

**RAVITSEMUKSEN YHTEYS ENERGIASTATUSTA KUVAAVIIN  
HORMONAALISIIN MUUTTUJIIN KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITELLEILLA  
NAISILLA**

Anna Kotkajuuri

Valmennus- ja testausoppi

Pro Gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Liikuntabiologia

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2020

Ohjaajat: Keijo Häkkinen ja Johanna Ihalainen

## TIIVISTELMÄ

**Kotkajuuri Anna** (2020). Ravitsemuksen yhteys energiastatusta kuvaaviin hormonaalisiin muuttujiin kestävyys- ja voimaharjoitelleilla naisilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma, 80 s., Liitteitä 1.

Urheilijat ja liikunnallisesti aktiiviset naiset pyrkivät usein urheiluharjoittelun lisäksi saavuttamaan suorituskyvyn tai ulkonäön kannalta optimaalisen kehonkoostumuksen. Tämä voi johtaa ruokavalion rajoittamiseen terveyden kustannuksella. Energiansaataavuuden (EA) optimaalisena tasona pidetään 45 kcal/kg rasvatonta massaa (FFM). Alle 30 kcal/kg FFM on kliinisen alhaisen EA:n raja, jota pienempi energiensaanti vaarantaa terveyden ja urheilussa kehittymisen. Huolimatta ongelman yleisyydestä ja merkittävistä haitoista urheilumaailmassa, ei sen havainnointiin ole yksiselitteisiä metodeja. EA:n lisäksi myös muilla ravitsemuksen osatekijöillä kuten energiaravintoaineilla voi olla vaikutusta liikunnallisten naisten hyvinvointiin esimerkiksi hormonitoiminnan muutosten kautta. Tällä tutkimuksella pyrittiin selvittämään EA:n ja energiaravintoaineiden suhteellisen saannin yhteyksiä hormonaalisiin muuttujiin.

Tutkimukseen rekrytoitiin 27 liikunnallisesti aktiivista naista, joilla oli luonnollinen säännöllinen kuukautiskierto (N-ryhmä, n=16) tai jotka käyttivät hormonaalista ehkäisyä (H-ryhmä, n=11). Mittauksia suoritettiin kuukautiskierron neljässä eri vaiheessa. Paastoverinäytteestä analysoitiin estradioli (E<sub>2</sub>), lutetisoiva hormoni (LH), vapaa testosteroni, kortisoli, trijodityroniini (T<sub>3</sub>) ja leptiini. Suorituskykyä arvioitiin suoran hapenottokyvyntestin ja maksimaalisen jalkaprässisuorituksen perusteella. Lisäksi tutkittavat täyttivät kolmena päivänä mittauksen ympärillä ruoka- ja harjoituspäiväkirjaa. Tutkimuksessa vertailtiin myös harjoitustaustan vaikutusta ravitsemukseen ja hormonaalisiin muuttujiin voima- tai kestävyysharjoitteluun panostaneiden tutkittavien välillä. Tutkittavien harjoitustausta vaihteli kuntoilijoista tavoitteellisiin kilpaurheilijoihin.

Tutkittavista 62 %:lla havaittiin liian alhainen EA, mutta kliininen energiavaje todettiin vain kahdella tutkittavalla. Kaikilla tutkittavilla, joilla T<sub>3</sub>, testosteroni ja leptiini olivat viitearvojen alapuolella, EA oli alentunut. EA korreloi positiivisesti T<sub>3</sub>:n kanssa (r=0.818, p<0.001). Testosteronin ja hiilihydraatin saannin välillä oli negatiivinen yhteys (r=-0.495, p<0.05) ja H-ryhmällä myös rasvan saanti korreloi testosteronin kanssa (r=0.897, p<0.05). EA ja kuidun saanti olivat käänteisesti yhteydessä E<sub>2</sub> pitoisuuteen N-ryhmässä (r=-0.794, p<0.05 ja r=-0.638, p<0.05). Voima- ja kestävyysurjoitelleiden ainoa ero oli voimaharjoitelleiden suhteellisesti suurempi proteiinin saanti (p<0.05).

Subkliininen liian alhainen energiensaataavuus oli tässä tutkimusjoukossa yleistä, mutta tämä lievä energiavaje ei välttämättä johda hormonaalisiin muutoksiin. Hormonaaliset muutokset saattavat kuitenkin olla merkki liian alhaisesta EA:sta. Kuidun runsaalla saannilla saattaa olla estrogeenia laskeva vaikutus ja energiensaannin painottuminen hiilihydraatteihin voisi laskea testosteronin pitoisuutta. T<sub>3</sub> on kenties hormonaalisista muuttujista paras energiensaataavuuden kuvaaja. Voimaharjoitelleiden suhteellinen proteiininsaanti oli heillä tilastollisesti kestävyysurjoitelleita suurempaa, muita merkitseviä eroja ravitsemuksessa tai hormonaalisissa muuttujissa ei ryhmien välillä havaittu. Aiheesta olisi tärkeää saada kattavia pitkittäistutkimuksia, jotta voitaisiin havainnoida syy-seuraus -suhteita ja niiden käytännön vaikutuksia urheilijan suorituskyvyn ja terveyteen.

**Asiasanat:** liikuntaravitsemus, hormonitoiminta, harjoitustausta

## ABSTRACT

**Kotkajuuri Anna** (2020). Nutrition and serum hormone concentrations in endurance and strength trained women. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's Thesis of Science of Sport Coaching and Fitness Testing, 80 p., 1 appendix.

In addition to sports training, athletes and physically active women usually strive to achieve body composition that is optimal for their performance or outlook. This can lead to unhealthy restriction of nutrition. An optimal level of energy availability (EA) is 45 kcal/kg fat free mass (FFM). EA <30 kcal/kg FFM is regarded as a limit of clinically low energy availability (LEA) which has several negative effects on sports performance and health. Despite the prevalence of the problem and its significant disadvantages in the sports world, there is no simple and accurate tool to detect it. In addition to EA, other nutritional elements, such as energy nutrients, may have effect on the well-being of exercising women e.g. through hormonal function. The purpose of this study was to determine the associations of EA and relative intake of energy nutrients with hormonal variables.

Twenty-seven physically active women with natural and regular menstruation (N-group, n=16) or with hormonal contraceptives (H-group, n=11) were recruited for this study. The same measurements were completed at four phases of the menstrual cycle. Serum concentrations of estradiol (E<sub>2</sub>), luteinizing hormone (LH), free testosterone, cortisol, triiodothyronine (T<sub>3</sub>) and leptin were analyzed from fasting blood sample. Physical performance was evaluated using the maximal oxygen uptake test and maximal 1RM leg press performance. EA, energy nutrients and nutritional fiber intake were analyzed with 3-day diet record around the other measurements. The purpose of this study was also to detect hormonal and nutritional differences between two groups of women, who had focused mainly on either strength or endurance training. The training background of the subjects ranged from recreational activity to competitive sports training.

EA was observed to be too low in 62 % of the subjects, but clinical energy deficit was found only in two subjects. EA was reduced with all subjects, who had serum T<sub>3</sub>, testosterone or leptin concentrations below the reference values. EA was positively correlated with T<sub>3</sub> (r = 0.818, p <0.001). Testosterone and carbohydrate intake were inversely associated (r = -0.495, p <0.05). In the H-group, also fat intake was inversely associated with testosterone (r = 0.897, p <0.05). EA and fiber intake were inversely related to E<sub>2</sub> content in the N-group (r = -0.794, p <0.05 and r = -0.638, p <0.05, respectively). The only difference between strength and endurance trained subjects was the relatively higher protein intake of strength trained women (p <0.05).

Subclinical too low energy availability was common in this study, but this mild energy deficit does not seem to lead to hormonal changes. However, hormonal changes might be a sign of LEA. According to these results, high fiber intake may have an estrogen-lowering effect and high relative intake of carbohydrates might lower testosterone levels. T<sub>3</sub> seemed to be the best hormonal marker of energy availability. Higher relative protein intake of the strength trained subjects compared to endurance trained subjects was the only significant difference between these two groups. In the future, it would be important to perform comprehensive longitudinal studies about nutrition, physiological and psychological changes in athletes in order to observe cause-effect relationships and their practical effects on athlete's performance and health.

**Key words:** nutrition and exercise, hormonal function, training background

## **KIITOKSET**

Tämä tutkimus toteutettiin Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveystieteellisessä tiedekunnassa osana suurempaa tutkimusprojektia, jota ohjasivat LitT Johanna Ihalainen ja professori Heikki Kyröläinen. Projektissa valmistui useita pro gradu -töitä ja yksi kandidaatintutkielma. Tässä työssä esitellään vain tämän opinnäytetyön kannalta olennaiset menetelmät ja mittaukset.

Haluan kiittää työni ohjaajia professori Keijo Häkkistä ja Johanna Ihalaista, jotka jakoivat asiantunte-  
mustaan tieteellisen tutkimuksen tekemisestä ja aihepiiriin liittyvistä kysymyksistä sekä innostivat pe-  
rehtymään tähän tärkeään aiheeseen. Kiitän koko muuta tutkimusryhmää toimivasta yhteistyöstä sekä  
Urheiluopistosäätiötä, joka tuki taloudellisesti projektin toteutumista. Kiitokset myös opponentilleni  
Ella Nurmelle, joka oli tärkeä ja kannustava apu työn viimeistelyssä ja muotoilussa koko projektin ajan.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The present study was carried out at the Faculty of Sport and Health Sciences, in the University of Jyväskylä, as a part of a broader study supervised by LitT Johanna Ihalainen and professor Heikki Kyröläinen. The comprehensive project produced several Master's theses and one Bachelor's thesis. Only the protocols, procedures and measurements relevant to the topic of this thesis are presented here.

I would like to express my gratitude to the supervisors of this master's thesis, Professor Keijo Häkkinen and Johanna Ihalainen, who shared their expertise in scientific research and inspired me to explore this important topic. I would like to express appreciation towards all the people who were involved in the research project, and Finnish Sports Institute Foundation for their economical support. I would also like to thank my opponent Ella Nurmi, who was important and supportive help throughout the project.

## KÄYTETYT LYHENTEET

1 RM	one repetition maximum, maksimaalinen yhden toiston maksimi
BIA	bioimpedance analysis, bioimpedanssimittaus
BMI	body mass index, kehon massaindeksi
BMR	basal metabolic rate, perusaineenvaihdunta
DXA	dual-energy X-ray absorptiometry, kaksiennergisen röntgensäteen absorptiometria
E%	energiaprosentti, suhteellinen osuus energiansaannista
E <sub>2</sub>	estrogeeni
EA	energy availability, energiansaatavuus
EEE	exercise energy expenditure, harjoittelun aikainen energiankulutus
EI	energy intake, energiansaanti
FHA	funktionaalinen hypotalaaminen amenorrea
FFM	fat free mass, rasvaton massa
FFQ	food frequency questionnaire, ruuankäyttökysely
GnrH	gonadotropin releasing hormone, gonadotropiineja vapauttava hormoni
LBM	lean body mass, rasvaton massa, muu kuin luusto
LEA	low energy availability, liian alhainen energiansaatavuus
LEAF-Q	low energy availability questionnaire -alhaisen energiansaatavuuden riskitekijöitä kuvaava kysely
LH	lutensioiva hormoni
RMR	resting metabolic rate, lepoaineenvaihdunta
RMR <sub>ratio</sub>	resting metabolic rate ratio, mitattu RMR jaettuna laskennallisella RMR:lla
T <sub>3</sub>	trijodityroniini
TEA	thermic effect of activity, aktiivisuuden termologinen vaikutus
TEF	thermic effect of food, ruuan termologinen vaikutus
TEE	total energy expenditure, kokonaisenergiankulutus
VO <sub>2</sub> max	maksimaalinen hapenottokyky

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO.....	1
2 URHEILIJAN RAVITSEMUS .....	3
2.1 Energiankulutus ja -saanti .....	3
2.2 Energiaravintoaineet.....	5
3 SUHTEELLINEN ENERGIAVAJE .....	9
3.1 Suhteellisen energiavajeen syyt.....	9
3.2 Suhteellisen energiavajeen seuraukset.....	11
3.2.1 Aineenvaihdunta.....	12
3.2.2 Kuukautiskierto .....	13
3.2.3 Muut hormonaaliset muutokset .....	18
3.2.4 Suorituskyky.....	22
3.3 Lajitaustan vaikutus.....	24
4 ENERGIANSAAATAVUUDEN ARVIOIMINEN .....	28
4.1 Energiansaannin arvioiminen .....	28
4.2 Liikunnan aikainen energiankulutus.....	31
4.3 Energiansaatavuuden määrittäminen .....	34
4.3.1 Energiansaatavuuden laskukaava .....	34
4.3.2 Menetelmän käyttökelpoisuus urheilijoilla .....	36
5 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT .....	39
6 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	40
6.1 Tutkittavat.....	40

6.2	Tutkimusasetelma ja mittausten kuvaus .....	43
6.2.1	Aamumittaus.....	44
6.2.2	Suorituskyky.....	45
6.2.3	Kyselylomakkeet .....	48
6.3	Tilastolliset analyysit.....	49
7	TULOKSET .....	50
7.1	Alhaisen energiansaatavuuden ja sen tunnusmerkkien ilmeneminen.....	51
7.2	Ravitsemuksen yhteydet hormonaalisiin muuttujiin .....	52
7.3	Harjoitustaustan vaikutus ravitsemukseen ja hormonaalisiin muuttujiin .....	54
8	POHDINTA.....	56
8.1	Alhainen energiansaatavuus ja sen tunnusmerkit.....	56
8.2	Ravitsemuksen yhteys seerumin hormonipitoisuuksiin .....	58
8.3	Harjoitustaustan vaikutus .....	61
8.4	Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet.....	63
8.5	Johtopäätökset ja käytännön sovellutukset.....	64
	LÄHTEET .....	67
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Laadukas ravitseminen on olennainen osa urheilijan kehittymistä ja yleistä hyvinvointia. Merkitsevästä huolimatta urheilijoiden ja heidän valmentajiensa tietämys oikeaoppisesta ravitsemuksesta on vajavaista. (Heikkilä ym. 2018; Trakman ym. 2018.) Tiedon lisääminen on tärkeää, sillä parempi ymmärrys vaikuttaa olevan yhteydessä ravitsemusvalintoihin ja tätä kautta myös urheilijan ominaisuuksiin ja suorituskykyyn (Rossi ym. 2017; Belski ym. 2018).

Urheiluravitsemuksen kulmakivi on sopiva energiansaanti (Thomas ym. 2016). Liian alhainen energiansaataavuus (LEA, *low energy availability*) ja siitä seuraavat terveydelliset haitat ovat yleinen ongelma varsinkin naisurheilijoiden keskuudessa (Gibbs ym. 2013; Melin ym. 2015; Heikura ym. 2018). Melin ym. (2015) tutkimuksessa jopa 63 % urheilijoista kärsi liian alhaisesta energiansaataavuudesta ja 23 %:lla ilmeni tämän lisäksi kuukautiskierron häiriöitä ja alentunutta luuntiheyttä. Heikuran ym. (2018) tutkimuksessa 34 %:lla naisurheilijoista ilmeni vähintään yksi naisurheilijan oireyhtymän osatekijöistä. Myös vapaa-ajallaan aktiivisista naisista 63 % on havaittu alttiiksi liian alhaiselle energiansaataavuudelle (Black ym. 2018). LEA:lle erityisen alttiita ovat naiset, jotka kilpailevat lajeissa, joissa alhainen kehonpaino ja matala rasvaprosentti tukevat lajissa menestymistä (Joy ym. 2016).

Alhaisen energiansaataavuuden keskeiset haitat tunnetaan hyvin ja ne on todennettu laboratorioolosuhteissa, mutta menetelmien siirto käytäntöön on haastavaa (Burke ym. 2018). Kaikissa tutkimuksissa ei ole havaittu yhteyttä ruokapäiväkirjan avulla arvioidun LEA:n ja sitä kuvaavien fysiologisten markkereiden välillä (Heikura ym. 2018). Lisäksi Burke ym. (2018) toteavat, että LEA:n seurauksiin on mahdollisesti muitakin vaikuttavia tekijöitä kuin vain energiansaataavuus sinänsä, kuten ruokailun ajoitus ja erilaiset ruokavalinnat. Kuukautiskierron häiriöitä pidetään kenties selkeimpänä merkinä liian alhaisesta energiansaataavuudesta, mutta hormonaalisen ehkäisyn käyttö (Heikura ym. 2018), subkliiniset eli vähäoireiset tilat (de Souza ym. 2003a) sekä tarve nopeaan riskitekijöihin reagointiin (Mountjoy ym. 2018) korostavat muiden tekijöiden merkitystä.



Tässä tutkimuksessa selvitettiin liian alhaisen energiansaatavuuden ilmenemistä säännöllisesti menstruoivilla liikunnallisesti aktiivisilla naisilla ja tutkittiin, onko ruokapäiväkirjan perusteella arvioidulla ravitsemuksella yhteyttä hormonaalisiin muuttujiin. Energiansaatavuuden lisäksi tutkimuksessa perehdyttiin energiaravintoaineiden ja kuidun vaikutukseen. Tutkimuksella pyrittiin myös selvittämään eroja ravitsemuksessa ja hormonaalisissa muuttujissa voima- tai kestävyysharjoitteluun keskittyvien naisten välillä.

## 2 URHEILIJAN RAVITSEMUS

Laadukkaalla ravitsemuksella voidaan edistää urheilijan terveyttä ja suorituskykyä. Ravitsemuksen perustan muodostaa sopiva energiansaanti, jonka rajoissa ravintoaineiden saanti määrittyy. Urheilijan ravinto-ohjeistus tulisi suhteuttaa myös urheiluharjoitteluun ja tavoitteisiin, jotka muuttuvat kauden eri vaiheissa. (Thomas ym. 2016.)

### 2.1 Energiankulutus ja -saanti

Päivän kokonaisenergiankulutus (TEE, total energy expenditure) koostuu kolmesta päätekijästä: perusaineenvaihdunnasta (BMR, basal metabolic rate), ruokailun ja ruuan imeytymisen aiheuttamasta lämmöntuotosta (TEF, thermic effect of food) sekä fyysisen aktiivisuuden aikaansaamasta energiankulutuksesta (TEA, thermic effect of activity). TEA pitää sisällään sekä urheiluharjoittelun että muun spontaanin liikkumisen. (Thomas ym. 2016.)

Perusaineenvaihdunnalla tarkoitetaan sitä energiamäärää, joka kattaa kaiken ihmisen aineenvaihdunnallisiin prosesseihin tarvittavan energian, vaikka makaisi koko päivän aloillaan (Thomas ym. 2016). Sen suuruuteen vaikuttavat mm. ikä, paino ja sukupuoli (Kerksick & Kulovitz 2013). Merkittävin yksittäinen perusvaihduntaan vaikuttava tekijä on yleensä rasvattoman massan paino (Oshima ym. 2011). Perusaineenvaihdunnan sijasta energiankulutuksen arvioinnissa puhutaan usein lepoaineenvaihdunnasta (RMR, resting metabolic rate). Perusaineenvaihdunnan mittausta ennen tutkittavan tulee levätä ja paastota vähintään 12 tuntia, ettei esimerkiksi ruuan imeytymisestä aiheutuva lisääntynyt lämmöntuotto vaikuta tulokseen. RMR on useimmiten hieman korkeampi, koska sitä ei mitata yhtä vakioituissa olosuhteissa, vaan esimerkiksi 3-4 tuntia kevyen aterian jälkeen. (McArdle ym. 2010, 193.) Passiivisella ihmisellä lepoaineenvaihdunta kattaa yleensä 60-80 % kokonaisenergiankulutuksesta, mutta urheilijalla fyysisen aktiivisuuden aiheuttama energiankulutus voi olla jopa yli puolet päivän kokonaisenergiankulutuksesta (Thomas ym. 2016).

Hormonaalisen ehkäisyn vaikutuksista energiankulutukseen ja -saantiin on ristiriitaista tietoa. Joissain tutkimuksissa on havaittu pienempää tai suurempaa lepoaineenvaihduntaa hormonaalista ehkäisyä käyttävillä verrattuna luonnollisesti menstruoviin naisiin. Lepoaineenvaihdunnan suuruus voi vaihdella naisilla kuukautiskierron eri vaiheissa ja havaitut erot energiankulutuksessa voivatkin tasoittua, kun havainnoidaan energiankulutusta koko kuukautiskierron aikana keskiarvoisesti eikä vain tietyssä vaiheessa. (Eck ym.1997.)

Energiatasapainosta (EB, energy balance) puhutaan silloin, kun energiansaanti (EI, energy intake), eli päivän aikana syöty energia, vastaa vuorokauden kokonaisenergiankulutusta (Burke ym. 2018). Kroonisesti alhainen energiansaanti voi kuitenkin johtaa aineenvaihdunnan hidastumiseen, jolloin urheilija on näennäisesti energiatasapainossa ja paino ei muutu, vaikka normaalit elintoiminnot vaarantuvat (Nattiv ym. 2007). Tällöin voidaan puhua suhteellisesta energiavajeesta (RED-S, relative energy deficiency in sports), joka on laaja-alaisesti fysiologisiin toimintoihin, terveyteen ja suorituskykyyn vaikuttava ongelma (kts. 3.2) (Mountjoy ym. 2014).

Energiatasapainon sijaan monissa nykyaikaisissa tutkimuksissa on käytetty energiansaatavuuden käsitettä, joka voi kuvata paremmin urheilijan todellista energiantarvetta (Loucks ym. 2011; Melin ym. 2014; Heikura ym. 2018). Energiansaatavuus (EA, energy availability) tarkoittaa sitä energiamäärää, joka jää jäljelle, kun päivittäisestä energiansaannista vähennetään liikunnan aikainen energiankulutus (EEE, exercise energy expenditure). Tämä luku ilmaistaan yleensä suhteessa kehon rasvattomaan massaan (FFM, fat free mass). Energiansaatavuus voidaan siis määrittää kaavalla:

$EA = EI - EEE / \text{kg FFM} / \text{vrk}$ . (Thomas ym. 2016.)

Terveiden naispuolisten aikuisten on todettu olevan energiatasapainossa energiansaatavuuden ollessa keskimäärin noin 45 kcal/kg FFM/vrk. Miehillä vastaava luku on mahdollisesti hieman matalampi, 40 kcal/kg FFM. Melin ym. (2019) määrittelevät katsauksessaan energiansaatavuuden 30-45 kcal/kg FFM vastaavan subkliinistä energiavajetta. Terveydelle haitallisena alarajana pidetään yleisesti raja-arvoa 30 kcal/kg FFM, jolloin voidaan puhua kliinisestä energiavajeesta. Raja-arvot EA:lle on esitelty kuvassa 1.

Energiansaatavuus (kcal/kg FFM/vrk)	Huomioita
> 45	Mahdollistaa lihasmassan kasvattamisen ja painon nousun
45	Mahdollistaa riittävän energiansaannin optimaalisten elintoimintojen ja urheilijana kehittymisen takaamiseksi, paino pysyy vakaana
30-45	Mahdollistaa riittävän energiansaannin ja turvallisen painon laskun rajoitetulla aikavälillä
<30	Vaarantaa normaalit elintoiminnot ja urheilijan terveyden

KUVA 1. Energiansaatavuuden vaikutus urheilijan terveyteen, urheilijana kehittymiseen ja painoon. FFM = fat free mass, rasvaton massa. (Loucks ym. 2011; Burke ym. 2018; Garthe ym. 2018; Mountjoy ym. 2018).

## 2.2 Energiaravintoaineet

Energia- ja ravintoaineita ovat hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat sekä alkoholi (Thomas ym. 2016). Alkoholia ei tässä työssä käsitellä, koska se ei ole suotava lähde energiantarpeen tyydyttämiseksi. Energiaravintoaineiden lisäksi olennainen osa laadukasta ravitsemuksesta ovat suojaravintoaineet eli vitamiinit ja kivennäisaineet. Ne vaikuttavat myös urheilusuoritukseen ja urheilijan kykyyn harjoitella terveenä ja täysipainoisesti. Intensiivinen harjoittelu lisää monien suojaravintoaineiden tarvetta niiden suuremman kulutuksen ja urheilun aiheuttaman menettämisen myötä. (Maughan ym. 2018.) Suurempi energiantarve kuitenkin edesauttaa riittävää suojaravintoaineiden saantia, ja puutostiloille ovat alttiita lähinnä urheilijat, jotka rajoittavat energiansaantiaan, ovat rajanneet joitain ruoka-aineita ruokavaliostaan tai syövät ravintoköyhää ruokaa (Thomas ym. 2016).

*Hiilihydraatti* on urheilijan tärkein energianlähde erityisesti kovatehoisissa suorituksissa, sillä sitä pystytään hapettamaan energiaksi muita energiaravintoaineita nopeammin. Sitä voidaan käyttää energiaksi myös anaerobisissa energiantuottoprosesseissa. (Thomas ym. 2016.) Hiilihydraateilla on merkittävä rooli immuunijärjestelmän toiminnassa ja niiden riittävällä saannilla voidaan ehkäistä urheilusuorituksesta seuraavaa vastustuskyvyn heikkenemistä (Pyke 2017). Liian alhainen hiilihydraatin saanti lisää proteiinin hapettamista energiaksi (Tarnopolsky 2004). Meeusen ym. (2013) arvelevat liian alhaisen hiilihydraatin saannin olevan olennainen syy myös ylikuormitustilan syntyyn urheilijoilla ja hiilihydraattivajeen aiheuttama stressi näkyy kehossa mm. kortisolin lisääntyneenä pitoisuutena.

Hiilihydraattivarastot ovat ihmisellä suhteellisen pienet, ja siksi hiilihydraatin säännöllinen saanti varsinkin tehokkaasti liikkuvilla urheilijoilla on tärkeää. Kovatehoinen urheilusuoritus ilman hiilihydraattia on käytännössä mahdoton. Hiilihydraatti on keskushermoston ainoa energianlähde, joten sen puutteella voi olla vaikutusta myös kognitiivisiin toimintoihin. (Thomas ym. 2016.)

Ravitsemussuositusten mukaan hiilihydraattien tulisi kattaa 45-60 % energian kokonaissaannista (E%) (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Paljon harjoittelevalla urheilijalla suhteellisen saannin tulee mahdollisesti olla tätä korkeampi. Urheilijan glykogeenivarastojen ylläpito vaatii usein jopa 6-10 g/kg hiilihydraatin saantia vuorokaudessa. (Rodriguez ym. 2009.) Pääosa hiilihydraatin lähteistä tulisi olla laadukkaita vähän prosessoituja tuotteita, kuten täysjyvää, hedelmiä, marjoja ja kasviksia (Ojala ym. 2016). Paljon liikkuvien voi olla harjoitusten läheisyydessä hyvä turvautua myös nopeammin imeytyviin hiilihydraatteihin riittävän energiansaannin varmistamiseksi ja vatsavaivojen välttämiseksi (Thomas ym. 2016).

Ravintokuidut ovat erilaisia hiilihydraattipolymeereja, jotka eivät sula tai imeydy ihmiselimistössä. Ruokavalion kuiduilla on moninaisia lyhyt- ja pitkäkestoisia positiivisia terveysvaikutuksia kattaen mm. suoliston toiminnan, rasva- ja hiilihydraattiaineenvaihdunnan ja painonhallinnan. (Juvonen 2012.) Kuidun on havaittu ehkäisevän esimerkiksi monia aineenvaihdunnallisia sairauksia ja nivelrikkoa. Hyviä kuidun lähteitä ovat täysjyvätuotteet, kasvikset, pähkinät ja siemenet sekä jotkut palkokasvit. (Guine ym. 2016.) Vähimmäissuositus on noin 25-35 g/vrk

(Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Liiallisella määrällä kuitua voi kuitenkin olla myös negatiivisia vaikutuksia sen haitatessa ravintoaineiden ja energian imeytymistä sekä suoliston toimintaa (Juvonen 2012). Runsas kuidun saanti on urheilijoilla yhdistetty myös kuukautiskier-ron häiriöihin (Melin ym. 2016).

*Proteiinien* merkitys energianlähteenä on pieni (Tarnopolsky ym. 2005) ja niitä käytetään ennen kaikkea rakennusaineina lihaksissa ja muissa kehon rakenteissa (Thomas ym. 2016). Ruokavalion proteiini itsessään kiihdyttää proteiinisynteesiä ja on tärkeää lihaskasvulle (Thomas ym. 2016), mutta riittävä proteiinin saanti edistää myös aineenvaihdunnallisia muutoksia, kuten mitokondrioiden biogeneesiä, kestävyysharjoittelun seurauksena (Hill ym. 2013).

Proteiinin yleinen saantisuositus on 1,1-1,3 g/kg ja proteiinin tulisi kattaa 10-15 E% kokonaisenergiansaannista (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Kovaa harjoittelevat urheilijat voivat kuitenkin hyötyä suuremmasta absoluuttisesta proteiinimäärästä. Urheilijoille voidaan suositella proteiinin saantia 1,4-2 g/kg ja proteiinin saannin tulisi jakautua tasaisesti 3-4 h välein noin 20-40 g kerta-annoksiksi (Jäger ym. 2017). Erityisiä tilanteita, jolloin proteiinin saantia kannattaa säätää suosituksen ylärajalle, ovat harjoittelun tehon kasvattaminen, liian alhainen energian tai hiilihydraatin saanti sekä erilaiset passiivisuuteen johtavat vammat (Thomas ym. 2016).

