

**MATALAN ENERGIANSAAATAVUUDEN YHTEYS NAISPALLOILIJOIDEN  
SUORITUSKYKYYN, KEHONKOOSTUMUKSEEN JA HORMONITOIMINTAAN**

Emmi Sulonen

Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma  
Liikuntatieteellinen tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Kevät 2023

## TIIVISTELMÄ

Sulonen, E. 2023. Matalan energiansaataavuuden yhteys naispalloilijoiden suorituskykyyn, kehonkoostumukseen ja hormonitoimintaan. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, s. 67.

**Johdanto.** Suuren energiankulutuksen vuoksi etenkin urheilijoiden tulee kiinnittää huomiota riittävään energiansaantiin. Naisurheilijoilla päivittäisen energiansaataavuuden on havaittu jäävän keskimäärin alle  $30 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$ , jonka on todettu aiheuttavan fysiologisia muutoksia elimistössä. Tämän tutkielman tarkoituksena on kartoittaa naispalloilijoiden alttiutta matalalle energiansaataavuudelle sekä tarkastella mahdollisia fysiologisia muutoksia.

**Menetelmät.** Tutkimusjoukko koostui jalkapalloilijoista ( $n=50$ ), jääkiekkoilijoista ( $n=53$ ) ja rugby pelaajista ( $n=12$ ), jotka kilpailivat lajissaan joko maajoukkueessa tai korkeimmalla sarjatasolla. Tutkittavat jaettiin kuukautisstatuksen perusteella kuukautishäiriöisten ryhmään (KKH), eumenorriisiin (EUM) ja hormonaalista valmistetta käyttäviin (HORM). Jako toteutettiin lisäksi LEAF-Q kokonaispistemäärän mukaan ei-alttiiden ( $< 8$  pistettä) ja alttiiden ( $\geq 8$  pistettä) ryhmiin. Tutkimuksen aineistona käytettiin LEAF-Q:ta, ruoka- ja harjoituspäiväkirja analyysijä, hormonianalyysijä, kehonkoostumusmittausta sekä fyysisen suorituskyvyn testejä. Ruoka- ja harjoituspäiväkirjojen avulla urheilijoille määritettiin laskennallinen energiansaataavuus (EA). Matalaan energiansaataavuuteen liitettyistä hormoneista tarkastelussa oli leptiini (LEP), insuliinin kaltainen kasvuhormoni (IGF-1) sekä trijodityroniini (T3). Suorituskyvyn mittareina tutkimuksessa toimi maksimaalinen hapenotto kyky ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) sekä vertikaalihypyt (SJ & CMJ). Tutkimus toteutettiin poikkileikkaustutkimuksena.

**Tulokset.** Tilastollista yhteyttä LEAF-Q kokonaispistemäärän sekä laskennallisen energiansaataavuuden ja fysiologisten muutosten välillä ei havaittu tarkastellessa koko tutkimusjoukkoa. Myöskään kuukautisstatuksen ei havaittu koko tutkimusjoukossa vaikuttavan tutkittavien energiastatukseen, kehonkoostumusmuuttujiin tai suorituskykyyn. Jalkapalloilijoilla LEAF-Q kokonaispistemäärän havaittiin kuitenkin olevan yhteydessä energiansaantiin (EI), painoindeksiin (BMI), lihasmassaan (LM) sekä rasvattomaan massaan (FFM). Hormoneista IGF-1 pitoisuuden havaittiin olevan koko tutkimusjoukossa matalampi hormonaalista ehkäisyä käyttävien joukossa verrattuna eumenorristen ryhmään.

**Pohdinta ja johtopäätökset.** Kaikissa ryhmissä tutkittavien laskennallinen energiansaataavuus oli  $>30 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$ , mikä on todennäköisesti vaikuttanut saatuihin tuloksiin. Tutkittavien energiansaataavuus on mahdollisesti ollut riittävällä tasolla, jonka takia kuukautishäiriöiden ja energiastatuksen ei havaittu olevan yhteydessä hormonipitoisuuksiin, kehonkoostumukseen ja suorituskykyyn koko tutkimusjoukossa. Vaikka LEAF-Q kokonaispisteiden ei havaittu korreloivan fysiologisten muutosten kanssa, voi kyselyä pitää validina menetelmänä matalan energiansaataavuuden seulonnassa.

**Asiasanat:** energiansaataavuus, hormonitoiminta, kehonkoostumus, kuukautiskierronhäiriöt, LEAF-Q, naisurheilija, suorituskyky

## ABSTRACT

Sulonen, E. 2023. The association between low energy availability, performance, body composition, and hormonal function of female team-sport athletes. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis in Exercise Physiology, pp. 67.

**Introduction.** Due to high energy expenditure, especially athletes should pay attention to adequate energy intake. Among female athletes, daily energy availability has been found to be on average less than  $30 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$ , which has been shown to cause physiological changes in the body. The purpose of this study is to assess female athletes susceptibility to low energy availability and to examine potential physiological changes.

**Methods.** The study sample consisted of football players (n=50), ice hockey players (n=53), and rugby players (n=12) competing at either the national team level or the highest league level in their sport. Participants were divided based on menstrual status into menstrual disorder group (MD), eumenorrheic group (EUM), and hormonal contraceptive use group (HORM). Additionally, participants were divided into non-susceptible (< 8 points) and susceptible ( $\geq 8$  points) groups based on their LEAF-Q total score. The study utilized the LEAF-Q questionnaire, food and exercise diary analyses, hormone analyses, body composition measurements, and physical performance tests. Calculated energy availability (EA) was determined for each athlete using food and exercise diaries. The hormones examined in relation to low energy availability were leptin (LEP), insulin-like growth factor-1 (IGF-1), and triiodothyronine (T3). The study's performance measures were maximum oxygen uptake ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) and vertical jumps (SJ & CMJ). The study was conducted as a cross-sectional study.

**Results.** No statistical relationship was found between LEAF-Q total score, calculated energy availability, and physiological changes when examining the entire study sample. In addition, menstrual status was not found to affect energy status, body composition variables, or performance in the entire study sample. However, in football players, LEAF-Q total score was found to be associated with energy intake (EI), body mass index (BMI), muscle mass (LM), and fat-free mass (FFM). Among the hormones examined, IGF-1 levels were found to be lower in hormonal contraceptive users compared to the eumenorrheic group in the entire study sample.

**Discussion and conclusions.** In all groups, estimated energy availability for the participants was  $>30 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$ , which likely influenced the results. The participants' energy intake may have been at a sufficient level, which may explain why menstrual status and energy status were not associated with hormone levels, body composition, or performance in the entire study population. Although LEAF-Q total scores did not correlate with physiological changes, the questionnaire can be considered a valid method for screening low energy availability.

**Key words:** athlete, body composition, energy availability, hormonal function, LEAF-Q, menstrual dysfunction, performance

## KÄYTETYT LYHENTEET

AME	amenorrea
BMD	luun mineraalitiheys
BMI	painoindeksi
CMJ	kevennyshyppy
DXA	kaksienerginen röntgensäteen absorptiometria
EA	energiansaatavuus
EDE-Q	syömishäiriötutkimuksen kyselylomake
EEE	harjoituksen aikaansaama energiankulutus
EI	energiansaanti
EUM	eumenorrea
FFM	rasvatonmassa
FHA	hypotalaminen amenorrea
FM	rasvamassa
FSH	follikkelia stimuloiva hormoni
GnRH	gonadotropiineja erittävä hormoni
KKH	kuukautiskierron häiriö
LEA	matala energiansaatavuus
LEAF-Q	matala energiansaatavuus naisilla -kyselylomake
LH	lutenisoiva hormoni
LM	lihassmassa
PMS	premenstruaalioireyhtymä
RED-s	suhteellinen energiavaje urheilussa
REE	lepoenergiankulutus
RPE	koettu rasitus
SJ	staattinenhyppy
TRIAD	naisurheilijan oireyhtymä: häiriintynyt syöminen, amenorrea ja osteoporoosi
VO <sub>2</sub> max	maksimaalinen hapenottokyky

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 URHEILIJAN RAVITSEMUS .....	3
2.1 Energiatasapaino ja energiansaataavuus .....	3
2.2 Urheilijoiden optimaalinen ravitseminen.....	5
2.3 Syömishäiriöt ja häiriintynyt syömiskäyttäytyminen .....	6
2.3.1 Anoreksia nervosa ja bulimia .....	6
2.3.2 Häiriintynyt syömiskäyttäytyminen urheilijoilla.....	7
3 KUUKAUTISKIERTO JA HORMONAALISEN EHKÄISYN KÄYTTÖ .....	9
3.1 Normaalin kuukautiskierron vaiheet .....	9
3.2 Kuukautiskierron häiriöt.....	11
3.3 Hormonaalisen ehkäisyn käyttö.....	12
4 NAISPALLOILIJOIDEN SUORITUSKYKY JA KEHONKOOSTUMUS .....	14
4.1 Suorituskyky.....	14
4.2 Kehonkoostumus .....	15
5 MATALA ENERGIANSAAATAVUUS NAISURHEILJOILLA .....	17
5.1 Naisurheilijan oireyhtymä ja suhteellinen energiavaje urheilussa .....	17
5.2 Matalaa energiansaataavuutta kuvaavia muuttujia.....	19
5.2.1 Kuukautiskierron häiriöt naisurheilijoilla.....	19
5.2.2 Luuston terveys .....	20
5.2.3 Hormonitoiminta .....	21

5.3	Naisurheilijoiden energiansaanti ja -kulutus .....	23
5.4	Matalan energiansaataavuuden vaikutus suorituskykyyn ja kehonkoostumukseen	24
5.5	Matalan energiansaataavuuden arviointi .....	25
5.5.1	LEAF-Q .....	26
5.5.2	EDE-Q .....	27
6	TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT .....	28
7	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	30
7.1	Koehenkilöt .....	30
7.2	Aineiston keräys ja tutkimusasetelmat .....	31
7.3	Analysointimenetelmät .....	34
7.4	Tilastolliset analyysit .....	36
8	TULOKSET .....	37
8.1	Kuukautisstatus, energiansaataavuus ja fysiologiset muuttujat .....	37
8.1.1	Suorituskyky .....	37
8.1.2	Kehonkoostumus .....	38
8.1.3	Hormonitasot .....	40
8.2	LEAF-Q kokonaispisteet, energiansaataavuus ja fysiologiset muuttujat .....	41
8.2.1	Energiansaataavuus .....	43
8.2.2	Suorituskyky ja kehonkoostumus .....	44
8.3	Lajin vaikutus energiansaataavuuteen, suorituskykyyn ja kehonkoostumukseen .....	46
9	POHDINTA .....	50
9.1	Energiastatus .....	51
9.2	Kehonkoostumus .....	52
9.3	Suorituskyky .....	54

9.4	Hormonitasot .....	55
9.5	Lajien väliset erot .....	55
9.6	Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet.....	56
9.7	Johtopäätökset .....	58
LÄHTEET .....		59

# 1 JOHDANTO

Ihminen tarvitsee energiaa ylläpitääkseen elimistön normaalia toimintaa sekä mahdollistaakseen kokonaisvaltaisen hyvinvoinnin (Rodriguez ym. 2009). Suuren energiankulutuksen vuoksi etenkin urheilijoiden tulee kiinnittää huomiota riittävään energiansaantiin (Manore ym. 2002; Rodriguez ym. 2009). Naisurheilijoilla päivittäisen energiansaataavuuden on havaittu jäävän keskimäärin alle  $30 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$ , jonka on todettu aiheuttavan sekä fysiologisia että psykologisia muutoksia elimistössä (Koehler ym. 2013; Loucks 2003; Loucks 2005; Nattiv ym. 2007). Naisurheilijoilla matalaa energiansaataavuutta tarkastellaan usein naisurheilijan oireyhtymän (TRIAD) avulla. Naisurheilijan oireyhtymä käsittää matalan energiansaataavuuden lisäksi kuukautiskierron häiriöihin ja luuston hyvinvointiin liittyvät muutokset (Yeager ym. 1993; De Souza ym. 2014). Vaikka matalaa energiansaataavuutta on havaittu etenkin naisilla sekä painosensitiivisten lajien edustajilla (Tenforde ym. 2016), on esiintyvyys mahdollisesti todellisuudessa laajempaa. Tätä tukee tutkimusnäytöt matalasta energiansaataavuudesta useiden eri lajien edustajilla sukupuolesta riippumatta (Koehler ym. 2013; Brook ym. 2019; Day ym. 2015). Aiheeseen kohdistuvan lisääntyneen tutkimusnäytön myötä matalaa energiansaataavuutta ja sen aiheuttamia muutoksia tarkastellaan nykyisin myös urheilussa esiintyvän suhteellisen energiavajeen (RED-s) kautta (Mountjoy ym. 2018).

Matalan energiansaataavuuden aiheuttamat fysiologiset muutokset näkyvät kuukautiskierronhäiriöinä, muutoksina kehonkoostumuksessa sekä hormonitasoissa (Nattiv ym. 2007; Cialdella-Kam ym. 2014; Mountjoy ym. 2014, Tenforde ym. 2016; Logue ym. 2017; Loucks & Thuma 2003; De Souza ym. 2007; Melin ym. 2014). Normaali hormonitoiminta mahdollistaa naisilla kuukautiset. Riittävän energiansaataavuuden avulla voidaan tukea etenkin lutenisoivan hormonin (LH) eritystä, joka on keskeinen normaalia kuukautiskierron ylläpitävä hormoni (Loucks 2005). Kehonkoostumuksessa matalan energiansaataavuuden muutokset puolestaan näkyvät usein kehonpainon, luun mineraalitiheyden ja BMI:n laskuna (De Souza ym. 2007; Melin ym. 2014; Elliott-Sale 2018). Lisäksi matalan energiansaataavuuden on havaittu vaikuttavan rasva- ja lihasmassan määrään



elimistössä (De Souza ym. 2007; Rodriguez ym. 2009; Mountjoy ym. 2018). Urheilijoilla matalan energiansaataavuuden seurauksena havaittavat fysiologiset muutokset näkyvät yleisen hyvinvoinnin lisäksi myös suorituskyvyssä. Kuukautiskierron häiriöiden on havaittu vaikuttavan palloilijoiden keskeisiin ominaisuuksiin kuten lihasvoimaan sekä kestävyyyteen (Constantini 2005; Meir 1994; Meir ym. 2001; Wisloff ym. 2004). Matalan energiansaataavuuden on todettu altistavan myös vammoille sekä sairastuneisuudelle (Heikura ym. 2019), jotka vaikuttavat merkittävästi fyysiseen suorituskykyyn ja kehittymiseen (Mountjoy ym. 2018). Riittävää energiansaantia ja terveellistä ruokavaliota voidaan hyödyntää matalan energiansaataavuuden aiheuttamien negatiivisten muutosten ennaltaehkäisyssä.

Matalan energiansaataavuuden määrittämiseen käytetään useita eri menetelmiä. Seulonnassa voi hyödyntää esimerkiksi verinäytteitä ja laboratoriotutkimuksia sekä validoituja kyselyjä (Loucks 2004; Koehler ym. 2013). Nykypäivänä seulontavaiheen käytetyimpänä menetelmänä pidetään kyselytutkimuksia (Koehler ym. 2013). Hyödynnettäviä kyselyjä ovat mm. ruoka- ja harjoituspäiväkirjat sekä riskien arviointiin tarkoitettu LEAF-Q (Joy ym. 2014; Mountjoy ym. 2014; Melin ym. 2015). Laskennallisesti energiansaataavuus määritetään hyödyntäen energiansaantia (EI), harjoituspäiväkirjasta saatua harjoituksen aikaansaamaa energiankulutusta (EEE) sekä rasvattoman massan määrää (FFM). LEAF-Q puolestaan käsittelee esiintyviä vammoja, ruuansulatuselimistön toimintaa, kuukautishäiriöitä, ehkäisyvalmisteiden käyttöä sekä PMS-oireita. Kokonaispisteiden perusteella henkilö määritellään joko alttiiden ( $\geq 8$  pistettä) tai ei-alttiiden ( $< 8$  pistettä) ryhmään (Joy ym. 2014; Mountjoy ym. 2014).

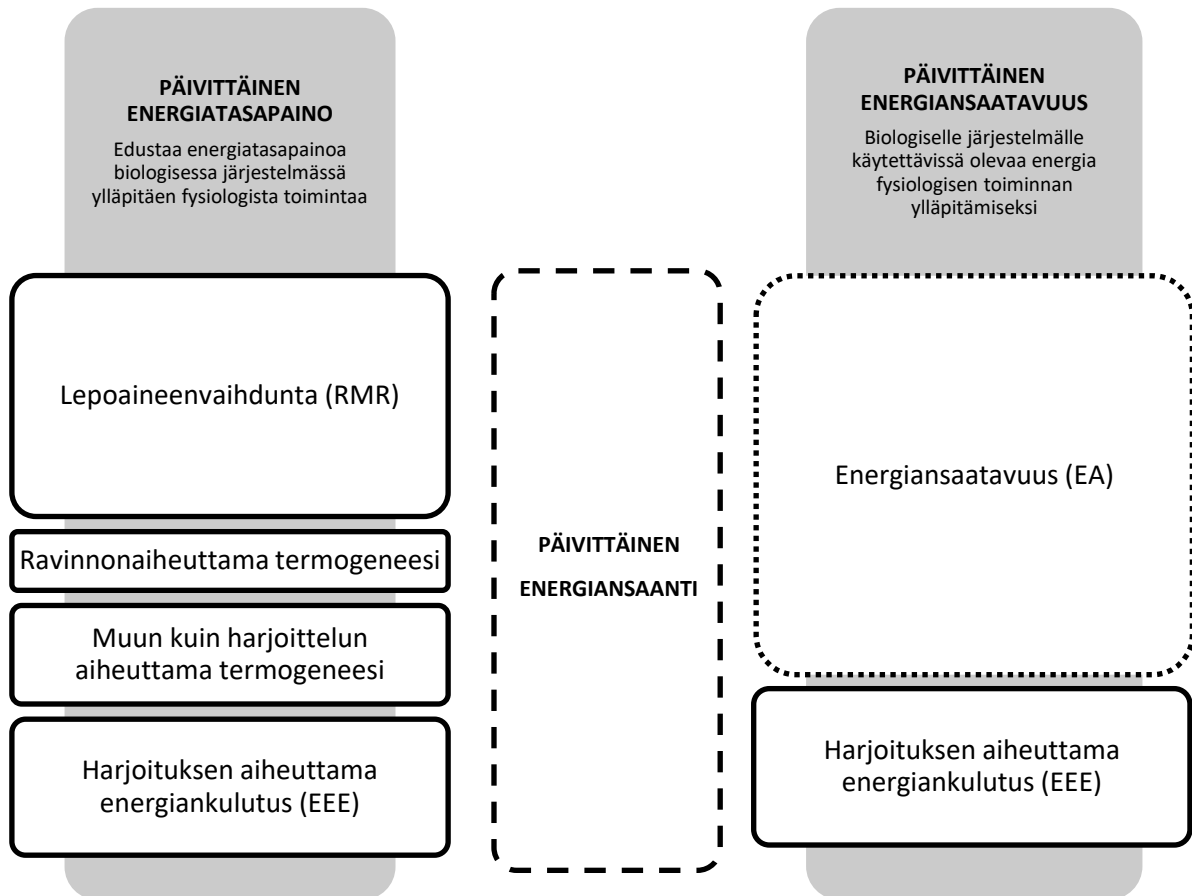
Tämän tutkielman tarkoituksena on kartoittaa naispalloilijoiden alttiutta matalalle energiansaataavuudelle sekä tarkastella mahdollisia fysiologisia muutoksia. Alttius matalalle energiansaataavuudelle on määritetty ruoka- ja aktiivisuuspäiväkirjoja sekä LEAF-Q:ta hyödyntäen. Tässä tutkimuksessa tarkasteltavia fysiologisia muuttujia puolestaan ovat kuukautiskierronhäiriöt, kehonkoostumus ja hormonitasot. Näiden lisäksi tarkoituksena on selvittää matalan energiansaataavuuden ja suorituskyvyn välistä yhteyttä.

## **2 URHEILIJAN RAVITSEMUS**

Yleisimpänä ravitsemuksen haasteena pidetään riittävää energiansaantia suhteessa päivän aikaiseen energiankulutukseen (Maughan & Burke 2002). Urheilijoilla harjoittelu vaikuttaa merkittävästi energiankulutukseen. Korkeat harjoitusmäärät yhdistettynä intensiteetiltään kovaan harjoitteluun nostavat energiankulutuksen ja energiansaannin omalle tasolle verrattuna normaaliväestöön. Monilla urheilijoilla haastetta lisää lisäksi harjoittelun vaatiman korkean energiansaannin yhdistäminen lajin suosimaan suhteellisen rasvattomaan kehonkuvaan (Maughan & Burke 2002)

### **2.1 Energiatasapaino ja energiansaatavuus**

Riittävä energiansaanti mahdollistaa normaalin elimistön toiminnan. Energiatasapainolla tarkoitetaan energiansaannin ja energiankulutuksen välistä suhdetta. Mikäli energiaa ei saada riittävästi suhteessa päivän aikaiseen energian tarpeeseen puhutaan negatiivisesta energiatasapainosta (Manore ym. 2002). Positiivisen energiatasapainon saavuttamiseksi energiansaannin ja -kulutuksen tulee siis olla yhtä suuria. Energiatasapainoa tarkastellessa tulee huomioida sekä harjoittelun tai fyysisen aktiivisuuden aiheuttama energiankulutus että normaaleihin fysiologisiin toimintoihin kuluva energia (Wade & Schneider 1992). Tällaisiin fysiologisiin toimintoihin kuuluu mm. solujen ylläpito, immuniteetti ja lämmönsäätely (Wade & Jones 2004). Etenkin urheilijoilla energiaa kuluu välttämättömien elintoimintojen lisäksi runsaasti myös harjoitteluun. Energiatasapainon lisäksi elimistön energiatasoja on kuvattu urheilijoilla lisäksi käsitteellä energiansaatavuus. Energiansaatavuus (EA) määritellään ravinnosta saatavan energian ja harjoituksen aikaisen energiankulutuksen avulla. Riittävän energiansaatavuuden on havaittu mahdollistavan kokonaisvaltainen hyvinvointi sekä optimaalinen suorituskyky. (Rodriguez ym. 2009.) Energiansaatavuuden voidaan ajatella kuvaavan energiamäärää, mikä on saatavilla elimistön fysiologisiin toimintoihin harjoittelun aiheuttaman energiankulutuksen jälkeen (Loucks ym. 2011). Havainnollistava kuvaus energiatasapainon ja energiansaatavuuden käsitteistä näkyy kuvassa 1.



KUVA 1. Yksilön päivittäisen energiatasapainon ja energiansaatavuuden (EA) havainnollistaminen ylläpitäessä energiatasapainoa nollassa. Mukailtu Areta ym. 2021.

Yksiselitteisiä raja-arvoja energiansaatavuudelle on hankala määrittää. Tutkimuksissa on kuitenkin ehdotettu, että energiaa tulisi saada vähintään  $30 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$  päivässä rasvatonta massaa (FFM) kohden. Suositusten alittuessa sekä fysiologisia että psykologisia muutoksia on havaittu. (Loucks 2003; Loucks 2005; Nattiv ym. 2007.) Urheilijoiden keskuudessa jopa 50 %:n on havaittu lukeutuvan joukkoon, joilla energiansaatavuus on alle  $30 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$  (Koehler ym. 2013). Matalan energiansaatavuuden alarajasta huolimatta elimistön hyvinvoinnin ja luonnollisen toiminnan kannalta optimaalisena energiamääränä pidetään kuitenkin jopa  $\geq 45 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$  (Nattiv ym. 2007; Elliott-Sale ym. 2018; Loucks ym. 2018). Määritetyt energiansaatavuuden suositukset ovat sellaisenaan hyödynnettävissä kuitenkin vain terveillä aikuisilla. Nuorten energiansaatavuutta tarkastellessa tulee ottaa huomioon myös kasvuun ja kehitykseen kuluva energia (Koehler ym. 2013). Sen lisäksi, että

kasvu ja kehitys lisäävät nuorilla energiankulutusta, kannattaa huomiota kiinnittää urheiluvilla nuorilla myös energiantuottotapoihin. Lapset ja nuoret hyödyntävät enemmän aerobista energiantuottoa verrattuna anaerobiseen (Harrell ym. 2005), mikä vaikuttaa kuormituksen aikaiseen energiankulutukseen. Tutkimuksissa on myös havaittu sukupuolten välisiä eroja. Miehillä energiansaataavuuden raja-arvot on määritetty hieman matalammiksi verrattuna naisiin. Mikäli energiansaataavuus alittaa sukupuolesta riippumatta  $22 - 25 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$  päivässä (Koehler ym. 2016), fysiologisten muutosten on havaittu näyttäytyvän merkittävänä (Tenforde ym. 2016; Heikura ym. 2019).<sup>3</sup>

## 2.2 Urheilijoiden optimaalinen ravitseminen

Harjoitusintensiteetti on vahvasti yhteydessä kulutettuun energiaan, jonka vuoksi energiansaantia kannattaa tarkastella sekä laji- että kausikohtaisesti (Nattiv ym. 2007; Koehler ym. 2013; Thomas ym. 2016). Etenkin korkeakuormitteisilla harjoitusviikoilla urheilijan energiansaataavuudeksi suositellaan  $\geq 45 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$  (Elliott-Sale ym. 2018; Loucks ym. 2018). Riittävä kokonaisenergiansaanti mahdollistaa normaalin kehonpainon ylläpitämisen sekä fyysisten ominaisuuksien kehittymisen (Rodriguez ym. 2009; Loucks 2005). Sen lisäksi, että urheilijoiden tulee kiinnittää huomiota riittävään kokonaisenergiansaantiin, on myös tärkeää tarkastella makroravintoaineiden koostumuksia. Optimaalisella ravintoaineiden saannilla voidaan mahdollisesti pienentää lihaksiin ja aivoihin kohdistuvaa aineenvaihdunnallista kuormitusta (Melin ym. 2019).

