 cm) ja FP-ryhmän kasvoi (+1,7 cm).

Tulosten perusteella perinteinen kestävyysharjoittelu voisi olla tehokkaampi keino vähentää kehon rasvamassaa 16 viikon harjoitusjakson aikana verrattuna kuukautiskierron mukautettuun kestävyysharjoitteluun. Myös luteaalivaiheeseen painotettu kestävyysharjoittelu aiheutti eroja ryhmien LP ja FP välillä MIET-jakson jälkeen. Lisää tutkimustietoa kaivataan etenkin eri ryhmien välisistä mahdollisista muutoksista sekä harjoittelun intensiteetin ja volyymin merkityksestä kuukautiskierron vaiheisiin painotetussa harjoittelussa.

Asiasanat: kuukautiskierto, kestävyysharjoittelu, kehonkoostumus, veren rasvat, estrogeeni

ABSTRACT

Torvinen, T. 2023. The effect of menstrual cycle mediated vs. traditional endurance training on blood lipid levels and body fat mass. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Exercise Physiology Master's thesis, 50 pp.

The hormonal fluctuations during the menstrual cycle result in distinct phases. These variations may affect carbohydrate and fat metabolism both at rest and during exercise. The impact of estrogen and progesterone fluctuations needs to be studied for both performance and health-related reasons among female athletes and physically active women. Menstrual cycle mediated training emphasizes the volume or intensity of training during specific phases of the menstrual cycle. High-Intensity Interval Training (HIIT) has been found to be an effective method for improving maximal oxygen uptake and reducing body fat mass. The purpose of this study was to determine if there were differences in changes in body composition and blood lipid levels between traditional endurance training and menstrual cycle mediated endurance training.

Participants were divided into three different groups: a control group ($n = 9$) that performed endurance training evenly throughout the entire period (CON), a luteal phase group ($n = 10$) that emphasized training during the luteal phase of the cycle (LP), and a follicular phase group ($n = 10$) that emphasized training during the follicular phase of the cycle (FP). The study included 29 women (age 30.0 ± 4.2 years, BMI 24.3 ± 2.9 kg/m²). Participants completed a 16-week training period, consisting of an 8-week moderate-intensity endurance training period (MIET) and an 8-week high-intensity interval training period (HIIT). Body composition was measured at three different time points using bioimpedance, and circumferences (upper arm, waist, hip and thigh) and at two time points using DXA. Blood lipid levels were measured at three different time points from fasting blood samples during the follicular phase of menstrual cycle. Differences between groups were assessed using the nonparametric Kruskal-Wallis test, and differences between menstrual cycle groups at two different time points were evaluated using the Mann-Whitney U test.

Statistically significant differences ($p < 0.05$) were observed between the control group and the luteal and follicular phase groups in the changes in BMI, waist circumference, and fat mass. A statistically significant difference ($p < 0.01$) was observed in the changes in abdominal fat mass between groups CON and LP. In the control group, the decrease in fat mass and other changes in body composition were greater compared to the luteal and follicular groups. No statistically significant differences were observed in blood lipid levels or their changes. A statistically significant difference was observed in the changes in thigh circumference between LP and FP groups after the MIET training period: the LP group showed a reduction (-0.4 cm), while the FP group showed an increase (+1.7 cm).

Based on the results, traditional endurance training may be a more effective of reducing body fat mass over a 16-week training period compared to menstrual cycle mediated training. Training emphasizing the luteal phase also resulted in differences between the LP and FP groups during the MIET period. More research is needed, especially on potential differences between different groups and the significance of training intensity and volume in cycle-phase-adapted training.

Keywords: menstrual cycle, endurance training, body composition, blood lipids, estrogen

KÄYTETYT LYHENTEET

AFM	android fat mass, vatsan alueen rasvamassa
ATP	adenosiinitrifosfaatti
BMI	body mass index, painoindeksi
DXA	dual-energy X-ray absorptiometry, kaksienerginen röntgenabsorptiomenetelmä
FFA	free fatty acids, vapaat rasvahapot
FFM	fat free mass, kehon rasvaton massa
FM	fat mass, kehon rasvamassa
FSH	follikkelia stimuloiva hormoni
HDL	high-density lipoprotein, korkean tiheyden lipoproteiini
HIIT	high-intensity interval training, korkeaintensiteettinen intervalliharjoittelu
HPO	hypothalamic-pituitary-ovarian axis, hypotalamus-aivolisäke-munasarja-akseli
LDL	low-density lipoprotein, matalan tiheyden lipoproteiini
LH	luteinisoiva hormoni
MIET	moderate-intensity endurance training, kohtuukuormitteinen kestävyysharjoittelu
VLDL	very low density lipoprotein, erittäin matalan tiheyden lipoproteiini
VO _{2max}	maximal oxygen consumption, maksimaalinen hapenottookyky

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	1
2	KUUKAUTISKIERTO	2
2.1	Kuukautiskiertoa säätelevät hormonit	2
2.2	Kuukautiskierron vaiheet.....	3
3	VEREN RASVAT	6
3.1	Kolesteroli	6
3.2	Triglyseridit	8
4	KESTÄVYYSHARJOITTELU.....	10
4.1	Kestävyysharjoittelun fysiologiset vasteet	10
4.2	Kestävyysharjoittelun intensiteetti	11
4.2.1	Kestävyysharjoittelun vaikutukset kehon rasvamassaan.....	13
4.2.2	Kestävyysharjoittelun vaikutukset veren rasvoihin.....	14
5	KUUKAUTISKIERTOON MUKAUTETTU HARJOITTELU.....	16
5.1	Kuukautiskierron vaihe ja energia-aineenvaihdunta	16
5.2	Kuukautiskiertoon mukautettu harjoittelu ja kehonkoostumus.....	18
5.3	Kuukautiskiertoon mukautettu harjoittelu ja veren rasvat.....	19
6	TUTKIMUSKYSYMYKSET	21
7	TUTKIMUSMENETELMÄT	23
7.1	Tutkittavat.....	23
7.2	Tutkimusasetelma.....	24
7.3	Aineiston keruu ja mittaukset.....	26
7.4	Tilastolliset analyysit.....	28
8	TULOKSET	29
8.1	16 viikon harjoitusjakson aikaiset muutokset.....	31

8.2 MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen aikaiset muutokset.....	35
9 POHDINTA.....	37
9.1 16 viikon harjoitusjakson aikaiset muutokset.....	37
9.2 MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen aikaiset muutokset.....	40
9.3 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet.....	41
9.4 Johtopäätökset	42
LÄHTEET	44

1 JOHDANTO

Kuukautiskierron aikana sukupuolihormonien pitoisuudet vaihtelevat eri vaiheiden mukaan. Estrogeeni ja progesteroni vaikuttavat kuukautiskierron ja lisääntymiskyvyn lisäksi useisiin eri biologisiin tehtäviin. Tutkimustiedon mukaan, kuukautiskierron aikainen hormonipitoisuuksien vaihtelu voisi vaikuttaa harjoitusvasteisiin, adaptaatioihin ja palautumiseen (Oosthuyse & Bosch 2010) sekä hiilihydraatti- ja rasva-aineenvaihduntaan levossa sekä harjoituksen aikana. (Hackney 2021) Estrogeenin ja progesteronin merkitystä harjoituksen aikaiseen energia-aineenvaihduntaan voidaan tarkastella kahdesta eri näkökulmasta. Tutkijat sekä tutkimukset jakautuvat kahteen eri koulukuntaan, joista toisen näkökulman mukaan kierron vaiheella ei ole merkitystä ja toisen näkökulman mukaan kierron vaihe ja hormonipitoisuuksien muutokset vaikuttavat energia-aineenvaihduntaan. (Hackney 2021) Rasvojen käyttö energianlähteenä on tehostunut kuukautiskierron luteaalivaiheessa, jonka vuoksi on mahdollista, että rasvojen tehostunut käyttö voisi pienentää rasvasolujen kokoa ja näin ollen vaikuttaa rasvamassan pieneneemiseen (Davis & Hackney 2017). Luteaalivaiheen korkeampi estrogeenipitoisuus ja siten tehostunut rasvojen käyttö energiaksi voisi teoriassa aiheuttaa suurempia muutoksia kehonkoostumukseen ja veren rasva-arvoihin kuukautiskierron mukautetussa harjoittelussa, erityisesti luteaalivaiheeseen painotetussa kestävyysharjoittelussa (Hackney 2021).

Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää, havaitaanko kehonkoostumuksen ja veren rasva-arvojen muutoksissa eroja kuukautiskierron mukautetun harjoittelun ja perinteisen kestävyysharjoittelun välillä. Tavoitteena on myös tarkastella sitä, havaitaanko kehonkoostumuksen ja veren rasva-arvojen muutoksissa eroja kuukautiskierron mukautettujen MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen välillä. Koska kuukautiskierron voi vaikuttaa harjoittelun fysiologisiin vasteisiin ja suorituskykyyn, on tärkeää selvittää mitkä tekijät näihin muuttujiin vaikuttavat. Kuukautiskierron mukaan jaksotettua harjoittelua sekä sen mahdollisia vaikutuksia tulee tutkia etenkin naisurheilijoilla, sekä liikuntaa harrastavilla naisilla. (Dasa ym. 2021)

Kuukautiskierron mukautetun kestävyysharjoittelun vaikutuksista liittyen kehon rasvamassaan ja veren rasvoihin ei ole saatavilla tutkimuksia, minkä vuoksi on tärkeää selvittää, onko kierron vaiheella vaikutusta yllä mainittuihin muuttujiin. Vaikutukset voivat olla merkittäviä suorituskyvyn, fysiologisten vasteiden ja terveyden kannalta. (Dupuit ym. 2020; Oosthuyse & Bosch 2010; Willett ym. 2021)

2 KUUKAUTISKIERTO

Kuukautiskierrolla kuvataan tapahtumasarjaa, jossa keho valmistautuu mahdolliseen raskauteen. Kuukautiskiertoa säätelevät hormonit ja niiden pitoisuudet muuttuvat murrosiästä aikuisikään sekä vaihdevuosiin eli menopausiin. Kuukautiskierron pituus on yksilöllinen, mutta se vaihtelee usein 24–38 päivän välillä ja on keskimäärin 28 päivää. Kuukautiskierto sisältää eri vaiheita, jotka määritellään kuukautiskiertoon liittyvien hormonipitoisuuksien vaihteluiden mukaan. (Elliott-Sale ym. 2021) Kuukautiskierto voidaan jakaa follikulaari- ja luteaalivaiheeseen, joiden välissä tapahtuu ovulaatio. Kierron vaiheen tai ovulaation tarkka seuranta voi olla haasteellista, sillä kesto vaihtelee yksilöiden välillä ja se voi vaihdella myös kuukautiskiertojen välillä. (Roos ym. 2015; Tiitinen 2021) Kuukautiskierron pituuteen ja vaihteluihin voivat vaikuttaa esimerkiksi nopea laihduttaminen, ylipaino, runsas liikunta tai jotkin sairaudet. Kuukautiskierron pituus ja hormonitasot toimivat naisilla lisääntymisterveyden indikaattoreina. (Roos ym. 2015)

2.1 Kuukautiskiertoa säätelevät hormonit

Kuukautiskierron ylläpitämiseen vaaditaan aivolisäkkeen normaali toiminta ja toimivat munasarjat, jotka reagoivat aivolisäkehormonien erittymiseen. Kuukautiskiertoa säätelevät useat eri hormonit, joista tärkeimpiä ovat follikkelia stimuloiva hormoni (FSH) ja luteinisoiva hormoni (LH). Kuukautisten ja lisääntymisjärjestelmän säätely koostuu hypotalamus-aivolisäke-munasarja (HPO)-akselista, joka on estrogeenin ja progesteronin tärkein säätelijä. Gonadotropiineja vapauttavaa hormonia (GnRH) eritetään hypotalamuksesta verenkiertoon, joka säätelee LH:n ja FSH:n vapautumista aivolisäkkeen etulohkosta. LH ja FSH sitoutuvat munasarjareseptoreihin, mikä saa aikaan estrogeenin ja progesteronin vapautumisen munasarjoista. (Tiitinen 2021)

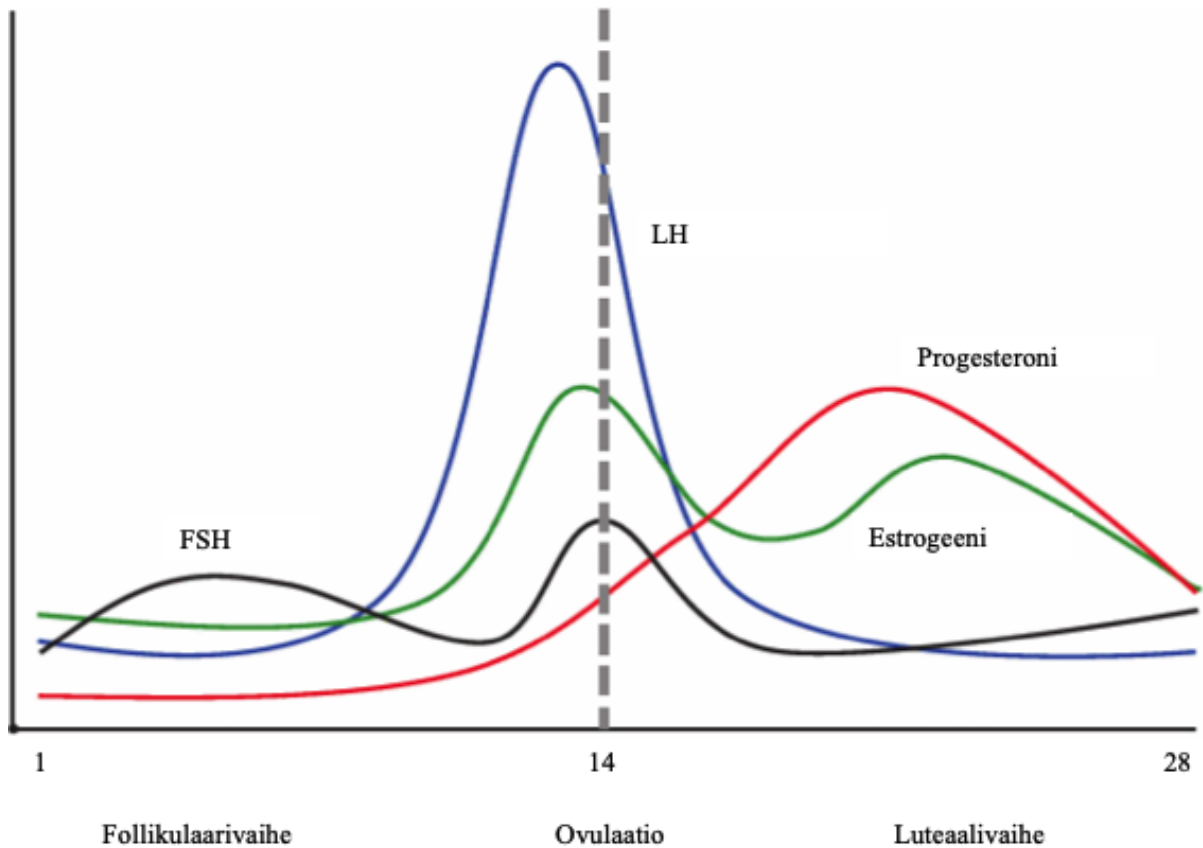
Estrogeenia ja progesteronia vapautuu vaihtelevin pitoisuuksin kuukautiskierron aikana, jonka seurauksena muodostuvat kierron follikulaari- ja luteaalivaiheet (Davis & Hackney 2017, 6). Progesteronin ja estrogeenin tuotantoa munasarjoissa säätelevät LH ja FSH, jotka ovat välttämättömiä kuukautiskierron ja munasarjojen toiminnalle. Kuukautiskierron aikana näiden hormonien eritysvaihtelee kierron vaiheiden mukaan. LH- ja FSH-pitoisuudet ovat korkeimmillaan ovulaation aikana. FSH stimuloi follikkelin eli munarakkulan kasvua follikkelivaiheessa.