*Rasva* on energiatihein energiaravintoaine, sillä se sisältää energiaa 9 kcal/g, kun hiilihydraatti ja proteiini sisältävät grammaa kohden vain noin 4 kcal (Ojala ym. 2016). Rasva on ihmiskehossa myös hyvin riittoisa energianlähde. Esimerkiksi hoikka urheilija, jonka rasvaprosentti on 8-14 %, pystyy rasvavarastoistaan tuottamaan energiaa jopa 30 000 kcal. Glykogeenivarastoissa energiaa on vain noin 2000 kcal. (Volek ym. 2015.)

Rasva on olennainen osa terveellistä ruokavaliota. Sitä tarvitaan esimerkiksi rasvaliukoisten vitamiinien imeytymiseen, solukalvojen rakennusaineeksi sekä riittävän energiansaannin varmistamiseksi (Thomas ym. 2016). Urheilijan voi olla vaikea saada riittävästi energiaa vähärasvaisesta ruokavaliosta (Ojala ym. 2016). Rasvoista kolesteroli on keskeisessä roolissa sukupuolihormonien tuotannossa (Kercksick & Kulovitz 2013) ja vähärasvainen ruokavalio voi alentaa

veren testosteronipitoisuutta (Lambert 2004). Liian vähärasvainen ruokavalio voi myös altistaa rasvan saannin keskittymiseen huonolaatuisempiin tyydyttyneisiin rasvoihin, joita saadaan helposti muun ruuan mukana (Thomas ym. 2016). Suomalaisten ravitsemussuositusten mukaan rasvojen tulisi kattaa 25-40 % kokonais energian saannista ja tyydyttyneiden rasvahappojen osuus tulisi olla korkeintaan 10 % kokonaisenergiansaannista (Valtion ravitsemusneuvottelukunta (2014). Rasvaa tulisi olla ruokavaliossa vähintään 1g/kg (Rosenblom ym. 2012).

### **3 SUHTEELLINEN ENERGIAVAJE**

Suhteellinen energiavaje (RED-S, relative energy deficiency in sports) on liian alhaisesta energiansaataavuudesta seuraava monimuotoinen ongelma, jolla on vaikutuksia moniin fysiologisiin toimintoihin, kuten kuukautiskiertoon, luuston terveyteen, aineenvaihduntaan, proteiinisynteesiin, vastustuskykyyn ja verenkiertoelimistön terveyteen. Aiemmin tutkimukset ovat käsitelleet ennen kaikkea naisurheilijan oireyhtymää, joka pitää sisällään kolme tunnusmerkkiä: liian vähäinen energiansaanti, kuukautiskierron häiriöt ja alentunut luuntiheys. Nykyään kuitenkin tiedetään, että LEA:lla on vaikutuksensa moniin muihinkin elinjärjestelmiin ja ongelma koskee myös miehiä. Niinpä suhteellisen energiavajeen käsite pyrkii huomioimaan myös nämä osat alueet. RED-S on käsitteenä suhteellisen uusi ja se esiteltiin ensimmäisen kerran laajassa muodossaan vasta vuonna 2014. (Mountjoy ym. 2014.)

#### **3.1 Suhteellisen energiavajeen syyt**

Alhaisen energiansaataavuuden syytä on monia. Urheilijat tavoittelevat usein lajinsa kannalta optimaalista kehonkoostumusta, mutta samalla heidän tulisi huolehtia ravitsemuksesta, joka tukee suorituskkyä, palautumista ja terveyttä (Fahrenholtz ym. 2018). Tutkimusten mukaan syömishäiriöt ja häiriintynyt syömiskäyttäytyminen vaikuttavat olevan yleisempiä urheilijoiden kuin ei-urheilijoiden keskuudessa (Martinsen & Sundgot-Borgen ym. 2013).

Urheilijoiden tavallista yleisempää häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä ei ole havaittu kaikissa tutkimuksissa (Rosendahl ym. 2009). Martinsen & Sundgot-Borgen (2013) arvelevat, etteivät tavoitteellisesti harjoittelevat urheilijat aina tulkitse häiriintynyttä syömiskäyttäytymistään ongelmaksi, vaan ajattelevat sen kuuluvan normaaliin urheilijan elämään. Heidän tutkimuksensa nousi esille urheilijoita, joilla ei kyselyn perusteella havaittu häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä, mutta tarkemman haastattelun myötä urheilija saattoi täyttää virallisen syömishäiriön kuten bulimia nervosan kriteeristön. Viner ym. (2015) tutkimuksessa jopa 70 % eliittitason pyöräilijöistä rajoitti energiansaantiaan tietoisesti ja jatkuvasti painon kontrolloimiseksi. Sundgot-Borgen & Larsenin (1993) mukaan urheilijoilla painon kontrollointi liittyi pääosin suorituskyvyn edistämiseen, kun taas kontrolliryhmällä ensisijainen tavoite oli ulkonäön parantaminen.



Sundgot-Borgen ym. (1994) tutkimuksessa selvitettiin riskitekijöitä syömishäiriöiden synnylle urheilijoilla. Yleisimmiksi riskitekijöiksi havaittiin pidentynyt painonpudotusjakso tai painon heilahtelut (> 4 kg, >6 krt / vuosi), traumaattiset elämäntapahtumat (esim. vamma tai sairastuminen, tärkeän valmentajan vaihtuminen, perheongelmat) sekä huomattava harjoitusmäärien lisäys.

Häiriintyneen syömiskäyttäytymisen lisäksi LEA voi johtua myös muista, ei-psykologisista tekijöistä, kuten kyvyttömyydestä täyttää runsaan urheiluharjoittelun tuottama energiankulutus. (Melin ym. 2014). Urheilija voi altistua suhteelliselle energiavajeelle yrittäessään pudottaa painoa esimerkiksi kilpailukaudelle liian intensiivisesti tai pyrkiessään ylläpitämään alhaista kehonpainoa pitkän kilpailukauden ajan. Ylilyöntejä voi ilmetä myös urheilijan loukkaantuessa ja vähentäessä energiansaantiaan liikaa passiivisuuden takia. Tällöin myös toipuminen hidastuu. (Burke ym. 2018.)

Liikunnan aiheuttama energiankulutus ei välttämättä lisää ruokahalua suuremman kulutuksen kompensoimiseksi (King ym. 1997) ja liikunnalla ei ole samanlaista vaikutusta nälän tunteeseen kuin ruokailun rajoittamisesta aiheutuvalla energiavajeella (Hubert ym. 1998). Pitkät harjoitukset voivat jopa vähentää ruokahalua mm. lisäämällä kylläisyshormonien (esim. peptidi YY, glukagonin kaltainen peptidi 1) määrää. Vaikuttaa siltä, että kehon sopeutuminen urheiluharjoitteluun kylläisyshormonien eritystä vähentämällä harjoittelun jatkuessa on yksilöllistä. Niinpä osa aktiivisesti liikkuvista voi olla erityisen alttiita liian alhaiselle energiansaatavuudelle. (Loucks 2013.) Säännöllisesti liikkuvilla nälän tunteen kontrollointi saattaa tosin olla passiivisia ihmisiä parempi (Beaulieu ym. 2017).

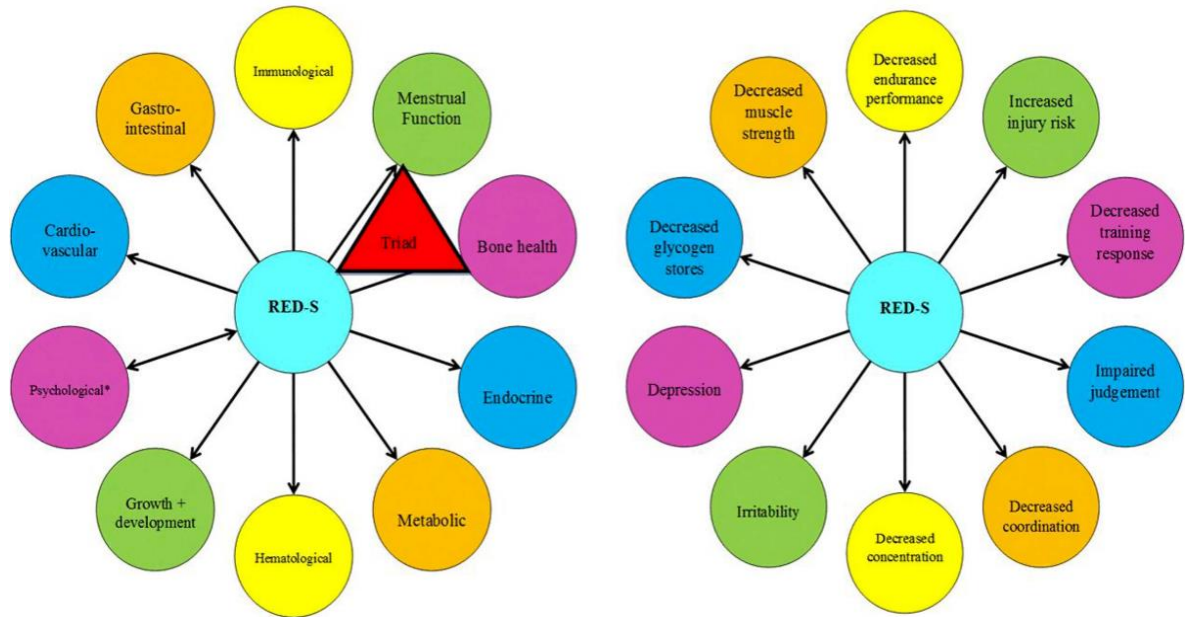
Suurin osa alentunutta energiansaatavuutta, RED-S:ta ja syömishäiriöiden ilmenemistä käsittelevistä tutkimuksista on keskittynyt runsaasti harjoitteleviin tavoitteellisiin urheilijoihin (mm. Sundgot-Borgen ym. 1994; Fahrenholtz ym. 2017; Heikura ym. 2018). RED-S vaikuttaa kuitenkin olevan myös vapaa-ajallaan aktiivisesti liikkuvien naisten ongelma. Esimerkiksi Black ym. (2018) tutkimuksessa havaittiin alhaisen energiansaatavuuden riskitekijöitä käsittelevän kyselyn (LEAF-Q, Low energy availability in females questionnaire) perusteella jopa 63 % tutkittavista alttiiksi liian alhaiselle energiansaatavuudelle. LEAF-Q:n perusteella arvioitu riski oli

yhteydessä alhaisempaan energiansaatavuuteen, hormonaalisiin muutoksiin ja kuukautiskier-  
ron häiriöihin. Slaterin ym. (2016) mukaan pelkkään LEAF-Q -kyselyyn perustuneessa tutki-  
muksessa alentunutta energiansaatavuutta arvioitiin ilmenevän 45 %:lla vapaa-ajallaan aktiivi-  
sista naisista.

Ruokavaliosta voidaan havaita alentunutta energiansaatavuutta tai hormonaalisia häiriöitä en-  
nustavia tekijöitä (Sundgot-Borgen ym. 1994; Melin ym. 2014; Black ym. 2018). Black ym.  
(2018) tutkimuksessa havaittiin, että alhaisen energiansaatavuuden riski oli yhteydessä run-  
saampaan rasvan osuuteen ruokavaliossa, minkä artikkelissa arvellaan olevan seurausta sosiaa-  
lisessa mediassa esillä olleiden vähähiilihydraattisten ruokavalioiden suosioista. Myös eliittita-  
son pyöräilijöillä liian vähäisen hiilihydraatin saannin on havaittu olevan ensisijainen LEA:ta  
edistävä tekijä (Viner ym. 2015). Vähähiilihydraattista ruokavaliota ei kuitenkaan tällä hetkellä  
yleisesti suositella urheilijoille (Thomas ym. 2016). Urheilijoilla on havaittu myös päinvastaisia  
tuloksia ja alhainen energiansaatavuus on ollut yhteydessä vähärasvaiseen ruokavalioon (Melin  
ym. 2014). Melin ym. (2014) tutkimuksessa alentuneen energiansaatavuuden ja kuukautiskier-  
ron häiriöiden havaittiin olevan yhteydessä myös energiaköyhemmän ruuan ja kuidun runsaam-  
paan syömiseen.

### **3.2 Suhteellisen energiavajeen seuraukset**

Kansainvälinen olympiakomitea on esittänyt kattavan konsensuslausunnon suhteellisesta ener-  
giavajeesta. Kuva 2 havainnollistaa RED-S:n vaikutusaluetta. Kuvasta näkee, että vaikutukset  
ulottuvat sekä terveyteen että urheilussa vaadittuihin ominaisuuksiin ja suorituskykyyn. Ku-  
vaan on merkattu kolmiolla myös naisurheilijan oireyhtymän kattavat komponentit. (Mountjoy  
ym. 2018.) Williams ym. (2019) kylläkin kritisoivat RED-S:n käsitettä riittämättömästä näy-  
töstä LEA:n laajennettuun vaikutusalueeseen. Heidän mukaansa syy-seuraussuhteiden tieteel-  
lisesti luotettava toteaminen RED-S:n oletetuista negatiivisista seurauksista vaatii vielä lisää  
tutkimusnäyttöä. Naisurheilijan oireyhtymän he näkevät tieteellisesti varmemmin todistetuksi  
eikä RED-S:n vielä tulisi saada asemaa virallisena oireyhtymänä.



KUVA 2. Kuvaus suhteellisen energiavajeen (RED-S) vaikutusalueesta (Mountjoy ym. 2018).

### 3.2.1 Aineenvaihdunta

Tutkimuksissa on havaittu, etteivät energiavaje tai sitä kuvaavat fysiologiset muutokset välttämättä johda pitkällä aikavälillä merkittävästi alhaisempaan rasvaprosenttiin (Fahrenheitz ym. 2018; Heikura ym. 2018), vaan jopa päinvastoin (Deutz ym. 2000; Vanheest ym. 2013). Pitkittyneen LEA:n seurauksena keho sopeutuu uuteen tilanteeseen ja paino ei putoa, vaikka urheilija altistuu energiavajeen haitoille (Burke ym. 2018).

Kilpirauhasen erittämä trijodityroniini ( $T_3$ ) on tärkeä aineenvaihdunnan tehokkaaseen toimintaan vaikuttava hormoni ja sen viitearvoja pienemmät lukemat voivat olla merkki kilpirauhasen vajaatoiminnasta, jolloin aineenvaihdunta hidastuu ja paino helposti nousee (McArdle 2010, 400-443).  $T_3$ :n on havaittu korreloivan RMR:n kanssa ja sen lähtötaso voi ennustaa suurempaa painonlaskua laihtumiseen tähtäävän intervention aikana (Liu ym. 2017).

Alentuneen lepoaineenvaihdunnan tai aineenvaihduntaa kuvaavien hormonien kuten  $T_3$ :n muutosten yhteys kuukautiskierron häiriöihin (Vanheest ym. 2013; Melin ym. 2014; Fahrenheitz ym. 2017; Heikura ym. 2018), energiavajeessa vietettyihin tunteihin (Fahrenheitz ym. 2017; Torstveit ym. 2018) ja alentuneeseen energiansaataavuuteen (Melin ym. 2015) on havaittu

useissa tutkimuksissa. Kilpirauhashormonit ovat tärkeitä kasvulle, lisääntymiselle ja aineenvaihdunnalle ja liian alhaisen energiansaataavuuden seurauksena niiden pitoisuuden laskulla pyritään säästämään energiaa energiavajeen ajan. (Elliot-Sale ym. 2018.) T<sub>3</sub>-hormonin pitoisuus reagoi energiavajeeseen ja myös energiatasapainon korjaantumiseen ja voi siksi olla hyvä markeri energiastatuksesta (Swenne ym. 2009). On kuitenkin otettava huomioon, että kilpirauhashormonien pitoisuuksissa on ilmeisesti myös energiastatuksesta riippumatonta yksilöllistä vaihtelua (Andersen ym. 2002).

Melin ym. (2015) tutkimuksessa urheilijoilla, joilla ilmeni liian alhaista energiansaataavuutta, mitatun ja laskennallisen lepoaineenvaihdunnan suhde (RMR<sub>ratio</sub>) oli 7 % pienempi kuin normaalien EA:n urheilijoilla. EA:n ja RMR<sub>ratio</sub>:n välillä oli positiivinen yhteys. Seerumista analysoitu T<sub>3</sub> ei puolestaan ollut yhteydessä alhaiseen EA:een, mutta sekä RMR että T<sub>3</sub> olivat matalimmat tutkittavilla, joilla oli kuukautiskierronhäiriöitä. Tutkittavien kehonkoostumuksessa ei ollut eroa. Black ym. (2013) havaitsivat yhteyden LEA:n riskitekijöiden ja T<sub>3</sub>:n välillä.

Energiavajeessa (>300 kcal) vietetyt tunnit olivat Fahrenholtz ym. (2017) ja Torstveit ym. (2018) tutkimuksissa yhteydessä alentuneeseen lepoaineenvaihduntaan päivän kokonaisenergiainsaataavuudesta riippumatta. Jos siis urheilija esimerkiksi pyrkii pudottamaan painoaan ja syö päivän aikana liian niukasti, mutta kompensoi liian vähäistä syömistä illan syömisellä, saattaa lepoaineenvaihdunta joka tapauksessa hidastua, mikä vaikeuttaisi painonhallintaa entisestään. Energiatasapainon yhteyttä T<sub>3</sub>-hormoniin ei kuitenkaan edellä mainituissa tutkimuksissa havaittu (Fahrenholtz ym. 2017; Torstveit ym. 2018).

### **3.2.2 Kuukautiskierto**

Naisurheilijoiden amenorreaa eli kuukautisten puuttumista tai loppumista nimitetään funktionaaliseksi hypotalaamiseksi amenorreaksi (FHA; functional hypothalamic amenorrhoea), kun muut kuukautiskierron häiriöitä aiheuttavat syyt on suljettu pois (Ducher ym. 2011). Epätavallisen pitkää kuukautiskiertoa kutsutaan oligomenorreaksi ja säännöllistä kiertoa eumenorriaksi (Mountjoy ym. 2018). Normaalien kuukautiskierron alkuosassa aivolisäke erittää follitropiineja (FSH), jotka edistävät munasolun kehittymistä munasarjoissa, ja lutropiinia (LH), jonka määrän

kasvu lisää estrogeenin eritystä munasarjoissa. Estrogeenin pitoisuuden nousu aiheuttaa positiivisen palautteen kautta LH:n pitoisuuden nopean nousun ja tämän seurauksena ovulaation. Ovulaation jälkeen estrogeenin ja progesteronin tasot nousevat ja LH:n ja FSH:n eritykset tasaantuvat. Jos munasolu ei hedelmöity, kierto alkaa alusta. (Dawson & Reilly 2009.)

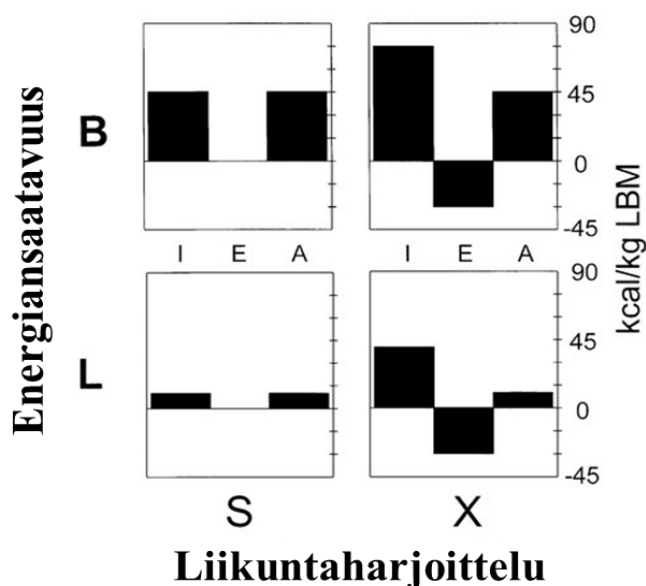
Tarkka mekanismi, miten alhainen energiansaataavuus häiritsee kuukautiskiertoa, on epäselvä. Energiansaataavuusteorian mukaan energiavaje häiritsee hypotalamuksen gonadoliberiinin (GnRH) toimintaa, mikä vähentää mm. munasarjojen toimintaa säätelevän LH:n eritystä. Energiavajeen myötä myös estrogeenin eritykset vähenevät. Estrogeenin yksi tehtävä elimistössä on estää luun hajoamista. Näin ollen sen pitoisuuden väheneminen on haitallista myös luuntiheydelle. (Nattiv ym. 2007.) Epäsäännölliset kuukautiset on yhdistetty jopa kaksin- tai nelikertaiseen riskiin rasisuurmurtumille, erityisesti selkärangassa (Ducher ym. 2011).

Fyysisesti aktiivisilla naisilla vaikuttaa esiintyvän muuta naisväestöä enemmän kuukautiskierron häiriöitä yleisyyden vaihdellessa tutkimuksesta ja lajiryhmästä riippuen noin 3-66 % välillä (Dusek 2004; Gibbs ym. 2013; Fahrenholtz ym. 2017; Heikura ym. 2018). Häiriöiden syyksi on esitetty sekä liian alhaista rasvaprosenttia, alentunutta energiansaataavuutta että urheilun aiheuttamaa stressiä (Loucks ym. 2003). Häiriöiden syyksi on energiansaataavuusteorian lisäksi myös muitakin selityksiä.

Esimerkiksi Dusek (2004) selittää funktionaalisen amenorrean syyksi harjoittelun aiheuttaman kuormituksen, liian alhaisen rasvaprosentin ja näistä seuraavat hypotalamuksen toimintahäiriöt. Hänen mukaansa alhainen rasvaprosentti vähentää rasvakudoksesta erittyvän leptiinin pitoisuutta, joka on hypotalamukselle välttämätön merkki rasvavarastojen riittävydestä GnRH:n erittämiseksi. Lisäksi kovatehoisen harjoittelun lisäämät kortisolitasot voisivat inhiboida GnRH:n eritystä. (Dusek ym. 2004). Nuorilla naisurheilijoilla ideaalipainoa alempi paino ja alhainen BMI (body mass index, kehon painoindeksi) ennustavat kuukautiskierron häiriöitä ja alentunutta luuntiheyttä. Ne urheilijat, joiden paino oli < 85 % laskennallisesta ideaalipainosta, olivat nelinkertaisessa riskissä kuukautiskierron häiriöille. (Thralls ym. 2016.)

Vastakkaisia näkökulmia Dusekin ym. (2004) stressi- ja kehonkoostumusteorioille on esitetty jo vuosituhatton alussa (mm. Loucks ym. 1998). Nykyisen käsityksen mukaan liian alhainen energiansaataavuus on merkittävin syy GnRH:n erityksen häiriintymiseen, joka johtaa myös estrogeenin ja progesteronin tuoton vähentymiseen (Mountjoy ym. 2014). Energiavajeen, kuukautiskierron häiriöiden ja estrogeenin tai LH:n pitoisuuden vähenemisen yhteys on havaittu lukuisissa tutkimuksissa (mm. Loucks ym. 1998; Loucks & Thuma 2003; Lagowska ym. 2014; Fahrenholtz ym. 2018)

Hetkellisen energian- ja hiilihydraatinsaataavuuden rajoittamisen havaittiin vähentävän LH:n (Loucks ym. 1998) ja leptiinin (Hilton & Loucks 2000) eritystä ei-urheillevilla naisilla. Samaan aikaan toteutetulla neljän päivän mittaisella urheiluharjoittelulla ei kummassakaan tutkimuksessa ollut häiriötä lisäävää itsenäistä vaikutusta hormonien eritykseen. Tästä voitiin päätellä, että liian alhainen energiansaataavuus, ei harjoittelun aiheuttama kuormitus, olisi syynä kuukautiskierron häiriöihin fyysisesti aktiivisilla naisilla. Tutkimusprotokolla on havainnollistettu kuvassa 3.



KUVA 3. Hilton & Loucks (1998) ja Loucks ym. (2003) käyttämä tutkimusprotokolla, jossa energiansaannin (I), energiankulutuksen (E) ja energiansaataavuuden (A) tasoja muunneltiin eri ryhmien välillä. B=balanced eli tasapainotettu energiansaataavuus, L=low, eli matala energiansaataavuus, S=sedentary, eli ei urheiluharjoittelua ja X=exercise, eli urheiluharjoittelu. Muokattu Hilton & Loucks (1998).

Syy-seuraus -suhteita kuukautiskierron häiriöiden syistä ei ole helppo päätellä, sillä harvassa urheilijalla toteutetussa tutkimuksessa on arvioitu sekä energiansaatavuutta että liikunnan aiheuttamaa kuormaa. Esimerkiksi de Souza ym. (2003b) tutkimuksessa huomattavasti suuremmalla osalla aktiivisesti liikkuvista kuin passiivisista naisista esiintyi ei-ovulatiivisia kuukautiskiertoja (47 % vs. 10 %) ja aktiivisesti liikkuvilla oli alhaisempi seerumin T<sub>3</sub> -taso, joten heidän sanottiin olevan hypometabolisessa tilassa. Aktiivisilla naisilla oli kuitenkin myös selvästi vähemmän rasvamassaa ja heidän ravitsemustaan ei arvioitu. Näillä aktiivisilla naisilla liikuntaharjoittelun määrä ei ollut tavoitteellisesti urheilevien harjoitusmäärien tasolla eli huippu-urheilijan keho altistuu vielä huomattavasti kovemmalle kuormitukselle.

Loucks & Thuma (2003) havainnollistivat selkeästi juuri energiansaatavuuden merkittävyyden LH:n erityksen säätelyssä. Tutkimus selvitti hormonaalisia muutoksia terveillä säännöllisesti menstruoivilla ei-liikunnallisilla naisilla. Kaikki tutkittavat juoksivat tutkimuspäivinä 70 % tasolla maksimaalisesta hapenottokyvystään (VO<sub>2</sub>max) 15 kcal/kg LBM (lean body mass, rasvaton massa lukuun ottamatta luustoa) vastaavan määrän eli vajaa 700 kcal/vrk. Tutkittavien energiansaatavuus asetettiin viiden päivän ajaksi tasapainoiselle (45 kcal/kg LBM/vrk) ja rajoitetulle (10, 20 tai 30 kcal /kg LBM/vrk) tasolle. Energiansaatavuuden tasolla 30 kcal/kg LBM/vrk LH:n erityksessä ei vielä tapahtunut huomattavia muutoksia, mutta tätä pienempi energiansaatavuus johti LH:n erityksen häiriintymiseen. Loucks & Thuma (2003) toteavat, että LH:n erityks on riippuvainen energiansaatavuuden kynnyksistä, joka on rajan 30 kcal/kg LBM/vrk alapuolella ja tulevaisuuden tutkimusten tulisi keskittyä juuri energiansaatavuuteen liittyvien mekanismien tutkimiseen. Tuloksista käy kuitenkin ilmi, että huolimatta LH:n vakaudesta 30 kcal energiansaatavuudella, jo tällä tasolla mm. T<sub>3</sub>- ja leptiiniipitoisuus laskivat ja kortisolin taso nousi. <30 kcal/kg FFM/pv pidetäänkin nykyään terveydelle haitallisen energiansaatavuuden rajana (Loucks ym. 2011).

Uudemmissa tutkimuksissa on yleisesti arvioitu kuukautiskierron häiriöiden esiintymistä nimenomaan suhteessa energiansaatavuuteen. Osassa tutkimuksissa harjoituskuorma on ilmoitettu (esim. EEE/pv tai km/vk), mutta sen yhteyksiä kuukautiskierron häiriöihin ei ole tilastollisesti analysoitu (mm. Fahrenholtz ym. 2017; Heikura ym. 2018). Vaikuttaa siltä, että ero amenorristen urheilijoiden harjoittelussa on pieni tai sitä ei ole (Tomten & Hostmark 2006; Fahrenholtz ym. 2017). Esimerkiksi Heikuran ym. (2018) tutkimuksessa amenorristet kylläkin

juoksivat noin 10 km/viikko eumenorrisia enemmän, mutta toisaalta runsaampi harjoittelu on energiankulutusta ja täten alhaista energiansaataavuutta lisäävä tekijä.

Vaikka kuukautiskierron häiriöiden on aiemmin arveltu olevan yleisimmin vain raskasta ja määrällisesti runsasta urheilua harrastavien naisten ongelma, nykyään tiedetään, että kierron häiriöitä voi esiintyä jo huomattavasti pienemmillä harjoituskuormilla. Subkliiniset kuukautiskierron häiriöt, kuten lyhyt luteaalinen vaihe ja kuukautisvuoto ilman ovulaatiota, ovat yleisiä ongelmia myös ei-tavoitteellisesti liikkuvien naisten keskuudessa. Nämä ovat amenorrean tapaan todennäköisesti yhteydessä kehon sopeutumiseen liian alhaiseen energiansaantiin liikuntaharjoittelun ja riittämättömän ravitsemuksen seurauksena. Lyhyt luteaalinen vaihe on määritetty < 10 päivän kestoisena vaiheena. (de Souza ym. 2003a.) Luteaalisen vaiheen muutokset ovat todennäköisesti yhteydessä T<sub>3</sub>:n, leptiinin ja insuliinin tasojen laskuun. Vapaa-ajallaan aktiivisesti liikkuvilla naisilla havaittiin esiintyvän luteaalisen vaiheen ongelmia 79 %:ssa ja ei-ovulatiivisia kiertoja 48 %:ssa kierroista. (de Souza ym. 2003b).