Riittävä hiilihydraattien saanti mahdollistaa glykogeenivarastojen täydentymisen. Urheilijoilla hiilihydraattien saantisuositus on  $6 - 10 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$  harjoitusjaksoilla, joissa harjoitusintensiteetti on kohtalainen tai korkea (Maughan & Burke 2002; Rodriguez ym. 2009; Thomas ym. 2016). Proteiinien osalta vastaava suositus on  $1,2 - 2,0 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$  (Maughan & Burke 2002; Tipton & Witard 2007; Rodriguez ym. 2009; Thomas ym. 2016). Proteiinit osallistuvat mm. lihaskudoksen rakentamiseen sekä korjaamiseen, mikä on keskeistä lihaskasvun osalta. Hiilihydraattien lisäksi toinen merkittävä energianlähde on rasva. Rasvan osuus kokonaisenergiansaannista tulisi olla n. 20–35 E% (Maughan & Burke 2002). Rajoittaessa ruokavaliota etenkin urheilijoiden on syytä pitää huoli riittävästä

rasvansaannista eli  $\geq 20$  E%, jotta mahdollistetaan elimistön normaali toiminta (Tipton & Witard 2007). Energian lisäksi rasvasta saadaan välttämättömiä rasvahappoja sekä rasvaliukoisia vitamiineja. (Maughan & Burke 2002; Rodriguez ym. 2009).

### **2.3 Syömishäiriöt ja häiriintynyt syömiskäyttäytyminen**

Etenkin naisurheilijoiden on havaittu taistelevan suurien ulkonäköpaineiden kanssa. Sanbornin ym. (2000) mukaan paineiden on havaittu kohdistuvan kehonkoostumukseen ja yksityiskohtaisemmin etenkin kehon rasvamassaan. Paineet ohjaavat laihduttamaan, mikä on yksi keskeisistä syömishäiriöihin johtavista riskitekijöistä (Sundgot-Borgen 1994). Syömishäiriöt ovat saaneet tautiluokituksen, joten taudin diagnosointi vaatii tiettyjen kriteerien täyttymisen (American Psychiatric Association 2013). Tutkittaessa urheilijoiden syömiskäyttäytymistä on havaittu, että useissa tapauksissa urheilijat eivät varsinaisesti täytä syömishäiriöiden kriteerejä, jolloin myöskään sairautta ei voida virallisesti diagnosoida (Sanborn ym. 2000; Sundgot-Borgen & Torstveit 2004). On kuitenkin havaittu, että häiriintynyt syömiskäyttäytyminen aiheuttaa vastaavia terveyshaittoja kuin varsinaiset syömishäiriöt. Usein etenkin painon pakonomainen kontrollointi johtaa häiriintyneisiin syömistottumuksiin, minkä seurauksena on havaittavissa mm. amenorreaa ja osteoporoosia (Sanborn ym. 2000). Sen vuoksi matalaan energiansaataavuuteen kohdistuva tutkimus pitääkin sisällään syömishäiriöiden lisäksi häiriintyneen syömiskäyttäytymisen tarkastelun (Loucks ym. 2007; Nattiv ym. 2007).

#### **2.3.1 Anoreksia nervosa ja bulimia**

Diagnosoiduista syömishäiriöistä yleisimpiä ovat anoreksia nervosa ja bulimia. Anoreksia nervosa voidaan diagnosoida, mikäli henkilöllä on havaittu merkittävää omaehtoista painonlaskua, amenorreaa, pelkoa lihomisesta sekä vääristynyttä kehonkuvaa (Sanborn ym. 2000; Sundgot-Borgen & Torstveit 2004; American Psychiatric Association 2013). Bulimiaan puolestaan liitetään suuri huolestuneisuus omasta kehonpainosta sekä epänormaalien painonhallintakeinojen hyödyntäminen. Itseaiheutettu oksentelu, paastoaminen sekä runsas laksatiivien käyttö kuuluvat epäterveellisiin painonhallintakeinoihin (Sanborn ym. 2000;

American Psychiatric Association 2013). Vaikka eri syömishäiriöihin voidaan liittää toisistaan poikkeavia toimintatapoja tai oireita, on ensioireet sairauden laadusta riippumatta yhteneviä. Usein sairauden alkuvaiheessa esiintyy energiansaannin tarkkaa seuranta ja tiettyjen elintarvikkeiden rajoittamista. Energiansaannin pakonomainen seuranta ja rajoittuneisuus johtavat usein tahalliseen näläntunteen tavoitteluun (Sanborn ym. 2000). Hoitosuunnitelmaa laadittaessa tulee kuitenkin kohdentaa menetelmät aina yksilön tarpeita vastaaviksi (American Psychiatric Association 2013).

### **2.3.2 Häiriintynyt syömiskäyttäytyminen urheilijoilla**

Häiriintyneellä syömiskäyttäytymisellä tarkoitetaan syömishäiriön esiastetta. Häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä on todettu kilpaurheilijoilla enemmän verrattuna normaaliin väestöön (Sundgot-Borgen & Tostveit 2004). Kyselytutkimuksilla on pyritty selvittämään syömistä ja siihen liittyviä paineita (Mond ym. 2006). Kilpailukaudella urheilijat haluavat olla suorituskyvyn näkökulmasta parhaassa mahdollisessa kunnossa myös kehonkoostumuksen osalta. Etenkin naisurheilijoilla on havaittu, että oman kehonpainon säätelyyn liittyy suuria paineita ja odotuksia. Monet naisurheilijat ovat pitäneet itseään jopa ylipainoisina (Sundgot-Borgen & Torstveit 2010; Brook ym. 2019). Omaan kehonkuvaan liittyviä asioita pidetään melko henkilökohtaisina (Sanborn ym. 2000). Syömishäiriöitä ja häiriintynyttä syömishäiriökäyttäytymistä saattaakin olla helpompi lähestyä elimistössä ilmenneiden fysiologisten muutosten kuten esimerkiksi kuukautishäiriöiden kautta (Sundgot-Borgen & Torstveit 2010).

Syömiskäyttäytymisen tutkiminen näyttäytyy melko haasteellisena itseraportoinnin luotettavuuden vuoksi (Koehler ym. 2013). Esimerkiksi aiheen arkuus altistaa todellisen ilmaantuvuuden vääristymille (Sanborn ym. 2000; Bonci ym. 2008). Tutkimustulosten on todettu aliarvioivan syömishäiriöiden ja häiriytyneen syömiskäyttäytymisten määrää. Siksi etenkin kyselylomakkeiden ja itseraportoitujen tulosten käytettävyyttä on kritisoitu (Sanborn ym. 2000). Häiriintyneeseen syömiskäyttäytymiseen tulee pyrkiä puuttumaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, sillä häiriintyneen syömiskäyttäytymisen on havaittu olevan vahvasti syömishäiriöille altistava (Brook ym. 2019). Syömiskäyttäytymiseen

kohdistuneessa tutkimuksessa on havaittu, että syömishäiriöt ja häiriintynyt syömiskäyttäytyminen on liitettävissä etenkin tiettyihin lajiryhmiin. Etenkin lajeissa, joissa suoritetaan joko horisontaalisia tai vertikaalisia hyppyjä, rasvamassaa pidetään hyvän suorituskyvyn kannalta haitallisena tekijänä (Olds ym. 1993). Syömishäiriöitä onkin havaittu etenkin painosensitiivisten lajien edustajilla kuten voimistelijoilla, painijoilla ja yleisurheilijoilla. Horisontaalisten lajien lisäksi myös esteettisissä lajeissa kehonkoostumuksen ajatellaan osaltaan määrittävän suorituskyyä. (Sundgot-Borgen & Torstveit 2010).

### **3 KUUKAUTISKIERTO JA HORMONAALISEN EHKÄISYN KÄYTTÖ**

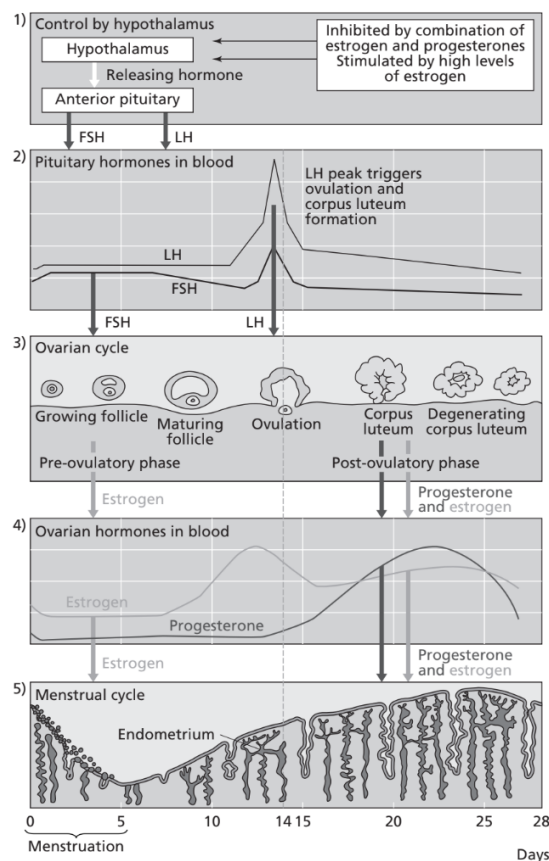
Normaali hormonitoiminta ylläpitää naisilla kuukautiset. Kuukautiskierron aikana hormonaalisessa säätelyssä tapahtuu merkittävää vaihtelua. Hormonaalinen säätely vaikuttaa mm. aineenvaihduntaan, lämmönsäätelyyn sekä sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaan (Frankovich & Lebrun 2000). Normaaliin kuukautiskiertoon ja hormonitoimintaan voidaan vaikuttaa hormonaalisella ehkäisyllä (Constantini ym. 2005). Suun kautta nautittavat eksogeeniset aineet kuten ehkäisytabletit säätelevät kuukautiskiertoa, mikä voi näkyä esimerkiksi kierron säännöllistymisenä (Heikura ym. 2019). Tämä kannattaa ottaa huomioon, mikäli tarkoituksena on kartoittaa mahdollisia kuukautiskierronhäiriöitä.

#### **3.1 Normaalin kuukautiskierron vaiheet**

Kuukautiskierron säätely tapahtuu hypotalamus-aivolisäke-munasarja-akselilla, jota kutsutaan HPO-akseliksi (Loucks 2005). Säätelyyn osallistuu viisi hormonia: gonadotropiineja vapauttava hormoni (GnRH), follikkeleita stimuloiva hormoni (FSH), lutenisoiva hormoni (LH), estrogeeni ja progesteroni (Vanheest ym. 2005). Hypotalamuksesta sykkivästi erittyvä GnRH indusoi aivolisäkkeen hormonien eritystä. Aivolisäkkeen erittämät hormonit LH ja FSH puolestaan ohjaavat kuukautiskierron eri vaiheiden säätelyä sekä munarakkulan kasvua, jonka seurauksena elimistön estrogeeni- ja progesteronitasot nousevat (Owen 1975; Loucks 2005; Vanheest ym. 2005). Kuukautiskierron säätelyyn osallistuvien hormonien väliset suhteet on esitetty kuvassa 2. Kuukautiskierto alkaa ensimmäisestä vuotopäivästä ja päättyy seuraavan vuoden alkuun. Kokonaisuudessaan normaali kuukautiskierto kestää 24–38 vrk. Kierto jaetaan follikulaariseen ja luteaaliseen vaiheeseen, joiden välissä tapahtuu munarakkulan ovulaatio (Constantini ym. 2005). Follikulaarivaiheessa munarakkula kasvaa follikkelia stimuloivan hormonin vaikutuksesta (Owen 1975). Munarakkulan kehityksen seurauksena kohdun limakalvo paksuntuu ja aivolisäke alkaa erittämään lutenisoivaa hormonia. Follikulaarinen vaihe kestää keskimäärin n. yhdeksän päivää. Kun lutenisoivaa hormonia on erittynyt riittävästi, käynnistyy ovulaatio. Ovulaatiossa kypsynyt munarakkula puhkeaa ja munasolu vapautuu. Munarakkulan puhkeamisesta käynnistyy kuukautiskierron luteaalivaihe, joka kestää 14 päivää. Luteaalivaiheessa puhjennut munarakkula muuttuu



keltarauhaseksi (Owen 1975) ja mikäli munasolun hedelmöitymistä ei tapahdu, hajoava keltarauhanen poistuu elimistöstä kuukautisvuotona (Constantini ym. 2005; Loucks 2005). Vaikka kuukautiskierron tapahtumaketju noudattaa pitkälti tiettyä rytmiä, on follikulaari- ja luteaalivaiheissa havaittu eroja yksilöiden välillä. Eumenorrisilla kilpaurheilijoilla on havaittu esimerkiksi pitkittynyt follikulaarivaihe ja lyhentynyt luteaalivaihe verrattuna sedentaariseen väestöön (Loucks 2005). Munasarjoista erittyvistä naishormoneista estrogeenin erityis tehostuu lähestyessä ovulaatiota. Progesteroni eli keltarauhashormoni puolestaan aktivoituu luteaalivaiheessa, jossa munarakkula muuttuu keltarauhaseksi (Vanheest ym. 2005). Progesteronin keskeinen tehtävä on valmistaa kohdun limakalvon mahdollista raskautta varten. (Loucks 2005; Vanheest ym. 2005; Constantini ym. 2005).



KUVA 2. Kuukautiskierron säätelyyn osallistuvien hormonien eli gonadotropiineja vapauttavan hormonin (GnRH), follikkeleita stimuloivan hormonin (FSH), lutenisoivan hormonin (LH), estrogeenin ja progesteronin väliset suhteet kuukautiskierron aikana. (Vanheest ym. 2005).

## 3.2 Kuukautiskierron häiriöt

Keskeisimpänä syynä kuukautiskierron toimintahäiriöiden taustalla on häiriöt lutenisoivan hormonin erityksessä, joka säätelee munasarjojen toimintaa (Loucks ym. 1989). Elimistön toimiessa normaalisti aivolisäke erittää naisilla lutenisoivaa hormonia (LH), mikä ohjaa munasarjojen toimintaa. Lutenisoivan hormonin erityksen on havaittu olevan riippuvainen nimenomaan energiansaataavuudesta. Suurella energian kulutuksella tai vastaavasti niukalla energiansaannilla ei yksittäin ole havaittu yhtä vahvoja yhteyksiä LH:n eritykseen. (Loucks 2004.) Kuukautishäiriöt voivat ilmetä myöhään alkaneina kuukautisina tai kuukautisten epäsäännöllisenä ja tavallista harvempana ilmentymisenä. Etenkin nuorilla esteettisten lajien edustajilla on havaittu kuukautisten myöhäistä alkamista (Koehler ym. 2013). Tutkimusten mukaan kuukautishäiriöitä on havaittu muutenkin enemmän urheilijoilla verrattaessa normaaliin väestöön (Sanborn ym. 2000). Etenkin painosensitiivisissä lajeissa suositetaan laihaa kehon ulkomuotoa. Sukupuolihormonit ovat riippuvaisia rasvakudoksen määrästä (Arena ym. 1995) ja siksi alipainoiset naisurheilijat ovat usein alttiudessa kuukautiskierron häiriöille (Warren ym. 1999). Vaikka tutkimusten valossa kestävyysurheilijoiden ja painosensitiivisten lajien edustajien ajatellaan olevan suurimmassa riskissä (Ravi ym. 2021), on myös muilla saman painoisilla sekä pituisilla havaittu häiriöitä lajista riippumatta (Nattiv ym. 2007).

***Oligomenorrea.*** Oligomenorreassa kuukautiset esiintyvät 6–9 kertaa vuoden aikana (Brook ym. 2019). Kierron pituus on kuitenkin hyvin yksilöllinen. Kuukautiset voivat siis esiintyä säännöllisinä esimerkiksi vain joka kuudes viikko ilman, että henkilöllä todetaan amenorrea. Oligomenorreaa ja epäsäännöllisesti ilmeneviä kuukautisia voidaan kuitenkin pitää merkinä normaalin hormonitoiminnan häiriintymisestä sekä mahdollisesti myös niukasta energiansaannista (Arena ym. 1995). Koska oligomenorreassa kuukautiset esiintyvät usein hyvin epäsäännöllisinä, oligomenorreaan yleisyyden määrittäminen on melko hankalaa (Williams & De Souza 2005). Tästä syystä amenorrusten ja oligomenorrusten yhdistämistä tutkimuksissa samaan ryhmään voidaan pitää hyvin tyypillisenä (Williams & De Souza 2005). Aiemmat tutkimustulokset ovat osoittaneet, että urheilijoiden keskuudessa jopa lähes 50 % täyttävät joko oligomenorreaan tai amenorreaan kriteerit (Brook ym. 2019).

**Amenorrea.** Amenorrea puolestaan voidaan todeta, mikäli kuukautiset esiintyvät < 6 kertaa kalenterivuoden aikana (Brook ym. 2019). Amenorrean on havaittu vaikuttavan follikkelien kehitykseen, ovulaatioon sekä luteaaliseen toimintaan (Loucks 2005). Sen lisäksi, että muutoksia havaitaan hedelmällisyydessä, amenorrean on havaittu olevan vahvasti yhteydessä myös sukupuolihormonien ja T3-hormonien tuoton sekä luun mineraalitiheyden kanssa (Tenforde ym. 2016). Useissa tutkimuksissa on todettu myös yhteys suurempaan loukkaantumisriskiin sekä suurentunut riski sydän- ja verisuonitaudeille (Tenforde ym. 2016; Mountjoy ym. 2018; Melin ym. 2019). Amenorrea voi olla seurausta joko hypotalamuksen, aivolisäkkeen tai munasarjojen toiminnan häiriintymisestä. Tyypillisin näistä on hypotalaminen amenorrea (FHA), jonka takana voi olla useita eri syitä (Warren ym. 1999). Hypotalamiselle amenorrealle altistaa mm. psyykkinen ja fyysinen stressi, häiriintynyt syöminen ja nopea laihduttaminen (Warren ym. 1999; Manore 2002). Etenkin painosensitiivisten lajien urheilijoilla kuten voimistelijoilla, juoksijoilla ja tanssijoilla on havaittu esiintyvän amenorreaa (Brook ym. 2019; Ravi ym.2021).

### **3.3 Hormonaalisen ehkäisyn käyttö**

Kuukautiskiertoa voidaan helposti hallita hyödyntämällä hormonaalista terapiaa (Constantini ym. 2005). Suun kautta nautittavia ehkäisytabletteja on kahdenlaisia: yhdistelmäehkäisytabletit ja minipillerit. Yhdistelmäehkäisytabletit sisältävät sekä estradiolia että keltarauhashormonia (Bennell ym. 1999). Minipillerit puolestaan koostuvat pelkästään keltarauhashormonista. Suun kautta otettavaa hormonaalista ehkäisyä käytetään tyypillisimmin ehkäisyyn, dysmenorrean eli alavatsakipujen ennaltaehkäisyyn, PMS-oireisiin tai kuukautissyklin hallintaan (Bennell ym. 1999; Frankovich & Lebrun 2000; Constantini ym. 2005; Vanheest ym. 2005). Lisäksi ehkäisytablettien on todettu vähentävän mm. raudanpuuteanemian, munasarjasyövän ja nivelreuman riskiä sekä tukevan luuston hyvinvointia amenorrisilla naisurheilijoilla (Mishell 1982). Brynenin ym. (1996) mukaan amenorristen naisurheilijoiden kannattaa harkita hormonaalisen ehkäisyn käyttöä luukadon ennaltaehkäisyyn. Hyötyjen lisäksi ehkäisytablettien käyttöön liittyy usein kuitenkin myös haitallisia sivuvaikutuksia. Korkeaestrogeenisissä valmisteissa tyypillisiä sivuoireita on mm. painon nousu, nesteiden kerääntyminen elimistöön sekä pahoinvointi (Vanheest ym. 2005). Säätelämällä hormonivalmisteen estrogeenipitoisuutta voidaan kuitenkin vaikuttaa valmisteen

aiheuttamiin sivuvaikutuksiin. Lisäksi ehkäisytablettien vaikutuksissa on havaittavissa merkittävää yksilöllistä vaihtelua ja siksi hyötyjä ja haittoja kannattaa pohtia aina tapauskohtaisesti (Mishell 1982; Bennell ym. 1999). Henkilöillä, jotka käyttävät ehkäisytabletteja kuukautiskierron koskevat kysymykset usein sivuutetaan kuukautiskierron häiriöitä tai energiansaataavuutta määrittävissä kyselyissä (Heikura ym. 2019).

Kuukautiskierron aikana tapahtuvien hormonipitoisuuksien muutosten ja hormonaalisen ehkäisyn on havaittu mahdollisesti vaikuttavan naisurheilijoiden suorituskykyyn (Bonen ym. 1991). Bonenin ym. (1991) ja Vanheestin ym. (2005) mukaan synteettisellä hormonipitoisuuksien säätelyllä voidaan vaikuttaa mm. rasvan, hiilihydraattien ja proteiinien metaboliaan kuormituksen aikana. Tutkimusten mukaan aiheista on kuitenkin saatavilla runsaasti ristiriitaista näyttöä (Bennell ym. 1999; Vanheest ym. 2005). Lynch ym. (1998) ja Bryner ym. (1996) tarkastelivat tutkimuksissaan kuukautiskierronvaiheen ja hormonaalisen ehkäisyn käytön vaikutuksia aerobiseen suorituskykyyn. Merkitseviä yhteyksiä muuttujien välillä ei kuitenkaan havaittu. Noteloviz ym. (1987) mukaan hormonaalisen ehkäisyn on puolestaan havaittu vaikuttavan maksimaaliseen hapenottokykyyn heikentävästi. Myös Casazza ym. (2002) havaitsivat vastaavia muutoksia. Mahdollisina syinä heikentyneen aerobisen kapasiteetin taustalla on pidetty iskutilavuuden sekä hapensiirtokapasiteetin heikentymistä (Vanheest ym. 2005). Voimaominaisuuksiin tai anaerobiseen kapasiteettiin suun kautta nautittavan hormonaalisen valmisteen ei kuitenkaan havaittu Vanheestin ym. (2005) mukaan vaikuttavan.

## 4 NAISPALLOILIJOIDEN SUORITUSKYKY JA KEHONKOOSTUMUS

Kilpaurheilussa tavoitellaan tietynlaisia fyysisiä ja kehonkoostumuksellisia ominaisuuksia, joiden on havaittu vaikuttavan suorituskyyyn (Farley ym. 2020). Kontaktia sisältävissä palloilulajeissa hyödyllisinä ominaisuuksina pidetään mm. korkeaa tehontuottoa ja massaa (Gil ym. 2007), nopeutta sekä kestävyyttä (Spiering ym. 2003; Krstrup ym. 2006). Fyysisten ominaisuuksien lisäksi huippu-urheiluun liittyy vahvasti myös henkinen lujuus eli psykologiset tekijät (Constantini ym. 2005; Gil ym. 2007).