LH-pitoisuuden nopea kasvu käynnistää ovulaation eli munasolun irtoamisen, kun munarakkula on kehittynyt. (Guyton & Hall 2011, 988–989)

Estrogeenitasot nousevat ja laskevat kahdesti kuukautiskierron aikana (Reed & Carr 2015). Estrogeeni on yleisnimitys estradiolille, estronille ja estriolille, joista estradioli on munasarjojen toiminnan kannalta tärkein estrogeeni. Estrogeenit säätelevät naisilla kohdun ja sen limakalvojen toimintaa. (Guyton & Hall 2011, 988–989) Progesteroni on tärkein progestiineihin kuuluva hormoni, jonka erityis lisääntyy kuukautiskierron loppuvaiheessa. Progesteronin tärkeimpiä tehtäviä on säädellä kuukautiskiertoa ja raskautta. (Salerni ym. 2015) Progesteronin tarkoituksena on myös valmistaa kohtu hedelmöittyneen munasolun varalle. Se muuttaa kohdun limakalvoa niin, että hedelmöittynyt munasolu pystyy kiinnittymään siihen. (Guyton & Hall 2011, 988–989) Jos munasolu ei hedelmöity, progesteronin tuotanto lakkaa ja se johtaa kuukautisvuodon alkamiseen. Munasolun hedelmöityessä progesteronin erityis jatkuu ja sen avulla ylläpidetään raskautta. (Salerni ym. 2015)

2.2 Kuukautiskierron vaiheet

Kuukautiskierron pituus määritetään kuukautisvuodon ensimmäisen päivän ja seuraavan vuodon alkamisen välille. Kuukautiskierto sisältää kaksi eri vaihetta: follikulaari- ja luteaalivaiheen, joiden välissä tapahtuu ovulaatio. Kierron luteaalivaihe on suhteellisen vakio, noin 14 päivää, mutta follikulaarivaiheen pituus vaihtelee 10–16 päivän välillä. (Reed & Carr 2015) Kuvassa 1 on esitelty kuukautiskierron vaiheet ja keskeisten hormonipitoisuuksien muutokset kierron aikana. Follikulaarivaiheessa ja ovulaation aikana FSH-pitoisuus nousee sekä LH-pitoisuuden piikki saavutetaan ovulaation aikana. Progesteronin ja estrogeenin pitoisuudet ovat korkeammalla luteaalivaiheessa verrattuna follikulaarivaiheeseen. Niiden pitoisuuksien lisääntyminen elimistössä alkaa follikulaarivaiheen lopussa ja ovulaation aikana. Estrogeenin pitoisuus on korkeammalla luteaalivaiheessa verrattuna follikulaarivaiheeseen, mutta ovulaation kohdalla havaitaan estrogeeniipiikki, jolloin estrogeenin pitoisuus elimistössä on korkeinta kuukautiskierron aikana. (Davis & Hackney 2017, 4)



KUVA 1. Kuukautiskierron vaiheet ja keskeisten hormonipitoisuuksien muutokset kierron aikana. FSH, follikkeliä stimuloiva hormoni; LH, lutenisoiva hormoni. (Mukailtu Davis & Hackney 2017, 4)

Follikulaarivaihe. Follikulaarivaiheen kesto on yksilöllinen, mutta se alkaa kuukautisvuodon ensimmäisestä päivästä ja kestää ovulaatioon saakka. Kuukautisvuoto alkaa, kun estradioli- ja progesteronitasot laskevat, mikäli hedelmöitymistä ei ole tapahtunut. (Reed & Carr 2015) Follikulaarivaiheen ensimmäisinä päivinä aivolisäkkeen erittämien LH:n ja FSH:n pitoisuudet kohoavat hieman. Etenkin FSH:n pitoisuuden nousu saa aikaan 6–12 primaarisen follikkelin eli munarakkulan kasvun. Muutaman päivää kestävä follikkelin kasvuvaiheen jälkeen granulosaolut alkavat erittää follikulaarista nestettä, joka sisältää estrogeenia. Follikkelin kasvua stimuloi pääasiassa vain FSH, mutta kasvun edetessä myös estradiolin määrän lisääntyminen aikaansaa follikkelin kehittymisen. Estrogeenitaso on matalammillaan kuukautisten ensimmäisinä päivinä, mutta pitoisuus alkaa kohota munarakkuloitten kasvaessa. FSH, estrogeeni ja LH ylläpitävät munarakkuloitten kehitystä, mutta lopulta vain yksi follikkeli kypsyy ja muut surkastuvat ennen ovulaatiota. (Guyton & Hall 2011, 989–990; Reed & Carr 2015)

Ovulaatio. Ovulaatio tapahtuu follikulaari- ja luteaalivaiheen välissä. Estrogeenin määrän lisääntyminen elimistössä aiheuttaa LH-pitoisuuden nopean nousun. LH-pitoisuuden kasvu aiheuttaa lopulta munasolun kypsymisen ja irtoamisen munarakkulasta munajohtimeen. LH-pitoisuuden kasvu on välttämätön ovulaation tapahtumiselle, huolimatta FSH:n suuresta pitoisuudesta. Noin kaksi päivää ennen ovulaatiota LH:n erityis aivolisäkkeen etuosasta lisääntyy 6–10 kertaiseksi ja on huipussaan noin 16 tuntia ennen ovulaatiota. Hormonipitoisuuksien muutokset ovat nopeita ovulaatiota edeltävinä hetkinä sekä sen jälkeen. (Guyton & Hall 2011, 989–990) Ovulaatio tapahtuu noin 10–12 tuntia LH-pitoisuuden nopean kasvun jälkeen. LH-pitoisuuden nousu myös stimuloi progesteronin synteesiä. (Reed & Carr 2015)

Luteaalivaihe. Ovulaation jälkeen alkaa kuukautiskierron toinen vaihe, luteaalivaihe, joka kestää seuraavan kuukautisvuodon alkuun asti. Ovulaation jälkeen munarakkula alkaa erittää progesteronia. Progesteronin tehtävänä on valmistaa kohdun limakalvo hedelmöittynyttä munasolua varten. Noin viikon päästä ovulaatiosta puhjenneesta munarakkulasta muodostuu keltarauhanen. Keltarauhasesta erittyy progesteronia ja estrogeenia, joiden vuoksi FSH:n ja LH:n erityis pisyys matalana palautevaikutuksen aiheuttamana. (Guyton & Hall 2011, 989–990) Luteaalivaiheessa estrogeenin pitoisuus nousee vaiheen puolivälissä ja se laskee kuukautiskierron lopussa. Progesteronin ja estrogeenin määrän väheneminen luteaalivaiheen lopussa saa aikaan uuden kuukautisvuodon alkamisen ja uusien follikkeleiden kasvun FSH:n ja LH:n käynnistämänä. (Reed & Carr 2015)

3 VEREN RASVAT

Veren rasva-aineita eli lipidejä ovat kolesteroli, triglyseridit ja fosfolipidit. Triglyseridejä käytetään pääasiallisesti energiana kehon erilaisiin aineenvaihdunnallisiin prosesseihin. Kolesterolia ja fosfolipidejä käytetään kehossa mm. solukalvojen osana, hormonien valmistuksessa ja muussa solun toiminnassa. Kolesteroli ja triglyseridit eivät liukene veteen, joten niitä ei voida kuljettaa verenkierrossa sellaisenaan. Lipoproteiinit ovat vesiliukoisia hiukkasia, jotka kuljettavat veressä kehon rasvaliukoisia aineita, kuten kolesterolia. (Guyton & Hall 2011, 820–821) Veren poikkeavat rasva-arvot eli dyslipidemiat ovat huomattava riski sydän- ja verenkiertoelimestön sairauksien syntymiselle. Lääkehoito ja ruokavalio ovat edelleen tavallisimpia keinoja, joilla pyritään hallitsemaan poikkeavia veren rasva-arvoja sekä niiden aiheuttamia ongelmia. On kuitenkin todettu, että fyysisellä aktiivisuudella ja harjoittelulla olisi sydän- ja verenkiertoelimestön terveyttä edistävä vaikutus. Fyysinen aktiivisuus sekä harjoittelu voivat myös auttaa hallitsemaan poikkeavia veren rasva-arvoja. (Trejo-Gutierrez & Fletcher 2007)

3.1 Kolesteroli

Kolesteroli on rasvaliukoinen aine, joten se ei liukene veteen. Kolesterolin kulkeutuminen veressä vaatii kuljetusproteiinin eli lipoproteiinin. Lipoproteiineja on olemassa neljä päätyyppiä, jotka luokitellaan niiden tiheyden mukaan: VLDL (very low density lipoprotein), IDL (intermediate-density lipoprotein), LDL (low-density lipoprotein) ja HDL (high-density lipoprotein). VLDL-kolesteroli sisältää suuren pitoisuuden triglyseridejä ja kohtalaisesti kolesterolia ja fosfolipidejä. LDL-kolesteroli kuljettaa suurimman osan veren kolesterolistä ja sen avulla kolesteroli kulkee verestä kudoksiin. Sen sijaan HDL-kolesteroli kuljettaa kolesterolia pois kudoksista ja sisältää suuren pitoisuuden proteiineja, mutta verrattuna muihin lipoproteiineihin, vain vähän kolesterolia ja fosfolipidejä. (Feingold 2015; Guyton & Hall 2011, 821)

Veren plasman kolesterolipitoisuuteen vaikuttavat useat eri tekijät, kuten ravinto, insuliinin ja kilpirauhashormonin määrä sekä kolesteroliaineenvaihdunnan geneettiset häiriöt. Ruuan mukana saadun kolesterolin määrä kohottaa plasman kolesterolipitoisuutta hieman. Kohonnutta kolesterolipitoisuutta säädellessään kuitenkin luontaisen palautesäätelyn avulla, joten plasman kolesterolipitoisuus ei usein muutu merkittävästi. Kuitenkin tyydyttyneiden rasvojen nauttiminen nostaa veren kolesterolipitoisuutta 15–25 %, etenkin kun se liittyy liialliseen painonnousuun.

Tyydyttymättömien rasvahappojen nauttiminen yleensä laskee veren kolesterolipitoisuutta. Myös insuliinin puute ja geneettiset aineenvaihduntahäiriöt nostavat veren kolesterolipitoisuuksia. (Guyton & Hall 2011, 827)

VLDL kuljettaa maksassa syntetisoituja triglyseridejä pääasiassa rasvakudokseen. VLDL eroaa muista lipoproteiineista, sillä muiden tehtävänä on erityisesti fosfolipidien ja kolesterolin kuljetus maksasta kudoksiin tai toisin päin. (Feingold 2015) Matalan tiheyden lipoproteiini (LDL) metaboloituu VLDL:stä eri vaiheiden kautta, jolloin jäljelle jää vain kolesterolia, sillä VLDL on luovuttanut triglyseridit rasvakudokselle. LDL sisältää enää kolesterolia kuljettajaproteiinin lisäksi. LDL kuljettaa suurimman osan verenkierrossa ilmenevästä kolesterolista ja LDL-partikkelien suuren määrän on havaittu liittyvän etenkin liikalihavuuteen ja alhaisiin HDL-tasoihin. Kohonneen LDL-kolesterolipitoisuuden on myös todettu olevan yhteydessä sydän- ja verisuonitauteihin. Pienet ja tiheet LDL-partikkelit sitoutuvat tehokkaammin valtimon seinämiin ahtauttaen verisuonia, mikä heikentää veren kulkua suonessa. Valtimon sisätilan kapeneminen voi pahimmillaan aiheuttaa verisuonen tukkeutumisen kokonaan. (Feingold 2015)

HDL-kolesterolia muodostetaan muiden lipoproteiinien tavoin maksassa, mutta tämän lisäksi sitä muodostetaan pieniä määriä myös suoliston epiteelissä rasvahappojen imeytyessä suolistosta. HDL-kolesterolin tehtävänä on kuljettaa fosfolipidejä (Feingold 2015) ja kolesterolia pois kudoksista, esimerkiksi pois valtimon seinämistä. (Guyton & Hall 2011, 821) Kolesterolin kuljetus pois solusta alkaa HDL:n muodostamisella maksassa ja suolistossa. HDL:llä on merkittävä rooli kolesterolin kuljetuksessa perifeerisistä kudoksista maksaan, mikä voi ehkäistä ateroskleroosin eli valtimokovettumataudin syntyä. (Feingold 2015)

Inaktiivinen elämäntyyli sekä dyslipidemiat eli rasva-aineenvaihdunnan häiriöt, joissa jokin veren rasva-arvoista ei ole suositusten mukainen ovat tunnetuimpia riskitekijöitä sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksille. Ateroskleroosin, sydänkohtauksen ja aivohalvauksen riskien on todettu kasvavan, mikäli LDL-kolesterolitasot ovat korkeat ja HDL-kolesterolitasot alhaiset. (Doewes ym. 2022) Dyslipidemioiden hoidon tavoitteena on ehkäistä erilaisia valtimotauteja, kuten sepelvaltimo-, aivovaltimo- ja ääreisvaltimotautia. Hoito perustuu usein elämäntapamuutoksiin, terveelliseen ravintoon, säännölliseen liikuntaan ja ylipainoisilla laihduttamiseen. Veren rasva-arvojen poikkeavuuteen on määritetty raja-arvot, joiden ylittyessä valtimotautien riski on merkittävästi suurentunut. Rasva-arvot ovat poikkeavia, mikäli kokonaiskolesterolia on yli

5,0 mmol/l, LDL-kolesteroli yli 3,0 mmol/l ja HDL-kolesteroli naisilla alle 1,2 mmol/l. (Tarnanen ym. 2021)

3.2 Triglyseridit

Triglyseridit ovat veressä kiertäviä rasvoja, joita käytetään elimistön energianlähteenä. Ylimääräinen triglyseridi varastoidaan rasvakudokseen. Triglyseridi muodostuu glyserolista ja siihen liittyneestä kolmesta rasvahaposta. Usein elimistön solut valmistavat sitä itse, mutta sitä on myös mahdollista saada ravinnon kautta. Rasvaa varastoituu pääasiassa kehon rasvakudokseen ja maksaan. Rasvakudoksen päätehtävänä on triglyseridien varastointi, kunnes sitä tarvitaan energian tuottamiseen kehossa. (Guyton & Hall 2011, 819)

Eksogeeninen lipoproteiinireitti alkaa ravinnosta saatujen lipidien sitomisella kylokromiin. Kylokromi on lipoproteiineihin kuuluva luokka, joka koostuu proteiineista, kolesterolista ja triglyserideistä. Kylokromit kuljettavat rasvoja ruuansulatuskanavasta verenkiertoon, josta ne siirtyvät rasvakudokseen ja maksaan. Lipolyysissä eli triglyseridien hajotuksessa rasvahapot ja glyseroli vapautuvat verenkiertoon. (Guyton & Hall 2011, 819) Vapaat rasvahapot (free fatty acids) toimivat tärkeänä osana kehon eri kudosten energianlähteitä. Vapailla rasvahapoilla on myös muita tehtäviä energianlähteenä toimimisen lisäksi, kuten osallistuminen geeniekspressioon ja reseptorien signalointiin sekä elimistön energia-aineenvaihdunnan homeostaasin säätelyminen erilaisissa fysiologisissa tilanteissa. (Kimura ym. 2020)

Plasman vapaiden rasvahappojen pitoisuus lisääntyy usein ylipainon seurauksena ja sen on havaittu olevan koholla, etenkin vatsan ja ylävartalon alueen liikalihavuudessa. Plasman vapaiden rasvahappojen pitoisuuden on havaittu olevan suurempaa ylipainoisilla naisilla verrattuna normaalipainoisiin naisiin. Painonpudotuksen on myös todettu vähentävän veren rasvahappojen pitoisuutta. (Henderson 2021) Jos rasvan käyttö solun energianlähteenä lisääntyy, vaikuttaa se suoraan myös vapaiden rasvahappojen pitoisuuteen veressä (Guyton & Hall 2011, 819).

Triglyseridien suurentunut pitoisuus veressä yhdessä kohonneen LDL-kolesterolin ja laskeneen HDL-kolesterolin pitoisuuden kanssa muodostavat riskin sydän- ja verisuonitautien muodostumiselle (Williams ym. 2014). Hypertriglyseridemia eli suurentunut triglyseridipitoisuus on riski

valtimotaudin ilmenemiselle, sillä pienikokoisten triglyseridejä sisältävien hiukkasten kolesteroli voi kertyä valtimon seinämiin. Triglyseridipitoisuuden raja-arvona pidetään 1,7 mmol/l, jonka ylittyessä sen arvo on normaalista poikkeava. Plasman triglyseridipitoisuuden vähentäminen sekä HDL-kolesterolipitoisuuden lisääminen voidaan toteuttaa elintapamuutosten avulla. Energiansaannin vähentäminen sekä liikunnan lisääminen ovat tehokkain keino vaikuttaa veren rasva-arvoihin ylipainoisilla ihmisillä laihtumisen myötä. (Tarnanen ym. 2021)

4 KESTÄVYYSHARJOITTELU

Kestävyysharjoittelu on etenkin suuria lihasryhmiä kuormittavaa, yleensä pitkäkestoista sekä aineenvaihduntaa ja hengitys- ja verenkiertoelimistöä kehittävää harjoittelua. Kestävyysharjoittelu aiheuttaa muutoksia sydän- ja verenkiertoelimistössä, hermolihasjärjestelmässä sekä aineenvaihdunnassa. Kestävyys voidaan määritellä kyvyksi ylläpitää tiettyä nopeutta tai tehoa mahdollisimman pitkään. Kestävyysharjoittelun aiheuttamat muutokset kehittävät kestävyys-suorituskykyä mm. tehostuneen aerobisen adenosiinitrifosfaatin (ATP) uudelleenmuodostuksen ja sydämen iskutilavuuden kasvun kautta. (Laurson 2010) Kestävyysharjoittelu saa aikaan adaptaatioita hengitys-, sydän- ja verenkiertoelimistössä, joiden vaikutuksesta hapen kulkeutuminen lihaksiin tehostuu lisääntyneen hiussuonituksen vuoksi. Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavat useat eri fysiologiset tekijät, mutta tärkeimpinä voidaan pitää maksimaalista hapenottoa (VO_{2max}), aerobista ja anaerobista kynnystä, hermolihasjärjestelmän suorituskykyä sekä taloudellisuutta. (Jones & Carter 2000) Kestävyysharjoittelu voidaan karkeasti jakaa korkeaintensiteettiseen ja matalaintensiteettiseen harjoitteluun, joiden molempien on todettu kehittävän kestävyysuorituskykyä (Laurson 2010).

4.1 Kestävyysharjoittelun fysiologiset vasteet

Kestävyysharjoittelun avulla saadaan aikaan sydän- ja verenkiertoelimistön adaptaatioita, kardiometabolisten riskitekijöiden vähenemistä sekä VO_{2max}:n kehittymistä. Kestävyysharjoittelu kehittää muun muassa kykyä kuljettaa happea elimistöön (esim. sydämen minuuttitulavuuden kasvun kautta), hapen diffuusiota työskenteleviin lihaksiin (kapillaaritiheys, solukalvon läpäisevyys, lihasten myoglobiinipitoisuus) ja ATP:n muodostumista. (Rueggsegger & Booth 2018)

VO_{2max} eli maksimaalinen hapenottoa kuvaava sydän- ja verenkiertoelimistön kykyä kuljettaa happea ja lihasten kykyä käyttää sitä energiantuottoon maksimaalisessa suorituksessa. VO_{2max}:n on todettu olevan yhteydessä maksimaaliseen sydämen minuuttitulavuuteen. Kestävyysharjoittelun adaptaatiot johtavat siihen, että valtimo-laskimohappipero suurenee, eli verenkierron olevaa happea käytetään tehokkaammin energiantuottoon. Lisäksi sydämen iskutilavuus kehittyä sekä veren kokonaishemoglobiinimäärä lisääntyy. (Jones & Carter 2000) Kestävyysharjoittelun

aiheuttamat muutokset maksimaalisessa hapenottokyvyssä ovat yksilöllisiä ja riippuvat myös kestävyysharjoituksen tyypistä (Milanović 2015).