Subkliinisten tilojen lisäksi hormonaalisten muutosten ja liian alhaisen energiansaataavuuden havaitsemista voi vaikeuttaa hormonaalisen ehkäisyn käyttö, joka muuttaa luonnollista kiertoa. Energiansaataavuutta on hormonaalista ehkäisyä käyttävillä tutkittu hyvin vähän (Thein-Nissenbaum ym. 2013). Thein-Nissenbaum ym. (2013) kuitenkin havaitsivat, että hormonaalista ehkäisyä käyttävillä naisurheilijoilla häiriintynyt syömiskäyttäytyminen oli jopa kaksi kertaa yleisempää kuin ei ehkäisyä käyttävillä. He pohtivat, että hormonivalmisteen käyttö voi piilottaa mahdolliset kuukautiskierron ongelmat ja näin myös muut liian alhaisen energiansaataavuuden seuraukset jäävät huomaamatta. Hormonaalista ehkäisyä käyttävien ryhmässä vaikutti esimerkiksi esiintyvän yleisemmin ylikuormituksesta seuranneita vammoja, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Ruokavaliosta on EA:n lisäksi tutkittu muitakin tekijöitä, joilla voisi olla vaikutusta sukupuolihormonien eritykseen ja kuukautiskierron häiriöihin. Esimerkiksi veren glukoosipitoisuus voi vaikuttaa hypotalamuksen erittämän GnRH:n säätelyyn (Roland & Moenter 2011), mikä koros-



taa riittävän hiilihydraatin saannin merkitystä sukupuolihormonien normaalille toiminnalle. Aivot käyttävät energianlähteenään lähes pelkästään glukoosia ja täten hiilihydraatilla on merkittävä vaikutus niiden normaalissa toiminnassa ja eri hormonien pitoisuuksissa (Loucks 2013).

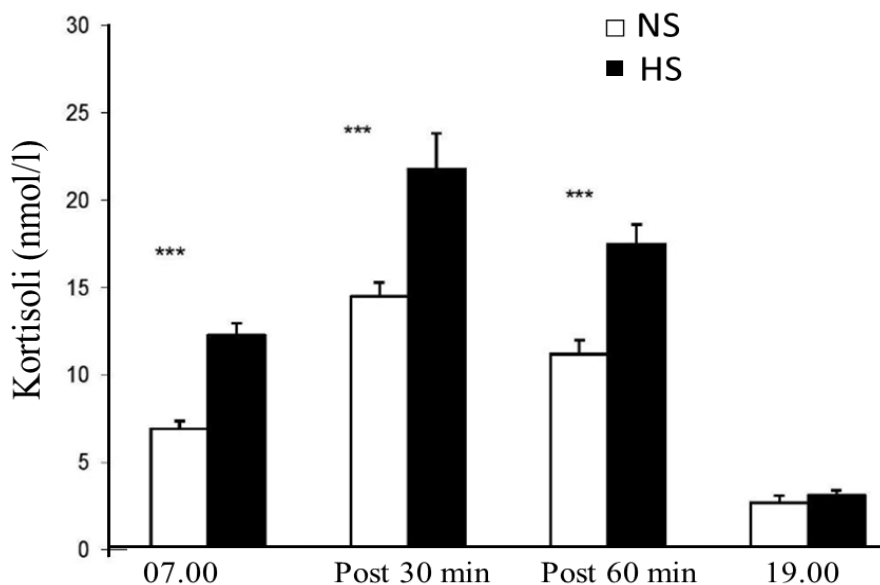
Liian vähäinen rasvan saanti voi olla yhteydessä alentuneeseen energiansaataavuuteen urheilijoilla (Melin ym. 2015) ja rasvoista kolesteroli on keskeisessä roolissa sukupuolihormonien tuotannossa (Kercksick & Kulovitz 2013). Energiatiheän ruuan välttelyn ja runsaan kuidun saannin on myös havaittu olevan yhteydessä kuukautiskierron häiriöihin ja alentuneeseen energiansaataavuuteen (Melin ym. 2014). Kuitu lisää kylläisyyttä (Juvonen 2012) ja sen vaikutus energiansaataavuuteen on täten luonnollinen, mutta kuidun estrogeenin ja LH:n pitoisuutta laskeva vaikutus on havaittu myös tutkimuksissa, jossa energiansaanti on huomioitu. Gaskins ym. (2012) havaitsivat, että vaikka runsas kuidun saanti vähensi LH:n ja estradiolin eritystä, enemmän kuitua syövät saivat ruokavaliostaan myös enemmän energiaa kuin kuitua vähemmän syövät. Myös Melin ym. (2016) havaitsivat yhteyden runsaan kuidun saannin ja kuukautiskierron häiriöiden välillä. Burke ym. (2018) toteaa, että lisää tietoa erilaisten ruokatottumusten vaikutuksesta matalan energiansaataavuuden haittoihin tarvitaan lisää.

### **3.2.3 Muut hormonaaliset muutokset**

Liian alhaisella energiansaataavuudella on vaikutuksia myös muihin kuin naissukupuolihormoneihin. Hormonaaliset muutokset alentuneen EA:n seurauksena liittyvät hermoston reagointiin verensokeritasojen ja energia-aineenvaihduntareittien muutoksiin sekä energian säästämiseen. Aivot ovat riippuvaiset riittävän glukoosin saatavuudesta ja koska lihakset käyttävät varastoimansa glykokeenin pääasiassa itse, ovat maksan glykokeenivarastot olennainen kulmakivi aivojen glukoosin saannin säätelyssä. Riittämätön energiansaanti saanti voisi siis vaikuttaa niiden hormonien eritystä lisäävään tai vähentävään säätelyyn energiavajeessa. (Loucks 2013.) Riittävä määrä energiaravintoaineita voidaan tarvita myös sukupuolihormonien tuotannossa (Kercksick & Kulovitz 2013). Energiavajeeseen ja ravitsemuksen puutteisiin mahdollisesti reagoivia hormoneja ovat mm. kortisoli, leptiini ja testosteroni.

*Kortisoli.* Kortisolin pitoisuus veressä nousee stressin ja fyysisen rasituksen seurauksena. Se tunnetaan stressihormonina. Kortisoli lisää proteiinien ja rasvan pilkkomista ja vaikuttaa negatiivisesti mm. vastustuskykyyn ja kalsiumtasapainoon. (McArdle ym. 2010, 400-443.) Energiansaannin rajoittaminen lisää veren kortisolipitoisuutta (Tomiya ym. 2011). Kortisolin erittämällä pyritään energiavajeessa rasvahappojen ja kehon proteiinien pilkkomisen kautta turvaamaan riittävä energiansaanti (Loucks ym. 2013).

Fahrenholtz ym. (2017) ja Torstveit ym. (2018) havaitsivat energiavajeessa vietettyjen tuntien määrän olevan yhteydessä korkeampiin kortisolitasoihin nais- ja miesurheilijoilla. Kortisolin korkeampi taso on myös yhteydessä FHA:n ilmenemiseen (Tornberg ym. 2017). Myös hormonaalisten yhdistelmäehkäisytablettien käyttö voi lisätä kortisolin pitoisuutta veressä (Meulenberg ym. 1987). Filaire ym. (2015) tutkivat ammattimaisten tennispelaajien syömiskäyttäytymistä, energiansaantia, stressiä ja syljestä mitattuja kortisolipitoisuuksia päivän eri vaiheissa. Urheilijoilla, joilla todettiin häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä, havaittiin koko päivän suurempi kortisolin erityis (kuva 4) sekä pienempi energian-, hiilihydraatin- ja proteiinin saanti. Kortisolin erityis oli yhteydessä päivän aikana koettuun ahdistukseen.



KUVA 4. Kortisolin pitoisuus aamulla klo. 7.00, 30 min ja 60 min heräämisen jälkeen sekä illalla klo 19.00 tenniksen pelaajilla, joiden syömiskäyttäytyminen oli normaalia (NS) tai häiriintynyttä (HS). \*\*\* $p \leq 0.001$ . Muokattu Filaire ym. (2015).

Energiaravintoaineista ainakin hiilihydraatin tiedetään vaikuttavan kortisolitasoihin, sillä esimerkiksi luurankoli hasten aminohappojen avulla voidaan pyrkiä säilyttämään riittävä verensokerin taso hiilihydraatin saannin ollessa riittämätöntä (Lane ym. 2010). Lane ym. (2010) tutkivat vähähiilihydraattisen (30 E%) ruokavalion vaikutusta veren kortisolin ja testosteronin pitoisuuteen kolmen päivän harjoitusjakson aikana kestävyys harjoitelleilla miehillä. Vähähiilihydraattista ruokavaliota noudattavilla havaittiin merkitsevä nousu kortisolin pitoisuudessa ja lasku kortisoli-testosteroni -suhteessa, mutta suosituksen mukaista hiilihydraatin saantia (60 E%) noudattavilla tutkittavilla näitä muutoksia ei havaittu.

*Leptiini* on pääosin rasvakudoksen erittämä hormoni, joka säätelee energiatasapainoa pitkällä aikavälillä lisäten kylläisyyden tunnetta (Klok ym. 2006). Liian alhainen energiansaata vuus ja rasvamassan väheneminen vaikuttavat rasvakudoksen hormonaalisiin ominaisuuksiin. Leptiinin pitoisuus korreloi positiivisesti rasvamassan kanssa ja sen pitoisuus laskee liian alhaisen energiansaata vuuden myötä. (Elliot-Sale ym. 2018.) Leptiinin pitoisuuden on todettu olevan alempi amenorrisilla kuin normaalisti menstruoivilla urheilijoilla, mutta ero vaikuttaa selittyvän eroilla rasvaprosentissa (Christo ym. 2008; Corr ym. 2011).

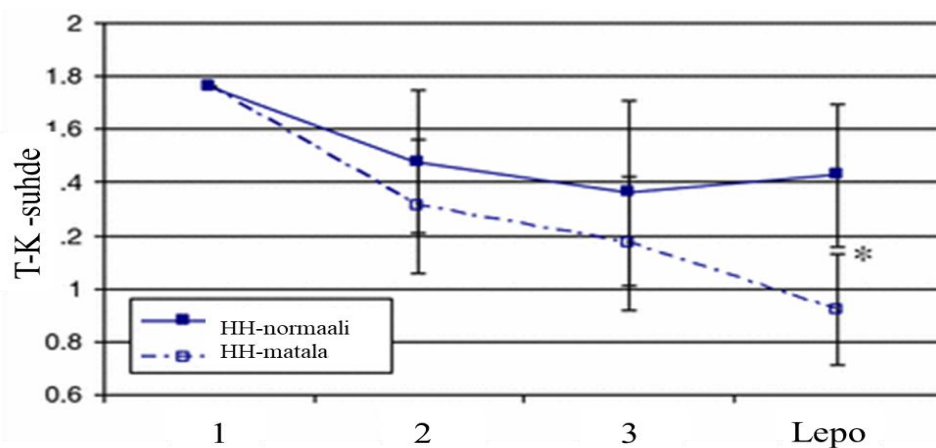
*Testosteroni* on kehon tärkein androgeeni ja anabolinen hormoni, eli se vaikuttaa positiivisesti proteiinisynteesiin. Testosteroni mm. lisää kasvuhormonin eritystä ja vaikuttaa positiivisesti voimaominaisuuksiin myös hermostollisella tasolla. Testosteroni selittääkin miesten ja naisten eroja lihasmassassa ja voimassa muiden miehille ominaisten sukupuolipiirteiden lisäksi. Naisilla testosteronin pitoisuus on yleensä noin 1/10 miesten pitoisuuksista. (McArdle 2010, 400-443.) Lisäksi Crewther ym. (2018) havaitsivat hormonaalista ehkäisyä käyttävillä naisjätkiekkoilijoilla matalamman seerumista mitatun testosteronin pitoisuuden kuin hormonaalista ehkäisyä käyttämättömillä. Testosteronin pitoisuus oli koko ryhmän tasolla myös yhteydessä onnistuneempaan pelisuoritukseen.

Testosteronin yhteys liian alhaiseen energiansaata vuuteen ja kestävyysurheiluun on todettu miehillä useissa tutkimuksissa (Elliot-Sale ym. 2018; Heikura ym. 2018). Ruokavalion vaikutus testosteronin pitoisuuksiin naisilla ei ole yhtä selvä. Esimerkiksi Christo ym. (2008) havaitsivat, että testosteronipitoisuus oli 12-18 -vuotiailla kestävyysurheilijoilla matalampi niillä työillä,

joilla ei ollut säännöllistä kuukautiskiertoa verrattuna eumenorriisiin urheilijoihin. Testosteroni oli myös positiivisesti yhteydessä leptiinin pitoisuuteen. Lagowska & Kapczuk (2016) puolestaan tutkivat naisurheilijoita ja balettitanssijoita, joilla oli kuukautiskierron häiriöitä ja he toteivat, että testosteroni korreloi negatiivisesti energian ja energiaravintoaineiden saannin kanssa. Eli pienempi energiansaataavuus ennusti suurempaa testosteronin pitoisuutta.

Tutkimusten mukaan rasvan runsaampi saanti ja erityisesti tyydyttynyt rasva nostaa testosteronin pitoisuutta suhteessa vähärasvaiseen ruokavalioon (Lambert ym. 2004). Rasvansaannin vähentäminen ja tyydyttyneen rasvan korvaaminen monitydyttymättömillä rasvoilla, eläinkunnan tuotteiden korvaaminen kasvipärisillä vaihtoehdoilla sekä laadukkaiden hiilihydraatin lähteiden ja kuidun saannin lisääminen laskee vaihdevuodet ohittaneiden naisten testosteronitasoja 20 % (Berrino ym. 2001).

Lane ym. (2010) tutkimuksessa, jossa tutkittiin hiilihydraatin päivittäisen saannin vaikutusta testosteroni-kortisoli -suhteeseen liikuntaintervention aikana, havaittiin kontrolliryhmään verrattuna suurempi negatiivinen muutos niillä, jotka noudattivat vähähiilihydraattista ruokavaliota (kuva 5). Ryhmien välinen ero selittyi ensisijaisesti kortisolitasojen suuremmalla nousulla vähähiilihydraattisessa ryhmässä, mutta myös ero testosteronin laskussa ryhmien välillä oli lähes merkitsevä ( $p < 0.06$ ).



KUVA 5. Testosteroni-kortisoli -suhteen (T-K -suhde) muutos oli suurempi vähähiilihydraattista ruokavaliota (HH-matala) noudattavilla kuin kontrolliryhmällä (HH-normaali).  $*=p < 0.05$ . Muokattu Lane ym. 2010.

### 3.2.4 Suorituskyky

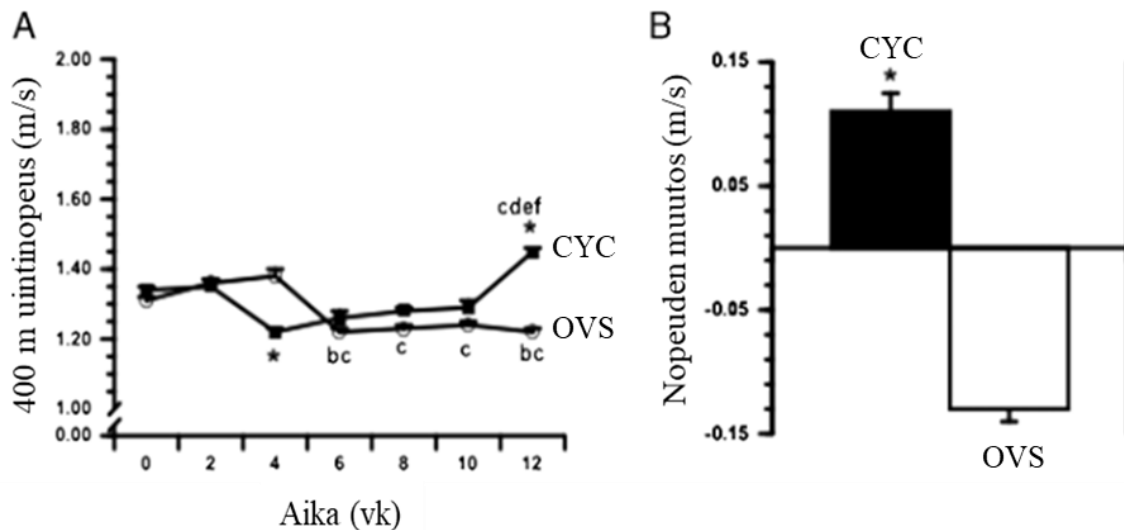
Liian alhaisella energiansaataavuudella on vaikutuksensa myös suorituskykyyn. Akuutisti alhaisen energiansaataavuuden vaikutukset suorituskykyyn voivat liittyä esimerkiksi tyhjentyneisiin glykogeenivarastoihin (Mountjoy ym. 2018). Epäsuorasti LEA voi vaikuttaa suorituskykyyn lisäämällä vammojen ja sairastelun määrää ja täten pakollisia lepopäiviä urheilijoilla (Heikura ym. 2018; Logue ym. 2019). Heikura ym. (2018) tutkimuksessa alhaista energiansaataavuutta kuvaavien kyselyiden perusteella korkeimpaan riskiryhmään kuuluvilla urheilijoilla esiintyi kymmenkertaisesti luuvammojen takia väliin jääneitä harjoituspäiviä. Tämä voi selittyä estrogeenin tuoton heikkenemisellä LEA:n seurauksena. Estrogeenin yksi tehtävä on estää luun hajoitusta ja täten sen pitoisuuden väheneminen on haitaksi myös luun tiheydelle (Nattiv ym. 2007).

Nykyään alhainen energiansaanti nähdään myös estrogeenista riippumattomana tekijänä vähentäen mm. IgF-1:n,  $T_3$ :n ja leptiinin tasoa sekä lisäten luunhajoitusta lisäävää kortisolia. Lisäksi luu itsessään on aineenvaihdunnallisesti aktiivista ja LEA:n on todettu estävän luunmuodostusta (Warren 2011.) Stressihormonitasojen nousu esimerkiksi glykogeenivarastojen tyhjenemisen myötä altistaa myös vastustuskyvyn heikkenemiselle harjoituksessa (Wolfgang ym. 2012) ja liian alhainen energiansaanti on yhdistetty ylikuntotilalle altistumiseen (Flavio & Kater 2018). Lihasmassan kasvattamisessa on puolestaan hyötyä jopa positiivisesta energiatasapainosta (Garthe ym. 2013).

Vanheest ym. (2013) havaitsivat liian alhaisesta energiansaataavuudesta seuranneilla kuukautiskierron häiriöillä selvän yhteyden nuorten naisurheilijoiden kehitykseen. He tutkivat naisuima-  
reiden kehitystä yhden harjoituskauden aikana. Harjoittelu eteni kahdentoista viikon aikana aerobisesta pidempikestoisesta harjoittelusta loppujakson herkistävään pieneen volyymin ja kovan intensiteetin harjoitteluun. Niillä, joilla oli epäsäännöllinen kuukautiskierto (OVS, ovarian-suppressed), suorituskyky 400 m uintisuorituksessa heikkeni kauden aikana keskimäärin 9,8 %, kun taas säännöllisesti menstruoivilla (CYC, cyclic menstrual function) suorituskyky parani 8,4 % (kuva 6b), vaikka ryhmien välisessä harjoittelussa ei ollut eroa. Kuukautiskierron häiriöt olivat

myös yhteydessä alentuneeseen estrogeeniin, liian alhaiseen energiansaataavuuteen, korkeampaan rasvaprosenttiin ja aineenvaihdunnan hidastumiseen.

Vanheest ym. (2013) toteavat, että LEA ei lyhyellä aikavälillä välttämättä tuota haitallisia seurauksia, mutta pitkittyessään hormonaalisilla ja aineenvaihdunnallisilla muutoksilla on negatiivinen vaikutus mm. suorituskykyyn. Kuvasta 6A nähdään, että kauden alkupuolella OVS-ryhmän suorituskyky oli jopa CYC-ryhmää parempi. Kauden lopussa, kun harjoittelulla pyrittiin suorituskyvyn optimointiin, eumenorriset naiset pystyivät kuitenkin nostamaan suorituskykyään toisin kuin OVS-ryhmään kuuluvat.



KUVA 6. Kuvassa A uintinopeuden muutokset 12 viikon harjoitusjakson aikana. Kuvassa B uintinopeuden muutos tutkimusjakson alussa ja lopussa 400 m testissä. CYC = säännöllisen kierron ryhmä, OVS = häiriintyneen kuukautiskierron ryhmä. Muokattu Vanheest ym. 2013.

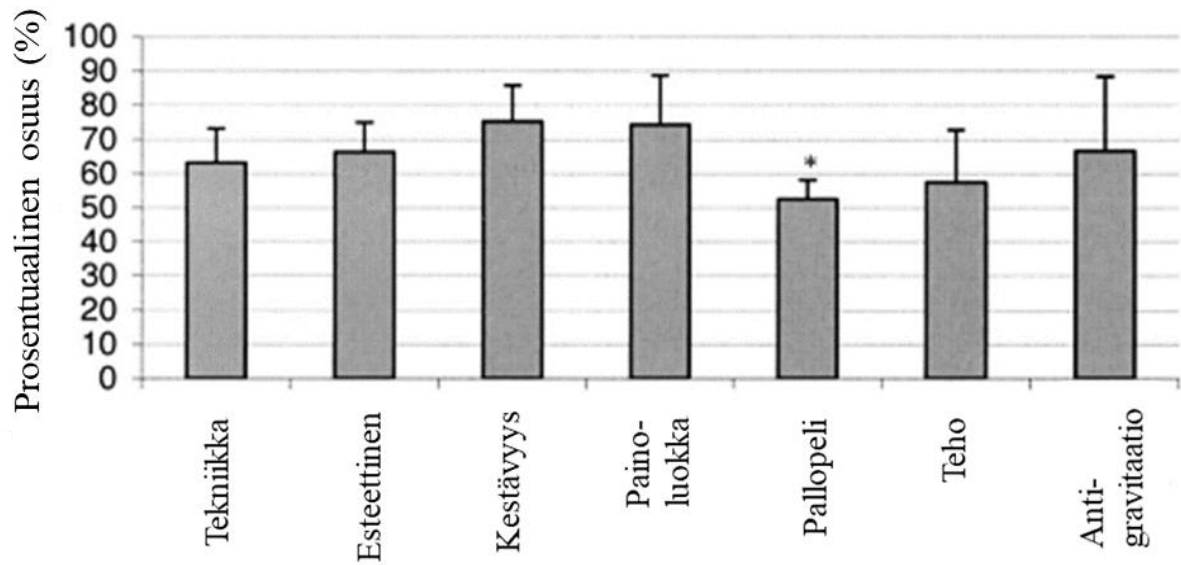
Alentuneen energiansaataavuuden vaikutukset urheilijan suorituskykyyn eivät ole täysin yksiselitteiset. LEA:n suurempi riski on esimerkiksi yhdistetty kilpailemiseen korkeammalla tasolla eri urheilulajeissa (Logue ym. 2019). Toisaalta esimerkiksi Heikura ym. (2018) tutkimuksessa alemmalla tasolla kilpailevilla suomalaisilla esiintyi enemmän LEA:een liitettäviä ongelmia kuin paremman tason ulkomaisilla urheilijoilla. On kuitenkin vaikea sanoa, edistikö ulkomaa-laisten urheilijoiden parempi terveys lajissa menestymistä, vai oliko kyse esimerkiksi geneettisistä eroavaisuuksista.

LEA:n vaikutusmekanismit suorituskykyyn voivat olla moninaiset. Tornberg ym. (2017) tutkivat amenorrean yhteyttä hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn. Amenorrisilla reaktioaika oli pidempi ja lihasvoima sekä -kestävyys heikkommat kuin eumenorrisilla verrokeilla. Reaktioaika ja voima selittyivät kuitenkin alhaisemmalla rasvattomalla massalla mitatussa jalassa. Lihaskestävyyteen kuukautiskierron häiriöillä vaikutti olevan myös itsenäisiä vaikutuksia. Myös glukosi, estrogeeni ja T<sub>3</sub> olivat negatiivisesti yhteydessä reaktioaikaan, kun taas suurempi kortisolin pitoisuus ennusti pidempää reaktioaikaa. Aerobisessa suorituskyvyssä tutkittujen ryhmien välillä ei ollut eroa.

### 3.3 Lajitaustan vaikutus

Energiansaataavuutta ja ravitsemusta ylipäätään on tutkittu eniten kestävyysurheilijoilla, esteettisissä lajeissa ja palloilulajeissa (Onywera ym. 2004; Heikura ym 2018; Sygo ym. 2018). Tämä johtuu kenties siitä, että kestävyysurheilijoiden runsaat harjoitusmäärät asettavat erityisiä vaatimuksia ravitsemukselle ja hoikkuutta tavoittelevissa lajeissa (kestävyys-, painoluokka-, antigravitaatio- ja esteettiset lajit) kuukautiskierron häiriöiden tiedetään olevan erityisen yleisiä (Torstveit & Sundgot-Borgen 2005). Lisäksi erikoistumisen kestävyyslajeihin on todettu lisäävän sekä urheiluvammojen että kuukautiskierron häiriöiden määrää (Rauh ym. 2018). Joukkuelajit puolestaan tarjoavat hyvän ympäristön tarkkailla eri tekijöiden vaikutuksia suhteellisen samalla tavalla harjoittelevilla urheilijoilla. Alhaisen energiansaataavuuden tunnusmerkkejä esiintyy kuitenkin myös teholarjeissa, kuten sprinttereillä, joilla oireiden määrä vaikuttaa lisääntyvän kauden aikana (Sygo ym. 2018).

Kuvassa 7 on esitelty naisurheilijan oireyhtymän riskitekijöiden ilmeneminen eri lajiryhmissä Torstveit & Sundgot-Borgenin (2005) tutkimuksessa. Tutkimus selvitti riskitekijöiden yleisyyttä kyselylomakkeella lähes 670 naisurheilijalta. Kyselyn aiheita olivat mm. kehoittymättömyys, häiriintynyt syömiskäyttäytyminen, kuukautiskierron häiriöt, alhainen BMI ja rasitusmurtumien ilmeneminen. Tässä tutkimuksessa riskitekijöiden ilmeneminen oli yleisempää kontrolliryhmällä kuin urheilijoilla, minkä tutkijat päättelivät johtuvan osittain siitä, että suurella osalla urheilijoista keho on nykytrendin mukaan hyvin muotoutunut ja kiinteä, eikä kehoittymättömyyttä siksi esiinny niin paljon.

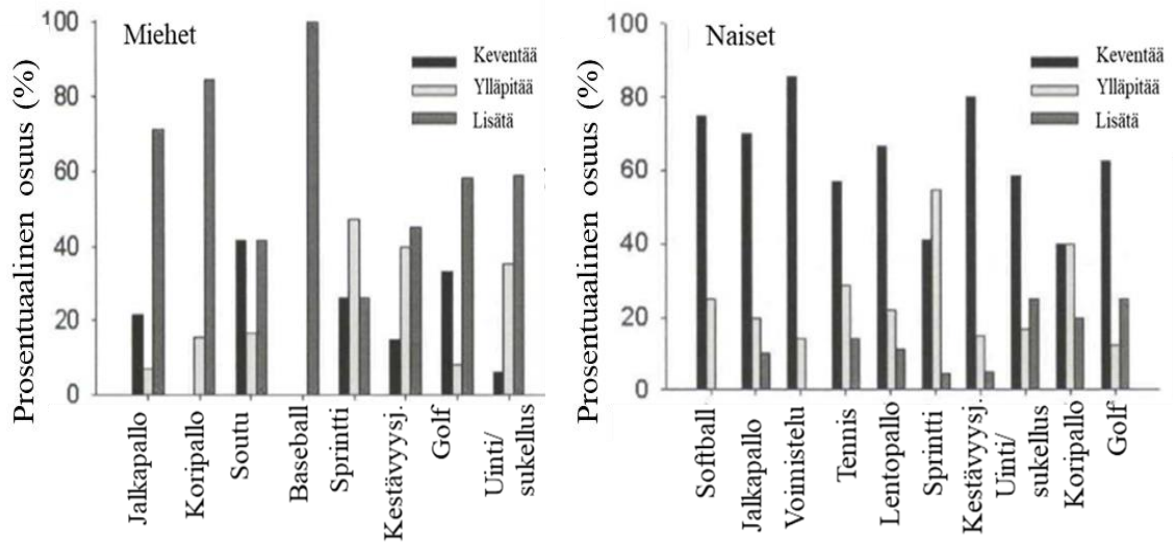


KUVA 7. Naisurheilijan oireyhtymän riskitekijöiden ilmeneminen eri lajiryhmissä. Muokattu Torstveit & Sundgot-Borgen 2005.

Myös vanhemmassa kyselylomakkeella toteutetussa tutkimuksessa (Sundgot-Borgen & Larsen 1993) havaittiin, että epäterveiden painonkontrollointi menetelmien käyttö ja syömishäiriön riski oli runsaampaa esteettisissä lajeissa, kestävyyslajeissa ja painosta riippuvissa lajeissa kuin teho-, pallo- ja tekniikkalajeissa. Epätervettä syömiskäyttäytymistä ilmeni kuitenkin myös vähemmän painoherkissä lajeissa (esim, pallolajeissa 8 %:lla).

Hinton ym. (2004) arvioivat ruokailutottumuksia opiskelijaurheilijoiden keskuudessa. Kuvassa 8 on esitetty urheilijoiden toivoma muutos kehonpainoonsa miehillä ja naisilla eri urheilulajeissa. Toivotun muutoksen suuruus oli määritetty ”5 paunaa tai enemmän”, mikä tarkoittaa n. 2,3 kg. Suurin osa pyrki tähän muutokseen rajoittamalla hiilihydraatin tai rasvan saantiaan. Kuvasta nähdään, että halu pudottaa painoa oli huomattavasti yleisempi naisilla kuin miehillä, ja tämä tavoite oli yleisin esteettisissä lajeissa ja kestävyysjuoksussa.





