

**RAVINNON, KEHONKOOSTUMUKSEN, HARJOITTELUN, VAMMOJEN JA
HORMONITOIMINNAN YHTEYKSIÄ NUORTEN KESTÄVYYSJUOKSIJOIDEN
KILPAILUTULOKSIIN**

Oona Kettunen

Liikuntafysiologia

Pro Gradu -tutkielma

Kevät 2018

Liikuntabiologia

Jyväskylän yliopisto

Työnohjaajat: Antti Mero

Heikki Kyröläinen

TIIVISTELMÄ

Kettunen, Oona. 2018. Ravinnon, kehonkoostumuksen, harjoittelun, vammojen ja hormonitoiminnan yhteyksiä nuorten kestävyysjuoksijoiden kilpailutuloksiin. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, 88 s., 4 liitettä.

Johdanto. Kestävyysjuoksijat ovat keskimäärin muuta väestöä huomattavasti pienempiä sekä massaltaan että rasvaprosenttiltaan. Ei kuitenkaan tiedetä, onko pienikokoisuus edellytys huipulle pääsemiseksi vai seurausta huipulle pääsemiseen vaadittavasta harjoittelusta. Äärimmäisen alhaisen kehonpainon tavoitteluun liittyy merkittävä hormonitoiminnan häiriytymisen riski, joka voi kääntää sen vaikutukset terveydelle ja suorituskyvyille negatiivisiksi. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää suomalaisten nuorten kestävyysjuoksijoiden kehonkoostumuksen, hormonitoiminnan, vammojen, harjoittelun ja ravitsemuksen yhteyttä suorituskykyyn.

Menetelmät. Suomalaiset 17–22-vuotiaat kansallisen kärkitason nais- (n=13) ja mieskestävyysjuoksijat (n=13) sekä 19–23-vuotiaat kilpaurheilua harrastamattomat nais- (n=14) ja miesopiskelijat (n=10) osallistuivat vuoden seurantajakson aikana neljä (syys-, tammi-, touko- ja syyskuu) kertaa järjestettyihin mittauksiin Jyväskylän yliopistolla sekä täyttivät neljä (kilpailukausi, peruskuntokausi, kilpailuun valmistava kausi, kilpailukausi) seitsemän vuorokauden ruoka- ja harjoitus- tai arkiaktiivisuuspäiväkirjaa. Mittauspäivät sisälsivät pituuden, painon ja kehonkoostumuksen (DXA-menetelmä) mittaukset, paastoverinäytteet ja lyhyen maksimaalisen hapenottokyvyn juoksumattotestin. Verinäytteistä analysoitiin testosteronin, IGF-1:n, insuliinin, trijodityroniinin, kortisolin ja naisilla estradiolin pitoisuudet. Ruokapäiväkirjoista määritettiin energian ja energiaravintoaineiden saannit ja harjoitus- tai aktiivisuuspäiväkirjoista energiankulutus. Näiden perusteella määritettiin energian saatavuus ja energiatasapaino. Lisäksi harjoitusmäärät, sairastelu ja loukkaantumistiedot koko seurantavuoden ajalta kerättiin harjoitusseurantalomakkeilla. Naiset täyttivät matalan energian saatavuuden tunnistukseen tarkoitetun LEAF-kyselyn (The low energy availability in females questionnaire) ja kuukautisseurantalomakkeen, joiden perusteella heidät luokiteltiin normaalin kuukautiskierron (eumenorea) ryhmään (EUM, n=5) ja ryhmään, jolla luonnollinen kuukautisvuoto oli poissa yli kolmen kuukauden ajan (amenorea, AME, n=8). Kontrolliryhmä todettiin kierroltaan normaaliksi. Kilpailutulokset kerättiin tilastopaja.fi -tietokannasta ja pisteytettiin kansainvälisen yleisurheiluliiton (IAAF) pistetaulukoiden avulla. Normaalijakautuneet muuttujat analysoitiin t-testin ja Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Muuttujille, jotka eivät olleet normaalijakautuneita, käytettiin Mann-Whitneyn U-testiä ja Spearmanin korrelaatiokertoimta.

Tulokset. Naisjuoksijoiden ryhmää lukuun ottamatta tutkimuksen osallistujamäärä väheni paljon seurantajakson aikana. Naisjuoksijoiden (n=13) seurantavuoden keskimääräinen energian saatavuus oli 39 ± 2 kcal/kg/vrk ja miesjuoksijoilla (n=6) 31 ± 4 kcal/kg/vrk. Ryhmät eivät eronneet merkitsevästi kontrolliryhmistä. Juoksijat olivat molempien sukupuolten osalta kontrolliryhmään verrattuna merkittävästi kevyempiä (naiset $p=0,002$, miehet $p=0,046$). Etenkin rasvan määrä ja rasvaprosentti olivat huomattavasti alhaisempia ($p<0,001$). Naisjuoksijoiden keskimääräinen BMI oli $19,0 \pm 0,5$ kg/m² ja rasvaprosentti $15,0 \pm 1,5$ %. Miesjuoksijoilla vastaavat arvot olivat $21,1 \pm 0,3$ kg/m² ja $8,6 \pm 0,9$ %. AME-ryhmän ja EUM-ryhmän energian saatavuudessa ei havaittu eroa, mutta AME-ryhmän BMI ($p=0,011$), rasvaprosentti ($p=0,025$), rasvamassa ($p=0,030$), luuntiheys ($p=0,002$), Z-score ($p=0,027$) ja insuliinipitoisuudet ($p=0,019$) olivat alhaisemmat kuin EUM-ryhmällä. AME-ryhmä oli muita ryhmiä enemmän loukkaantuneena ja paransi tuloksiaan vähemmän, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Vuoden kokonaisjuoksumat mitrit korreloivat

sukupuolet yhdistäneellä aineistolla ennätystulosten kehittymiseen positiivisesti ($r=0,47$, $p=0,044$). Rasvaprosentin lasku ($r=-0,61$, $p=0,015$) ja negatiivinen energiatasapaino ($r=-0,51$, $p=0,030$) olivat yhteydessä positiiviseen tuloskehitykseen.

Pohdinta ja johtopäätös. Amenorriset naisjuoksijat ovat muita juoksijoita alttiimpia vammoille ja heidän suorituskyyksensä kehittyminen on epätodennäköisempää. Matalaa energian saatavuutta ei voida pitää ainoana hormonitoiminnan häiriötä selittävänä syynä tai energian saatavuuden arviointitarkkuus laboratorion ulkopuolella ei ole riittävä suhteellisen energiavajeen määrittämiseksi. Alhaiset juoksumäärät vaikuttaisivat olevan yhteydessä negatiivisiin kestävyysjuoksusuorituskyvyn muutoksiin sekä altistavan painon ja rasvaprosentin nousulle.

Avainsanat: kestävyysjuoksu, ravitsemus, kestävyysuorituskyky, hormonitoiminta, kehonkoostumus, suhteellinen energiavaje, urheiluvamma

Kiitokset. Kiitän Suomen Urheilututkimussäätiötä ja Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellistä tiedekuntaa tutkimuksen rahoituksesta. Lisäksi haluan kiittää professori Antti Meroa ja professori Heikki Kyröläistä, jotka toimivat työni ohjaajina sekä opiskelijakollega Suvi Ravia, erikoislaboratoriomestari Risto Puurtista, monia liikuntatieteellisen tiedekunnan opiskelijoita, jotka ovat panoksellaan merkittävästi auttaneet tutkimusaineiston keruussa ja analysoinnissa. Lopuksi kiitän vielä tutkimukseen vapaaehtoisesti osallistuneita tutkittavia.

ABSTRACT

Kettunen, Oona. Relationships between nutrition, body composition, exercise, injuries, hormonal function and competition performance in young endurance runners. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis in Exercise Physiology, 88 pp, 4 appendices.

Introduction. Endurance runners are typically thinner than the rest of population. However, is the small size needed to achieve top performance or is it a result of hard training volume? These questions are currently unknown. The pursuit of extremely low body weight involves a significant risk of endocrine disruption, which may cause negative health and performance consequences. The aim of this study was to explore the relationships between nutrition, body composition, exercise, injuries, hormonal activity and the competition performance in young endurance runners.

Methods. Thirteen 17–22-year-old women and men endurance runner from national top level and non-athlete control group (14 women, 10 men) were recruited to the study. During one-year follow-up the subjects took four times part in the measurements (September, January, May, September) at the University of Jyväskylä. Each subject also filled four food diaries and exercise (runners) or activity (controls) logs (during competition, general preparation, specific preparation and competition periods). Body height, weight, composition (DXA), fasting blood samples and VO_2max were investigated during the measurement days. Estradiol (for women only), testosterone, IGF-1, tri-iodothyronine, insulin and cortisol were analyzed from blood samples. Energy and macronutrient intakes were determined from food diaries and energy expenditure from activity or training logs. Nutrition and activity data was used to calculate energy availability and energy balance. In addition, training volumes and number of illness and injury days during the follow-up year were collected with Excel-form training summary. Women filled the LEAF -questionnaires (The low energy availability in females questionnaire) in the beginning of the study and wrote down their menstrual bleeding during the follow-up year. Women runners were classified as eumenorrheic (EUM, $n=5$) and amenorrheic (AME, $n=8$) according to their menstrual data. Women in the control group were eumenorrheic. The competition results were collected from the tilastopaja.fi -database and scored using IAAF (International Association of Athletics Federations) -points. The results were analyzed with either Student's t-test or Pearson's correlation coefficient (normally distributed data) or Mann-Whitney U-test or Spearman's correlation (non-normally distributed data).

Results. The drop-out number was rather big with the exception of women runners. The mean energy availability during follow-up year was 39 ± 2 kcal/kg/d ($n=13$) for women runners and 31 ± 4 kcal/kg/d for men runners ($n=6$). No significant difference between runners and controls was noticed. Both men ($p=0,046$) and women ($p=0,002$) runners had significantly lower body weight than the control group. Also fat percent was significantly lower in runners compared with controls ($p<0,001$). Men runners had mean BMI 21.1 ± 0.3 kg/m² and fat percent 8.6 ± 0.9 % while the same numbers in women were 19.0 ± 0.5 kg/m² and 15.0 ± 1.5 %. There was no significant difference in energy availability between AME- and EUM-groups, but AME-group had significantly lower mean BMI ($p=0.011$), fat percent ($p=0.025$), fat mass ($p=0.030$), bone mineral density ($p=0.002$), Z-score ($p=0.027$) and insulin concentration ($p = 0.019$) than EUM-group. Even though differences were not statistically significant AME-group had more injuries and less competition results development than other groups. Running kilometers during the year had positive correlation with performance development ($r=0.47$, $p=0.044$). Changes in the fat percentage ($r=-0.61$, $p=0.015$) and the

mean energy balance correlated negatively with competition result development ($r=-0.51$, $p=0.030$).

Conclusion. AME-runners were more prone to injuries and they were less likely to improve their competition results than other runners. Low energy availability does not seem to be the only cause for endocrine disruption or the accuracy of energy availability evaluation is not precise enough to determine relative energy deficiency outside the laboratory. Low running volume seems to have a negative effect on endurance running performance development and to expose weight and fat gain.

Key words. Endurance running, nutrition, performance, endocrine function, body composition, relative energy deficiency, injury

Acknowledgements. This study was financially supported by grants from the Finnish Sport Research Foundation and the Faculty of Sport and Health Sciences. I also wish to thank professor Antti Mero, professor Heikki Kyröläinen, student colleague Suvi Ravi and Chief Laboratory Technician Risto Puurtinen for their role in the study. Finally I want to thank all the participants for volunteering for the study.

KÄYTETYT LYHENTEET

AME	amenorrea, kuukautisten puuttuminen yli 90 vuorokauden ajan
BMD	bone mineral density, luun mineraalitiheys
BMI	body mass index, kehon painoindeksi
DXA	dual energy X-ray absorptiometry, kaksiennergisen röntgensäteen absorptiometria
E2	estradioli
EA	energy availability, energian saatavuus
EB	energy balance, energiatasapaino
EEE	exercise energy expenditure, harjoittelun aiheuttama energiankulutus
EI	energy intake, energiansaanti
EUM	eumenorrea, 21–34 vuorokauden välein esiintyvä kuukautiskierto
FFM	fat free mass, rasvaton massa
FM	fat mass, rasvamassa
IGF-1	insuliinin kaltainen kasvutekijä 1
IMTG	intramuscular triacylglyceride, lihaksen sisäiset triglyseridit
MET	metabolic equivalent
PAL	physical activity level, fyysistä aktiivisuutta kuvaava kerroin
REE	resting energy expenditure, lepoenergiankulutus
T3	trijodityroniini
TEE	total energy expenditure, kokonaisenergiankulutus
VO ₂ max	maksimaalinen hapenottookyky
vVO ₂ max	maksimaalinen aerobinen nopeus maksimaalisen hapenoton tasolla
Z-score	luun mineraalitiheyden ikävakioitu arvo

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO.....	1
2	KESTÄVYYSJUOKSUN SUORITUSKYKYÄ SELITTÄVÄT TEKIJÄT.....	3
2.1	Biomekaaniset tekijät	3
2.2	Fysiologiset tekijät.....	4
3	ANTROPOMETRIAN VAIKUTUKSET KESTÄVYYSJUOKSIJOIDEN SUORITUSKYKYYN	7
3.1	Antropometrian ja kestävyysuorituskyvyn yhteyksiä.....	7
3.2	Kehonkoostumuksen ja kilpailutulosten yhteyksiä miesjuoksijoilla.....	9
3.3	Kehonkoostumuksen ja kilpailutusten yhteyksiä naisjuoksijoilla.....	12
4	KESTÄVYYSJUOKSIJAN RAVITSEMUS.....	16
4.1	Hiilihydraatit.....	17
4.2	Proteiinit	19
4.3	Rasvat	20
5	ENERGIAN SAATAVUUS JA SEN MÄÄRITTÄMINEN	22
5.1	Energian saatavuus	22
5.2	Energian saannin arviointi	24
5.3	Energiankulutuksen arviointi.....	25
5.4	Kehonkoostumuksen arviointi.....	26
6	OPTIMAALISEN PAINON JA KEHONKOOSTUMUKSEN TAVOITTELUN HAASTEET KESTÄVYYSJUOKSIJOILLA	28
6.1	Energian saannin rajoittamisen yhteys suorituskykyyn	28
6.2	Suhteellinen energiavaje ja naisurheilijan oireyhtymä.....	30
6.3	Alhaisen energian saatavuuden yhteydet hormonipitoisuuksiin	35
7	TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT	39
8	MENETELMÄT.....	41
8.1	Tutkittavat.....	41
8.2	Koeasetelma.....	42
8.3	Aineiston keräys	42
8.4	Aineiston analysointi	46
8.5	Tilastolliset menetelmät.....	48
9	TULOKSET	49

9.1	Kuukautiskierto	49
9.2	Energiastatus.....	49
9.3	Energiaravintoaineet.....	50
9.4	Kehonkoostumus	52
9.5	Hormonit.....	54
9.6	Juoksumattotesti	56
9.7	Kilpailutulokset	56
9.8	Harjoitusseuranta	57
9.9	Mitattujen muuttujien väliset yhteydet suorituskykyyn kilpailutilanteissa	58
9.9.1	Kehonkoostumus ja suorituskyky.....	58
9.9.2	Ravitsemustila ja suorituskyky.....	60
9.9.3	Hormonit ja suorituskyky	61
9.9.4	Toteutunut harjoittelu ja suorituskyky.....	61
9.9.5	Harjoittelu ja kehonkoostumusmuutokset	62
9.9.6	Ravitsemustila, vammat ja sairastelu.....	62
9.9.7	Sairastelu, vammat ja kehonkoostumus.....	62
10	POHDINTA.....	64
10.1	Ravitsemustila	64
10.2	Kehonkoostumus	66
10.3	Suorituskykyä selittävät tekijät.....	68
10.4	Tutkimuksen rajoitukset	70
10.5	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	71
	LÄHTEET	74
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Kestävyysjuoksijat ovat tyypillisesti huomattavasti normaaliväestöä pienempiä sekä kehonpainoltaan että rasvaprosentiltaan. Toistaiseksi ei kuitenkaan ole voitu varmasti määrittellä, onko kevytrakenteisuus edellytys huippujuoksijalle vai seurausta äärimäisen kovasta kestävyysharjoittelusta. (Burke ym. 2007.) Puutteellisesta tutkimusnäytöstä huolimatta useat kestävyysjuoksijat rajoittavat energiansaantiaan pudottaakseen painonsa ja rasvaprosenttinsa äärimmäisen alhaisiin lukemiin (De Souza ym. 2014). Pitkäaikaisella energiavajeella voi kuitenkin olla sekä terveydelle että suorituskyvyille merkittäviä negatiivisia vaikutuksia (Mountjoy ym. 2014), joten lisääntyvä tutkimustieto kestävyysjuoksijoiden ravitsemuksen, kehonkoostumuksen ja suorituskyvyn yhteyksistä on erittäin tärkeää.

Oikein koostetulla ja ajoitetulla ruokavaliolla voidaan parantaa urheilijan suorituskykyä, palautumista ja harjoitusadaptaatiota sekä ehkäistä vammoja ja tartuntatauteja (Burke ym. 2007). Energiankulutus on kestävyysharjoittelussa suurta, minkä vuoksi myös energian ja etenkin hiilihydraattien tarve on kestävyysjuoksijalla huomattavasti normaaliväestöä suurempaa (Ilander 2006a, 407–409). Optimaalisessa ravitsemusvalmentautumisessa energiansaanti mukautetaan sekä yksittäisen harjoituksen että harjoituskauden vaatimuksiin niin, että ylimääräinen painon nousu estetään ilman suorituskyvyn ja terveyden vaarantumista (Stellingwerff 2013). Riittävän energiansaannin uskotaan olevan pitkällä tähtäimellä urheilijan kehityksen kulmakivi (Ilander 2014a, 22), ja täten sen varmistaminen on nuorilla urheilijoilla erityisen tärkeää.

Mikäli urheilija haluaa pudottaa painoaan, se vaatii kulutusta pienempää energiansaantia. Jatkuvaan energiansaannin rajoittamiseen liittyy kuitenkin vakavia riskejä. Krooninen energiavaje voi johtaa tilanteeseen, jossa elimistö käynnistää säästötoimenpiteet laskemalla lepoaineenvaihduntaansa ja hengissä pysymisen kannalta tarpeettomia toimintojaan. Tästä seuraa tyypillisesti harjoitusadaptaation kannalta negatiivisia hormonaalisia ja aineenvaihdunnallisia muutoksia. Pidemmälle edetessään alentuneet sukupuolihormonien ja muiden luuaineenvaihduntaan osallistuvien hormonien pitoisuuksien lasku aikaansaa negatiivisia muutoksia luun terveydessä, mikä kasvattaa merkittävästi rasisuurmurtumien ja osteoporoosin riskiä. (De Souza ym. 2014). Lisäksi heikentyneet vastustuskyky (Montero ym.

2002; Walsh ym. 2011) ja veren rasva-arvot (Rickenlund 2005a; Rickenlund 2005b) ovat tyypillisiä kroonisen energiavajeen yhteydessä. Energiansaannin rajoittamiseen liittyy aina myös merkittävä syömishäiriöiden riski (Nattiv ym. 2007).

Naisilla kuukautishäiriöt toimivat varsin hyvänä kroonisen energiavajeen aiheuttamien hormonaalisten häiriöiden indikaattorina (De Souza ym. 2014). Jopa 50 %:lla suomalaisista kansallisen kärkitason naiskestävyysjuoksijoista havaittiin esiintyvän amenorreaa eli kuukautisten poisjääntiä (Heikura ym. 2017a). Samassa tutkimuksessa sekä amenorrean, heikentyneen luun mineraalitiheyden että rasitusmurtumien esiintyvyys havaittiin pienemmäksi amerikkalaisista ja australialaisista huipputasoisen kestävyysurheilijoista koostuvalla ryhmällä (Heikura ym. (2017a), joten kroonisen energiavajeen aiheuttamaan ongelmakierteeseen on Suomessa kiinnitettävä jatkossa erityistä huomiota. Vaikka hormonitoiminnan häiriöt ja alentunut luuntiheys ovat naisurheilijoilla yleisempiä, koskevat riskit myös miehiä (Mountjoy ym. 2014).