Suorituksen taloudellisuudella kuvataan tietyn tehon tai nopeuden energiantarvetta, eli sitä, kuinka paljon happea kulutetaan tietyllä intensiteetillä. Sen on todettu olevan yhteydessä kestävyysuorituskykyyn. (Rosenblat ym. 2019) Submaksimaalisessa suorituksessa tietyn intensiteetin taloudellisuus voi erota yksilöiden välillä, vaikka maksimaalinen hapenottokyky olisikin samanlainen. Suorituksen taloudellisuuden kehittyminen kestävyysharjoittelun seurauksena voi johtua mm. parantuneesta lihasten oksidatiivisesta kapasiteetista ja motoristen yksiköiden rekrytointitavoista, harjoituksen aikaisen ventilaation ja sykkeen alenemisesta samalla intensiteetillä tai parantuneesta tekniikasta. (Jones & Carter 2000) Kestävyysharjoittelu aiheuttaa myös lukuisia muutoksia luurankolihasissa, joilla on merkittäviä vaikutuksia kestävyysuorituskyvyn kannalta. Lihasten aerobinen kapasiteetti kehittyy, sillä mitokondrioiden koko, määrä ja entsyymiaktiivisuus kasvavat. Myös lihasten hiussuonituksen määrä lisääntyy, mikä johtaa esimerkiksi hapen vaihdon tehostumiseen lihasten ja veren välillä. Lisääntynyt hiussuonitus, mitokondrioiden biogeneesi ja hengityselimistön adaptaatiot vaikuttavat yhdessä kestävyysuorituskyvyn kehittymiseen. (Hughes ym. 2018)

4.2 Kestävyysharjoittelun intensiteetti

Kestävyysharjoittelu voidaan jakaa korkeaintensiteettiseen lyhytkestoiseen ja matalaintensiteettiseen pitkäkestoiseen harjoitteluun (Laursen 2010). Perinteinen kestävyysharjoittelu perustuu harjoitteluun, joka suoritetaan aerobisen kynnyksen alapuolella. Aerobinen kynnyks kuva työskentelytehoa, jolla veren laktaattipitoisuus nousee perustasostaan ensimmäisen kerran. Peruskestävyysuorituksessa, eli aerobisen kynnyksen alapuolella tapahtuvassa harjoituksessa lähes kaikki energia tuotetaan aerobisesti. (Helgerud ym. 2007) Intervalliharjoittelu on kestävyysuorituksen muoto, jossa suoritetaan toistuvia lyhyitä korkeaintensiteettisiä suorituksia, jotka erotetaan toisistaan palautuksilla. HIIT-harjoituksessa (high-intensity interval training) intensiteetti on lähellä maksimaalista hapenottokykyä. MIET-harjoittelu (moderate-intensity endurance training) kuva pidempikestoista harjoittelua, noin 45–65 % VO_{2max} :sta. (Helgerud ym. 2007)

Tutkimukset osoittavat sydän- ja verenkiertoelimistön adaptoitumisen harjoitteluun olevan intensiteettispesifistä (Schoenfeld & Dawes 2009). HIIT-harjoittelun on todettu olevan tehokas keino kehittää sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaa, sillä sen on osoitettu parantavan mm. maksimaalista hapenottokykyä. Harjoittelemattomilla on kuitenkin havaittu, että myös matalaintensiteettinen harjoittelu voi kehittää maksimaalista hapenottokykyä. (Daussin ym. 2008) Useissa tutkimuksissa HIIT-harjoittelun on todettu kasvattavan sydämen minuutti- ja iskutilavuutta enemmän kuin MIET-harjoittelun (Daussin ym. 2008; Helgerud 2007; Laursen & Jenkins 2002). Esimerkiksi Daussinin ym. (2008) tutkimuksessa maksimaalinen hapenottokyky kasvoi harjoittelemattomilla naisilla ja miehillä 15 % kahdeksan viikon HIIT-harjoitusjakson jälkeen. Perinteisen kestävyysharjoitusjakson jälkeen harjoittelemattomilla VO_{2max} kehittyi 9 %. Harjoittelemattomilla tutkittavilla HIIT-harjoittelu kehitti enemmän maksimaalista hapenottokykyä kuin perinteinen kestävyysharjoittelu, mutta myös matalamman intensiteetin harjoitusjakson avulla voitiin kehittää maksimaalista hapenottokykyä. (Daussin ym. 2008)

Lyhyissä harjoitusinterventioissa on todettu, että HIIT-harjoittelu on tehokkaampi tapa kehittää maksimaalista hapenottokykyä, kuin perinteinen kestävyysharjoittelu (Milanović ym. 2015). Intervalliharjoittelulla saadaan aikaiseksi muutoksia maksimaalisessa hapenottokyvyssä, vaikka määrällisesti harjoittelu on vähäisempää verrattuna perinteiseen kestävyysharjoitteluun. Milanovićin ym. (2015) mukaan HIIT-harjoittelulla olisi mahdollisesti pieniä etuja VO_{2max} :n kehittämiseen verrattuna perinteiseen kestävyysharjoitteluun. Vaikka HIIT-harjoittelun on todettu olevan aikaa säästävä ja tehokas keino kehittää kestävyysuorituskykyä ja sen muuttujia, ovat tutkimusten tulokset myös moninaisia, kun verrataan MIET- ja HIIT-harjoittelua. HIIT-harjoittelun on todettu olevan tehokkaampi keino kehittää VO_{2max} :a, mutta vertailtaessa sen etuja MIET-harjoitteluun, tulee ottaa huomioon harjoituksen kesto, määrä ja intensiteetti. (Syamsudin ym. 2021) HIIT-harjoituksen intervallien ja palautuksien kestot vaikuttavat kestävyysominaisuuksien kehittymiseen suhteessa MIET-harjoitteluun, sillä intervallien tulee olla ajallisesti riittävän pitkiä (> 2 min), jotta saavutetaan kestävyysharjoittelun adaptaatioita. HIIT-harjoittelun on todettu vaikuttavan myös veren lipidiarvoihin ja mahdollisesti myös kehonkoostumukseen, mutta tulokset eivät ole osoittautuneet yksiselitteisiksi. (Su ym. 2019)

4.2.1 Kestävyysharjoittelun vaikutukset kehon rasvamassaan

Aiemmin oletettiin, että rasvakudoksen tehtävänä olisi vain energian varastointi, mutta sillä on monia muitakin fysiologisia tehtäviä. Rasvakudos voidaan jakaa valkoiseen ja ruskeaan rasvakudokseen. Valkoinen rasvakudos varastoi energiaa lipidien muodossa, osallistuu hormonien tuotantoon ja eritykseen sekä immuunitoimintoihin. Valkoista rasvakudosta ilmenee etenkin viskeraalirasvana sisäelinten ympärillä. Säännöllinen harjoittelu vaikuttaa rasvasolujen kokoon sekä mitokondrioiden aktiivisuuteen rasvakudoksessa. Liikuntaharjoittelu vähentää rasvasolujen kokoa sekä rasvalipidipitoisuutta, joten liikuntaharjoittelun kautta välittyvä rasvan mobilisaatio aiheuttaa siten rasvamassan vähenemistä. (Lehning & Stanford 2018) Liikunnan ensisijainen vaikutus rasvakudokseen on katekoliamiinien aiheuttama vapaiden rasvahappojen vapauttaminen energialähteeksi. Kestävyysharjoittelu aiheuttaa fysiologisia muutoksia rasvasolujen uudistamisessa, rasvahappojen mobilisaatiossa ja hapettumisessa harjoituksen aikana sekä mitokondrioiden aineenvaihdunnan säätelyssä. (Giolo De Carvalho & Sparks 2019)

Harjoituksen intensiteetti vaikuttaa myös harjoittelun aikaansaamiin muutoksiin kehonkoostumuksessa. Kohtalaisen intensiteetin aerobisen harjoittelun on todettu vähentävän kehon massaa, jopa ilman terveyttä edistävän ruokavalion toteuttamista. Myös HIIT-harjoittelun avulla voidaan vähentää rasvamassan määrää. (Beqa Ahmeti ym. 2020) Keatingin ym. (2017) mukaan HIIT-harjoittelulla saadaan aikaan samanlaisia muutoksia kehon rasvamassassa ja kehonkoostumuksessa kuin perinteisen kestäväysharjoittelun avulla. Jotta rasvamassan vähentyminen olisi yhtä suurta, HIIT-harjoittelua tulisi tehdä yhtä paljon ajallisesti sekä energiankulutuksen tulisi olla samanlainen kuin MIET-harjoittelussa (Keating ym. 2017). Matalan tai kohtalaisen intensiteetin (30–45 min/viikko) kestäväysharjoitukset ovat osoittautuneet tehokkaaksi keinoksi vähentää kehon rasvamassaa ja parantaa hiilihydraattiaineenvaihduntaa. Tämä voi mahdollisesti johtua siitä, että matalan intensiteetin harjoitteluun liittyy tehokkaampi lipidien hapettuminen kuin korkean intensiteetin harjoittelussa etenkin ylipainoisilla ihmisillä. (McGarrah ym. 2016) Yleisesti MIET-harjoittelussa energiankulutus on pienempää, mutta suurempi osuus energiasta saadaan rasvoja hapettamalla (Keating ym. 2017).

Toisaalta on myös todettu, että HIIT-harjoittelu olisi tehokkaampi keino vähentää rasvamassan määrää kuin matalan intensiteetin harjoittelu (Bega Ahmeti ym. 2020). Harjoittelun aiheuttaman painonpudotuksen uskotaan pääosin johtuvan lisääntyneestä energiankulutuksesta varsi-

naisen harjoituksen aikana. Kuitenkin Windingin ym. (2018) mukaan HIIT-harjoittelun aiheuttama kehon rasvamassan ja sisäelinten rasvan määrän väheneminen oli tehokkaampaa tutkittavilla HIIT-ryhmässä verrattuna perinteisen kestävyysharjoittelun suorittaneisiin. Tämä voi johtua lisääntyneestä energiankulutuksesta HIIT-harjoittelun palautumisvaiheessa sekä plasman katekoliamiinitasoista, mikä johtaa tehostuneeseen lipolyysiin eli triglyseridien hajottamiseen glyseroliksi ja vapaiksi rasvahapoiksi harjoituksen jälkeen. (Winding ym. 2018) Keatingin ym. (2017) mukaan HIIT-harjoittelun vaikutukset liittyvätkin hormonaalisesti ohjattuun lipolyysiin, ei niinkään vapaiden rasvahappojen hapettumisnopeuteen. HIIT-harjoittelulla on useita etuja rasvamassan määrän vähenemiseen, jotka johtuvat todennäköisesti hormonaalisten tekijöiden (aineenvaihdunnan muutokset) lisäksi harjoituksen jälkeisestä lisääntyneestä hapenkulutuksesta (EPOC) ja ruokahaluvasteiden muutoksista. (Keating ym. 2017)

4.2.2 Kestävyysharjoittelun vaikutukset veren rasvoihin

Kestävyysharjoittelulla on vaikutuksia veren lipidipitoisuuksiin sekä kardiovaskulaarisen riskin ennaltaehkäisyyn. Kestävyysharjoittelua suositellaan myös hoitomuotona hyperlipidemiaan eli kohonneeseen veren rasvapitoisuuteen. Kestävyysharjoittelun aikaansaamat vaikutukset seerumin lipideissä eroavat tutkimusten välillä (Fikenzer 2018; Gordon ym. 2014; Kelley ym. 2005). Fikenzerin ym. (2018) mukaan erot tutkimusten välillä voivat selittyä sillä, että harjoitusinterventiot eroavat laajasti toisistaan, jonka vuoksi olisi hyvä tarkastella eri harjoitusprotokollien vaikutusta veren lipidimuutoksiin.

Fikenzerin ym. (2018) katsausartikkelissa tarkasteltiin 61:tä tutkimusta ja niiden tuloksia liittyen kestävyysharjoittelun aiheuttamiin muutoksiin veren lipideissä. HDL-kolesterolipitoisuuden kasvu ja muutos kokonaiskolesterolipitoisuudessa olivat yhteydessä kestävyysharjoittelujaksoon. Harjoittelu, joka ei johtanut VO_{2max} :n muuttumiseen tai muiden fysiologisten muuttujien kehittymiseen ei myöskään vaikuttanut seerumin lipidiprofiiliin lyhyellä aikavälillä. Kestävyysharjoittelulla voidaan kuitenkin vaikuttaa suotuisasti HDL-kolesterolin, LDL-kolesterolin ja triglyseridien pitoisuuksiin. (Fikenzer ym. 2018) Kahdeksan viikon kestävyysharjoittelujakson jälkeen tutkittavilla havaittiin positiivisia muutoksia veren lipidiarvoissa verrattuna kontrolliryhmään (Beqa Ahmeti ym. 2020). Tutkimuksessa, joka sisälsi vain naistut-

kittavia, suoritettiin 16 viikon kestävyysharjoittelujakso. Intervention jälkeen havaittiin tilastollisesti merkitsevää kasvua HDL-kolesterolipitoisuudessa sekä laskua triglyseridipitoisuuksissa. (LeMura ym. 2000)

Myös kestävyysharjoittelun intensiteetin vaikutusta veren lipidiarvoihin on tutkittu (Su ym. 2019). Esimerkiksi LDL-kolesterolipitoisuuden aleneminen harjoittelun seurauksena näyttäisi olevan riippuvainen harjoittelun intensiteetistä (Fikenzer ym. 2018). Sunin ym. (2019) tutkimuksessa veren lipidiarvoissa ei todettu tilastollisesti merkitseviä muutoksia kahden erilaisen, HIIT- ja MIET-harjoittelujaksojen jälkeen. Molempien harjoitusjaksojen jälkeen veren kokonaiskolesterolipitoisuus kuitenkin laski ja HIIT-harjoitusjakson jälkeen veren LDL-kolesterolin määrän väheneminen oli suurempaa verrattuna MIET-harjoitteluun. Vaikka eri harjoitusjaksojen tulokset olivat samankaltaisia, voi olla, että HIIT-harjoittelu ehkäisee tehokkaammin LDL-kolesterolin kertymistä verisuoniin. (Su ym. 2019)

Tutkimusten perusteella kestävyysharjoittelu vaikuttaa positiivisesti etenkin HDL-kolesterolipitoisuuksiin sekä veren triglyseridipitoisuuksiin. Liikunnan mahdollisia positiivisia vaikutuksia on myös havaittu LDL-kolesterolin ja kokonaiskolesterolin osalta, mutta havainnot ovat vähäisempiä. Harjoittelun aiheuttamaan HDL-kolesterolipitoisuuden muutoksiin vaaditaan sekä korkeavolyymista, että korkeaintensiteettistä harjoittelua, jotta voidaan havaita merkittäviä muutoksia. HDL-kolesteroli muutoksiin voivat harjoittelun lisäksi vaikuttaa yksilölliset tekijät, esimerkiksi kehon rasvamassan määrä sekä HDL-kolesterolipitoisuuden lähtötaso. (Trejo-Gutierrez & Fletcher 2007) Korkein HDL-kolesterolin vaste (+ 4,9 %) havaittiin Couillardin ym. (2001) tutkimuksessa henkilöillä, joiden HDL-kolesterolin lähtötaso oli alhainen ja triglyseriditaso korkea. Näillä tutkittavilla havaittiin myös harjoitusjakson jälkeinen suurin muutos kehon rasvamassassa. On siis mahdollista, että kehon rasvamassan väheneminen on yhteydessä HDL-kolesterolin pitoisuuden kasvuun harjoitusjakson jälkeen. Vaikka kestävyysharjoittelu ei aiheuta suuria muutoksia LDL-kolesterolipitoisuuksissa, on sen todettu muuttavan LDL-kolesterolin hiukkaskokoa ja koostumusta. Liikunta vähentää esimerkiksi pienen, tiheän LDL-kolesterolin esiintymistä ja lisää suurempien, kelluvien LDL-kolesterolihiukkasten määrää. Pienen ja tiheän LDL-kolesterolin määrän väheneminen voi vaikuttaa sydän- ja verisuonitautien riskiin ja ilmenemiseen terveyden kannalta positiivisesti. (Trejo-Gutierrez & Fletcher 2007)

5 KUUKAUTISKIERTOON MUKAUTETTU HARJOITTELU

Kuukautiskiertoon liittyvissä hormonitasoissa tapahtuu muutoksia kierron eri vaiheiden mukaisesti. Koska kuukautiskierto voi vaikuttaa suorituskykyyn ja fysiologisiin vasteisiin, on tärkeää ymmärtää mitkä muuttujat näihin tekijöihin vaikuttavat. Kuukautiskierron vaikutusta suorituskykyyn ja säännöllisen harjoittelun aiheuttamiin muutoksiin tulee tutkia etenkin naisurheilijoilla, mutta myös liikuntaa harrastavilla naisilla. (Dasa ym. 2021) Kuukautiskiertoon mukautetulla harjoittelulla tarkoitetaan harjoittelun periodisaatiota, jolloin tietyssä kuukautiskierron vaiheessa harjoitellaan korkeammalla intensiteetillä tai volyyymilla verrattuna muihin vaiheisiin. Harjoittelu voidaan jaksottaa follikulaari- ja luteaalivaiheen välillä. (Hackney 2021)

Kestävyysharjoittelun periodisaatiota voidaan käyttää fyysisen suorituskyvyn kehittämisessä, tietyn ominaisuuden harjoittamisessa tai kilpailuihin valmistautumisessa (Issurin 2010). Kuukautiskierron vaiheella sekä kuukautiskiertoon mukautetulla harjoittelulla voi mahdollisesti olla vaikutusta esimerkiksi suorituskyvyn kehittymiseen, harjoitusvasteisiin sekä energia-aineenvaihduntaan kuukautiskierron aikaisten estrogeeni- ja progesteronihormonien pitoisuuksien muutoksien kautta. Sen vuoksi on tärkeää selvittää vaikuttavatko hormonipitoisuuksien muutokset kierron eri vaiheissa sekä kuukautiskiertoon mukautettu harjoittelu suoritettuun harjoitteluun ja vasteisiin. (Hackney 2021)

5.1 Kuukautiskierron vaihe ja energia-aineenvaihdunta

Estrogeeni ja progesteroni vaikuttavat kuukautiskierron ja lisääntymiskyvyn lisäksi useisiin eri biologisiin tehtäviin. Kuukautiskierrossa sukupuolihormonien pitoisuus vaihtelee eri vaiheiden mukaan. Nämä kuukautiskierron mukana tulevat vaihtelut voivat vaikuttaa hiilihydraatti- ja rasva-aineenvaihduntaan levossa sekä harjoituksen aikana. Estrogeenin ja progesteronin merkitystä harjoituksen aikaiseen energia-aineenvaihduntaan voidaan tarkastella kahdesta eri näkökulmasta. Tutkijat sekä tutkimukset jakautuvat kahteen eri koulukuntaan, joista toisen näkökulman mukaan kierron vaiheella ei ole merkitystä ja toisen näkökulman mukaan kierron vaihe ja hormonipitoisuuksien muutokset vaikuttavat energiametaboliaan. (Hackney 2021)

Lihaksen glykogeenipitoisuuksissa on havaittu eroja levossa kuukautiskierron luteaalivaiheen ja follikulaarivaiheen välillä (Hackney 2021). Useissa tutkimuksissa on havaittu lihasten glykogeeniä säästävä vaikutus kierron luteaalivaiheessa, jonka oletetaan johtuvan rasvan hyödyntämisestä tehokkaammin energiaksi. Näiden tutkimusten mukaan glykogeeniä säästävä vaikutus johtuisi luteaalivaiheen korkeammasta estrogeenipitoisuudesta. (Devries ym. 2006; Hackney 1999; Nicklas ym. 1989)