### 4.1 Suorituskyky

Korkea suorituskyy koostuu anatomisista, fysiologisista, biomekaanisista ja metabolisista elementeistä. Elementtien suhteelliset osuudet kuitenkin vaihtelevat urheilulajin mukaan. (Constantini ym. 2005). Palloilulajeissa pelaajat myös edustavat eri pelipaikkoja, joissa korostuu osittain toisistaan poikkeavat fyysiset ominaisuudet (Strudwick ym. 2002). Siksi yksiselitteistä vastausta optimaaliseen suorituskyyyn on mahdotonta antaa (Reilly ym. 2000). Etenkin kansainvälisellä tasolla pelaajilta kuitenkin vaaditaan vähimmäissuorituskykystandardien täytyminen sekä kestävyys-, nopeus- että voimaominaisuuksissa (Higham ym. 2013; Meir 1994; Meir ym. 2001; Wisloff ym. 2004). Lisäksi usein arvostetaan myös ketteryyttä (Reilly ym. 2000; Gil ym. 2007). Palloilulajit pitävät sisällään sekä aerobisia että anaerobisia vaiheita (Spiering ym. 2003; Krstrup ym. 2006; Higham ym. 2013). Tämän vuoksi lajeja kutsutaan jaksottaisesti anaerobisiksi lajeiksi, joissa vaaditaan kestävyttä, korkeita sprinttinopeuksia, nivelten joustavuutta sekä kykyä tuottaa suuria vääntömomentteja (Reilly ym. 2000; Spiering ym. 2003; Krstrup ym. 2006).

Maksimaalinen hapenottokyy on yleisesti käytetty aerobisen kapasiteetin mittari (Peric & Nikolovski 2017; Vanhaast ym. 2005). Aerobinen harjoittelu kehittää kardiovaskulaarista vastetta ja tukee kestävyuden lisäksi myös palautumista anaerobisten sprinttien välissä (Spiering ym. 2003; Burr ym. 2008). Ammatillaisjalkapalloilijoilla maksimaalisen hapenottokyyyn on havaittu olevan korkea etenkin kärkipelaajilla ja laitapuolustajilla (Reilly ym. 2000; Wisloff ym. 2004). Voimantuotto-ominaisuuksien puolestaan on havaittu olevan

kärkipelaajilla usein heikoimmat (Reilly ym. 2000). Jääkiekkoilijoilla hyökkääjien havaittiin olevan kaikista monipuolisimpia fyysisiltä ominaisuuksiltaan (Geithner ym. 2006). Maksimaalisen hapenottokyvyn kehityksen seurauksena on havaittu useita positiivisia adaptaatioita myös pelitilanteissa (Krustrup ym. 2006; Farley ym. 2020). Jalkapalloilijoilla maksimaalisen hapenottokyvyn kehityksen on havaittu näkyvän pelin aikana juostussa matkassa, intensiteetissä, suoritettujen sprinttien määrässä sekä pallon hallinnassa (Wisloff ym. 2004). Myös vertikaali- ja horisontaalihypyjen on havaittu korreloivan palloilulajeille hyödyllisten ominaisuuksien kanssa. Etenkin jääkiekkoilijoilla horisontaalisten hyppyjen on todettu kuvaavan tehokkaasti yleisiä urheilullisia kykyjä, sillä hyppy on suoritusteknisesti monimutkainen (Burr ym. 2008). Vertikaalihypyjen on puolestaan havaittu korreloivan vahvasti maksimaalisen voiman, sprinttinopeuden ja luistelun kanssa (Wisloff ym. 2004; Burr ym. 2008). Sen lisäksi, että fyysiset testit ovat urheilijalle tärkeä kehityksen seurannan mittari, on niistä merkittävää apua myös valmennusjohdolle. Pelaajien fyysisten ominaisuuksien tuntemus tarjoaa valmentajille mm. tärkeää tukea pelistrategisiin päätöksiin (Geithner ym. 2006). Jääkiekkoilijoilla heikoimmat tulokset fyysistä suorituskykyä mittaavissa kenttätesteissä on puolestaan havaittu maalivahdeilla. Burrin ym. (2008) tutkimuksessa tulokset olivat heikoimmat tehontuoton, maksimaalisen hapenottokyvyn ja hyppykorkeuksien osalta. Tulokset ovat odotettavia, sillä yleisesti hyödynnetyt suorituskykytestit eivät ota huomioon maalivahdeille tärkeimpiä ominaisuuksia kuten reaktionopeutta, taitoa, silmä-käsikoordinaatiota ja venyvyyttä (Burr ym. 2008; Krustrup ym. 2006).

## **4.2 Kehonkoostumus**

Kehonpainon on suoraan havaittu vaikuttavan keskeisesti kestävyys suorituskykyyn, nopeuteen ja tehontuottoon (Thomas ym. 2016; Meir ym. 2001; Harley ym. 2011). Jalkapallossa ylimääräisen painon on havaittu esimerkiksi vaikeuttavan juoksemista, kiihdytyksiä sekä välinehallintaa (Gil ym. 2007; Farley ym. 2020). Alhaisempaa kehonpainoa suositaan myös pelitilanteissa, joissa vaaditaan nopeuden lisäksi ketteryyttä ja liikkuvuutta (Geithner ym. 2006). Jääkiekossa korkea kehonpaino ja pituus puolestaan nähdään usein etuna (Burr ym. 2008). Kehonpainon lisäksi lajissa merkittäviin ominaisuuksiin vaikuttaa kehonkoostumus. Kehonkoostumuksella on havaittu yhteyksiä mm. ketteryyteen sekä voimantuotto-ominaisuuksiin (Thomas ym. 2016). Alhainen rasvaprosentti

ja korkea lihasmassa nähdään usein eduksi etenkin nopeutta ja kontakteja sisältävissä lajeissa (Strudwick ym. 2002; Thomas ym. 2016; Harley ym. 2011; Gil ym. 2007; Geithner ym. 2006; Burr ym. 2008). Toisaalta kontaktilajeissa korkeampi rasvaprosentti voi osaltaan suojata loukkaantumisilta esimerkiksi taklauksissa (Meir 1994; Burr ym. 2008). Optimaaliseen rasvamassan määrään vaikuttaa keskeisesti sukupuoli, ikä, perinnöllisyys sekä edustettavan lajin ominaispiirteet (Rodriguez ym. 2009) ja siksi kehonkoostumusta tarkastellessa on tärkeä ottaa huomioon yksilölliset erot. Joukkuelajeissa myös pelipaikka vaikuttaa optimaalisiin kehonkoostumuksen ominaispiirteisiin ja siksi tavoitteellista kehonkoostumusta on mahdotonta määritellä (Harley ym. 2011; Geithner ym. 2006). Jääkiekkoilijoilla esimerkiksi hyökkääjien on havaittu olevan lähtökohtaisesti rasvattomampia verrattuna puolustajiin ja maalivahteihin (Burr ym. 2008). Puolustajilla vankkarakenteisuus on puolestaan havaittu eduksi (Geithner ym. 2006; Burr ym. 2008). Optimaalista kehonkoostumusta tavoitellessa olisikin syytä toteuttaa seuranta kausien välillä (Duthie ym. 2006) ja tähdätä tilanteeseen, jolloin urheilija on ollut terveenä ja suorituskyky on ollut korkeimmalla tasolla (Thomas ym. 2016; Harley ym. 2011).

## **5 MATALA ENERGIANSAAATAVUUS NAISURHEILJOILLA**

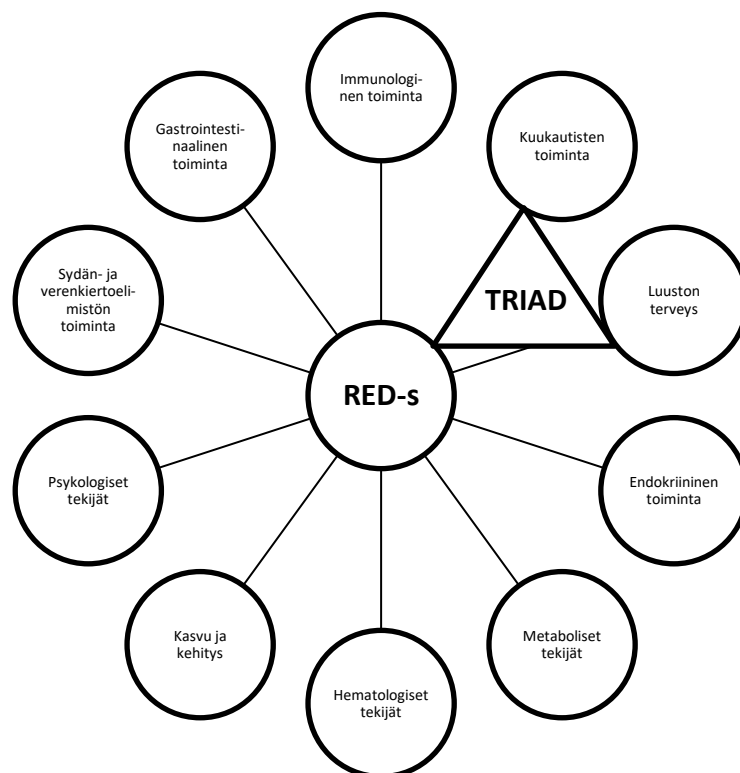
Matalaa energiansaatavuutta voidaan pitää urheilijoilla yhtenä merkittävimmistä syistä sairastuneisuuden ja vammojen taustalla (Heikura ym. 2019). Tämän vuoksi aiheeseen kohdistuvaa tutkimusta voidaan pitää erityisen tärkeänä. Vammojen ja sairastuneisuuden lisäksi matalan energiansaatavuuden on havaittu saavan aikaan merkittäviä muutoksia elimistön fysiologiassa aiheuttaen kroonistuessaan myös muita vakavia terveysriskejä (Nattiv ym. 2007). Seulonnan tarkoituksena on havaita riskissä olevat urheilijat hyvissä ajoin. Suositusten mukaan heille tulisi tarjota lääketieteellistä tukea kuukautishäiriöiden hoitoon ja ravitsemusneuvontaa riittävään energiansaantiin (Tenforde ym. 2016). Vaikka matalaa energiansaatavuutta on havaittavissa urheilijoiden lisäksi myös normaalissa väestössä, on urheilijat suuren energiankulutuksen vuoksi alttiimpia ilmeneville häiriöille ja terveysriskeille. Tutkimustiedon valossa matalaa energiansaatavuutta ja sen aiheuttamia haittoja on havaittu enemmän naisurheilijoilla verrattaessa miesurheilijoihin (Sundgot-Borgen & Torstveit 2004; Melin ym. 2019). Sukupuolipainottuneen mielikuvan taustalla saattaa kuitenkin vaikuttaa vähäinen miehiin kohdistunut tutkimusnäyttö matalasta energiansaatavuudesta sekä sen yhteyksistä elimistön toimintaan ja suorituskykyyn. Tätä tukee tutkimusnäytöt matalasta energiansaatavuudesta useiden eri lajien edustajilla sukupuolesta riippumatta. (Koehler ym. 2013; Brook ym. 2019).

### **5.1 Naisurheilijan oireyhtymä ja suhteellinen energiavaje urheilussa**

Naisurheilijan oireyhtymässä (TRIAD) urheilevalla naisella on havaittavissa matalaa energiansaatavuutta, johon on tutkimusnäytön mukaan liitettävissä keskeisesti myös kuukautiskierronhäiriöt sekä luuston hyvinvointi (Yeager ym. 1993; De Souza ym. 2014). Oireyhtymän diagnoosiin riittää, että henkilöllä täyttyy yksi oireyhtymään liitettyistä piirteistä (De Souza ym. 2014). Oireyhtymän alttiutta tarkastellessa on havaittu, että kohtalaisen tai korkean riskin ryhmään lukeutui etenkin painosensitiivisten lajien edustajia. Matalaan energiansaatavuuteen kohdistuvan tutkimustyön lisääntyessä vuonna 2014 määritettiin TRIAD:in lisäksi yleispäteväksi käsitteeksi RED-s (Relative Energy Deficiency in Sports). RED-s kuvastaa urheilussa esiintyvää suhteellista energiavajetta ja käsittelee matalan



energiansaataavuuden aiheuttamia muutoksia naisurheilijan oireyhtymää laajemmin. Matalan energiansaataavuuden mittari RED-s esittelee sekä 10 terveyshaittaa (kuva 3) että 10 mahdollista suorituskykyä häiritsevää tekijää (Mountjoy ym. 2018). TRIAD puolestaan sisältää pelkästään kolme eri osa-aluetta, joita ovat matala energiansaataavuus, kuukautishäiriöt sekä muutokset luuntiheydessä (De Souza ym. 2014). Etenkin urheilijan näkökulmasta matalaan energiansaataavuuteen on liitettävissä useita terveydelle ja suorituskyvyille haitallisia elementtejä (Mountjoy ym. 2018). Siksi matalan energiansaataavuuden hoito- ja ehkäisymenetelmissä on syytä pyrkiä monipuolisuuteen sekä selvittää todelliset syyt seurausten takana. Tutkimuksissa on havaittu, että tietoisuus TRIAD:sta ja RED-s:tä urheilijoiden keskuudessa on melko vähäistä. Brook ym. (2019) havaitsivat, että vain < 10 % vastanneista kansallisen tason urheilijoista ilmoitti tietoisuudesta matalan energiansaataavuuden tutkimusmenetelmiin sekä oireiden moninaisuuteen.



KUVA 3. Kuvaus urheilussa esiintyvän suhteellisen energiavajeen (RED-s) vaikutuksista elimistön toimintaan sekä naisurheilijan oireyhtymän (TRIAD) osa-alueet. Mukailtu Mountjoy ym. 2014.

## 5.2 Matalaa energiansaatavuutta kuvaavia muuttujia

Keskeisiä muuttujia, jotka paljastavat matalan energiansaannin ovat mm. alentunut sukupuolihormonien tuotanto ja matala luunmineraalitiheys (Melin ym. 2019). Matalan energiansaannin aiheuttamien metabolisten ja fysiologisten muutosten on havaittu altistavan usein myös loukkaantumisille, minkä vuoksi loukkaantumishistoriaa hyödynnetään energiansaatavuuteen kohdistuvissa tutkimuksissa. (Heikura ym. 2019; Nattiv ym. 2007). Yleisimpiä matalan energiansaatavuuden seurauksena ilmeneviä loukkaantumisia ovat luunmurtumat (Sanborn ym. 2000). Energiavajeen pitkittyessä myös sydän- ja verenkiertoelimistön toimintakyvyssä on havaittu heikentymistä (O'Donnell ym. 2009).

### 5.2.1 Kuukautiskierron häiriöt naisurheilijoilla

Matalan energiansaatavuuden seurauksena esiintyvät kuukautiskierron häiriöt voivat näyttäytyä naisurheilijoilla joko kuukautisten poisjääntinä tai myöhään alkaneina kuukautisina. Loucksin (2005) mukaan kuukautishäiriöitä on mahdollista ennaltaehkäistä riittävällä energiansaatavuudella. Riittävän energiansaatavuuden raja-arvona pidetään  $30 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$ , jolla voidaan tukea normaalia lutenisoivan hormonin eritystä. Tenforde ym. (2016) havaitsivat tutkimuksessaan, että lähes joka neljännellä urheilijalla kuukautiset olivat alkaneet myöhään eli  $\geq 15$  vuoden iässä. Myös Koehler ym. (2013) havaitsivat myöhään alkaneita kuukautisia esiintyvän eniten esteettisten lajien edustajilla.

Tenforde ym. (2016) tutkimuksessa oligomenorreaa tai amenorreaa esiintyi etenkin tenniksen pelaajien, maastajuoksijoiden ja voimistelijoiden keskuudessa. Heidän mukaansa viimeisen 12 kuukauden aikana kuukautisten poisjääntiä esiintyi 26,8 %:lla tutkittavista ( $n = 239$ ). Kuukautiskierrtoa voidaan pitää naisurheilijoilla keskeisenä markkerina matalaan energiansaatavuuteen. Korkeatehoisen ja -frekvenssisen harjoittelun on havaittu olevan yhteydessä kuukautishäiriöihin, jonka seurauksena on havaittavissa myös luuntiheyden laskua sekä loukkaantumisriskin kasvua (Arena ym. 1995; Nattiv ym. 2007; Cialdella-Kam ym. 2014; Mountjoy ym. 2014, Tenforde ym. 2016). Puuttamalla kuukautiskierronhäiriöihin pystytään palauttamaan elimistön mineraalipitoisuuksia normaalille tasolle ja tätä kautta

tuetaan myös luuston terveyttä (Nattiv ym. 2007). Kovatehoisen harjoittelun seurauksena ilmenevät hetkelliset häiriöt kuukautiskierrossa normalisoituvat usein intensiivisen harjoitusjakson päätyttyä (Arena ym. 1995). Cialdella-Kam ym. (2014) havaitsivat tutkimuksessaan, että päivittäisen energiansaannin lisääminen (360 kcal/päivä) mahdollisti kuukautisten palautumisen normaaliin kiertorytmiin amenorrisilla.

### **5.2.2 Luuston terveys**

Luuston terveyteen ja vahvuuteen vaikuttaa luun tiheys, mineraalirakenne sekä luuproteiinin laatu (Nattiv ym. 2007). Energiansaataavuuden heikentyessä luunproteiinisynteesi luonnollisesti laskee (Loucks 2004) ja siksi matalan energiansaataavuuden tutkimusprosessiin liittyy keskeisesti myös diagnosoitujen murtumien määrä. Usein tutkimuksissa vaaditaan joko röntgenkuvauksella, magneettikuvauksella tai tietokonetomografialla todettu murtuma (Brook ym. 2019). Naisilla estrogeeni osallistuu oleellisesti luuston hyvinvoinnin ylläpitoon (Nattiv ym. 2007; Heikura ym. 2019). Matala energiansaataavuus heikentää estrogeenin tuotantoa, jonka seurauksena myös muiden luuston muodostumista tukevien hormonien tuotanto heikkenee (Loucks 2004; Nattiv ym. 2007). Jo kohtuullisen matala energiansaataavuus saattaa pitkittyessään johtaa estrogeenin ja muiden metabolisten hormonien toiminnan heikentymiseen (Nattiv ym. 2007). Tästä johtuen myös harjoittelun seurauksena kiihtynyt proteiinisynteesi saattaa heikentyä (Cialdella-Kam ym. 2014). Energiansaataavuuden ja siitä johtuvien hormonaalisten muutosten lisäksi luuston terveyteen vaikuttaa merkittävästi myös elintavat, genetiikka, monipuolisten ravintoaineiden saanti sekä ympäristötekijät (Nattiv ym. 2007; Brook ym. 2019). Altistavia tekijöitä alentuneen luuntiheyden taustalla on matala BMI, vähäinen rasvaton massa, kuukautishäiriöt sekä mahdolliset luuvauriot (Melin ym. 2019). Luonnollisesti myös liikkumattomuus vaikuttaa merkittävästi luuntiheyteen. Urheilijoiden keskuudessa liikkumattomuutta esiintyy esimerkiksi loukkaantumisen tai raajan immobilisaation vuoksi. Myös korkean harjoitusvolyymien on havaittu osallistuvan luuntiheyden laskuun (Loucks 2004).

Luuston tiheyden määrittämisessä ja osteoporoosin diagnosoinnissa hyödynnetään sekä T-arvoja että Z-arvoja. Usein luuston mineraalitiheys määritetään DXA:n avulla (Heikura ym.

2019). DXA on kehonkoostumusmittaus, jossa hyödynnetään kaksiennergistä röntgensäteiden absorptiometriaa (Nana ym. 2014). Seulonnassa luuntiheyttä tarkastellaan usein sekä lannerangasta että distaalisisista kehonosista, sillä alentunutta luuntiheyttä voi esiintyä vain paikallisesti. Paikallinen esiintyvyys voi olla seurausta harjoitusten aiheuttamasta kuormituksesta tiettyihin kehonosiin. (Melin ym. 2019.) Nykyisen tautiluokituksen mukaan osteoporoosi voidaan diagnosoida mikäli  $Z - arvo \leq -2,0$ . Osteoporoosilla viitataan heikkoon luun muodostumiskykyyn tai ennenaikaiseen luukatoon. Luuta muodostavien osteoblastien heikko toimintakyky johtaa luun massan alentumiseen, muutoksiin luun mikroarkkitehtuurissa sekä luun haurastumiseen (Sanborn ym. 2000).

### 5.2.3 Hormonitoiminta

Elimistön endokriinisen järjestelmän toiminta perustuu riittävään energiansaatavuuteen, mikä mahdollistaa mm. sukupuolihormonien normaalin tuotannon (Sanborn ym. 2000). Naissukupuolihormoni estrogeeni on suoraan yhteydessä luuston terveyteen. Estrogeeni ylläpitää luuston kovuutta estäen luun haurastumista sekä stimuloimalla luun muodostumista tukevia hormoneja (Nattiv ym. 2007). Energiansaatavuuden on havaittu vaikuttavan myös testosteronipitoisuuksiin. Matalan energiansaatavuuden seurauksena testosteronin erityksen on havaittu laskevan, joka puolestaan voi johtaa libidon ja harjoitusvasteen heikentymiseen (Melin ym. 2019). Estrogeenin lisäksi myös testosteroni osallistuu luukudoksen aineenvaihduntaan, joten alentunut testosteronipitoisuus saattaa johtaa luukudoksen haurastumiseen (Nattiv ym. 2007). Normaali sukupuolihormonien tuotanto mahdollistaa lisäksi sekä miehillä että naisilla hedelmällisyyden. Pitkittyessään matala energiansaatavuus voi pahimmillaan johtaa jopa hedelmättömyyteen (Melin ym. 2019). Sukupuolihormonien lisäksi matalaan energiansaatavuuteen liitettäviä hormoneja on mm. leptiini, insuliini, insuliinin kaltainen kasvuhormoni (IGF-1) sekä trijodityroniini (Logue ym. 2017; Loucks & Thuma 2003; Hilton & Loucks 2000). Muutoksia hormonitasoissa on havaittu etenkin energiansaatavuuden alittaessa  $30 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$  (Hilton & Loucks 2000; Elliot-Sale ym. 2018; Koehler ym. 2013; Loucks 2004). Kaikissa tapauksissa yhteyttä matalan energiansaatavuuden ja elimistön hormonitasojen välillä ei ole havaittu (Melin ym. 2015).

**IGF-1.** IGF-1 eli insuliinin kaltainen kasvuhormoni on metabolinen hormoni, joka osallistuu keskeisesti sekä luiden että lihasten anaboliaan. Sen lisäksi IGF-1:llä on keskeinen rooli kasvuhormonin (GH) stimuloinnissa. Kasvuhormonilla on tuki- ja liikuntaelimestön hyvinvoinnin lisäksi keskinen rooli hiilihydraattien, proteiinien ja rasvojen aineenvaihdunnassa (Elliott-Sale ym. 2018), minkä vuoksi IGF-1 voidaankin pitää hyvänä markkerina matalaan energiansaataavuuteen (Koehler ym. 2013). Matalan energiansaataavuuden on havaittu vaikuttavan IGF-1:n tuotantoon laskevasti (Loucks 2004; Elliott-Sale ym. 2018). Elliott-Sale ym. 2018 havaitsivat IGF-1 laskua sekä amenorrisilla naisurheilijoilla, että energiavajeesta kärsivillä ultramatkojen miesedustajilla. Koehler ym. (2013) puolestaan havaitsivat matalia IGF-1 konsentraatioita etenkin esteettisten lajien edustajilla, joten matalan energiansaataavuuden seurauksena ilmenevää IGF-1 laskua on havaittu lajitaustasta riippumatta.

**Trijodityroniini.** Kilpirauhashormonien erityksellä on merkittävä vaikutus yleiseen hyvinvointiin, ja siksi normaalia hormonitoimintaa on syytä tukea riittäväällä energiansaannilla. Trijodityroniini (T3) on kilpirauhasesta erittyvä hormoni, joka osallistuu aineenvaihduntaan, kasvuun ja kudosten erilaistumiseen (Ciloglu ym. 2005; Matikainen 2010). Kilpirauhashormonien pitoisuudet ovat riippuvaisia tyreotropiinista (TSH) sekä tyreotropiinin vapauttajahormonista (TRH). Tyreotropiinin vapauttajahormonin säätely tapahtuu hypotalamuksessa ja varsinaista tyreotropiinia puolestaan erittyy aivolisäkkeestä. (Matikainen 2010). Energia-aineenvaihdunnan lisäksi kilpirauhashormoneilla on rooli elimistön lämpösäätelyssä sekä rasvahappojen hapettumisessa, minkä vuoksi trijodityroniinin normaalia eritystä voidaan pitää urheilijoille tärkeänä. Matalasta energiansaataavuudesta johtuvan amenorrean seurauksena trijodityroniini pitoisuuden on havaittu olevan matala (Loucks & Heath 1994). Ihalainen ym. (2021) puolestaan havaitsivat hormonaalisen ehkäisyn vaikuttavan T3-pitoisuuksiin nostavasti.