17–22-vuotiaat kestävyysjuoksijat ovat urheilijan polullaan tärkeässä ikävaiheessa valinta- ja huippu-urheiluvaiheen välimaastossa (Mononen 2016, 31). Huipulle pyrkivän nuoren harjoituskokonaisuuden tavoitteena tulisi olla vuosittaisen kehityksen takaaminen ja täten onnistunut siirtyminen nuorten sarjoista kohti aikuisuraa. Osaavasta valmennuksesta huolimatta valitettavan monen nuoren kestävyysjuoksijan lupaavasti alkanut huippu-urheilu-ura on törmännyt kehityksen keskeyttäneeseen vammakierteeseen. Tämän tutkimuksen tavoitteena onkin selvittää ravitsemuksen, kehonkoostumuksen, hormonitoiminnan, harjoittelun ja loukkaantumisten yhteyttä vuoden seurantajakson aikana tapahtuneeseen tuloskehitykseen nuorilla kansallisen kärkitason kestävyysjuoksijoilla.

2 KESTÄVYYSJUOKSUN SUORITUSKYKYÄ SELITTÄVÄT TEKIJÄT

Kestävyiden merkitys on suuri lajeissa, joiden kesto ylittää kaksi minuuttia. Juoksussa tämä tarkoittaa matkoja 800 metristä ylöspäin. Kestävyysuorituskyky perustuu maksimaaliseen aerobiseen energiantuottokykyyn, pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyteen, suorituksen taloudellisuuteen ja hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokykyyn. Lyhimmillä kestävyysjuoksumatkoilla ja loppukirissä myös anaerobisten ominaisuuksien rooli korostuu. (Nummela ym. 2007, 333; Vuorimaa 2016, 472–481.)

2.1 Biomekaaniset tekijät

Juoksutekniikalla voidaan merkittävästi vaikuttaa kestävyysjuoksuuoritukseen. Vaikka jokaisella yksilöllä on itselleen parhaiten sopiva tyyli, hyvä tekniikka mahdollistaa paremman juoksunopeuden, vähäisemmän energiankulutuksen sekä vamma- ja vammariskin pienentämisen. (Sinkkonen 2000, 35.) Merkittävimpiä biomekaanisia vaikuttajia osana juoksutekniikkaa ovat askelsykli (Enoka 2002, 179–181), askelkontakti (Kasmer ym. 2012) ja juoksuasento (Preece ym. 2016).

Juoksunopeus muodostuu askelpituuden- ja tiheyden tulona. Juoksuvauhdin lisääntyessä askelkontakti lyhenee, mikä vähentää myös koko askelsyklin kestoa. Askelpituuden muutos vaatii vähemmän energiaa kuin tiheyden lisääminen, minkä vuoksi hitaammilla nopeuksilla vauhtia kasvatetaan askelta pidentämällä. Vauhdin ylittäessä n. 8 m/s vauhdin lisäys tapahtuu pääosin askelfrekvenssin muutoksella. (Enoka 2002, 179–181.)

Huippujuoksijoiden on havaittu juoksevan heikompia juoksijoita useammin päkiäaskeleella, millä voi olla yhteyttä sekä urheilijan suorituskykyyn että vamma- ja vammariskin (Kasmer ym. 2012). Kanta-askellus aiheuttaa maahan törmätessään juoksijaan päkiäaskeleeseen verrattuna huomattavasti suurempia törmäysvoimia, millä voi olla rasitusvammojen riskiä kasvattava vaikutus (Kasmer ym. 2012). Sinkkonen (2000, 35–43) mukaan hyvän juoksutekniikan pääperiaatteita ovat liikkeiden suoraviivaisuus, kyynärkulman pitäminen noin 90 asteessa, askeleen väljyys, rentous, tehokas nilkkojen käyttö sekä istuvan asennon välttäminen. Lantion, pakaroiden, etu- ja takareisien, pohkeen ja nilkan lihakset ovat juoksun kannalta merkittävimmät lihaksiston osat, joten niiden riittävät voimatasot voivat olla oleellisessa asemassa suorituskyvyn optimoinnille (Novacheck 1998).

Juoksun taloudellisuuden uskotaan erottavan parhaat juoksijat kilpailijoistaan. Juoksutekniset asiat määrittelevät pitkälle juoksun taloudellisuutta, mutta myös ruumiinrakenne on merkittävässä roolissa, ja hyvät kestävyysjuoksijat ovatkin hyvin kevytrakenteisia. (Vuorimaa 2016.) Afrikkalaisten kestävyysjuoksijoiden juokseminen on tutkimuksissa havaittu japanilaisia ja espanjalaisia kilpailijoitaan taloudellisemmaksi. Parempaa taloudellisuutta selittäviksi tekijöiksi on ehdotettu suhteellisesti pidempiä ja hoikempia jalkoja, säären pituuteen nähden pitkää akillesjännettä sekä lyhyttä jalkaterän etuosan pituutta. (Lucia ym. 2006, Kunimasa ym. 2014.)

2.2 Fysiologiset tekijät

Kestävyys määritellään tyypillisesti kyvyksi ylläpitää mahdollisimman pitkään tiettyä nopeutta tai tehoa. Suorituksen keston ylittäessä 60–120 s pääosa suorituksen energiantarpeesta täytetään oksidatiivisen eli hapen avulla tapahtuvan aineenvaihdunnan avulla. Niinpä suorituskyky on kestävyyslajeissa vahvasti riippuvainen elimistön kyvystä muodostaa hapen avulla adenosinitrifosfaattia (ATP). Tehokas oksidatiivinen ATP-synteesi edellyttää myös riittävää hapen ja ravintoaineiden, pääasiassa hiilihydraattien ja rasvan, saatavuutta. (Jones 2006.)

Juoksulajeissa kestävyysmatkoiksi voidaan lukea matkat 800 metristä ultramaratoniin, minkä vuoksi myös suorituksen kesto vaihtelee alle kahdesta minuutista jopa useisiin päiviin. Mitä pidemmästä suorituksesta on kyse, sitä suuremmassa roolissa ovat aerobinen ATP-synteesi, energian riittävyys sekä kehon lämmönsäätelykyky. Matkan lyhentyessä anaerobisten energiantuottotapojen tehokkuus ja elimistön kyky sietää happamuutta tulevat yhä tärkeämmiksi. Siitä huolimatta tiettyjen aerobisen kunnon määrittäjien voidaan todeta olevan ratkaisevassa roolissa kestävyysjuoksijan päämatkasta riippumatta. Näitä määrittäjiä ovat maksimaalinen hapenottookyky ($VO_2\text{max}$), juoksun taloudellisuus sekä pitkäaikainen kestävyys. Jälkimmäinen pitää sisällään laktaattikynnyksen sekä maksimaalisen laktaatin “steady state” -tason. (Jones 2006.) Suorituksen keston ja tehon lisäksi aerobisen ja anaerobisen energiantuoton suhteeseen vaikuttavat myös yksilölliset tekijät, kuten lihassolusuhde, elimistön hapenkuljetuskyky ja harjoittelutausta. Kestävyysharjoittelu lisää aerobisen energiantuoton osuutta. (Nummela 2007, 104–105.)

Suomessa laktaattikynnys tunnetaan paremmin nimellä anaerobinen kynnys ja lisäksi myös niin sanotun aerobisen kynnyksen ajatellaan kuuluvan fysiologisiin kuntotekijöihin (Nummela ym. 2007, 333). Aerobisella kynnyksellä tarkoitetaan alinta työskentelytehoa, jolla veren laktaattipitoisuus nousee perustasostaan. Anaerobisen kynnyksen ylittävillä tehoilla laktaattia tuotetaan enemmän kuin poistetaan, minkä vuoksi sitä alkaa kertyä elimistöön suorituksen edetessä. Aerobinen kynnys on tyypillisesti 50–70 % ja anaerobinen kynnys 65–90% VO_2max :sta. Mitä lähempänä maksimaalista hapenottoa kynnykset ovat, sitä paremmista kestävyysominaisuuksista se kertoo. (Nummela ym. 2007, 360–361.)

Energia-aineenvaihdunta. Suorituksen teho määrittää sen aikana käytetyn polttoaineen, mutta pääasiassa kilpailuissa liikutaan niin suurilla tehoilla, että hiilihydraatit lihasglykokeenin ja veren glukoosin muodossa toimivat tärkeimpänä energianlähteenä. Mikäli ensisijaiset hiilihydraattivarastot ehtyvät, lisääntyvät myös maksan glykokeenin ja rasvakudokseen varastoituneiden triglyseridien hapetus. (Nummela 2007, 97–107.) Kovilla juoksijoilla hiilihydraattien suhteellinen osuus energiantuotossa on harrastelijoita suurempi, mutta glykokeenivarastojen ehtyessä on hidastettava vauhtia tasolle, jonka energiavaatimukset täytetään vain rasvoja hapettamalla. Sekä hiilihydraattien että rasvojen hapetuskyky paranee kestävyysharjoittelun seurauksena, sillä lihassolujen myoglobiinin ja mitokondrioiden määrä ja koko lisääntyvät. (Joyner & Coyle 2008.)

VO_2max . Maksimaalisella hapenottokyvyllä tarkoitetaan suurinta nopeutta, jolla aerobinen ATP-synteesi on mahdollista. VO_2max :in suuruuteen vaikuttavat pääasiassa sydämen minuuttitilavuus, kehon hemoglobiinimassan suuruus, lihasten verenvirtauksen nopeus, valtimon ja laskimon välinen happiero ($a-vO_2$ -ero) sekä kudosten kyky käyttää veren kuljettamaa happea. Lisäksi työskentelevien lihasten massa on tärkeä VO_2max :iin vaikuttava tekijä, minkä vuoksi arvot tyypillisesti esitetään suhteessa urheilijan massaan yksikössä ml/kg/min. (Joyner & Coyle 2008.) Massan ja hapenkulutuksen suhteen on kuitenkin havaittu olevan epälineaarinen, minkä vuoksi tyypillisesti käytössä olevan yksikön sijaan hapenkulutus olisi perustellumpaa ilmaista yksikössä ml/kg/min^{3/4}. VO_2 siis nousee massan kasvaessa, muttei samassa suhteessa. (Bergh ym. 1991.) Huippukestävyysurheilijoilla VO_2max vaihtelee tyypillisimmin välillä 70–85 ml/kg/min ja naisilla noin 10 prosenttia alempana johtuen pääasiassa pienemmästä hemoglobiinimassasta ja suhteellisesti suuremmasta rasvan määrästä (Joyner & Coyle 2008). Juoksijoista keskimatkan juoksijoilla mitataan tyypillisesti maratoonareita korkeammat hapenoton arvot. Oletettavasti tämä selittyy sillä, että

kilpailuvauhti on keskimatkoilla hyvin lähellä VO₂max:ia kun taas maratonilla huomattavasti alhaisempi. (Jones 2006.) Tavalliseen kansaan verrattuna huippujuoksijoiden VO₂max on 50–100 % korkeampi. Siitä huolimatta maksimaalinen hapenottokyky on yksin varsin huono kilpailumenestyksen ennustaja, sillä myös taloudellisuuden, voimantuottokyvyn ja anaerobisten ominaisuuksien rooli on hyvin merkittävä. (Joyner & Coyle 2008.)

Taloudellisuus. Taloudellisuudella tarkoitetaan suorituksen tehon tai vauhdin suhdetta hapenkulutukseen. Juoksussa taloudellisuus on sitä suurempi, mitä vähemmän happea tietyllä suoritusnopeudella kulutetaan. (Joyner & Coyle 2008.) Taloudellisuuteen vaikuttavia tekijöitä ei osata vielä täysin määrittää (Nummela 2007, 108). Suuri hitaiden I tyypin lihassolujen osuus (Joyner & Coyle 2008), pieni koko ja kehon massan kertyminen lähelle keskivartaloa (Lucia ym. 2006) sekä lihas-jänneyksikön suurempi jäykkyys (McCann & Higgsingson 2008) voivat olla taloudellisuutta edistäviä tekijöitä. Taloudellisuuden on havaittu usein paranevan lapsuudesta huippu-urheiluvaiheen loppuun sekä heikkenevän kuumissa olosuhteissa. Myös juoksunopeus, askelpituus, painopisteen vertikaalinen muutos askelsyklin aikana, alusta ja kenkä voivat vaikuttaa juoksun taloudellisuuteen. (Nummela 2007, 108; Vuorimaa 2016, 474–479.)

3 ANTROPOMETRIAN VAIKUTUKSET KESTÄVYYSJUOKSIJOIDEN SUORITUSKYKYYN

Kestävyysjuoksija voi hyötyä kevyestä kehon massasta, sillä se parantaa liikkumisen taloudellisuutta. Suuremman massan liikuttaminen kuluttaa enemmän happea ja energiaa, minkä vuoksi ylimääräinen paino nopeuttaa energiavarastojen ehtymistä sekä edellyttää parempaa hapenottokykyä tietyllä nopeudella. Koska äärimmäisen nopeus- ja voimaominaisuudet eivät ole kestävyysjuoksussa merkittäviä, voi rasvan ohella myös lihasmassan kertymisen rajoittaminen olla perusteltua (Ilander 2006b, 332–334.)

Kestävyysjuoksijoilla on tyypillisesti erittäin matala rasvaprocentti, mutta ei ole varmuutta, onko kehonkoostumus menestystä määrittävä tekijä vai seurausta menestykseen vaadittavasta kovasta harjoittelusta (Willmore ym. 1974, Burke ym. 2007). Yksilön muoto, paino ja kehonkoostumus muodostuvat perimän ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta. Tutkimustulokset aiheesta vaihtelevat, mutta perimän osuus arvioidaan yleensä 25–40 prosenttiin. Geeniperimältään ”sopimattomimmat” urheilijat joutuvatkin yleensä tiukasta ruokavaliosta ja harjoitusohjelmasta huolimatta ponnistelemaan saavuttaakseen lajinsa fyysiset ihanteet. (O’Connor ym. 2007.) Etenkin naisilla oman henkilökohtaisen ihanepainonsa alle pääseminen tuottaa vaikeuksia ja voi johtaa edelleen aliravitsemuksen aiheuttamaan palautumisen ja suorituskyvyn heikkenemiseen sekä tilanteen pitkittyessä myös terveydellisiin ongelmiin (Burke ym. 2007).

3.1 Antropometrian ja kestävyysuorituskyvyn yhteyksiä

Alhaisemman painon hyödyt kestävyysjuoksussa perustuvat lähinnä juoksun taloudellisuuden paranemiseen. Pientä massaa liikuttaessaan lihasten ei tarvitse käyttää niin paljon voimaa, jolloin myös niiden työskentelyteho pysyy pienempänä. Näin ollen sekä happea että energiaa säästyy. Pieni energiankulutus on eduksi pitkissä kestävyysuorituksissa, sillä elimistön varastoissa rajallisesti olevia hiilihydraatteja riittää pidempään ja juoksija jaksaa ylläpitää tarvittavaa matkavauhtia kauemmin. Mikäli hiilihydraatit loppuvat kesken suorituksen, lihakset eivät saa käyttöönsä riittävästi energiaa, mitä seuraa tyypillisesti lihasuupumus ja juoksuvauhti hidastuu. Hapenkulutus puolestaan on merkittävässä roolissa lyhyemmissä kestävyysuorituksissa, joissa riittävä hapensaanti estää elimistön happamoitumista. Kuten

energianpuute, myös hapen loppuminen johtaa lihasväsymykseen ja täten suorituskyvyn laskuun. (Wilmore & Costill 2004, 148–158.)

Keventyneen massan ansiosta lihakset pystyvät tuottamaan suurempaa voimaa suhteessa kehon painoon, mikä myös parantaa juoksun taloudellisuutta. Kevyempi keho liikkuu raskaampaa vauhdikkaammin, vaikka lihasten työskentelyteho pysyisi samana. Painonnostajilla toteutetun tutkimuksen mukaan isometrinen voimantuotto heikkeni ja isotoninen pysyi vakiona painonpudotuksen seurauksena (Walberg ym. 1988; Fogelholmin 1994 mukaan), mutta Fogelholm ym. (1993) tutkimuksessa ilmenee, että painonpudotus paransi kehon massaan suhteutettua lihasvoimaa. Koska kestävyysjuoksussa tehdään työtä nimenomaan oman kehon painoa vastaan, näyttäisi kevyen kehonpainon ylläpito mahdollistavan lihasten paremman lajinomaisen suorituskyvyn. Toisaalta on huomioitava, että eri lajien urheilijoilla suoritettut tutkimukset eivät ole täysin vertailukelpoisia kestävyysjuoksijoiden voimaominaisuuksia arvioitaessa.

Tartaruga ym. (2013) tutkimus osoittaa yhteyden juoksutulosten, taloudellisuuden ja lihasten pienemmän mekaanisen työn välillä. Mitä vähemmän tehdään työtä, sitä parempia loppuajat keskimäärin ovat. Pienempi kehon massa vähentää tarvittavan työn määrää, joten se voi olla yhteydessä parempaan suorituskykyyn kestävyysjuoksussa. Myös massan sijainnilla on merkitystä taloudellisuuden kannalta. Täten esimerkiksi vartalon alueen ylimääräisen massan vaikutus suorituksen heikentäjänä on jalkojen lisäpainoa vähäisempi. (Tartaruga ym. 2013.)

Hyvin menestyvillä kestävyysjuoksijoilla on yleensä suhteellisesti normaalia pidemmät jalat ja sääret, kun niitä verrataan muun vartalon mittoihin. Tämän seurauksena lihasten massakeskipiste on lähempänä säären rotaatiopistettä, mikä vähentää liikkeen energiakustannuksia. Lyhyempi ylävartalo puolestaan vähentää liikettä vastustavaa resistanssia ja pitkät jalat vähentävät tiheän askelfrekvenssin tarvetta. Nämä tekijät määräytyvät perimän vaikutuksesta eikä juoksija voi juuri vaikuttaa niihin. (O'Connor ym. 2007.) Käsien massa on juoksijoilla tyypillisesti pieni, sillä niiden voimatasojen merkitys on juoksun lopputuloksen kannalta minimaalinen (Burke ym. 2007).

Lämmönvaihdon merkitys nousee juoksumatkan kasvaessa. Merkittävimmät lämmönsäätelyyn vaikuttavat morfologiset tekijät ovat ihonalainen rasva, joka estää lämmön poistumista sekä kehon pinta-alan ja massan suhde, joka kertoo potentiaalista lämmön tuotantoon ja poistumiselle. Suuri pinta-ala mahdollistaa lämmön tehokkaan poistumisen.

Mieseliittijuoksijoilla on todettu lineaarinen ihon paksuuden väheneminen ja kehon pinta-ala/massa -suhteen kasvu juoksumatkan pidetessä. Lämmönvaihdunta on siis tehokkaampaa pisimpien matkojen menestyjillä. (O'Connor ym. 2007.)

Yleensä antropometrian ja suorituskyvyn suhteet ovat monimutkaisia sekä vaikuttavat energiansaantiin ja -tarpeeseen vaikeilla ja ristiriitaisilla tavoilla. Esimerkiksi rasvan lisääntyminen johtaa ilmanvastuksen ja kineettisten energiavaatimusten kasvuun, mikä kuitenkin aiheuttaa vain hyvin pienen lisän kokonaisenergiankulutukseen. (O'Connor ym. 2007.) Myös eteenpäin vievän liikkeen energiakustannukset kasvavat hiukan (Bergh ym. 1991), mutta vielä suurempi merkitys painon lisääntymisellä on mäkisessä maastossa, jossa työtä joudutaan tekemään painovoimaa vastaan. Toisaalta raskaampi keho on myös yhdistetty parempaan juoksun taloudellisuuteen, minkä tutkijat arvelivat johtuvan tehokkaammasta elastisen energian käytöstä venymis-lyhenemissykluksessa (Bergh ym. 1991). Vaikka antropometrian yhteydet kehonkoostumukseen muodostuvat hyvin monimutkaisen yhteyksien kautta, yhdistetään ne tyypillisesti menestykseen mekaanisin perustein (O'Connor ym. 2007).