Hackney ym. (2000) havaitsivat, että suurempi estrogeenipitoisuus oli yhteydessä korkeampaan rasvan hapettamiseen sekä vähäisempään hiilihydraattien käyttöön kestävyysuorituksen aikana, verrattuna matalampiin estrogeenitasoihin. Estrogeenin vaikutusmekanismit substraattiaineenvaihduntaan johtuvat sekä hormonin suorista, että epäsuorista vaikutuksista. Suorilla vaikutuksilla tarkoitetaan esimerkiksi estrogeenin vaikutuksia lipolyyttisiin entsyymeihin, jotka säätelevät rasvahappojen mobilisaatiota rasva- ja lihaskudoksissa. Estrogeenit edistävät mm. lipaasiaktiivisuutta ja katekoliamiinien aiheuttamaa lipolyyysiä sekä heikentävät lipogeneesiin liittyvien geenien säätelyä. (Hackney 2021) Myös Tillerin ym. (2021) mukaan suhteellinen rasvan hapettumisnopeus olisi estrogeenivälitteistä. Estrogeenin pitoisuuden lisääntymisen on havaittu nostavan lipidien hapettumisen määrää levossa sekä submaksimaalisen harjoituksen aikana. (Tiller ym. 2021)

Vieira-Potterin (2017, 261) mukaan submaksimaalisen harjoituksen aikana havaittiin eroja energia-aineenvaihdunnassa kahden eri ryhmän välillä, jotka suorittivat harjoituksen kuukautiskierron eri vaiheissa. Hiilihydraattien käyttö energiana oli suurempaa follikulaarivaiheen aikana suoritettussa harjoituksessa verrattuna luteaalivaiheen harjoitukseen. Vastaavasti rasvan hapettaminen oli suurempaa luteaalivaiheen harjoituksen aikana. Tutkimuksessa havaittiin myös, että korkeammalla harjoitusintensiteetillä erot eri kierron vaiheen energia-aineenvaihdunnassa sekä substraattien käytössä eivät enää olleet merkittäviä. Tämän mukaan naissukupuolihormonit voisivat vaikuttaa energia-aineenvaihduntaan sekä substraattien käyttöön submaksimaalisen harjoituksen aikana, mutta ei korkeamman intensiteetin harjoituksissa. (Vieira-Potter 2017, 261)

Oosthuysen ja Boschin (2010) mukaan kuukautiskierron ja hormonien aiheuttamat aineenvaihdunnalliset vasteet ilmenevät vasta kun estrogeenin ja progesteronin suhde (E/P ratio) on riittävän korkea. Tiller ym. (2021) toteavat myös, että estrogeenin ja progesteronin suhde voisi vaikuttaa substraattien aineenvaihduntaan enemmän kuin kumpikaan hormoni itsenäisesti. Myös

estrogeenipitoisuuden kasvun tulee olla riittävän suurta siirryttäessä follikulaarivaiheesta luteaalivaiheeseen vasteiden saamiseksi. Estrogeeni saattaa vaikuttaa insuliiniherkkyyteen ja mahdollisesti glykokeenivarastoihin, kun taas progesteroni edistää insuliiniresistenssiä. Eläintutkimusten perusteella on todettu, että estrogeeni edistää lipolyysiä ja lisää plasman vapaiden rasvahappojen saatavuutta harjoituksen aikana sekä solujen kapasiteettia hapettaa vapaita rasvahappoja. On mahdollista, että estrogeenin metaboliset vaikutukset energia-aineenvaihduntaan tapahtuvat AMPK:n (adenosiinimonofosfaatin aktivoima proteiinikinaasi) stimulaation ja transkriptiotekijöiden aktivoinnin kautta. Kuitenkin eläin- ja ihmistutkimusten välillä on havaittu eroja estrogeenin vaikutuksista energia-aineenvaihduntaan. (Oosthuys & Bosch 2010)

5.2 Kuukautiskieroon mukautettu harjoittelu ja kehonkoostumus

Kuukautiskierron vaikutusta energia-aineenvaihduntaan on selvitetty eri tutkimuksissa, mutta pidempiaikaisen kuukautiskieroon mukautetun harjoittelun vaikutuksista on saatavilla vain vähän tietoa. Tiedetään, että follikulaari- ja luteaalivaiheissa energiaa käytetään mahdollisesti eri tavoin riippuen kierron vaiheesta. Follikulaarivaiheessa hiilihydraattien hapettaminen on suurempaa ja luteaalivaiheessa energiaa saadaan etenkin lipidien hapetuksen kautta. Pidempiaikaisen kestävyysharjoittelun on todettu vähentävän kehon massaa, mutta on mahdollista, että ravinnon ja energiavajeen merkitys on harjoittelua suurempi painonpudotuksen kannalta. Yleisesti, harjoittelu pienentää keskimääräistä rasvasolujen kokoa ja vähentää rasvasolujen lipidi-pitoisuutta sekä lisää eri geenien ilmentymistä, jotka ovat välttämättömiä painon ja rasvamassan vähentämiselle. (Vieira-Potter 2016, 269)

Suurempi rasvojen käyttö luteaalivaiheessa verrattuna follikulaarivaiheeseen on suoraan yhteydessä luteaalivaiheen estrogeenipitoisuuteen (Willett ym. 2021). Estrogeenien lipolyyttiset vaikutukset johtuvat mm. estradiolin suorasta vaikutuksesta lipolyyttiseen toimintaan sekä glukosin oton vähentämiseen (McMurray & Hackney 2005). Harjoitusjakson aikana rasvamassan muutoksiin voivat vaikuttaa ravinto, muu yleinen aktiivisuus sekä yksilöllisyys. Energiainsaattavuus on yksi iso tekijä, joka aiheuttaa eriäviä tuloksia tutkimuksissa. Harjoittelulla on kuitenkin vaikutuksia kehon rasvamassan vähentämiseen. Estrogeeni ja vapaiden rasvahappojen määrä voivat vaikuttaa rasvan hapetukseen sekä rasvan käyttöön energianlähteenä. (Keating ym. 2017) Lipolyysin kautta triglyserolit hajotetaan glyseroliksi ja vapaiksi rasvahapoiksi, jonka jälkeen vapaat rasvahapot kulkeutuvat veren mukana työskenteleville lihaksille, jossa ne

käytetään energiaksi. Lihassolut käyttävät rasvahappoja sitä enemmän, mitä suurempi veren rasvapitoisuus on. Suurempi rasvojen käyttö energiaksi pienentää rasvasolujen kokoa, jonka seurauksena rasvamassa pienenee. (Davis & Hackney 2017)

Kuukautiskiertoon mukautetussa harjoittelussa harjoittelu suoritetaan kierron eri vaiheiden mukaan. Suurempi volyyymi painotettuna luteaalivaiheeseen voi olla tehokkain tapa kehittää aerobista suorituskykyä tehostuneen lipidimetabolian vuoksi. (Nicklas ym. 1989) On mahdollista, että tehostunut lipidimetabolia vaikuttaa myös kehonkoostumukseen ja rasvamassaan. HIIT-harjoittelun on todettu olevan aikaa säästävää ja tehokas keino lisätä harjoittelun jälkeistä rasvojen hapetusta sekä vähentää kehon rasvamassaa. (Dupuit ym. 2020) Estrogeeneilla on vaikutuksia ihonalaiseen rasvakudokseen, mikä on nähtävissä pre- ja postmenopausaalisilla naisilla. Estrogeenireseptorit stimuloivat adrenergisiä reseptoreita rasvakudoksessa, mikä tehostaa lipolyysiä ja vähentää vatsan alueen rasvamassaa premenopausaalisilla naisilla. Erot pre- ja postmenopausaalisilla naisilla rasvamassan määrässä ja sen vähentämisessä harjoittelun avulla ovat yhteydessä estrogeeniin ja sen aiheuttamiin muutoksiin. Estrogeenin puutos tai matala pitoisuus vähentää rasvojen käyttöä energiaksi ja rajoittaa rasvan hapettumista levossa. (Dupuit ym. 2020)

Kuukautiskierron vaihe vaikuttaa energia-aineenvaihduntaan, rasvametaboliaan ja suorituskykyyn, mutta on vielä epäselvää, miten mukautettu harjoittelu vaikuttaa rasvamassan vähenemiseen (Dupuit ym. 2020; Oosthuysen & Bosch 2010; Willett ym. 2021). Sprietin ja Wattin (2003) mukaan vapaiden rasvahappojen saatavuus lihassoluissa lisää rasvan hapettamista sekä heikentää hiilihydraattien hapettamista. Lisääntynyt lipidien hapettaminen edistää painonhallintaa ja glykokeenin säästämistä, mikä myös hidastaa väsymystä kestävyysharjoittelussa (Isacco & Boisseau 2017, 48). On mahdollista, että tehostunut rasvojen käyttö luteaalivaiheessa sekä HIIT-harjoittelu kuukautiskiertoon mukautetun periodisaation mukaan olisi tehokkain keino rasvamassan vähentämiselle, mutta kuukautiskiertoon mukautetusta kestävyysharjoittelusta ei kuitenkaan ole vielä tutkimuksia.

5.3 Kuukautiskiertoon mukautettu harjoittelu ja veren rasvat

Kuukautiskierron luteaalivaihe lisää rasvojen käyttöä energiaksi levossa sekä harjoituksen aikana, kuten aiemmin on todettu. Kestävyysharjoittelulla on todettu olevan vaikutuksia veren

lipidipitoisuuksiin ja etenkin HDL-kolesterolin määrään (Beqa Ahmeti ym. 2020). Estrogeeni vaikuttaa suotuisasti lipoproteiinien aineenvaihduntaan eri mekanismien kautta. Lisääntynyt VLDL-kolesterolisynteesi johtaa LDL-kolesterolipitoisuuden laskuun ja HDL-kolesterolipitoisuuden kasvuun. Estrogeeni lisää myös LDL-reseptoreita sekä vaikuttaa HDL-kolesterolin säätelyyn. Toisaalta progesteroni estää estrogeenin stimuloivaa vaikutusta luteaali-vaiheessa. (Vashishta ym. 2017) Suurempi rasvojen käyttö ja hapetus aerobisen harjoittelun aikana voi aiheuttaa terveyden kannalta positiivisia muutoksia veren rasva-arvoissa. Mitsuzonon ja Uben (2006) mukaan estrogeeni edistää veren lipidien säätelyä sisäisen rasvakudoksen kautta premenopausaalisilla naisilla. Toisaalta matalista estrogeenitasoista huolimatta, kestävyysjuoksijoilla on havaittu HDL-kolesteroliarvon nousua, joka todennäköisesti johtuu tehostuneesta rasva-aineenvaihdunnasta (Mitsuzono & Ube 2006).

Kestävyysharjoittelun aiheuttamia muutoksia ja yhteyksiä veren lipidipitoisuuksissa ja kehon rasvamassassa on tarkasteltu eri tutkimuksissa. Halverstadtin ym. (2007) tutkimuksessa kestävyysharjoittelu paransi plasman lipidiprofiileja huolimatta vähäisestä painonpudotuksesta ja kehon rasvamassan vähenemisestä. HDL-kolesterolin pitoisuus kasvoi harjoitusjakson aikana, vaikka rasvamassassa ei tapahtunut muutoksia. Nämä tulokset voivat olla seurausta kestävyysharjoittelun ja ravinnon yhteisvaikutuksista. (Halverstadt ym. 2007)

Toisaalta Williams ym. (1990) sekä Williams (2001) havaitsivat, että harjoittelun aiheuttama painonpudotus lisäsi plasman HDL-kolesterolin määrää sekä vähensi plasman LDL- ja VLDL-kolesterolin konsentraatiota. On mahdollista, että kestävyysharjoittelun aikaansaama rasvamassan väheneminen ja painonpudotus vaikuttavat veren lipidipitoisuuksiin. HIIT-harjoittelun on todettu vähentävän LDL-kolesterolin määrää tehokkaammin kuin perinteisen kestävyysharjoittelun. (Su ym. 2019) HIIT-harjoittelulla on saatu muutoksia myös kokonaiskolesteroliin ja triglyseridipitoisuuksiin, jotka todennäköisesti johtuvat kehonkoostumuksen muutoksista. On mahdollista, että kuukautiskiertoon mukautetun harjoittelun aikaansaamat muutokset veren lipideissä voiva olla tehokkaampia kuin perinteisen kestävyysharjoittelun ja että kuukautiskiertoon mukautetulla HIIT-harjoittelulla olisi etuja perinteiseen kestävyysharjoitteluun verrattuna tehostuneen rasva-aineenvaihdunnan, kehon rasvamassan vähenemisen ja estrogeenin aiheuttaminen muutosten vuoksi. (Gripp ym 2021)

6 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuskysymys 1. Havaitaanko eroa kehonkoostumuksen muutoksessa perinteisen kestävyysharjoitusjakson ja kuukautiskiertoon mukautetun harjoitusjakson välillä?

Hypoteesi 1. Estrogeeni sekä vapaiden rasvahappojen määrä voivat vaikuttaa rasvan hapetukseen sekä rasvan käyttöön energianlähteenä (Keating ym. 2017). Lisääntynyt lipidien hapettaminen edistää painonhallintaa ja glykogeenin säästämistä (Isacco & Boisseau 2016, 48). On mahdollista, että luteaalivaiheeseen painotettu harjoittelu sekä tehostunut rasva-aineenvaihdunta vaikuttavat kehonkoostumuksen ja rasvamassan muutoksiin enemmän kuin perinteinen kestävyysharjoittelu (Dupuit ym. 2020).

Tutkimuskysymys 2. Havaitaanko eroa veren rasva-arvojen muutoksissa perinteisen kestävyysharjoitusjakson ja kuukautiskiertoon mukautetun harjoitusjakson välillä?

Hypoteesi 2. Luteaalivaiheeseen painotetun harjoittelun aikaansaamat muutokset veren lipideissä voivat olla suurempia kuin perinteisen kestävyysharjoittelun. HIIT-harjoittelulla on saatu aikaan muutoksia kokonaiskolesteroliin ja triglyseridipitoisuuksiin, jotka todennäköisesti johtuvat kehonkoostumuksen muutoksista. On mahdollista, että kuukautiskiertoon mukautetulla harjoittelulla olisi etuja perinteiseen kestävyysharjoitteluun verrattuna tehostuneen rasva-aineenvaihdunnan, kehon rasvamassan vähenemisen ja estrogeenin aiheuttamien muutosten vuoksi. (Gripp ym 2021)

Tutkimuskysymys 3. Havaitaanko kehonkoostumuksen ja veren rasva-arvojen muutoksissa eroa kuukautiskiertoon mukautettujen MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen välillä?

Hypoteesi 3. HIIT-harjoittelun aiheuttama kehon rasvamassan ja sisäelinten rasvan määrän väheneminen oli tehokkaampaa tutkittavilla HIIT-ryhmässä verrattuna kohtuukuormitteista kestävyysharjoittelua suorittaneisiin (Beqa Ahmeti ym. 2020; Winding ym. 2018). Toisaalta on havaittu, että korkeammalla harjoitusintensiteetillä erot eri kierron vaiheen energia-aineenvaihdunnassa sekä substraattien käytössä eivät enää olleet merkittäviä. Tämän mukaan naissukupuolihormonit voisivat vaikuttaa energia-aineenvaihduntaan sekä substraattien käyttöön submaksimaalisen harjoituksen aikana, mutta ei korkeamman intensiteetin harjoituksissa. (Vieira-

Potter 2017, 261) Veren lipidiarvoissa ei olla todettu tilastollisesti merkitseviä muutoksia kahden erilaisen, HIIT- ja MIET-harjoittelujaksojen jälkeen (Su ym. 2019).

7 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimus on osa Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisen tiedekunnan tutkimusprojektia: Naisten kuukautiskierto- ja kestävyysharjoittelututkimus (NaisQs). Tutkimusta rahoitti Opetus- ja kulttuuriministeriö sekä Firstbeat Analytics Oy. Tutkimuksessa selvitettiin kuukautiskieroon mukautetun kestävyysharjoittelun vaikutuksia kardiometaboliseen riskiin, fyysiseen kuntoon sekä elämänlaadun parantamiseen verrattuna perinteiseen kestävyysharjoitteluun. Tässä pitkitäistutkimuksessa tarkastellaan kuukautiskieroon mukautetun harjoittelun vaikutusta kehonkoostumuksen sekä veren rasva-arvojen muutoksiin verrattuna perinteisen kestävyysharjoittelun aiheuttamiin muutoksiin.

7.1 Tutkittavat

Tutkittavat (n = 29) olivat 18–35-vuotiaita terveitä aktiivisia naisia, joiden BMI oli 20–35 kg/m². Tässä työssä tarkastellaan naisia, joilla on säännöllinen ja luonnollinen kuukautiskierto. Tutkimuksen vasta-aiheita olivat harjoittelua estävät sairaudet, tuki- ja liikuntaelimestön ja/tai sydämeen liittyvät ongelmat sekä lääkitykset tai tilat, jotka estävät harjoittelua tai testaamista. Ennen tutkimukseen hyväksymistä tutkittavat täyttivät esitietolomakkeen, jonka lääkäri tarkasti. Tutkittavat osallistuivat tutustumisjaksolle ennen harjoitusjakson alkamista, jonka aikana seurattiin kuukautiskierron vaiheita sekä tutkittavat perehdytettiin menetelmiin. Perehdytysjakson jälkeen tutkittavat suorittivat 16 viikon mittaisen kestävyysharjoittelujakson. Ensimmäiset 8 viikkoa olivat matalanintensiteettistä kohtuukuormitteista harjoittelua ja jälkimmäiset 8 viikkoa korkeaintensiteettistä harjoittelua. Tutkittavat jaettiin kolmeen eri harjoitusryhmään. Taulukossa 1 on esitelty tutkittavien ikä ja antropometriset tiedot ryhmittäin.

TAULUKKO 1. Tutkittavien ikä ja antropometriset tiedot keskiarvoina ± keskihajontoina.

Ryhmä	n	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	Rasva%	BMI (kg/m ²)
CON	9	29,8 ± 4,3	165,7 ± 5,6	65,4 ± 10,7	26,2 ± 6,2	23,8 ± 3,0
FP	10	30,5 ± 2,5	165,0 ± 3,9	68,9 ± 9,5	28,2 ± 8,1	25,3 ± 3,1
LP	10	29,7 ± 5,2	164,1 ± 4,7	64,3 ± 6,1	26,4 ± 6,2	23,9 ± 2,4

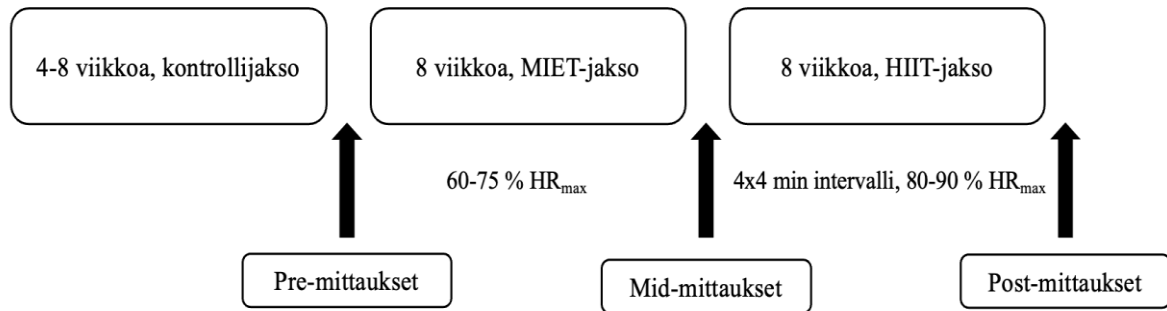
BMI, painoindeksi (body mass index); CON, kontrolliryhmä; FP, follikulaarivaiheen ryhmä; LP, luteaalivaiheen ryhmä.