**Leptiini.** Leptiini on rasvakudoksesta peräisin oleva hormoni, joka osallistuu keskeisesti ravinnonsäätelyyn sekä elimistön endokriiniseen toimintaan (Myers ym. 2008; Procaccini ym. 2012). Riittävät leptiinitasot tukevat lisäksi kudosten uusiutumista, autonomisen hermoston säätelyä sekä immuunijärjestelmän toimintaa (Myers ym. 2008). Leptiini osallistuu keskeisesti kehonpainon ylläpitoon ohjaamalla energiansaantia sekä energiankulutusta

(Friedman & Halaas 1998). Korkean suorituskyvyn mahdollistamiseksi urheilijoiden on tärkeä kiinnittää energiatasapainoon erityistä huomiota. Hilton & Loucks (2000) havaitsivat matalan energiansaataavuuden johtavan alentuneeseen leptiinin eritykseen. Melinin ym. (2015) tutkimuksessa puolestaan yhteyttä energiansaataavuuden ja leptiinitasojen välillä ei havaittu.

### 5.3 Naisurheilijoiden energiansaanti ja -kulutus

Tutkimukset ovat osoittaneet, että naisurheilijoilla päivittäinen energiansaanti on melko vähäistä (Koehler ym. 2013; Sanborn ym. 2000). Koehlerin ym. (2013) laatimassa tutkimuksessa naisurheilijoiden havaittiin saavan energiaa  $4 - 69 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$  energiansaataavuuden ollessa keskimäärin  $29,4 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$ . Tutkimusten mukaan etenkin hiilihydraateista saadun energian määrä on näyttäytynyt puutteellisena (Loucks 2004). Loucksin (2004) mukaan ongelmia energiansaannin riittämättömyydessä on havaittavissa pääasiassa kestävyys- ja painolajien sekä esteettisten lajien edustajilla. Vaikka tiettyjä lajeja voidaan lähtökohtaisesti pitää matalalle energiansaataavuudelle altistavina, myös eroja tutkimusten välillä on havaittu (Brook ym. 2019). Koehler ym. (2013) vertailivat tutkimuksessaan energiansaataavuutta eri lajien edustajilla. Heidän mukaansa energiansaataavuus oli korkein kestävyysurheilijoilla ja puolestaan matalin mailapelien edustajilla. Day ym. (2015) puolestaan havaitsivat matalaa energiansaataavuutta nimenomaan kestävyysjuoksijoilla. Yleisesti kestävyysurheilijoiden suurempaa alttiutta matalalle energiansaataavuudelle perustellaan kestävyyslajien aineenvaihduntavaatimuksilla (Tenforde ym. 2016).

Urheilijoilla matalaan energiansaataavuuteen on havaittu johtavan kaksi mahdollista reittiä. Taustalla voi olla joko energian kulutuksen merkittävä nosto suhteessa energiansaantiin tai vaihtoehtoisesti energiansaannin merkittävä vähentäminen (Nattiv ym. 2007). Riittävä energiansaanti tulee taata erityisesti kovien intensiteettien viikolla, jolloin energiankulutus on korkealla (Melin ym. 2015). Tutkimuksissa on havaittu, että jo lyhyen ajanjakson (<5 päivää) matala energiansaataavuus aiheuttaa useita metabolisia muutoksia elimistössä (Melin ym. 2019). Keskeisenä hoitokeinona tarkasteltuihin osa-alueisiin toimii energian saataavuuden lisääminen joko vähentämällä harjoittelun aiheuttamaa energiankulutusta tai kasvattamalla

energiansaantia (Nattiv ym. 2007). Tärkeää on myös puuttua syyhyn oireiden taustalla mahdollisimman aikaisin, sillä aikuisiin kohdistuvissa tutkimuksissa on havaittu taustan olevan peräisin jo kaukaa nuoruudesta (Melin ym. 2019).

#### **5.4 Matalan energiansaatavuuden vaikutus suorituskykyyn ja kehonkoostumukseen**

Vaikka matalaan energiansaantiin voidaan vahvasti liittää häiriintynyt syömiskäyttäytyminen tai esimerkiksi syömistottumusten rajoittaminen dieetillä, voi heikko energiansaanti olla seurausta myös inhimillisestä vahingosta (Nattiv ym. 2007). Monissa lajeissa kehonkoostumusta tarkkaillaan ja pyritään muokkaamaan harjoituskauden aikana. Urheilijoiden, joiden harjoituksen aiheuttama energiankulutus on korkeaa, on tärkeä kiinnittää tarkasti huomiota siihen, kuinka kehonkoostumuksen muokkaus tapahtuu (Loucks 2011). Häiriintynyttä syömistä ja amenorreaa on havaittu etenkin naisurheilijoilla, joiden lajeissa ihannoidaan laihuutta ja rasvattomuutta (Nattiv ym. 2007). Usein matalaan energiansaatavuuteen liittyy painon laskua. Matalaa energiansaatavuutta ei kuitenkaan kannata tarkastella vain kehonpainon näkökulmasta, sillä pitkään jatkunut matala energiansaatavuus saattaa vakiinnuttaa kehonpainon tiettyihin lukemiin (Koehler ym. 2013). Näissä tapauksissa energiaa ei ole riittävästi saatavilla elimistön normaaliin toimintaan mutta metaboliset ja fysiologiset adaptaatiot ovat vakiinnuttaneet kehonpainon stabiiliksi. (Melin ym. 2019.) Usein henkilöillä, joilla on todettu matala energiansaatavuus myös laskettu BMI ja rasvaprosentti on ollut matalampia verrattaessa kontrolliryhmään. Lisäksi myös levon aikaisessa aineenvaihdunnassa on havaittu häiriötä. (De Souza ym. 2007; Melin ym. 2014; Elliott-Sale 2018.)

Harjoittelun näkökulmasta matala energiansaatavuus vaikuttaa hermolihaskäytön toimintaan, kehonkoostumukseen sekä kuormituksesta palautumiseen (Rodriguez ym. 2009; Mountjoy ym. 2018). Kilpaurheilussa harjoitusmäärät ovat suuret ja siksi palautumisen tulee olla tehokasta kuormitusten välissä. Riittävän energiansaatavuuden mahdollistamiseksi vaaditaan terveellisiä valintoja sekä ravinnon että nesteiden osalta. Ravintoaineiden lisäksi myös ajoituksella voidaan tukea suorituskyvyn kehitystä sekä palautumista (Rodriguez ym. 2009). Alhaisen energiansaatavuuden on havaittu olevan yhteydessä lihasmassan

menetykseen, väsymykseen, loukkaantumisriskiin sekä sairasteluun (Rodriguez ym. 2009; Mountjoy ym. 2018; Arena ym. 1995; Nattiv ym. 2007; Cialdella-Kam ym. 2014). Vammat ja sairastelu vaikuttavat keskeisesti terveiden harjoittelupäivien määrään ja tätä kautta vaikutukset näkyvät myös kehityksessä ja suorituskyvyn ylläpidossa (Mountjoy ym. 2018). Cialdella-Kamin ym. (2014) tutkimuksessa kovan harjoittelun aiheuttamat kuukautiskierron häiriöt eivät kuitenkaan vaikuttaneet merkittävästi lihasvoimaan tai tehontuottoon urheilijoilla. Constantinin ym. (2005) tutkimuksessa puolestaan havaittiin yhteyksiä kuukautiskierron häiriöiden sekä aerobisen ja anaerobisen kapasiteetin välillä.

## **5.5 Matalan energiansaatavuuden arviointi**

Riippuen kohderyhmästä energiansaatavuuden määrittämisessä hyödynnetään hieman eri muuttujia. Energiansaatavuutta on mahdollista tarkastella useiden eri menetelmien avulla. Verinäytteet ja laboratoriotutkimukset mahdollistavat energiansaatavuutta kuvaavien metabolisten hormonien tutkimisen (Loucks 2004). Etenkin seulontatarkoitukseen verinäytteet ovat kuitenkin melko kallis menetelmä. Kustannustehokkuuden vuoksi käytetyin menetelmä energiansaatavuuden määrittämiseen nykypäivänä ovat erilaiset validoidut kyselylomakkeet (Koehler ym. 2013).

Koska energiansaatavuuteen vaikuttaa sekä energiansaanti että energiankulutus (Wade & Schneider 1992), tarkastellaan sitä usein ruoka- ja liikuntapäiväkirjojen avulla (Koehler ym. 2013). Tutkimusmenetelminä itseraportoidut ruoka- ja liikuntapäiväkirjat sisältävät kuitenkin merkittäviä haasteita. Päiväkirjojen mahdolliset tulkinta- ja tarkkuusvirheet heikentävät sekä reliabiliteettia että validiteettia (Koehler ym. 2013; Heikura ym. 2019). Reliabiliteetin ja validiteetin tehostamiseksi matalan energiansaatavuuden määrittämiseen on liitetty myös riskien arviointi (Joy ym. 2014; Mountjoy ym. 2014). Riskien arvioinnissa hyödynnetään kyselypatteristoa, jonka avulla kerätään tietoa mahdollisista fysiologisista muutoksista elimistössä tai vaihtoehtoisesti muutoksista syömiskäyttäytymisessä. Yleisimmin käytössä olevat kyselyt matalan energiansaatavuuden määrittämisessä ovat LEAF-Q (Mountjoy ym. 2014; Melin ym. 2015) ja EDE-Q (Luce & Crowther 1999; Mond ym. 2004). Heikura ym. (2019) havaitsivat tutkimuksessaan, että kyselyiden hyödyntäminen mahdollistaa tarkempien



tutkimustulosten saannin matalan energiansaataavuuden osalta verrattaessa tutkimuksiin, joissa tutkimustulokset perustuvat pelkästään ruoka- ja liikuntapäiväkirjoihin.

### 5.5.1 LEAF-Q

Syömishäiriöitä on seulottu urheilijoiden keskuudessa useilla eri kyselyillä. Matalaa energiansaataavuutta voi kuitenkin ilmetä myös ilman alttiutta syömishäiriölle ja siksi rinnalle kehitettiin LEAF-Q. Kyselyllä pyritään seulomaan matalan energiansaataavuuden fysiologisia seurauksia (Mountjoy ym. 2014). Alkuperäinen LEAF-Q sisälsi 29 kysymystä, jotka käsitelivät esiintyneitä vammoja, huimausta, ruuansulatuselimistön toimintaa, kuukautishäiriöitä, ehkäisyvalmisteiden käyttöä sekä herkkyyttä kylmälle. Jälkikäteen kyselyyn on lisätty esitietoja keräävä osuus. Esitietoihin lukeutuu mm. ammatti, laji, pituus, paino, ikä ja harjoitustausta. (Melin ym. 2015). Kyselystä on myöhemmin laadittu myös suomenkielinen versio, jossa aihetta käsitellään edeltäjäänsä yksityiskohtaisemmin. Suomenkielisessä versiossa tarkastellaan vammojen, ruuansulatuselimistön toiminnan ja kuukautisten ilmaantuvuuden lisäksi myös psykologisia PMS-oireita. Kyselyn vastausvaihtoehdoissa on hyödynnetty Likert-asteikkoa, kaksijakoista vastausta, järjestyslukuja sekä avoimia vastauksia. Kyselyn pisteytys suoritetaan matalan energiansaataavuuden aikaansaamien muutosten pohjalta. Riippuen muutosten ilmaantuvuudesta henkilölle määritellään pisteiksi joko 1= muutos havaittavissa tai 0= ei muutosta. Kaikkien osa-alueiden yhteenlaskettu pistemäärä määrittää henkilön kuuluvaksi joko matalan- tai korkeanriskin ryhmään. (Joy ym. 2014; Mountjoy ym. 2014.) LEAF-Q:n vahvuutena on sen luotettavuus. Luotettavuutta testattaessa arvoksi saatiin 0,86 sisäisen korrelaation ollessa 0,79. Melinin ym. (2015) tutkimuksen mukaan LEAF-Q noudattaa sisäistä johdonmukaisuutta ja kyselyä voidaan pitää tilastollisesti tarkkana menetelmänä matalan energiansaataavuuden ja naisurheilijoiden oireyhtymän seulonnassa. On kuitenkin tärkeä huomioida, että ruuansulatuselimistön toimintaan ja hormonaaliseen säätelyyn liittyvät kysymykset koetaan usein henkilökohtaisina (Maughan & Burke 2002; Sanborn ym. 2000; Melin ym. 2015). Aihealueiden arkuus edellyttää, että kyselyiden analysoinnista vastaa luotettava ammattilainen.

## 5.5.2 EDE-Q

Matalan energiansaataavuuden seulonnassa hyödynnetään LEAF-Q:n lisäksi usein myös EDE-Q:ta. Nimensä mukaisesti EDE-Q (Eating Disorder Examination Questionnaire) on laadittu mittaamaan ja seulomaan häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä (Mond ym. 2004). EDE-Q:n suomenkielinen versio sisältää 28 kysymystä ja vastausvaihtoehtoina toimii Likert-asteikko (Isomaa ym. 2016). Häiriintynyt syömiskäyttäytyminen on vahvasti yhteydessä matalaan energiansaataavuuteen ja sen seurauksena ilmeneviin fysiologisiin muutoksiin urheilijoilla. Siksi EDE-Q:ta voidaan pitää validina mittausmenetelmänä matalan energiansaataavuuden tarkastelussa. Kysymykset koskevat syömisen rajoittamista sekä syömiseen, kehon muotoon ja kehonpainoon liittyviä huolia (Mond ym. 2004). Lisäksi kyselyssä kartoitetaan syömishäiriökäyttäytymiseen liittyviä oireita viimeisen kuukauden ajalta. Syömishäiriökäyttäytymisen oireina pidetään mm. liiallista liikuntaa, oksentelua, ahmimisjaksoja sekä diureettien käyttöä. (Mond ym. 2004; Isomaa ym. 2016.) Alttius syömishäiriökäyttäytymiselle todetaan kyselyn kokonaispistemäärän avulla. Mitä suurempi kokonaispistemäärä on, sitä suurempi riski on myös klinisen syömishäiriön puhkeamiseen. (Isomaa ym. 2016).

## 6 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

**Tutkimusongelma 1.** Esiintyykö matalaa energiansaatavuutta ja kuukautiskierron häiriötä naispalloilijoilla?

Hypoteesi ja perustelu: Kyllä. Matalaa energiansaatavuutta ja kuukautiskierron häiriötä on havaittu urheilijoilla lajitaustasta riippumatta (Koehler ym. 2013; Brook ym. 2019; Nattiv ym. 2007).

**Tutkimusongelma 2.** Kuvastaako LEAF-Q:n korkea kokonaispistemäärä alttiutta matalan energiansaatavuuden aiheuttamille fysiologisille muutoksille?

Hypoteesi ja perustelu: Kyllä. LEAF-Q:ta pidetään validina menetelmänä matalan energiansaatavuuden seulontaan. Kyselyn pisteytys perustuu muutosten ilmaantuvuuteen. Korkea kokonaispistemäärä kuvastaa useita energiansaatavuuden aikaansaamia muutoksia elimistön toiminnassa (Melin ym. 2015; Joy ym. 2014; Mountjoy ym. 2014.)

**Tutkimusongelma 3.** Onko matala energiansaatavuus yhteydessä naisurheilijoiden hormonitoimintaan sekä kehonkoostumukseen?

Hypoteesi ja perustelu: Kyllä. Endokriinisen järjestelmän toiminta perustuu riittävään energiansaatavuuteen, mikä mahdollistaa mm. sukupuolihormonien, leptiinin, insuliinin, insuliinin kaltaisen kasvuhormonin (IGF-1) sekä trijodityroniinin normaalin tuotannon (Sanborn ym. 2000; Logue ym. 2017; Loucks & Thuma 2003; Hilton & Loucks 2000). Kehonkoostumusmuuttujista kehonpainon, BMI:n ja rasvaprosentin on havaittu olevan matalan energiansaatavuuden omaavilla henkilöillä matalampia verrattaessa kontrolliryhmään (De Souza ym. 2007; Melin ym. 2014; Elliott-Sale 2018).

**Tutkimusongelma 4.** Eroavatko matalalle energiansaataavuudelle altistuneet naisurheilijat suorituskyvyn ja kuukautisstatuksen osalta eumenorrisista tai hormonaalista ehkäisyä käyttävistä urheilijoista?

Hypoteesi ja perustelu: Kyllä. Kuukautiskierron häiriöiden ja matalan energiansaataavuuden on havaittu altistavan lihasmassan menetykselle sekä väsymykselle ja lisäävän loukkaantumisriskiä sekä sairastelua (Rodriguez ym. 2009; Mountjoy ym. 2018; Arena ym. 1995; Nattiv ym. 2007; Cialdella-Kam ym. 2014). Näiden on todettu vaikuttavan terveiden harjoituspäivien määrään ja sitä kautta vaikutuksia on havaittu myös suorituskyvyssä.

## 7 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusaineisto on kerätty hyödyntäen naisurheilijoille toteutetun Urheilijoiden vammojen ja sairastuvuuden seurantatutkimuksen (MIIA) aineistoa. MIIA-tutkimus on toteutettu Jyväskylän yliopistossa ja tutkimus on saanut Keski-Suomen sairaanhoitopiirin tutkimuseettiseltä toimikunnalta hyväksyvän lausunnon (5U/2019). Saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina sekä vertailtavina, sillä tulokset on kerätty hyödyntäen samoja mittauslaitteita standardiohjeistuksin.

### 7.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistuneet koehenkilöt olivat naisurheilijoita kolmesta eri palloilulajista. Tutkimusjoukko koostui jalkapalloilijoista (n=50), jääkiekkoilijoista (n=53) ja rugby pelaajista (n=12), jotka kilpailivat lajissaan joko maajoukkueessa tai korkeimmalla sarjatasolla. Tutkittavat jaettiin kuukautisstatuksen perusteella kuukautishäiriöisten ryhmään (KKH), eumenorrisiin (EUM) ja hormonaalista valmistetta käyttäviin (HORM). Kuukautisstatuksen mukaan toteutettu jako sekä tutkittavien perustiedot näkyvät taulukossa 1. Kuukautisstatus määritettiin LEAF-Q:n avulla ottaen huomioon kuukautisten säännöllisyyteen viittaavat kysymykset. Kysymykset koskivat normaalia kuukautiskiertoa sekä kuukautisten ilmentyvyyttä viimeisen vuoden aikana. Henkilöt, joilla oli käytössä hormonaalinen valmiste, edustivat omaa ryhmäänsä. Tutkimuksessa tarkasteltiin kuukautisstatuksen yhteyttä energiastatukseen, suorituskykyyn, kehonkoostumukseen sekä LEAF-Q:n kokonaispisteisiin.

Tutkittavat jaettiin myös LEAF-Q kokonaispistemäärän mukaan ei-alttiiden (< 8 pistettä) ja alttiiden ( $\geq$  8 pistettä) ryhmiin. LEAF-Q kokonaispisteiden mukaan suoritettu jako on puolestaan näkyvissä taulukossa 2. Muuttujien välisiä korrelaatioita on tarkasteltu kuukautisstatuksen ja LEAF-Q kokonaispisteityksen lisäksi myös lajikohtaisesti. Tutkimukseen osallistuminen perustui vapaaehtoisuuteen ja keskeyttäminen oli mahdollista missä tahansa tutkimuksen vaiheessa. Ennen tutkimusdatan keruuta tutkittavat kirjoittivat kirjallisen sopimuksen, josta ilmenee henkilökohtainen suostumus osallistua tutkimukseen.

Tiedonkeruun menetelmät sekä vaiheet käytiin yhteisesti urheilijoiden kanssa läpi ja mahdollisista jatkotutkimuksista keskusteltiin aina urheilijan kanssa henkilökohtaisesti.

TAULUKKO 1. Tutkittavien jako hormonaalista ehkäisyä käyttäviin ja ei hormonaalista valmistetta käyttäviin sekä heidän perustietonsa muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

	KKH (n=11)	EUM (n=55)	HORM (n=38)
Ikä (vuotta)	20,5 $\pm$ 5,7	20,3 $\pm$ 4,5	21,4 $\pm$ 4,8
Pituus (cm)	166,7 $\pm$ 2,9	167,5 $\pm$ 6,1	169,9 $\pm$ 5,3
Paino (kg)	67,2 $\pm$ 10,7	65,4 $\pm$ 7,9	69,6 $\pm$ 9,1
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,7 $\pm$ 2,8	23,4 $\pm$ 3,0	24,0 $\pm$ 2,8

KKH, kuukautishäiriöisten ryhmä; EUM, eumenorriset; HORM, hormonaalista ehkäisyä käyttävät; BMI, bodymass index, painoindeksi

TAULUKKO 2. Tutkittavien jako LEAF-Q pisteiden mukaan ei-alttiiden (< 8 pistettä) ja alttiiden ( $\geq$  8 pistettä) ryhmiin sekä heidän perustietonsa muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

	LEAF-Q < 8 pistettä (n=58)	LEAF-Q $\geq$ 8 pistettä (n=46)
Ikä (vuotta)	20,6 $\pm$ 4,8	20,8 $\pm$ 4,8
Pituus (cm)	169,0 $\pm$ 5,8	167,3 $\pm$ 5,4
Paino (kg)	68,0 $\pm$ 9,0	66,1 $\pm$ 8,5
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,7 $\pm$ 3,1	23,6 $\pm$ 2,7

LEAF-Q<8 pistettä, ei-alttiiden joukko; LEAF-Q $\geq$ 8 pistettä, alttiiden joukko; BMI, bodymass index, painoindeksi

## 7.2 Aineiston keräys ja tutkimusasetelmat

Tutkimuksen aineistona käytettiin LEAF-Q:ta, ruoka- ja harjoituspäiväkirja analyysijä, hormonianalyysijä, kehonkoostumusmittausta sekä fyysisen suorituskyvyn testejä. Ruoka- ja harjoituspäiväkirjojen avulla tarkasteltiin urheilijoiden energiansaantia sekä

energiansaatavuutta. Matalaan energiansaatavuuteen liitetyistä hormoneista tarkastelussa oli leptiini, insuliinin kaltainen kasvuhormoni sekä trijodityroniini. Suorituskyvyn mittareina tutkimuksessa puolestaan toimi maksimaalinen hapenotto-kyky (VO<sub>2</sub>max) sekä räjähtävä voimantuotto, jonka mittarina käytettiin vertikaalihyppyjä. Tutkimus toteutettiin poikkileikkaustutkimuksena.

**LEAF-Q.** Tutkimuksessa hyödynnetty kysely sisälsi 54 kysymystä, jotka oli jaettu neljän suuremman kokonaisuuden alle. Kyselyn tarkoituksena oli kerätä tietoa tutkittavan suoliston toiminnasta, kuukautiskierron säännöllisyydestä ja hormonaalisen ehkäisyn käytöstä, PMS-oireista sekä vammahistoriasta. Saatujen tietojen valossa pystytään kartoittamaan tutkittavan riskiä matalaan energiansaatavuuteen. Lopullisessa pisteytyksessä noudatettiin Melinin ym. (2014) ohjetta selvittäen tutkittavien mahdollista alttiutta naisurheilijan oireyhtymälle. Alttiutta kuvataan pisteytyksen avulla, jossa  $\geq 8$  pistettä saaneet henkilöt luokitellaan korkean riskin ryhmään ja  $< 8$  pistettä saaneet puolestaan matalan riskin ryhmään. Tutkittavat täyttivät kyselyn itsenäisesti paperisena, jonka jälkeen kysely palautettiin tutkijoille analysoitavaksi. Tutkittavat ohjeistettiin vastaamaan kyselyyn mahdollisimman todenmukaisesti. Lopullisessa analyysissä kyselyn tulokset analysoitiin aihealueittain.