3.2 Kehonkoostumuksen ja kilpailutulosten yhteyksiä miesjuoksijoilla

O'Connorin ym. (2007) review-artikkelin mukaan 5000–10000 m matkoilla kansainvälisten miesten keskimääräinen kehon massa on 61,7kg, Australian kansallisen tason juoksijoiden 65,2 kg ja seurajuoksijoiden 67,1 kg. On siis todennäköistä, että hyvin kevyt paino on eduksi kestävyysmatkoilla menestymisessä. Osittain, muttei välttämättä ainoastaan, tämä on saavutettu pienellä rasvamassalla. (O'Connor ym. 2007.) Tällä hetkellä kestävyysjuoksukilpailuja hallitsevilla afrikkalaisilla huippujuoksijoilla on raportoitu keskimäärin matalampia BMI-lukemia kuin Euroopan kärkijuoksijoilla. Lucian ym. (2006) tutkimuksessa eritrealaisten miesjuoksijoiden keskimääräinen BMI oli 18,9 kg/m² ja espanjalaisilla 20,5 kg/m². Tulokset ovat hyvin lähellä Saltinin ym. (1995) raportoimia BMI-lukemia kenialaisilla (19,2 kg/m²) ja skandinaviaalaisilla (20,6 kg/m²) mieseliittijuoksijoilla.

Bale ym. (1985a) vertasivat britannialaisten miesten painoa ja kehonkoostumusta 10 km maantiekilpailun tulosten perusteella jaetuissa ryhmissä. Alle 30 minuutin ajan juosseiden miesten keskimääräinen paino (64,4 kg), kuuden ihopoimun yhteenlaskettu summa sekä sen perusteella määritetty rasvaprosentti (8,0 %) olivat merkittävästi pienemmät kuin 30–35 minuuttia juosseiden ryhmällä. Tätä hitaammin juosseilla ihopoimujen summa ja rasvaprosentti olivat tutkimuksen

suurimmat. Rasvattomassa massassa ei havaittu eroa ryhmien välillä. Nopeimmat juoksijat olivat aloittaneet juoksuharjoittelun muita ryhmiä aiemmin ja heidän viikoittaiset harjoitusmääränsä (109 ± 11 km) olivat selvästi keskimmäisen (92 ± 12 km) ja hitaimman ryhmän määriä (61 ± 21 km) korkeampia (Bale ym. 1985a). Harjoitustausta saattoikin olla sekä tulokuntoa että kehonkoostumusta selittävä tekijä.

Kenney ja Hodgson (1985) tutkivat painon ja rasvaprosentin yhteyttä ennätystuloksiin olympialaisiin harjoittelevilla 5000m (n=8) ja 3000m esteiden (n=5) miesjuoksijoilla. 5000m juoksijoiden keskimääräiseksi vedenalaispunnituksella määritetyksi rasvaprosentiksi havaittiin $8,8 \pm 0,8$ % ja estejuoksijoilla $9,2 \pm 0,5$ %. Rasvaprosentilla ei ollut merkittävää yhteyttä juoksutuloksiin kummallakaan ryhmällä. 5000m juoksijoilla ei havaittu yhteyttä painon ja suorituskyvyn välillä, mutta 3000m estejuoksijoilla paino korreloi negatiivisesti ennätystulosten kanssa. (Kenney & Hodgson 1985.) Tuloksiin on kuitenkin syytä suhtautua varauksella pienen otoskoon vuoksi, vaikka viitteitä kevyen painon hyödyistä estejuoksussa havaittiinkin.

Legaz ja Eston (2005) tutkivat 7 ihopoimun ja kilpailutulosten kehitysten välisiä yhteyksiä kolmen vuoden ajan kansallisen ja kansainvälisen tason mies- (n=24) ja naisjuoksijoilla (n=13), joiden päämatkat vaihtelivat 100 m ja maratonin välillä. Tutkimuksessa havaittiin, että ennätystään parantaneilla juoksijoilla ihopimujen yhteenlaskettu summa keskimäärin pieneni. Juoksijoilla, joilla tulokunto heikkeni seurantavuosien aikana, havaittiin ihopoimujen paksuntuneen. Etenkin jalkojen ihopoimujen paksuus vaikutti olevan negatiivisesti yhteydessä suorituskykyyn nähden. Muutoksia ihopoimujen paksuudessa ja suorituskyvyssä havaittiin pääosin ryhmän heikoimmilla juoksijoilla kun taas tutkimuksen alussa kovatasoisimmilla juoksijoilla muutokset olivat hyvin pieniä. Painon muutoksilla ei havaittu yhteyttä suorituskyvyn muutoksiin. (Legaz & Eston 2005.)

Sedeaud ym. (2014) vertasivat eri juoksumatkojen (100m–maraton) edustajien painoindeksejä maailman 100 parhaan joukkoon vuosina 1996–2011 kuuluneilla miesjuoksijoilla (n=3852). Huippujuoksijoiden painon ja painoindeksin havaittiin laskevan sen mukaan, mitä pidemmästä juoksumatkasta oli kyse. Maratonin, 10000m ja 3000m juoksijoilla ihanteellinen painoindeksi vaikutti olevan välillä $19\text{--}20$ kg/m² ja vaihteli suurella osalla juoksijoista välillä $18\text{--}21$ kg/m². 800–1500m juoksijoille optimaalisen painoindeksin arvioitiin olevan $20\text{--}21$ kg/m². Tutkijat päättelivät, että kovan nopeuden mahdollistamiseksi tarvitaan runsaasti

lihassmassaa, jonka liiallinen määrä pidemmällä matkoilla voi kuitenkin merkittävästi heikentää juoksun taloudellisuutta. (Sedeaud ym. 2014.) Huomionarvoista on myös se, että BMI:t hyvin laajalla skaalalla mahdollistivat maailman parhaimmiston kuulumisen. Esimerkiksi maratonilla maailman sadan parhaan miesmaratoonarin joukkoon kuuluneen painoindeksi on alhaisimmillaan ollut $15,78 \text{ kg/m}^2$ ja korkeimmillaan $23,05 \text{ kg/m}^2$. Top-10-juoksijoiden BMI on puolestaan vaihdellut välillä $17,5 \text{ kg/m}^2$ ja $20,7 \text{ kg/m}^2$. (Marc ym. 2014.)

Saman aineiston perusteella kirjoitetussa artikkelissaan Marc ym. (2014) havaitsivat top-100 miesmaratoonareiden painoindeksin pudonneen 15 vuoden aikana $19,83 \pm 1,70 \text{ kg/m}^2$:sta $19,42 \pm 1,30 \text{ kg/m}^2$:een samalla, kun maratonin loppuajat paranivat. Juoksunopeuden ja BMI:n havaittiin korreloivan toisiinsa nähden niin, että optimaalinen painoindeksi miesmaratoonareille näytti asettuvat lukemiin $19,8 \text{ kg/m}^2$. Tutkimuksessa havaittiin afrikkalaisten juoksijoiden osuuden huomattavaa nousua maailman parhaiden miesmaratoonareiden joukossa. (Marc ym. 2014.) Afrikkalaismiehet ovat mahdollisesti luonnostaan kevytrakenteisempia, mikä voi selittää huippumaratoonareiden keskimääräisten painoindeksien alenemisen vuodesta 1996 vuoteen 2011.

Heikura ym. (2017a) tutkivat eliittimiesjuoksijoilla ja kilpakävelijöillä sekä suomalaisilla kansallisen kärkitason miesjuoksijoilla energian saatavuuden ja kehonkoostumuksen yhteyttä. Kulutukseensa nähden liian niukasti energiaa saavien miesjuoksijoiden BMI oli $20,8 \text{ kg/m}^2$ ja DXA:lla määritetty rasvaprosentti $6,5 \pm 0,9 \%$. Paremman energiastatuksen omanneilla miehillä vastaavat lukemat olivat $20,9 \text{ kg/m}^2$ ja $7,1 \pm 1,7 \%$. Tulostasossa ei IAAF-pisteiden perusteella ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ja pienikin havaittu ero oli painavamman ja runsaammin energiaa saavan ryhmän puolella. (Heikura ym. 2017a.)

Yhteenvetona voidaan todeta, että huipputasen miesjuoksijoilla on tyypillisesti hyvin matala rasvaprosentti ja pienemmästä rasvan määrästä etenkin jalkojen alueella voi olla suorituskyvyltään hyötyä (Legaz & Eston 2005). Äärimmäisen alhaisista rasvaprosenteista ($< 8 \%$) ei kuitenkaan ole havaittu olevan lisähyötyä. Optimaalinen painoindeksi vaikuttaisi riippuvan pitkälle juoksijan päämatkasta (Sedeaud ym. 2014). Vaikka pisimmillä matkoilla on saatu näyttöä alhaisemman BMI:n yhteydestä parempaan suorituskyykyyn, vaikuttaisi alle 19 kg/m^2 laskevan painoindeksillä olevan pääsääntöisesti negatiivisia vaikutuksia suorituskyykyllä myös pisimmillä kestävyysmatkoilla (Marc ym. 2014). Miesjuoksijoiden ihanteellinen painoindeksi vaikuttaisikin olevan selkeästi normaalipainon puolella eikä alipainoisuuden tavoittelu ole tarkoituksenmukaista.

Yksilöllisten kehonkoostumusmuutosten hyödyistä miesjuoksijoilla vaaditaan kuitenkin vielä lisää tutkimusta.

3.3 Kehonkoostumuksen ja kilpailutusten yhteyksiä naisjuoksijoilla

Tutkimuksissa mitattu tieto naiskestävyysjuoksijoiden rasvaprosentista, on ristiriitaista kohderyhmästä, mittausmenetelmästä ja otoksesta riippuen. Pääsääntöisesti kaikissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu eliittitason kestävyysjuoksijoiden rasvaprosentin olevan keskimäärin selvästi alhaisempi sekä normaaliväestöön että muiden lajien urheilijoihin verrattuna (mm. Wilmore ym. 1977). Ainoastaan esteettisissä lajeissa, kuten voimistelussa ja taitoluistelussa, sekä painoluokkalajeissa, kuten painissa ja nyrkkeilyssä, ollaan lähellä kestävyysjuoksijoiden lukemia (Deutz ym. 2000; Trutschnigg ym. 2008).

Wilmore ym. (1977) tutkivat yhdysvaltalaisen maailmanluokan ja kansallisen tason juoksijoiden kehonkoostumuksen yhteyttä suorituskyyneen. Tutkimukseen osallistuneiden naisten keskimääräiseksi rasvaprosentiksi mitattiin 16,8 %, mikä vastaa melko hyvin muista tutkimuksissa raportoituja tuloksia 16,4 % (Bale ym. 1985b) ja 13,2–15,1 % (Deutz ym. 2000). Lisää tutkimustuloksia on koottu taulukkoon 1. Wilmoren ym. (1977) tutkimuksen naisjuoksijoiden ryhmä omasi suuria eroja kehonkoostumuksessaan. Eliittijuoksijoiden keskimääräinen rasvaprosentti (15,3 %) oli hiukan ryhmän keskiarvoa matalampi. Merkittävä huomio oli myös, että hyviin tuloksiin päästiin rasvaprosenteilla molemmista ääripäistä. Ryhmän menestyneimpien juoksijoiden, kuusikertaisen maastojuoksun maailmanmestarin ja maratonin vuoden 1972 tilastoykkösen, rasvaprosenteiksi mitattiin ainoastaan noin 6 %. Kuitenkin tutkimuksen lihavimmaksi arvioitu nainen, jonka rasvaprosentti oli 35,8 %, juoksi vain hieman testien jälkeen maailman kärkituloksen 50 mailin juoksussa. (Wilmore ym. 1977.)

Heikuran ym. (2017a) tuoreessa tutkimuksessa kansallisen ja kansainvälisen kärkitason kilpakävelijöillä sekä kestävyys- ja keskimatkojen juoksijoilla havaitut rasvaprosentit olivat keskimäärin hieman vanhempia tutkimuksia alhaisemmalla tasolla. Tutkimuksessa kestävyysurheilijat jaettiin ryhmiin kuukautiskierronsa perusteella. Kuukautishäiriöistä kärsivän ryhmän (n=13) keskimääräinen rasvaprosentti oli 11,3 % ja normaalin kierron omaavilla (n=22) 12,1 %. Tulostasossa ei ryhmien välillä havaittu eroa. (Heikura ym. 2017a.) Kun kansallisen tason juoksijat poistettiin edellä esitellystä aineistosta, oli

kestävyyssurheilijoiden keskimääräinen rasvaprosentti 11,5 % ja painoindeksi 19,0 kg/m² (Heikura 2017b).

TAULUKKO 1. Tutkimuksissa raportoituja kehonkoostumuksen keskiarvoja eliittitason naiskestävyyssuoksijoilla.

Kansalaisuus	laji	n	ikä	Pituus (cm)	Paino (kg)	BMI (kg/m ²)	Rasva (%)	Lähde
Iso-Britannia	kestävyyssuoksijat	10	25,9	162	49,6	18,9	16,8 ^a	Nevil ym. 2003
Iso-Britannia	keskimatkat	11	24,3	166	55,6	20,2	17,7 ^a	Nevil ym. 2003
USA	kestävyyssuoksijat	82	22,3	167,7	51,9	18,5	-	Hulley ym. 2007
Kenia	kestävyyssuoksijat	75	19,3	159,1	47,5	18,8	-	Hulley ym. 2007
USA	Keskimatkat	6	23,2	167,0	53,0	18,9	12,2 ^b	Deutz ym. 2000
USA	kestävyyssuoksijat	14	28,1	166,8	55,4	19,9	15,1 ^b	Deutz ym. 2000
Kenia	kestävyyssuoksijat	7	26,3	168	47,8	16,9	16,0 ^c	Billat ym. 2003
Ranska	keskimatkat	14	25,2	167,4	56	20,0	14,9 ^c	Billat ym. 1996
Ranska, Portugal	maraton	5	32,8	164	50,2	18,7	-	Billat ym. 2001
USA	kestävyyssuoksijat	11	32,4	169,4	57,2	19,9	15,2 ^d	Willmore ym. 1974
USA	Keski – ja	23	25,8	169	54,3	19,0	11,5 ^b	Heikura ym. 2017b
Australia	kestävyyssuoksijat							
Kanada	,kilpäkävely							

BMI, painoindeksi; a Määrittäminen ihopainoilla; b Määrittäminen DXA:lla; c Määrittäminen viidellä ihopainolla ja Durninin & Womersleyn (1974) kaavalla; d Määrittäminen vedenalaispunnituksella.

Christensen ym. (1985) vertasi kokeneiden ja aloittelevien maratoonareiden ominaisuuksia Willmoren ym. (1977) tutkimuksen eliittijuoksijoiden ryhmään. Kokeneilla maratoonareilla mitattiin rasvaprosentiksi 16,3 % ja aloittelevilla 18 %. Erot kehonkoostumuksessa olivat kuitenkin mitättömiä suorituskäytössä havaittuihin eroihin verrattuna ja selittyivät tutkijoiden arvioiden mukaan kokeneempien juoksijoiden runsaammalla ja pidempään jatkuneella harjoittelulla. Tutkijat tulkittivatkin, että erot juoksijoiden suorituskäytössä korreloivat juoksijoiden VO₂ max:in, eivät antropometrian kanssa. (Christensen ym. 1985.)

Koska afrikkalaiset hallitsevat tällä hetkellä kestävyysmatkoja, on mielenkiintoista verrata heidän kehonkoostumusominaisuuksiaan kaukasialaisiin. Vaikka miesjuoksijoita tutkiessa on havaittu, että afrikkalaisilla eliittijuoksijoilla on eurooppalaisiin verraten pienempi painoindeksi ja rasvaprosentti (Saltin ym. 1995; Lucia ym. 2006), ei näyttö naisilla ole yhtä selvää. Billat ym. (2003) raportoi kenialaisilla naispuolisilla eliittijuoksijoilla painon ja rasvaprosentin arvoja, jotka eivät eronneet merkittävästi eurooppalaisilla naisjuoksijoilla mitatuista arvoista (Bale ym. 1985b; Deutz ym. 2000; Nevil ym. 2003) Kenialaisia ja isobritannialaisia huippujuoksijoita vertailevan tutkimuksen (Hulley ym. 2007) mukaan

ryhmien painoindeksit olivat samaa luokkaa, joten kevyempää ruumiinrakennetta ei ainakaan tämän tutkimuksen mukaan voida pitää kenialaisnaisten ylivoimaa selittävänä tekijänä. Taulukko 1 selkeyttää kehonkoostumuksen samankaltaisuutta kansalaisuuksien välillä.

Billat ym. (2001) eivät havainneet ranskalaisilla ja portugalilaisilla naismaratoonareilla merkittävää eroa BMI-lukemissa juoksun loppuaikojen perusteella. Huipputason (< 2h 32min) juoksijoiden BMI oli keskimäärin 18,7 kg/m² kun se oli hyvätasoisilla (< 2h 38 min) maratoonareilla 19,0 kg/m². Myöskään Hoffman ym. (2010) eivät löytäneet ultramaratoonareiden loppuajoissa ja kehonkoostumuksessa olevan yhteyttä. Sen sijaan Bale ym. (1985b) havaitsivat alle 2 tunnin 55 minuutin juosseiden eliittimaratoonareiden rasvaprosentin (16,4 %) olevan selvästi alempi hyviin (19,8 %) ja kohtalaisein (20,8 %) maratoonareihin verrattuna. Tutkijat arvelivat alhaisen rasvaprosentin olleen enemmänkin seurausta huippujen kovemasta harjoittelusta kuin tietoisesta painonhallinnasta (Bale ym. 1985b).

Marc ym. (2014) raportoivat, että maailman 100 parhaan naismaratoonarin tulostasossa tapahtui selkeää kehitystä vuosien 1996 ja 2011 välillä samanaikaisesti, kun top-100 juoksijoiden keskimääräinen BMI laski. Samanaikaisesti afrikkalaisnaisten osuus maailman kärkijuoksijoiden joukossa nousi 52 %:sta 76 %:iin, mikä voi osin selittää sekä keskimääräisessä tulostasossa että painoindeksissä. Aineiston perusteella tutkijat määrittivät huippunaismaratoonarin optimaaliseksi painoindeksiksi 18,2 kg/m², mutta eri rotuja ei painoindeksin suhteen eroteltu. (Marc ym. 2014.) Onkin mahdollista, että Billat ym. (2001) havaitsema 18,7 kg/m² voi olla tarkoituksenmukaisempi painoindeksi eurooppalaisille juoksijoille, joskin yksilölliset erot on mainittujen tavoitearvojenkin ympärillä muistettava.

Stellingwerffin (2017) tutkimuksessa seurattiin olympiatason naiskestävyysjuoksijan painoa, kehonkoostumusta ja kilpailutuloksia yhdeksän vuoden ajan. Juoksija jaksotti painonsa ja rasvaprosenttinsa niin, että ne olivat alhaisimmillaan kauden pääkilpailuissa. Kehonpainon 2-4 %:n ja rasvaprosentin 18 %:n nostamisella harjoituskauden ajaksi arveltiin olevan tärkeä merkitys hyvän terveyden ja normaalin hormonitoiminnan ylläpitämisessä. Keskimääräinen ihopoimujen paksuuden avulla arvioitu rasvaprosentti oli harjoituskaudella 12,9 % ja kilpailukaudella 10,6 % painoindeksin ollessa harjoituskaudella 18,5 kg/m² ja kilpailukaudella 18,0 kg/m². Sekä rasvamassan että kokonaispainon vähenemisen havaittiin olevan yhteydessä parempiin tuloksiin 1500 m ratajuoksussa. (Stellingwerff 2017.) Toisaalta

on vaikea sanoa, että johtuivatko paremmat tulokset todella keventyneestä painosta vai harjoittelun puolesta onnistuneesta kunnonajoituksesta.