KUVA 8. Prosentuaalinen osuus urheilijoista, jotka eri lajeissa toivovat lisäävänsä, ylläpitävänsä tai keventävänsä painoaan (mukaeltu Hinton ym. 2004).

Sygo ym. (2018) tutkimuksessa 60 %:lla naissprinttereistä sukupuolihormonien tasot olivat alentuneet, mutta näistä vain yksi raportoi kuukautiskierron häiriöitä, mikä osoittaa subkliinisten oireiden osuuden olevan suuri. Lisäksi, koska paljon iskutusta ja voimaharjoittelua sisältävät lajit vahvistavat luuntiheyttä (Trutschnigg ym. 2008; Duscher ym. 2011; Greenway ym. 2015), jolloin vammoja ei kenties pääse syntymään niin helposti kuin kestävyyslajeissa, ei alentuneen energiansaataavuuden haittoja välttämättä havaita niin helposti.

Saavuttaakseen liikunnan luuta vahvistavat hyödyt, on kehoon kohdistuvien voimien oltava tarpeeksi voimakkaita, koska esimerkiksi kestävyysjuoksun suhteellisen matalatehoinen iskusutus ei vaikuta riittävältä luun vahvistamiseksi (Tenforde & Fredericson 2011). Mudd ym. (2007) vertasivat luuntiheyttä ja siihen vaikuttavia muuttujia eri lajien divisioona 1 –tason urheilijoilla. Kestävyysjuoksijoilla (yli 800m) oli alhaisempi luuntiheys (BMD, bone mineral density) verrattuna muihin lajeihin. BMD oli jopa muita kestävyysurheilijoita, kuten soutajia ja uimareita, alempi myös alaraajoissa. Ilmeisesti juoksun tuottamat iskuvoimat eivät ole riittäviä luuntiheyden parantamiseen. Lisäksi tutkimushenkilöt arvioivat juoksijoiden keskuudessa yleisen energiavajeen vaikuttaneen tuloksiin. (Mudd ym. 2007.) Myös syömishäiriöitä esiintyy erityisen yleisesti lajeissa, joissa pyritään hoikkuuteen ja alhaiseen kehonpainoon, kuten kestävyysurheilussa ja painoluokkalajeissa (Sundgot-Borgen & Torstveit 2004). Kuntoilijoilla on havaittu, että

alhaisen energiansaatavuuden riski on suurempi yksilölajien harrastajilla kuin joukkuelajeissa ja riski on yhteydessä rasitusmurtumien ilmenemiseen (Slater ym. 2016). LEA:n haitat voivat siis nousta erityisen merkittäväksi kestävyyslajeissa, joissa tuki- ja liikuntaelimestö altistuu erityisen suurelle kuormitukselle, mutta joka ei itsessään ole välttämättä riittävä luuntiheyden vahvistamiseksi.

## 4 ENERGIAANSAATAVUUDEN ARVIOIMINEN

Energiansaatavuuden määrittämiseen käytetyt muuttujat ovat energiansaanti (EI), liikunnan aikainen energiankulutus (EEE) ja rasvattoman massan paino (FFM). Lisäksi liikunnan aikaisen kulutuksen arvioimiseksi voi olla tarpeen määrittää lepoaineenvaihdunnan (RMR) suuruus. (Burke ym. 2018.) EI:n ja EEE:n arviontiin yleisesti käytettyjä kenttämenetelmiä ovat ruoka- ja aktiivisuuspäiväkirjat (Fahrenheit ym. 2017; Heikura ym. 2018; Larson-Meyer ym. 2018).

Ruoka- ja harjoituspäiväkirjojen luotettavuutta arvioivissa tutkimuksissa on usein käytetty vertailukohtana kultaisena standardina pidettyä kaksoismerkattua vettä. Menetelmässä tutkitaan hiilen ja vedyn pysyvien isotooppien poistumista kehosta. Tutkimusjakson alussa tutkittava juo tietyn määrän näitä isotooppeja sisältävää vettä. Isotooppien poistumisen suhteesta voidaan päätellä hiilidioksidin tuottoa useammankin päivän ajalta ja näin laskea kokonaisenergiankulutus. Koska energia ei ikinä katoa, vaan muuttuu muotoaan, vastaa menetelmän avulla arvioitu energiankulutus tutkittavan käyttämää energiaa ja muutoksia kehon energiavarastoissa. (Trabulsi & Schoeller 2001.)

### 4.1 Energiansaannin arvioiminen

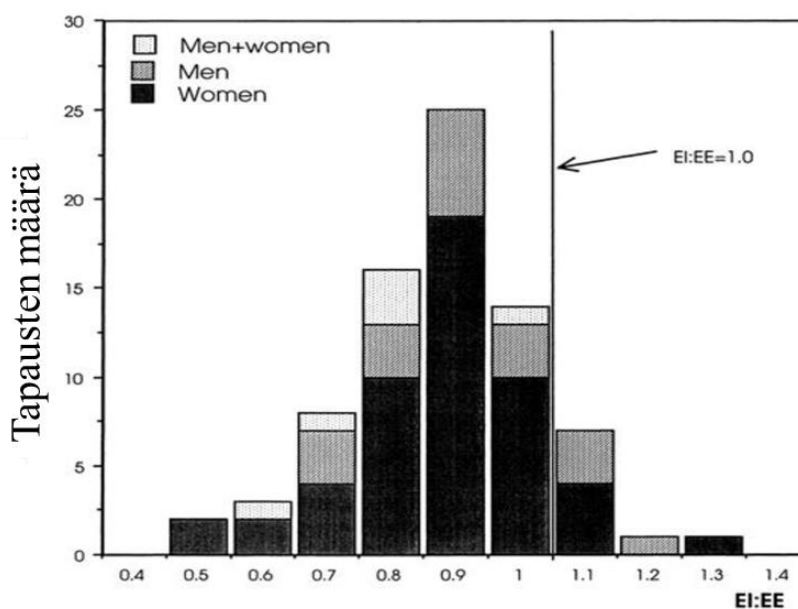
Energiansaatavuuden määrittämiseksi tarvitaan mahdollisimman tarkka tieto urheilijan sen hetkisestä päivittäisestä energiansaannista. Vaikka energiansaannin arvioiminen on kulutuksen arviointiin verrattuna suhteellisen yksinkertaista (energiansaanti on syödyn ruuan kokonaisenergiamäärä), on sen arviointi haastavaa, sillä tulokset perustuvat tutkittavien tai asiakkaiden omaan arviointiin (Bingham ym. 1994).

Ravitsemuksen arvioinnin menetelmät voidaan jakaa retrospektiivisiin eli taaksepäin suuntautuviin arvioihin ja prospektiiviseen tulevien aterioiden mittaamiseen eli käytännössä ruokapäiväkirjaan. Ruokapäiväkirjamenetelmässä tutkittava merkitsee ylös kaiken syömänsä ruuan ja nesteen ja asiantuntija analysoi toteutuneen energian ja ravintoaineiden saannin ravitsemustietokantoja käyttäen. Retrospektiiviset menetelmät sisältävät ruuankäyttökyselyt (food frequency questionnaires, FFQ), 24-tunnin ravintomuistelut ja ravitsemushistoriaa koskevat haastattelut.

Näiden menetelmien hyötynä on, että ne eivät todennäköisesti vaikuta tutkittavan ruokailutottumuksiin yhtä paljon kuin ruokapäiväkirja saattaa vaikuttaa, mutta ne pohjautuvat aina muisteluun. (Larson-Meyer ym. 2018.)

Bingham ym. (1995) totesivat ruoka-aineiden punnitsemiseen perustuvan ruokapäiväkirjan olevan luotettavampi kuin retrospektiiviset menetelmät verrattaessa eri menetelmien tuloksia suhteessa biologisiin markkereihin. Heidän tutkimuksessaan tutkittavien omaan arvioon (annoksia ei punnittu) perustuvat ruokapäiväkirjat pääsivät lähelle tätä tarkkuutta. Ruokapäiväkirja on yleisimmin käytössä oleva menetelmä (Larson-Meyer ym. 2018.)

Energiansaannin luotettavuuden arviointi kertoo koko ruokapäiväkirjan luotettavuudesta, sillä virheet energiansaannissa heijastuvat myös ravintoaineiden väärinarviointiin (Livingstone & Black 2003). Tutkimusten mukaan yleisimmin esiintyvä ongelma kaikissa energiansaannin arviointimenetelmissä on aliraportointi. Arviot aliraportoinnista vaihtelevat kahdesta jopa viiteenkymmeneen prosenttiin. (Trabulsi & Schoeller 2001.) Aliraportoinnin suuruuden on arvioitu yleisimmin olevan reilut 10 % (kuva 9) (Livingstone & Black 2003; Poslusna ym 2009).



KUVA 9. Suurimmassa osassa tutkimuksista energiansaanti (EI) on pienempää kuin mitattu energiankulutus (EE). Yliarviointi on harvinaista. (muokattu Livingstone & Black 2003)

Tutkimukset, joissa aliraportointi on ollut suurinta, on kuitenkin toteutettu 90-luvun alkupuolella ja enimmäkseen lihavilla tai muuten poikkeuksellisesti syöville ihmisillä (Lichtman ym. 1992; Clark ym. 1994; Buhl ym. 1995).. Näissä ryhmissä aliraportointi saattaa olla yleisempää (Prentice ym. 1986).

Mittausajalla on vaikutusta ruokapäiväkirjan luotettavuuteen. Pidempi ajanjakso antaa toisaalta kattavamman kuva yleisistä ravintotottumuksista, mutta mittauspäivien määrän kasvaessa myös puutteellisten ruokapäiväkirjamerkintöjen on havaittu lisääntyvän (Trabulsi & Schoeller 2001). Ruokapäiväkirjaa kerätään tavallisesti 3-7 päivän ajalta (Monnerie ym. 2015; Fahrenhotz ym. 2017; Heikura ym. 2017; Black ym. 2018). Ravitsemuksessa jatkuvasti esiintyvien muuttujien, kuten energian ja energiaravintoaineiden saannin arvioinnissa voi mittausajaksi riittää lyhyempi ajanjakso kuin mikroravintoaineiden saannin arvioinnissa, sillä niiden päivittäinen vaihtelu on huomattavasti pienempää. Verratessa yhden ja kolmen päivän sekä viikon mittaisia mittausjaksoja viikon jakso kuitenkin osoittautui luotettavimmaksi menetelmäksi. (Braakhuis ym. 2003.)

Tutkimusväsymys voi vaikuttaa myös muihin metodologisiin tekijöihin. Vaikka esimerkiksi ruoka-aineiden punnitseminen sinällään lisääkin mittaustarkkuutta verrattaessa silmämääräisiin arvioihin annoskoosta (esim. 2 dl, 1 tl), lisää punnitseminen samalla tutkittavalle aiheutuvaa kuormaa. Punnitseminen voi siten edistää syötyjen ruoka-aineiden vähentämistä. (Poslusna ym. 2009.) Luotettavuuden lisäämiseksi varsinkin mittauskertojen tai eri ryhmien vertailua sisältävissä tutkimuksissa ruokapäiväkirjojen analysoinnissa tulisi käyttää vain yhtä henkilöä, sillä asiantuntijoidenkin välillä voi esiintyä eroja ruokapäiväkirjojen merkintöjen tulkinnassa ja kirjaamisessa (Braakhuis ym. 2003).

Tutkimusjoukolla voi olla vaikutusta ruokapäiväkirjamenetelmän luotettavuuteen. Esimerkiksi Prentice ym. (1986) vertasivat punnitun ruokapäiväkirjan tuloksia kaksoismerkityn veden avulla arvioituun energiankulutukseen ja havaitsivat, että ylipainoiset naiset aliarvioivat energiansaantiaan yli 800 kcal, kun taas normaalipainoisilla virhe oli vain 2 %. Tutkijat arvioivat ylipainoisten aliarvioinnin johtuvan sekä aliraportoinnista että ruokailun rajoittamisesta seurantaajan aikana. Myös Poslusna ym. (2009) havaitsivat BMI:llä olevan positiivinen yhteys ali-

raportointiin. Kehonkoostumuksen lisäksi psykologiset tekijät, kuten kehotyytymättömyys, tietoisuus omasta painosta, ruokailun rajoittaminen ja sosiaalisen suotavuuden tavoittelu ovat yhteydessä menetelmän luotettavuuteen (Taren ym. 1999; Larson-Meyer ym. 2018) ja tämä voi olla yksi syy myös urheilijoilla havaittuun merkittävään aliraportointiin (Trabulsi & Schoeller 2001). Urheilijoidenkin keskuudessa aliraportoinnin on tosin havaittu olevan yhteydessä korkeampaan rasvaprosenttiin (Koehler ym. 2010), joskaan tätä ei ole havaittu kaikissa tutkimuksissa (Hill & Davies ym. 2003).

Huomattavan korkea energiankulutus saattaa lisätä energiansaannin aliraportointia (Hill & Davies 2003; Larson-Meyer ym. 2018). Hill & Daviesin (2003) tutkimuksessa rasvaprosentti ei ollut yhteydessä energiansaannin aliraportointiin, mutta soutajanaisilla, joiden energiankulutus oli lähes 4000 kcal/pv aliraportointi lisääntyi energiankulutuksen noustessa, kun energiankulutus ylitti 3000 kcal. Kirjoittajat arvelivat lajille ominaisen pitkän, mutta vähärasvaisen kevyen vartalon tavoittelun lisäävän aliraportointia paljon kuluttavilla kevyen luokan soutajanaisilla. Energiankulutuksen yhteys virheelliseen raportointiin on havaittu myös ei-urheilijoilla ja yksi tätä selittävä tekijä on, että sekä suurempien annoskokojen että syötyjen erilaisten ruoka-aineiden määrän on todettu olevan yhteydessä virheelliseen raportointiin (Barnard ym. 2002).

Koska sosiaalisen suotavuuden tavoittelun on havaittu olevan yhteydessä energiansaannin aliraportointiin (Larson-Meyer ym. 2018) on tutkittaville kenties tärkeää painottaa, että ruokapäiväkirjaan tulee merkata myös ei terveelliseksi tai suotavaksi katsotut ruuat. Epäterveelliset ruuat, kuten sokeri, keksit ynnä muut herkut saattavatkin jäädä helpommin merkitsemättä kuin terveelliseksi katsotut ruuat kuten kala ja kasvikset (Livingstone & Black 2003). Myös välipalojen merkitsemisestä on hyvä muistuttaa, sille niiden merkitsemättä jättäminen saattaa olla erityisen yleistä aliraportoitijien keskuudessa (Poppit ym. 1998).

## **4.2 Liikunnan aikainen energiankulutus**

Energiankulutuksen arvioimiseksi on olemassa objektiivisempia mittareita, kuin energiansaannin arvioimisessa. Luotettavina pidettyjä, mutta ei niin käytännöllisiä menetelmiä ovat esimer-

kiksi kaksoismerkattu vesi ja epäsuora sekä suora kalorimetria. Nämä menetelmät ovat kuitenkin kalliita, eivät sovellu energiankulutuksen arviointiin laboratorion ulkopuolella arkielämässä (kalorimetrit) tai eivät erottele yksittäisten tekijöiden kuten liikuntasuorituksen aiheuttamaa energiankulutusta (kaksoismerkattu vesi). (Ainsworth 2013, 61-72.)

Liikunnan aikaisen energiankulutuksen arvioimiseksi tutkimuksissa käytetään yleensä harjoituspäiväkirjoja ja näiden tukena mahdollisesti sykekellojen antamaa dataa (Fahrenholtz ym. 2017; Black ym. 2018; Heikura ym. 2018; Torstveit ym. 2018). Joissain tutkimuksissa tutkittavien liikuntaharjoittelu on vakioitu esimerkiksi juuri energiankulutuksen mukaan (Loucks ym. 1998; Loucks & Thuma 2003)

MET-taulukko on luotu nopeuttamaan fyysisen aktiivisuuden arviointia tutkimuksissa, joissa havainnoidaan ja vertaillaan kerättyjä aktiivisuustietoja. MET eli metabolinen ekvivalentti on suhteellinen luku, jossa eri intensiteetin aktiviteettien aineenvaihdunnallista vaikutusta verrataan rauhallisen istumisen aikaiseen lepoaineenvaihduntaan (MET = 1). Lista MET-arvoista on luotu vuonna 1989 eri aktiviteettien mitattujen aineenvaihdunnallisten vasteiden perusteella, jonka jälkeen sitä on täydennetty ja päivitetty. (Ainsworth ym. 2000.) Esimerkki MET-arvoista on esitetty kuvassa 10.

TAULUKKO 1. Esimerkki MET-arvoista eri aktiviteeteissa (muokattu Ainsworth ym. 2000).

CODE	METS	SPECIFIC ACTIVITY	EXAMPLES
01009	8.5	bicycling,	bicycling, BMX or mountain
01010	4.0	bicycling,	bicycling, <10 mph, leisure, to work or for pleasure (Taylor Code 115)
01015	8.0	bicycling,	bicycling, general
01020	6.0	bicycling,	bicycling, 10-11.9 mph, leisure, slow, light effort
01030	8.0	bicycling,	bicycling, 12-13.9 mph, leisure, moderate effort
01040	10.0	bicycling,	bicycling, 14-15.9 mph, racing or leisure, fast, vigorous effort
01050	12.0	bicycling,	bicycling, 16-19 mph, racing/not drafting or >19 mph drafting, very fast, racing general
01060	16.0	bicycling,	bicycling, >20 mph, racing, not drafting
01070	5.0	bicycling,	unicycling
02010	7.0	conditioning exercise,	bicycling, stationary, general
02011	3.0	conditioning exercise,	bicycling, stationary, 50 watts, very light effort
02012	5.5	conditioning exercise,	bicycling, stationary, 100 watts, light effort
02013	7.0	conditioning exercise,	bicycling, stationary, 150 watts, moderate effort
02014	10.5	conditioning exercise,	bicycling, stationary, 200 watts, vigorous effort
02015	12.5	conditioning exercise,	bicycling, stationary, 250 watts, very vigorous effort
02020	8.0	conditioning exercise,	calisthenics (e.g. pushups, situps, pullups, jumping jacks), heavy, vigorous effort

Kuten ruokapäiväkirjakin, myös harjoituspäiväkirjan täyttö MET-arvojen laskemiseksi vaatii tutkittavilta sitoutumista ja tarkkuutta harjoitusmerkintöjen kirjaamisessa ja tutkittavat saattavat muuttaa tapojaan arvioinnin aikana. Lisäksi kuvaus harjoittelusta on aina subjektiivinen arvio. Kuten ruokapäiväkirjankin tapauksessa, voivat eri asiantuntijat tulkita tutkittavien kirjaamia MET-arvoja eri tavoin ja siksi mahdollisimman tarkka kuvaus harjoittelusta on tärkeä luotettavan arvion luomiseksi. (Masse ym 2002.)

Irwin ym. (2001) arvioivat 24-tunnin aktiivisuuspäiväkirjan luotettavuutta, kun tutkittavat täyttivät sitä viikon ajan ja tuloksia verrattiin kaksoismerkätyn veden avulla arvioituun energiankulutukseen. MET-arvojen perusteella laskettu energiankulutus poikkesi tarkemmasta mittauksesta keskimäärin 8 % ja ylipainoisuus lisäsi menetelmän epätarkkuutta (yliarviointi) verrattuna normaalipainoisiin, mikä on havaittu myös aiemmissa tutkimuksissa. Tutkimuksessa lepoaivovaihdunta määritettiin suoralla kalorimetrialla.

Machado-Rodrigues ym. (2012) totesivat kolmen päivän aktiivisuuspäiväkirjan antavan yhdenmukaisen arvion energiankulutuksesta kiihtyvyyssanturin kanssa. Ainakin suoraviivaisessa suunnitelmallisessa liikkeessä kiihtyvyyssanturin arviota on pidetty luotettavana (Kumahara ym. 2004). Koehler ym. (2010) totesivat, että aktiivisuuspäiväkirjan avulla kerätyt MET-arvot ovat validi menetelmä erityisesti liikuntasuorituksen aikaisen energiankulutuksen arvioinnissa, vaikka hyvin kovatehoisessa juoksussa vauhtiin perustuvat MET-arvot saattavat aliarvioida energiankulutusta.

MET-arvoja on käytetty tuoreissakin energiansaataavuutta arvioivissa tutkimuksissa (Black ym. 2018; Heikura ym. 2018). Esimerkiksi Black ym. (2018) tutkimuksessa, jossa havaittiin LEAF-Q:n perusteella arvioidun energiavajeen riskin yhteys liian alhaiseen energiansaataavuuteen ja T3 hormonin alentumiseen, käytettiin liikunnan aikaisen energiankulutuksen arvioimiseen MET-arvoja ja harjoituspäiväkirjoja. Harjoituspäiväkirjaan on kirjattu esimerkiksi suorituksen kesto, tyyppi ja intensiteetti, joka on määritelty koetun rasituksen tai syketiedon pohjalta (Heikura ym. 2018)



Älykellojen antamaa dataa on käytetty harjoituspäiväkirjojen tukena energiankulutuksen määrittämisessä (mm. Heikura ym. 2018; Torsteveit ym. 2018) Sykkeeseen pohjautuvat arviot perustuvat oletukseen, että syke nousee lineaarisesti hapenkulutuksen kanssa harjoituksen edessä (Ainsworth 2013, 61-72). Eri kellojen luotettavuudessa on kuitenkin eroja ja arviot voivat olla sekä yli- että aliarvioituja. GPS -tiedon lisääminen arvioon voi lisätä sen tarkkuutta. (Roos ym. 2017.) Tiedetään esimerkiksi, että tasaisella juostessa energiankulutus on keskimäärin 1 kcal/km/kg (McArdle ym. 2010, 214).

### **4.3 Energiansaatavuuden määrittäminen**

Energiansaatavuutta määritettäessä energiansaannin ja -kulutuksen pohjalta, täytyy tutkijan tai ravitsemuksen asiantuntijan edelleen tehdä päätöksiä käytettävistä menetelmistä. Täysin yhteisiä sääntöjä energiansaatavuuden eri osa-alueiden toteuttamisesta ja laskutoimituksen yksityiskohdista ei ole olemassa (Heikura ym. 2018).

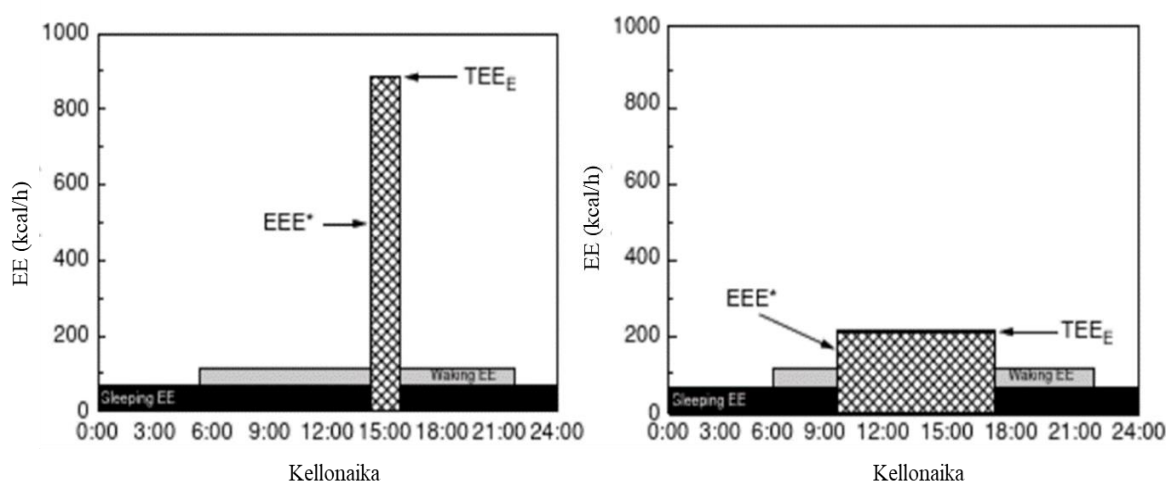
#### **4.3.1 Energiansaatavuuden laskukaava**

Energiansaatavuus määritetään kaavalla  $EA = EI - EEE / \text{kg FFM/vrk}$ , mutta kaavan muuttujien määrittelyyn ei ole yleisiä ohjeita, joten tämä voi vaikuttaa tulokseen huomattavasti (Guebels ym. 2014). Laskutoimituksena energiansaatavuuden määrittäminen on kuitenkin huomattavasti yksinkertaisempaa, kuin esimerkiksi energiatasapainon selvittäminen. EB voidaan laskea kaavalla  $EB = EI - TEE$ , jossa TEE kattaa alleen TEA:n, TEF:n ja RMR:n. Näiden kaikkien selvittäminen tai arviointi vaatii huomattavasti enemmän vaivaa ja sisältää enemmän virhelähteitä. (Burke ym. 2018.)

Eroja EA:n määrittämisessä voi esiintyä siinä, mitkä kaikki aktiviteetit huomioidaan energiansaannista vähennettäväksi kulutukseksi. (Burke ym. 2018.) Guebels ym. (2014) vertasivat neljää menetelmää energiansaatavuuden määrittämisessä. Energiankulutukseksi voidaan esimerkiksi laskea vain suunnitelmallinen urheiluharjoittelu, huomioida myös paikasta toiseen tapahtuva välimatkaliikunta tai huomioida esimerkiksi kaikki aktiivisuus tietyn intensiteetin yläpuo-

lelta. Viimeiseksi mainitussa Guebels ym. (2014) käyttivät raja-arvona 4-MET:n ylittäviä aktiiviteetteja ja pitivät tätä menetelmää objektiivisimpana ja suositeltavana. 4 MET vastaa yleistä vapaa-ajan pyöräilyä.

Laskutoimituksen lopputulokseen vaikuttaa myös, vähennetäänkö liikunnan aikaisesta energiankulutuksesta RMR:n osuus. Tällä voi olla merkittävä vaikutus energiankulutuksen arviointiin urheilijoilla, jotka harjoittelevat pitkään matalalla intensiteetillä. (Burke ym. 2018.) Guebels ym. (2014) suosittelevat lepoaineenvaihdunnan osuuden huomioimista laskutoimituksessa ainakin, jos tutkittavat harjoittelevat yli 1-2 tuntia päivässä. Esimerkiksi Fahrenholtz ym. (2017) ja Heikura ym. (2018) vähensivät liikunnanaikaisesta energiankulutuksesta lepoaineenvaihdunnan osuuden käyttäen Cunninghamin kaavalla määritettyä laskennallista lepoaineenvaihduntaa. RMR:n vähentämisen merkitys on havainnollistettu kuvassa 10.



KUVA 10. Lyhyessä kovatehoisessa suorituksessa (vasen) lepoaineenvaihdunnan osuuden huomiotta jättämisen merkitys energian kulutuksen arvioissa on pienempi kuin rauhallisessa ja pitkäkestoisessa suorituksessa (oikea). EE = energiankulutus, EEE = liikunnan aikainen energiankulutus, TEE = kokonaisenergiankulutus. Muokattu Loucks 2013.

### 4.3.2 Menetelmän käyttökelpoisuus urheilijoilla

EA:n määrittämisen luotettavuus perustuu pitkälti energiansaannin ja -kulutuksen arvioinnissa käytettyihin menetelmiin ja niiden luotettavuuteen. Näitä on käsitelty aiemmissa kappaleissa 4.1 Energiansaannin arvioiminen ja 4.2. Liikunnan aikainen energiankulutus.

Kaikissa energiansaataavuutta ja siihen liittyviä tekijöitä käsittelevissä tutkimuksissa ei ole havaittu yhteyttä ruokapäiväkirjojen perusteella arvioidun alentuneen energiansaataavuuden ja fysiologisten markkereiden välillä. Heikura ym. (2018) tutkimuksessa alhainen energiansaataavuus ei ollut naiskestävyysurheilijoilla yhteydessä hormonaalisiin muutuksiin tai luun tiheyteen, mutta amenorrisilla urheilijoilla  $T_3$  ja estrogeenitasot olivat merkittävästi eumenorrisia alemmat, luun tiheys oli heikompi ja vammojen aiheuttamia lepopäiviä oli useammin. Koska ruokapäiväkirjan avulla arvioitu EA ei vaikuttanut luotettavalta menetelmältä muutosten havaitsemiseen, suosittelivat Heikura ym. (2018) muita keinoja, kuten validoituja kyselyitä (LEAF-Q, naisurheilijan oireyhtymä -kysely) ja fysiologisia markkereita tarkemmiksi ja myös helpommiksi keinoiksi ravintostatuksen arvioinnissa. Esimerkiksi naisurheilijan oireyhtymän esiintymistä selvittävä kysely oli tutkimuksessa yhteydessä pienempään  $T_3$  -tasoon, murtumariskin ja luuvammojen takia menetettyihin treenipäiviin. Myös Melin ym. (2014) tutkimuksessa LEAF-Q:n mukaan määritetty alhaisen energiansaataavuuden riski oli yhteydessä alentuneisiin  $T_3$ -, lepitiini- ja glukoositasoihin,

Urheilijat rytmittävät harjoitteluaan vuoden eri vaiheissa ja eri päivien välillä, ja ravitsemuksen tulisi sopeutua urheilun vaatimukseen (Thomas ym. 2016). Tutkimusten mukaan urheilijat eivät välttämättä luonnostaan muuntele ravitsemustaan harjoittelun vaatimusten mukaan (Drenowatz ym. 2012; Heikura ym. 2017). Koehlerin ym. (2013) mukaan toistettujen mittausten vaikutusta alhaisen energiansaataavuuden määrittämiseen tulisi tutkia lisää.