**Ruoka- ja harjoittelupäiväkirja.** Urheilijat täyttivät itsenäisesti ruokapäiväkirjaa neljän päivän ajan. Saadut ravintoaineet tuli kirjata ruokapäiväkirjaan mahdollisimman tarkasti analysoinnin helpottamiseksi. Koska harjoituskausi etenee palloilulajien edustajilla eri tahdissa, tarkkaa ajankohtaa ruokapäiväkirjan täytölle ei määritelty. Ohjeistuksessa urheilijoita kuitenkin neuvottiin ajoittamaan päiväkirjan täyttö viikolle, jossa ruokailu vastaa yksilölle tyypillistä ruokailurytmiä ja harjoituksiin on osallistuttu normaalisti. Ruokapäiväkirjan ohessa urheilijat täyttivät myös harjoituspäiväkirjaa. Harjoituspäiväkirjaan oli tarkoitus kirjata ylös tehtyjen harjoitusten kesto, sisältö sekä harjoituksen kuormittavuus asteikoilla 1–10 (RPE). Harjoitusten kuormittavuuden ja ruokapäiväkirjan avulla laskettavan energiansaannin avulla urheilijoille määritettiin energiastatus.

**Kehonkoostumusmittaus.** Kehonkoostumuksen määrittäminen toteutettiin hyödyntäen kaksiennergistä röntgensäteiden absorptiometriä (DXA, dual energy X-ray absorptiometry).

Saaduista tuloksista tarkastelun kohteena oli naisurheilijoiden paino (kg), rasvaprosentti (FAT%), rasvaton massa (FFM) ja lihasmassa (LM). Saadut arvot ilmoitettiin 0,1 yksikön tarkkuudella. Tutkimuksessa hyödynnettävä laite oli Lunar Prodigy (GE Lunar Prodigy Advance, Madison, WI, USA). Matalan säteilyn vuoksi laite mahdollisti urheilijoille turvallisen, nopean ja luotettavan analyysin kehonkoostumuksesta (Nana ym. 2014). Ennen mittausta urheilijat ohjeistettiin poistamaan ylimääräiset korut. Luotettavuuden ja toistettavuuden lisäämiseksi mittaus suoritettiin paastotilassa. DXA-laitteeseen urheilija asettui merkityn keskiviivan päälle selinmakuulle jalkapohjat styroksista levyä vasten. Ennen jalkojen tuen asettamista testattavaa vedettiin kevyesti nilkoista. Kevyellä venytyksellä saatiin varmistettua asennon ja selkärangan suoristaminen. Normaalia hengitystahtia lukuun ottamatta urheilija ohjeistettiin olemaan liikkumatta mittauksen aikana. Liikkumisen minimoimiseksi asentoa vakioitiin jalkojen tuen lisäksi myös kainaloon asetetuilla tyynyillä. DXA-mittauksen ohessa tutkittavilta mitattiin myös pituus (cm). Pituus mitattiin hyödyntäen mittanauhaa ja tulos ilmoitettiin 0,5 cm tarkkuudella. Pituuden ja painon avulla tutkittaville määritettiin painoindeksi (BMI), mikä saadaan laskemalla painon suhde pituuden neliöön ( $\text{kg/m}^2$ ).

**Hormonianalyysit.** Hormonianalyyseissä hyödynnettiin kyynärlaskimoverinäytteitä, joista tarkasteltiin leptiinin (LEP), insuliinin kaltaisen kasvuhormonin (IGF-1) ja trijodityroniinin (T3) pitoisuuksia. Verinäytteenotto toteutettiin kehonkoostumusmittausten yhteydessä, johon tutkittavat saapuivat paastotilassa. Näytteenotosta sekä käsittelystä vastasi Jyväskylän yliopiston ammattilainen.

**Hapenottokyky.** Hapenottokyky on mitattu tutkittavilta hyödyntäen lajille ominaisinta mittausmenetelmää. Maksimaalinen testi on toteutettu joko juoksumatolla tai polkupyöräergometrillä keräten hengityskaasuja testin ajalta Master Screen CPX-hengityskaasuanalyysaattorilla (Jaeger, CareFusion Germany 234 GmbH, Hoechberg, Saksa). Testi suoritettiin nousevalla kuormalla uupumukseen asti. Mittaukseen tarvittava välineistö valmisteltiin huolellisesti ennen testin aloittamista. Hengityskaasujen keräämisessä käytetyn happimaski valittiin testattavalle istuvaksi, jotta hengityskaasujen ohivirtaus saatiin minimoitua. Kalibrointi hengityskaasuanalyysaattorille suoritettiin ennen jokaista mittauskertaa.



**Vertikaalihyppy.** Alaraajojen voimantuottoa testattiin vertikaalihypyillä. Hyppy suoritettiin voimalevyllä (Jyväskylän Yliopisto, Suomi), jolla mitattiin lentoaikaa. Laskennallisesti lentoajasta saatiin määritettyä hyppykorkeus (Bosco ym. 1983). Kaikki suorittivat kevennyshypyn (CMJ) ja osa tutkittavista lisäksi staattisen hypyn (SJ). Tutkittavat ohjeistettiin hyppäämään mahdollisimman korkealle pitäen kädet koko suorituksen ajan lanteilla. Staattinen hyppy aloitettiin 90° polvikulmasta, josta hyppy suoritettiin räjähtävästi suoraan ylöspäin. Kevennyshypyssä tutkittavat puolestaan suorittivat esikevennyksen ennen hypyä. Esikevennyksen syvyydessä tavoiteltiin 90° polvikulmaa. Kummassakin hypyssä sallittiin kolme yritystä, joista paras tulos jäi voimaan.

### 7.3 Analysointimenetelmät

**LEAF-Q.** Matalan energiansaataavuuden alttiutta ilmentävät LEAF-Q tulokset analysoitiin kysymysten vastausvaihtoehtoja pisteyttämällä. Kuukautisstatuksen määrittämiseen käytettiin kyselyn kokonaispisteytystä sekä kuukautisiin kohdistuneita kysymyksiä (Melin ym. 2014). Tutkittavat jaettiin kuukautishäiriöiden ilmaantuvuuden mukaan kuukautishäiriöisten (KKH) ryhmään ja eumenorriisiin (EUM). Kriteerinä kuukautishäiriöisten ryhmään pidettiin kuukautisten esiintymistä < 9 kertaa kalenterivuoden aikana (Brook ym. 2019). Eumenorriisiin puolestaan lukeutuivat henkilöt, joilla kuukautiskierto oli normaali eli kuukautiset esiintyvät kalenterivuoden aikana  $\geq 9$  kertaa. Osalla tutkittavista oli käytössä hormonivalmiste, jonka vuoksi kuukautisstatuksen määrittäminen ilman hormonaalista säätelyä oli mahdotonta. Hormonivalmistetta käyttävät muodostivat tutkimuksessa oman ryhmänsä. Tutkittavat jaettiin lisäksi LEAF-Q kokonaispisteiden mukaan kuvaamaan alttiutta suhteelliselle energiavajeelle (RED-s). Henkilöt, joilla LEAF-Q kokonaispisteet olivat  $\geq 8$  pistettä määritettiin kuuluvaksi alttiiden ryhmään. Mikäli kokonaispisteet jäivät < 8, henkilöt lukeutuivat ei-alttiiden joukkoon.

**Ruoka- ja harjoituspäiväkirjat.** Ruoka- ja harjoituspäiväkirjoista saatujen tietojen perusteella urheilijoille laskettiin energiansaataavuus (EA). Energiansaataavuus määritetään hyödyntäen energiansaantia (EI), harjoituksen aikaansaamaa energiankulutusta (EEE) sekä rasvattoman massan määrää (FFM). Energiankulutusta analysoitiin harjoituspäiväkirjaa ja laskukaavoja

hyödyntäen. Kokonaisenergiankulutus koostuu lepoenergiankulutuksesta (REE) sekä harjoittelun aikaansaamasta energiankulutuksesta. Koska tutkimuksissa ei mitattu lepoenergiankulutusta, perustui lepoenergiankulutuksen määrittäminen Cunninghamin (1980) kaavaan  $REE = (500 + FFM \times 22)$  kcal/vrk. Laskukaavassa hyödynnetään kehonkoostumusmittauksista saatua rasvattoman massan määrää. Harjoittelun aikaansaaman energiankulutuksen (EEE) määrittämiseksi puolestaan tarvittiin harjoituksen kesto tunteina sekä harjoitusta vastaava MET-arvo harjoituspäiväkirjasta. MET-arvo kuvastaa kerrointa, jolla kuormitus ylittää lepoenergiankulutuksen (Ainsworth ym. 2011). Tutkimuksessa MET-arvo saatiin hyödyntämällä harjoituksen kuormittavuutta, sisältöä ja kestoa sekä Ainsworthin ym. (2011) MET-taulukkoita. Lopullinen harjoituksen aikaansaama energiankulutus saatiin laskettua kaavalla  $EEE = \frac{REE \times t}{24 \times MET} - \frac{REE \times t}{24}$ . Energiansaanti puolestaan saatiin analysoimalla ruokapäiväkirjat hyödyntäen Fineliä (Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos). Saatut ravintoaineet kirjattiin ohjelmaan mahdollisimman tarkasti ja analyysin avulla saatiin määritettyä ravinnosta saatu päiväkohtainen energiamäärä (EI) sekä makro- ja mikroravintoaineiden jakauma. Tutkimuksen kannalta keskeinen energiansaataavuus laskettiin lopuksi kaavalla  $EA = \frac{EI - EEE}{FFM}$ .

**Kehonkoostumus.** Kehonkoostumusmittauksen tuloksena urheilijoille saatiin kehonpainon ja rasvattoman massan lisäksi määritettyä myös rasvaprosentti sekä arvioitu lihasmassa. Menetelmänä DXA:a voidaan pitää etenkin urheilijoille soveltuvana ja luotettavana (Nana ym. 2014). Toistettavuusmittauksissa tutkimuksessa käytetyn DXA-laitteen (GE Lunar Prodigy Advance) variaatiokertoimiksi saatiin rasvattomalle massalle Garthen ym. (2011) tutkimuksessa 0,7 % ja Kiebzakin ym. (2000) tutkimuksessa 1,1 %. Vastaava arvo tarkastellessa koko kehon massaa oli 0,6 % (Kiebzak ym. 2000).

**Hormonianalyysit.** Verinäytteet sentrifugioitiin heti näytteenoton jälkeen Megafuge 1.0R sentrifugilla, jonka jälkeen seerumit pakastettiin analysointia varten. Seerumista määritettiin hormonikonsentraatiot leptiinille, IGF-1:lle sekä trijodityroniinille. IGF-1:n ja T3:n määrittämisessä käytettiin Siemens Immulite 2000 XPI -analysaattoria (Siemens Healthcare Diagnostics Products Ltd., Gwynedd, Iso-Britannia) hyödyntäen kemiluminometristä immunologista analyysimenetelmää. Kyseisessä menetelmässä erottelukyky on IGF-1:lle 0,26 nmol/l ja T3:lle 1,5 pmol/l. Hormonien toistettavuudet ovat reagenssivalmistajan mukaan

IGF-1:lle 6,6 % ja T3:lle 8,1 %. Leptiinin analysoinnissa puolestaan hyödynnettiin Dynex DS2 -analysointia (Dynex technologies, Chantilly, Yhdysvallat). Analysointi perustui kaksoisvasta-ainetekniseen entsyymi-immunomääritykseen (ELISA, Human Leptin, BioVendor, Tšekki). Erottelukyky leptiinille on 0,2 ng/ml ja toistettavuus reagenssivalmistajan mukaan 4,2 %.

**Suorituskyky.** Hengityselimistön rasiustestiä pidetään golden standard -menetelmänä suorituskyvyn mittaamisessa (Peric & Nikolovski 2017). Tutkittavien hapenottokyvyn määrittämisessä hyödynnettiin Master Screen CPX-hengityskaasuanalysointia (Jaeger, CareFusion Germany 234 GmbH, Hoechberg, Saksa). Hengityskaasujen kerääminen toteutettiin breath by breath -toiminnolla, jolloin hapenkulutus ja ventilaatio saadaan määritettyä hengitys hengitykseltä. Analyysin avulla tutkittaville saatiin määritettyä maksimaalinen hapenottokyky ( $VO_2max$ ) 0,1 ml/kg/min tarkkuudella. Vertikaalihypyjen analysoinnissa hyödynnettiin Signal 4.10 ohjelmistoa (Cambridge Electronic Design Ltd., Milton, Cambridge, UK). Hyppykorkeus saatiin laskettua hyödyntämällä Boscon ym. (1983) kaavaa  $h = \frac{gt^2}{8}$ , jossa  $g$  = putoamiskiihtyvyys 9,81 m/s<sup>2</sup> ja  $t$  = lentoaika. Näytteenottoaajuus oli asetettu hyppyissä 1000 Hz.

#### **7.4 Tilastolliset analyysit**

Tilastolliset analyysit suoritettiin IBM SPSS Statistics 26 ohjelmalla (Armonk, New York, USA). Tulokset näkyvät taulukoissa keskiarvoina  $\pm$  keskihajontana. Ryhmien välisiä korrelaatioita testattiin varianssianalyysillä. Riippumattomia otoksia tarkastellessa käytössä oli ANOVA sekä t-testi. Testien hyödyntäminen oli mahdollista, sillä otoskoot olivat normaalijakautuneita sekä riittävän suuria. Normaalijakautuneisuuden määrittämiseen hyödynnettiin Kolmogorov-Smirnovin ja Shapiro-Wilkin testejä Muuttujien lineaarisia yhteyksiä puolestaan tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Tilastollinen merkitsevyys määriteltiin  $p \leq 0,05$ .

## 8 TULOKSET

Koehenkilöt jaettiin kuukautisstatuksen mukaan kuukautishäiriöisten (n=11), eumenorrusten (n=55) ja hormonaalista ehkäisyä käyttävien (n=38) ryhmiin. Kuukautishäiriöisten joukko sisälsi sekä amenorriset että oligomenorriset urheilijat. LEAF-Q kokonaispisteiden mukaan jako tehtiin puolestaan alttiiden ryhmään (n=46) ja ei-alttiiden ryhmään (n=58).

### 8.1 Kuukautisstatus, energiansaatavuus ja fysiologiset muuttujat

Tilastollisesti kuukautisstatuksen ja energiastatuksen välillä ei havaittu yhteyttä ( $p>0,05$ ). Kuukautishäiriöisten ryhmässä energiansaatavuus oli kuitenkin keskiarvoisesti matalampaa verrattuna eumenorrusten ja hormonaalista valmistetta käyttävien ryhmiin. Energiansaannin ja -saatavuuden tulokset ovat kuvattuna muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Energiansaannin (EI) ja energiansaatavuuden (EA) keskiarvot ja keskihajonnat kuukautisstatuksen mukaan.

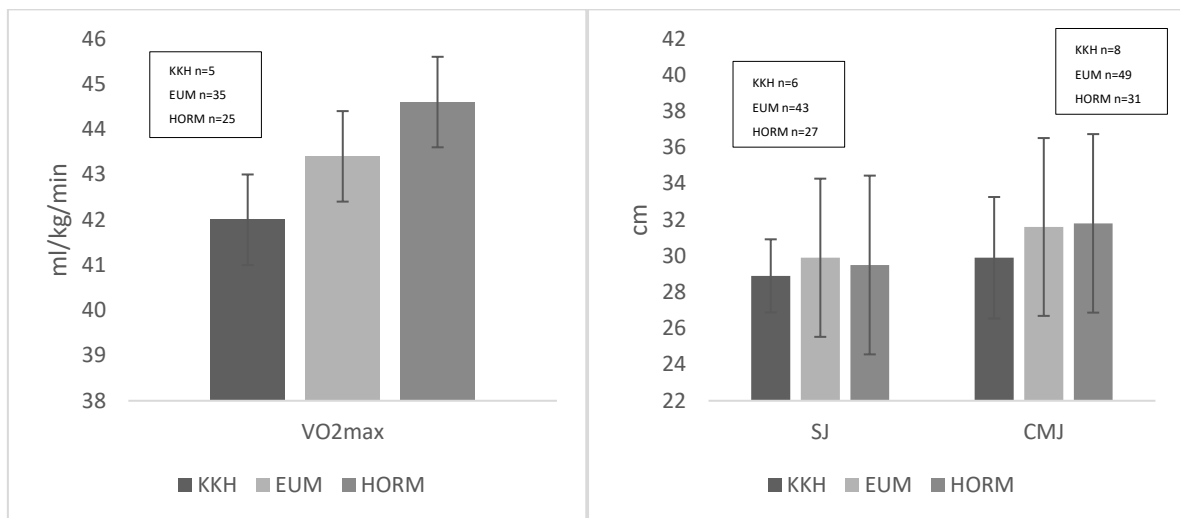
	KKH (n=11)	EUM (n=55)	HORM (n=38)
EI (kcal/vrk)	2326 $\pm$ 364	2348 $\pm$ 568	2310 $\pm$ 524
EA (kcal/kg/vrk)	32 $\pm$ 9	38 $\pm$ 3	38 $\pm$ 14

KKH, kuukautishäiriöisten ryhmä; EUM, eumenorriset; HORM, hormonaalista valmistetta käyttävät; EI, energy intake, energiansaanti; EA, energy availability, energiansaatavuus; n, otoskoko.

#### 8.1.1 Suorituskyky

Kuukautisstatuksen ja suorituskykyä kuvaavien muuttujien välisiä eroja ei voida pitää tilastollisesti merkitsevinä ( $p>0,05$ ). Kuvassa 4 on kuvattuna maksimaalinen hapenottokyky ja vertikaalihypyjen hyppykorkeus kuukautisstatuksen mukaan. Kuukautishäiriöisillä sekä räjähtävä voimantuotto että maksimaalinen hapenotto olivat keskiarvoisesti heikompia

verrattuna eumenorriisiin ja hormonaalista ehkäisyä käyttäviin. Kuukautishäiriöisillä staattinen hyppy oli  $28,9 \pm 2,0$  cm, kevennyshyppy  $29,9 \pm 3,4$  cm ja maksimaalinen hapenottokyky  $42,0 \pm 5,8$  ml/kg/min. Staattisen hypyn osalta parhaat tulokset ilmenivät eumenorristen joukossa  $29,9 \pm 4,4$  cm mutta kevennyshypyn ja maksimaalisen hapenottokyvyn osalta parhaat tulokset havaittiin hormonaalista valmistetta käyttävien joukossa. Kevennyshyppy oli hormonaalista valmistetta käyttävien joukossa keskimääräisesti  $31,8 \pm 4,9$  cm ja  $VO_2\max$   $44,6 \pm 3,7$  ml/kg/min.



KUVA 4. Maksimaalinen hapenottokyky ja vertikaalihyppyjen hyppykorkeus kuukautisstatus mukaan. KKH, kuukautishäiriöisten ryhmä; EUM, eumenorriiset; HORM, hormonaalista valmistetta käyttävät;  $VO_2\max$ , maksimaalinen hapenottokyky; SJ, squat jump, staattinen hyppy; CMJ, countermovement jump, kevennyshyppy.

### 8.1.2 Kehonkoostumus

Kehonkoostumusmuuttujista tarkastelun kohteena olivat kehonpaino (BM), painoindeksi (BMI), rasvamassa (FM), arvioitu lihasmassa (LM), rasvaton massa (FFM) sekä luuntiheys (BMD). Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta taulukossa 4. Tilastollisesti kuukautisstatus ja kehonkoostumuksen välillä ei havaittu yhteyttä koko tutkimusjoukossa ( $p > 0,05$ ). Kehonkoostumusmittausten perusteella keskiarvoinen kehonpaino sekä rasvamassan määrä (kg) olivat kuitenkin alhaisimmat eumenorristen joukossa. Vähiten

lihassmassaa ja rasvatonta massaa oli puolestaan kuukautishäiriöisten ryhmässä. Hormonaalista valmistetta käyttävien joukossa havaittiin kaikissa muuttujissa korkeimmat arvot.

TAULUKKO 4. Kehonkoostumusmuuttujien keskiarvot ja keskihajonnat kuukautisstatuksen mukaan.

	KKH (n=11)	EUM (n=55)	HORM (n=38)
BM (kg)	67,2 ± 10,7	65,4 ± 7,9	69,6 ± 9,1
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,7 ± 2,8	23,4 ± 3,0	24,0 ± 2,8
FM (kg)	17,3 ± 4,7	16,7 ± 5,5	18,9 ± 6,3
LM (kg)	45,7 ± 3,2	46,2 ± 4,6	47,3 ± 4,8
FFM (kg)	48,6 ± 4,4	49,0 ± 4,7	50,3 ± 5,0
BMD (g/cm <sup>2</sup> )	1,28 ± 0,06	1,26 ± 0,07	1,27 ± 0,07

KKH, kuukautishäiriöisten ryhmä; EUM, eumenorriset; HORM, hormonaalista ehkäisyä käyttävät; BM, bodymass, kehonpaino; BMI, bodymass index, painoindeksi; FM, fatmass, rasvamassa; LM, lean mass, lihasmassa; FFM, fat free mass, rasvatonmassa; BMD, bone mass density.

Jalkapalloilijoilla kuukautisstatuksen ja kehonkoostumusmuuttujien välillä havaitut erot olivat kuitenkin tilastollisesti merkitseviä. Kehonkoostumusmuuttujien keskiarvot ja keskihajonnat jalkapalloilijoiden kuukautisstatuksen mukaan on kuvattu taulukossa 5. Hormonaalista ehkäisyä käyttävien joukossa kehonpaino oli korkeampi verrattuna eumenorristen ryhmään (p=0,025). Myös rasvamassan määrä oli suurempaa hormonaalista ehkäisyä käyttävien joukossa verrattuna eumenorrisiin (p=0,042).

TAULUKKO 5. Kehonkoostumusmuuttujien keskiarvot ja keskihajonnat kuukautisstatuksen mukaan jalkapalloilijoilla.

	KKH jalkapallo (n=2)	EUM jalkapallo (n=22)	HORM jalkapallo (n=21)
BM (kg)	54,5 ± 10,3	62,3 ± 7,7*	69,3 ± 9,0*
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	19,7 ± 1,9	22,1 ± 1,9	23,4 ± 2,5
FM (kg)	11,7 ± 1,3	15,4 ± 4,2*	18,9 ± 5,3*
LM (kg)	42,6 ± 5,7	44,1 ± 4,2	47,1 ± 5,1
FFM (kg)	45,4 ± 6,0	46,9 ± 4,4	50,1 ± 5,4
BMD (g/cm <sup>2</sup> )	1,25 ± 0,07	1,26 ± 0,07	1,28 ± 0,07

KKH, kuukautishäiriöisten ryhmä; EUM, eumenorriset; HORM, hormonaalista ehkäisyä käyttävät; BM, bodymass, kehonpaino; BMI, bodymass index, painoindeksi; FM, fatmass, rasvamassa; LM, lean mass, lihasmassa; FFM, fat free mass, rasvatonmassa; BMD, bone mass density; n, otoskoko. \*tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien EUM ja HORM välillä,  $p \leq 0,05$ .

### 8.1.3 Hormonitasot

Kuukautisstatuksen havaittiin vaikuttavan IGF-1 hormonin pitoisuuksiin (taulukko 6). Korkeimmat pitoisuudet havaittiin eumenorristen joukossa ja matalimmat puolestaan hormonaalista ehkäisyä käyttävien joukossa. Erot ryhmien välillä olivat tilastollisesti merkitseviä ( $p=0,015$ ). Leptiin ja trijodityroniinin osalta ryhmien välillä ei havaittu tilastollisia eroja ( $p>0,05$ ). Lajikohtaisessa tarkastelussa tulokset olivat jalkapalloilijoiden keskuudessa vastaavanlaisia kuin koko tutkimusjoukossa. Eumenorristen jalkapalloilijoiden joukossa IGF-1 pitoisuudet olivat korkeampia verrattuna kuukautishäiriöisten ja hormonaalista ehkäisyä käyttävien ryhmiin (taulukko 7). Tilastollisesti erot olivat merkitseviä eumenorristen ja hormonaalista ehkäisyä käyttävien välillä ( $p=0,002$ ).

TAULUKKO 6. Hormonitasojen keskiarvot ja keskihajonnat kuukautishäiriöisillä, eumenorrisilla ja hormonaalista ehkäisyä käyttävillä naispaloilijoilla.

	KKH	EUM	HORM
LEP (ng/l)	40,9 ± 33,5 (n=11)	29,8 ± 19,3 (n=47)	33,6 ± 19,7 (n=33)
IGF-1 (nmol/l)	32,9 ± 8,0 (n=11)	33,6 ± 9,1* (n=50)	28,5 ± 7,2* (n=36)
T3 (pmol/l)	4,2 ± 0,8 (n=11)	4,7 ± 1,2 (n=51)	5,0 ± 1,5 (n=37)

KKH, kuukautishäiriöisten ryhmä; EUM, eumenorriset; HORM, hormonaalista ehkäisyä käyttävät; LEP, leptiini; IGF-1, insuliinin kaltainen kasvutekijä; T3, trijodityroniini.  
\*tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien EUM ja HORM välillä,  $p \leq 0,05$ .