Vaikka massan väheneminen teoriassa pienentää juoksun energiankulutusta, tutkimukset eivät ole onnistuneet yksiselitteisesti osoittamaan naiskestävyysjuoksijoiden äärimmäisen alhaisen rasvaprosentin ja kehon painon olevan suorituskyvyn määrittäjiä. Naiskestävyysjuoksijoiden on havaittu olevan hyvin laihoja tasosta riippumatta (Christensen ym. 1985). Yhtenä syynä tähän voi olla runsas ja kuluttava harjoittelu (Burke ym. 2007; O'Connor ym. 2007). Toisaalta huippumenestykseen vaadittu geeniperimä voi tietyissä lajeissa olla sellainen, että se mahdollistaa äärimmäisen kevytrakenteisuuden (O'Connor ym. 2007). Riittävän tutkimusnäytön puuttuessa ei tässä vaiheessa voida sanoa, kuinka jo ennestään hoikan kestävyysjuoksijan painonpudotus vaikuttaa suorituskykyyn.

4 KESTÄVYYSJUOKSIJAN RAVITSEMUS

Ravinnon avulla voidaan vaikuttaa useisiin suorituskykyä rajoittaviin tekijöihin: nestetasapainoon, hiilihydraattien saatavuuteen ja happotasapainoon. Lisäksi oikein koostettu ja rytmitetty ruokavalio maksimoi harjoitusadaptaation ja palautumisen harjoittelusta, mikä edesauttaa urheilijaa parantamaan suorituksiaan. Ravitsemuksella on tärkeä rooli myös vammojen ennaltaehkäisyssä ja paranemisessa sekä immuunijärjestelmän tukemisessa, joten nautituilla ruoka-aineilla on oleellinen merkitys terveiden harjoituspäivien lisäämiseksi. (Burke ym. 2007.)

Fyysinen aktiivisuus lisää energiankulutusta sitä enemmän mitä tehokkaammin ja pidempään liikutaan. Lisäksi fyysinen rasitus kasvattaa lepoenergiankulutusta, mikä saattaa pysyä kiihtyneenä jopa 12 tuntia kovatehoisen suorituksen jälkeen. Suurten harjoitusmäärien johdosta kestävyysurheilija saattaa kuluttaa energiaa jopa kolminkertaisesti perusaineenvaihduntaansa nähden. Urheilijan on saatava ruokavaliostaan riittävästi energiaa, sillä sen puute aiheuttaa muun muassa suorituskyvyn laskua, lihaskataboliaa, väsymystä, palautumisen hidastumista ja voi ennen pitkää johtaa yllirasitustilaan. Toisaalta myös liiallinen energiansaanti voi olla haitallista, sillä se johtaa painon nousuun, millä voi olla suorituskykyä heikentäviä vaikutuksia. (Ilander 2006a, 407–409.)

Kestävyysurheilu asettaa kasvaneen kokonaisenergiamäärän lisäksi joitakin lisävaatimuksia myös eri energiaravintoaineiden suhteissa (Ilander 2006a, 405). Energiansaanti muodostuu ravinnon hiilihydraateista, proteiineista ja rasvoista. Myös alkoholista saadaan energiaa, mutta sen ei tulisi kuulua urheilijan perusruokavalioon. (Ilander 2014c, 28–30.)

Koska kestävyysjuoksijan vuosi koostuu erilaisista kausista, joiden aikana harjoittelun teho ja määrä vaihtelevat, tulee tavoitteellisen urheilijan ravitsemusvalmennuksessa huomioida myös eri harjoituskausien vaikutus optimaalisen ruokavalion koostamiseen. Taulukkoon 2 on koottu huippukestävyysjuoksijoille laaditut suositukset eri energiaravintoaineiden määrälle ja osuudelle harjoituskauden aikana. Suositukset ovat kuitenkin lähtökohtaiset ja niitä tulee soveltaa yksilön harjoittelun ja ominaisuuksien mukaan. (Burke ym. 2007, Stellingwerff ym. 2007.) Heikuran ym. (2017b) tuoreen tutkimuksen mukaan edes eliittitason kestävyysurheilijoiden ravitsemus ei täysin noudattanut suosituksia.

TAULUKKO 2. Energiaravintoaineiden saantisuosituksset tavoitteellisesti harjoittelevalla kestävyys- ja keskimatkojen juoksijalle harjoituskaudella (Stellingwerff ym. 2007, Stellingwerff 2013).

	Suositus (%kokonaisenergiansaannista)	Suositus (g/kg)
Hiilihydraatit	n. 60	7–10
Proteiinit	10–15	1,5–1,7
Rasvat	25–30	1,5–2

4.1 Hiilihydraatit

Levossa ja kevyessä rasituksessa energiaa elimistön käyttöön tuotetaan pääosin rasvoista. Intensiteetin noustessa lihasten ja maksan glykokeeniksi ja veren glukoosiksi varastoituneiden hiilihydraattien osuus energiantuotannossa kasvaa progressiivisesti ollen erittäin kovatehoisissa suorituksissa jopa 50 grammaa minuutissa. Hiilihydraattien loppuessa ei enää kyetä tuottamaan lihasten ja keskushermoston käyttöön riittävästi energiaa, jolloin suoritusteho laskee, lihasproteiinia hajotetaan enemmän ja immuunivaste heikkenee. Täten runsas hiilihydraattien saanti on erityisen tärkeää kovilla harjoitusjaksoilla ja erityisesti kovatehoisten harjoitusten läheisyydessä. Runsaalla hiilihydraattien nauttimisella tavoitellaan hiilihydraattien riittävyyttä suorituksen aikana sekä glykokeenivarastojen nopeaa täyttymistä ja anabolista tilaa palautumisvaiheessa. (Stellingwerff 2013; Ilander 2014a, 140–148.)

Kovaa harjoittelevan kestävyys- ja keskimatkojen juoksijan tulee nostaa vuorokausittainen hiilihydraattien saantinsa 7–10 grammaan per painokilo, mikä vastaa noin 55–65 % kokonaisenergiansaannista (Stellingwerff ym. 2007, Burke ym. 2011). Kovimmilla harjoitusjaksoilla ja hiilihydraattitankkauksen yhteydessä määrä voi olla vieläkin suurempi (Burke ym. 2011). Väestötasolla hiilihydraattien saantisuositus on 45–60 % kokonaisenergiansaannista (VRN 2014), joten kestävyysurheilijan tulee nauttia sekä suhteellisesti että absoluuttisesti enemmän hiilihydraatteja kuin keskivertokansalaisen. Hiilihydraattien määrä tulee pitää suurena koko kauden ajan. Harjoituskaudella tarvetta lisäävät erittäin suuret, jopa yli 200 km/vko harjoitusmäärät, ja kilpailukauden lähetessä yhä kovatehoisemmat harjoitukset ja itse kilpailusuoritukset. (Stellingwerff 2013.) Poikkeuksena voidaan pitää yksittäisiä harjoituksia tai jaksoja, joilla hiilihydraattien saatavuutta rajoitetaan tietoisesti harjoitusadaptaation maksimoimiseksi (Jeukendrup 2017)

Huipputason kestävyysjuoksijoita tutkittaessa on havaittu kenialaisten käyttävän hiilihydraatteja 9,8–10,4 g/kg/vrk, kun japanilaisten, hollantilaisten, yhdysvaltalaisien ja australialaisten juoksijoiden saanti jäi suositusten alarajoille ollen vain 6,1–7,1 g/kg/vrk. Toistaiseksi on määrittelemätöntä, onko afrikkalaisten runsaampi hiilihydraattien saanti yhtenä syynä heidän hallintaansa kestävyysmatkoilla vai ainoastaan kulttuurinen ero moniin muihin maihin verrattuna. (Stellingwerff 2013.)

Tutkimusnäyttö runsashiilihydraattisen (>8 g/kg/vrk) ruokavalion eduista kohtalaisesti hiilihydraatteja (4–6 g/kg/vrk) sisältävään ruokavalioon nähden on pitkäaikaisten kestävyysharjoitusadaptaatioiden näkökulmasta ristiriitaista (Burke ym. 2007). Vähähiilihydraattisen ruokavalion sen sijaan on jo vuosikymmeniä sitten havaittu johtavan nopeampaan väsymykseen ja heikompaan suorituskykyyn (Bergstrom ym. 1967; Coggan & Coyle 1991). Koska runsashiilihydraattisen perusruokavalion ei kuitenkaan ole havaittu aiheuttavan negatiivisia vaikutuksia suorituskyvyn kannalta, tulisi kestävyysjuoksijan noudattaa jokapäiväisessä arjessaan edellä mainittuja suosituksia kehityksensä maksimoimiseksi (Burke ym. 2011).

Hiilihydraattien absoluuttisen saannin lisäksi myös laadulla ja ajoituksella on merkitystä urheilusuoritusten ja palautumisen kannalta. Erityisen tärkeää on varmistaa lihasten ja maksan glykogeenivarastojen mahdollisimman tehokas täyttäminen ennen seuraavaa tärkeää harjoitusta. Koska hiilihydraattien imeytyminen on tehokkaimmillaan juuri harjoitusta seuraavina tunteina ja yli kahteen tuntiin viivästynyt saanti hidastaa imeytymistä, on hiilihydraattien nauttiminen välittömästi harjoituksen jälkeen suositeltavaa (Stellingwerff 2007). Lisäksi välitön hiilihydraattien nauttiminen yhdessä proteiinin kanssa voi tehostaa harjoituksen jälkeistä proteiinisynteesiä (Tipton & Wolfe 2004). Yli 60–90 minuutin kovatehoisessa suorituksessa on hyötyä nauttia hiilihydraatteja varmistamaan riittävän verensokerin ylläpito glykogeenivarastojen ehtyessä. Myös hiukan lyhyemmissä harjoituksissa voi olla hyötyä nauttia pieniä määriä hiilihydraattia tai huudella suuta sokeripitoisella nesteellä, sillä keskushermosto saattaa saada tätä kautta tunteen hiilihydraattien runsaasta saatavuudesta, mikä voi parantaa suorituskykyä. (Stellingwerff 2013.)

Vaikka edellä mainitun perusteella näyttäisi siltä, että kestävyysurheilijan tulisi jatkuvasti maksimoida hiilihydraattien saantinsa, on viime aikoina saatu näyttöä, että vajaille

glykogeenivarastoilla harjoittelu voi tehostaa hiilihydraattien ja rasvojen hapetukseen osallistuvien entsyymien toimintaa sekä suurentaa harjoitusvastetta. Toisaalta vajailla varastoilla harjoittelu heikentää tehoa, jolla harjoitus voidaan suosittaa. (Burke ym. 2011, Thomas ym. 2016) Aiheesta tarvitaan vielä lisää tutkimusta, mutta tämän hetkisen tilanteen perusteella näyttäisi perustellulta suorittaa osa kevyistä harjoituksista vajailla tai jopa lähes tyhjiä hiilihydraattivarastoilla ja huolehtia riittävästä saannista kovien harjoitusten yhteydessä harjoitustehon maksimoimiseksi. (Burke ym. 2011, Thomas 2016, Jeukendrup 2017.)

4.2 Proteiinit

Harjoittelu lisää proteiinien ja etenkin haaraketjuisten aminohappojen hapetusta energiantuottoon, mutta tyypillisen kestävyysharjoituksen aikana tämä määrä on vain 2–5 % kokonaisenergiankulutuksesta. Kova intensiteetti, pitkäkestoinen suoritus ja glykogeenivaje voivat nostaa aminohappojen hapetuksen 10 prosenttiin kokonaisenergiankulutuksesta. (Tarnopolsky 1999.) Lisäksi ravinnon proteiinia tarvitaan rakennusaineeksi korjaamaan harjoittelun aiheuttamia lihassoluvaurioita sekä muodostamaan uusia mitokondrioita, entsyymejä, hiussuonia, myofibrillejä ja muita solurakenteita hapenotto-ominaisuuksien kehittymisen varmistamiseksi (Ilander & Linblad 2014, 203–214).

Harjoittelun lisäämän tarpeen vuoksi kestävyysurheilijoiden proteiinin saantisuosituksiksi on asetettu 1,5–1,7 g/kg/vrk (Tarnopolsky 1999), mikä on lähes kaksinkertainen väestön ravitsemussuositukseen nähden (VRN 2014). Lisääntyneen kokonaisenergiansaannin ansiosta kestävyysjuoksijat kuitenkin saavuttavat ja ylittävätkin kohotetut suositukset helposti. Saantisuosituksia ylittävä proteiinin saanti on todettu useissa eliittikestävyysjuoksijoilla sekä muiden kestävyyslajien edustajilla tehdyissä tutkimuksissa (Tarnopolsky 1999; Stellingwerff 2013.) Äärimmäisen kovaa (>200km/vko) harjoittelevat kestävyysjuoksijat saattavat hyötyä hiukan suosituksia suuremmasta proteiinien saannista, mutta tämän todistaminen vaatii vielä lisää tutkimusta (Stellingwerff 2013).

Proteiinien absoluuttisen saannin sijaan urheilijan tulee keskittyä niiden laatuun ja ajoitukseen, mikä on oleellista proteiinisynteesin, palautumisen ja kehonkoostumuksen optimoimiseksi (Stellingwerff 2013). Harjoittelun jälkeisen proteiinisynteesin on havaittu maksimoituvan n. 20 g annoksella proteiinia (Moore ym. 2009). Kehon painon merkitystä

harjoituksen jälkeiseen proteiinin tarpeeseen ei ole vielä selkeästi osoitettu, mutta tarpeen arvellaan olevan noin 0,3 g/kg/vrk. Nettoproteiinisynteesi maksimoidaan nauttimalla edellä mainittu määrä 4–6 kertaa vuorokaudessa tasaisin väliajoin. Erityisen tärkeää proteiinien nauttiminen yhdessä hiilihydraattien kanssa on välittömästi harjoituksen jälkeen. (Stellingwerff 2013.) Tangin ym. (2009) mukaan näyttäisi, että heraproteiini on elimistön proteiinisynteesin maksimoimiseksi soijaproteiinia ja kaseiinia parempi vaihtoehto urheilijalle.

Tämänhetkisiä proteiinin saantisuosituksia on kritisoitu siitä, että niiden taustalla olevat tutkimukset on toteutettu suurilta osin voimaharjoittelun yhteydessä (Kato ym. 2016) ja rajoitetulla työskentelevien lihasten määrällä (Macnaughton ym. 2016). Macnaughton ym. (2016) havaitsivatkin, että vaikka n. 20–25 g kerta-annosten on havaittu aiemmissä tutkimuksissa (mm. Moore 2009) maksivoivan harjoittelun jälkeisen proteiinisynteesin, voi tarvittava määrä olla suurempi silloin, kun harjoitetaan monipuolisesti koko kehon lihaksia. Tutkimuksessa havaittiinkin 40 g proteiiniannoksen tuottavan 20 g proteiiniannosta suuremman proteiinisynteesin koko kehoa kuormittaneen voimaharjoituksen jälkeen (Macnaughton ym. 2016). Kato ym. (2016) tutkivat proteiinisynteesin tasoa mieskuntoilijoilla, jotka juoksivat kontrolloidun 3 vuorokauden ajanjakson aikana 35 kilometriä. Riittävä energian ja hiilihydraattien saanti oli tutkimuksen ajan kontrolloitu. Viimeisenä päivänä juostun 20 kilometrin mittaisen kilpailuvauhtisen harjoituksen jälkeen proteiinisynteesin havaittiin maksimoituvat 1,65–1,83 g/kg proteiiniannoksella, mikä on aavistuksen korkeampi kuin nykyiset kestävyysjuoksijoiden suositukset. (Kato ym. 2016.) Kilpakestävyysjuoksijoiden harjoitusmäärät ovat usein merkittävästi suurempia kuin Katon ym. (2016) tutkimuksessa, minkä vuoksi on mahdollista, että heillä optimaalinen proteiinin tarve harjoittelun jälkeen voi olla suurempi kuin tutkimuksissa havaittu 1,83 g/kg.

4.3 Rasvat

Rasvat toimivat merkittävimpana energianlähteenä matalatehoisessa suorituksessa. Rasvojen hapetus kuitenkin vaatii tietyn ATP-määrän syntetisoimiseksi 10 % enemmän happea kuin hiilihydraatteja hapetettaessa, mikä on hyvin merkittävä ero hapensaannin ollessa suoritusta rajoittava tekijä. Molekyylillä rasvaa sisältää noin nelinkertaisen määrän energiaa hiilihydraattimolekyylisiin nähden, mikä yhtäältä tekee siitä lähes ehtymättömän

energianlähteen, mutta toisaalta aiheuttaa helposti epätoivottua painon nousua runsasrasvaista ruokavaliota noudattaville. (Stellingwerff 2013.)

Pääosa elimistön rasvavarastoista on rasvakudoksessa, mutta myös lihakset varastoivat merkittävän määrän rasvaa lihaksen sisäisen triglyseridin (IMTG, intramuscular triacylglyceride) muodossa. IMTG on havaittu merkittäväksi energianlähteeksi myös intensiivisissä harjoituksissa, mistä voisi päätellä, että niiden täyttäminen runsasrasvaisella ruokavaliolla olisi tärkeää ennen kovatehoisia harjoituksia. Tähänastiset tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että runsas rasvan nauttiminen vähentää hiilihydraattimetaboliaan osallistuvien entsyymien aktiivisuutta, mikä edelleen johtaa lihasten heikentyneeseen kykyyn työskennellä kovalla intensiteetillä. Täten yhdistetyn hiilihydraatti-rasvatankkauksen noudattaminen ei vaikuta ennen kilpailua perustellulta ja voi jopa heikentää suorituskyykyä kovatehoisissa suorituksissa. (Stellingwerff ym. 2007; Burke ym. 2007.) Lisäksi rasvan runsas nauttiminen voi hidastaa ruuan imeytymistä, mikä altistaa suorituksenaikaisille vatsavaivoille sekä hidastaa palautumista. Täten rasvapitoisimmat ateriat on syytä sijoittaa erilleen päivän pääharjoituksesta. (Stellingwerff 2013.)

Vaikka runsaalla rasvan käytöllä on monia negatiivisia yhteyksiä urheilijan suorituskyykyille, on se silti tärkeä ja välttämätön osa tasapainoista ruokavaliota (Stellingwerff 2007). Elimistölle välttämättömiä rasvahappoja, linoli- ja alfa-linoleenihappoa, voidaan saada ainoastaan ravinnon laadukkaista rasvanlähteistä. Lisäksi rasva on välttämätöntä monien vitamiinien imeytymiselle. Liian niukka (alle 20 % kokonaisenergiansaannista) rasvan ja etenkin tyydyttymättömien rasvahappojen saanti saattaa johtaa esimerkiksi epäedullisiin veren rasva-arvoihin, heikentyneeseen sydän- ja verisuoniterveyteen, huonompaan vastustuskykyyn, elimistön matala-asteisen tulehdustilan suurenemiseen sekä häiriintyneeseen hormonitoimintaan heikentäen mm. palautumista ja lihaskehitystä. (Ilander 2014b, 232–237.)

Kestävyysjuoksijan tulee mukauttaa rasvan käyttönsä harjoituskauden vaatimusten mukaisesti. Peruskuntokaudella, jolloin energiankulutus ja rasvavarastojen käyttö energiankulutukseen ovat suurimmillaan, suositellaan rasvojen saanniksi n. 1,7–2,0 g/kg/vrk, Kilpailuun valmistavalla ja kilpailukaudella rasvojen saanti on hyvä laskea tasolle 1–1,5 g/kg/vrk, jotta painoa ei pääse kertymään vähentyneen energiankulutuksen seurauksena. (Stellingwerff 2007.)