Fahrenholtz ym. (2018) kritisoivat sitä, että koska energiansaataavuus määritetään tutkimuksissa yleensä useamman päivän keskiarvoksi, jää menetelmässä huomioimatta monia ”reaaliaikaisia” vaiheita urheilijan energiastatuksessa. Heidän tutkimuksessaan naiskestävyysurheilijoiden energiansaantia ja kulutusta arvioitiin tunnin pätkissä. Energiavajeessa (>300 kcal) vietettyjen

tuntien määrä oli yhteydessä moniin hormonaalisiin muuttujiin, aineenvaihdunnan hidastumiseen ja kuukautiskiertoon riippumatta päivän kokonaisenergiansaataavuudesta. Koska aivot ovat riippuvaisia riittävästä glukoosin saatavuudesta, voidaan energiansaataavuuden kulmakivenä pitää maksan glykokeenivarastojen ehtymistä (Loucks 2013). Maksa varastoi keskimäärin 80-120 g glykokeenia ja näiden varastojen tyhjenemistä voidaan Loucks (2013) mukaan pitää erona akuutin ja kroonisen energiavajeen välillä. WDED:a käsittelevissä tutkimuksissa energiavajeen rajaksi onkin valittu -300 kcal, sillä tämän on oletettu kutakuinkin vastaavan maksan glykokeenivarastojen suuruutta pienikokoisella ihmisellä (Deutz ym. 2000; Fahrenholtz ym. 2017; Torstveit ym. 2018). Tämän rajan alittuessa aivojen glukoosin saatavuus heikkenee, mikä voisi johtaa energiavajeeseen yhdistettyjen biokemiallisten reittien käynnistämiseen ja esimerkiksi GnRH:n erityksen heikkenemiseen (Fahrenholtz ym. 2018).

Naisurheilijoilla kuukautiskierto tuo yhden lisämuuttujan energiansaataavuuden määrittämiseen, sillä RMR voi vaihdella kuukautiskierron eri vaiheissa jopa 10 % (Henry ym. 2003). Kuukautiskiertoon liittyvät biologiset toiminnot ovat energiaa kuluttavia prosesseja ja täten kuukautiskierron häiriöillä voi myös olla energiaa säästävää vaikutus (Melin ym. 2015).

Alhaisen energiansaataavuuden suuruus määritetään suhteessa kehon rasvattoman massan painoon (Mountjoy ym. 2018). Kehonkoostumusta ei voida suoraan mitata ja tulokset perustuvat aina arvioon. Tarkimpina pidettyjen menetelmien, kuten vedenalaispunnituksen ja BodPod:n käyttöä rajoittaa mm. niiden kallis hinta ja epäkäytännöllisyys. Siksi yleisesti käytetty kenttämenetelmä on bioimpedanssimittaus, mutta menetelmään sisältyy paljon virhelähteitä. (Engeroff ym. 2018.) Osassa tutkimuksissa bioimpedanssin antaman FFM tai BF% arvioiden on todettu olevan hyvin linjassa muiden menetelmien, kuten kultaisena standardina pidetyn 4-osaisen useita menetelmiä yhdistelevän mallin kanssa (Schubert ym. 2019). Esimerkiksi von Hurstin ym. (2016) tutkimuksessa BIA aliarvioi rasvaprosenttia 2 % kaikissa painoluokissa. Virheen on kuitenkin arveltu olevan suurempikin; nuorilla naisurheilijoilla BIA:n ero DXA:n antamaan FFM arvioon oli keskimäärin reilut 2 kg ja enimmillään lähes 6 kg (Esco ym. 2015)

Bioimpedanssimittareita on saatavilla eri laatuina. Laadukkaimmat hyödyntävät monifrekvenssistä analyysia ja elektrodeja on useammassa pisteessä, yleensä kahdeksan kappaletta. Lisäksi mittaukseen valmistautumisella voidaan vaikuttaa sen luotettavuuteen. Esimerkiksi mittauksen suorittaminen aamulla paastotilassa ja rasittavan fyysisen aktiivisuuden välttäminen ennen mittausta edesauttavat tarkempia tuloksia. (Mala ym. 2014) Myös tutkimusjoukko voi vaikuttaa menetelmän luotettavuuteen, sillä bioimpedanssimenetelmän on havaittu aliarvioivan rasvamassaa ja yliarvioivan lihasmassaa hoikilla tutkittavilla, mutta yliarvioivan rasvan ja aliarvioivan lihaksen määrää lihavilla tutkittavilla (Shafer ym. 2013; Esco ym. 2015). Täten voidaan olettaa, että tietyllä keskimääräisellä kehonkoostumuksen alueella mittaus olisi mahdollisesti luottavin (Esco ym. 2015). Erilaisille alaryhmille (esim. naisurheilijat, ylipainoiset) olisi hyvä käyttää omia laskukaavojaan (Mala ym. 2014).

## 5 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESEIT

### Tutkimuskysymykset

1. Onko kestävyys- ja voimaharjoittelevilla naisilla havaittavissa liian alhaista energiansaataavuutta (LEA) ja sen hormonaalisia tunnusmerkkejä (matalat sukupuoli-, kylläisyys- ja kilpirauhashormonitasot, kohonnut kortisoli)?

Hypoteesi: Kyllä

Perustelu: Liian alhaisen energiansaataavuuden ja sen tunnusmerkkien on todettu olevan yleisiä niin eliittiruuhkeilijoilla (Onywera ym. 2004; Heikura ym 2018; Sygo ym. 2018) kuin vapaa-ajallaan aktiivisesti liikkuvilla naisilla (Slater ym. 2016; Black ym. 2018).

2. Onko ruoka- ja harjoituspäiväkirjan perusteella arvioitu energiansaataavuus ja energia- ravintoaineiden suhteellinen saanti yhteydessä energiastatusta kuvaaviin hormonaalisiin muuttujiin?

Hypoteesi: Kyllä

Perustelu: Liian alhaisen energiansaataavuuden tiedetään vaikuttavan moniin fysiologisiin muutuksiin (Loucks & Thuma 2003), vaikkakaan näitä yhteyksiä ei kaikissa tutkimuksissa ole havaittu (Heikura ym. 2018) ja itseraportointiin perustuvat menetelmät ovat herkkiä virhelähteille.

3. Eroavatko tutkitut muuttajat voima- tai kestävyysharjoitteluun panostavien naisten välillä?

Hypoteesi: Kyllä

Perustelu: Liian alhaista energiansaataavuutta ja siitä seuraavia ongelmia vaikuttaa esiintyvän enemmän kestävyyslajeissa kuin esimerkiksi teho- ja palloilulajeissa (Sundgot-Borgen & Larsen 1993; Torstveit & Sundgot-Borgen 2005). Myös voimaan pohjautuvat painoluokkalajit, ovat herkkiä liian alhaiselle energiansaataavuudelle (Torstveit & Sundgot-Borgen 2005), mutta vapaa-ajan voimailussa tämä näkökulma ei ole niin olennainen.

## 6 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimus suoritettiin osana suurempaa tutkimusprojektia, jossa selvitettiin kuukautiskierron yhteyttä suorituskykyyn hormonaalista ehkäisyä käyttävillä ja ei-käyttävillä naisilla. Mittaukset toteutettiin tammi-kesäkuussa vuonna 2019. Ennen tutkimusjakson alkua tutkittavat täyttivät alkutapaamisessa terveystieto- ja suostumuslomakkeen. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista ja sen sai keskeyttää missä vaiheessa tutkimusta tahansa. Tutkimuksella oli Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan lupa.

Tutkimus suoritettiin kunkin tutkittavan osalta yhden kuukautiskierron aikana. Tällä jaksolla arvioitiin jokaisessa kierron vaiheessa tutkittavien suorituskykyä, ravitsemusta, harjoittelua, kehonkoostumusta ja hormonaalisia muuttujia. Ravitsemusta ja hormonaalisia muuttujia arvioitiin suhteessa viitearvoihin ja toisiinsa niin koko otoksella kuin jaettujen alaryhmien välillä. Tarkempi kuvaus asetelmasta on kohdassa 6.2 Mittausten kuvaus.

### 6.1 Tutkittavat

Tutkittaviksi rekrytoitiin 18-35 -vuotiaita aktiivisesti liikkuvia naisia (n=27), joilta edellytettiin kokemusta sekä kestävyys- että voimaharjoittelusta. Rekrytointi suoritettiin Jyväskylän yliopiston ja urheiluseurojen sähköpostilistojen sekä sosiaalisen median kautta. Poissulkukriteerinä olivat BMI >30 tai <18, raskaus tai imetys tutkimuksen aikana, amenorrea, monirakkulaoireyhtymä tai muu kuukautiskierron vaikuttava tila tai lääkitys, perhehistoria hormonaalisille sairauksille ja harjoitteluun vaikuttava krooninen sairaus tai lääkitys.

Tutkittavat jaettiin analyyseja varten kahteen ryhmään hormonaalisen ehkäisyn käytön mukaan, koska hormonaalinen ehkäisy vaikuttaa monien hormonien pitoisuuksiin (mm. Meulenberg ym. 1987; Wiegratz ym. 2003; Crewther ym. 2018). Hormonaalista ehkäisyä käyttäviä (H-ryhmä, n=11) ja ei käyttäviä (N-ryhmä, n=16) arvioitiin tutkimuksessa sekä yhdessä että erikseen. Hormonaalisista ehkäisymenetelmistä hyväksyttiin yhdistelmäehkäisypillerit, ehkäisyrenkas ja ehkäisyalaastari. H-ryhmäläisten tuli olla käyttänyt hormonaalista ehkäisyä vähintään kahden vuoden ajan. Samoin N-ryhmäläisten tuli olla ollut ilman hormonaalista ehkäisyä vähintään kahden

vuoden ajan. Antropometriset, harjoittelu- ja suorituskykymuuttujat on esitetty taulukoissa 2 ja 3. Merkitsevät erot H- ja N-ryhmän välillä olivat N-ryhmän parempi 1 RM -suoritus ja korkeampi ikä, paino ja BMI.

TAULUKKO 2. Keskeiset antropometriset muuttujat koko otoksessa sekä erikseen hormonaalista ehkäisyä käyttävillä (H) ja ei-käyttävillä (N) tutkittavilla. FFM = rasvaton massa, BMI = kehonpainoindeksi, Rasva%=rasvaprosentti

Ryhmä	n	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	FFM (kg)	BMI	Rasva% (%)
Kaikki	27	25±4	168±6	65±7	51±6	23±3	21±6
H	11	23±2	170±7	62±7	50±5	21±2	19±3
N	16	26±5	167±6	67±7	52±5	24±3	22±7

\*<0.05

TAULUKKO 3. Suorituskykymuuttujat koko otoksella ja erikseen hormonaalista ehkäisyä käyttävillä (H) ja käyttämättömillä (N). 1 RM = yhden toiston maksimisuoritus, VO<sub>2</sub>max = maksimaalinen hapenottokyky.

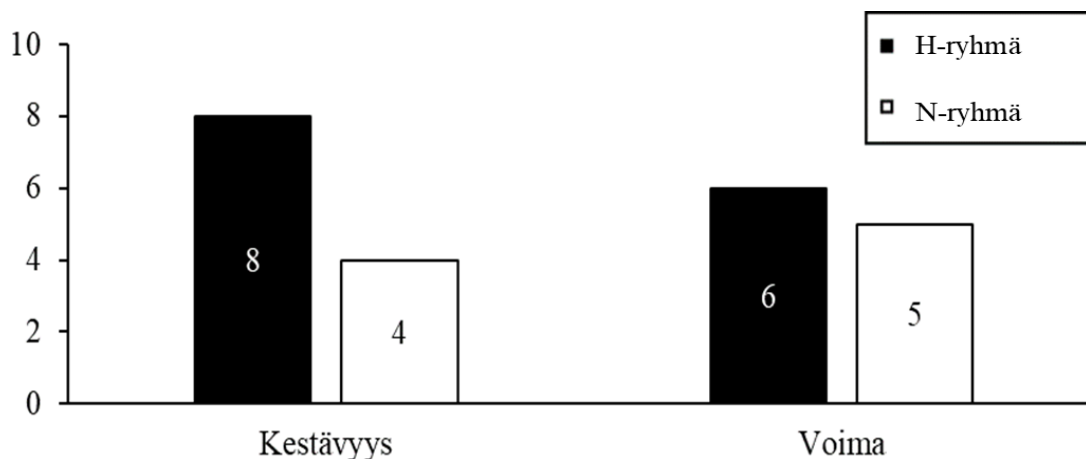
Ryhmä	n	Harjoittelu (h/vk)	Kestävyys (h/vk)	Voima (h/vk)	1 RM (kg)	1 RM/kg (kg)	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)
Kaikki	27	10±5	5±3	6±3	133±37	2.0±0.6	45±5
H	11	10±5	5±3	6±3	122±18	1.8±0.7	45±5
N	16	9±5	6±2	6±3	148±24	2.2±0.3	45±5

\*\*p<0.01

Tutkimusjoukko jaettiin harjoitustaustan mukaan kestävyys- ja voimaharjoitteluisiin kyselylomakkeen perusteella (liite 1). Hormonaalisen ehkäisyn käytön jakauma harjoitusryhmissä on esitetty kuvassa 11. Kestävyysryhmässä N-ryhmäläisten osuus oli suurempi. Antropometriset, harjoitus- ja suorituskykymuuttujat erikseen kestävyys- tai voimaharjoitteluun panostaneissa



ryhmissä on esitetty taulukoissa 4 ja 5. Kestävyysryhmällä oli merkitsevästi parempi maksimaalinen hapenottokyky ja voimaryhmän itse raportoitu voimaharjoittelu oli merkitsevästi runsaampaa kuin kestävyysryhmällä.



KUVA 11. Hormonaalisen ehkäisyn käytön jakautuminen kestävyys- ja voimaharjoittelijoiden välillä. N=ei hormonaalista ehkäisyä, H=hormonaalinen ehkäisy.

TAULUKKO 4. Antropometriset muuttujat kestävyys- (K) ja voimaharjoitteluun (V) panostavilla tutkittavilla. FFM=rasvaton massa, BMI=kehonpainoindeksi, Rasva%=rasvaprosentti.

Harjoitus- tausta	n	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	FFM (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Rasva% (%)
K	12	25±5	168±6	63±7	49±5	22±2	21±4
V	11	24±3	168±7	66±7	52±6	23±3	21±7

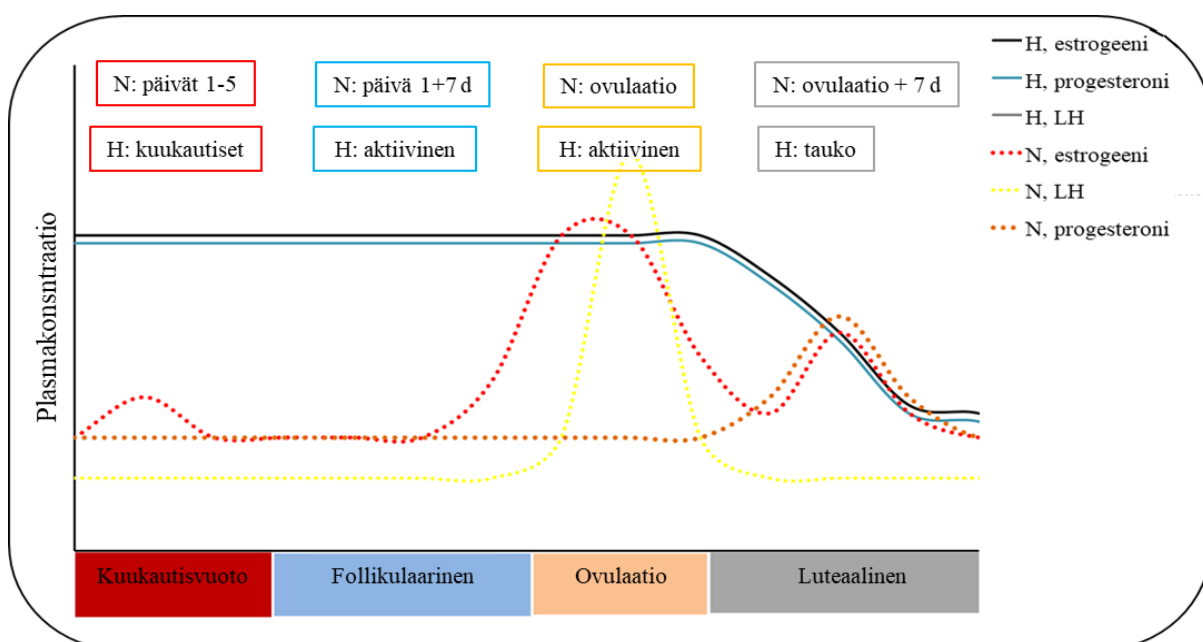
TAULUKKO 5. Harjoittelu- ja suorituskykymuuttujat erikseen kestävyys- ja voimaharjoittelijoilta. VO<sub>2</sub>max=maksimaalinen hapenottokyky, 1RM=maksimaalinen yhden toiston maksimi.

Harjoittelu	n	Harjoittelu (h/vk)	Kestävyys (h/vk)	Voima (h/vk)	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	1RM (kg)	1 RM/kg (kg)
K	12	8±5	6±4	4±1	47±3	130±23	2.1±0.5
V	11	12±3	4±2	8±2	44±6	145±27	2.0±0.6

\*p<0.05 \*\*\*p>0.001

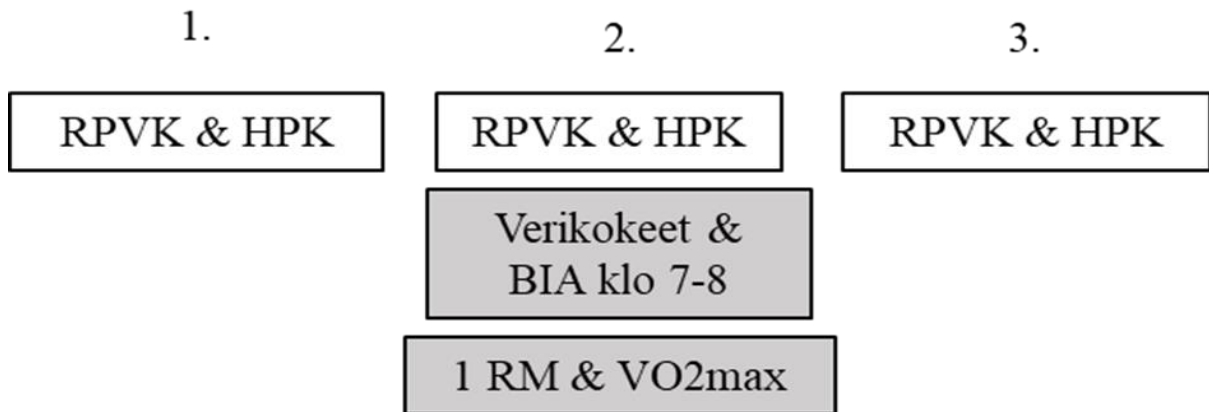
## 6.2 Tutkimusasetelma ja mittausten kuvaus

Mittaukset suoritettiin kunkin tutkittavan osalta noin yhden kuukauden aikana kierron neljässä eri vaiheessa (kuva 12). Jokaisessa vaiheessa suoritettiin samanlaiset mittaukset ja kukin tutkittava aloitti tutkimuksen satunnaisesti kierron eri vaiheissa. N-ryhmällä follikulaarinen vaihe määritettiin olevan 7-11 päivää kuukautisvuodon (menstruaalinen vaihe) alkamisen jälkeen ja luteaalinen vaihe seitsemän päivää ovulaation jälkeen. Ovulaation ajankohdan määrittämiseksi tutkittavat seurasivat LH -pitoisuuden muutosta virtsanäytteestä kaupallisen ovulaatiomittarin avulla (Clearblue). Hormonaalista ehkäisyä käyttävät mitattiin viikon välein.



KUVA 12. Tutkimusjakso kesti yhden kokonaisen kuukautiskierron. Tässä tutkimuksessa käytettiin follikulaarisessa vaiheessa kerättyä hormonidataa, jolloin hormonaalista ehkäisyä käyttävillä oli ehkäisytablettien aktiivinen vaihe.

Tutkimusasetelma on havainnollistettu kuvassa 13. Verenkuva ja suorituskyvyn mittaukset suoritettiin yhden päivän aikana (verenkuva ja BIA aamulla, suorituskyky myöhemmin päivällä). Fyysisen aktiivisuuden sekä ravitsemuksen arviointi toteutettiin mittauskerta ympäristöinä kolmena päivänä. Tutkittavia kehoitettiin välttämään raskasta fyysistä aktiivisuutta mitausta edeltävänä päivänä. Jos tutkittava jostain syystä estyi tulemaan mittauksiin sovitun päivänä, siirrettiin kyseinen mittauskerta seuraavan kuukautiskierron vastaavaan vaiheeseen.



KUVA 13. Mittaukset tapahtuivat yhden päivän aikana ja ruoka- (RPVK) sekä harjoituspäiväkirjan (HPK) täyttö sitä ympäröivinä päivinä. BIA = bioimpedanssi, VO<sub>2</sub>max = maksimaalinen hapenottokyky, 1 RM = yhden toiston maksimisuoritus.

### 6.2.1 Aamumittaus

Valtimoverinäytteenotto suoritettiin 12 tunnin paaston jälkeen klo 07.00-08.00 välillä. Verestä arvioitiin estradioli (E<sub>2</sub>) (sensitiivisyys 55,1 pmol/l ja variaatiokerroin (CV) 6,7 %), lutenisoiva hormoni (LH) (sensitiivisyys 0,05 IU/l, CV 6,2 %) vapaa testosteroni (sensitiivisyys 520 pmol/l, CV 2,52 %) kortisoli (sensitiivisyys 5,518 nmol/l, CV 8,2 %), trijodityroniini (T<sub>3</sub>) (sensitiivisyys 1,5361 nmol/l, CV 8,1%) ja leptiini (sensitiivisyys 0,2 ng/ml, CV 4,2 %). E<sub>2</sub>, LH ja kortisoli analysoitiin Siemens Immulite 2000XTi -analysaattorilla ja testosteroni sekä leptiini ELISA -analysaattorilla. Hormonaalisten näytteiden osalta tutkimuksessa käytettiin follikulaarisessa vaiheessa kerättyä dataa ja hormonaalista ehkäisyä käyttävillä e-pillereiden aktiivista vaihetta. Follikulaarisessa vaiheessa naissukupuolihormonien tuotannossa on luonnollisesti menstruoivilla naisilla tasaisin vaihe (kuva 12) ja tätä vaihetta on käytetty myös aiemmissa tutkimuksissa (mm. Fahrenholtz ym. 2017; Heikura ym. 2018).

Verinäytteenoton yhteydessä suoritettiin kehonkoostumusmittaus bioimpedanssimenetelmällä (InBody 770) (kuva 14). Ennen mittausta kädet ja jalkapohjat pyyhittiin puhdistusliinalla. Mittauksen ajan tutkittavat seisoivat paikallaan vajaan kahden minuutin ajan, ja jalkapohjat, kämmenet sekä peukalot olivat kiinni elektrodipinnoissa. Kehonkoostumustiedot analysoitiin neljän mittauskerran keskiarvona.



KUVA 14. Kehonkoostumuksen arvioinnissa käytetty InBody 770 (inbody.fi).

### 6.2.2 Suorituskyky

Suorituskyvyn mittaukset suoritettiin aamumittausten kanssa samana päivänä tutkittavalle parhaiten sopivana ajankohtana välillä klo 9.30-21.00. Mittauskerta kesti kokonaisuudessaan 2-2,5 tuntia. Sama ajankohta pyrittiin säilyttämään jokaisella mittauskerralla. Ensin suoritettiin voimamittaukset ja tämän jälkeen kestävyuden testaus. Ennen varsinaista mittauskertaa tutkittava kutsuttiin tutustumiskäynnille, jossa käytiin läpi voimatestauksen liikkeet ja kerrottiin, mitä varsinaisella mittauskerralla tapahtuu.

*Maksimivoima.* Maksimivoiman mittaamisessa käytettiin jalkaprässissä suoritettua maksimaalisen dynaamisen bilateraalisen yhden toiston (1 RM) arvoa. Tutkittavalle suoritettiin tutustumiskerralla arvio maksimaalisesta lihasvoimasta lähes maksimaalisen suorituksen avulla samalla protokollalla kuin varsinaisessa mittauksessa. Tämän perusteella ensimmäiselle mittauskerralle laskettiin painot lämmittelyä ja lähestymispainoja varten. Testiprotokolla on esitelty taulukossa 6. Palautumisaika lämmittelysarjojen välissä oli 1 minuutti ja varsinaisten yritysten välissä 2 minuuttia. Yhden toiston sarjoja jatkettiin 2,5-10 kg nostoin niin pitkään, ettei tutkittava enää saanut suoritettua puhdasta toistoa. Tuloksissa huomioitiin neljän mittauskerran aikana saavutettu suurin tulos. Käytetty jalkaprässi (David G210) on esitetty kuvassa 15.

TAULUKKO 6. Maksimivoiman mittauksessa käytetty protokolla. Kolmen lämmittelysarjan jälkeen maksimaalista suoritusta lähdettiin hakemaan yhden toiston suorituksilla niin, että maksimaalinen suoritus pyrittiin saavuttamaan viiden toiston aikana.

	1	2	3	4-n
Kuorma	30 %	50 %	70 %	+ 90 %
Toistot	10	5-6	2-3	1



KUVA 15. Maksimaalisen voiman mittaamiseen käytetty David G210 jalkaprässi.

*Kestävyys suorituskyky.* Kestävyys suorituskykyä mitattiin suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin avulla Jyväskylän yliopiston Liikuntalaboratoriossa juoksumatolla (Telineyhtymä, Kotka, Suomi) (kuva 16). Ennen suoritusta tutkittavalle puettiin sopiva hengitysmaski ja syke-

vyö ja koko juoksuosuuden ajan käytettiin turvalajaita. Testi alkoi puolentunnin sisällä voimastien päättymisestä. Testien välissä tutkittaville tarjottiin energiapatukka (hiilihydraattia 25 g), jonka sai korvata myös haluamallaan välipalalla tai jättää syömättä, kunhan sama välipala säilyi joka mittauskerralla.

Testi alkoi nopeudella 6 km/h ja kolmen minuutin välein matto pysähtyi laktaattinäytteenottoa varten, jonka jälkeen nopeutta nostettiin 1 km/h kerrallaan. Tutkittava sai halutessaan kävellä ensimmäiset kuormat. Kulma oli koko testin ajan 0.7 astetta ja testi jatkui tutkittavan uupumukseen saakka. Maksimaalinen hapenottokyky määritettiin kahden korkeimman perättäisen 30 sekunnin keskiarvona ja tulos pyöristettiin alaspäin lähimpään tasalukuun. Hengityskasuanalysaattori (SensorMedics® Vmax229) keräsi tiedot breath-by-breath -menetelmällä. Ennen testiä tutkittavat punnittiin henkilöva'alla. Tuloksissa huomioitiin neljän mittauskerran aikana saavutettu suurin maksimaalisen hapenottokyvyn ( $VO_{2max}$ ) ja teoreettisen hapenottokyvyn ( $VO_{2teor}$ ) lukema.



KUVA 13. Maksimaalisen hapenottokyvyn määrittämiseen käytetty juoksumatto ja valjaat.

### 6.2.3 Kyselylomakkeet

*Energiansaatavuus ja energiaravintoaineet.* Tutkittavat täyttivät ruokapäiväkirjaa kolmen perättäisen päivän ajan jokaisen mittauskerran ympärillä alkaen testiä edeltävänä päivänä. Tutkittavat saivat tarkat suulliset ja kirjalliset ohjeet ruokapäiväkirjan täyttämiseen ja heille suositeltiin keittiövaan ja tarvittaessa valokuvauksen hyödyntämistä annoskoon ja ravintosisältöjen arvioinnissa. Ruokapäiväkirjat analysoitiin Finelin tietokantaa käyttäen (fineli.fi). Yksi tutkija kirjasi kaikkien tutkittavien ruokapäiväkirjat tietokantaan johdonmukaisuuden varmistamiseksi. Kirjaamisessa pyrittiin energiansaannin ja energiaravintoaineiden tasolla mahdollisimman tarkkaan analysointiin. Jos jotain ruoka-ainetta ei löytynyt tietokannasta, syötettiin se manuaalisesti. Kaupallisista tuotteista etsittiin tuoteselosteet ja ne kirjattiin yksittäisinä ainesosina.

Harjoituspäiväkirjaa kerättiin samoilta päiviltä kuin ruokapäiväkirjaakin. Päiväkirjaan pyydettiin kirjaamaan kaikki tavoitteellinen fyysinen harjoittelu. Mittausta ympäröivien päivien liikunnan aikainen energiankulutus laskettiin MET-kertoimien avulla. MET-arvot määritettiin Ainsworth ym. (2000) listauksen perusteella. Parhaiten suoritettua aktiviteettia kuvaava arvo kerrottiin tutkittavan painolla ja lepoaineenvaihdunnan osuus (1 MET) vähennettiin liikunnan aikaisesta energiankulutuksesta. Liikunnan intensiteetin määrittämiseksi käytettiin mahdollisuuksien mukaan syketietoa, tutkittavien omaa tuntemusta sekä muuta harjoitusdataa (esim. matka ja vauhti). Yksi tutkija analysoi kaikki harjoituspäiväkirjat.