TAULUKKO 7. Hormonipitoisuudet kuukautisstatuksen mukaan jalkapalloilijoilla

	KKH jalkapallo	EUM jalkapallo	HORM jalkapallo
LEP (ng/l)	14,5 ± 1,3 (n=2)	28,9 ± 16,5 (n=15)	34,2 ± 18,0 (n=17)
IGF-1 (nmol/l)	36,1 ± 13,2 (n=2)	38,6 ± 7,9* (n=18)	29,0 ± 7,2* (n=19)
T3 (pmol/l)	3,3 ± 0,9 (n=2)	4,3 ± 1,1 (n=18)	5,1 ± 1,8 (n=20)

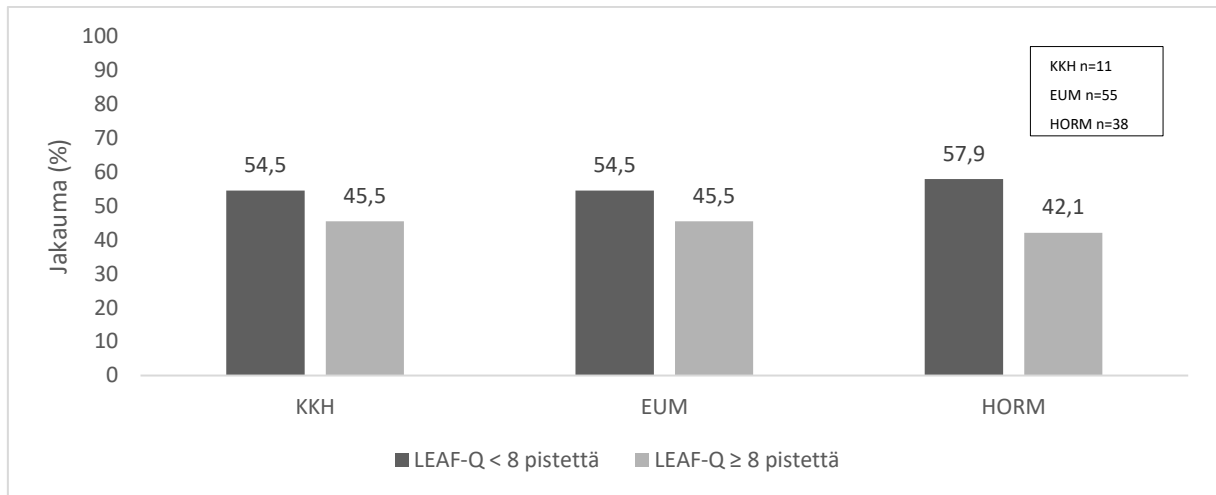
KKH, kuukautishäiriöisten ryhmä; EUM, eumenorriset; HORM, hormonaalista ehkäisyä käyttävät; LEP, leptiini; IGF-1, insuliinin kaltainen kasvutekijä; T3, trijodityroniini.  
\*tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien EUM ja HORM välillä,  $p \leq 0,05$ .

## 8.2 LEAF-Q kokonaispisteet, energiansaattavuus ja fysiologiset muuttujat

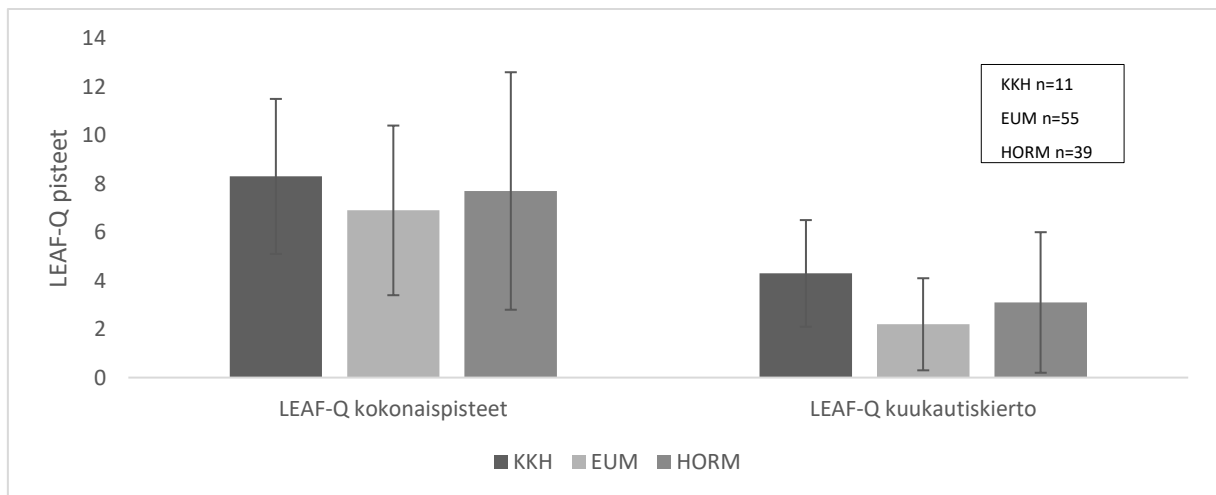
Kuvassa 5 on kuvattuna LEAF-Q kokonaispisteiden prosentuaalinen jakauma kuukautisstatuksen mukaan. Kaikissa ryhmissä yli 50 % tutkittavista luokitellaan LEAF-Q



kokonaispisteluokituksen mukaan ei-alttiiden joukkoon. LEAF-Q pisteiden keskiarvot ja keskihajonnat kuukautisstatuksen mukaan on kuvattuna kuvassa 6. Vaikka kuukautishäiriöisten ryhmässä havaittiin korkeimmat pisteet sekä LEAF-Q kokonaispisteissä, että kuukautiskiertoa koskevissa kysymyksissä, eroja ryhmien välillä ei voida pitää tilastollisesti merkitsevinä ( $p > 0,05$ ).



KUVA 5. LEAF-Q kokonaispisteiden jakauma kuukautisstatuksen mukaan. KKH, kuukautishäiriöisten ryhmä; EUM, eumenorriset; HORM, hormonaalista ehkäisyä käyttävät.



KUVA 6. LEAF-Q kokonaispisteet ja kuukautiskierron pisteet kuukautisstatuksen mukaan. KKH, kuukautishäiriöisten ryhmä; EUM, eumenorriset; HORM, hormonaalista ehkäisyä käyttävien ryhmä.

## 8.2.1 Energiensaataavuus

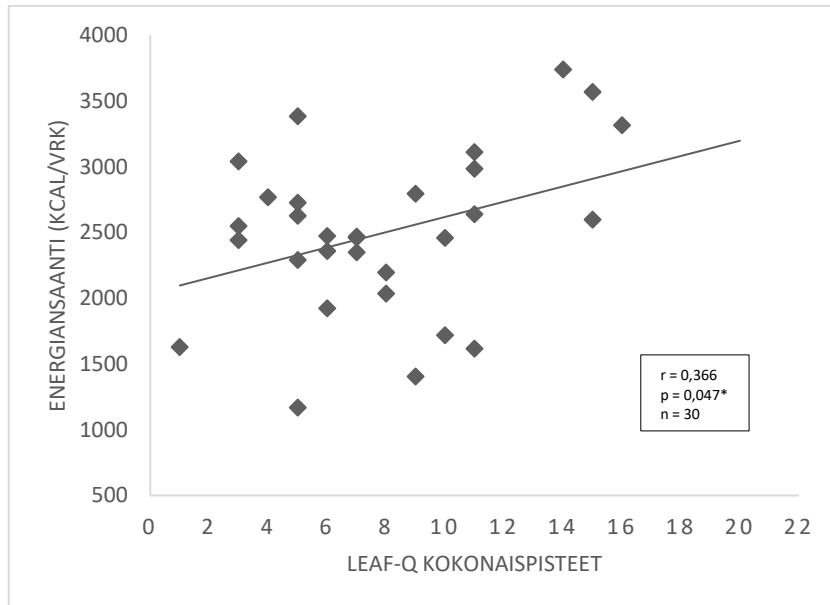
Keskiarvoinen energiensaataavuus oli sekä alttiiden ( $\geq 8$  pistettä) että ei-alttiiden ( $< 8$  pistettä) joukossa alle urheilijoille optimaalisen energiensaataavuuden. Urheilijoilla suositeltu energiensaataavuus on  $\geq 45 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \text{ FFM}$  (Nattiv ym. 2007; Elliott-Sale ym. 2018; Loucks ym. 2018). Taulukossa 8 on esitettyinä energiensaannin ja energiensaataavuuden keskiarvot ja keskihajonnat LEAF-Q kokonaispisteryhmittelyn mukaan. LEAF-Q kokonaispisteiden ja energiensaataavuuden välillä ei havaittu tilastollista yhteyttä ( $p>0,05$ ). Myöskään ryhmien välisessä energiensaannissa ei ollut havaittavissa merkitsevää eroa.

TAULUKKO 8. Energiensaannin ja energiensaataavuuden keskiarvot ja keskihajonnat LEAF-Q kokonaispisteiden mukaan.

	LEAF-Q < 8	LEAF-Q $\geq$ 8
EI (kcal/vrk)	2274 $\pm$ 484 (n=44)	2395 $\pm$ 603 (n=37)
EA (kcal/kg/vrk)	36 $\pm$ 13 (n=52)	37 $\pm$ 11 (n=42)

LEAF-Q < 8 pistettä, kyselyn mukaan ei-alttiiden ryhmä; LEAF-Q  $\geq$  8 pistettä, kyselyn mukaan alttiiden ryhmä; EI, energy intake, energiensaanti; EA, energy availability, energiensaataavuus; n, otoskoko.

Energiensaantia ja -saatavuutta tarkasteltiin lisäksi eriytetysti jalkapalloilijoilla. Jalkapalloilijoiden joukossa energiensaannin ja LEAF-Q kokonaispisteiden välillä havaittiin tilastollinen yhteys ( $r=0,366$   $p=0,047$ ). Energiensaannin (kcal/vrk) todettiin olevan suurempaa henkilöillä, joilla LEAF-Q yhteispistemäärä oli korkeampi. Tulokset on esitetty kuvassa 7. Energiensaataavuuden ja LEAF-Q kokonaispisteiden välillä ei havaittu yhteyttä jalkapalloilijoiden joukossa ( $p>0,05$ )



KUVA 7. LEAF-Q kokonaispisteiden yhteys päivittäiseen energiansaantiin jalkapalloilijoilla. r, Pearsonin korrelaatiokerroin; p, tilastollisen merkitsevyyden tunnusluku; n, otoskoko; \*tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ).

### 8.2.2 Suorituskyky ja kehonkoostumus

Tutkimuksessa tarkasteltiin LEAF-Q:n kokonaispisteiden yhteyttä maksimaaliseen hapenottokykyyn, räjähtävään voimantuottokykyyn sekä kehonkoostumusmuuttujiin. Ryhmien välillä ei havaittu tilastollista yhteyttä suorituskyky- ja kehonkoostumusmuuttujien osalta ( $p > 0,05$ ). Vertikaalihypyjen ja maksimaalisen hapenottokyvyn keskiarvot ja keskihajonnat LEAF-Q kokonaispisteryhmittäytymisen mukaan on kirjattuna taulukkoon 9. Taulukossa 10 on esitetty puolestaan keskiarvot ja keskihajonnat kehonkoostumusmuuttujien osalta.

TAULUKKO 9. Vertikaalihyppyjen ja maksimaalisen hapenottokyvyn keskiarvot ja keskihajonnat LEAF-Q kokonaispisteryhmissä.

	LEAF-Q < 8	LEAF-Q ≥ 8
SJ (cm)	29,5 ± 3,7 (n=40)	31,0 ± 5,1 (n=36)
CMJ (cm)	31,1 ± 4,2 (n=46)	31,8 ± 5,4 (n=41)
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	43,9 ± 4,8 (n=35)	43,7 ± 3,9 (n=29)

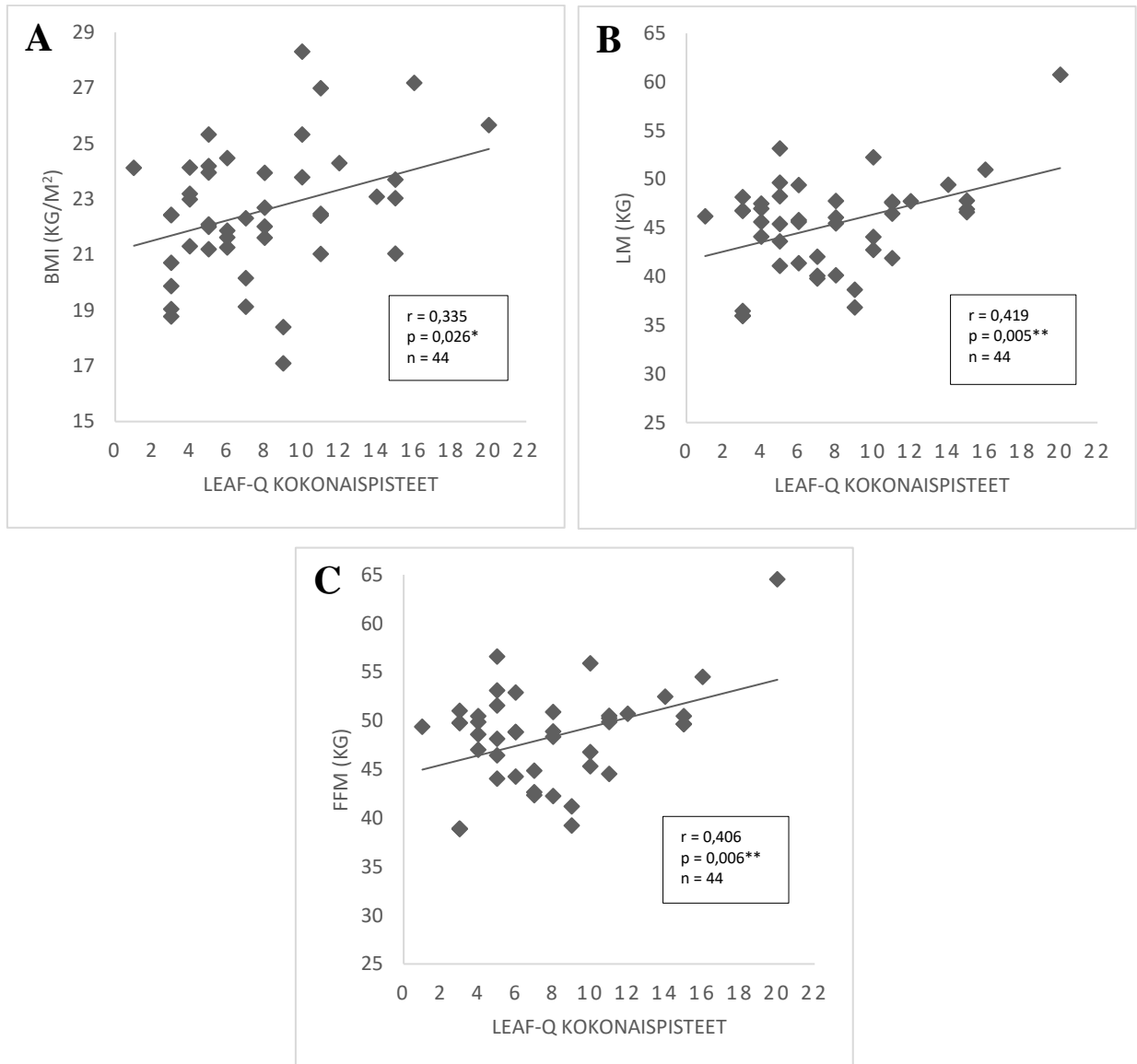
LEAF-Q < 8, ei-alttiit; LEAF-Q ≥ 8, alttiit; SJ, squat jump, staattinen hyppy; CMJ, countermovement jump; VO<sub>2</sub>max, maksimaalinen hapenottokyky.

TAULUKKO 10. Kehonkoostumusta kuvaavat muuttujat LEAF-Q pisteiden mukaan.

	LEAF-Q < 8 (n=58)	LEAF-Q ≥ 8 (n=46)
BM (kg)	68,0 ± 9,0	66,1 ± 8,5
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,7 ± 3,1	23,6 ± 2,7
FM (kg)	18,2 ± 6,1	16,7 ± 5,2
LM (kg)	46,5 ± 4,5	46,5 ± 4,8
FFM (kg)	49,5 ± 4,7	49,4 ± 5,0
BMD (g/cm <sup>2</sup> )	1,27 ± 0,07	1,26 ± 0,07

LEAF-Q < 8, ei-alttiit; LEAF-Q ≥ 8, alttiit; BM, bodymass, kehonpaino; BMI, bodymass index, painoindeksi; FM, fatmass, rasvamassa; LM, lean mass, lihasmassa; FFM, fat free mass, rasvatonmassa; BMD, bone mass density.

Jalkapalloilijoilla LEAF-Q kokonaispisteiden havaittiin korreloivan painoindeksin (r=0,335 p=0,026), lihasmassan (r=0,419 p=0,005) ja rasvattoman massan (r=0,406 p=0,006) kanssa. Painoindeksin havaittiin olevan korkeampi henkilöillä, joilla myös LEAF-Q kokonaispisteet olivat korkeammat. Lihasmassan ja rasvattoman massan osalta tulokset olivat saman suuntaisia painoindeksin kanssa (kuva 8).

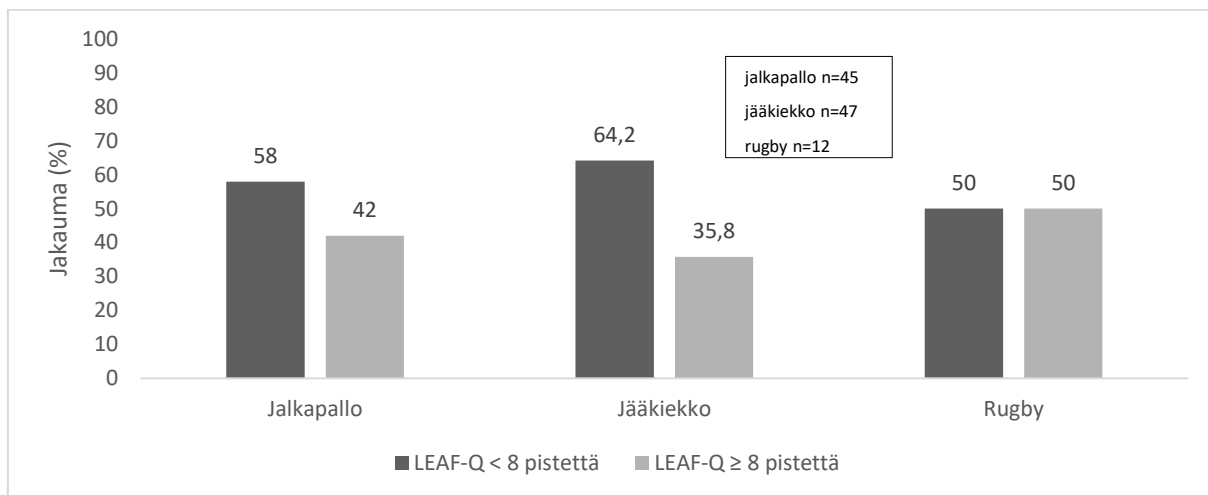


KUVA 8. LEAF-Q kokonaispisteiden yhteys jalkapalloilijoiden painoindeksiin (A), lihasmassaan (B) ja rasvattomaan massaan (C).  $r$ , Pearsonin korrelaatiokerroin;  $p$ , tilastollisen merkitsevyyden tunnusluku;  $n$ , otoskoko; \*tilastollisesti merkitsevää ( $p < 0,05$ ); \*\*tilastollisesti erittäin merkitsevää ( $p < 0,01$ ).

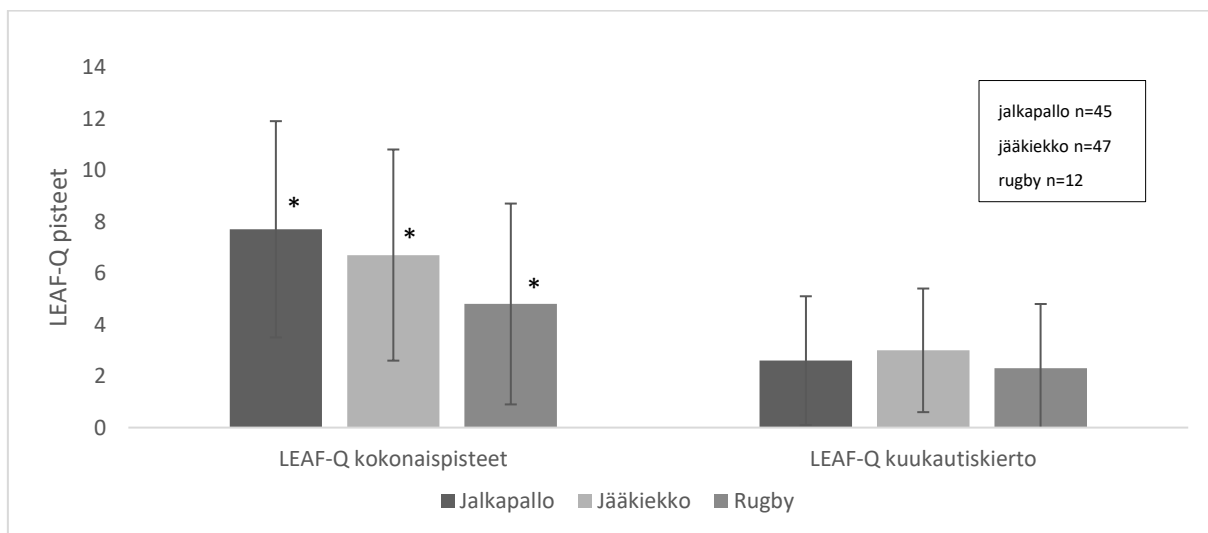
### 8.3 Lajin vaikutus energiansaataavuuteen, suorituskykyyn ja kehonkoostumukseen

Lajikohtaisessa tarkastelussa  $\geq 50$  % urheilijoista lukeutuu LEAF-Q kokonaispisteiden mukaan ei-alttiiden joukkoon lajista riippumatta (kuva 9). Tilastollisesti jakaumien välillä ei havaittu yhteyttä ( $p > 0,05$ ). LEAF-Q kokonaispisteet olivat korkeimmat jalkapalloilijoiden

joukossa ja matalimmat rugbyn pelaajilla. Jalkapalloilijoilla kokonaispisteet olivat keskiarvoisesti  $7,7 \pm 4,3$ , jääkiekkoilijoilla  $6,7 \pm 3,0$  ja rugbyn pelaajilla  $4,8 \pm 4,0$  (kuva 10). Edustetun lajin ja LEAF-Q kokonaispisteiden välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä yhteys ( $r=0,212$   $p=0,03$ ).



KUVA 9. LEAF-Q kokonaispisteiden prosentuaalinen jakauma edustetun lajin mukaan. LEAF-Q < 8 pistettä, ei-alttiiden joukko; LEAF-Q ≥ 8 pistettä, alttiiden joukko.



KUVA 10. LEAF-Q kokonaispisteiden ja kuukautispisteiden keskiarvot ja keskihajonnat lajikohtaisesti. \*tilastollisesti merkitsevä ero edustetun lajin ja LEAF-Q kokonaispisteiden välillä ( $p<0,05$ ).

Taulukossa 11 on kuvattuna energiansaanti ja energiansaatavuus eri lajien edustajilla. Energiansaatavuuden osalta erot olivat tilastollisesti merkitseviä jalkapalloilijoiden ja jääkiekkoilijoiden välillä ( $p < 0,001$ ) jalkapalloilijoiden energiansaatavuuden ollessa suurempi verrattuna jääkiekkoilijoihin. Energiansaannin osalta eroja ryhmien välillä ei havaittu ( $p > 0,05$ ).

TAULUKKO 11. Energiansaannin (EI) ja energiansaatavuuden (EA) keskiarvot ja keskihajonnat lajin mukaan.

	jalkapallo	jääkiekko	rugby
EI (kcal/vrk)	2456 ± 620 (n=34)	2242 ± 476 (n=40)	2273 ± 432 (n=11)
EA (kcal/kg/vrk)	42 ± 12** (n=38)	31 ± 11** (n=44)	37 ± 8 (n=12)

EI, energy intake, energiansaanti; EA, energy availability, energiansaatavuus; n, otoskoko.  
 \*\*tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ryhmien jalkapallo ja jääkiekko välillä,  $p < 0,001$ .