5 ENERGIAN SAATAVUUS JA SEN MÄÄRITTÄMINEN

Riittävän energiansaannin tulisi olla väliaikaisia poikkeustilanteita (mm. laihdutus) lukuun ottamatta jokaisen urheilijan ravitsemuksen päätavoite. Osa ruoan sisältämästä energiasta kuluu lepoaineenvaihduntaan sekä fyysisen aktiivisuuden aiheuttamiin energiakustannuksiin. Osa puolestaan varastoituu kehoon lihasproteiiniin, rasvakudoksen ja glykokeenin muodossa. Elimistöllä on parhaat edellytykset adaptoitua harjoitteluun, kun energiansaanti vastaa kulutusta tai on hieman suurempaa. Energiatasapaino mahdollistaa myös kehonkoostumuksen muokkautumisen lajin tarpeiden mukaiseksi. (Ilander 2014c, 19–22.)

Energiatasapaino (EB, energy balance) muodostuu energian saannin (EI, energy intake) ja energiankulutuksen (EE, energy expenditure) erotuksena ($EB=EI-EE$). Negatiivinen EB arvo osoittaa energiansaannin olevan kulutusta pienempää ja positiivinen arvo päinvastoin. (Loucks 2013.) Energiatasapainon arviointiin liittyvien hankaluuksien vuoksi, on nykyään yleistynyt myös termin energian saatavuus (EA, energy availability) käyttö urheilijan ravinnon riittävää tasoa arvioidessa (Nattiv ym. 2007). Seuraavassa kappaleessa käydään tarkemmin läpi urheilijan energiastatuksen arviointia EA:n avulla.

5.1 Energian saatavuus

Energian saatavuudella viitataan energiamäärään, joka keholla on käytettävissä toimintoihinsa ja fysiologisiin prosesseihin, kuten kasvuun, liikkumiseen, lämmönsäätelyyn ja immuunitoimintaan (Nattiv ym. 2007). Matemaattisesti se siis lasketaan kaavalla $EA=EI-EEE$, jossa EI (energy intake) viittaa energiansaantiin ja EEE (exercise energy expenditure) urheiluharjoittelun aiheuttamaan energiankulutukseen (De Souza ym. 2014). Yleensä EA ilmaistaan suhteutettuna kehon rasvattomaan massaan (FFM, fat free mass) (Nattiv ym. 2007).

Energian saatavuudelle on tutkimusten perusteella annettu suositeltuja raja-arvoja. Jotta urheilija varmistaisi riittävästi energiaa palautumisen, harjoitusadaptaatioiden ja fysiologisten toimintojensa ylläpitoon, tulisi EA:n olla vähintään tasolla 45 kcal/kg/vrk, mikä on normaalisti toimivassa kehossa energiatasapainoinen tila (Loucks ym. 2011). 30–45 kcal/kg/vrk tasoa kutsutaan vähentyneeksi EA:ksi, jota urheilijoiden tulisi ylläpitää vain lyhytaikaisesti osana hyvin suunniteltua painonpudotusta. Mikäli EA laskee pidempiaikaisesti

alle 30 kcal/kg/vrk, ei keho kykene ylläpitämään normaaleja fysiologisia toimintojaan, mistä voi seurata negatiivisia vaikutuksia sekä terveyden että suorituskyvyn kannalta. (Nattiv ym. 2007; Loucks ym. 2011; De Souza ym. 2014; Mountjoy ym. 2014). Matala EA on yhdistetty muun muassa hormonitoiminnan häiriöihin, luuntiheyden heikentymiseen ja tätä kautta suurentuneeseen murtumariskiin (Loucks & Thuma 2003; Nattiv ym. 2007; De Souza ym. 2014). Naisurheilijoilla kuukautiskierron häiriöt ovat usein merkki liian alhaisesta EA:sta (Nattiv ym. 2007).

Ongelmana edellä mainituissa EA:n raja-arvoissa on kuitenkin se, että ne on määritetty laboratorio-olosuhteissa tutkimalla harjoituskuormituksen ja EA:n vaikutusta lutenisoivan hormonin eritykseen ja luun uudismuodostuksen markkereihin (Loucks & Thuma 2003; Ihle & Loucks 2004). Sen sijaan laboratorio-olosuhteiden ulkopuolella ei ole kyetty määrittämään terveyden ja suorituskyvyn kannalta optimaalisia EA:n raja-arvoja (mm. Koehler ym. 2013; Melin ym. 2015; Heikura ym. 2017a), minkä vuoksi lisätutkimuksen tarve on yhä olennainen. Tutkimuksellisia haasteita aiheutuu erityisesti EA:n määrittämisessä, mitä varten on selvitettävä sekä EI, EEE että FFM (Logue ym. 2018). Kaikkiin kolmeen liittyy urheilijan luonnollisissa olosuhteissa merkittäviä epätarkkuustekijöitä, joita käydään tarkemmin läpi seuraavissa kappaleissa. EA:n tarkkoja raja-arvoja urheilijoille määritettäessä on hyvä huomioida, että myös muut tekijät, kuten harjoituskuormitus, psykologiset tekijät, päivittäinen energiastatuksen vaihtelu ja ravitsemustottumukset voivat vaikuttaa matalan EA:n vaikutuksiin eikä näiden tekijöiden vaikutusta vielä tunneta riittävästi (Mountjoy ym. 2014). Tuore tutkimus kuitenkin osoittaa että nimenomaan vuorokausittainen energiavajeessa vietetty aika voi olla ratkaisevassa roolissa terveyden ja suorituskyvyn kannalta (Torstveit ym. 2018).

Vaikka pääosa energian saatavuuteen liittyvistä tutkimuksista on tehty naisurheilijoilla, myös miesten on havaittu kärsivän matalan EA:n haittavaikutuksista (Tenforde ym. 2016). Viimeaikaiset tutkimukset ovat antaneet viitteitä siitä, että miesten EA:n raja-arvot olisivat hieman naisia alhaisemmat (20–25 kcal/kg/vrk, Fagerberg 2017). Miehillä optimaalisten EA-arvojen määrittäminen kuitenkin vaatii vielä lisää tutkimusta. Myös naisten osalta raja-arvoissa uskotaan olevan yksilöllistä vaihtelua, sillä useammassa tutkimuksessa on havaittu naisjuoksijoilla normaali kuukautiskierto, vaikka EA olisikin ollut alle raja-arvon 30 kcal/kg/vrk. Toisaalta monet raja-arvon selvästi ylittäneet urheilijat ovat kärsineet kuukautiskierron häiriöistä. (De Souza ym. 2014; Melin ym. 2015; Heikura ym. 2017a.)

5.2 Energian saannin arviointi

Energiansaannin arvioimiseksi tulee analysoida urheilijan ruoankäyttöä. Tähän on monia tapoja, joista yleisimmät ovat 1–7 päivän ruokapäiväkirja, ruoankäyttökysely ja 24 tunnin ruoankäyttömuistelu. Kaksi jälkimmäistä sekä lyhimät ruokapäiväkirjaseurannat ovat toimivia tutkittaessa suurta joukkoa, mutta yksilön ruokavaliosta ne eivät anna luotettavaa kuvaa. (Magkos & Yannakoulia 2003.) Perinteisten metodien rinnalle on kehitetty myös erilaisia mobiilisovelluksia ja muita sähköisiä tapoja energiansaannin arviointiin (Deakin ym. 2016)

Ruokapäiväkirjaseurannassa tutkittava kirjaa ylös kaikki seurantajakson aikana nauttimansa ruuat ja juomat. Toimivin ruokapäiväkirjan täyttöaika riippuu paljon tutkittavan motivaatiosta. Pidempi seuranta-aika antaa kokonaisvaltaisemman kuvan tutkittavan ruokavaliosta, mutta vaatii huomattavasti enemmän vaivaa sekä tutkijalta että tutkittavalta. Raportoinnin luotettavuus ja tarkkuus ovat pitkälti kiinni tutkittavan panoksesta. (Magkos & Yannakoulia 2003.) Ruokapäiväkirjat, joissa ruoka-aineet punnitaan antavat todenmukaisimman kuvan tutkittavan ruokamäärästä, mutta vaativat tutkittavalta suurta sitoutumista (Deakin ym. 2015). Tämän vuoksi talousmittojen käyttäminen ja arviointi tuottavat useassa tapauksessa jopa punnitusta tarkemman kuvan tutkittavan todellisesta ruokavaliosta (Lee & Nieman 2007 Deakinin ym. 2015 mukaan), vaikka arvioidut annoskoot voivatkin vaihdella 20–50 % todellisen ravinnon määrän ympärillä (Livingstone & Black 2003).

Urheilijoilla 3–7 päivän ruokapäiväkirjan uskotaan tarjoavan riittävän tarkkuuden tavanmukaisesta energian ja makroravintoaineiden saannista, mutta mikroravintoaineiden saannin arviointiin menetelmä on turhan epätarkka. (Magkos & Yannakoulia 2003.) Burke ym. (2001) raportoivat parhaaksi ruokapäiväkirjan kestoksi 3–4 vuorokautta, sillä tätä pidemmät ajanjaksot on yhdistetty epätarkkaan päiväkirjan täyttöön ja suurentuneeseen poisjääntien lukumäärään. Ravintopäiväkirjojen ei kuitenkaan uskota antavan todellista kuvaa ruokavaliosta, mikäli niitä ei ole toistettu useita kertoja muutaman kuukauden välein (Buzzard ym. 1998 Deakinin ym. 2015 mukaan)

Kaikki ruoankäytön mittausten menetelmät sisältävät useita tekijöitä, jotka heikentävät niiden tarkkuutta, luotettavuutta ja toistettavuutta. On jo pitkään tiedetty, että ruokavalion

arviontityökalut ovat epätarkkoja etenkin yksilötasolla. Ravinnonsaantitutkimusten tuloksia onkin syytä käsitellä hyvin kriittisesti analysointivaiheessa. Etenkin aliraportointi ja ruoankäytön muuttaminen seurantajakson ajaksi vääristävät useissa tapauksissa tuloksia. (Magkos & Yannakoulia 2003.) Aliraportoinnin ja normaalia vähäisemmän syömisen on havaittu olevan erityisen yleistä painostaan huolestuneilla urheilijoilla (Fudge ym. 2006) sekä ruokapäiväkirjoissa, joiden työtaakka tutkittavalle on suuri muun muassa runsaan syömisen ja ruoka-aineiden punnitsemisen vuoksi (Thomson & Subar 2013 Deakinin ym. 2015 mukaan). Täten jonkinasteinen aliraportointi on kestävyysjuoksijoilla jopa todennäköistä.

5.3 Energiankulutuksen arviointi

Fyysisen aktiivisuuden aiheuttamaan energiankulutukseen vaikuttavat toiminnan kesto ja intensiteetti. Intensiteetin kasvu voidaan mitata sykkeen, ventilaation ja hapenkulutuksen kasvuna. Fyysisen aktiivisuuden intensiteetti ilmoitetaan usein MET-arvoilla (metabolic equivalent), joka ilmoittaa, kuinka moninkertaisesti suoritusteho ylittää lepoenergiankulutuksen (REE, resting energy expenditure). REE vaihtelee yksilöllisesti ja se voidaan mitata varsin luotettavasti mittaamalla hapenkulutusta lepotilassa. REE:n vaihtelun seurauksena myös yhden MET:n arvo vaihtelee yksilöllisesti. MET:n standardiarvoksi on määritetty 3,5 ml/kg/min, jota voidaan käyttää tarkemman tiedon puuttuessa. (Ainsworth 2013.) Ainsworthin ym. (2011) kokoamaan “the 2011 Compendium of Physical Activities” - taulukoihin on koottu useimpien aktiviteettien ja urheilumuotojen arvioidut MET-arvot, joita voidaan käyttää apuna harjoituksen, muun fyysisen aktiivisuuden tai koko päivän energiankulutuksen määrittämisessä.

Energiankulutuksen mittaamiseksi on useita suoria ja epäsuoria arviointiin perustuvia menetelmiä. Suorat antavat epäsuoria tarkemman arvion, mutta ovat kustannuksiltaan ja olosuhdevaatimuksiltaan korkeammat. Suoria energiankulutuksen mittaamenetelmiä ovat lämmön vapautukseen perustuva suora kalorimetria sekä kaksoisleimattu vesi (double labelled water) ja leimattu bikarbonaatti. Epäsuorasti energiankulutusta voidaan mitata hengityskaasuihin perustuvalla epäsuoralla kalorimetrialla, fysiologisilla muutoksilla (syke, ventilaatio, lämpötilan nousu) tai erilaisilla liikemonitoreilla. (Ainsworth 2013.)

5.4 Kehonkoostumuksen arviointi

Kehonkoostumuksen mittaamiseen on olemassa lukuisia tapoja, jotka vaihtelevat paljon tarkkuudeltaan, käytännöllisyydeltään ja hinnaltaan. Kehonkoostumusmittauksen tavoite määrittelee pitkälle, mikä menetelmä valitaan. Saatavilla on kolme referenssimenetelmää, jotka arvioivan suoraan ja hyvin tarkasti kehon eri elementtien osuutta. Näiden käyttö tutkimuksissa on kuitenkin hintansa ja epäkäytännöllisyytensä vuoksi hyvin harvinaista. Tästä syystä rinnalle on luotu useita laboratorio- ja kenttätestejä. (Shaw ym. 2015.) Eri mittalaitteiden välillä on samoilla henkilöillä havaittu yli 10 prosenttiyksikön eroja rasvaprosentissa (Borg 2016), minkä vuoksi eri menetelmillä saatuja tuloksia ei pidä verrata toisiinsa.

Kenttämenetelmät ovat edullisimpia ja käytännöllisimpiä tapoja mitata kehonkoostumusta, mutta valitettavasti tarkkuudeltaan varsin heikkoja (Shaw ym. 2015). Pinta-antropometria, joka sisältää ihopoimujen paksuuden sekä pituuksien, leveyksien ja ympärysmittojen mittaamisen, on käytetyin tapa arvioida kehonkoostumusta (Meyer ym. 2013). Ihopoimujen paksuuden mittaaminen on yleensä hyväksytty riittävän tarkaksi menetelmässä yksilön muutosten seuraamiseksi (Ackland ym. 2012), mutta absoluuttisesta rasvan määrästä se ei tarjoa riittävän tarkkaa informaatiota (Shaw ym. 2015). Ihonalaisten rasvakerroksen paksuutta voidaan arvioida myös ultraäänen avulla (Müller ym. 2013), mutta myöskään tämä menetelmä ei anna tarkkaa kuvaa koko kehon rasvan määrästä (Shaw ym. 2015). Laajasti saatavilla olevat biosähköiset impedanssilaitteet (BIA) ovat puolestaan hyvin herkkiä nestetasapainon heittelylle, mikä heikentää niiden validiutta (Kyle ym. 2004).

Myös useat laboratoriomenetelmät mahdollistavat kehonkoostumuksen arvioinnin. Perinteinen menetelmä, vedenalaispunnitus, perustuu elimistön tiheyden määrittämiseen ja tämän perusteella laskettuun rasvaprosenttiin. Vedenalaisen epämukavuuden vähentämiseksi on kehonkoostumus mahdollista määrittää samoin periaattein myös eräänlaisessa ilmakammiossa (ADP, air displacement plethymography). (Shaw ym. 2015.) Tiheyden perusteella määritettävään kehonkoostumukseen liittyvät perusoletukset keuhkovolyymien sekä lihasmassan ja rasvan vakiotiheydestä, mikä asettaa hieman virhemarginaalia menetelmän tarkkuuteen (Ellis 2000). Uutena kehonkoostumusmittausmenetelmänä on yleistynyt joko laseria tai valkoista valoa hyödyntävä fotoninen 3D-skannaus, jossa tietokone tekee tarkat kehonkoostumuslaskelmat kolmiulotteisen kuvan perusteella (Schranz ym. 2010).

Kuten muihin tiheyslaskelmiin perustuviin kehonkoostumusmäärittämiin, myös fotoniseen 3D-skannaukseen liittyy jonkin verran virhelähteitä ja olettamuksia. Menetelmä on kuitenkin nopea ja tutkittavaystävällinen. (Shaw ym. 2015.)

Yksi suosittu ja tässäkin tutkimuksessa käytetty menetelmä kehonkoostumuksen mittaamiseen laboratorio-olosuhteissa on kaksiennergiseen röntgensäteilyyn perustuva DXA (dual-energy x-ray absorptiometry), joka on alun perin kehitetty luun mineraalitiheyden (BMD, bone mineral density) määrittämistä varten (Genton ym. 2000). DXA onkin ”Gold Standard” -metodi sekä osteoporoosin määrittämisessä (Kanis & Glüer 2000) että sen hoidon onnistuneisuuden arvioinnissa (Blake & Fogelman 2009). Myös kehonkoostumuksen määrittämisessä DXA:aa voidaan pitää varsin toistettavana ja validina menetelmänä ja se onkin hyväksytty erinomaiseksi vaihtoehdoksi tutkimuskäyttöön (Santos et al. 2010). Van der Ploeg ym. (2003) raportoivat, että DXA hiukan (1,8–4,0 %) aliarvioi kehon rasvamassaa verrattuna referenssimetodeihin ja että aliarviointi on korostunut laihoilla henkilöillä. Kehon kokonaispainon ja rasvattoman massan osalta DXA:n luotettavuutta voidaan kuitenkin pitää erinomaisena variaatioiden rasvattomalle massalle ollessa 0,3-1,1 % ja kehon kokonaispainolle 0,02-0,63 % (Kiebzak et al. 2000; Aasen ym. 2006; Bilsborough et al. 2014).

6 OPTIMAALISEN PAINON JA KEHONKOOSTUMUKSEN TAVOITTELUN HAASTEET KESTÄVYYSJUOKSIJOILLA

6.1 Energian saannin rajoittamisen yhteys suorituskykyyn

Painon pudottaminen vaatii energiavajetta ja energiavajeen saavuttaminen yhden tai useamman energiaravintoaineen puutetta. Sekä hiilihydraattien, proteiinien että rasvojen saannin rajoittamisesta seuraa omanlaisiaan haittoja terveydelle, suorituskyvyille ja palautumiselle.

Hiilihydraattien määrän rajoittaminen johtaa elimistön glykogeenivarastojen ehtymiseen. Vähentynyt lihasglykogeeni heikentää kestävyysuoritusta sillä hiilihydraatit toimivat ensisijaisena energianlähteenä etenkin kovatehoisessa kestävyysliikunnassa (Robergs 1991, Burke ym. 2017). Fogelholm (1994) tiivistää, että tutkimuksissa on havaittu normaalihiilihydraattisten laihdutusruokavalioiden (50 % kokonaisenergiansaannista) heikentävän anaerobista suorituskykyä, jonka merkitys korostuu etenkin lyhyemmillä kestävyysmatkoilla sekä kirivaiheessa. Säilytettäessä hiilihydraattien absoluuttinen määrä suurena (vähintään 4,1 g/kg/vrk) suorituskyky pysyi muuttumattomana (McMurray ym. 1991). Myös aerobinen suorituskyky heikkenee hiilihydraattien puutteessa. Webster ym. (1990) mukaan painijoilla on havaittu jopa 10 % heikkenemistä aerobisessa suorituskyvyssä painonpudotuksen aikana.

Tutkimuksissa saatu tieto painonpudotuksen vaikutuksesta maksimaaliseen hapenottokykyyn on vaihtelevaa, mutta useimmiten se on joko heikentynyt tai pysynyt muuttumattomana. Kehon painoon suhteutettuna maksimaalinen hapenottokyky on saattanut jopa parantua laihduttaessa. (Fogelholm 1994.) Toisaalta on olemassa myös tutkimusnäyttöä, jossa painoaan pudottavat eliittiuurheilijat eivät ole onnistuneet parantamaan hapenottokykyään harjoittelun avulla, vaikka vakio painoisista koostuvan vertailuryhmän tulokset ovat parantuneet (Inger 1991, Fogelholmin 1994 mukaan).