Energiansaatavuus (EA) arvioitiin vähentämällä ruokapäiväkirjojen mukaisesta energiansaannista (EI) liikunnan aikaisen energiankulutuksen arvio (EEE) ja jakamalla jäljelle jäävä summa bioimpedanssin perusteella arvioidulla rasvattoman massan painolla (FFM).

$$EA = (EI - EEE) / \text{kg FFM}$$

Energiansaatavuus laskettiin koko mittausjakson keskiarvona lukuun ottamatta viimeistä mittausjaksoa. Moni tutkittava lopetti harjoituspäiväkirjan täytön viimeiseen mittaukseen, jolloin viimeisen kolmen päivän keräysjakson energiansaatavuus olisi vääristynyt.

*Harjoitustausta.* Tutkittavat jaettiin kahteen ryhmään - kestävyys (K) ja voima (V) - perustuen harjoitustaustaa ja harjoittelun painopisteitä koskevaan kyselyyn (liite 1). Tutkittavat vastasivat kysymyksiin kestävyys- ja voimaharjoittelun käytetystä ajasta, harjoittelun painotuksesta, vahvuuksistaan ja harjoittelun tavoitteellisuudestaan. Ryhmäjakojen luomisessa painotettiin harjoitteluun käytettyä aikaa ja panostuksen kohdetta. Jos tutkittava ei osannut sanoa eikä hän suorituskyvyn tai muun harjoitustaustan perusteella selkeästi kuulunut jompaankumpaan ryhmään, jätettiin hänet kestävyys- ja voimaharjoittelijoita vertailevan analyysin ulkopuolelle.

### **6.3 Tilastolliset analyysit**

Datan taulukointi ja ravintomuuttujien laskutoimitukset (EA ja energiaravintoaineiden suhteellinen saanti) suoritettiin Microsoft Office Excel 2016 ohjelman avulla. Samoin kuvaajat piirrettiin Excel 2016 taulukko-ohjelmalla. Ennen tilastollisia analyysejä merkittävät poikkeavat arvot poistettiin hormonaalisista muuttujista ( $SD > 3$ ). Näitä tuloksia oli kolme kappaletta; kaksi estradiolin arvoa ja yksi testosteronin arvo, molemmat N-ryhmässä.

Analysoinnissa hyödynnettiin IBM SPSS Statistics 24 -tietokoneohjelmaa. Normaalisuutta testattiin Shapiro-Wilkin testillä otoskoon ollessa pieni. Muuttujien välisiä yhteyksiä arvioitiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Ryhmien välisiä keskiarvoja verrattiin riippumattomien otosten T-testillä. Riskitaso oli  $p < 0,05$ . Analyysejä suoritettiin sekä koko otokselle että hormonaalisen ehkäisyn käytön ja harjoitustaustan mukaan jaetuilla ryhmillä.



## 7 TULOKSET

Ruokapäiväkirjan palautti 24 tutkittavaa ja harjoituspäiväkirjan 22 tutkittavaa. Energiensaata-  
vuus laskettiin 21:lle tutkittavalle. Ravintodata koko ryhmällä ja erikseen hormonaalisen eh-  
käisyyn käytön mukaan on esitetty taulukossa 7. N-ryhmän energiensaataavuus oli merkitsevästi  
H-ryhmää pienempi.

TAULUKKO 7. Keskeiset ravitsemukselliset muuttujat koko otoksessa ja erikseen hormonaal-  
lista ehkäisyä käyttävältä (H) ja käyttämättömältä (N) ryhmältä. Puuttuvien tulosten määrä  
energiensaataavuudelle (EA) 6 kpl, ravintoaineet 2 kpl. E%=energiaprosentti, FFM=rasvaton  
massa, HH=hiilihydraatti.

Ryhmä	EI (kcal/ pv)	EA (kcal/ FFM)	HH (g/kg)	HH (E%)	Kuitu (g/vrk)	Rasva (g/kg)	Rasva (E%)	Prot. (g/kg)	Prot. (E%)
Kaikki (n=25)	2448 ±484	40 ±9	4.1 ±1.1	45 ±4	36 ±13	1.4 ±0.4	33 ±5	1.7 ±0.5	18 ±5
H (n=9)	2603 ±467	45 ±9	4.6 ±1.0	45 ±3	41 ±13	1.6 ±0.4	34 ±5	1.8 ±0.5	18 ±4
N (n=16)	2360 ±486	37 ±8	3.9 ±1.1	44 ±4	34 ±12	1.3 ±0.4	33 ±5	1.6 ±0.5	19 ±5

\*p<0.05

Hormonaaliset tulokset on esitetty taulukossa 8. H- ja N-ryhmän väliset merkitsevät erot hor-  
monaalisissa muuttujissa olivat (naissukupuolihormonien lisäksi) H-ryhmän korkeampi kor-  
tisolien ja T<sub>3</sub>:n pitoisuus sekä matalampi testosteronin pitoisuus. Ainoastaan leptiinin pitoisuu-  
dessa ei ollut eroa ryhmien välillä. Leptiinin kaksi viitearvoa johtuu viitearvojen määrittämisestä  
painoindeksin perusteella.

TAULUKKO 8. Keskeiset hormonaaliset muuttujat koko otoksella ja erikseen hormonaalista ehkäisyä käyttävillä (H) ja käyttämättömällä (N). E<sub>2</sub>=estradioli, LH=lutenisoiva hormoni, T<sub>3</sub>=trijodityroniini. Leptiinin pienempi viitearvo painoindeksille (BMI) 19-24, suluissa BMI:lle 25-29. E<sub>2</sub>: 2 puuttuvaa tulosta, Testosteroni: 1 puuttuva tulos, T<sub>3</sub>: 4 puuttuvaa tulosta. Viitearvot testosteroneille puhti.fi, muut huslab.fi

Ryhmä	E2 (pmol/l)	LH (IU/l)	Testosteroni (pmol/l)	Leptiini (ng/ml)	Kortisoli (nmol/l)	T <sub>3</sub> (pmol/l)
Kaikki (n=27)	276±155	5.0±3.0	6.5±3.3	5.9±3.6	538±124	4.8±0.8
H (n=11)	171±69	2.7±3.0	5.0±3.0	5.5±3.4	664±112	5.3±0.9
N (n=16)	387±197	6.7±3.0	7.5±2.7	6.2±3.8	488±109	4.6±0.7
Viitearvot	80-920	1.8-11.8	2.9-11.8	2.1-24.2 (5.1-50.4)	150-650	3.1-6.8

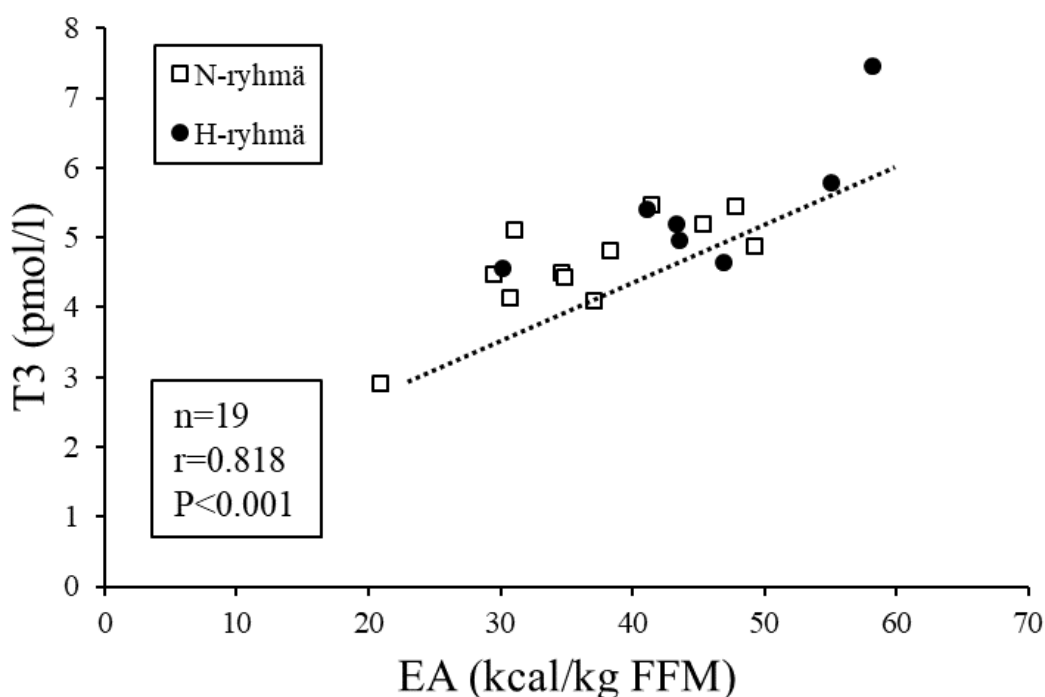
\*p<0.05 \*\*p<0.01

### 7.1 Alhaisen energiansaatavuuden ja sen tunnusmerkkien ilmeneminen

Ruokapäiväkirjojen perusteella liian alhaista energiansaatavuutta (LEA) (<45 kcal/kg FFM) ilmeni 13 tutkittavalla. Kliininen LEA (<30 kcal/kg FFM) havaittiin kahdella tutkittavalla. Neljällä tutkittavalla leptiinin pitoisuus oli viitearvoja pienempi ja yhdellä tutkittavalla suurempi. Testosteronin pitoisuus oli kolmella (H-ryhmä: 2, N-ryhmä: 1) tutkittavalla viitearvoja pienempi, yhdellä suurempi. T<sub>3</sub> oli viitearvojen alapuolella yhdellä N-ryhmän tutkittavalla, ja yläpuolella yhdellä H-ryhmäläisellä. N-ryhmässä LH oli alentunut yhdellä tutkittavalla ja E<sub>2</sub> sekä kortisoli olivat kaikilla tutkittavilla viitearvojen rajoissa. H-ryhmässä kortisoli oli viitearvoa korkeampi viidellä tutkittavalla. EA oli <45 kcal/kg FFM kaikilla tutkittavilla, joilla testosteroni, leptiini tai T<sub>3</sub> olivat viitearvojen alapuolella. Useampi kuin kaksi LEA:n markkeria havaittiin vain yhdellä tutkittavalla.

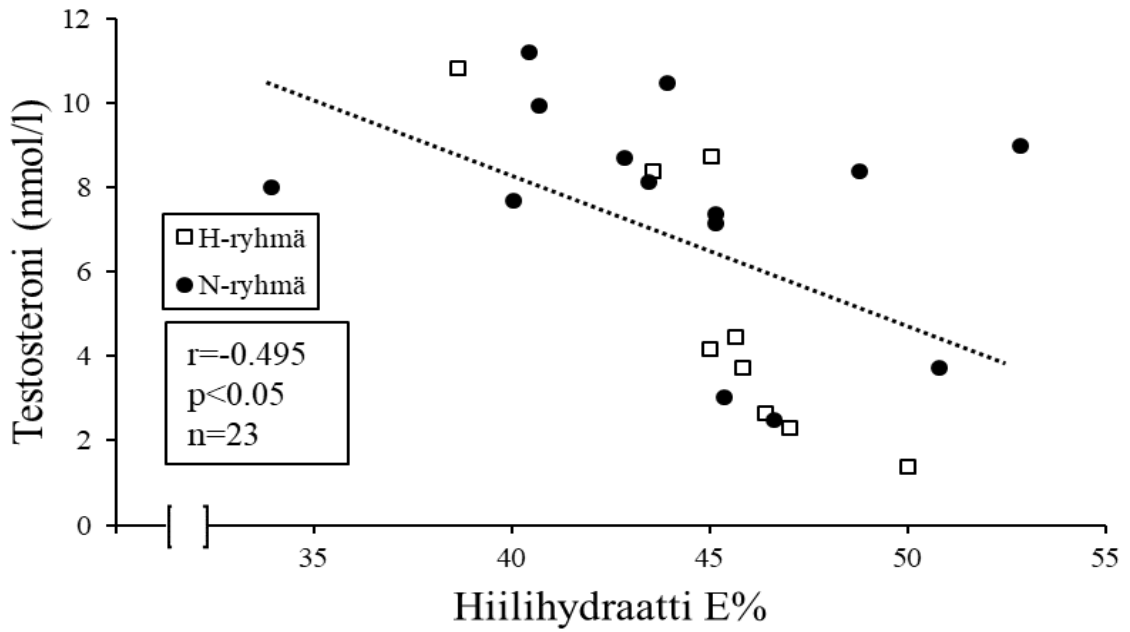
## 7.2 Ravitsemuksen yhteydet hormonaalisiin muuttujiin

Energiansaatavuudella havaittiin merkitsevä positiivinen yhteys  $T_3$  -hormoniin (kuva 17). Yhteys oli havaittavissa myös H- ja N-ryhmillä erikseen ( $r=0,779$ ,  $p<0,05$  ja  $r=0,774$ ,  $p<0,01$ ). Koko ryhmän sisällä energiansaatavuus ei ollut merkitsevästi yhteydessä muiden hormonaalisten muuttujien kanssa. Koko ryhmällä energiansaatavuus oli yhteydessä myös proteiinin suhteelliseen saantiin ( $r=-0,478$ ,  $p<0,05$ ) ja kuidun saantiin ( $r=0,741$ ,  $p<0,001$ ). Kuidun saanti ja proteiinin suhteellinen saanti korreloivat myös  $T_3$ -hormonin kanssa ( $r=0,502$ ,  $p<0,05$  ja  $r=-0,436$ ,  $p<0,05$ ).

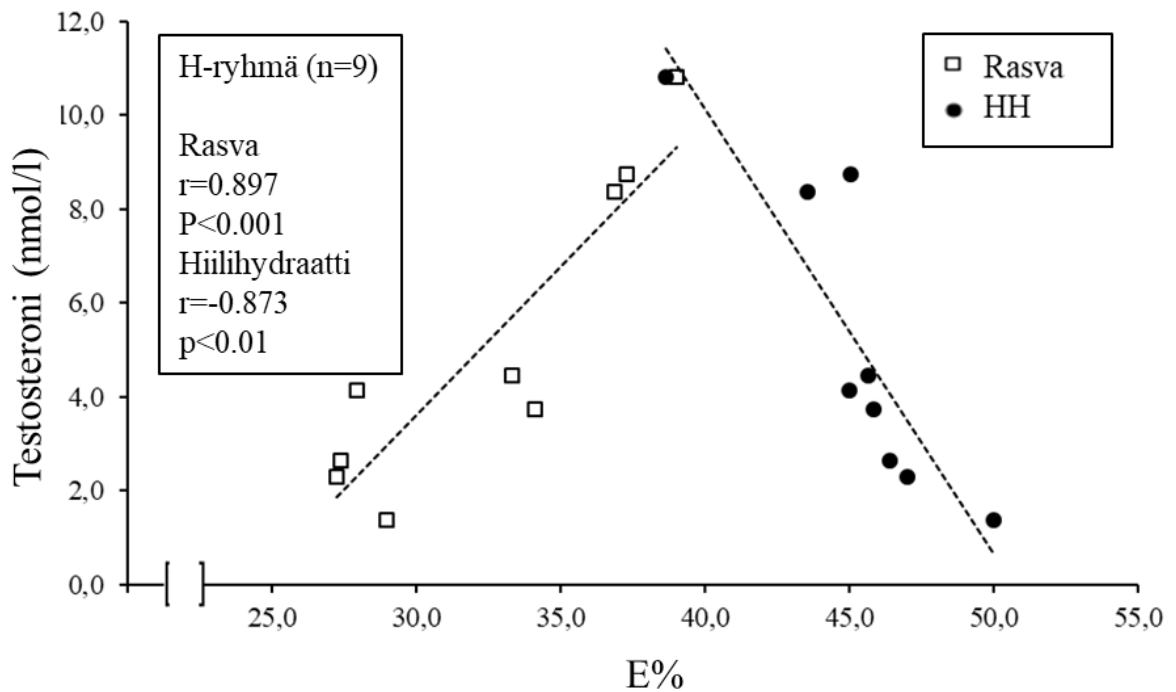


KUVA 17.  $T_3$ -hormonin yhteys energiansaatavuuteen (EA). FFM=rasvaton massa, H=hormonaalista ehkäisyä käyttävät, N=hormonaalista ehkäisyä käyttämättömät.

Energia- ja ravintoaineista hiilihydraatin suhteellinen saanti korreloi negatiivisesti vapaan testosteronin pitoisuuden kanssa (kuva 18). Tämä yhteys oli havaittavissa vertailtaessa koko ryhmää ja H-ryhmää, mutta N-ryhmässä yhteyttä ei havaittu ( $p>0,05$ ). H-ryhmällä testosteroni korreloi myös rasvan suhteellisen saannin kanssa (kuva 19).

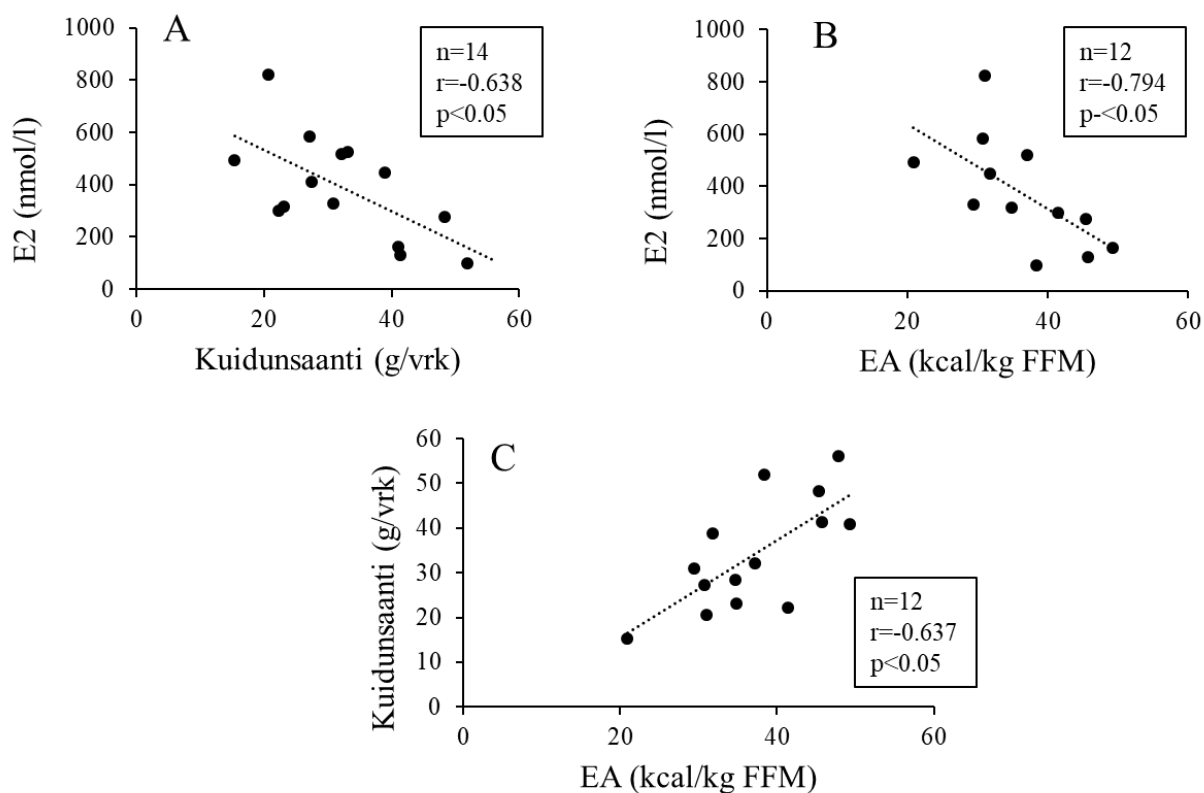


KUVA 18. Hiilihydraatin suhteellisen saannin (E%) yhteys testosteronin pitoisuuteen koko otoksella. H=hormonaalista ehkäisyä käyttävät, N=hormonaalista ehkäisyä käyttämättömät.



KUVA 19. Hiilihydraatin (HH) ja rasvan suhteellisen osuuden (E%) yhteys testosteroniin hormonaalista ehkäisyä käyttävillä naisilla

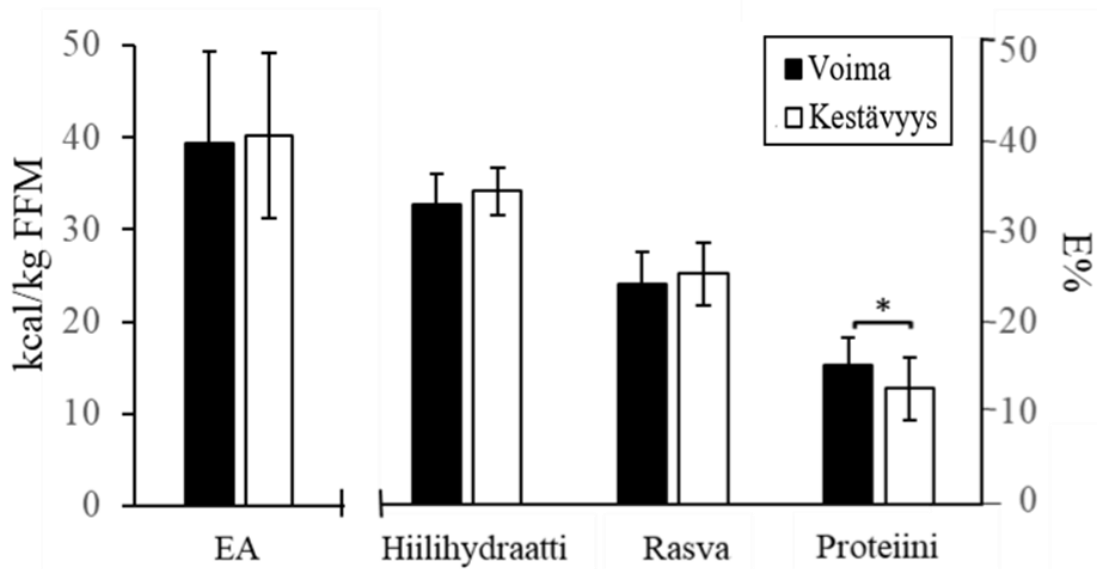
N-ryhmällä havaittiin merkitsevä negatiivinen yhteys EA:n ja estradiolin pitoisuuden välillä sekä kuidunsaannin ja estradiolin välillä (kuva 20a-b). Kuidun runsaampi saanti oli yhteydessä myös suurempaan energiansaatavuuteen (kuva 20c).



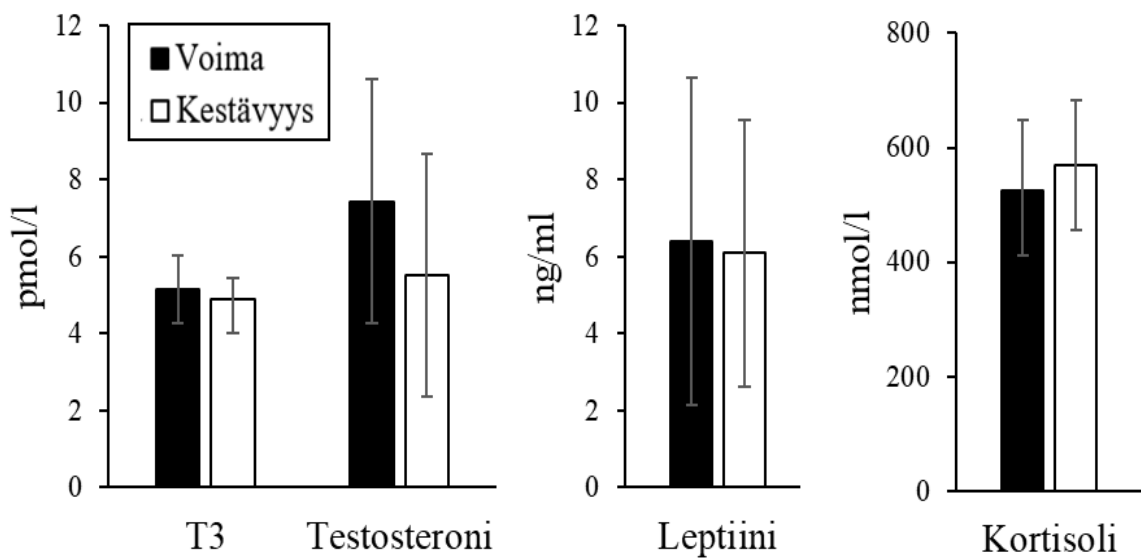
KUVA 20. Estradiolin (E2) pitoisuus korreloi negatiivisesti sekä kuidunsaantiin (kuva 20A) että energiansaatavuuteen (EA) (kuva 20B). Kuidunsaannin ja energiansaatavuuden välillä oli positiivinen korrelaatio (kuva 20C).

### 7.3 Harjoitustaustan vaikutus ravitsemukseen ja hormonaalisiin muuttujiin

Voima- ja kestävyysharjoitelleiden välinen ainoa merkitsevä ero ravintomuuttujissa oli voimaharjoitelleiden suurempi proteiinin suhteellinen saanti ( $p<0,05$ ) (kuva 21). Hormonaalisissa muuttujissa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä (kuva 22).



KUVA 21. Energiansaataavuus (EA) ja energiaravintoaineiden suhteellinen saanti (E%) erikseen voima- ja kestävyysharjoitelleilla naisilla. FFM=rasvaton massa. Virhepalkeissa keskiarvointa. \*= Merkitsevä ero ryhmien välillä,  $p < 0,05$ .



KUVA 22. Hormonaaliset muuttujat erikseen kestävyys- ja voimaharjoitelleilla tutkittavilla.

## 8 POHDINTA

Tällä tutkimuksella pyrittiin selvittämään liian alhaisen energiansaatavuuden (LEA) yleisyyttä ja ravitsemuksen yhteyttä hormonaalisiin muuttujiin kestävyys- ja voimaharjoitelleilla naisilla. Tutkimustulosten perusteella liian alhainen energiansaatavuus on eumenorrisilla fyysisesti aktiivisilla naisilla yleistä, mutta kliininen energiavaje on harvinaista. Tämä subkliininen LEA ei välttämättä näy hormonaalisissa muuttujissa. Hormoneista  $T_3$  oli yhteydessä energiansaatavuuteen koko ryhmän tasolla sekä H- ja N-ryhmillä erikseen. N-ryhmällä EA ja kuidunsaanti olivat käänteisesti yhteydessä estrogeeniin. Testosteroni oli koko ryhmällä käänteisesti yhteydessä hiilihydraatin suhteellisen saantiin ja H-ryhmällä positiivisesti yhteydessä rasvan saantiin. Kestävyys- ja voimaharjoitelleiden ravitsemuksesta ei ilmennyt muuta merkitsevää eroa kuin voimaharjoitelleiden suurempi proteiinin suhteellinen osuus energiansaannista.

### 8.1 Alhainen energiansaatavuus ja sen tunnusmerkit

Ruokapäiväkirjojen perusteella 62 %:lla 21:stä tutkittavasta havaittiin liian alhainen energiansaatavuus, joka oli luonteeltaan pääosin subkliinistä (44-30 kcal/kg FFM/vrk). Tulos on linjassa hypoteesin ja aiempien tutkimusten kanssa, joskin kliininen LEA on aiemmissa tutkimuksissa ollut yleisempää. Melin ym. (2015) tutkimuksessa LEA havaittiin 63 %:lla kestävyysjuoksijoista, mutta <30 kcal/kg FFM energiansaatavuus ilmeni 20 %:lla. Koehler ym. (2013) tutkimuksessa kliininen LEA todettiin jopa 62 %:lla nuorista eliittiruuhailijoista. Hormonipitoisuudet eivät antaneet viitteitä suuremmasta LEA:n ilmenemisen prosentista. Useampi kuin kaksi LEA:n markkeria havaittiin vain yhdellä tutkittavalla. Kaikilla tutkittavilla, joilla oli alentunut testosteronin,  $T_3$ :n tai leptiinin pitoisuus, EA kuitenkin oli alle 45 kcal/kg FFM.

Suuressa osassa energiansaatavuutta käsitellyistä tutkimuksista vähintäänkin osalla tutkittavista on ilmennyt kuukautiskierron häiriöitä (mm. Melin ym. 2015; Torstveit ym. 2017; Fahrenholtz ym. 2018; Heikura ym. 2018). Tähän tutkimukseen rekrytoitiin vain eumenorrisia tai hormonaalista ehkäisyä käyttäviä tutkittavia. Tämä todennäköisimmin selittää kliinisen LEA:n harvinaisuutta tutkimusjoukossa. Myös muut hormonaaliset poikkeavuudet olivat tutkimusjoukossa

suhteellisen harvinaisia. Terveystieteellisten haittojen ja fysiologisten muutosten onkin todettu lisääntyvän EA:n alittaessa kynnyksarvon 30 kcal /kg FFM (Loucks & Thuma 2003; Luocks ym. 2011). Hormonaaliset muuttujat eivät kenties ole toimiva menetelmä subkliinisen LEA:n havainnointiin.