Taulukossa 12 on kuvattu suorituskykytulokset muodossa keskiarvo ± keskihajonta. Rugbyn pelaajat eivät suorittaneet staattista hyppyä. Lajikohtaiset erot vertikaalihypyissä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ( $p > 0,05$ ). Maksimaalinen hapenottokyky puolestaan oli korkein rugbyn pelaajilla ja matalin jääkiekon pelaajilla. Tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä jalkapalloilijoiden ja jääkiekkoilijoiden välillä sekä jääkiekkoilijoiden ja rugbyn pelaajien välillä ( $p \leq 0,05$ ). Jalkapalloilijoiden ja rugbyn pelaajien välinen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $p > 0,05$ ). Kehonkoostumusmuuttujista painoindeksi oli jalkapalloilijoilla matalampi verrattuna jääkiekkoilijoihin ja rugbyn pelaajiin (taulukko 13). Tilastollisesti tulokset olivat merkitseviä vain jalkapalloilijoiden ja jääkiekkoilijoiden välillä ( $p = 0,004$ ). Myös luuntiheydessä oli havaittavissa eroja ryhmien välillä. Korkein luuntiheys havaittiin rugbyn pelaajilla  $1,34 \pm 0,07$  (g/cm<sup>2</sup>). Tulos oli tilastollisesti merkitsevä suhteessa jalkapalloilijoihin ( $p = 0,009$ ) ja jääkiekkoilijoihin ( $p < 0,001$ ). Jalkapalloilijoiden ja jääkiekkoilijoiden välillä eroa ei ollut havaittavissa ( $p > 0,05$ ).

TAULUKKO 12. Suorituskykyä kuvaavien muuttujien keskiarvot ja keskihajonnat urheilulajeittain.

	jalkapallo	jääkiekko	rugby
SJ (cm)	29,3 ± 4,2 (n=35)	30,2 ± 4,6 (n=41)	
CMJ (cm)	30,8 ± 4,2 (n=35)	31,2 ± 4,9 (n=41)	34,4 ± 5,5 (n=12)
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	44,9 ± 4,2 <sup>a</sup> (n=31)	41,4 ± 4,4 <sup>ab</sup> (n=22)	45,2 ± 2,7 <sup>b</sup> (n=12)

SJ, squat jump, staattinen hyppy; CMJ, countermovement jump, kevennyshyppy; VO<sub>2</sub>max, maksimaalinen hapenottokyky. <sup>a</sup>tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien jalkapallo ja jääkiekko välillä,  $p \leq 0,05$ ; <sup>b</sup>tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien jääkiekko ja rugby välillä,  $p \leq 0,05$ .

TAULUKKO 13. Kehonkoostumusmuuttujien keskiarvot ja keskihajonnat lajien mukaan.

	jalkapallo (n=45)	jääkiekko (n= 47)	rugby (n=12)
BM (kg)	65,2 ± 9,2	68,8 ± 7,9	67,6 ± 9,5
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22,6 ± 2,3*	24,4 ± 2,7*	24,5 ± 4,1
FM (kg)	16,9 ± 5,0	18,4 ± 6,5	16,7 ± 5,1
LM (kg)	45,4 ± 4,8	47,3 ± 3,9	47,9 ± 5,6
FFM (kg)	48,3 ± 5,1	50,1 ± 4,0	50,9 ± 6,0
BMD (g/cm <sup>2</sup> )	1,27 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,24 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,34 ± 0,07 <sup>ab</sup>

BM, bodymass, kehonpaino; BMI, bodymass index, painoindeksi; FM, fatmass, rasvamassa; LM, lean mass, lihassmassa; FFM, fat free mass, rasvatonmassa; BMD, bone mass density, luuntiheys; n, otoskoko. \*tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien jalkapallo ja jääkiekko välillä ( $p < 0,01$ ), <sup>a</sup>tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien jalkapallo ja rugby välillä ( $p \leq 0,05$ ), <sup>b</sup>tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ryhmien jääkiekko ja rugby välillä ( $p < 0,001$ ).



## 9 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää LEAF-Q kokonaispisteiden ja kuukautiskierronhäiriöiden yhteyksiä energiastatukseen, kehonkoostumusmuuttujiin, suorituskykyyn sekä valittuihin hormonitasoihin naispaloilijoilla. Matala energiansaataavuus määritettiin hyödyntäen ruoka- ja harjoituspäiväkirjoja, joista arvioitiin laskennallisesti päivän aikainen energiansaataavuus. Alttiutta matalalle energiansaataavuudelle tarkasteltiin lisäksi LEAF-Q:n avulla. Tilastollista yhteyttä LEAF-Q:n kokonaispistemäärän sekä laskennallisen energiansaataavuuden ja fysiologisten muutosten välillä ei havaittu tarkastellessa koko tutkimusjoukkoa. Myöskään kuukautisstatuksen ei havaittu koko tutkimusjoukossa merkitsevästi vaikuttavan tutkittavien energiastatukseen, kehonkoostumusmuuttujiin tai suorituskykyyn. Tämän tutkimuksen tulokset ovat osittain ristiriidassa aiemman tutkimusnäytön kanssa.

Tutkimusjoukosta 51 % lukeutui kuukautisstatuksen mukaan eumenorriisiin ja kuukautishäiriöisten joukkoon puolestaan määritettiin 10 %. Loput 39 % tutkittavista käyttivät hormonaalista ehkäisyä, joten heidän normaalin kuukautiskierronsa määrittäminen oli mahdotonta. Tutkimusaineiston jakauman perusteella palloilijoista suurimmalla osalla kuukautiskierto noudatti normaalia rytmiä. Prosentuaaliset esiintyvyydet ovat linjassa aiemman tutkimusnäytön kanssa. Palloilulajeja ei ole yleisesti pidetty kuukautiskierron häiriöille altistavana tekijänä (Tenforde ym. 2016; Brook ym. 2019). Toisaalta tulokset myötäilevät myös Nattivin ym. (2007) tutkimusta, jossa kuukautiskierronhäiriöitä on todettu lajista riippumatta. Jotta tulevaisuudessa kuukautishäiriöiden syihin ja seurauksiin pystytään puuttumaan entistä tehokkaammin, on tärkeää, että matalaan energiansaataavuuteen liittyvää tutkimusta ei kohdisteta pelkästään painosensitiivisten lajien edustajiin. Kuukautiskierron häiriöt toimivat vain yhtenä matalan energiansaataavuuden markkerina ja siksi aihealuetta on syytä tarkastella kuukautiskierron lisäksi myös laajemmin. Kuukautishäiriöiden lisäksi matalan energiansaataavuuden oireyhtymää on seulottu tutkimuksessa LEAF-Q:n avulla. Tutkimusjoukosta 44,2 % lukeutui kyselyn perusteella matalalle energiansaataavuudelle alttiiden ryhmään ja vastaavasti 55,8 % ei-alttiiden joukkoon. Kuukautishäiriöisten ryhmässä LEAF-Q kokonaispisteet olivat keskiarvoisesti korkeammat ( $8,3 \pm 3,2$  pistettä) verrattuna

eumenorrisiin sekä hormonaalista ehkäisyä käyttäviin. Vaikka eroja ei voida pitää tilastollisesti merkitsevinä, tulokset tukevat aiempaa tutkimusnäyttöä, jossa kysely on todettu validiksi menetelmäksi matalan energiansaatavuuden seulontaan (Melin ym. 2015).

## 9.1 Energiastatus

Energiansaatavuuden havaittiin olevan alhaisinta ( $31,5 \pm 8,7$  kcal/kg/vrk) kuukautishäiriöisten joukossa. Eumenorrisilla ja hormonaalista ehkäisyä käyttävillä energiansaatavuus oli puolestaan kummassakin ryhmässä keskiarvoisesti yli 37 kcal/kg/vrk. Kuukautiskierronhäiriöt ovat usein seurausta matalasta energiansaatavuudesta ja siksi kuukautisstatuksen ja energiansaatavuuden välistä yhteyttä voidaan pitää todennäköisenä (Loucks 2005; Nattiv ym. 2007; Melin ym. 2019). Tässä tutkimuksessa saadut tulokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä, jonka vuoksi energiansaatavuuden ja kuukautiskierronhäiriöiden yhteyttä ei voida tämän tutkimuksen perusteella yleistää suomalaiseen naispalloluun. Vaikka tutkimusjoukko oli melko suuri ( $n=105$ ), kuukautishäiriöistä kärsivät urheilijat edustivat tutkimuksessa vähemmistöä ( $n=11$ ). Kuukautishäiriöisten ryhmän (KKH) pieni otoskoko todennäköisesti selittää osaltaan kuukautishäiriöiden ja energiansaatavuuden osalta havaittuja tuloksia.

LEAF-Q kokonaispisteluoittelussa energiansaatavuus oli alttiiden ryhmässä keskiarvoisesti korkeampi ( $36,5 \pm 11,4$  kcal/kg/vrk) verrattuna ei-alttiiden joukkoon ( $35,8 \pm 12,6$  kcal/kg/vrk). Erot ryhmien välillä olivat kuitenkin pieniä eikä LEAF-Q kokonaispisteiden yhteyttä laskennalliseen energiansaatavuuteen voida pitää tilastollisesti merkitseväenä. Saadut tulokset ovat ristiriidassa aiemman tutkimusnäytön kanssa. Matalaa energiansaatavuutta seulovalla LEAF-Q:lla on todettu korkea validiteetti ja reliabiliteetti (Melin ym. 2015). Kyselyssä tarkastellaan matalasta energiansaatavuudesta aiheutuvien muutosten ilmentymää. Korkeat kokonaispisteet viittaavat matalan energiansaatavuuden aiheuttamien muutosten laajempaan esiintyvyyteen. Tämän pohjalta olisi oletettavaa, että laskennallinen energiansaatavuus olisi alttiiden joukossa matalampi verrattuna ei-alttiiden joukkoon. (Joy ym. 2014; Mountjoy ym. 2014; Melin ym. 2015.) Kaikissa ryhmissä energiansaatavuuden arvot kuitenkin ylittivät matalalle energiansaatavuudelle määritetyn alaraja-arvon 30

kcal/kg/vrk, jonka jälkeen sekä fysiologisia että psykologisia muutoksia on lähtökohtaisesti havaittu (Loucks 2003; Loucks 2005; Nattiv ym. 2007). Kyseisessä tutkimusjoukossa urheilijoiden energiansaataavuuden voidaan mahdollisesti todeta olevan riittävällä tasolla, jonka vuoksi yhteydet energiansaataavuuden, kuukautisstatuksen, suorituskyvyn ja kehonkoostumuksen välillä jäävät havaitsematta. Tulosten mukaan keskiarvoinen energiansaataavuus jää kuitenkin melko kauas urheilijoille määritetystä optimaalisesta energiansaataavuudesta, joka on  $\geq 45$  kcal/kg/vrk (Nattiv ym. 2007; Elliott-Sale ym. 2018; Loucks ym. 2018). Urheilijat tarvitsevat energiaa esimerkiksi fyysisten ominaisuuksien kehittymiseen ja siksi energiansaataavuuden suositus on korkeampi urheilijoille verrattuna normaaliin väestöön.

## 9.2 Kehonkoostumus

Matalan energiansaataavuuden seurauksena muutoksia on havaittu usein myös kehonkoostumusmuuttujissa. Liian vähäisen energiansaannin aikaansaaman matalan BMI:n ja rasvattoman massan määrän on havaittu altistavan myös luuston heikentymiselle (De Souza ym. 2007; Melin ym. 2014; Elliott-Sale 2018). Koko tutkimusjoukossa kuukautisstatuksen ja kehonkoostumusmuuttujien välillä ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa havaittu tilastollista yhteyttä. Sekä kuukautishäiriöisillä, eumenorrisilla että hormonaalista ehkäisyä käyttävillä painoindeksi, rasvattoman massan määrä ja rasvamassan määrä olivat naisten viitearvoissa. Kuukautiskierron häiriöiden ei havaittu myöskään altistavan heikentyneelle luuntiheydelle tai lihasmassalle. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös LEAF-Q kokonaispisteiden yhteyttä kehonkoostumusmuuttujiin mutta tilastollista yhteyttä muuttujien välillä ei havaittu. Kehonpainon ja rasvamassan määrän havaittiin kuitenkin olevan matalalle energiansaataavuudelle alttiiden ryhmässä keskiarvoisesti matalampia verrattuna ei-alttiiden ryhmään. Tulokset ovat kuitenkin todennäköisesti selitettävissä tutkittavien pituudella, sillä ei-alttiiden ryhmässä tutkittavat olivat keskimääräisesti pidempiä. Tämän vuoksi myös korkeampi kehonpaino oli odotettavissa.

Jalkapalloilijoilla kuukautisstatuksen, LEAF-Q kokonaispisteiden ja kehonkoostumusmuuttujien välillä havaittiin kuitenkin tilastollisia yhteyksiä. Hormonaalista

ehkäisyä käyttävien joukossa kehonpainon ja rasvamassan määrän havaittiin olevan korkeampia verrattuna eumenorrusten joukkoon. Hormonaalista ehkäisyä käyttävien joukossa kehonpaino oli  $69,3 \pm 9,0$  kg ja rasvamassan määrä  $18,9 \pm 5,3$  kg. Eumenorrusten joukossa vastaavat arvot puolestaan olivat  $62,3 \pm 7,7$  kg (kehonpaino) ja  $15,4 \pm 4,2$  kg (rasvamassa). Hormonaalisen ehkäisyyn on havaittu vaikuttavan kehonkoostumukseen eli saadut tulokset ovat linjassa aiemman tutkimusnäytön kanssa (Vanheest ym. 2005). Lisäksi jalkapalloilijoiden joukossa kaikkien kehonkoostumusmuuttujien arvojen havaittiin olevan keskimääräisesti alhaisimpia kuukautishäiriöisten joukossa. Myös aiemman tutkimusnäytön perusteella kuukautiskierron häiriöistä kärsivien on havaittu olevan kehonkoostumukseltaan kevyempiä ja hoikkarakenteisempia verrattuna eumenorrusten joukkoon (Arena ym. 1995; Warren ym. 1999) Pienen otoskoon ( $n=2$ ) vuoksi kuukautishäiriöisten jalkapalloilijoiden tuloksia ei voida tässä tutkimuksessa kuitenkaan pitää tilastollisesti merkitsevinä. Jatkotutkimuksissa suurempi otanta mahdollistaisi kuukautiskierronhäiriöiden ja kehonkoostumusmuuttujien yhteyksien syvemmän tarkastelun jalkapalloilijoilla.

LEAF-Q kokonaispisteiden puolestaan havaittiin korreloivan jalkapalloilijoilla BMI:n, lihasmassan ja rasvattoman massan kanssa. Korkeampien kokonaispisteiden havaittiin olevan yhteydessä korkeampiin arvoihin myös kehonkoostumusmuuttujissa. Aiemman tutkimusnäytön perusteella matalaan energiansaataavuuteen puolestaan liitetään usein alhaisempi kehonpaino, BMI sekä lihasmassan määrä (De Souza ym. 2007; Melin ym. 2014; Rodriguez ym. 2009). Jalkapalloilijoilla havaittuja tuloksia voidaan siis pitää ristiriitaisina aiempaan tutkimusnäyttöön verrattuna. Myös rasvamassaa on usein havaittu olevan suhteellisesti vähemmän matalasta energiansaataavuudesta kärsivillä. Tässä tutkimuksessa LEAF-Q kokonaispisteiden ja rasvamassan välillä ei kuitenkaan havaittu yhteyttä. Jalkapalloilijoita tutkittaessa otanta jäi melko pieneksi ( $n=44$ ). Jotta tutkimuksessa saadut yhteydet LEAF-Q kokonaispisteiden ja kehonkoostumusmuuttujien välillä olisi yleistettävissä jalkapalloilijoiden joukkoon, tarvittaisiin aiheesta huomattavasti lisää tutkimusnäyttöä. Kehonkoostumukseen vaikuttaa matalan energiansaataavuuden lisäksi lukuisia muita tekijöitä, jotka tulee ottaa huomioon saatuja tuloksia tarkastellessa.

### 9.3 Suorituskyky

Tässä tutkimuksessa tilastollisia yhteyksiä kuukautisstatuksen ja suorituskyvyn välillä ei havaittu. Tulokset ovat linjassa Cialldell-Kamin ym. (2014) tutkimuksen kanssa, jonka mukaan kuukautiskierronhäiriöt eivät altista lihasvoiman tai tehontuoton laskulle. Constantini ym. (2005) tutkimuksessa puolestaan amenorrusten naisurheilijoiden todettiin olevan alttiimpia suorituskyvyn laskulle verrattuna eumenorriisiin. Tässä tutkimuksessa suorituskykymuuttujina käytettiin vertikaalihypyjen hyppykorkeuksia sekä maksimaalista hapenottokykyä. Vaikka saatuja tuloksia ei voida pitää tilastollisesti merkitsevinä, kuukautishäiriöisten joukossa sekä hyppykorkeudet että maksimaalinen hapenottokyky olivat keskiarvoisesti matalampia verrattuna eumenorrusten ja hormonaalista ehkäisyä käyttävien joukkoon. Kuukautiskierron häiriöistä kärsivien urheilijoiden suorituskyvystä olisi tärkeä saada lisää tutkimuksia, jotta kuukautisstatuksen ja suorituskykymuuttujien välisistä korrelaatioista naispaloilijoilla saataisiin lisää tutkimusnäyttöä.

Myöskään LEAF-Q kokonaispisteiden mukaan alttiiden ja ei-alttiiden ryhmien välillä ei havaittu merkitsevää eroa suorituskykymuuttujissa. Mahdollinen kyselyn mukainen alttius ei siis tulosten mukaan aiheuta suorituskyvyn laskua. On kuitenkin tärkeää huomioida, että suorituskyky koostuu useista eri elementeistä (Constantini ym. 2005). Fyysisten ominaisuuksien lisäksi suorituskykyyn vaikuttaa vahvasti esimerkiksi yksilön perimä ja psyykinen lataus (Constantini ym. 2005; Gil ym. 2007), joten matalan energiansaataavuuden ja suorituskyvyn välinen yhteys voi jäädä poikkileikkaustutkimuksessa havaitsematta. Seurantatutkimus mahdollistaisi suorituskykymuuttujien ja energiansaataavuuden yhteyksien syvemmän tarkastelun useammassa eri aikapisteessä. On myös mahdollista, että matalasta energiansaataavuudesta johtuva suorituskyvyn lasku näkyy maksimaalisen suoriutumisen sijaan selkeämmin pelitilanteissa, sillä matalan energiansaataavuuden on havaittu vaikuttavan mm. palautumisnopeuteen, väsymykseen, loukkaantumisriskiin sekä sairasteluun (Rodriguez ym. 2009; Mountjoy ym. 2018; Arena ym. 1995; Nattiv ym. 2007; Cialdella-Kam ym. 2014). Tässä tutkimuksessa ei myöskään otettu huomioon edustettuja pelipaikkoja. Useiden tutkimusten mukaan pelipaikan on havaittu vaikuttavan keskeisesti suorituskykyyn (Reilly ym. 2000; Wisloff ym. 2004; Burr ym. 2008; Geithner ym. 2006). On siis mahdollista, että matalan energiansaataavuuden, kuukautishäiriöiden ja suorituskyvyn väliset yhteydet ovat

jääneet havaitsematta pelipaikasta johtuvien erojen vuoksi. Palloilijoiden suorituskykyä koskevissa jatkotutkimuksissa olisi mahdollisesti kannattavaa tarkastella tuloksia myös eriytetysti hyökkäävien ja puolustavien pelaajien osalta.

#### **9.4 Hormonitasot**

Tutkimuksessa tarkasteltiin leptiinin, trijodityroniinin ja IGF-1:n pitoisuuksia tutkittavilla. Aiemman tutkimusnäytön mukaan matalan energiansaataavuuden on havaittu vaikuttavan etenkin leptiinin ja trijodityroniinin pitoisuuksiin (Logue ym. 2017; Loucks & Thuma 2003; Hilton & Loucks 2000). Myös IGF-1 hormonin toiminnan on havaittu heikentyvän matalasta energiansaataavuudesta johtuvien kuukautishäiriöiden seurauksena (Loucks 2004; Elliott-Sale ym. 2018; Koehler ym. 2013). Leptiinin ja trijodityroniinin sekä kuukautiskierronhäiriöiden ja matalan energiansaataavuuden välillä ei kuitenkaan havaittu yhteyttä tässä tutkimuksessa. Tulokset ovat ristiriidassa aiemman tutkimusnäytön kanssa mutta samalla linjassa tämän tutkimuksen muiden tulosten kanssa. Tässä tutkimuksessa kuukautiskierronhäiriöiden ja matalan energiansaataavuuden välillä ei todettu merkitsevää yhteyttä, mikä todennäköisesti vaikuttaa myös hormonitasoihin. Vaikka tutkittavilla oli havaittavissa alttiutta matalalle energiansaataavuudelle, päivittäinen energiansaataavuus on mahdollisesti ollut riittävällä tasolla mahdollistaakseen elimistön normaalin endokriinisen toiminnan. Myös IGF-1 hormonin osalta tulokset ovat ristiriidassa aiemman tutkimusnäytön kanssa. Tässä tutkimuksessa kuukautishäiriöiden ei havaittu vaikuttavan IGF-1 hormonitasoihin. IGF-1:n havaittiin kuitenkin olevan hormonaalista ehkäisyä käyttävien ryhmässä matalampi verrattuna eumenorristen joukkoon.

#### **9.5 Lajien väliset erot**

Matalaa energiansaataavuutta ja mahdollisia fysiologisia muutoksia tarkasteltiin tutkimuksessa lisäksi lajikohtaisesti. Aiempaa tutkimusnäyttöä suomalaisten naispalloilijoiden matalan energiansaataavuuden vertailusta ei ole saatavilla. Keskiarvoisesti LEAF-Q kokonaispisteiden havaittiin olevan korkeimmat jalkapalloilijoiden ( $7,7 \pm 4,3$ ) joukossa verrattuna jääkiekkoilijoihin ( $6,7 \pm 3,0$ ) ja rugbyyn pelaajiin ( $4,8 \pm 4,0$ ) ( $p=0,03$ ). Tämän tutkimuksen

perusteella jalkapallo lajina altistaa todennäköisemmin matalalle energiansaataavuudelle verrattuna jääkiekkoon ja rugbyyn. Toisaalta tulokset ovat kuitenkin ristiriidassa laskennallisen energiansaataavuuden kanssa energiansaataavuuden ollessa korkein jalkapalloilijoiden keskuudessa ( $41,7 \pm 11,5$  kcal/kg/vrk). Tilastollisesti eron havaittiin olevan merkitsevä jääkiekkoilijoihin verrattuna, joilla laskennallinen energiansaataavuus puolestaan oli matalin. Lajien välillä havaitut ristiriitaiset erot tuovat mahdollisesti esiin tutkimuksessa hyödynnettyjen menetelmien heikkouksia, joita käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa. Myös suorituskyvyssä sekä kehonkoostumuksessa oli havaittavissa eroja lajien välillä. Suorituskykyyn ja kehonkoostumukseen liittyvät erot ovat kuitenkin todennäköisesti selitettävissä enemmän edustettujen lajien vaatimuksilla kuin energiansaataavuudella.