7.2 Tutkimusasetelma

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa suoritettiin noin 4–8 viikkoa (1–2 kuukautiskiertoa) kestävä kontrollijakso, minkä aikana tutkittavat seurasivat kuukautiskiertoaan, päivittäistä aktiivisuuttaan sekä mahdollisia kuukautiskieroon liittyviä oireita kuukautis- ja harjoituspäiväkirjan sekä ovulaatiotestien avulla lähtötason määrittämiseksi. Kontrollijakson jälkeen tutkittavat suorittivat 16 viikon kestävyysharjoittelujakson, joka sisälsi 8 viikon MIET-jakson (moderate-intensity endurance training) ja 8 viikon HIIT-jakson (high-intensity interval training). Tutkittavat harjoittelivat omatoimisesti ohjeiden mukaan.

Tutkittavat jaettiin kolmeen ryhmään. FP-ryhmä (follikulaarivaiheen ryhmä) suoritti korkean volyymin kestävyysharjoittelua kuukautiskierron follikulaarivaiheessa ja matalan volyymin kestävyysharjoittelua kuukautiskierron luteaalivaiheessa koko tutkimuksen ajan. LP-ryhmä (luteaalivaiheen ryhmä) suoritti korkean volyymin kestävyysharjoittelua kuukautiskierron luteaalivaiheessa ja vastaavasti matalan volyymin kestävyysharjoittelua kuukautiskierron follikulaarivaiheessa koko tutkimuksen ajan. CON-ryhmä toimi kontrolliryhmänä, jonka harjoitteluvolyymi oli tasainen koko tutkimuksen ajan. Ryhmien tutkittavilla ei ollut käytössä hormonaalista ehkäisyä.

Mittaukset suoritettiin ennen harjoitusjakson alkua (pre), MIET-harjoitusjakson jälkeen (mid) ja HIIT-harjoitusjakson jälkeen (post). Jokainen mittapiste (pre, mid ja post) sisälsi kaksi eri mittauskertaa, ensimmäinen follikulaarivaiheen aikana ja toinen luteaalivaiheen aikana. Jokainen mittauskerta sisälsi paastomittaukset sekä suorituskykymittaukset perättäisinä päivinä (yhteensä 12 käyntiä). Tässä työssä tarkastellaan follikulaarivaiheen mittapisteitä, jotka suoritettiin kierron alussa kiertopäivinä 1–5. Kierron vaiheen määrittämiseen sekä tarkkailuun tutkimuksen aikana tutkittavat käyttivät ovulaatiotestejä (Advanced Digital, Clearblue, Geneve, Sveitsi), joiden lisäksi kierron vaihe tarkastettiin paastomittausten yhteydessä verinäytteiden hormonipitoisuuksien avulla. Kuvassa 2 on esitelty tutkimusasetelma.



KUVA 2. Tutkimusasetelma ja mittapisteet. HIIT-jakso, korkeaintensiteettinen kestävyysharjoittelujakso; HR_{max} , maksimisyke; MIET-jakso, kohtuukuormitteinen kestävyysharjoittelujakso.

Harjoittelun MIET-jakso (viikot 1–8) sisälsi kohtuukuormitteista kestävyysharjoittelua 60–75 % HR_{max} :sta, joka voitiin toteuttaa juosten tai reippaasti kävellen. Jakson tarkoituksena oli valmistaa tutkittavat korkeaintensiteettiseen harjoitteluun. Tutkittavan maksimisyke määritettiin pre-mittausten maksimaalisen hapenottokyvyn testin perusteella ja sen perusteella määritettiin harjoitusohjelmassa käytettävät sykealueet. Ryhmien LP ja FP harjoittelumäärät (volyymi) vaihtelivat kuukautiskierron vaiheen mukaan 8 viikon harjoitusjakson aikana. Harjoituksia toteutettiin viikon aikana kierron vaiheesta riippuen 1–4 kertaa, minkä lisäksi viikoittainen kokonaisuharjoittelu-aika vaihteli 45 minuutista 285 minuuttiin. Jokaisen ryhmän kokonaisvolyymi oli kuitenkin yhtä suuri 8 viikon harjoitusjakson jälkeen, mutta viikoittainen harjoitusmäärä oli riippuvainen kierron vaiheesta. Ryhmän CON viikoittainen harjoitusmäärä oli jaettu tasaisesti koko 8 viikon ajalle.

Harjoittelun HIIT-jakso (viikot 9–16) sisälsi korkeaintensiteettistä intervalliharjoittelua juosten. Harjoituksen aikana suoritettiin 10 minuutin lämmittely (60–65 % HR_{max} :sta), 4 x 4 min juoksuintervalli (80–90 % HR_{max} :sta) 3 minuutin palautuksilla sekä lopuksi 10 minuutin loppuverryttely (60–65 % HR_{max} :sta). CON-ryhmä suoritti keskimäärin 2 harjoitusta viikossa, kun taas ryhmät LP ja FP suorittivat 1–4 harjoitusta viikossa riippuen kuukautiskierron vaiheesta. Tutkittavat käyttivät tutkimuksen ajan sykkeen seurantaan Garminin (Venu 2 Series, Garmin Ltd. Taiwan) urheilukelloa sekä sykevyötä (HRM-Dual, Garmin Ltd. Taiwan). Kellon avulla seurattiin myös harjoitusten toteutumista. Taulukossa 2 on kuvattu ryhmien harjoitusohjelmat viikoittain. Viikot 1–8 kuvaavat MIET-harjoitusjaksoa ja viikot 9–16 kuvaavat HIIT-harjoitusjaksoa. Tarkkaa kuvausta harjoittelun toteutumisesta yksilöllisesti ei ole nähtävissä tässä työssä, sillä urheilukellon antamia harjoittelutietoja ei ollut vielä saatavilla.

TAULUKKO 2. Ryhmien CON, FP ja LP harjoitusohjelmat. Viikot 1–8 ovat MIET-harjoitusjaksoa ja viikot 9–16 HIIT-harjoitusjaksoa.

Harjoitusviikko	CON	FP	LP
1 (mittaukset)	2 harjoitusta = 90 min	3 harjoitusta = 135 min	2 harjoitusta = 105 min
2	3 harjoitusta = 150 min	4 harjoitusta = 240 min	2 harjoitusta = 135 min
3	3 harjoitusta = 180 min	2 harjoitusta = 105 min	4 harjoitusta = 195 min
4	3 harjoitusta = 195 min	2 harjoitusta = 135 min	3 harjoitusta = 180 min
5	3 harjoitusta = 165 min	3 harjoitusta = 225 min	2 harjoitusta = 105 min
6	3 harjoitusta = 195 min	3 harjoitusta = 195 min	2 harjoitusta = 105 min
7	3 harjoitusta = 210 min	3 harjoitusta = 165 min	4 harjoitusta = 285 min
8 (mittaukset)	1 harjoitus = 60 min	1 harjoitus = 45 min	2 harjoitusta = 135 min
9 (mittaukset)	2 HIIT-harjoitusta	2 HIIT-harjoitusta	1 HIIT-harjoitus
10	2 HIIT-harjoitusta	3 HIIT-harjoitusta	2 HIIT-harjoitusta
11	2 HIIT-harjoitusta	2 HIIT-harjoitusta	3 HIIT-harjoitusta
12	2 HIIT-harjoitusta	1 HIIT-harjoitus	2 HIIT-harjoitusta
13	2 HIIT-harjoitusta	3 HIIT-harjoitusta	2 HIIT-harjoitusta
14	2 HIIT-harjoitusta	2 HIIT-harjoitusta	1 HIIT-harjoitus
15	3 HIIT-harjoitusta	2 HIIT-harjoitusta	4 HIIT-harjoitusta
16 (mittaukset)	1 HIIT-harjoitus	1 HIIT-harjoitus	1 HIIT-harjoitus

7.3 Aineiston keruu ja mittaukset

Jokainen mittausajankohta (pre, mid, post) sisälsi kaksi erillistä mittauskertaa, jotka suoritettiin peräkkäisinä päivinä. Ensimmäisenä mittauspäivänä suoritettiin paastomittaukset aamulla ja toisena päivänä suorituskykymittaukset ilman paastoa. Paastomittaukset sisälsivät laskimoverinäytteen, lepopaineenvaihdunnan mittauksen, verenpaineen ja valtimojäykkyyden mittaamisen sekä kehonkoostumusmittaukset (bioimpedanssi sekä ympärysmittat). Ensimmäisellä ja viimeisellä paastomittauskerralla suoritettiin myös DXA-mittaus. Suorituskykymittaukset sisälsivät voima- ja kestävyystestit. Voimaominaisuuksia testattiin kevennyshypyn sekä maksimaalisen isometrisen jalkaprässin avulla. Kestävyysominaisuuksia mitattiin maksimaalisen hapenotto-ky-

vyn testillä juoksumatolla. Tutkittavien pituus mitattiin ensimmäisellä mittauskerralla. Tutkittavien paino mitattiin vaa'alla (Seca 719) jokaisella mittauskerralla ennen paasto- ja suorituskykytestejä.

DXA-mittaus. DXA-mittaus suoritettiin tutkimuksen aikana kaksi kertaa, ensimmäisellä paastomittauskerralla ja viimeisellä paastomittauskerralla. Kehonkoostumusta mitattiin röntgensäteilyn absorbanssiin perustuvaa DXA-menetelmää käyttäen (Dual-energy X-ray absorptiometry, Lunar Prodigy Advance, GE Healthcare -Lunar, Madison, WI USA). Mittauksen ajan tutkittavat olivat selinmakuulla, mahdollisimman liikkumatta ja mittausasento vakioitiin

Bioimpedanssimittaus. Kehonkoostumus mitattiin jokaisella paastomittauskerralla biosähköisellä impedanssimittauksella (BIA). Tutkittavat saapuivat mittaukseen paastonneena, jotta voitiin minimoida edeltävän ruokailun tai nestetasapainon muutosten vaikutusta tuloksiin. Tutkittavia ohjeistettiin poistamaan kellot ja korut, sukat sekä ylimääräinen vaatetus. Tutkittavat puhdistivat kämmenet sekä jalkapohjat desinfiointiaineella ennen mittauksen suorittamista. Tutkittava seiso i mittauksen aikana laitteen (Inbody 770, body composition analyzer, Biospace Co. Ltd, Seoul, South Korea) päällä pitäen kädet kahvoilla ja suorana vartalon sivulla.

Ympärysmittat. Kehon eri osien ympärykset mitattiin jokaisella paastomittauskerralla. Ympärysmittat mitattiin mittanauhalla jokaisella mittauskerralla kehon oikealta puolelta kolmesti standardoitujen ohjeiden mukaisesti. Tutkittavaa ohjeistettiin hengittämään normaalisti ja seisomaan paino molemmilla jaloilla tasaisesti. Mittaukset otettiin neljästä eri kohtaa, olkavarresta, vyötäröstä, lantiosta ja reidestä. Mittauspaikat tunnusteltiin ja merkittiin määritettyjen antropometrinen kohtien mukaan. Jos jokin kolmesta mittauksesta ei ollut 1 cm sisällä muista, otettiin ylimääräinen mittaus. Olkavarren ympärysmitta otettiin olkalisäkkeen (acromiom) ja kyynärlisäkkeen (olecranon) puolivälin korkeudelta. Vyötärön ympäryys mitattiin alimman kylkiluun ja suoliluunharjun puolivälistä normaalin uloshengityksen aikana. Lantion ympärysmitta mitattiin reisiluiden isosarvennoisten (greater trochanter) kohdalta ja mittaus suoritettiin jalkapohjat vierekkäin. Reiden ympärysmitta otettiin isosarvennoisten ja sääriluun (tibia) pään puolivälistä jalkojen ollessa noin lantion levyisessä asennossa.

Hormonipitoisuudet/veren lipidit. Laskimoverinäytteet kerättiin kyynärlaskimosta steriilien neulojen avulla seerumiputkiin. Paastoverinäyte otettiin seerumiputkiin (Vacuette® TUBE, Greiner Bio-One, Yhdysvallat) sekä K2 EDTA-putkiin (Vacuette® TUBE, Greiner Bio-One,

Itävalta). Näytteitä sentrifugoitiin 15 minuuttia (3600 rpm) sentrifugissa (Megafuge 1.0R, Heraeus, Saksa), jonka jälkeen näytteet esipakastettiin -20 °C:een. Esipakastuksen jälkeen näytteet säilöttiin -80 °C:een odottamaan analysointia. Näytteenotosta sekä käsittelystä vastasi erikoislaboratoriomestari (bioanalyytikko). Verinäytteestä analysoitiin perusverenkuva, veren lipidit sekä hormonipitoisuudet (estradioli ja progesteroni). Veren hormonipitoisuudet määritettiin käyttäen immunologista kemiluminesenssi tekniikkaa Immulite®2000 XPI-analysaattorilla (Siemens, New York, NY, Yhdysvallat). Veren rasva-arvot analysoitiin Indiko plus clinical chemistry analyzer -laitteella (Thermo Fischer Scientific, Vantaa, Suomi).

7.4 Tilastolliset analyysit

Tilastolliset analyysit tehtiin käyttäen IBM SPSS 28.0 (IBM Corporation, Armonk, New York, Yhdysvallat) ohjelmistoa. Muuttujien normaalijakautuneisuutta tarkasteltiin Shapiro-Wilkin testillä. Osa muuttujista ei ollut normaalijakautuneita, jonka vuoksi päädyttiin käyttämään non-parametrisiä testejä. Ryhmien välisiä eroja absoluuttisten arvojen kohdalla tarkasteltiin Kruskal-Wallis testillä. Muutosten erojen merkitsevyyttä ryhmien välillä tarkasteltiin nonparametrisellä Kruskal-Wallis testillä. LP- ja FP-ryhmien välisiä eroja kahden eri harjoitusjakson jälkeen kehonkoostumuksen ja veren rasva-arvojen muutoksissa analysoitiin Mann-Whitney U-testillä. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p < 0,05$.

8 TULOKSET

Kehonkoostumusta mitattiin kolmessa eri mittapisteessä Inbodyn sekä ympärysmittojen avulla. DXA-mittaus suoritettiin vain tutkimuksen alussa (pre) ja tutkimuksen lopussa (post). Tämän takia tutkimuksen MIET- ja HIIT-jaksojen väliseen mittaukseen (mid) ei saatu DXA:lla mitattujen kehonkoostumusmuuttujien tuloksia. Ryhmien CON ja LP tutkittavien määrä pysyi lähes samanlaisena koko mittausjakson ajan, mutta ryhmän FP tutkittavista vain kolmelle saatiin tulokset kehonkoostumuksen ja veren rasva-arvojen osalta viimeiseltä mittapisteeltä. Kehonkoostumusmuuttujien absoluuttisissa arvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia ryhmien tai mittapisteiden välillä. Kehonkoostumusmittausten tulokset keskiarvoina on esitelty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Ryhmien CON, FP ja LP kehonkoostumusmittausten tulokset keskiarvoina \pm keskihajontoina kolmessa eri follikulaarivaiheen (kiertopäivä 1–5) mittapisteessä.

			BM	Rasva% ^I	BMI	Rasva% ^D	FM ^D	FFM ^D	AFM ^D
CON	Pre	n = 9	65,4 \pm 10,7	26,2 \pm 6,2	23,8 \pm 3,0	32,92 \pm 7,73	21,34 \pm 8,36	44,14 \pm 3,78	1,70 \pm 0,78
	Mid	n = 7	64,6 \pm 12,2	27,3 \pm 6,5	23,6 \pm 3,3	-	-	-	-
	Post	n = 7	64,2 \pm 13,6	26,1 \pm 7,2	23,3 \pm 3,8	30,82 \pm 7,99	20,81 \pm 9,29	43,04 \pm 3,59	1,26 \pm 0,97
FP	Pre	n = 10	68,9 \pm 9,5	28,2 \pm 8,1	25,3 \pm 3,1	33,44 \pm 9,45	22,72 \pm 8,63	45,64 \pm 2,42	1,95 \pm 0,85
	Mid	n = 9	69,0 \pm 10,4	28,3 \pm 8,9	25,2 \pm 3,5	-	-	-	-
	Post	n = 3	74,1 \pm 9,0	32,0 \pm 4,9	25,9 \pm 2,8	34,50 \pm 7,76	22,74 \pm 8,64	45,63 \pm 2,43	2,12 \pm 0,93
LP	Pre	n = 10	65,3 \pm 6,1	26,4 \pm 6,2	23,9 \pm 2,4	31,98 \pm 5,57	19,96 \pm 4,83	44,44 \pm 3,46	1,62 \pm 0,54
	Mid	n = 9	63,5 \pm 5,6	25,9 \pm 6,6	23,9 \pm 2,3	-	-	-	-
	Post	n = 10	64,7 \pm 6,4	26,7 \pm 7,0	24,2 \pm 2,4	32,62 \pm 5,45	20,59 \pm 4,96	44,46 \pm 3,37	1,74 \pm 0,59

AFM, vatsan alueen rasvamassa (android fat mass); BM, paino (body mass); BMI, painoindeksi (body mass index); D, mitattu DXA:lla; FM, rasvamassa (fat mass); FFM, rasvaton massa (fat-free mass); I, mitattu Inbodylla; Rasva%, rasvaprosentti.

Taulukossa 4 on esitelty kaikkien ryhmien veren rasvamuuttujien absoluuttiset arvot kolmessa eri mittapisteessä sekä estradiolin ja progesteronin pitoisuudet. Veren rasva-arvoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia eri ryhmien tai mittapisteiden välillä.

TAULUKKO 4. Ryhmien CON, FP ja LP veren rasva-arvojen ja hormonipitoisuuksien tulokset keskiarvoina \pm keskihajontoina kolmessa eri follikulaarivaiheen (kiertopäivä 1–5) mittapisteessä.