Energianpuutteen seurauksena laihduttajan elimistö on jatkuvasti katabolisessa tilassa. Hiilihydraattien määrän ollessa vähäistä, eivät glykogeenivarastot ehdi täyttyä ennen seuraavaa harjoitusta eikä ravinnon rajoitettu aminohappojen määrä välttämättä riitä korjaamaan syntyneitä lihassoluvaurioita. Täten energiavaje heikentää palautumista

merkittävästi, eikä elimistö ehdi latautua ajoissa monesti päivässä toistuviin harjoituksiin. Tämän vuoksi laihdutus harjoitus- tai kilpailukauden aikana suurentaa huomattavasti yllirasittumisen ja ylikunnon riskiä. (Stellingwerff 2007; Stellingwerff 2013.)

Vaikka voima ja lihassmassa eivät olekaan kestävyysjuoksijoilla kovin ratkaisevassa roolissa ja suuret lihakset saattavat jopa heikentää suorituskkyä lisääntyneen hapentarpeen vuoksi, on tiettyjen voimatasojen ylläpito tärkeää muun muassa hyvän juokstekniikan ja juoksun taloudellisuuden säilyttämiseksi (Vuorimaa 2016). Koska kestävyysjuoksijoilla on vain harvoin liiaksi voimaa, on lihaskudoksen menetys painonpudotuksen myötä useimmissa tapauksissa haitaksi. Runsas proteiinien ja hiilihydraattien saanti sekä maltillinen painonpudotusvauhti (noin 0,7 % kehonpainosta tai 0,2–0,5 kg viikossa) auttavat lihassmassan säilyttämisessä (Garthe ym. 2011, Ilander ym. 2014, 333–334). Tästä huolimatta lihaskudoksen menetys on lähes aina vähintään viidennes kokonaispainonpudotuksesta (Ilander 2014, 333–334). Painonpudotustutkimuksissa on kuitenkin saatu näyttöä siitä, että ylläpitämällä jatkuvaa harjoitus- ja etenkin voimaharjoitusstimulusta, voidaan lihassmassaa hieman jopa kasvattaa hitaan painonpudotuksen aikana (Garthe ym. 2011, Stellingwerff 2017). Valmiiksi vähän rasvaa omaavilla kestävyysjuoksijoilla lihaskudoksen käyttö energianlähteenä ilmeisesti lisääntyy, sillä elimistö pyrkii säilyttämään tietyn määrän rasvaa elintoimintojensa ylläpitoon (Deutz ym. 2000).

Jotta hiilihydraattien ja proteiinien määrä kyetään pitämään riittävänä palautumisen ja suorituskkyyn säilyttämiseksi, on rasvan määrää vähennettävä laihdutustuloksen saamiseksi (O'Connor ym. 2007). On kuitenkin tärkeää huomioida, että elimistö tarvitsee rasvaa toimiakseen ja sen liian niukka saanti aiheuttaa terveystriskejä. Pitkällä aikavälillä rasvan turvallisena minimisaantina pidetään noin 20 prosenttia kokonaisenergiansaannista, mutta väliaikaisesti 10–15 prosentinkaan saannilla ei ole havaittu olevan merkittäviä haittoja. (Ilander 2014, 350–351.)

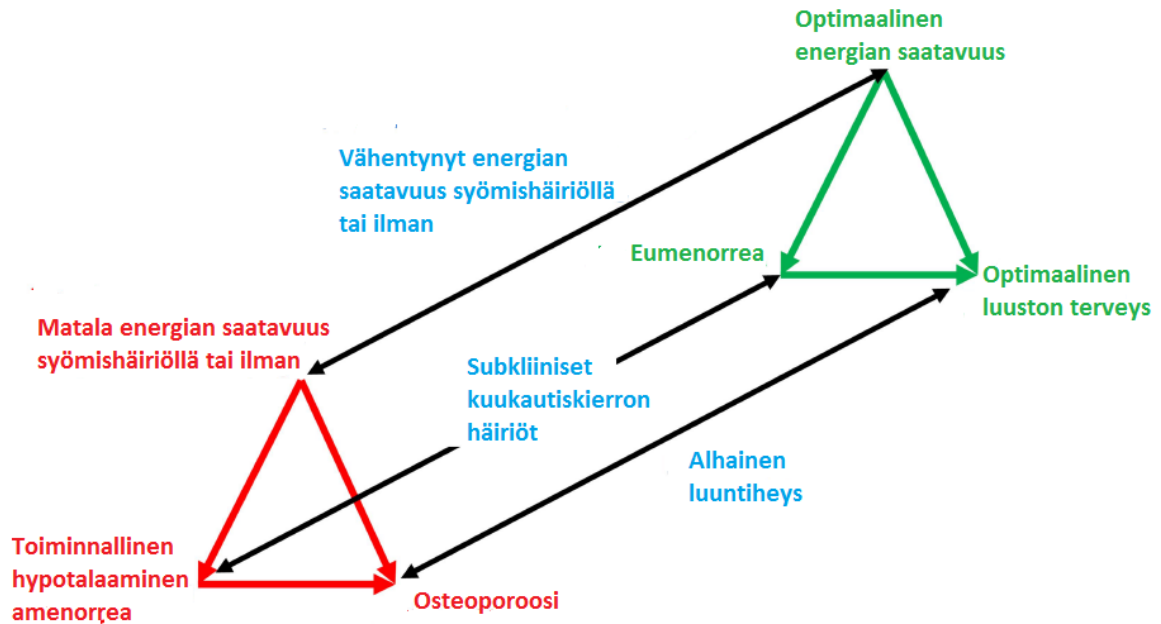
Painonpudotus lisää merkittävästi sairastumisriskiä huonontamalla vastustuskykyä, sillä energiansaannin riittämättömyydellä on havaittu olevan immuunipuolustusta heikentävä vaikutus (Nieman ym. 1996). Lisäksi huonosti suunniteltu syömisen rajoittaminen altistaa joidenkin suojaravintoaineiden sekä omega-3-rasvahappojen liian niukalle saannille (Manore ym. 2007), mikä heikentää vastustuskykyä edelleen. Huonontunut vastustuskyky voi osoittautua merkittäväksi urheilijan suorituskkyyn heikentäjäksi, sillä jatkuvat sairastelut

laskevat kuntoa ja näkyvät vähentyneinä harjoituspäivinä. Lisäksi puutostiloilla on joskus suoriakin vaikutuksia terveydelle ja suorituskyvyille. Esimerkiksi raudanpuutosanemia aiheuttaa hapenottokyvyn laskua ja kalsiumin niukka saanti ilmenee luuston terveysongelmina. (Ilander 2006b, 232–252.)

Koska energian ja etenkin hiilihydraattien saannin rajoittamisella on negatiivisia vaikutuksia suorituskykyyn ja palautumiseen, tulisi mahdolliset suuremmat kehonkoostumuksen muokkaukset olla tarkasti harkittuja ja ajoittaa asiantuntijan ohjauksessa kevyimmille harjoitusjaksoille (Stellingwerff ym. 2007). Ruokahalu ei täysin korreloi harjoittelun aiheuttaman energiankulutuksen muutoksiin (McConnel ym. 1991), minkä vuoksi urheilijan tulisi tehdä kilpailukaudella tietoinen päätös ruokavalionsa energian ja etenkin rasvan määrän rajoittamisesta (Stellingwerff ym. 2007.) Myös ylimenokauden aikainen painonnousu kannattaa pitää maksimissaan 5 prosentissa (Stellingwerff ym. 2007). Toisaalta Stellingwerff (2013) toteaa, että ympärivuotinen kisapainon ylläpito voi johtaa krooniseen energiavajeeseen ja aiheuttaa merkittävää psyykkistä stressiä sekä kasvattaa ylikuormituksen, vammojen, infektioiden ja muiden terveysongelmien riskejä. Olympiatason naiskestävyysjuoksijaa yhdeksän vuoden ajan seuranneen tutkimuksen perusteella todettiin, että kehonkoostumuksen ja painon kausittaisella jaksotuksella voi olla positiivisia vaikutuksia sekä kilpailukauden suorituskykyyn että kokonaisterveyden kannalta (Stellingwerff 2017). Myös Heydenreich ym. (2017) toteavat review-artikkelissaan, että eliittikestävyysurheilijat tyypillisesti jaksottavat harjoittelunsa, ravitsemuksensa ja kehonkoostumuksensa niin, että rasvaprosentti on alhaisimmillaan kilpailukaudella.

6.2 Suhteellinen energiavaje ja naisurheilijan oireyhtymä

Vuonna 2007 American College of Sports Medicine määritteli naisurheilijan oireyhtymän (Female Athlete Triad) kliiniseksi tilaksi, jossa yhdistyvät matala EA, kuukautishäiriöt ja luun terveys (Nattiv ym. 2007). Triadin komponentit on esitetty jatkumona, jonka terveessä päässä ovat säännölliset kuukautiset, optimaalinen EA ja terveet luut. Jatkumon toisessa päässä ovat amenorrea, niukka EA ja osteoporoosi (kuva 1, De Souza ym. 2014). Naisurheilijan oireyhtymä saa alkunsa niukasta EA:sta, jonka on todettu aiheuttavan häiriöitä sekä aineenvaihdunnallisiin että lisääntymishormoneihin, mikä edelleen johtaa alentuneeseen luunmuodostukseen ja kuukautishäiriöihin (Loucks & Thuma 2003, Ihle & Loucks 2004).



KUVIO 1. Naisurheilijan oireyhtymää kuvaava jatkumo, jonka toisessa päässä on terve tilanne ja toisessa päässä matala energian saatavuus sekä sitä seuraavat terveydelliset haasteet. Urheilija liikkuu jatkumolla riippuen hänen ravitsemuksestaan ja harjoittelustaan. (Muokattu De Souza ym. 2014.)

ACOG:in (American College of Obstetricians and Gynecologists, 2015) linjauksen mukaan normaalina kuukautiskiertonä, eumenorreana, pidetään 21–34 vuorokauden välein esiintyvää vuotoa. Nuorilla, gynekologiselta iältään alle 3-vuotiailla, myös 41 vuorokauden venynyttä kierron pituutta voidaan pitää normaalina (ACOG 2015). Amenorrea puolestaan viittaa tilanteeseen, jossa kuukautiset eivät ole joko alkaneet ollenkaan (primäärinen amenorrea) tai edellisistä kuukausista on kulunut yli kolme kuukautta (De Souza ym. 1998). Yli 5 viikon, mutta alle kolmen kuukauden välein esiintyvää kietoa kutsutaan oligomenorreaksi (De Souza ym. 1998).

Kuukautishäiriöiden yleisyys vaihtelee merkittävästi tutkimuksesta riippuen, mutta kestävyysjuoksijoiden on havaittu olevan niiden osalta selkeästi riskiryhmässä ei-urheilijoihin ja myös monien muiden urheilulajien edustajiin verrattuna. Dusek ym. (2001) tutkimuksen mukaan jopa 75 % 15–21-vuotiaista naiskestävyysjuoksijoista (n=20) oli amenorrisia. Samassa tutkimuksessa koripalloilijanaisten (n=18) 6 %:aa ja ei-kilpaurheilijain kontrolleista (n=96) 13 %:lla todettiin amenorrea. Myös Muyan ym. (2016) mukaan 16–17-vuotiailla kenialaisjuoksijoilla (n=61) amenorrean esiintyvyys (32,7 %) oli korkeampi kuin ei-urheilijain kontrolliryhmällä (n=49, 18,3 %). Heikura ym. (2017a) havaitsivat, suomalaisista kansallisen kärkitason naiskestävyysjuoksijoista 50 % oli amenorrisia. Samassa tutkimuksessa

amenorrean esiintyvyys kanadalaisista, yhdysvaltalaisista ja australialaisista eliittijuoksijoista koostuvalla ryhmällä oli 30 %.

Myöhemmin on todettu, että kolmen Triad-komponentin sijaan kyse on ennemminkin niukan EA:n aiheuttamasta heikentyneestä kehon fysiologisesta toiminnasta aineenvaihdunnan, sukupuolihormonien erityksen, luun terveyden, immuniteetin, proteiinisynteesin, sydän- ja verisuoniterveyden sekä psyykkisen hyvinvoinnin osalta. Kun lisäksi on saatu näyttöä siitä, että matalan EA:n haittavaikutukset koskettavat myös miehiä, on uutena oireyhtymää kuvaavana terminä otettu käyttöön ”suhteellinen energiavaje” eli RED-S (Relative Energy Deficiency in Sport). RED-S voi vaikuttaa terveyden ohella negatiivisesti urheilijan suorituskykyyn. Ehdotettuja mekanismeja ovat heikentynyt kestävyys, suurentunut loukkaantumiseriski, heikentyneet arviointi- ja keskittymiskyky, harjoitusvaste ja voimantuotto, ärsyyntyneisyys sekä tyhjentyneet lihasten glykogeenivarastot. (Mountjoy ym. 2014.)

Suhteelliseen energiavajeeseen johtava alhainen EA voi johtua monesta syystä. Usein taustalla on urheilijan tavoittelema suorituskyvyn optimointi kehonpainoa ja rasvaprosenttia laskemalla. (De Souza ym. 2014). Matalan energian saatavuuden ja siihen yhdistettyjen hormonaalisten muutosten on havaittu olevan yleisimpiä lajeissa, joissa matalasta kehonpainosta uskotaan olevan etua suorituskyvyn kannalta (Sundgot-Borgen & Torstveit 2010; Hagmar ym. 2013). Painonpudotuspyrkimykset eivät kuitenkaan aina ole yhteydessä suorituskyvyn optimointiin vaan taustalla ovat usein myös ulkonäkösytyt (Martinsen ym. 2010). Joskus alhainen EA johtuu tahattomasta kulutukseen nähden liian niukasta energiansaannista (Burke ym. 2011), mikä on muun muassa paljon kuluttavilla kestävyysurheilijoilla varsin tyypillistä.

Energian saannin rajoittamiseen voi liittyä myös syömishäiriöitä tai lievempänä tapauksena häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä (De Souza ym. 2014; Logue ym. 2018). Jopa neljänneksellä syömishäiriöriskilajien (painoluokkalajit, esteettiset lajit sekä lajit, joissa keveys parantaa suorituskykyä) miesurheilijoista on havaittu häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä yhdistettynä tyytymättömyyteen omasta kehosta (Goltz ym. 2013). Muya ym. (2016) puolestaan totesivat yli 75 %:lla kenialaisista nuorista naiskestävyysjuoksijoista esiintyvän häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä. Torstveit ym. (2008) raportoivat syömishäiriöitä esiintyvän 46,7 %:lla urheilulajeissa, jotka ihannoivat

laihuutta, kun osuus muissa lajeissa oli 19,8 % ja kilpaurheilua harrastamattomalla kontrolliryhmällä 21,4 %. Syömishäiriöiden määrittelyssä ja niistä kärsivien osuuksissa on huomattavasti tutkimuskohtaisia eroja, mutta lähes poikkeuksetta kestävyysjuoksijoiden on todettu kuuluvan niiden osalta riskiryhmään.

Kestävyysjuoksijoiden kannalta yksi merkittävimmistä RED-S:n ongelmista ovat sen negatiiviset vaikutukset luun terveyteen ja tätä kautta suurentuneeseen rasisurmariskiin ja edelleen pitkiin juoksutaukoihin (Iwamoto ym. 2003). Vakavia luuston rasisurmoja on havaittu keskimääräistä enemmän urheilijoilla, joilla on kuukautishäiriöitä ja myös paluu normaaliin harjoitteluun tapahtuu heillä normaalia hitaammin (Nattiv ym. 2013). Pääsääntöisesti harjoittelun aiheuttama mekaaninen kuormitus tukee luuston kehitystä (Lambrinoudaki & Papadimitriou 2010) ja onkin havaittu, että harjoittelussa ja kilpaillessa kehonpainoaan kannattelevilla urheilijoilla on 5–15 % korkeampi luun mineraalitiheys kuin ei-urheilijaveroilla (Nattiv ym. 2007). Niukka ravitsemus ja hormonaaliset häiriöt voivat kuitenkin kääntää tilanteen päinvastaiseksi (Lambrinoudaki & Papadimitriou 2010), minkä vuoksi jo varsin nuorilla kestävyysjuoksijalla on useassa tutkimuksessa tavattu jopa osteoporoosiin viittaavia luuntiheysarvoja (Hind ym. 2006, Nattiv ym. 2007).

Luun uudismuodostuksen on havaittu heikentyvän naisilla EA:n laskiessa alle 30 kcal/kg/vrk johtuen sekä vähentyneestä estrogeenin tuotannosta että energiavajeesta sellaisenaan (Loucks & Thuma 2004). Estrogeenin lisäksi myös monet muut hormonit, kuten leptiini, testosteroni, trijodityroniini ja IGF-1, näyttäisivät vaikuttavan luometaboliaan ja lisäksi myös luusto itsessään on elin, jonka toimintaan EA voi suoraan vaikuttaa (Confavreux ym. 2009, Warren ym. 2011). American College of Sports Medicine (ACSM) on määritellyt luuntiheyden kehonpainoa kannattelevissa urheilulajeissa alhaiseksi, kun sen ikä- ja sukupuolivakioitu z-score laskee naisilla alle -1,0. Miehillä ei ole määritetty vastaavia kriteerejä. (Nattiv ym. 2007.) Riittävän energiansaannin tukeminen on luuston kannalta erityisen tärkeää nuorilla urheilijoilla, koska luumassa kehittyä yleensä noin 20 ikävuoteen asti (Baxter-Jones 2011). Täten liian matala EA ja kuukautishäiriöt nuoruusiässä voivat estää luuntiheyden kehittymisen huippuarvoihinsa, mikä näkyy suurempana surmariskinä koko loppuelämän ajan (De Souza ym. 2014).

Heikura ym. (2017a) havaitsivat suomalaisia kansallisen kärkitason sekä yhdysvaltalaisia, kanadalaisia ja australialaisia eliittitason kestävyysjuoksijoita ja kilpakävelijöitä tutkiessaan,

että naisilla amenorrea ja miehillä matalammat testosteronitasot olivat yhteydessä sekä heikompaan luun mineraalitiheyteen että suurempaan rasisusmurtumien määrään. Huomionarvoista oli myös se, että suomalaisilla luun rasisusvammat olivat huomattavasti muuta ryhmää yleisempiä ja suomalaismiesten luuntiheys oli yhdysvaltalaisista, kanadalaisista ja australialaisista koostuvaa ryhmää heikompi (Heikura ym. 2017a). Myös muissa tutkimuksissa on havaittu kuukautishäiriöiden sekä matalien estradioli- ja testosteronitasojen olevan yhteydessä heikompaan luun mineraalitiheyteen ja suurempaan rasisusmurtumarisktiin (Gibson ym. 2004; Hind ym. 2006; Barrack ym. 2014; Vanderschueren ym. 2014, Moran ym. 2015, Tenforde ym. 2017). Rasisusmurtumariski voi amenorriisilla urheilijoilla olla jopa nelinkertainen eumenorriisiin verrattuna (Bennell ym. 1999).

Suhteellinen energiavaje voi kasvattaa sydän- ja verisuonitautien riskiä myöhemmällä iällä, sillä sen on havaittu aiheuttavan endoteelien toimintahäiriöitä (Rickenlund ym. 2005a). Tämä voi heikentää hapenkuljetusta työskenteleville lihaksille ja vaikuttaa näin ollen negatiivisesti kestävyysuorituskykyyn (Harber ym. 1998). Kroonisesta energiavajeesta seuraava kilpirauhasen vajaatoiminta voi puolestaan aiheuttaa negatiivisia seurauksia suorituskyvylle heikentämällä sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaa (Goncalves ym. 2006 Petkuksen ym. 2017 mukaan). Lisäksi useiden anabolisten hormonien tuotannon tiedetään vähentyvän kroonisessa energiavajeessa (Petkus ym. 2017), millä voi olla haitallisia vaikutuksia halutun harjoitusvasteen syntymiselle. RED-S on yhdistetty myös immuunijärjestelmän toiminnan heikkenemiseen ja suurempaan sairastumisriskiin (Montero ym. 2002; Walsh ym. 2011). Normaalin kuukautiskierron on nuorilla naisuimareilla todettu olevan yhteydessä parempaan kilpailusuorituskykyyn (Vanheest ym. 2014), mutta kestävyysjuoksijoilla ei vastaavaa ole tämänhetkisen tietämyksen mukaan havaittu. Sairastelun ja loukkaantumisten vuoksi menetetyillä harjoituspäivillä on kuitenkin luonnollisesti negatiivisia vaikutuksia urheilijan suorituskyvylle (Raysmith ym. 2016) ja pahimmillaan ne voivat estää kilpailemisen kokonaan, mikä on hyvä muistaa RED-S:n ja kestävyysuorituskyvyn yhteyksiä pohtiessa.