## **9.6 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet**

Kuukautisstatuksen määrittäminen ja LEAF-Q kokonaispisteet perustuivat itseraportoituun kyselylomakkeeseen. Tutkittavat täyttivät lomakkeet itsenäisesti vapaa-ajallaan eikä lomakkeen täyttöä valvottu. Kyselylomakkeiden täyttö ohjeistettiin kuitenkin tarkasti ennen tutkimusdatan keräämistä ja kyselyn analysoinnista vastasi tutkimushenkilöstö. Kyselylomakkeiden luotettavuus on vahvasti riippuvainen vastausten todenmukaisuudesta sekä tulkinnasta (Koehler ym. 2013; Heikura ym. 2019) ja siksi itseraportoitua tutkimusdataa on syytä tarkastella kriittisesti (Tenforde ym. 2016). Myös energiastatusten määrittäminen perustui tutkittavien itseraportointiin. Energiansaataavuus määritettiin laskennallisesti hyödyntäen ruoka- ja harjoituspäiväkirjoja kolmen päivän ajalta. Energiansaannin ja -saataavuuden määrittämiseen sisältyy lukuisia mahdollisia virhelähteitä. Etenkin ruokapäiväkirjoissa on havaittu, että päiväkirjaan merkityt ateriakoot ja -sisällöt eivät välttämättä vastaa todellisuutta (Burke ym. 2005; Koehler ym. 2013). Raportoinnissa on havaittu sekä ali- että yliarviointia ravintoaineiden suhteen (Schoeller 1995). Mahdolliset virheet raportoinnissa voivat olla seurausta esimerkiksi siitä, että päiväkirja on täytetty vasta jälkikäteen, jolloin tutkittava ei muista aterioiden todellista kokoa ja sisältöä (Schoeller 1995; Burke ym. 2005). Tahattomien virheiden lisäksi ruokapäiväkirjojen täytössä on havaittu myös tahallista vääristämistä (Schoeller 1995; Burke ym. 2005). On myös mahdollista, että kolmen päivän seurantajakso on vaikuttanut tutkittavien syömiskäyttäytymiseen, jolloin saadut tulokset eivät ole yleistettävissä normaaliin arkeen. Kuukautisstatusta ja syömiskäyttäytymistä koskevat kysymykset koetaan

lisäksi usein hyvin henkilökohtaisina, minkä vuoksi mahdollisuus vastausten vääristymiseen kasvaa entisestään. Tutkimukseen osallistuneet olivat keskimäärin melko nuoria  $20,7 \pm 4,8$  vuotta, ja etenkin nuorena omaan kehoon ja syömiseen kohdistuvat aihealueet ovat arkoja (Maughan & Burke 2002; Sanborn ym. 2000). Tämän vuoksi raportoinnissa saatetaan kokea tarvetta täyttää tietynlaiset odotukset.

Huolellisuudesta huolimatta myös tulosten analysointivaiheessa on mahdollisuus virheille. Ruoka- ja harjoituspäiväkirjojen tarkasta ohjeistuksesta huolimatta päiväkirjojen analysointiin sisältyy usein tulkintaa. Tässä tutkimuksessa energiansaannin määrittämiseen hyödynnettiin paperista ruokapäiväkirjaa, josta data siirrettiin tutkimushenkilöstön toimesta Fineliin. Esimerkiksi epätarkasti kirjatut annoskoot ovat voineet altistaa virheille. LEAF-Q tulosten analysoinnin tukena puolestaan hyödynnettiin kirjallista ohjeistusta osa-alueiden pisteytykseen. Selkeästä ohjeistuksesta, analysoijien ammattitaidosta ja tarkkuudesta huolimatta myös mekaaninen analysointi sisältää aina virheen mahdollisuuden (Tosi ym. 2020). Tutkimuksen tarkoitukseen poikkileikkaustutkimusta voidaan pitää riittävän luotettavana tutkimusmuotona. Poikkileikkaustutkimuksen keskeisenä heikkoutena kuitenkin pidetään sen kykyä kuvata muuttujien välisiä yhteyksiä vain tietyssä aikapisteessä. Tutkimuksessa hyödynnetyistä muuttujista kehonkoostumuksen ja suorituskyvyn muuttujat ovat alttiita päiväkohtaiselle vaihtelulle esimerkiksi kuukautiskierron vaiheen mukaan (Bonen ym. 1991; Nicklas 1989). Maksimaalista suorituskykyä tarkastellessa myös motivaatiolla, palautuneisuudella ja harjoituskauden vaiheella on merkittävä vaikutus saatuihin tuloksiin (Constantini ym. 2005; Gil ym. 2007). Tässä tutkimuksessa mittauspäiviä ei kuitenkaan standardoitu kuukautiskierron, harjoitusten kuormittavuuden tai harjoituskauden vaiheen mukaan. Tutkimuksen heikkouksista tai mahdollisista virhelähteistä huolimatta saatuja tuloksia voidaan kuitenkin pitää luotettavina.

Matalaa energiansaataavuutta on tarkasteltu etenkin painosensitiivisten lajien edustajilla. Tutkimusnäytön perusteella matala energiansaataavuus ja sen seurauksena ilmenevät terveyshaitat ovat kuitenkin painosensitiivisiä lajeja laajempi ilmiö naisurheilussa (Koehler ym. 2013; Brook ym. 2019). Tutkimuksen vahvuutena voidaankin pitää tutkimusjoukkoa, jossa oli edustettuna palloilulajeja Suomen korkeimmilta sarjatasoilta sekä maajoukkueista.



Aihealueeseen kohdistuvan tutkimuksen myötä matalalle energiansaatavuudelle altistavista tekijöistä saadaan lisätietoa ja seurausten ennaltaehkäisyyn voidaan puuttua hyvissä ajoin.

## 9.7 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen mukaan kuukautiskierron häiriöitä sekä alttiutta matalalle energiansaatavuudelle on havaittavissa myös suomalaisilla naispallolijoilla. Tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä kuukautiskierron häiriöiden, matalan energiansaatavuuden ja tarkasteltujen muuttujien välillä ei kuitenkaan havaittu. Tutkittavat jaettiin tutkimuksessa ryhmiin sekä kuukautisstatuksen että LEAF-Q kokonaispisteiden mukaan. Yhdessäkin ryhmässä laskennallinen energiansaatavuus ei kuitenkaan alittanut matalalle energiansaatavuudelle määritettyä alaraja-arvoa 30 kcal/kg/vrk, jonka jälkeen fysiologisia ja psykologisia muutoksia on lähtökohtaisesti havaittu. Vaikka alttiutta ja viitteitä matalasta energiansaatavuudesta on havaittavissa, energiansaatavuus on kyseisessä tutkimusjoukossa ollut todennäköisesti kuitenkin riittävällä tasolla elimistön normaalin toiminnan mahdollistamiseksi. Tämän vuoksi muutoksia ei todennäköisesti ole suoraan havaittavissa myöskään kehonkoostumuksessa, hormonitoiminnassa tai suorituskyvyssä. Toisaalta aiempi tutkimusnäyttö matalan energiansaatavuuden vaikutuksista on myös osittain ristiriitaista, joten yksiselitteistä ymmärrystä muuttujien välisistä yhteyksistä ei vielä ole. LEAF-Q:n validiteetista ja reliabiliteetista huolimatta on tärkeä huomioida, että kohonnut alttius ei välttämättä korreloi suoraan fysiologisten muutosten kanssa. Tutkimusnäytön perusteella kyselyä voidaan kuitenkin pitää luotettavana menetelmänä matalan energiansaatavuuden seulonnassa. Vastausten perusteella alttius voidaan havaita hyvissä ajoin ja terveydelle haitallisia muutoksia voidaan ennaltaehkäistä.

Koska kuukautishäiriöitä on havaittu etenkin painosensitiivisten ja kestävyyttä painottavien lajien edustajilla, voidaan kyseisiä lajiryhmiä pitää ensisijaisina matalan energiansaatavuuden tutkimuskohteina. Urheilijoille suunnatuissa jatkotutkimuksissa on kuitenkin tärkeä tarkastella aihetta myös laajemmin, sillä matalaa energiansaatavuutta on havaittu lajista ja sukupuolesta riippumatta. Tutkimusten avulla voidaan lisätä urheilijoiden tietoisuutta matalasta energiansaatavuudesta ja sen seurauksista terveydellisestä näkökulmasta.

## LÄHTEET

- Arena, B., Maffulli, N., Maffulli, F. & Morleo, M. (1995). Reproductive hormones and menstrual changes with exercise in female athletes. *Sports Medicine* 19 (4), 278–287.
- Areta, J., Taylor, H. & Koehler, K. (2021). Low energy availability: history, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males. *European Journal of Applied Physiology* 121 (1), 1–21.
- Ainsworth, B., Haskell, W., Herrmann, S., Meckes, N., Basset, D., Tudor-Locke, C., Greer, J., Vezina J., Whitt-Glover, M. & Leon A. (2011). Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43 (8), 1575–1581.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders DSM-IV*. Washington, DC.
- Bennell, K., White, S. & Crossley, K. (1999). The oral contraceptive pill: a revolution for sportswomen? *British Journal of Sports Medicine* 33 (4), 231–238.
- Bonci, C., Bonci, L., Granger, L., Johnson, C., Malina, R., Milne, L., Ryan, R. & Vanderbunt, E. (2008). National athletic trainers' association position statement: Preventing, detecting, and managing disordered eating in athletes. *Journal of Athletic Training* 43 (1), 80–108.
- Bonen, A., Haynes, F. & Graham, T. (1991). Substrate and hormonal responses to exercise in women using oral contraceptives. *Journal of Applied Physiology* 70 (5), 1917–1927.
- Bosco, C., Luhtanen, P. & Komi, P. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 50 (2), 273–282.
- Brook, E., Tenforde, A., Broad, E., Matzkin, E., Yang, H., Collins, J. & Blauwet, C. (2019). Low energy availability, menstrual dysfunction and impaired bone health: A survey of elite para athletes. *Scandinavian Journal of Medical & Science* 29 (5), 678–685.
- Bryner, R., Toffle, R., Ullrich, I. & Yeater, R. (1996). Effect of low dose oral contraceptives on exercise performance. *British Journal of Sports Medicine* 30 (1), 36–40.

- Burke, L., Warziski, M., Starrett, T., Choo, J., Music, E., Sereika, S., Stark, S. & Sevick, M. (2005). Self-monitoring dietary intake: current and future practices. *Journal of Renal Nutrition* 15 (3), 281–290.
- Burr, J., Jamnik, R., Baker, J., Macpherson, A., Gledhill, N. & McGuire, E. (2008). Relationship of physical fitness test results and hockey playing potential in elite-level ice hockey players. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Casazza, G., Suh, S-H., Miller, B., Navazio, F. & Brooks, G. (2002). Effects of oral contraceptives on peak exercise capacity. *Journal of Applied Physiology* 93 (5), 1698-1702.
- Cialdella-Kam, L., Guebels, C., Maddalozzo, G. & Manore, M. (2014). Dietary intervention restored menses in female athletes with exercise-associated menstrual dysfunction with limited impact on bone and muscle health. *Nutrients* 6 (8), 3018–3039.
- Ciloglu, F., Peker, I., Pehlivan, A., Karacabey, K., Ilhan, N., Saygin, O. & Ozmerdivenli, R. (2005). Exercise intensity and its effects on thyroid hormones. *Neuroendocrinology Letters* 6 (26), 830–834.
- Constantini, N., Dubnov, G. & Lebrun, C. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in Sports Medicine* 24 (2), 51–82.
- Cunningham, J. (1980). A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *The American journal of Clinical Nutrition* 33 (11), 2372–2374.
- Day, J., Wengreen, H., Heath, E. & Brown, K. (2015). Prevalance of low energy availability in collegiate female runners and implementation of nutrition education intervention. *Sports Nutrition and Therapy* 1 (1), 1–7.
- De Souza, M. & Williams, N. (2004). Physiological aspects and clinical sequelae of energy deficiency and hypoestrogenism in exercising women. *Human Reproduction Update* 10 (5), 433–448.
- De Souza, M., Lee, D., Vanheest, J., Scheid, J., West, S., & Williams, N. (2007). Severity of energy-related menstrual disturbances increases in proportion to indices of energy conservation in exercising women. *Fertility & Sterility* 88 (4), 971–975.
- Duthie, G., Pyne, D., Hopkins, W., Livingstone, S. & Hooper, S. (2006). Anthropometry profiles of elite rugby players: quantifying changes in lean mass. *British Journal of Sports Medicine* 40 (3), 202–207.

- Elliott-Sale, K., Tenforde, A., Parziale, A., Holtzman, B. & Ackerman, K. (2018). Endocrine effects of relative energy deficiency in sport. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 28 (4), 335–349.
- Farley, J., Stein, J., Keogh, J., Woods, C. & Milne, N. (2020). The relationship between physical fitness qualities and sport-specific technical skills in female, team-based ball players: A systematic review. *Sports Medicine* 6 (18), 1–20.
- Frankovich, R. & Lebrun, C. (2000). Menstrual cycle, contraception, and performance. *Clinics in Sports Medicine* 19 (2), 251–271.
- Friedman, J. & Halaas, J. (1998). Leptin and the regulation of body weight in mammals. *Nature* 395 (6704), 763–770.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P., Koivisto, A. & Sundgot-Borgen, J. (2011). Effects of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 21 (2), 97–104.
- Geithner, C., Lee, A. & Bracko, M. (2006). Physical and performance differences among forwards, defensemen, and goalies in elite women’s ice hockey. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20 (3), 500–505.
- Gil, S., Ruiz, F., Irazusta, A., Gil, J. & Irazusta, J. (2007). Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 47 (1), 25–32.
- Harley, J., Hind, K. & O’Hara, J. (2011). Three-compartment body composition changes in elite rugby league players during a super league season, measured by dual-energy x-ray absorptiometry. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (4), 1024–1029.
- Harrell, J., McMurray, R., Baggett, C., Pennell, M., Pearce, P. & Bangdiwala, S. (2005). Energy costs of physical activities in children and adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37 (2), 329–336.
- Heikura, I., Uusitalo, A., Stellingwerff, T., Bergland, D., Mero, A. & Burke, L. (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 and Exercise Metabolism* 28 (4), 403–411.
- Heikura, I., Stellingwerff, T. & Areta, J. (2021). Low energy availability in female athletes: From the lab to the field. *European Journal of Sport Science* 22 (5), 709–719.

- Higham, D., Pyne, D., Anson, J. & Eddy, A. (2013). Physiological, anthropometric, and performance characteristics of rugby sevens players. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 8 (1), 19–27.
- Hilton, L. & Loucks, A. (2000). Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism* 278 (1), 43-49.
- Ihalainen, J., Löfberg, I., Kotkajuuri, A., Kyröläinen, H., Hackney, A. & Taipale-Mikkonen, R. (2021). Influence of menstrual cycle or hormonal contraceptive phase on energy intake and metabolic hormones: A pilot study. *Endocrines* 2 (2), 79–90.
- Isomaa, R., Lukkarila, I-L., Ollila, T., Nenonen, H., Charpentier, P., Sinikallio, S. & Karhunen, L. (2016). Development and preliminary validation of a Finnish version of the Eating Disorder Examination Questionnaire (EDE-Q). *Nordic Journal of Psychiatry* 70 (7), 542–546.
- Joy, E., De Souza, M., Nattiv, A., Misra, M., Williams, N., Mallinson, R., Gibbs, J., Olmsted, M., Goolsby, M., Matheson, G., Barrack, M., Burke, L., Drinkwater, B., Lebrun, C., Loucks, A., Mountjoy, M., Nichols, J. & Sundgot-Borgen, J. (2014). 2014 female athlete triad coalition consensus statement on treatment and return to play of the female athlete triad. *Current Sports & Medicine Reports* 13 (4), 219–232.
- Kiebzak, G., Leamy, L., Pierson, L., Nord, R. & Zhang, Z. (2000). Measurement precision of body composition variables using the lunar DPX-L densitometer. *Journal of Clinical Densitometry* 3 (1), 35–41.
- Koehler, K., Achtzehn, S., Braun, H., Mester, J. & Schaefer, 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 and Metabolism* 38 (7), 725–733.
- Koehler, K., Hoerner, N., Gibbs, J., Zinner, C., Braun, H., De Souza, M. & Schaefer, 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.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M. & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38 (6), 1165-1174.

- Logue, D., Madigan, S., Delahunt, E., Heinen, M., Mc Donnell, S-J. & Corish, C. (2017). Low energy availability in athletes: A review of prevalence, dietary patterns, physiological health, and sports performance. *Sports Medicine* 48 (1), 73–96.
- Loucks, A. & Heath, E. (1994). Induction of low-T3 syndrome in exercising women occurs at a threshold of energy availability. *American Journal of Physiology* 266 (3), 817–823.
- Loucks, A. (2003). Energy availability, not body fatness, regulates reproductive function in women. *Exercise & Sport Sciences reviews* 31 (3), 144–148.
- Loucks, A. & Thuma, J. (2003). Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 88 (1), 297–311.
- Loucks, A. (2004). Energy balance and body composition in sports and exercise. *Journal of Sports Sciences* 22 (1), 1–14.
- Loucks, A. (2005). Influence of energy availability on lutenizing hormone pulsatility and menstrual cyclicity. Teoksessa W. Kramer & A. Rogol (toim.) *The endocrine system in sports and exercise*. 6. painos. Malden; Oxford; Victoria: Blackwell Publishing, 232–249.
- Loucks, A., Kiens, B. & Wright, H. (2011). Energy availability in athletes. *Journal of Sport Sciences* 29 (51), 7–15.
- Luce, K. & Crowther, J. (1999). The reliability of the eating disorder examination – self-reported questionnaire version (EDE-Q). *The International Journal of Eating Disorders* 25 (3), 349–351.
- Lynch, N. & Nimmo, M. (1998). Effects of menstrual cycle phase and oral contraceptive use on intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 78 (6), 565–572.
- Manore, M. (2002). Dietary recommendations and athletic menstrual dysfunction. *Sports Medicine* 32 (14), 887–901.
- Matikainen, Niina. (2010). Sairaudet ja lääkkeet kilpirauhasongelmien aiheuttajana. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 126 (20), 2439.
- Maughan, R. & Burke, L. (2002). *Handbook of Sports Medicine and Science: Sports Nutrition*. 3. painos. E-kirja. John Wiley & Sons, Incorporated. Viitattu 18.2.2023.
- Meir, R. (1994). Evaluating player fitness in professional rugby league: reducing subjectivity. *Australian Strength & Conditioning Coach* 1 (4), 11–17.

- Meir, R., Newton, R., Curtis, E., Fardell, M. & Butler, B. (2001). Physical fitness qualities of professional rugby league football players: Determination of positional differences. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15 (4), 450–458.
- Melin, A., Tornberg, Å., Skouby, S., Faber, J., Ritz, C., Sjödin, A. & Sundgot-Borgen, J. (2015). 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., Skouby, S., Moller, S., Sundgot-Borgen, J., Faber, J., Sidelmann, J., Aziz, M. & Sjödin, A. (2014). 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., Skouby, S., Moller, S., Faber, J., Sundgot-Borgen, J. & Sjödin, 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., Heikura, I., Tenforde, A. & Mountjoy, M. (2019). Energy availability in athletics: Health, performance, and physique. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 29 (2), 152–164.
- Mishell, D. (1982). Noncontraceptive health benefits of oral steroidal contraceptives. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 142 (6), 809–816.
- Mond, J., Hay, P., Rodgers, B., Owen, C. & Beumont, P. (2004). Validity of the Eating Disorder Examination Questionnaire (EDE-Q) in screening for eating disorders in community samples. *Behaviour Research and Therapy* 42 (1), 551–567.
- 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). *British Journal of Sports Medicine* 48 (7), 491–497.
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Ackerman, K., Blauwet, C., Constantini, N., Lebrun, C., Lundy, B., Melin, A., Meyer, N., Sherman, R., Tenforde, A., Torstveit, M. & Budgett, R. (2018). IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *British Journal of Sports Medicine* 52 (11), 687–697.

- Myers, M., Cowley, M. & Munzberg, H. (2008). Mechanisms of leptin action and leptin resistance. *Annual Review of Physiology* 70 (1), 537–556.
- Nana, A., Slater, G., Stewart, A. & Burke, L. (2014). Methodology review: Using dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 24 (1), 198–215.
- Nattiv, A., Loucks, A., Manore, M., Sanborn, C., Sundgot-Borgen, J. & Warren, M. (2007). American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (10), 1867–1882.
- Nicklas, B., Hackney, A. & Sharp, R. (1989). The menstrual cycle and exercise: Performance, muscle glycogen, and substrate responses. *International Journal of Sports Medicine* 10 (4), 264–269.
- Notelovitz, M., Zauner, C., McKenzie, L., Suggs, Y., Fields, C. & Kitchens, C. (1987). The effect of low-dose oral contraceptives on cardiorespiratory function, coagulation, and lipids in exercising young women: a preliminary report. *American Journal of Obstetrics & Gynecology* 156 (3), 591–598.
- O'Donnell, E., Harvey, P. & De Souza, M. (2009). Relationships between vascular resistance and energy deficiency, nutritional status, and oxidative stress in oestrogen deficient physically active women. *Clinical Endocrinology* 70 (2), 294–302.
- Olds, T., Norton, K. & Craig, N. (1993). Mathematical model of cycling performance. *Journal of Applied Physiology* 75 (2), 730–737.
- Owen, J. Physiology of the menstrual cycle. *The American Journal of Clinical Nutrition* 28 (4), 333–338.
- Peric, R. & Nikolovski, Z. (2017). Validation of four indirect VO<sub>2</sub>max laboratory prediction tests in the case of soccer players. *Journal of Physical Education and Sport* 17 (2), 608–613.
- Procaccini, C., Jirillo, E. & Matarese, G. (2012). Leptin as an immunomodulator. *Molecular Aspects of Medicine* 33 (1), 35–45.
- Ravi, S., Ihalainen, J., Taipale-Mikkonen, R., Kujala, U., Waller, B., Mierlahti, L., Lehto, J. & Valtonen, M. (2021). Self-reported restrictive eating, eating disorders, menstrual dysfunction, and injuries in athletes competing at different levels and sports. *Nutrients* 13 (9), 1–11.



- Rodriguez, N., Marco, N. & Langley, S. (2009). American College of Sports Medicine position stand: Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41 (3), 709–731.
- Reilly, T., Bangsbo, J. & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences* 18 (9), 669–683.
- Sanborn, C., Horea, M., Siemers, B. & Dieringer, K. (2000). Disordered eating and the female athlete triad. *Clinics in Sports Medicine* 19 (2), 199–213.
- Schoeller, D. (1995). Limitations in the assessment of dietary energy intake by self-report. *Metabolism* 44 (2), 18–22.
- Spiering, B., Wilson, M., Judelson, D. & Rundell, K. (2003). Evaluation of cardiovascular demands of game play and practice in women's ice hockey. *Journal of Strength & Conditioning Research* 17 (2), 329–333.
- Strudwick, A., Reilly, T. & Doran, D. (2002). Anthropometric and fitness profiles of elite players in two football codes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 42 (2), 239–242.
- 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. (2004). Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. *Clinical Journal of Sport Medicine* 14 (1), 25–32.
- Sundgot-Borgen, J. & Torstveit, M. (2010). Aspects of disordered eating continuut in elite high-intensity sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (2), 112–121.
- Tenforde, A., Carlson, J., Chang, A., Sainani, K., Shultz, R., Kim, J., Cutti,P., Golden, N., Fredricson, M. (2016). Association of the female athlete triad risk assessment stratification to the development of bone stress injuries in collegiate athletes. *The American Journal of Sports Madicine* 45 (2), 302–310.
- Thomas, T., Burke, L. & Erdman, K. (2016). Nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 48 (3), 543–568.
- Tipton, K. & Witard, O. (2007). Protein requirements and recommendations for athletes: relevance of ivory tower arguments for practical recommendations. *Clinics in Sports Medicine* 26 (1), 17–36.

- Tosi, M., Radice, D., Carioni, G., Vecchiati, T., Fiori, F., Parpinel, M. & Gnagnarella, P. (2021). Accuracy of applications to monitor food intake: evaluation by comparison with 3-d food diary. *Nutrition* 84 (1), 1–7.
- Vanheest, J., Mahoney, C. & Rodgers, C. (2005). Oral contraceptive use and physical performance. Teoksessa W. Kramer & A. Rogol (toim.) *The endocrine system in sports and exercise*. 6. painos. Malden; Oxford; Victoria: Blackwell Publishing, 250–260.
- Volek, J. & Sharman, M. (2005). Diet and hormonal responses: Potential impact on body composition. Teoksessa W. Kramer & A. Rogol (toim.) *The endocrine system in sports and exercise*. 6. painos. Malden; Oxford; Victoria: Blackwell Publishing, 426–443.
- Warren, M., Voussoughian, F., Geer, E., Hyle, E., Adberg, C. & Ramos, R. (1999). Functional hypothalamic amenorrhea: Hypoleptinemia and disordered eating. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 84 (3), 873–877.
- Wade, G. & Schneider, J. (1992). Metabolic fuels and reproduction in female mammals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 16 (2), 235–272.
- Wade, G. & Jones, J. (2004). Neuroendocrinology of nutritional infertility. *American Journal of Physiology* 287 (6), 1277–1296.
- Williams, N. & De Souza, M. (2005). Energy balance and exercise-associated menstrual cycle disturbances: Practical and clinical considerations. Teoksessa W. Kramer & A. Rogol (toim.) *The endocrine system in sports and exercise*. 6. painos. Malden; Oxford; Victoria: Blackwell Publishing, 261–278.
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine* 38 (3), 285–288.
- Yeager, K., Agostini, R., Nattiv, A. & Drinkwater, B. (1993). The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25 (7), 775–777.