			HDL (mmol/l)	LDL (mmol/l)	Kolesteroli (mmol/l)	Triglyseridit (mmol/l)	FFA (μ mmol/l)	E2 (pmol/l)	PRG (nmol/l)
CON	Pre	n = 9	1,62 \pm 0,24	2,78 \pm 0,97	4,7 \pm 1,1	0,94 \pm 0,32	721 \pm 415	287 \pm 219	7,18 \pm 10,03
	Mid	n = 9	1,62 \pm 0,25	2,98 \pm 1,09	4,8 \pm 1,3	0,91 \pm 0,37	893 \pm 742	146 \pm 119	2,89 \pm 4,72
	Post	n = 8	1,59 \pm 0,26	2,97 \pm 1,20	4,7 \pm 1,3	0,84 \pm 0,28	709 \pm 451	260 \pm 242	4,52 \pm 8,36
FP	Pre	n = 10	1,64 \pm 0,14	2,70 \pm 0,63	4,7 \pm 0,7	1,09 \pm 0,32	811 \pm 520	300 \pm 357	3,60 \pm 6,07
	Mid	n = 8	1,61 \pm 0,17	2,76 \pm 0,75	4,6 \pm 1,0	1,03 \pm 0,37	714 \pm 747	223 \pm 139	8,01 \pm 9,65
	Post	n = 3	1,60 \pm 0,12	2,90 \pm 0,12	4,7 \pm 0,5	0,75 \pm 0,16	548 \pm 272	176 \pm 56	2,70 \pm 1,76
LP	Pre	n = 10	1,76 \pm 0,26	2,69 \pm 0,65	4,6 \pm 0,8	0,76 \pm 0,15	792 \pm 795	146 \pm 88	1,39 \pm 0,72
	Mid	n = 9	1,79 \pm 0,32	2,70 \pm 0,44	4,6 \pm 0,6	0,86 \pm 0,30	558 \pm 206	114 \pm 63	3,11 \pm 4,02
	Post	n = 8	1,75 \pm 0,22	2,70 \pm 0,67	4,5 \pm 0,7	0,78 \pm 0,15	538 \pm 444	144 \pm 57	1,00 \pm 0,40

E2, estradioli; FFA, vapaat rasvahapot (free fatty acids); HDL (high-density lipoprotein); LDL (low-density lipoprotein); PRG, progesteroni.

Ympärysmittoja mitattiin myös kolmessa eri mittapisteessä. Ympärysmittojen absoluuttisissa arvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia ryhmien tai mittapisteiden välillä. Taulukossa 5 on kuvattu ryhmien CON, FP ja LP ympärysmittojen tulokset keskiarvoina kolmessa eri mittapisteessä.

TAULUKKO 5. Ryhmien CON, FP ja LP ympärysmittojen tulokset keskiarvoina \pm keskihajontoina kolmessa eri follikulaarivaiheen (kiertopäivä 1–5) mittapisteessä.

			Olkavarsi (cm)	Vyötärö (cm)	Lantio (cm)	Reisi (cm)
CON	Pre	n = 9	30,3 \pm 3,3	80,8 \pm 7,4	100,1 \pm 7,3	54,0 \pm 4,4
	Mid	n = 9	30,0 \pm 3,3	79,1 \pm 8,8	98,5 \pm 8,5	53,7 \pm 4,3
	Post	n = 7	29,9 \pm 3,4	77,2 \pm 8,6	98,8 \pm 8,4	53,1 \pm 4,8
FP	Pre	n = 10	30,6 \pm 2,3	82,4 \pm 8,0	102,1 \pm 7,8	53,4 \pm 4,6
	Mid	n = 10	30,8 \pm 2,4	83,1 \pm 9,6	102,1 \pm 8,8	55,0 \pm 4,9
	Post	n = 4	31,0 \pm 1,7	85,3 \pm 7,5	103,2 \pm 6,3	55,7 \pm 6,0
LP	Pre	n = 10	30,0 \pm 1,8	78,2 \pm 5,4	98,3 \pm 4,1	54,4 \pm 4,3
	Mid	n = 10	30,0 \pm 1,8	78,0 \pm 5,1	97,9 \pm 4,5	53,9 \pm 3,4
	Post	n = 8	30,4 \pm 2,2	77,9 \pm 5,9	99,3 \pm 6,1	54,3 \pm 2,9

8.1 16 viikon harjoitusjakson aikaiset muutokset

Tutkimuksessa tarkasteltiin koko harjoitusjakson aikaisia veren rasva-arvojen muutoksia pre- ja post-mittapisteiden avulla. Veren rasva-arvojen muutoksissa ei havaittu tilastollisia eroja ryhmien välillä missään muuttujissa (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Koko tutkimusjakson aikaiset veren rasva-arvojen absoluuttiset muutokset keskiarvoina \pm keskihajontoina ryhmittäin.

Ryhmä	CON	FP	LP
HDL (mmol/l)	-0,02 \pm 0,12	-0,07 \pm 0,05	-0,07 \pm 0,16
LDL (mmol/l)	0,18 \pm 0,25	0,11 \pm 1,55	0,07 \pm 0,45
Kolesteroli (mmol/l)	0,1 \pm 0,3	0,0 \pm 0,2	-0,1 \pm 0,5
Triglyseridit (mmol/l)	-0,12 \pm 0,35	-0,13 \pm 0,26	0,06 \pm 0,15
FFA (μ mmol/l)	-29 \pm 656	-103 \pm 552	-310 \pm 1076

FFA, vapaat rasvahapot (free fatty acids); HDL (high-density lipoprotein); LDL (low-density lipoprotein).

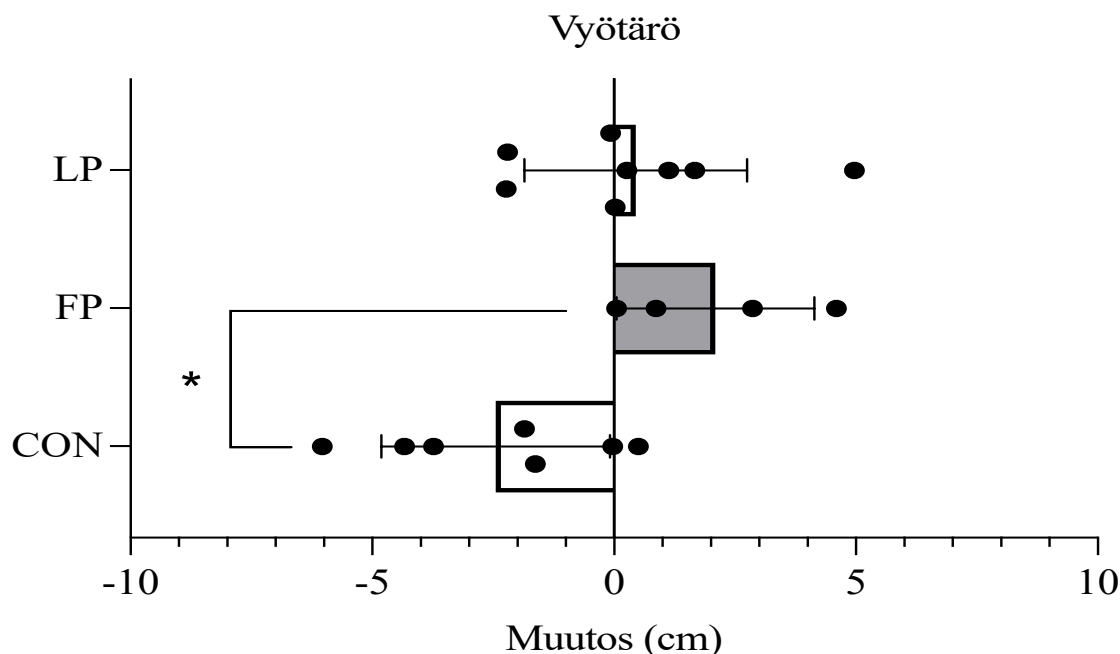
Koko harjoitusjakson aikaisia muutoksia kehonkoostumuksen osalta tarkasteltiin myös pre- ja post-mittapisteiden avulla. Kehonkoostumusmuuttujien muutokset on kuvattu taulukossa 7 (Inbody ja ympärysmitat). BMI:n ja vyötärön ympäryksen muutoksen osalta havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. BMI:n muutoksessa koko harjoitusjakson ajalta havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien CON ja LP välillä. CON-ryhmän painoindeksi (kg/m^2) pieneni suhteessa LP ryhmään, jolla painoindeksi kasvoi. Painon ja rasvaprosentin muutoksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Ryhmän FP rasvaprosentti pieneni, kun taas muiden ryhmien osalta rasvaprosentti kasvoi, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

TAULUKKO 7. Koko jakson aikaiset absoluuttiset muutokset keskiarvoina \pm keskihajontoina ryhmittäin (Inbody ja ympärysmitat).

Ryhmä	CON	FP	LP
Paino (kg)	-1,6 \pm 2,4	-0,4 \pm 2,2	1,1 \pm 1,4
Rasva%	0,3 \pm 1,9	-1,4 \pm 1,0	1,0 \pm 1,7
BMI (kg/m^2)	-0,5 \pm 0,9 ^{*a}	-0,2 \pm 0,7	0,4 \pm 6,1
Olkavarsi (cm)	-0,3 \pm 0,7	0,0 \pm 0,8	0,1 \pm 0,7
Vyötärö (cm)	-2,5 \pm 2,4 ^{*b}	2,1 \pm 2,1	0,4 \pm 2,3
Lantio (cm)	-1,4 \pm 3,1	-1,6 \pm 1,5	0,7 \pm 3,4
Reisi (cm)	-0,4 \pm 2,0	1,8 \pm 3,5	0,0 \pm 2,9

a, tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien CON ja LP välillä; b, tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien CON ja FP välillä; *, $p < 0,05$.

Vyötärön ympäryksen muutoksessa (cm) havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien CON ja FP välillä. Kontrolliryhmän tutkittavien vyötärön ympäryksen keskiarvo pieneni 2,5 cm, kun taas ryhmän FP vyötärön ympäryys kasvoi 2,1 cm. Tutkittavien lukumäärän ollessa vähäinen, kuva 3 havainnollistaa ryhmien väliset erot sekä tutkittavien yksilölliset muutokset koko mitausjakson ajalta vyötärön ympärysmitassa.



KUVA 3. Tutkittavien yksilölliset muutokset vyötärön ympärysmittassa (cm) koko mittausjakson ajalta. Pylväät kuvaavat keskiarvoa, janat keskihajontaa ja pisteet yksittäisiä tutkittavia. CON, kontrolliryhmä; FP, follikulaarivaiheen ryhmä; LP, luteaalivaiheen ryhmä; *, $p < 0,05$.

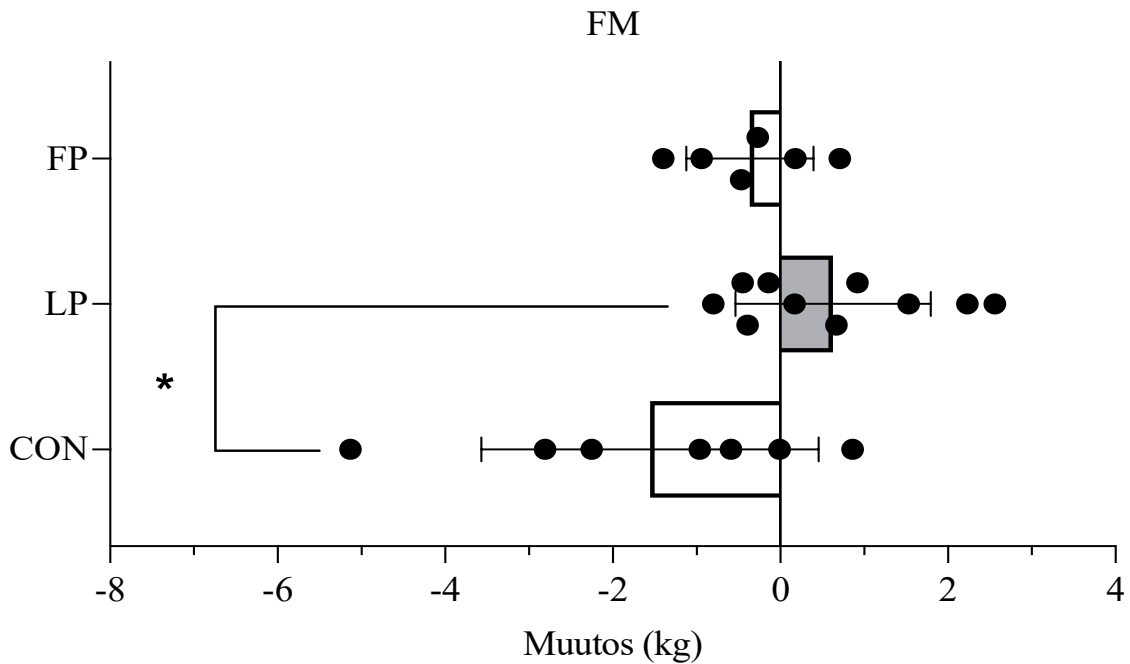
Koko tutkimusjakson ajalta kehonkoostumusta mitattiin myös DXA-mittauksen avulla. Taulukossa 8 on nähtävissä kehonkoostumusmuuttujien muutokset ryhmittäin koko mittausjaksolta. Rasvamassan määrän muutoksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien CON ja LP välillä: CON-ryhmällä rasvamassan määrä väheni ja LP-ryhmällä lisääntyi. Vatsan alueen rasvamassan (AFM) määrän muutoksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) ryhmien CON ja LP välillä. Muissa muuttujissa ei havaittu olevan tilastollisesti merkitseviä eroja DXA:lla mitatun kehonkoostumuksen muutoksissa ryhmien välillä.

TAULUKKO 8. Koko tutkimusjakson aikaiset absoluuttiset muutokset keskiarvoina \pm keskihajontoina ryhmittäin (DXA).

Ryhmä	CON	FP	LP
Rasva%	$-1,87 \pm 2,64$	$-0,70 \pm 1,09$	$0,64 \pm 1,36$
FM (kg)	$-1,56 \pm 2,02^{*a}$	$-0,47 \pm 0,76$	$0,63 \pm 1,17$
FFM (kg)	$0,11 \pm 1,30$	$0,56 \pm 1,44$	$0,02 \pm 0,69$
AFM (kg)	$-0,19 \pm 0,24^{**a}$	$-0,05 \pm 0,08$	$0,12 \pm 0,17$

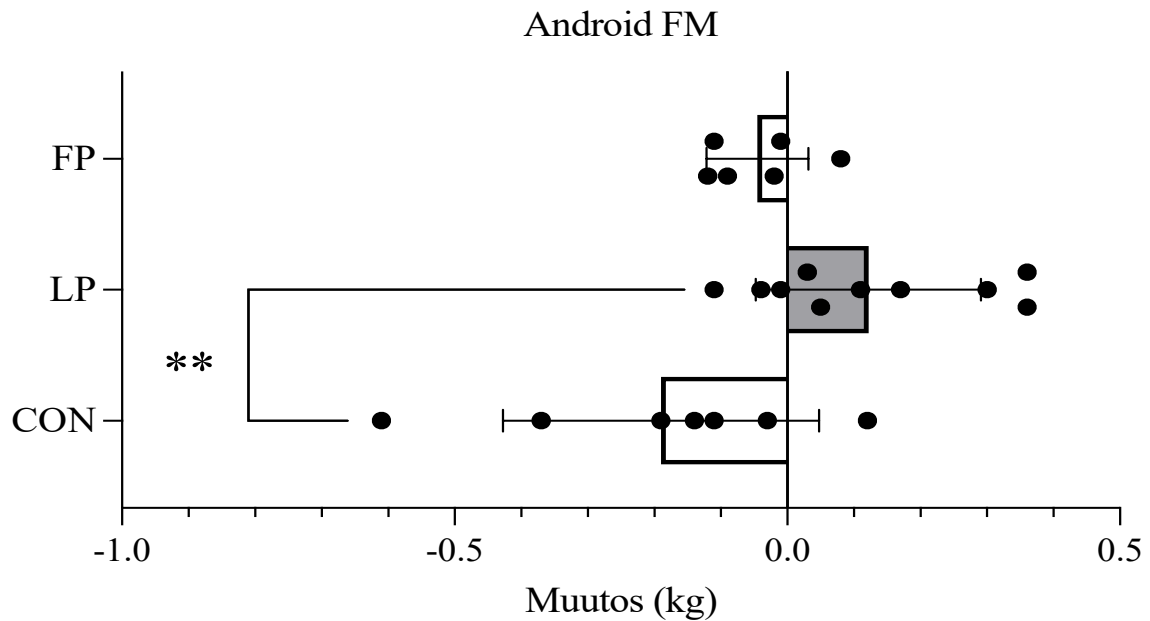
a, tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien CON ja LP välillä; AFM, vatsan alueen rasvamassa (android fat mass); FFM, rasvaton massa (fat-free mass); FM, rasvamassa (fat mass); *, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$.

Ryhmän CON rasvamassan määrä väheni 1,56 kg ja ryhmän LP rasvamassan määrä lisääntyi 0,63 kg koko tutkimusjakson aikana. Tutkittavien lukumäärän ollessa vähäinen, kuva 4 havainnollistaa ryhmien väliset erot sekä tutkittavien yksilölliset muutokset koko mittausjakson ajalta rasvamassan määrässä. Rasvamassan määrän muutoksessa oli tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) CON- ja LP-ryhmien välillä.



KUVA 4. Tutkittavien yksilölliset muutokset kiloina (kg) rasvamassan (FM) määrässä koko mittausjakson ajalta. Pylväät kuvaavat keskiarvoa, janat keskihajontaa ja pisteet yksittäisiä tutkittavia. CON, kontrolliryhmä; FP, follikulaarivaiheen ryhmä; LP, luteaalivaiheen ryhmä; *, $p < 0,05$.

Vatsan alueen rasvamassan määrässä (AFM) havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) kahden ryhmän välillä. Ryhmien LP (+ 0,12 kg) ja CON (-0,19 kg) välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero vatsan alueen rasvamassan määrän muutoksessa. Tutkittavien lukumäärän ollessa vähäinen, kuva 5 havainnollistaa ryhmien väliset erot sekä tutkittavien yksilölliset muutokset koko mittausjakson ajalta vatsan alueen rasvamassan määrässä.



KUVA 5. Tutkittavien yksilölliset muutokset kiloina (kg) vatsan alueen rasvamassan (AFM) määrässä koko mittausjakson ajalta. Pylväät kuvaavat keskiarvoa, janat keskihajontaa ja pisteet yksittäisiä tutkittavia. CON, kontrolliryhmä; FP, folliculaarivaiheen ryhmä; LP, luteaalivaiheen ryhmä; **, $p < 0,01$.

8.2 MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen aikaiset muutokset

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös kahden eri harjoitusjakson jälkeisiä muutoksia kehonkoostumuksen muuttujissa sekä veren rasva-arvoissa. MIET-lyhenne kuvaa pre- ja mid-mittapisteiden välistä muutosta ja HIIT-lyhenne kuva taas mid- ja post-mittapisteiden välistä muutosta. Kehonkoostumukseen liittyviä muutoksia tarkasteltiin bioimpedanssimittauksen ja ympärysmittojen perusteella. HIIT-harjoitusjakson jälkeen muutoksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Reiden ympärysmittassa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) ryhmien välillä MIET-jakson jälkeen. Reiden ympärysmitta pieneni LP-ryhmällä, kun taas FP-ryhmällä se kasvoi. Muita tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu ryhmien välillä. Taulukossa 9 on esitelty kehonkoostumuksen muutokset ryhmittäin keskiarvoina MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen jälkeen.