H- ja N-ryhmä erosivat toisistaan leptiiniä lukuun ottamatta kaikissa hormonaalisissa muuttujissa. Estrogeenin ja LH:n pitoisuuden hormonaalisella ehkäisyllä on suora vaikutus, mutta myös testosteronin, kortisolin ja T<sub>3</sub>:n pitoisuuksissa oli ryhmien välillä merkitsevä ero. Myös nämä erot saattavat selittyä hormonaalisen ehkäisyn käytöllä. Kortisolin suurempi pitoisuus H-ryhmällä on linjassa Meulenberg ym. (1987) tutkimukseen, jossa havaittiin ehkäisytabletteja käyttävällä ryhmällä 56 % korkeampi kortisolin pitoisuus. Hormonaalisen ehkäisyn on havaittu myös vaikuttavan alentavasti syljestä mitattuun testosteroniin (Crewther ym. 2018) ja nostavan T<sub>3</sub>-hormonin pitoisuutta (Wiegratz ym. 2003). Myös energiansaataavuus erosi merkitsevästi H- ja N-ryhmän välillä. H-ryhmän korkeamman T<sub>3</sub>-pitoisuuden voisikin selittää myös suurempi energiansaataavuus, kun ottaa huomioon T<sub>3</sub>:n ja EA:n positiivisen yhteyden. Hormonaalisen ehkäisyn käyttö on siis huomiotava aihepiiriä koskevissa tutkimuksissa ja urheilijoiden testaus-tilanteissa. Tämä on voinut vaikuttaa myös tämän tutkimuksen tuloksiin, kun suhteellisen pieni otos jouduttiin jakamaan entistä pienempiin alaryhmiin ja H- ja N-ryhmiä tarkasteltiin myös yhtenä ryhmänä.

Aliraportointi on ruokapäiväkirjojen yleisin virhelähde (Trabulsi & Schoeller 2001). Aliraportoinnin suuruuden on arvioitu olevan keskimäärin noin 10 % (Livingstone & Black 2003; Poslusna ym 2009). Tässä tutkimuksessa arvioidun EA:n kasvattaminen kymmenyksellä vähentäisi LEA:n ilmenemisen kymmeneen tutkittavaan. Kliinisen LEA:n osuus ei muuttuisi. Osalla tutkittavista bioimpedanssimittauksella arvioitu rasvamassa pieneni tutkimusjakson aikana ja tämä muutos oli positiivisesti yhteydessä energiansaataavuuteen. Painon putoaminen voisi kertoa ruokavalion muuttamisesta tutkimusjakson aikana. Toisaalta rasvamassan muutosten yhteys energiansaataavuuteen osoittaa ravintoanalyysin onnistumista.



## 8.2 Ravitsemuksen yhteys seerumin hormonipitoisuuksiin

Hormonaalisista muuttujista  $T_3$  oli yhteydessä energiansaatavuuteen koko ryhmällä sekä H- ja N-ryhmillä erikseen. Tämä vastaa hypoteesia, sillä liian alhaisen energiansaatavuuden tiedetään pitkällä aikavälillä johtavan aineenvaihdunnan hidastumiseen (Burke ym. 2018). Yhteyttä itse raportoidun energiansaatavuuden ja kilpirauhashormonien välillä ei kuitenkaan olla kaikissa aiemmissa tutkimuksissa pystytty todistamaan (Melin ym. 2015; Black ym. 2018). Hypoteesin vastaisesti muilla hormoneilla ei koko otosta tarkastellessa ilmennyt yhteyttä energiansaatavuuteen, mikä todennäköisesti selittyy kliinisen LEA:n harvinaisuudella tutkimusjoukossa.

Tämän tutkimuksen poikkileikkausasetelma estää syy-seuraussuhteiden havainnoimisen, varsinkin kun kilpirauhasen toiminnassa on yksilöllistä vaihtelua (Andersen ym. 2002). Periaatteessa  $T_3$ :n korrelaatio EA:n kanssa voisi johtua kummasta vain syystä: aineenvaihdunnan hitaus on saanut tutkittavat syömään vähemmän tai vähäisempi energiansaanti on johtanut aineenvaihdunnan hidastumiseen energian säästämiseksi. Lepoaineenvaihduntaa ei tutkimuksessa suoraan mitattu, mutta  $T_3$ :n on todettu korreloivan RMR:n kanssa (Liu ym. 2017). Vain yhdellä tutkittavalla  $T_3$  oli viitearvojen alapuolella ja hänellä oli koko tutkimusjoukon alhaisin EA: 21 kcal/kg FFM.

Energiaravintoaineista hiilihydraatin ja rasvan havaittiin olevan yhteydessä testosteronin pitoisuuteen. Runsasrasvaisen ruokavalion onkin aiemmissa tutkimuksissa havaittu nostavan testosteronin pitoisuutta (Lambert ym. 2004). Toisaalta liian alhainen hiilihydraatin on urheilijoilla toteutetuissa tutkimuksissa jopa laskenut testosteronin pitoisuutta (Lane ym. 2010), mikä on jokseenkin vastakkainen tulos tässä tutkimuksessa havaittuun korrelaatioon.

Negatiivinen yhteys hiilihydraatin ja testosteronin välillä voisi selittyä nimenomaan rasvan saannilla. On mahdollista, että koska hiilihydraatin ja rasvan suhteellisen saannin välillä oli käänteinen yhteys, runsas hiilihydraatin saanti johti liian vähäiseen rasvansaantiin - varsinkin kun huomioi tutkittavien liian alhaisen energiansaatavuuden. Rasvansaannin vähentämisellä ja

korvaamisella mm. laadukkailla hiilihydraateilla on havaittu testosteronipitoisuutta laskeva vaikutus terveyden edistämiseen tähtäävissä interventioissa (Berrino ym. 2001). Lisäksi rasvan absoluuttinen saanti oli tutkimustuloksissa positiivisesti yhteydessä testosteronin kanssa.

Mielenkiintoinen ja hypoteesin vastainen tulos oli, että E<sub>2</sub> oli N-ryhmässä käänteisesti yhteydessä energiansaatavuuteen. Aiemmissä tutkimuksissa LEA:n on havaittu laskevan estrogeenin eritystä lisäävän LH:n pitoisuutta (Loucks ym. 1998; Loucks & Thuma 2003) ja korreloivan negatiivisesti myös estrogeenin kanssa (Fahrenholtz ym. 2017). Loucks & Thuma (2003) kuitenkin havaitsivat, ettei LH:n erityksessä häiriintynyt ennen kuin EA alitti tason 30 kcal/kg FFM, jota ei tässä tutkimuksessa juurikaan esiintynyt.

Koska EA ei suurimmalla osalla tutkittavista ollut tässä tutkimuksessa kliinisen rajan alle, voisikin estrogeenin negatiivinen yhteys energiansaatavuuteen selittyä muilla ravitsemuksellisilla tekijöillä. E<sub>2</sub> oli käänteisesti yhteydessä myös kuidun saantiin ja enemmän kuitua ruokavaliossaan saavilla oli suurempi energiansaatavuus. Kuvasta 20A nähdään, että alhaisin E<sub>2</sub>-pitoisuus oli niillä, joilla kuidun saanti oli yli 40 g/vrk vähimmäissuosituksen ollessa 25-35 g vuorokaudessa (Ravitsemussuositukset 2014).

Kuidun ja estrogeenin välinen negatiivinen yhteys on havaittu myös aiemmissä tutkimuksissa (Gaskins ym. 2012; Melin ym. 2016). Runsas kuidun saanti voisi siis laskea estrogeenin pitoisuutta energiansaatavuudesta riippumatta niin kuin myös Gaskins ym. (2012) havaitsivat. Koska runsas kuidun saanti ja energiatiheän ruuan välttely on yhdistetty myös LEA:n ilmeneeseen (Melin ym. 2014), tulisi tähän kuidun fysiologiseen vaikutukseen ruokavaliossa kiinnittää erityshuomiota suhteellisesta energiavajeesta kärsivillä.

Koska suurimmalla osalla tutkittavista ei havaittu hormonaalisissa muuttujissa viitearvoista poikkeavia tuloksia, ei yllä mainittujen ravitsemuksellisten muuttujien yhteyttä hormoneihin voida pitää yksiselitteisesti haitallisina. Testosteronin ja estrogeenin korkeammat pitoisuudet saattavat olla yhteydessä esimerkiksi rintasyövän ilmenemiseen (Eliassen ym. 2006) ja niiden pitoisuuden lasku on ollut interventioissa tavoitteena terveyden edistämiseksi (Berrino ym.

2001). Hiilihydraatin ja kuitupitoisen ruuan lisäämisellä saatetaan siis saavuttaa terveyttä edistäviä muutoksia niillä, joilla sukupuolihormonien tasot ovat erityisen korkeat. Tässä tutkimuksessa havaitut ravitsemuksen yhteydet hormonaalisiin muuttujiin on kuitenkin tärkeä tiedostaa varsinkin, jos samalla henkilöllä ilmenee useampia LEA:n riskitekijöitä ja/tai hormonaalisia muutoksia.

Energiaravintoaineiden osalta tässä tutkimuksessa käsiteltiin vain niiden suhteellista saantia. Olennaista on myös absoluuttinen saanti. Energiansaannista riippuen ravintoaineen absoluuttinen saanti voi olla tarpeeseen nähden riittämätöntä tai liiallista, vaikka suhteellinen saanti olisikin suositusten mukaista. Ravintoaineiden tarpeeseen vaikuttaa myös urheiluharjoittelun määrä ja intensiteetti (Thomas ym. 2016), jota ei huomioitu tutkimuksessa. Harjoitustiedot kirjattiin vain samoilta päiviltä ruokapäiväkirjan kanssa ja tällöinkin tutkimusmittaukset vaikuttivat harjoitteluun. Pidemmän aikavälin harjoituskuormaa kysyttiin vain retrospektiivisesti alkutapaamisen yhteydessä. Harjoittelun kuormittavuudella saattaa olla itsenäisiä vaikutuksia esimerkiksi hormonitoimintaan (Dusek ym. 2004).

EA:lla havaittiin tutkimuksessa käänteinen yhteys proteiinin suhteelliseen saantiin. Aiemmissä tutkimuksissa alhainen energiansaataavuus on yhdistetty joko vähähiilihydraattiseen (Viner ym. 2015) tai vähärasvaiseen (Melin ym. 2014) ruokavalioon. On mahdollista, että näistä jommankumman saannin rajoittaminen on johtanut proteiinin suhteellisen saannin nousuun ja täten havaittuun korrelaatioon. Voi myös olla, että proteiinin runsaampaan saantiin kiinnittävät erityistä huomiota terveystietoiset naiset, jotka pyrkivät kehonkoostumuksensa muokkaamiseen. Proteiinin absoluuttisen saannin lisäämistä myös suositellaan energiansaataavuuden ollessa vähäistä esimerkiksi painonpudotuksen aikana (Thomas ym. 2016). Proteiinin suhteellinen saanti oli käänteisesti yhteydessä myös  $T_3$ :n pitoisuuteen. Proteiinin vaikutuksesta  $T_3$ -pitoisuuteen ihmisillä ei löytynyt tutkimustietoa. Korrelaatio voisi selittyä  $T_3$ :n ja EA:n positiivisella yhteydellä enemmän kuin proteiinin itsenäisellä vaikutuksella.

### 8.3 Harjoitustaustan vaikutus

Harjoitustaustalla ei tässä tutkimuksessa havaittu yhteyttä energiansaatavuuteen ja hormonaalisiin muuttujiin. Ainoana erona eli voimaharjoittelajien suurempi proteiinin suhteellinen saanti. Tämä ei ole yllättävä tulos, sillä proteiinin tiedetään kiihdyttävän proteiinisynteesiä ja olevan tärkeää lihaskasvulle (Thomas ym. 2016).

Koko ryhmän tasolla proteiinin suhteellinen saanti oli yhteydessä pienempään energiansaatavuuteen ja voimaharjoittelajien energiansaatavuus olikin hieman kestävyysharjoittelajia pienempi, vaikka ero ei ollutkaan merkitsevä. Keskiarvoinen EA oli voimaharjoittelajilla 40 kcal/kg FFM. Tämä ei välttämättä tue harjoittelun tavoitteita, sillä ainakin lihasmassan kasvattamiseen tähtäävässä harjoittelussa voisi olla hyötyä jopa positiivisesta energiatasapainosta (Garthe ym. 2013). Harjoittelun ja ravitsemuksen tarkempia tavoitteita ei kuitenkaan tutkimuksessa selvitetty tai kontrolloitu.

Tutkimusjoukko jakaantui kestävyys- ja voimaharjoittelajien suhteellisesti tasaisesti. Kestävyysryhmässä oli kuitenkin suhteellisesti enemmän N-ryhmään kuuluvia. Koska N- ja H-ryhmän välillä oli merkitseviä eroja hormonaalisissa muuttujissa ja energiansaatavuudessa, saattoi jakaumalla olla vaikutusta tuloksiin. H-ryhmällä oli esimerkiksi merkittävästi alempi testosteronin pitoisuus, mutta voimaharjoittelajien testosteroni oli kestävyysharjoittelajia korkeampi, vaikka ryhmässä oli suhteellisesti enemmän H-ryhmäläisiä. Tässä tapauksessa H-ryhmäläisten suurempi osuus voimaharjoittelajien ryhmässä voisi siis kaventaa harjoitustaustan luomaa eroa.

Voimaharjoittelajien kokonaisharjoitusmäärä oli lähes merkitsevästi ( $p=0,051$ ) kestävyysryhmää suurempi. He tekivät kestävyysryhmää enemmän voimaharjoittelua, mutta kestävyysharjoittelun määrä ei ryhmien välillä ollut merkitsevästi erilainen. On mahdollista, että harjoittelun kuormittavuus on vaikuttanut hormonaalisiin muuttujiin. Otos oli niin pieni, ettei sitä voitu jakaa sekä harjoitustaustan että hormonaalisen ehkäisyn käytön mukaan, eli ei voida olla varmoja, mikä on ollut olennaisin vaikuttava tekijä millekin muuttujalle.

Harjoitustaustakyselyn avulla luotu ryhmäjako vaikuttaa antropometristen tietojen ja suorituskykymuuttujien perusteella onnistuneelta (taulukko 5). Kestävyysryhmällä oli parempi maksimaalinen hapenottokyky. 1 RM tulos oli voimaharjoitelleilla korkeampi, mutta ero ei ison harrastuksen seurauksena ollut merkitsevä. Kun tulos suhteutettiin painoon (1 RM/kg) eivät voimaharjoitelleet enää erottuneet parempina. Voimaryhmäläisillä itseraportoitu voimaharjoitteluun käytetty viikoittainen aika oli merkitsevästi suurempi.

Suorituskyvyn testit tehtiin tutkittaville parhaiten sopivana ajankohtana, mutta aika pyrittiin pitämään samana eri kerroilla. Aikataulusyistä ajankohta saattoi satunnaisesti vaihdella. Koska maksimivoimasuoritus illalla on aamun voimatasoja parempi (Edwards ym. 2013), on tällä voinut olla vaikutusta saavutettuihin tuloksiin eri aikaan mitattujen tutkittavien välillä.

Tutkittavia ei rekrytointivaiheessa eroteltu harjoitustaustan mukaan ja kaikilta tutkittavilta edellytettiin sekä kestävyys- että voimaharjoittelua osana harjoitusohjelmaa. Ryhmien välinen ero olisi voinut olla suurempi, jos tutkittavat olisivat olleet harjoittelussaan selvemmin jompaankumpaan ominaisuuteen tähtääviä tai harjoitelleet näitä ominaisuuksia esimerkiksi kilpailullisin tavoittein. Taulukosta 5 voidaan myös havaita, että harjoitusmäärissä ja suorituskyvyssä oli merkitseviä eroja tutkittavien välillä sekä kestävyys että voimaryhmissä. Suurin osa (53 %) tutkimukseen osallistuneista ei ollut kilpaurheilijoita. Osa kilpaili kansallisella tasolla ja yksi oli kansainvälisen tason kilpaurheilija. Tutkimusjoukon heterogeenisyyden vuoksi ei tutkimuksessa nähty tarkoituksenmukaisena tarkastella hormonaalisten muuttujien ja ravitsemuksen yhteyttä suorituskykyyn, vaikka käytännön kannalta tämä olisi kiinnostavaa. Muut tekijät kuin ravitsemus olisivat kuitenkin vaikuttaneet tuloksiin todennäköisesti tutkittuja muuttujia enemmän.

LEA:n yleisyys on havaittu ennen kaikkea kilpaurheilijoiden keskuudessa tietyissä lajiryhmissä (Torstveit & Sundgot-Borgen 2005; Martinsen & Sundgot-Borgen ym. 2013). Tutkimuksen painottuminen kuntourheilijoihin voisikin siis vaikuttaa myös EA:n aiempaa positiivisempaan arvioon. Riski liian alhaiselle energiansaataavuudelle on tosin havaittu myös vapaa-ajallaan aktiivisten naisten keskuudessa (Black ym. 2018; Slater ym. 2016). Todennäköisin selitys onkin tutkimuksen keskittyminen eumenorriisiin urheilijoihin.

## 8.4 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Tutkimus toteutettiin osana suurempaa tutkimusprojektia, joka tarjosi hyvät puitteet laadukaille menetelmille ja monipuolisuudelle esimerkiksi hormonaalisissa muuttujissa. Pieni otos kuitenkin vaikeutti hormonaalisten muuttujien tulkintaa ja ryhmien välistä vertailua, sillä hormonaalisen ehkäisyn käytöllä voi olla itsenäisiä vaikutuksia myös muihin muuttujiin kuin nais-sukupuolihormonien pitoisuuksiin (Meulenberg ym. 1987; Wiegratz ym. 2003; Crewther ym. 2018). Pienessä otoksessa myös poikkeusyksilöiden vaikutus korostuu.

Ruokapäiväkirjojen täyttämässä pyrittiin mahdollisimman tarkkaan ja johdonmukaiseen ohjeistukseen, raportointiin ja analysointiin. Syödyn ruuan punnitseminen ei ollut välttämätöntä. Vaikka punnitseminen saattaisi lisätä ruokapäiväkirjojen tarkkuutta, voi se myös johtaa ruokavalion yksinkertaistamiseen tuomansa lisävaivan seurauksena (Poslusna ym. 2009). Raportointi tapahtui aina mittauksia ympäröivinä päivinä, ja on mahdollista, ettei näiden päivien ruokavalio parhaimmin kuvannut tutkittavien normaalia ravitsemusta suhteessa harrastettuun liikuntaan. Tutkimusten mukaan urheilijat eivät osaa luonnostaan suhteuttaa energian- ja energiaravintoaineiden saantiaan päivän urheilullisiin vaatimuksiin (Drenowatz ym. 2012; Heikura ym. 2017). Päivien väliset erot ja päivän aikaisen energiavajeen merkitys (Fahrenholtz ym. 2018; Torstveit ym. 2017) jäivät myös huomioimatta, kun ruokapäiväkirjoja arvioitiin koko jakson keskiarvona.

Suurimman virheen mahdollisuuden EA:n määrittelyyn loi todennäköisesti harjoituspäiväkirjojen käyttö EEE:n arvioinnissa, vaikkakin MET-arvot on todettu toimivaksi menetelmäksi nimenomaan liikunnan aikaisen energiankulutuksen arvioinnissa (Koehler ym. 2010). Tutkittavien välillä oli eroja harjoituspäiväkirjan täytön tarkkuudessa ja osalla tutkittavista oli ohjelmassaan eri energiantuottotapoja hyödyntäviä yhdistelmäharjoituksia, joiden kulutuksen arviointi oli haastavaa. Tämä saattoi vaikuttaa EA:n arvioinnin tarkkuuteen kestävyys- tai voimaharjoituksiin keskittyvien tutkittavien välillä. Koska yksi tutkittava analysoi kaikki harjoituspäiväkirjat, voidaan tuloksia pitää johdonmukaisina. Guebels ym. (2014) suosittelivat, että energiankulutuksen arvioinnissa huomioitaisiin kaikki 4-MET:n raja-arvon ylittävät aktiviteet-

tit. Tässä tutkimuksessa energiankulutukseen laskettiin mukaan kaikki tavoitteellinen harjoittelu. Hyvin kevyesti harjoittelevilla tämä on voinut lisätä energiankulutusta verrattuna 4-MET:n raja-arvoon perustuvaan menetelmään, kun taas tehokkaan arkiliikunnan poisjättäminen harjoituspäiväkirjasta saattoi vaikuttaa pienentävästi energiankulutuksen arvioon.

Kehonkoostumus arvioitiin tässä tutkimuksessa bioimpedanssimenetelmällä. Arviot menetelmän luotettavuudesta vaihtelevat eri tutkimuksissa (Esco ym. 2015; Von Hurstin ym. 2016; Schubert ym. 2019). Mittausta käytettiin kuitenkin vain FFM:n määrittämiseen ja parin kilon virhearvio ei EA:n määrittämisessä ole kovinkaan merkittävä. Lisäksi suurin osa tutkittavista oli normaalipainoisia, jolloin BIA:n antaman arvion voidaan uskoa olevan luotettavin. (Shafer ym. 2013; Esco ym. 2015).

## **8.5 Johtopäätökset ja käytännön sovellutukset**

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että liikunnallisesti aktiivisilla eumenorrisilla naisilla esiintyy lievää energiavajetta, mutta kliininen LEA on harvinaista. Tämä subkliininen energiavaje ei suoraan korreloi suurimpaan osaan hormonaalisista muuttujista, mutta tämän tutkimuksen perusteella poikkeavat arvot testosteronin, kortisolin ja  $T_3$ :n pitoisuudessa saattavat olla merkki LEA:n ilmenemisestä.  $T_3$  on mahdollisesti paras energiastatusta kuvaava muuttuja. Arvoissa on kuitenkin yksilöllistä vaihtelua, ja esimerkiksi hormonaalisen ehkäisyn käyttö voi vaikuttaa tuloksiin.

Kuidun ja energian runsas saanti olivat yhteydessä pienempään estrogeenin pitoisuuteen. Jotta tarkemmat syy-yhteydet saataisiin selville, olisi aihetta hyvä tutkia lisää asetelmalla, jossa eroteltaisiin energiansaataavuuden ja kuidun vaikutus, ja tutkittaisiin myös kuukautiskierron häiriöistä kärsiviä urheilijoita. Aiempien tutkimusten valossa voisi olettaa, että tässä tutkimuksessa päätekijä  $E_2$ :n laskussa olisi nimenomaan runsas kuidun saanti. Rasvan ja hiilihydraatin osuus ruokavaliossa voi puolestaan olla yhteydessä testosteronin pitoisuuteen.

Energiansaataavuuden yhteydestä hormonaalisiin muuttujiin olisi tärkeää saada lisää tutkimustietoa pitkittäistutkimuksista. Tulevissa seurantatutkimuksissa voitaisiin paremmin havainnoida ravitsemuksen ja sen muutosten vaikutusta hormonaalisiin markkereihin, kliinisiin ja subkliinisiin kuukautiskierron häiriöihin sekä terveyteen ja urheilumenestykseen. Tutkimuksissa olisi hyvä tarkastella myös päivän aikaista energiavajetta ja ateriarytmiä Fahrenholtz ym. (2017) ja Torstveit ym. (2018) mallin mukaan. Williams ym. (2019) mukaan suhteellisen energiavajeen vaikutusalueesta tarvitaan lisää tieteellistä näyttöä, ennen kuin sitä voidaan pitää diagnosoitavana tilana ja näyttöön perustuvana oireyhtymänä.

Pelkän energiansaataavuuden lisäksi tutkimuksissa olisi hyvä huomioida myös energiaravintoaineiden merkitys, joilla tässä tutkimuksessa havaittiin yhteyksiä testosteronin, estrogeenin ja T<sub>3</sub>:n kanssa. Tulevissa tutkimuksissa olisi hyvä tarkastella myös ravintoaineiden absoluuttista saantia ja suhteuttaa tämä urheiluharjoittelun vaatimukseen. Harjoituskuorman merkitys hormonaalisiin ja terveydellisiin muutoksiin tulisi muutenkin huomioida myös energiansaataavuutta käsittelevissä tutkimuksissa. Lisäksi hormonaalisen ehkäisyn käytöllä ja kuukautiskierron vaiheella on mahdollisesti vaikutusta tuloksiin.

Kestävyys- ja voimaharjoitelleet erosivat tutkimuksessa vain proteiinin suhteellisen saannin osalta. Voimaharjoitelleiden energiansaataavuus oli hieman suositeltua alhaisempaa ja voikin olla, ettei moni lihasmassan kasvattamiseen tähtäävä nainen osaa tai halua syödä riittävästi optimaalisen harjoitusvasteen saavuttamiseksi. Tämä tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä harjoitustaustan vaikutuksesta kilpailullisiin tavoittein harjoittelevien eliitturheilijoiden välisiin eroihin eri lajiryhmissä.

Vaikka monipuolista tutkimustietoa tarvitaan lisää, aiheesta on viime vuosina luotu kattavia katsauksia (mm. Melin ym. 2019). Tärkeintä olisi siirtää tietoa käytännön valmennukseen. Valmentajien ja urheilijoiden lähipiirissä olevien ravitsemuksen asiantuntijoiden tulisi tutustua saatavilla olevaan tietoon LEA:n haitoista. Urheilijan hyvinvointi ja terveys pitäisi aina huomioida, kun pohditaan suorituskyvyn parantamista edistäviä toimia kuten painonpudotusta kisakaudelle. Kuntoliikkujien parissa LEA ei mahdollisesti ilmene aivan yhtä kriittisesti kuin kilpaurheilussa. Yleisesti ottaen kuntoilijoita ja urheilijoita tulisi kannustaa monipuoliseen ja kaikkien



energiaravintoaineiden kannalta kattavaan ruokavalioon. Esimerkiksi kuidun ja energiaravintoaineiden yhteys estrogeeniin ja testosteroniin kuvastaa kultaisen keskitien merkitystä. Molemmilla ääripäillä voi olla haitallisia vaikutuksia terveyteen ja hormonitoimintaan.

Yksittäiset hormonaaliset muuttujat eivät vaikuta luotettavalta menetelmältä subkliinisen energiavajeen havainnointiin. Jos ruokapäiväkirjoja käytetään energiansaatavuuden arvioinnissa, on edelleen tärkeää painottaa, ettei tutkittava/asiakas muuta ravitsemustansa analyysijakson aikana arvion luotattavuuden takaamiseksi. Analyysi tulee aina suhteuttaa asiakkaan yksilöllisiin tarpeisiin. Ravitsemusta arvioidessa olisi tärkeää huomioida myös psykologiset tekijät ruokailuun liittyvien uskomusten, pelkojen ja mahdollisten häiriöiden vaikutuksen huomioimiseksi.

## LÄHTEET

- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., O'Brien, W. L., Bassett, D. R. J., Schmitz, K. H., Emplaincourt, P. O., Jacobs, D. R. J. & Leon, A. S. 2000. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32 (9), 498-504.
- Ainsworth, B. E. 2013. How to assess energy cost of exercise and sport. *Teoksessa Sports nutrition, Maughan, R. J. (toim.) Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, 61-72*
- Andersen, S., Pedersen, K., Bruun, N. & Laurberg, P. 2002. Narrow Individual Variations in Serum T<sub>4</sub> and T<sub>3</sub> in Normal Subjects: A Clue to the Understanding of Subclinical Thyroid Disease. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 87 (3), 1068–1072.
- Barnard, J. A., Tapsell, L. C., Davies, P. S., Brenninger, V.L. & Storlien, L. H. 2002. Relationship of high energy expenditure and variation in dietary intake with reporting accuracy on 7 day food records and diet histories in a group of healthy adult volunteers. *Eur J Clin Nutr*, 56(4), 358-67.
- Beaulieu, K., Hopkins, M., Long, C., Blundell, J. & Finlayson, G. 2017. High Habitual Physical Activity Improves Acute Energy Compensation in Nonobese Adults *Medicine & Science in Sports & Exercise* 49(11),1
- Belski, R., Donaldson, A., Staley, K., Skiadopoulou, A., Randle, E., O'Halloran, P., Kappelides, P., Teakel, S., Stanley, S. & Nicholson, M. 2018. Brief Education Intervention Increases Nutrition Knowledge and Confidence of Coaches of Junior Australian Football Teams. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 28 (3), 259-265.
- Berrino, F., Bellati, C., Secreto, G., Camerini, E., Pala, V., Panico, S., Allegro, G. & Kaaks, R. 2001. Reducing bioavailable sex hormones through a comprehensive change in diet: the diet and androgens (DIANA) randomized trial. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 10(1), 25–33
- Bingham, S. A., Cassidy, A., Cole, T. J., Welch, A., Runswick, S. A., Black, A. E., Thurnham, D., Bates, C., Khaw, K. T., Key, T. J. A. & Day, N. E. 1995. Validation of weighed records and other methods of dietary assessment using the 24 h urine nitrogen technique and other biological markers. *British Journal of Nutrition* 73 (4), 531-550.