Häiriintynyt hormonitoiminta ja osin myös heikentynyt luun tiheys ovat palautettavissa lisäämällä EA:ta. Hormonitoiminnan normalisoitumisen nopeus riippuu energiavajeen ja hormonitoiminnan häiriöiden kestosta ja vakavuudesta. (De Souza 2014.) Aineenvaihduntahormonien erityis voi normalisoitua päivissä tai viikoissa ja kuukautiset voivat palata kuukausissa (Arends ym. 2012), mutta palautumiseen voi mennä myös vuosia EA:n lisäämisestä riittävälle tasolle (Malinson ym. 2013). Painon nousun on havaittu olevan

yhteydessä BMD:n kasvuun kuukautishäiriöisillä naisilla, vaikka kuukautiset eivät vielä olisikaan palanneet (Compston ym. 2006). Koska luun mineralisoituminen on riippuvaista sekä estrogeenistä että energiasta, on BMD:n täydellinen palautuminen ennen hormonitoiminnan normalisoitumista epätodennäköistä (De Souza ym. 2014). Tutkimusten perusteella vielä epäselvää, voidaanko pitkän energiavajeen heikentämää luun mineraalitiheyttä palauttaa enää iän ja harjoitustaustan mukaisiin arvoihin.

6.3 Alhaisen energian saatavuuden yhteydet hormonipitoisuuksiin

Energiansaannin rajoittaminen, erittäin runsas harjoittelu ja niihin liittyvä alhainen EA aiheuttavat kehossa energiaa säästäviä toimenpiteitä, jotka näkyvät muun muassa muutoksina useiden aineenvaihdunnallisten ja lisääntymiseen liittyvien hormonien pitoisuuksissa. Havaittuja muutoksia ovat esimerkiksi laskeneet estrogeeni- ja testosteronipitoisuudet, muutokset kylläisyshormonipitoisuuksissa, kohonneet kortisolitasot sekä insuliinin kaltaisen kasvutekijän (IGF-1), insuliinin ja kilpirauhashormonien laskeneet konsentraatiot.

Leptiini. Leptiini on pieni polypeptidihormoni, jota elimistön rasvasolut useissa kudoksissa erittävät signaloiden keskushermostolle informaatiota elimistön ravitsemustilanteesta. Leptiiniä kutsutaan usein kylläisyshormoniksi, sillä sen erityis heikentää ruokahalua. (Warren 2011.) Tutkimukset ovat paljastaneet yhteyden matalan EA:n ja alhaisten leptiinipitoisuuksien välillä (Hilton & Loucks 2000; Koehler ym. 2013). Melko tuoreessa tutkimuksessaan Melin ym. (2015) eivät kuitenkaan havainneet yhteyttä EA:n ja leptiinipitoisuuksien välillä. Kehonpainoon suhteutetun rasvamassan sen sijaan havaittiin korreloivan positiivisesti leptiinipitoisuuksien kanssa (Melin ym. 2015). Hypoleptimian uskotaan olevan kehon kompensatiokeino energiavajeen aikana, sillä alentuneita pitoisuuksia on havaittu sekä kuukautishäiriöiden että alentuneiden T3- ja IGF-1-pitoisuuksien yhteydessä. Energiavajeen seurauksena vähentyneen leptiinin erityksen uskotaan heikentävän gonadotropiineja vapauttavan hormonin (GnRH, hypothalamic gonadotropin-releasing hormone) ja muiden neuroendokriinisen akselin hormonien sekä edelleen lutenisoivan hormonin pulssien suuruutta ja tiheyttä. (Welt ym. 2004.) Tämä puolestaan voi vaikuttaa negatiivisesti sukupuolihormonien eritykseen (Guyton & Hall 2006, 1003–1018).

Testosteroni. Testosteroni on anabolisesti lihaskudokseen vaikuttava steroidihormoni, jota muodostuu naisilla munasarjoissa ja lisämunuaisten kuorikerroksella (Guyton & Hall 2006,

1003–1006). Merkittävä (-1100 kcal/vrk) energiavaje on tutkimuksissa yhdistetty laskeneeseen seerumin kokonaistestosteronitasoon naiskuntoilijoilla, joskin kokonaistestosteroni toimii naisilla varsin huonona hypoandrogenismin merkinä (Mero ym. 2010). Myös miehillä nopea painonpudotus laski seerumin testosteronipitoisuuksia merkittävästi (Karila ym. 2008). Eliittitason miesjuoksijoilla on havaittu itse raportoitujen ruoka- ja harjoituspäiväkirjojen perusteella alemmat testosteronitasot niillä miehillä, joiden EA:n määritettiin olevan alle 30 g/kg/vrk (Heikura ym. 2017a). Koehler ym. (2016) eivät kuitenkaan havainneet 4 vuorokauden ajan kontrolloidun 15 kcal/kg/vrk EA:n laskevan miesurheilijoiden testosteronitasoja. Testosteronilla on elimistössä anabolinen vaikutus, joka ulottuu lihaskasvun lisäksi myös muun muassa luuntiheydestä huolehtimiseen sekä miehillä että naisilla (Vanderschueren ym. 2004).

Estradioli. Estradioli on estrogeenihormonien ryhmään kuuluva steroidihormoni, joka muodostuu naisilla munasarjoissa ja lisämunuaisen kuorikerroksessa aivolisäkkeen erittämien lutenisoivan hormonin ja follikkeleita stimuloivan hormonin välittämänä. Eritys vaihtelee naisilla normaalisti kuukautiskierron vaiheen mukaan ollen suurimmillaan luteaali- ja pienimmillään follikulaarivaiheessa. (Guyton & Hall 2006, 1003–1018.) Energiavaje on yhdistetty lutenisoivan hormonin erityksen inhiboitumiseen (Loucks & Thuma 2003), mikä johtaa edelleen estradiolin vajaeritykseen ja hypotalaamiseen amenorreaan (De Souza & Williams 2005). Tutkimuksissa on havaittu amenorriisilla naisurheilijoilla alentuneita estradiolipitoisuuksia eumenorriisiin verrattuna (mm. Heikura ym. 2017a), mutta sen luonnostaan vaihtelevat pitoisuudet sekä hormonivalmisteiden (mm. ehkäisytabletit) käyttö voivat vaikeuttaa estradiolin käyttöä tutkimustarkoituksessa, jos kuukautiskierron ja hormonivalmisteita ei tarkasti kontrolloida. Estrogeenien tiedetään olevan tärkeitä hormoneja luuntiheyden kehittämisessä ja ylläpidossa molemmilla sukupuolilla (Vanderschueren ym. 2004) ja niiden määrän väheneminen muun muassa amenorreassa tai vaihdevuosien seurauksena on yhdistetty suurentuneeseen osteoporoosiriskiin (De Souza ym. 2014).

Trijodityroniini. Kilpirauhanen erittää kahta päähormonia: trijodityroniinia (T3) sekä tyroksiinia (T4). Tyroksiini kuitenkin muuttuu elimistössä lähes kokonaan trijodityroniiniksi (Guyton & Hall 2006, 931–934.) Kilpirauhashormoneilla, erityisesti T3:lla, on kasvuun ja kehitykseen liittyvien tehtäviensä lisäksi suuri merkitys aineenvaihdunnan nopeuden säätelyssä (Kim 2008, Trexler ym. 2014). T3-pitoisuuksien nousu on yhdistetty perusaineenvaihdunnan nousuun, kun taas sen laskun on havaittu heikentävän elimistön

termogeneesiä ja aineenvaihduntaa (Kim 2008). Alentuneita T3-pitoisuuksia on havaittu naisurheilijoilla painonpudotuksen jälkeen (Koehler 2017) sekä amenorrisilla urheilijoilla eumenorrisiin verrattuna (Melin ym. 2015). Heikura ym. (2017a) havaitsivat, että huippukestävyysjuoksijoilla ja -kilpakävelijöillä sekä amenorrisilla naisilla että alemman testosteronitason miehillä oli alentuneet T3-pitoisuudet eumenorisiin naisiin ja korkeamman testosteronin miehiin verrattuna. Toisaalta myös ristiriitaista näyttöä on saatu tutkimuksista, joissa alhaisen EA:n ei havaittu olevan yhteydessä T3 pitoisuuksiin urheilijamiehillä (Koehler ym. 2016) eikä naisjalkapalloilijoilla (Reed ym. 2013). T3-pitoisuuden laskulla voi olla negatiivisia vaikutuksia suorituskyvylle, sillä alentuneet T3-tasot on yhdistetty lihasten heikompaan voiman- ja tehontuottokykyyn (Loucks 2012).

Insuliini. Insuliini on haiman Lagerhansin saarekkeiden erittämä hormoni, jolla on monia elintärkeitä tehtäviä glukoosin, rasvojen ja proteiinien aineenvaihdunnassa (Guyton & Hall 2006, 961–970). Lisäksi se vaikuttaa muun muassa lisääntymiseen liittyviin toimintoihin säätelemällä ravintoaineiden saatavuutta (Wade & Jones 2004). Alhaisen EA:n on kontrolloiduissa olosuhteissa havaittu vaikuttavan urheilua harrastamattomien naisten insuliinipitoisuuksiin laskevasti (Louks & Thuma 2003). Koehler ym. (2016) havaitsivat kestävyysurheilua harrastavilla miehillä, että kontrolloitu 15 kcal/kg/vrk EA neljän vuorokauden ajan laski merkittävästi elimistön insuliinipitoisuutta riippumatta siitä harjoittelivatko miehet vai eivät.

Laboratorio-olosuhteiden ulkopuolella energiavajeen vaikutuksista insuliinipitoisuuksiin ei kuitenkaan ole saatu yhtä selkeää näyttöä. Melin ym. (2015) eivät Heikura ym. (2017a) havainneet merkitsevää korrelaatiota insuliinipitoisuuksien ja 7 vuorokauden ruokapäiväkirjojen perusteella määritetyn EA:n välillä, vaikka pieni tilastollisesti merkitsevä yhteys matalan EA:n ja alempien insuliinipitoisuuksien välillä molemmissa tutkimuksissa havaittiinkin. Myöskään Koehler ym. (2013) eivät havainneet eri lajien urheilijoilla (n=352) yhteyttä itse raportoidun EA:n ja insuliinipitoisuuksien välillä. Sen sijaan kestävyysjuoksijoilla, jotka aiempien tutkimusten perusteella ovat keskimääräistä alttiimpia energiavajeelle, havaittiin muita urheilulajeja alhaisemmat insuliinipitoisuudet (Koehler ym. 2013).

IGF-1. Insuliinin kaltainen kasvutekijä 1 (IGF-1, Insulin-like growth factor-1) on anabolinen hormoni, jota tuotetaan kasvuhormonin kontrolloimana pääasiassa maksassa, mutta jonkin

verran myös perifeerisissä kudoksissa. IGF-1:n tärkeimmät tehtävät liittyvät kasvuun ja kudosten tasapainon säätelyyn. Lisäksi se osallistuu kehonkoostumuksen säätelyyn kontrolloimalla glukoosi- ja rasva-aineenvaihduntaa yhdessä insuliinin ja kasvuhormonin kanssa. (Yakar & Adamo 2012.) IGF-1:llä on myös lukuisia tärkeitä anabolisesti luuhun vaikuttavia tehtäviä, mikä tekee siitä erittäin tärkeän hormonin luunterveyden ylläpidossa (Petkus ym. 2017). Vanheest ym. (2014) havaitsivat energiavajeen vaikuttavan alentavasti veren IGF-1 pitoisuuteen ja samalla myös suorituskykyyn nuorilla hormonitoiminnan häiriöistä kärsivillä naisuimareilla. Maalajien kestävyysurheilijoilla tehdyissä tutkimuksissa ei kuitenkaan havaittu yhteyttä itseraportoidun EA:n ja IGF-1 pitoisuuksien välillä (Koehler ym. 2013, Mellin ym. 2015, Heikura ym. 2017). Kontrolloiduissa olosuhteissa matalan (alle 30 kcal/kg/vkr) EA:n on havaittu vaikuttavan IGF-1-pitoisuuksiin laskevasti naisilla (Loucks & Thuma 2003), mutta ei miehillä (Koehler ym. 2013). Tieto energiastatuksen ja IGF-1-pitoisuuksien yhteyksistä on siis vielä osin ristiriitaista.

Kortisoli. Kortisoli on lisämunaisen kuorikerrokselta vapautuva hormoni, joka erittyy stressin, esimerkiksi harjoittelun, stimuloimana. Sen tehtävänä on lisätä elimistön toimintoja, jotka tuottavat energiaa solujen aineenvaihdunnalle. (Guyton & Hall 2006, 950–957; Katch ym. 2011, 115–116.) Erittäin poikkeavat kortisoliarvot viittaavat mahdolliseen sairauteen, mutta lievästi kohonneita kortisolipitoisuuksia tavataan mm. lihavuuden, anoreksian, stressitilanteiden, raskauden ja ehkäisytablettien käytön yhteydessä. Matalat arvot voivat kertoa lisämunuaiskuoren ja aivolisäkkeen vajaatoiminnasta. (Paju & Anttonen 2016.) Asteittaisen painonpudotuksen ei ole havaittu yhdistyvän kortisolipitoisuuksien muutokseen (Mero ym. 2010), mutta Proteau ym. (2006) tutkimuksessa nopealla menetelmällä toteutettu painonpudotus (4 %, 7 vrk) johti 81 % nousuun kortisolipitoisuudessa. Myös kuukautishäiriöiden on havaittu olevan yhteydessä korkeampiin kortisoliarvoihin (Schaal ym. 2011, Melin ym. 2015), mikä voi viitata kroonisen energiavajeen taipumukseen nostaa elimistön kortisolipitoisuutta. Loucks & Thuma (2003) havaitsivat, että jo viiden vuorokauden aikainen niukka EA nosti elimistön kortisolipitoisuuksia ei-urheilijanaisilla kontrolloiduissa olosuhteista sitä enemmän, mitä niukemmasta EA:sta oli kyse.

7 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT

Ongelma 1. Millainen energian saatavuuden taso on yhteydessä suurimpaan kestävyysjuoksusuorituskyvyn nousuun?

Hypoteesi 1. Korkean energian saatavuuden uskotaan tarjoavan parhaat edellytykset harjoitusjaksamiselle, suorituskyvylle, palautumiselle ja kehittymiselle. Yli 45 g/kg/vrk energiansaatavuus voi kuitenkin pitkään jatkuessaan aiheuttaa ylimääräisen rasvakudoksen kertymistä. 40–45 g/kg/vrk takaa hyvän harjoitusjaksamisen ja terveyden ilman painonnousua. 30–40 g/kg/vrk energian saatavuus mahdollistaa hitaan painonlaskun vaarantamatta suorituskyyä ja terveyttä ja tätä alhaisemmat arvot ovat yhteydessä terveydellisiin riskeihin. Kirjallisuuden perusteella paras suorituskyy ja lajin vaatimuksia vastaava kehonkoostumus siis saavutetaan energian saatavuuden pysyessä keskimäärin n. 30–45 kcal/kg/vrk lukemissa. (Ilander 2014, Logue ym. 2018.)

Ongelma 2. Kuinka painossa ja kehonkoostumuksessa tapahtuvat muutokset vaikuttavat kestävyysjuoksusuorituskyvyn kehittymiseen?

Hypoteesi 2. Kevyt paino ja pieni rasvaprosentti parantavat teoreettisesti juoksun taloudellisuutta muun muassa mekaanisen työn vähetessä ja lämmönvaihdon tehostuessa (O'Connor ym. 2007, Tartaruga ym. 2013). Pääsääntöisesti kestävyysjuoksijat omaavatkin keskimääräistä huomattavasti pienemmän painon ja rasvaprosentin (Willmore ym. 1977). Alhaisempi BMI ja rasvaprosentti on yhdistetty parempiin kestävyysjuokсутuloksiin useissa tutkimuksissa (Saltin ym. 1995, Legaz & Eston 2005, O'Connor ym. 2007), mutta näyttö on ristiriitaista (Willmore ym. 1977; Kenney & Hodgson 1985; Billat ym. 2001; Sedeaud ym. 2014). Lisäksi on epäselvää, onko kevyt paino menestymisen edellytys vai automaattinen seuraus menestykseen vaadittavasta kuluttavasta harjoittelusta (Bale ym. 1985a). Seurantatutkimukset aiheeseen liittyen ovat vähäisiä.

Ongelma 3. Millainen energiaravintoaineiden saanti on yhteydessä positiivisimpiin kestävyysjuoksusuorituskyvyn muutoksiin nuorilla juoksijoilla?

Hypoteesi 3. Stellingwerffin ym. (2013) mukaan huippu-urheilun vaatimusten mukaan harjoitteleville kestävyysjuoksijoille suositellaan seuraavaa energiaravintoaineiden saantia

harjoituskaudella: hiilihydraatit 7–10 g/kg/vrk tai n. 60 % kokonaisenergiansaannista, proteiinit 1,5–1,7 g/kg/vrk tai 10–15 % kokonaisenergiansaannista ja rasvat 1,5–2 g/kg/vrk tai 25–30 % kokonaisenergiansaannista. Optimaalisella ruokavaliolla oletetaan olevan hiukan vaihtelua harjoituskauden mukaan. Kilpailukaudella pienentyvät harjoitusmäärät vaativat painonnousun estämiseksi kokonaisenergiansaannin laskua, minkä tulisi tapahtua pääasiassa rasvan määrää vähentämällä (Burke ym. 2007, Stellingwerff ym. 2007, Stellingwerff 2013). Energiaravintoaineiden saanti tulisikin jaksottaa harjoituskauden vaatimusten ja tavoitteiden mukaan (Jeukendrup 2017).

8 MENETELMÄT

8.1 Tutkittavat

Tutkimukseen kutsuttiin henkilökohtaisin kutsuin 43 (22 naista, 21 miestä) 17–22-vuotiasta suomalaista kestävyysjuoksijaa. Kutsutut valittiin perustuen urheilijoiden tuloksiin 1500-10000m matkoilla tutkimusta edeltäneen vuoden aikana. Kutsun saaneista urheilijoista yhteensä 26 (13 naista, 13 miestä) osallistui tutkimuksen ensimmäiseen vaiheeseen. Kaikki osallistuneet olivat sijoittuneet kuluneen vuoden aikana 1500-10000m juoksumatkalla viiden parhaan joukkoon ikäluokkansa suomenmestaruuskilpailuissa.

Kontrolliryhmään rekrytoitiin Jyväskylän yliopiston sähköisten viestintävälineiden kautta 24 (14 naista, 10 miestä) 19–23-vuotiasta perustervettä opiskelijaa, jotka eivät harrastaneet kilpaurheilua. Taulukkoon 3 on koottu ryhmien perustiedot tutkimuksen alkuvaiheessa.

TAULUKKO 3. Tutkittavien perustiedot alkumittauksissa.