TAULUKKO 9. Kehonkoostumuksen absoluuttiset muutokset keskiarvoina \pm keskihajontoina MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen jälkeen.

	MIET		HIIT	
	FP	LP	FP	LP
Paino (kg)	0,5 \pm 1,4	0,3 \pm 0,8	-0,3 \pm 0,4	0,7 \pm 0,9
Rasva%	-0,2 \pm 1,7	-0,2 \pm 1,4	-0,7 \pm 1,3	1,0 \pm 1,8
BMI (kg/m ²)	0,2 \pm 0,5	0,1 \pm 0,3	-0,1 \pm 0,2	0,3 \pm 0,3
Olkavarsi (cm)	0,2 \pm 0,6	-0,1 \pm 0,4	-0,3 \pm 0,6	0,3 \pm 0,5
Vyötärö (cm)	1,1 \pm 2,9	-0,3 \pm 2,3	0,4 \pm 1,6	0,6 \pm 2,8
Lantio (cm)	-0,3 \pm 2,6	-0,4 \pm 3,0	-0,5 \pm 2,0	1,2 \pm 2,5
Reisi (cm)	1,7 \pm 2,2	-0,4 \pm 2,2 ^a	-0,2 \pm 1,4	0,3 \pm 1,8

a, tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien FP ja LP välillä; FP, follikulaarivaiheen ryhmä; HIIT, mid-post-muutos; LP, luteaalivaiheen ryhmä; MIET, pre-mid-muutos; *, $p < 0,05$.

Taulukossa 10 on esitelty veren rasva-arvojen muutokset MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen jälkeen. Ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa veren rasva-arvojen muutoksissa eri harjoitusjaksoilla.

TAULUKKO 10. Veren rasva-arvojen absoluuttiset muutokset keskiarvoina \pm keskihajontoina MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen jälkeen.

	MIET		HIIT	
	FP	LP	FP	LP
HDL (mmol/l)	0,00 \pm 0,11	0,06 \pm 0,21	-0,13 \pm 0,08	-0,11 \pm 0,17
LDL (mmol/l)	-0,02 \pm 0,45	0,11 \pm 0,20	0,00 \pm 0,07	0,05 \pm 0,42
Kolesteroli (mmol/l)	-0,1 \pm 0,6	0,2 \pm 0,3	-0,3 \pm 0,2	-0,1 \pm 0,2
Triglyseridit (mmol/l)	-0,07 \pm 0,28	0,12 \pm 0,28	-0,12 \pm 0,39	-0,04 \pm 0,16

FP, follikulaarivaiheen ryhmä; HIIT, mid-post-muutos; LP, luteaalivaiheen ryhmä; MIET, pre-mid-muutos.

9 POHDINTA

Tutkimuksen päälöydöksinä voidaan pitää 16 viikon harjoitusjakson jälkeen havaittuja muutoksia BMI:ssä, vyötärön ympäryksessä, rasvamassan määrässä sekä vatsan alueen rasvamassan määrässä kontrolliryhmällä. Kontrolliryhmän koko harjoitusjakson aikaiset muutokset erosivat tilastollisesti merkitsevästi luteaali- ja follikulaarivaiheen ryhmien muutoksista ja saadut tulokset olivat näin ollen hypoteesin vastaisia. MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen aikaisia muutoksia tarkasteltiin kahden kuukautiskiertoon mukautetun harjoittelun (follikulaari- tai luteaalivaiheeseen painotettu harjoittelu) osalta. Päälöydöksenä oli LP-ryhmän ja FP-ryhmän erot reiden ympärysmittan muutoksessa MIET-harjoitusjaksolla: reiden ympärysmitta pieneni LP-ryhmällä, kun taas FP-ryhmällä se kasvoi. Tutkittavien veren rasva-arvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia eri mittapisteissä tai ryhmien välillä.

9.1 16 viikon harjoitusjakson aikaiset muutokset

Kehonkoostumus. Kehonkoostumusmuuttujien absoluuttisissa arvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja eri mittapisteiden tai ryhmien välillä, mutta koko harjoitusjakson aikaisissa muutoksissa havaittiin eroja muutaman muuttujan kohdalla. DXA:lla mitatuissa kehonkoostumuksen muuttujissa havaittiin, että kontrolliryhmän rasvamassan määrän ja vatsan alueen rasvamassan määrän muutokset erosivat luteaali- ja follikulaarivaiheen harjoittelun ryhmien vastaavista muutoksista tilastollisesti merkitsevästi. Kontrolliryhmän rasvamassan määrän muutos (-1,56 kg) ja vatsan alueen rasvamassan määrän muutokset erosivat tilastollisesti merkitsevästi LP-ryhmän muutoksista. Kontrolliryhmällä sekä kehon rasvamassan määrä että vatsan alueen rasvamassan määrä pienenevät, kun taas LP-ryhmällä molemmat kasvoivat. Vyötärön ympäryksessä havaittiin myös tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien CON ja FP välillä. Kontrolliryhmän vyötärön ympäryys väheni 2,5 cm, kun taas FP-ryhmällä se lisääntyi 2,1 cm.

Näiden tulosten mukaan perinteinen kestävyys harjoittelu olisi tehokkain tapa vähentää rasvamassan ja vatsan alueen rasvamassan määrää sekä pienentää vyötärön ympärystä verrattuna kuukautiskiertoon mukautettuun kestävyys harjoitteluun. Säännöllinen kestävyys harjoittelu vaikuttaa esimerkiksi rasvasolujen kokoon sekä mitokondrioiden aktiivisuuteen rasvakudoksessa. (Lehning & Stanford 2018) Tämän tiedon valossa muutokset kehon rasvamassan määrässä 16

viikon harjoitusjakson aikana olivat odotettavia, mutta muutokset ryhmien välillä olivat hypoteesin vastaisia. Tuloksia pohtiessa tulee myös huomioida, että kehonkoostumusta mitattiin DXA:lla vain kahdessa mittapisteessä (pre ja post), jonka vuoksi ei voida tarkastella erikseen MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen vaikutusta. Harjoitusjaksojen aikana rasvamassan muutokseen voivat vaikuttaa harjoittelun lisäksi ravinto, yleinen aktiivisuus sekä yksilöllisyys. Pidempiaikaisen kestävyysharjoittelun on todettu vähentävän kehon rasvamassaa, mutta on mahdollista, että ravinnon ja energiavajeen merkitys on harjoittelua suurempi painonpudotuksen kannalta. (Vieira-Potter 2016, 269) Yleisesti energiansaataavuus on yksi iso tekijä, joka aiheuttaa eriäviä tuloksia tutkimusten välillä, kun tarkastellaan kehonkoostumusta (Keating ym. 2017). Tutkittavat täyttivät ruokapäiväkirjoja jokaisen mittauskerran jälkeen, joista analysoitiin keskimääräinen energiansaanti. Tässä työssä ei kuitenkaan käytetty ruokapäiväkirjoista saatavia tietoja, jonka vuoksi ei voida pohtia energian saatavuuden vaikutusta kehonkoostumusmuuttujien tuloksiin tai yksilöllisiin eroihin. On mahdollista, että kontrolliryhmän kehonkoostumuksen muutokset eroavat muihin ryhmiin nähden yksilöllisten erojen vuoksi, sillä tutkittavien lukumäärä voi vaikuttaa tulosten luotettavuuteen.

Rasvojen käyttö energianlähteenä on tehostunut kuukautiskierron luteaalivaiheessa (Davis & Hackney 2017), jonka vuoksi hypoteesi oli, että luteaalivaiheeseen painotettu harjoittelu sekä tehostunut luteaalivaiheen rasva-aineenvaihdunta olisi vaikuttanut kehonkoostumuksen ja rasvamassan muutokseen enemmän kuin perinteinen kestävyysharjoittelu. Rasvamassan määrässä ei kuitenkaan havaittu LP-ryhmän osalta tilastollisesti merkitseviä muutoksia koko harjoitusjakson aikana. Kuukautiskierron vaiheen merkitystä energia-aineenvaihduntaan, rasva-aineenvaihduntaan ja suorituskykyyn on selvitetty, mutta on vielä epäselvää, miten tämän tyylinen mukautettu harjoittelu vaikuttaisi rasvamassan vähenemiseen (Dupuit ym. 2020; Oosthuyse & Bosch 2010; Willett ym. 2021). Toisaalta kuukautiskierron ja sitä säätelevien hormonien aiheuttamat aineenvaihdunnalliset vasteet ilmenevät vasta, kun estrogeenin ja progesteronin suhde, jota tässä tutkimuksessa ei tarkasteltu, on riittävän korkea (Oosthuyse & Bosch 2010). On myös todettu, että näiden hormonien suhde olisi merkittävämpi tekijä substraattien aineenvaihdunnassa kuin hormonipitoisuuksien muutokset itsenäisesti. Estrogeenipitoisuuden kasvun tulisi olla riittävän suurta kierron vaiheiden välillä vasteiden saamiseksi, jonka lisäksi kierron oikean vaiheen tunnistaminen on saattanut vaikuttaa tuloksiin. (Tiller ym. 2021)

Veren rasvat. Veren rasva-arvojen muutoksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien eikä eri mittapisteiden välillä. Kestävyysharjoittelun vaikutukset veren rasva-arvojen

muutoksiin vaihtelevat eri tutkimusten välillä. Erot tutkimusten välisissä tuloksissa voivat selittyä useiden erilaisten harjoitusprotokollien käytöstä (Fikenzer ym. 2018). Painonpudotuksella on todettu olevan vaikutusta plasman HDL-kolesterolin määrän lisääntymiseen ja plasman LDL-kolesterolin määrän vähenemiseen (Williams 2001). On mahdollista, että tutkittavien kehonkoostumuksen sekä painon muutokset eivät olleet tarpeeksi suuria, että muutoksia olisi havaittu veren rasva-arvoissa. LeMuran ym. (2000) 16 viikon pituisessa kestävyysharjoittelututkimuksessa, joka sisälsi vain naistutkittavia, havaittiin HDL-kolesterolipitoisuuden tilastollisesti merkitsevää kasvua sekä kehon rasvamassan tilastollisesti merkitsevää pienenemistä. Tämä yhteys kehon rasvamassan ja HDL-pitoisuuden muutoksen välillä osoittaa, että mahdollisesti suurimmat muutokset HDL-kolesterolipitoisuudessa saavutetaan heillä, joilla havaitaan suurin muutosta kehon rasvamassassa harjoitusjakson aikana. (LeMura ym. 2000)

Tutkimuksen kokonaiskeston sekä harjoitusohjelmien sisällön merkitystä tulee myös pohtia. Verrattuna useisiin muihin tutkimuksiin tämän tutkimuksen kesto voidaan pitää samankaltaisena, kun tarkastellaan kehonkoostumukseen tai veren rasva-arvoihin liittyviä muutoksia. Esimerkiksi kahdeksan viikon kestävyysharjoittelujakson sekä 16 viikon kestävyysharjoitteluintervention jälkeen havaittiin positiivisia muutoksia veren rasva-arvojen muutoksissa verrattuna kontrolliryhmiin, jotka eivät tehneet harjoittelua (Beqa Ahmeti ym. 2020; LeMura ym. 2000). HDL-kolesterolipitoisuuden muutoksiin vaaditaan sekä korkeavolyymistä- että intensiteettistä harjoittelua havaitakseen merkittäviä muutoksia (Trejo-Gutierrez & Fletcher 2007) ja näitä molempia toteutettiin tässä tutkimuksessa MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen aikana. On kuitenkin mahdollista, että 16 viikon harjoitusjakso ei ollut riittävän kuormittava aiheuttamaan selkeämpiä muutoksia kehonkoostumukseen tai veren rasvoihin.

Tutkittavien taustat sekä fyysisen kunnon lähtötasot olivat vaihtelevia, jonka vuoksi on mahdollista, että kyseisellä ohjelmalla ei saatu merkittäviä muutoksia tälle tutkimusjoukolle. On myös huomioitava, että muuta fyysistä aktiivisuutta tai liikuntaa ja siinä mahdollisesti tapahtuneita muutoksia ei otettu huomioon tässä tutkimuksessa. Vaikka tutkittavia ohjeistettiin säilyttämään muu fyysinen aktiivisuus ja liikunta samanlaisena koko tutkimusjakson ajan, fyysisen aktiivisuuden määrä ja harjoittelu ovat voineet tietoisesti tai tiedostamatta jopa vähentyä. Kontrollijakson aikaisia tietoja harjoittelusta sekä muusta fyysisestä aktiivisuudesta ei ollut tämän työn valmistuessa saatavilla. Tämän vuoksi ei voida tarkastella tutkimukseen liittyvien harjoi-

tusten eroja (volyymi ja intensiteetti) tutkittavien normaaliin fyysiseen aktiivisuuteen sekä harjoitteluun verrattuna. Fyysisen aktiivisuuden määrää tai harjoittelun toteutumista ei voitu tässä työssä tarkastella, sillä urheilukelloista saatavia tietoja ei ollut saatavilla.

9.2 MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen aikaiset muutokset

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös erikseen kahden erilaisen kuukautiskiertoon mukautetun harjoittelun (follikulaari- ja luteaalivaiheeseen painotettu harjoittelu) välisiä eroja MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen jälkeen. Kehonkoostumuksen muutoksia tarkasteltiin vain ympärysmittojen ja bioimpedanssin avulla, sillä DXA-mittaus suoritettiin vain pre- ja post-mittapisteissä. Reiden ympärysmittan muutoksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien FP ja LP välillä MIET-harjoitusjakson jälkeen. Muiden muuttujien osalta ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja absoluuttisissa arvoissa tai muutoksissa ryhmien tai harjoitusjaksojen välillä.

Tutkimuksen hypoteesin perusteella oletettiin, että LP-ryhmän muutokset kehonkoostumuksessa ja mahdollisesti veren rasva-arvoissa eroaisivat FP-ryhmään verrattuna. MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen välisten erojen selvittäminen on follikulaari- ja luteaalivaiheen harjoitteluryhmien kesken haasteellista. Luteaalivaiheen tehostunut rasvojen käyttö energiaksi voisi lisäntyneen rasvojen hapettamisen kautta vaikuttaa suotuisasti myös kehon rasvamassan vähenemiseen. (Dupuit ym. 2020) Submaksimaalisissa harjoituksissa (MIET) rasvan hapettaminen on suurempaa luteaalivaiheessa verrattuna follikulaarivaiheen harjoituksiin, joten tehostunut rasvojen käyttö voisi pienentää rasvasolujen kokoa, jonka seurauksena rasvamassan määrä pienenee (Davis & Hackney 2017; Vieira-Potter 2017, 261). Toisaalta korkeammalla harjoitusintensiteetillä kierron vaiheen aiheuttamat muutokset energia-aineenvaihdunnassa eivät olisi enää merkitseviä. Näin ollen sukupuolihormonien aiheuttamat muutokset eivät enää vaikuttaisi korkean intensiteetin harjoittelussa energia-aineenvaihduntaan tai substraattien käyttöön. (Vieira-Potter 2017, 261)

HIIT-harjoittelun on kuitenkin eräissä tutkimuksissa todettu vähentävän rasvamassan määrää saman verran tai enemmän verrattuna matalan intensiteetin harjoitteluun (Beqa Ahmeti ym. 2020; Keating ym. 2017; Windingin ym. 2018). Näin ollen on pohdittava sitä, kuinka paljon sukupuolihormoneilla on merkitystä harjoituksen aikaiseen energia-aineenvaihduntaan ja minkä tyyllisessä harjoittelussa sen merkitys korostuu. Tutkimusten mukaan siis HIIT-

harjoittelu itsessään voisi olla tehokkaampi keino vähentää kehon rasvamassan määrää ja myös parantaa veren lipidiprofiilia, mutta kuukautiskiertoon mukautetun harjoittelun merkitys on vielä epäselvä.

Ympärysmittoihin liittyviä tuloksia tulee tarkastella varoen, sillä jokaisella mittauskerralla ympärysmittojen mittauspisteet määritettiin uudestaan antropometristen kohtien mukaan. On mahdollista, että mittauspisteet eivät olleet täsmällisesti samat jokaisella kerralla, joten se voi vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Myös kehonkoostumuksen muutoksia tulee tarkastella kriittisesti, sillä bioimpedanssimittauksen tuloksiin vaikuttaa etenkin ne tekijät, jotka aiheuttavat muutoksia kehon nesteissä. Bioimpedanssimittaus suoritettiin aina samalla valmistautumisella ja protokollalla, mutta mittaukset ajoitettiin tutkittavien kierron follikulaarivaiheen alkuun, jolloin kuukautisten aiheuttama nesteen kertyminen on voinut vaikuttaa tuloksiin. (Cumberledge ym. 2018) Tämän tutkimuksen tuloksissa jokaisena mittapisteenä käytettiin kuitenkin follikulaarivaiheen mittausta, mikä vähentää kuukautiskierron mahdollista vaikutusta kehonkoostumusmuutosten tarkastelussa.

9.3 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Tutkimuksen merkittävimpana vahvuutena oli se, että tutkimus oli ensimmäisiä kuukautiskiertoon mukautettuun kestävyysharjoitteluun liittyvistä tutkimuksista. Aiempaa tietoa kyseisestä aiheesta on saatavilla hyvin niukasti, jos ollenkaan. Myös kahden erilaisen harjoitusjakson toteuttaminen voidaan nähdä vahvuutena, sillä se mahdollisti myös ryhmien eroavaisuuksien tarkastelun kohtuukuormitteisen kestävyysharjoittelun sekä korkeaintensiteettisen intervalliharjoittelun välillä. Lisäksi tutkittavien samankaltaisuus esimerkiksi luonnollisen kuukautiskierron osalta voi lisätä tutkimuksen luotettavuutta.

Tutkimuksen vahvuutena oli myös, että mittaukset suoritettiin samassa kierron vaiheessa, mikä voi lisätä mittapisteen välisten muutosten luotettavuutta. Kierron vaiheen seuranta toteutettiin ovulaatiotestien, veren hormonipitoisuuksien sekä kuukautiskierron kalenteriseurannan avulla. Yleensä vaaditaan useampi kuin yksi menetelmä kuukautiskierron vaiheiden optimaaliseen määrittämiseen, sillä esimerkiksi ovulaatio havaitaan luotettavimmin virtsasta LH-piikin perusteella. Näin ollen tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää kuukautiskierron vaiheiden mää-

rittämistä yksilöllisesti useamman menetelmän avulla, mikä lisää luotettavuutta oikeassa kier-
ron vaiheessa suoritettuihin testeihin sekä harjoitteluun. (Hirschberg 2022) Silti kuukautiskier-
ron vaiheen tai ovulaation tarkka seuranta voi olla haasteellista, sillä kuukautiskierron kesto
vaihtelee yksilöiden välillä, se voi vaihdella myös kuukautiskiertojen välillä (Roos ym. 2015;
Tiitinen 2021).