- Black, K., Slater, J., Brown, R. C., & Cooke, R. 2018. Low Energy Availability, Plasma Lipids, and Hormonal Profiles of Recreational Athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(10), 2816–2824.
- Braakhuis, A. J., Meredith, K., Cox, G. R., Hopkins, W. G. & Burke, L. M. 2003. Variability in Estimation of Self-reported Dietary Intake Data From Elite Athletes Resulting From Coding By Different Sports Dietitians. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 13 (2), 152.
- Buhl, K. M., Gallagher, D., Hoy, K., Matthews, D., E. & Heymsfield, S. B. 1995. Unexplained Disturbance in Body Weight Regulation: Diagnostic Outcome Assessed by Doubly Labeled Water and Body Composition Analyses in Obese Patients Reporting Low Energy Intakes, 95(12), 1393-1400
- Burke, L. M., Lundy, B., Fahrenholtz, I. L. & Melin, A. K. 2018. Pitfalls of Conducting and Interpreting Estimates of Energy Availability in Free-Living Athletes. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 28 (4), 350-363.
- Christo, K., Cord, J., Mendes, N., Miller, K. K., Goldstein, M. A., Klibanski, A., & Misra, M. 2008. Acylated ghrelin and leptin in adolescent athletes with amenorrhea, eumenorrheic athletes and controls: a cross-sectional study. *Clinical endocrinology*, 69(4), 628–633.
- Clark, D., Tomas, F., Withers, R., Chandler, C., Brinkman, M., Phillips, J., . . . Nestel, P. 1994. Energy metabolism in free-living, ‘large-eating’ and ‘small-eating’ women: Studies using 2H218O. *British Journal of Nutrition*, 72(1), 21-31.
- Corr, M., De Souza, M. J., Toombs, R.J. & Williams, N.I. 2011. Circulating leptin concentrations do not distinguish menstrual status in exercising women, *Human Reproduction*, 26(3), 685–694
- Crewther, B. T., Hamilton, D., Kilduff, L. P., Drawer, S., & Cook, C. J. 2018. The effect of oral contraceptive use on salivary testosterone concentrations and athlete performance during international field hockey matches. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 21(5), 453–456.
- Cunningham, J.J. 1991. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54 (6), 963–969,
- de Souza, M. J. 2003a. Menstrual disturbances in athletes: a focus on luteal phase defects. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35 (9), 1553-1563.

- de Souza, M. J., Van Heest, J., Demers, L. M. & Lasley, B. L. 2003b. Luteal Phase Deficiency in Recreational Runners: Evidence for a Hypometabolic State. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 88(1), 337-346
- Deutz, R. C. , Benardot, D. , Martin, D. E. & Cody, M. M. (2000). Relationship between energy deficits and body composition in elite female gymnasts and runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(3), 659-668.
- Drenowatz, C., Eisenmann, J. C., Carlson, J. J., Pfeiffer, K. A. & Pivarnik, J. M. 2012. Energy expenditure and dietary intake during high-volume and low-volume training periods among male endurance athletes. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 37 (2), 199-205.
- Ducher, G., Turner, A. I., Kukuljan, S., Pantano, K. J., Carlson, J. L., Williams, N. I. & De Souza, M. J. 2011. Obstacles in the Optimization of Bone Health Outcomes in the Female Athlete Triad. *Sports Medicine* 41 (7), 587-607.
- Dusek, T. 2004. High intensity training and menstrual cycle disorders in athletes: review article. *International SportMed Journal*, 5 (1), 37-44
- Edwards B.J., Pullinger S.A., Kerry J.W., Robinson W.R., Reilly T.P. & Robertson C.M. 2013. Does raising morning rectal temperature to evening levels offset the diurnal variation in muscle force production? *Chronobiol Int.* 30 (4), 486-501.
- Eliassen, H. A., Missmer, S., Tworoger, S., Spiegelman, D., Barbieri, R., Dowsett, M. & Hankinson, S. 2006. Endogenous Steroid Hormone Concentrations and Risk of Breast Cancer Among Premenopausal Women. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 98(19), 1406–1415.
- Elliott-Sale, K. J., Tenforde, A. S., Parziale, A. L., Holtzman, B. & Ackerman, K. E. 2018. Endocrine Effects of Relative Energy Deficiency in Sport. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 28(4), 335-349.
- Engeroff, T., Berk, D., Stücher, K. & Banzer, W. 2018. Resting Metabolic Rate - the Applicability of Predictive Equations as an Alternative to Indirect Calorimetry. *German Journal of Sports Medicine / Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 69 (10), 319-324.
- Fahrenholtz, I. L., Sjödin, A., Benardot, D., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Faber, J., Sundgot-Borgen, J. & Melin, A. K. 2018. Within-day energy deficiency and reproductive function in female endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 28 (3), 1139-1146.

- Filaire, E., Massart, A., Hua, J. & Le Scanff, C. 2015. Dietary Intake, Eating Behaviors, and Diurnal Patterns of Salivary Cortisol and Alpha-Amylase Secretion Among Professional Young Adult Female Tennis Players. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 25(3), 233–242
- Fineli.fi. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. Ruokapäiväkirja. <https://fineli.fi/fineli/fi/ruokapaivakirja>. Viitattu 18.11.2019.
- Flavio, C. A. & Kater, C. E. 2018. Body composition, metabolism, sleep, psychological and eating patterns of overtraining syndrome: Results of the EROS study (EROS-PROFILE). *Journal of sports sciences* 36 (16), 1902-1910.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. & Sundgot-Borgen, J. 2013. Effect of nutritional intervention on body composition and performance in elite athletes. *European Journal of Sport Science* 13 (3), 295-303.
- Gaskins, A., Mumford, S., Wactawski-Wende, J. & Schisterman, E. 2012. Effect of daily fiber intake on luteinizing hormone levels in reproductive-aged women. *European journal of nutrition* 51 (2), 249-253.
- Gibbs, J. C., Williams, N. I. & De Souza, M., J 2013. Prevalence of Individual and Combined Components of the Female Athlete Triad. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 45 (5), 985-996.
- Greenway, K., Walkley, J. & Rich, P. 2015. Impact exercise and bone density in premenopausal women with below average bone density for age. *European journal of applied physiology* 115 (11), 2457-2469.
- Guebels, C. P., Kam, L. C., Maddalozzo, G. F., & Manore, M. M. 2014. Active Women Before/After an Intervention Designed to Restore Menstrual Function: Resting Metabolic Rate and Comparison of Four Methods to Quantify Energy Expenditure and Energy Availability. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 24(1), 37–46.
- Guiné, RPF., Ferreira, M., Correia, P., Duarte, J., Leal, M., Rumbak, I., Barić, I.C., Komes, D., Satalić, Z., Sarić, M.M., Tarcea, M., Fazakas, Z., Jovanoska, D., Vanevski, D., Vittadini, E., Pellegrini, N., Szűcs, V., Harangozó, J., EL-Kenawy, A. & EL-Shenawy, O. 2016. Knowledge about dietary fibre: a fibre study framework. *International Journal of Food Sciences & Nutrition*, 67(6), 707–714.

- Harris, J. A. & Benedict, F. G. 1918. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA*, 4, 370-373.
- Heikkilä, M., Valve, R., Lehtovirta, M., & Fogelholm, M. 2018. Nutrition Knowledge Among Young Finnish Endurance Athletes and Their Coaches. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 28(5), 522–527
- Heikura, I. A., Uusitalo, A. L. T., Stellingwerff, T., Bergland, D., Mero, A. A. & Burke, L. M. 2018. Low Energy Availability Is Difficult to Assess but Outcomes Have Large Impact on Bone Injury Rates in Elite Distance Athletes. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 28 (4), 403-411.
- Henry, C. J. K., Lightowler, H. J. & Marchini, J. 2003. Intra-individual variation in resting metabolic rate during the menstrual cycle. *British Journal of Nutrition* 89 (6), 811-817.
- Hill, R. J. & Davies, P. S. W. 2002. Energy intake and energy expenditure in elite lightweight female rowers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 34 (11), 1823-1829.
- Hill, K. M., Stathis, C. G., Grinfeld, E., Hayes, A. & McAinch, A. J. 2013. Co-ingestion of carbohydrate and whey protein isolates enhance PGC-1 $\alpha$  mRNA expression: a randomised, single blind, cross over study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 10 (1), 1-8
- Hilton, L., K. & Loucks, A. B. 2000 Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 278(1): 43-9
- Hinton, P. S., Sanford, T. C., Davidson, M. M., Yakushko, O. F., & Beck, N. C. 2004. Nutrient Intakes and Dietary Behaviors of Male and Female Collegiate Athletes. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 14(4), 389–405.
- Hubert, P., King, N. A. & Blundell, J. E. 1998. Uncoupling the Effects of Energy Expenditure and Energy Intake: Appetite Response to Short-term Energy Deficit Induced by Meal Omission and Physical Activity.
- Hutchesson, M. J., Rollo, M. E., Callister, R. & Collins, C. E. 2015. Self-Monitoring of Dietary Intake by Young Women: Online Food Records Completed on Computer or Smartphone Are as Accurate as Paper-Based Food Records but More Acceptable. *Journal of the Academy of Nutrition & Dietetics* 115 (1), 87-94.
- InBody. InBody770 – Tarkin ja monipuolisin. <https://www.inbody.fi/tuotteet/inbody770/>. Viitattu 18.11.2019.

- Jagim, A. R., Camic, C. L., Kisiolek, J., Luedke, J., Erickson, J., Jones, M. T. & Oliver, J. M. 2018. Accuracy of Resting Metabolic Rate Prediction Equations in Athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research* 32 (7), 1875-1881.
- Juvonen, K. 2012. Appetite control – the role of food composition and structure. University of Eastern Finland, Faculty of Health Sciences. *Dissertations in Health Sciences* 129. (109).
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S. & Hoffman, J. R. 2017. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 14, 1-25
- Kerksick, C. M. & Kulovitz, M. 2013. Requirements of Energy, Carbohydrates, Proteins and Fats for Athletes. *Teoksessa Nutrition and enhanced sports performance*. Bagchi, D., Nair, S. & Chandan, K. S. (toim). Elsevier Inc.
- King, N. A., Lluch, A., Stubbs, R. J. & Blundell, J. E. 1997. High dose exercise does not increase hunger or energy intake in free-living individuals. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51, 478–483
- Klok, M., Jakobsdottir, S. & Drent, M. 2006. The role of leptin and ghrelin in the regulation of food intake and body weight in humans: a review. *Obes Rev*, 8(1)21-34.
- Kohler, K., de Marees, H. B., Fusch, M, G., Fusch, C., Mester, J. & Schaenzer, W. 2010. Parallel assessment of nutrition and activity in athletes: Validation against doubly labelled water, 24-h urea excretion, and indirect calorimetry. *Journal of sports sciences* 28 (13), 1435-1449.
- Koehler, K., Achtzehn, S., Braun, H., Mester, J., & Schaenzer, W. 2013. Comparison of self-reported energy availability and metabolic hormones to assess adequacy of dietary energy intake in young elite athletes. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 38(7), 725–733.
- Koehler, K., Hoerner, N. R., Gibbs, J. C., Zinner, C., Braun, H., De Souza, M. J. & Schaenzer, W. 2016. Low energy availability in exercising men is associated with reduced leptin and insulin but not with changes in other metabolic hormones. *Journal of sports sciences* 34 (20), 1921-1929.

- Kumahara, H., Schutz, Y., Ayabe, M., Yoshioka, M., Yoshitake, Y., Shindo, M., . . . Tanaka, H. 2004. The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure: A validation study against whole-body indirect calorimetry. *British Journal of Nutrition*, 91(2), 235-243.
- Łagowska, K., & Kapczuk, K. 2016. Testosterone concentrations in female athletes and ballet dancers with menstrual disorders. *European Journal of Sport Science*, 16(4), 490–497.
- Lagowska, K., Kapczuk, K. & Jeszka, J. 2014. Nine Month Nutritional Intervention Improves Restoration of Menses in Young Female Athletes and Ballet Dancers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 11 (1), 1-15.
- Lambert, C. P., Frank, L. L. & Evans, W. J. 2004. Macronutrient Considerations for the Sport of Bodybuilding. *Sports Medicine* 34 (5), 317-327.
- Lane, A.R., Duke, J.W. & Hackney, A.C. 2010. Influence of dietary carbohydrate intake on the free testosterone: cortisol ratio responses to short-term intensive exercise training. *Eur J Appl Physiol*, 108, 1125.
- Larson-Meyer, D., Woolf, K. & Burke, L. 2018. Assessment of Nutrient Status in Athletes and the Need for Supplementation. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 28 (2), 139-158
- Lichtman, S. W., Pisarska, K., Berman, E. R., Pestone, M., Dowling, H., Offenbacher, E., Weisel, H., Heshka, S., Matthews, D. E. & Heymsfield, S. B. 1992. Discrepancy between Self-Reported and Actual Caloric Intake and Exercise in Obese Subjects. *N Engl J Med* 327 (27), 1893-1898.
- Livingstone, B. & Black, A. 2003. Markers of the Validity of Reported Energy Intake, *The journal of nutrition*, 133 (3), 895–920.
- Liu G, Liang L, Bray GA, Qi L, Hu FB, Rood J, Sacks FM, Sun Q. 2017. Thyroid hormones and changes in body weight and metabolic parameters in response to weight loss diets: the POUNDS LOST trial. *Int J Obes (Lond)* 41(6),878-886.
- Logue, D. M., Madigan, S. M., Heinen, M., McDonnell, S., Delahunt, E. & Corish, C. A. 2019. Screening for risk of low energy availability in athletic and recreationally active females in Ireland. *European Journal of Sport Science* 19 (1), 112-122.
- Loucks, A. B., M. Verdun, and E. M. Heath. 1998. Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. *J. Appl. Physiol.* 84(1): 37–46.



- Loucks, A. 2003. Energy Availability, Not Body Fatness, Regulates Reproductive Function in Women. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 31(3):144-148.
- Loucks, A. B. & Thuma, J. R. 2003. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 88 (1), 297-311.
- Loucks, A. B., Kiens, B. & Wright, H. H. 2011. Energy availability in athletes. *Journal of sports sciences* 29, 7-15
- Loucks, A. B. 2013. Energy and energy availability. *Teoksessa Sports nutrition*, Maughan, R. J. (toim.) Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, 72-87.
- Machado-Rodrigues, A., Figueiredo, A. J., Mota, J., Cumming, S. P., Eisenmann, J. C., Malina, R. M. & Coelho-e-Silva, M. J. 2012. Concurrent validation of estimated activity energy expenditure using a 3-day diary and accelerometry in adolescents. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 22 (2), 259-264.
- Malá, L., Zahálka, F., & Malý, T. 2014. *Fitness Assessment : Body Composition*. Prague: Charles University in Prague, Karolinum Press.
- Martinsen, M. & Sundgot-Borgen, J. 2013. Higher Prevalence of Eating Disorders among Adolescent Elite Athletes than Controls. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 45 (6), 1188-1197.
- Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., van Loon, L., Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Vernec, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G. M. & Ljungqvist, A. 2018. IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 28 (2), 104-125.
- Mâsse, L. C., Heesch, K. C., Fulton, J. E. & Watson, K. B. 2002. Raters' Objectivity in Using the Compendium of Physical Activities to Code Physical Activity Diaries. *Measurement in Physical Education & Exercise Science* 6 (4), 207-224.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2010. *Exercise physiology – Nutrition, energy and human performance*. 7. painos. Lippincot Williams & Wilkins.
- Meeusen, R., Watson, P. & Dvorak, J. 2006. The brain and fatigue: New opportunities for nutritional interventions? *Journal of sports sciences* 24 (7), 773-782.

- Melin, A., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Faber, J., Ritz, C., Sjödín, A., & Sundgot-Borgen, J. 2014. The LEAF questionnaire: a screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 540–545.
- Melin, A., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Møller, S. S., Sundgot-Borgen, J., Faber, J., Sidemann, J. J., Aziz, M. & Sjödín, A. 2015. Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25 (5), 610-622.
- Melin, A., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Møller, S. S., Faber, J., Sundgot-Borgen, J. & Sjödín, A. 2016. Low-energy density and high fiber intake are dietary concerns in female endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 26 (9), 1060-1071.
- Melin, A. K., Heikura, I. A., Tenforde, A., and Mountjoy, M. (2019). Energy Availability in Athletics: Health, Performance, and Physique. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 29, 2, 152-164
- Meulenberg, P., Ross, H., Swinkels, L. & Benraad, T. 1987. The effect of oral contraceptives on plasma-free and salivary cortisol and cortisone. *Clinica Chimica Acta*, 165, 2-3
- Mifflin, M. D., St Jeor, S. T., Hill, L. A., Scott, B. J., Daugherty, S.A. & Koh, Y. O. 1990. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr.*, 51, 241-247.
- Molnár, A. H., Vidiczki-Dóczy, A., Petrovszki, Z. & Gyori, F. 2016. Prevalence of Eating Disorders And Menstrual Irregularities Among Female Football Players. *Arena: Journal of Physical Activities* (5), 16-27.
- Monnerie, B., Tavoularis, L., Guelinckx, I., Hebel, P., Boisvieux, T., Cousin, A. & Bellego, L. 2015. A cross-over study comparing an online versus a paper 7-day food record: focus on total water intake data and participant's perception of the records. *European journal of nutrition* 54, 27-34.
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., Meyer, N., Sherman, R., Steffen, K., Budgett, R. & Ljungqvist, A. 2014. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad-Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Sport & Geneeskunde* (4), 15-28.
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Ackerman, K. E., Blauwet, C., Constantini, N., ... Budgett, R. (2018). International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement

- on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 28(4), 316–331.
- Mudd, L. M., Fornetti, W. & Pivarnik, J. M. 2007. Bone Mineral Density in Collegiate Female Athletes: Comparisons Among Sports. *Journal of Athletic Training (National Athletic Trainers' Association)* 42 (3), 403-408.
- Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sanborn, C. F., Sundgot-Borgen, J & Warren, M. P. 2007. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 39(10):1867-1882
- Ojala, A., Laaksonen, M. & Arjanne, L. 2016. Energiantarve ja saanti. Teoksessa *Huippu-urheiluvammennus*. Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. (toim). Lahti: VK-kustannus Oy, 165-167.
- Onywera, V. O., Kiplamai, F. K., Tuitoek, P. J., Boit, M. K., & Pitsiladis, Y. P. 2004. Food and Macronutrient Intake of Elite Kenyan Distance Runners. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 14(6), 709–719.
- Oshima, S., Miyauchi, S., Kawano, H., Ishijima, T., Asaka, M., Taguchi, M., Torii, S. & Higuchi, M. 2011. Fat-free mass can be utilized to assess resting energy expenditure for male athletes of different body size. *J Nutr Sci Vitaminol*, 57(6):394-400.
- Poslusna, K., Ruprich, J., de Vries, J. H. M., Jakubikova, M. & van't Veer, P. 2009. Misreporting of energy and micronutrient intake estimated by food records and 24 hour recalls, control and adjustment methods in practice. *British Journal of Nutrition* 101 (S2), S73-S85.
- Prentice, A. M., Black, A. E., Coward, W. A., Davies, H. L., Goldberg, G. R., Murgatroyd, P. R., ... Whitehead, R. G. 1986. High levels of energy expenditure in obese women. *British medical journal (Clinical research ed.)*, 292(6526), 983–987.
- Pyke, A. 2017. Low Carbohydrate High Fat (LCHF) Diets and Endurance Performance. *Journal of Australian Strength & Conditioning* 25 (4), 61-64.
- Rauh, M. J., Tenforde, A. S., Barrack, M. T., Rosenthal, M. D., & Nichols, J. F. 2018. Associations between sport specialization, running-related injury, and menstrual dysfunction among high school distance runners. *Athletic Training & Sports Health Care*, 10(6), 260-269

- Rodriguez, N. R., Di Marco, N. M. & Langley, S. 2009. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.*, 41(3),709-31.
- Roland, A. V., & Moenter, S. M. 2011. Regulation of gonadotropin-releasing hormone neurons by glucose. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM*, 22(11), 443–449.
- Roos, L., Taube, W., Beeler, N. & Wyss, T. 2017. Validity of sports watches when estimating energy expenditure during running. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation* 9, 1-8.
- Rosenbloom, C. & Coleman, E. 2012. *Sports nutrition: A practice manual for professionals*. 5th ed. Chicago, Ill.: Academy of Nutrition and Dietetics
- Rosendahl, J., Bormann, B., Aschenbrenner, K., Aschenbrenner, F. & Strauss, B. 2009. Dieting and disordered eating in German high school athletes and non-athletes. *Scand J Med Sci Sports* 19(5), 731-9
- Rossi, F. E., Landreth, A., Beam, S., Jones, T., Norton, L. & Cholewa, J. M. 2017. The Effects of a Sports Nutrition Education Intervention on Nutritional Status, Sport Nutrition Knowledge, Body Composition, and Performance during Off Season Training in NCAA Division I Baseball Players. *Journal of Sports Science & Medicine* 16 (1), 60-68
- Rousset, S., Fardet, A., Lacomme, P., Normand, S., Montaurier, C., Boirie, Y. & Morio, B. 2015. Comparison of total energy expenditure assessed by two devices in controlled and free-living conditions. *European Journal of Sport Science* 15 (5), 391-399.
- Schubert, M. M., Seay, R. F., Spain, K. K., Clarke, H. E. and Taylor, J. K. (2019), Reliability and validity of various laboratory methods of bodycomposition assessment in young adults. *Clin Physiol Funct Imaging*, 39, 150-159.
- Slater, J., McLay-Cooke, R., Brown, R. & Black, K. 2016. Female Recreational Exercisers at Risk for Low Energy Availability. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 26 (5), 421-427.
- Sundgot-Borgen, J., & Larsen, A. G. 1993. Pathogenic Weight-Control Methods and Self-Reported Eating Disorders in Female Elite Athletes and Controls. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 3, 150-155. (abstrakti)
- Sundgot-Borgen, J. 1994. Risk and trigger factors for the development of eating disorders in female elite athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 26 (4), 414-419.

- Sundgot-Borgen, J., & Torstveit, M. K. 2004. Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 14(1), 25–32.
- Swenne, I., Stridsberg, M., Thurfjell, B., & Rosling, A. 2009. Triiodothyronine Is an Indicator of Nutritional Status in Adolescent Girls with Eating Disorders. *Hormone Research*, 71(5), 268–275.
- Sygo, J., Coates, A. M., Sesbreno, E., Mountjoy, M. L., & Burr, J. F. (2018). Prevalence of Indicators of Low Energy Availability in Elite Female Sprinters. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 28(5), 490–496
- Taren, D. L., Tobar, M., Hill, A., Howell, W., Shisslak, C., Bell, I. & Ritenbaugh, C. 1999. The association of energy intake bias with psychological scores of women. *European journal of clinical nutrition* 53 (7), 570-578.
- Tarnopolsky, M. 2004. Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition* 20 (7-8), 662-668.
- Tarnopolsky, M. A., Gibala, M., Jeukendrup, A. E. & Phillips, S. M. 2005. Nutritional needs of elite endurance athletes. Part II: Dietary protein and the potential role of caffeine and creatine. *European Journal of Sport Science* 5 (2), 59-72.
- Tenforde, A. S. & Fredericson M. 2011. Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM R*, 9: 861–867.
- Thein-Nissenbaum, J. M., Carr, K. E., Hetzel, S. & Dennison, E. 2013. Disordered Eating, Menstrual Irregularity, and Musculoskeletal Injury in High School Athletes: A Comparison of Oral Contraceptive Pill Users and Nonusers. *Sports Health*, 6 (4), 313-320.
- Thompson, J. & Manore, M. M. 1996. Predicted and measured resting metabolic rate of male and female endurance athletes. *Journal of the American Dietetic Association* 96 (1), 30-34.
- Thralls, K. J., Nichols, J. F., Barrack, M. T., Kern, M. & Rauh, M. J. 2016. Body Mass-Related Predictors of the Female Athlete Triad Among Adolescent Athletes. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 26 (1), 17-25.
- Tomten, S. E. & Høstmark, A. T. 2006. Energy balance in weight stable athletes with and without menstrual disorders. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 16 (2), 127-133.
- Thomas, D. T., Erdman, K. A. & Burke, L. M. 2016. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition

- and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition & Dietetics* 116 (3), 501-528.
- Tomiyama, A. J., Mann, T., Vinas, D., Hunger, J. M., DeJager, J., & Taylor, S. E. 2010. Low calorie dieting increases cortisol. *Psychosomatic medicine*, 72(4), 357–364.
- Tornberg, Ä. B., Melin, A., Koivula, F. M, Johansson, A., Skouby, S., Faber, J. & Sjodin, A. 2017. Reduced Neuromuscular Performance in Amenorrheic Elite Endurance Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 49 (12), 2478-2485.
- Torstveit, M. K., Fahrenholtz, I., Stenqvist, T. B., Sylta, Ø., & Melin, A. 2018. Within-Day Energy Deficiency and Metabolic Perturbation in Male Endurance Athletes. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 28 (4), 419–427
- Torstveit, M. K., & Sundgot-Borgen, J. (2005). The Female Athlete Triad: Are Elite Athletes at Increased Risk? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(2), 184–193
- Trabulsi, J. & Schoeller, D. A. 2001. Evaluation of dietary assessment instruments against doubly labeled water, a biomarker of habitual energy intake. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 281 (5), E891-E899.
- Trakman, G. L., Forsyth, A., Middleton, K., Hoye, R., Jenner, S., Keenan, S. & Belski, R. 2018. Australian Football Athletes Lack Awareness of Current Sport Nutrition Guidelines. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 28 (6), 644-650.
- Trutschnigg, B., Chong, C., Habermayerova, L., Karelis, A. D. & Komorowski, J. 2008. Female boxers have high bone mineral density despite low body fat mass, high energy expenditure, and a high incidence of oligomenorrhea. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 33 (5), 863-869.
- Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2014. Terveyttä ruuasta – suomalaiset ravitsemussuositukset. Viitattu 3.4.2019. [https://www.leipatiedotus.fi/media/pdf-tiedostot/ravitsemussuositukset\\_2014\\_fi\\_web.2.pdf](https://www.leipatiedotus.fi/media/pdf-tiedostot/ravitsemussuositukset_2014_fi_web.2.pdf)
- Vanheest, J. L., Rodgers, C. D., Mahoney, C. E. & De Souza, M. J. 2014. Ovarian suppression impairs sport performance in junior elite female swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 46 (1), 156-166.
- Viner, R. T., Harris, M., Berning, J. R. & Meyer, N. L. 2015. Energy Availability and Dietary Patterns of Adult Male and Female Competitive Cyclists With Lower Than Expected Bone Mineral Density. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 25 (6), 594-602.

- Warren, M. P. 2011. Endocrine Manifestations of Eating Disorders. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 96 (2), 333-343.
- Williams, N. I., Koltun, K. J., Strock, N. C. A., & De Souza, M. J. 2019. Perspectives for Progress - Female Athlete Triad and Relative Energy Deficiency in Sport: A Focus on Scientific Rigor. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 47(4), 197–205.

## Liitteet

### LIITE 1

ID:	Harjoitustaustakysely				
<p>Kyselyn tarkoituksena on saada yleiskuva harjoittelusi luonteesta ja määrästä. Vastaa seuraaviin kysymyksiin ajatellen kuluneen kahden kuukauden harjoitteluasi. Kestävyysliikunnalla tarkoitetaan liikuntaa, jossa hengitys kiihtyy ja syke nousee. Ei esimerkiksi rauhallinen kouluun pyöräily. Värjää parhaiten harjoitteluasi kuvaava vaihtoehto haluamallasi värillä ja vastaa avoimiin kysymyksiin lyhyesti (kohdat merkitty vaaleansinisellä). Mallilomake löytyy toiselta välilehdeeltä.</p> <p>Lähetä täytetty kysely mielellään mahdollisimman pian osoitteesen: <a href="mailto:annakotkajuuri@gmail.com">annakotkajuuri@gmail.com</a></p>					
<b>Kestävyys</b>					
Kuinka monta kertaa viikossa harrastat kestävyysliikuntaa vähintään 30 min kerrallaan?	0	1-2	3-4	5-7	≥7
Kuinka monta tuntia viikossa harrastat kestävyysliikuntaa keskimäärin?	0	1-2	3-5	6-9	≥10
Kuinka monta kertaa viikossa harrastat kovatehoista kestävyysliikuntaa (Syke > 80 % H <sub>max</sub> tai huomattava puuskutus ja rasittavuuden tunne)	0	1	2	3-4	>4
<b>Voima</b>					
Kuinka monta kertaa viikossa teet lihaskuntoharjoittelua	0	1-2	3-4	5-7	≥7
Kuinka monta tuntia viikossa harrastat lihaskuntoharjoittelua?	0	1-2	3-5	6-9	≥10
Kuinka monta kertaa viikossa harrastat perusvoimaharjoittelua (kuorma 60-85 % 1RM, 8-12 toistoa)	0	1-2	3-4	5-7	≥7
Kuinka monta kertaa viikossa harrastat maksimivoimaharjoittelua (80-100 % 1 RM, 1-5 toistoa)	0	1-2	3-4	5-7	≥7
Kuinka monta kertaa viikossa teet nopeus/nopeusvoima harjoittelua?	0	1-2	3-4	5-7	≥7
Kuinka hyvin edellisen kahden kuukauden harjoittelu kuvaa tavanomaista harjoitteluasi? (yleensä enemmän/vähemmän voimaa/kestävyyttä tai tehoja tms.)					
<b>Ominaisuudet</b>					



Ympyröi mielestäsi vahvempi ominaisuus	Kestävyys	voima	en tiedä
Kummassa kehittymiseen kiinnität enemmän huomiota harjoittelussasi?	Kestävyys	voima	en tiedä
Tausta			
Harrastatko aktiivisesti jotain tiettyä lajia /oletko mukana seuratoiminnassa?	kyllä		ei
	Jos, niin missä		
	Kuinka monta kertaa viikossa?		
	Millä tasolla?	kuntoliikunta	kansallinen kilpailu kansainvälinen kilpailu
	Minä vuosina?		
Oletko harrastanut jotain tiettyä lajia tai ollut mukana seuratoiminnassa?	kyllä		ei
	Jos, niin missä		
	Kuinka monta kertaa viikossa?		
	Millä tasolla?	harrastelu	kansallinen kilpailu kansainvälinen kilpailu
	Minä vuosina?		