Tutkimuksen heikkoutena voidaan todeta olevan tutkittavien vähäinen lukumäärä. Eri ryhmien
tutkittavien määrät vaihtelivat mittapisteiden mukaan, sillä kaikilta tutkittavilta ei ollut saata-
vissa kaikkien muuttujien tuloksia, joka osaltaan on voinut vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin ja
luotettavuuteen. Esimerkiksi FP-ryhmän post-mittauksissa kehonkoostumus ja veren rasva-ar-
vot saatiin mitattua vain kolmelta tutkittavalta. Tutkittavien lukumäärään on vaikuttanut tutkit-
tavien poisjäänti tutkimuksesta harjoitusjakson aikana, sekä jotkin mittauksiin liittyvät haasteet.
Heikkoutena on lisäksi kehonkoostumusmuuttujiin liittyvät mittausvirheet, joita on mahdolli-
sesti esiintynyt etenkin ympärysmitoissa. Harjoittelun toteutumisen seurannan puuttuminen on
yksi tämän työn heikkouksia, sillä yksittäisen tutkittavan harjoitusmääriä tai harjoituksen inten-
siteettiä ei voitu tarkastella puuttuvien tietojen vuoksi. Puuttuvien harjoittelutietojen lisäksi
tässä työssä ei tarkasteltu muuta fyysistä aktiivisuutta, mikä voidaan nähdä heikkoutena, sillä
sen määrä voi vaikuttaa mitattuihin muuttujiin sekä tulosten tulkintaan. Mikäli erot yksittäisten
tutkittavien tai ryhmien välillä ovat suuria harjoittelun toteutumisessa, tulee pohtia myös tulos-
ten luotettavuutta sen kautta.

9.4 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen perusteella perinteinen kestävyysharjoittelu olisi tehokkain keino vähentää
kehon rasvamassaa, vatsan alueen rasvamassaa sekä pienentää vyötärönympärystä 16 viikon
harjoitusjakson aikana (MIET ja HIIT) naisilla, joilla on säännöllinen ja luonnollinen kuukau-
tiskierto. Tasaisesti jaksotettu kestävyysharjoittelu olisi tehokkaampi keino verrattuna kuukau-
tiskieroon mukautettuun harjoitteluun, jossa harjoittelua painotetaan tiettyyn kuukautiskierron
vaiheeseen. Tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu veren rasva-arvojen muutoksissa ryh-
mien välillä. LP- ja FP-ryhmien osalta havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero reiden ympäryk-
sen muutoksessa MIET-harjoitusjaksolla, joka tarkoittaa sitä, että luteaalivaiheeseen painotettu
kestävyysharjoittelu voisi mahdollisesti olla tehokkaampi keino kehon ympärysmittojen muu-
tokselle erityisesti alavartalossa.

Tulosten perusteella voidaan tehdä varovaisia johtopäätöksiä kuukautiskiertoon mukautetun harjoittelun sekä perinteisen kestävyysharjoittelun välillä. Säännöllinen ja tasainen kestävyysharjoittelu voisi siis olla parempi keino saada terveyden kannalta positiivisia muutoksia kehonkoostumukseen, mutta lisää tutkimusta tarvitaan. Kuukautiskierron ja sitä säätelevien hormonien aiheuttamat aineenvaihdunnalliset vasteet saattavat ilmetä vasta, kun estrogeenin ja progesteronin suhde on riittävän korkea, joten estrogeenipitoisuuden kasvun tulisi olla riittävän suurta kierron vaiheiden välillä vasteiden saamiseksi (Tiller ym. 2021). On siis tarkasteltava tuloksia myös siitä näkökulmasta, että vasteet eivät välttämättä ole olleet riittäviä muutosten saamiseksi.

MIET- ja HIIT-harjoitusjaksojen kohdalla voidaan todeta, että kuukautiskiertoon mukautettua harjoittelua tulee tutkia lisää etenkin harjoittelun intensiteetin osalta. Tulevissa tutkimuksissa tulisi harjoittelun jaksottamisen lisäksi selvittää miten harjoittelun intensiteetti sekä volyymi mahdollisesti vaikuttavat tehostuneen rasvaenergia-aineenvaihdunnan kanssa kehonkoostumuksen muutoksiin. Lisää tutkimustietoa aiheeseen liittyen tarvitaan etenkin suuremmalla otannalla sekä erilaisia harjoitusprotokollia käyttäen.

LÄHTEET

- Beqa Ahmeti, G., Idrizovic, K., Elezi, A., Zenic, N. & Ostojic, L. (2020). Endurance Training vs. Circuit Resistance Training: Effects on Lipid Profile and Anthropometric/Body Composition Status in Healthy Young Adult Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (4), 1222. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041222>.
- Couillard, C., Desperes, J.P. & Lamarche, B. (2001). Effects of endurance exercise training on plasma HDL cholesterol levels depend on levels of triglycerides: evidence from men of the Health, Risk Factors, Exercise Training and Genetics (HERITAGE) Family Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 21, 1226–1232. <https://doi.org/10.1161/hq0701.092137>.
- Cumberledge, E. A., Myers, C., Venditti, J. J., Dixon, C. B. & Andreacci, J. L. (2018). The Effect of the Menstrual Cycle on Body Composition Determined by Contact-Electrode Bioelectrical Impedance Analyzers. *International journal of exercise science*, 11 (4), 625–632.
- Dasa, M. S., Kristoffersen, M., Ersvær, E., Bovim, L. P., Bjørkhaug, L., Moe-Nilssen, R. & Haukenes, I. (2021). The female menstrual cycles effect on strength and power parameters in high-level female team athletes. *Frontiers in Physiology* 12, 164. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.600668>.
- Daussin, F. N., Zoll, J., Dufour, S. P., Ponsot, E., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., Mettauer, B., Piquard, F., Geny, B. & Richard, R. (2008). Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: Relationship to aerobic performance improvements in sedentary. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 295 (1), R264-R272. doi.org/10.1152/ajpregu.00875.2007.
- Davis, H. C. & Hackney, A. C. (2017). The hypothalamic–pituitary–ovarian axis and oral contraceptives: regulation and function. Teoksessa Hackeny, A. C. (toim.) *In Sex Hormones, Exercise and Women: Scientific and Clinical Aspects*. Cham: Springer International Publishing, 1–17. doi.org/10.1007/978-3-319-44558-8_1.
- Devries, M. C., Hamadeh, M. J., Phillips, S. M. & Tarnopolsky, M. A. (2006). Menstrual cycle phase and sex influence muscle glycogen utilization and glucose turnover during moderate-intensity endurance exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 291 (4), 1120–1128 doi.org/10.1152/ajpregu.00700.2005.

- Doewes, R. I., Gharibian, G., Zaman, B. A. & Akhavan-Sigari, R. (2022). An updated systematic review on the effects of aerobic exercise on human blood lipid profile. *Current problems in cardiology*, 101108. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2022.101108>.
- Dupuit, M., Maillard, F., Pereira, B., Marquezi, M. L., Lancha Jr, A. H. & Boisseau, N. (2020). Effect of high intensity interval training on body composition in women before and after menopause: a meta-analysis. *Experimental Physiology* 105 (9), 1470–1490. <https://doi.org/10.1113/EP088654>.
- Elliott-Sale, K. J., Minahan, C. L., de Jonge, X. A. K. J., Ackerman, K. E., Sipilä, S., Constantini, N. W., Lebrun, C. M. & Hackney, A. C. (2021). Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. *Sports Med* 51, 843–861. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01435-8>.
- Feingold, K. R. (2015). Introduction to lipids and lipoproteins. In *Endotext*. MDText.com, Inc.: South Dartmouth (MA), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279054/>.
- Fikenzer, K., Fikenzer, S., Laufs, U. & Werner, C. (2018). Effects of endurance training on serum lipids. *Vascular pharmacology* 101, 9–20. doi.org/10.1016/j.vph.2017.11.005.
- Giolo De Carvalho, F. & Sparks, L. M. (2019). Targeting white adipose tissue with exercise or bariatric surgery as therapeutic strategies in obesity. *Biology* 8 (1), 16. doi.org/10.3390/biology8010016.
- Gordon, B., Chen, S. & Durstine, J.L. (2014). The effects of exercise training on the traditional lipid profile and beyond *Current Sports Medicine Reports* 13 (4), 253–259. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000073>.
- Gripp, F., Nava, R. C., Cassilhas, R. C., Esteves, E. A., Magalhães, C. O. D., Dias-Peixoto, M. F. & Amorim, F. T. (2021). HIIT is superior than MICT on cardiometabolic health during training and detraining. *European Journal of Applied Physiology* 121 (1), 159–172. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04502-6>.
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. (2011). *Guyton and hall textbook of medical physiology*. 12th painos. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier.
- Hackney, A. C. (1999). Influence of oestrogen on muscle glycogen utilization during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 167 (3), 273–274. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1999.00605.x>.

- Hackney, A. C., Muoio, D. & Meyer, W.R. (2000). The effect of sex steroid hormones on substrate oxidation during prolonged submaximal exercise in women. *The Japanese journal of Physiology* 50 (5), 489–494. <https://doi.org/10.2170/jjphysiol.50.489>.
- Hackney, A. C. (2021) Menstrual cycle hormonal changes and energy substrate metabolism in exercising women: A perspective. *International Journal Environmental Research and Public Health* 18 (19), 10024. doi.org/10.3390/ijerph181910024.
- Halverstadt, A., Phares, D. A., Wilund, K. R., Goldberg, A. P. & Hagberg, J. M. (2007). Endurance exercise training raises high-density lipoprotein cholesterol and lowers small low-density lipoprotein and very low-density lipoprotein independent of body fat phenotypes in older men and women. *Metabolism*, 56 (4), 444–450. [doi:10.1016/j.metabol.2006.10.019](https://doi.org/10.1016/j.metabol.2006.10.019).
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R. & Hoff, J. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve $\dot{V}O_2\text{max}$ More Than Moderate Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (4), 665–671. [doi:10.1249/mss.0b013e3180304570](https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570).
- Henderson, G. C. (2021). Plasma free fatty acid concentration as a modifiable risk factor for metabolic disease. *Nutrients*, 13 (8), 2590. <https://doi.org/10.3390/nu13082590>.
- Hirschberg, A. L. (2022). Challenging aspects of research on the influence of the menstrual cycle and oral contraceptives on physical performance. *Sports Medicine*, 52 (7), 1453–1456. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01616-5>.
- Hughes, D. C., Ellefsen, S. & Baar, K. (2018). Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine* 8 (6). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>.
- Isacco, L. & Boisseau, N. (2017). Sex Hormones and Substrate Metabolism During Endurance exercise. Teoksessa Hackney, A. C. (toim.) *In Sex Hormones, Exercise and Women: Scientific and Clinical Aspects*. Cham: Springer International Publishing, 35–58. [doi:10.1007/978-3-319-44558-8_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-44558-8_3).
- Issurin, V. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine* 40, 189–206. <https://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>.
- Jones, A.M. & Carter, H. (2000). The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Sports Medicine* 29, 373–386. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>.

- Keating, S. E., Johnson, N. A., Mielke, G. I. & Coombes, J. S. (2017). A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obesity reviews* 18 (8), 943-964. doi:/10.1111/obr.12536.
- Kelley, G. A., Kelley, K. S. & Vu Tran, Z. (2005). Aerobic exercise, lipids and lipoproteins in overweight and obese adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *International journal of obesity* 29 (8), 881–893. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802959>.
- Kimura, I., Ichimura, A., Ohue-Kitano, R. & Igarashi, M. (2020). Free fatty acid receptors in health and disease. *Physiological reviews* 100 (1), 171–210. <https://doi.org/10.1152/physrev.00041.2018>.
- Laursen, P. B. & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine* 32, 53–73. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232010-00003>.
- Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 20, 1–10. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01184.x>.
- Lehning, A. C. & Stanford, K. I. (2018). Exercise-induced adaptations to white and brown adipose tissue. *Journal of Experimental Biology*, 221. doi.org/10.1242/jeb.161570.
- LeMura, L. M., von Duvillard, S. P., Andreacci, J., Klebez, J. M., Chelland, S. A. & Russo, J. (2000). Lipid and lipoprotein profiles, cardiovascular fitness, body composition, and diet during and after resistance, aerobic and combination training in young women. *European Journal of Applied Physiology* 82 (5), 451–458. <https://doi.org/10.1007/s004210000234>.
- McGarrah, R. W., Slentz, C. A. & Kraus, W. E. (2016). The effect of vigorous-versus moderate-intensity aerobic exercise on insulin action. *Current Cardiology Reports* 18 (12), 117. <https://doi.org/10.1007/s11886-016-0797-7>.
- Milanović, Z., Sporiš, G. & Weston, M. (2015). Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO2max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine* 45, 1469–148. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>.
- Mitsuzono, R. & Ube, M. (2006). Effects of endurance training on blood lipid profiles in adolescent female distance runners. *The Kurume Medical Journal*, 53 (1+ 2), 29–35. <https://doi.org/10.2739/kurumemedj.53.29>.

- Nicklas, B. J., Hackney, A. C. & Sharp, R. L. (1989). The Menstrual Cycle and Exercise: Performance, Muscle Glycogen, and Substrate Responses. *International Journal of Sports Medicine* 10, 264–269. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024913>.
- Oosthuysen, T. & Bosch, A. N. (2010). The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women. *Sports Medicine* 40 (3), 207-27. doi:10.2165/11317090-000000000-00000.
- Reed, B. G. & Carr, B. R. (2015). The normal menstrual cycle and the control of ovulation. In: De Groot LJ, Chrousos G, Dungan K et al eds *Endotext*. MDText.com, Inc.: South Dartmouth (MA).
- Roos, J., Johnson, S., Weddell, S., Godehardt, E., Schiffner, J., Freundl, G. & Gnath, C. (2015). Monitoring the menstrual cycle: Comparison of urinary and serum reproductive hormones referenced to true ovulation. *The European Journal of Contraception & Reproductive Health Care* 20 (6), 438–450. doi:10.3109/13625187.2015.1048331.
- Rosenblatt, M. A., Perrotta, A. S. & Vicenzino, B. (2019). Polarized vs. threshold training intensity distribution on endurance sport performance: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 33 (12), 3491–3500. doi:10.1519/JSC.0000000000002618.
- Rueggsegger, G. N. & Booth, F. W. (2018). Health benefits of exercise. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine* 8 (7). doi:10.1101/cshperspect.a029694.
- Salerni, S., Di Francescomarino, S., Cadeddu, C., Acquistapace, F., Maffei, S. & Gallina, S. (2015). The different role of sex hormones on female cardiovascular physiology and function: not only oestrogens. *European Journal of Clinical Investigation* 45 (6), 634–645. doi:10.1111/eci.12447.
- Schoenfeld, B. & Dawes, J. (2009). High-Intensity Interval Training. Applications for General Fitness Training, Strength and Conditioning *Journal* 31 (6), 44–46. doi:10.1519/SSC.0b013e3181c2a844.
- Spriet, L. L. & Watt, M. J. (2003). Regulatory mechanisms in the interaction between carbohydrate and lipid oxidation during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 178 (4), 443–452. doi:10.1046/j.1365-201X.2003.01152.x.
- Su, L., Fu, J., Sun, S., Zhao, G., Cheng, W., Dou, C. & Quan, M. (2019). Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS one*, 14 (1). doi.org/10.1371/journal.pone.0210644.

- Syamsudin, F., Syaifullah, R., Subardi, M. B. & Fariz, S. (2021). Interval Training and Endurance Training to Increase VO₂max: Article Review. *JUARA: Jurnal Olahraga* 6 (2), 188–197. <https://doi.org/10.33222/juara.v6i2.1227>.
- Tarnanen, K., Stranberg, T., Syväne, M. & Kukkonen-Harjula, K. (2021). Dyslipidemia eli veren poikkeavat rasva-arvot. Käypä hoito- suositus. Potilasversio. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 3.3.2023. <https://www.kaypahoito.fi/khp00047>.
- Tiitinen, A. (2021). Normaali kuukautiskierto. Terveyskirjasto. Lääkärikirja Duodecim. Viitattu 17.4.2021. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00158>.
- Tiller, N. B., Elliott-Sale, K. J., Knechtle, B., Wilson, P. B., Romerts, J. D. & Millet, G. Y. (2021). Do Sex Differences in Physiology Confer a Female Advantage in Ultra-Endurance Sport?. *Sports Medicine* 51, 895–915. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01417-2>.
- Trejo-Gutierrez, J. F. & Fletcher, G. (2007). Impact of exercise on blood lipids and lipoproteins. *Journal of clinical lipidology* 1 (3), 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2007.05.006>.
- Vashishta, S., Gahlot, S. & Goyal, R. (2017). Effect of Menstrual Cycle Phases on Plasma Lipid and Lipoprotein Levels in Regularly Menstruating Women. *Journal of clinical and diagnostic* 11 (5), 5–7. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26031.9799>.
- Vieira-Potter, V. J. (2017) Teoksessa Hackney, A. C. (toim.) *In Sex Hormones, Exercise and Women: Scientific and Clinical Aspects*. Cham: Springer International Publishing, 257–284.
- Willett, H. N., Koltun, K. J. & Hackney, A. C. (2021). Influence of Menstrual Cycle Estradiol- β -17 Fluctuations on Energy Substrate Utilization-Oxidation during Aerobic, Endurance Exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (13), 7209. <https://doi.org/10.3390/ijerph18137209>.
- Williams, P. T., Krauss, R. M., Vranizan, K. M., & Wood, P. D. (1990). Changes in lipoprotein subfractions during diet-induced and exercise-induced weight loss in moderately overweight men. *Circulation* 81 (4), 1293–1304. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.81.4.1293>.
- Williams, P. T. (2001). Health effects resulting from exercise versus those from body fat loss. *Medicine and science in sports and exercise*, 33 (6), 611-621. doi:10.1097/00005768-200106001-00030.
- Williams, P. T., Zhao, X-Q., Marcovina, S. M., Otvos, J. D., Brown, B. G. & Krauss, R. M. (2014). Comparison of four methods of analysis of lipoprotein particle subfractions for

their association with angiographic progression of coronary artery disease. *Atherosclerosis*, 233 (2), 713–720. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2014.01.034.

Winding, K. M., Munch, G. W., Iepsen, U. W., Van Hall, G., Pedersen, B. K. & Mortensen, S. P. (2018). The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism* 20 (5), 1131-1139. doi:10.1111/dom.13198.