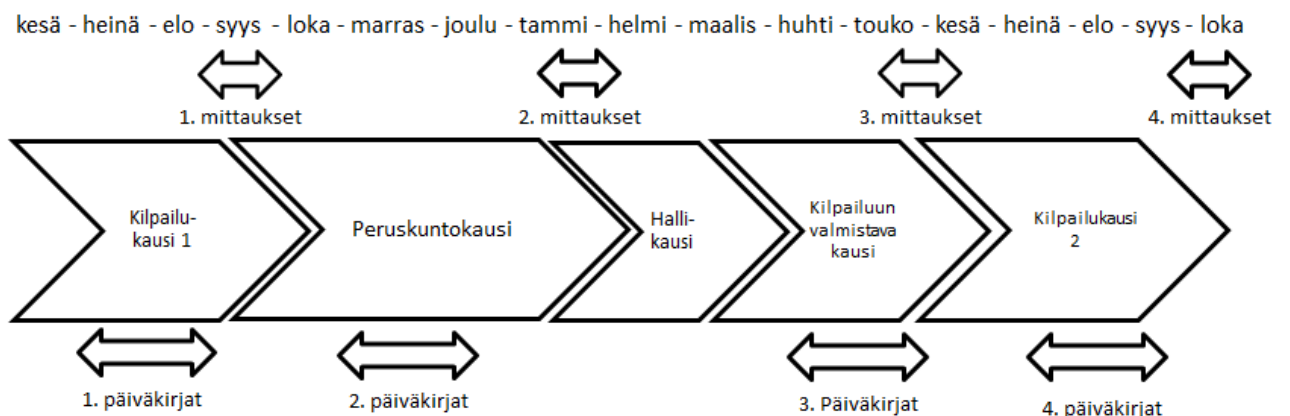
	JN (n=13)	JM (n=13)	KN (n=14)	KM (n=10)	Kaikki (n=50)
Ikä (vuotta)	19,6 ± 2,3	20,2 ± 1,6	21,4 ± 1,1	21,7 ± 1,0	20,7 ± 1,8
Pituus (cm)	166,4 ± 7,0	182,1 ± 6,6	170,8 ± 4,3	180,2 ± 7,5	174,5 ± 9,0
Paino (kg)	52,8 ± 7,2	70,0 ± 6,1	64,1 ± 8,2	76,6 ± 8,9	65,2 ± 11,4
Rasvaprosentti (%)	15,0 ± 5,2	8,6 ± 3,3	27,3 ± 6,6	18,0 ± 4,7	17,4 ± 8,7
BMI (kg/m ²)	19,0 ± 1,8	21,1 ± 1,1	22,0 ± 3,2	23,2 ± 1,0	21,2 ± 2,5
VO ₂ max(ml/kg/min)	59,8 ± 2,1 ^a	66,7 ± 3,8	42,6 ± 5,4	51,0 ± 4,2	54,8 ± 10,4 ^b
IAAF PB	956 ± 26,7	885,8 ± 24,8			

JN, juoksijanaiset; JM, juoksijamiehet; KN, kontrollinaiset; KM, kontrollimiehet; BMI, painoindeksi; IAAF PB, juoksijan korkein IAAF pistetaulukon mukainen pistemäärä virallisten ennätysten perusteella ennen alkumittauksia; ^a n = 11; ^b n = 48.

Ennen mittauksia kaikille tutkittaville selvitettiin tutkimuksen kulku sekä tutkimukseen liittyvät riskit ja edut. Lisäksi kerrottiin osallistujille heidän oikeudestaan keskeyttää tutkimukseen osallistuminen missä vaiheessa tahansa. Kaikki tutkittavat allekirjoittivat suostumuslomakkeen ennen ensimmäisiä mittauksia. Tutkimuksella on Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan hyväksymä lausunto.

8.2 Koeasetelma

Tutkimuksen tavoitteena oli vuoden seurantajakson aikana selvittää nuorten kestävyysjuoksijoiden ja kilpaurheilua harrastamattomien opiskelijanuorten antropometristen tekijöiden ja ravitsemustilan sekä niissä tapahtuvien muutosten vaikutusta kestävyysuorituskykyyn. Tutkimukseen sisältyi neljä mittauskertaa, joista ensimmäinen ajoittui syyskuulle välittömästi kilpailukauden jälkeen, toinen tammikuulle ennen hallikilpailukautta, kolmas toukokuulle juuri ennen kesän kilpailukautta ja neljäs syyskuulle noin vuoden päähän ensimmäisestä mittauskerrasta. Lisäksi tutkittavat täyttivät seurantajakson aikana neljä 7 vuorokauden ruokapäiväkirjaa: ensimmäisen ja neljännen kesän kilpailukausilla (heinä–elokuu), toisen syksyn peruskuntokaudella (loka–marraskuu) ja kolmannen kilpailuun valmistavalla kaudella (huhti–toukokuu). Energiankulutuksen arvioimiseksi juoksijat täyttivät samanaikaisesti ruokapäiväkirjan kanssa harjoituspäiväkirjaa ja kontrolliryhmä arkiaktiivisuuspäiväkirjaa. Kuvio 2 havainnollistaa tutkimuksen kulkua. Osallistujia kehoitettiin tutkimuksen ajan harjoittelemaan ja ruokailemaan normaalin ohjelmansa mukaisesti, jotta mahdolliset harjoituskauden vaiheen aiheuttamat luonnolliset muutokset kehonkoostumukseen, ravitsemukseen ja suorituskykyyn tulisivat näkyviin. Tutkittavat saivat ruokapäiväkirjoistaan kestävyysjuoksijan tai väestön ravitsemussuosituksiin perustuvan palautteen kuukauden sisällä päiväkirjojen palauttamisesta.



KUVIO 2. Tutkimuksen kulku.

8.3 Aineiston keräys

Tutkimuksen aikana kerätty aineisto sisälsi esitietolomakkeet, ruokapäiväkirja-analyysin, energiankulutuksen arvion, kehonkoostumuksen määrittämisen DXA:lla (dual energy X-ray

absorptiometri, kaksienergisien röntgensäteiden absorptiometri), verinäytteet, fyysisen suorituskyvyn testit sekä juoksijoilla harjoittelun kokonaismäärän ja kilpailutulosten seurannan.

Esitiedot. Osallistumisvahvistuksensa yhteydessä tutkittavat palauttivat sähköisessä muodossa täytetyt esitietolomakkeet. Naispuoliset tutkittavat täyttivät suomennetun version (liite 1) LEAF-kyselystä (The low energy availability in females questionnaire, Melin ym. 2014), jolla selvitettiin tutkittavan yhteystietoja, vammahistoriaa, suoliston toimintaa, kuukautiskierron säännöllisyyttä sekä mahdollista hormonilääkitystä. Täytetyt lomakkeet pisteytettiin Melinin ym. (2014) ohjeiden mukaisesti ja pistemäärän perusteella arviointiin tutkittavan riskiä naisurheilijan oireyhtymään (Melin ym. 2014). Miehet täyttivät vastaavan lomakkeen, mutta ilman kuukautiskierron ja hormonilääkitystä koskevaa osiota.

Ruokapäiväkirjat. Juoksijat täyttivät tutkimusjakson aikana neljä seitsemän vuorokauden ruoka- ja harjoituspäiväkirjaa. Lisäksi pyydettiin arvio keskimääräisestä harjoittelun ulkopuolisesta fyysisestä aktiivisuudesta. Kontrolliryhmä täytti harjoituspäiväkirjan tilalta aktiivisuuspäiväkirjan, johon merkittiin aktiviteetit jokaisen tunnin ajalta mahdollisimman tarkasti. Ensimmäiset päiväkirjat täytettiin juoksijoiden kilpailukaudella (viikot 27–34), toiset peruskuntokaudella (viikot 43–50), kolmannet kilpailuun valmistavalla kaudella (viikot 13–20) ja viimeiset jälleen kilpailukaudella noin vuosi ensimmäisten päiväkirjojen täyttämisestä (viikot 27–34). Tutkittavat saivat ruokapäiväkirjojen täyttämiseksi tarkat liitteestä 2 löytyvät ohjeet.

Harjoitus- ja aktiivisuuspäiväkirjat. Harjoituspäiväkirjoihin (liite 3) merkittiin mahdollisimman tarkasti jokaisen seurantaviikon aikana tehdyn harjoituksen kesto ja sisältö. Juoksijoiden harjoittelun ulkopuolisen fyysisen aktiivisuuden aiheuttaman energiankulutuksen merkityksen oletettiin olevan pientä harjoittelun energiankulutukseen verrattuna. Suuntaa-antavan käsityksen saamiseksi juoksijaryhmään kuuluvia pyydettiin arvioimaan viikon keskimääräistä fyysistä aktiivisuuttaan viidestä ennalta annetusta vastausvaihtoehdosta (liite 3). Kontrolliryhmän käytössä olleella aktiivisuuspäiväkirjalla (liite 4) pyrittiin selvittämään päivittäisen fyysisen aktiivisuuden sekä unen määrää, joiden perusteella arvioitiin päivittäistä energiankulutusta. Tutkittavat kirjasiivat ylös tunnin tarkkuudella päivän aikana suorittamat aktiiviset ja passiiviset toimet.

Hormonipitoisuudet. Jokainen mittauspäivä aloitettiin kello 8:00–10:00 välillä otetulla paastoverinäytteellä. Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen laboratoriomestari vastasi näytteen ottamisesta ja käsittelystä. Kyynärlaskimonäytteistä analysoitiin testosteronin (TES), kortisolin (COR), insuliinin kaltaisen kasvutekijä 1:n (IGF-1), insuliinin (INS), vapaan trijodityroniinin (T3-v) ja ferritiinin (Ferrit) pitoisuudet. Lisäksi naisille määritettiin veren estradiolin (E2) pitoisuudet.

Kehonkoostumus. Tutkittavien pituus- ja kehonkoostumusmittaukset tehtiin paastoverinäytteiden yhteydessä. Pituus mitattiin mittanauhalla 0,5 cm tarkkuudella ja painona käytettiin DXA-mittauksesta saatua arvoa 0,1 kg tarkkuudella. Pituuden ja painon avulla laskettiin tutkittavan painoindeksi (BMI) jakamalla paino (kg) pituuden neliöllä (m²). Kehonkoostumus määritettiin kaksi-energisellä röntgen-absorptiometrialla (DXA, dual energy X-ray absorptiometry). DXA-mittauksessa tutkittava aseteltiin mittauspöydälle seuraavasti: tutkittava ohjeistettiin asettumaan makaamaan selälleen mittaustason keskiviivan molemmin puolin pää noin 5 cm tason yläpäässä olevan viivan alapuolelle. Tutkittavan selkäranka oikaistiin vetämällä tutkittavaa nilkoista. Jalkojen asento vakioitiin styroksilevyn avulla ja käsien asennon vakioitiin vartalon ja kainaloiden sekä vartalon ja kämmenien väliin asetettuja pieniä tyynyjä. Tutkittavien säteilyaltistuksen pienentämiseksi DXA-mittausta ei tehty kolmannella mittauskerralla.

Kestävyysuorituskyky. Suorituskykytestit tehtiin viikon sisällä aamumittauksista, pääsääntöisesti saman päivän aikana. Testit tehtiin tutkittavan itse valitsemana ajankohtana kello 10 ja 17 välillä. Ennen suorituskykytestejä tutkittavat lämmittelivät aerobisesti vähintään 10 minuuttia, tekivät aktiivisia liikkuvuusharjoitteita sekä kokeilivat kovavauhtista juoksua vähintään kahdella lyhyellä avausvedolla. Juoksijat vastasivat itse alkuverryttelystään ja toteuttivat sen hyväksi havaitsemallaan tavalla. Kontrolliryhmän alkulämmittely valvottiin ensimmäisellä kerralla. Myöhemmillä kerroilla varmistettiin suullisesti, että ennen testiä tehty verryttely oli riittävä. Ennen tämän tutkimuksen tarkoituksiin käytettyä maksimaalisen hapenoton testiä tutkittavat suorittivat nopeus- ja hyppytestit. Testisuorituksia kertyi 2–3 lentävässä 20 m testissä, 3–5 vauhdittomassa 5-loikassa ja 3–5 kevennyshypyissä kontaktimatolla.

Kestävyysuorituskyky määritettiin lyhyellä suoralla maksimaalisen hapenottokyvyn testillä, jossa maton nopeutta kasvatettiin minuutin välein 1 km/h kunnes tutkittava ei kyennyt enää

jatkamaan testiä. Juoksumaton kulma oli vakioitu 1 asteeseen eikä mattoa pysäytetty kuormien välillä. Aloituspauhdit olivat kontrolliryhmän naisille 6 km/h, kontrolliryhmän miehille 7 km/h, juoksijanaيسille 10 km/h ja juoksijamiehille 12 km/h. Aloituspauhtien valinnalla pyrittiin Kuntotestauksen käsikirjan asettamaan testin tavoitekeston 8–12 minuuttia (Nummela 2010, 64–78).

Ennen suoran testin aloitusta tutkittavat punnittiin 0,1 kg tarkkuudella, minkä jälkeen suoritettiin 5 minuutin lämmittely juoksumatolla testin aloituskuormalla. Verryttelyn aikana matto kiihdytettiin noin 15 sekunniksi kovempaa vauhtiin (kontrolliryhmä 12 km/h, juoksijat 15 km/h), jotta tutkittavilla oli mahdollisuus totutella juoksumattojuoksemiseen. Myös testin päätyttyä suoritettiin 5 minuutin verryttely tutkittavan tilan ja mahdollisten komplikaatioiden seuraamiseksi.

Harjoitusseuranta. Juoksijaryhmille jaettiin tutkimuksen alussa harjoitusseurantalomake, jota kehoitettiin täyttämään kuukausittain koko tutkimusvuoden ajan. Lomakkeessa selvitettiin tutkimusta edeltäneen kahden vuoden aikana esiintyneet vammat, joiden kesto oli ollut vähintään kaksi viikkoa. Lisäksi pyydettiin selvitystä edellisen vuoden juoksukilometreistä, harjoitustuntimääristä, sairaspäivistä sekä muista lepopäivistä. Tutkimuksen ajan tutkittavia pyydettiin täydentämään jokaiselta kuukaudelta seuraavat asiat: peruskestävyysjuoksu (km), vauhtikestävyysjuoksu (km), maksimikestävyysjuoksu (km), nopeuskestävyysjuoksu (km), juoksunopeus (km), muut kestävyyslajit (h), lihaskuntoharjoittelu (h), lisäpainovoimaharjoittelu (h), loikat (h), sairaspäivät (kpl), muut lepopäivät (kpl) sekä vamman vuoksi juoksuttomat päivät (kpl). Seurannan säännöllisestä täyttämisestä muistutettiin säännöllisesti tutkimusvuoden aikana ja se palautettiin tutkimuksen lopussa.

Kilpailutulokset. Tutkittavien kilpailutulokset poimittiin tilastopaja.fi -sivustolta. Tilastoitavaksi valittiin ennätykset, kauden parhaat tulokset tutkimuksen aloitusvuodelta sekä seuraavan vuoden parhaat halli- ja ulkoratakauden tulokset. Tilastoitavat matkat olivat 800 m, 1500 m, 3000 m, 5000 m, 10000 m, 3000m estejuoksu ja 10 km maantiejuoksu.

Kuukautiskierron seuranta. Naispuoliset tutkittavat täyttivät kuukautiskierron seurantalomaketta tutkimusvuoden ajan. Lomakkeeseen merkittiin vuotopäivät sekä mahdolliset seurantavuoden aikana käytetyt hormonivalmisteet.

8.4 Aineiston analysointi

Ruokapäiväkirjat. Ruokapäiväkirjojen analysoinnissa käytettiin AivoDiet -ravintotulkkiohjelmaa (Aivo Finland Oy, Turku). Ohjelman antamista tiedoista tilastoitiin energian, makroravintoaineiden ja kuidun absoluuttiset määrät sekä makroravintoaineiden suhteelliset osuudet kokonaisenergiansaannista. Lisäksi määritettiin tutkittavan kehonpainoon suhteutettu energiaravintoaineiden ja kuidun saanti.

Energiankulutus. Energiankulutuksen arvioinnissa käytettiin Thomas ym. (2016) suosituksen mukaisesti lepoenergiankulutuksen (REE, resting energy expenditure) Cunninghamin (1980) kaavaa: $REE \text{ (kcal/vrk)} = (500 + FFM \times 22) \text{ kcal/vrk}$. Harjoittelun aiheuttama energiankulutus määritettiin Ainsworthin ym. (2011) laatimien MET-taulukoiden avulla. MET-arvot (metabolic equivalent), ilmoittavat kuinka moninkertaisesti suoritusteho ylittää lepoenergiankulutuksen. Energiankulutus kullekin harjoitteelle laskettiin kaavalla: $REE \times t / 24 \times MET - REE \times t / 24$, jossa REE on Cunninghamin (1980) kaavalla määritetty lepoenergiankulutus, t harjoituksen kesto tunteina ja MET Ainsworthin taulukoista etsitty kerroin fyysiselle aktiviteetille. Juoksijoiden raportoiman harjoittelun ulkopuolisen aktiivisuuden perusteella määritettiin fyysisen aktiivisuuden kerroin (PAL) käyttäen apuna Ilanderin (2014, 38) laatimaa taulukkoa. Päivittäinen kokonaisenergiankulutus juoksijaryhmälle saatiin kertomalla lepoaineenvaihdunta harjoittelun ulkopuolista keskimääräistä fyysistä aktiivisuutta kuvaavalla PAL-kertoimella ja lisäämällä tähän harjoituksen aiheuttama lisäenergiankulutus.

Kontrolliryhmällä ei ollut harjoituspäiväkirjaa käytössä, joten PAL-kerroin määritettiin päiväkirjaan kirjattujen aktiviteettien MET-arvojen keskiarvojen perusteella, ja päivittäinen kokonaisenergiankulutus laskettiin kaavalla $PAL \times REE$. Koska PAL-kerroin 1,3 kuvaa fyysisesti melko passiivista elämää (Ilander 2014, 38), laskettiin kontrolliryhmälle harjoituksen ja/tai muun fyysisen aktiivisuuden päivittäinen energiankulutus kaavalla $(PAL - 1,3) \times REE$.

Energiatasapaino ja energian saatavuus. Arvioitujen energiansaannin (EI) ja -kulutuksen arvojen perusteella laskettiin tutkittavien energiatasapaino (EB) sekä absoluuttinen ja painokiloja kohti ilmoitettu energian saatavuus (EA), jota pidetään energiatasapainoa luottavampana urheilijan energiansaannin riittävyyden osoittajana (Loucks 2013).

Energiatasapaino laskettiin kaavalla $EB=EI-TEE$, jossa TEE kuvaa kokonaisenergiankulutusta eli lepoaineenvaihdunnan sekä fyysisen aktiivisuuden ja harjoittelun aiheuttaman lisäenergiankulutuksen summaa. EA puolestaan selvitettiin vähentämällä EI:stä harjoittelun energiankulutus ja jakamalla erotus tutkittavan rasvattomalla massalla.

Hormonipitoisuudet. Seerumin hormonikonsentraatiot määritettiin kemiluminometrisellä immunologisella analyysimenetelmällä Immulite 2000 XPi -analyysointilaitteella (Siemens, Llanberis, UK). Menetelmän erottelukyky on estradiolille 55 pmol/l, testosteronille 0,5 nmol/l, kortisolille 5,5 nmol/l, insuliinille 2 mIU/l, IGF 1:lle 0,26 nmol/l, vapaalle trijodityroniinille 1,5 pmol/l ja ferritiinille 0,4 µg/l. Reagenssivalmistajan ilmoittamat toistettavuudet hormoneille olivat seuraavat: E2 11,5 %, TES 10,6 %, COR 7,7 %, INS 4,9 %, IGF-1 6,6 %, T3-v 8,1 % ja ferritiini 8,1 %. Vapaa testosteroni määritettiin seerumista immunologisella ELISA-menetelmällä DYNEX DS 2 ELISA Processing System -laitetta (DYNEX Technologies, Chantilly, VA, USA) käyttäen. Laitteen määrittelyherkkyys on 0,1 pg/ml ja reagenssivalmistajan ilmoittama toistettavuus 7,3 %. (Puurtinen 2017.)

Kehonkoostumus. DXA-mittauksen tuloksista tilastoitiin tutkittavien kokonaispaino, rasvaprosentti (Tissue Fat %), luun mineraalitiheys (BMD, bone mineral density), luun mineraalitiheyden ikävakioitu z-score, rasvamassa (FM, fat mass) sekä rasvaton massa (FFM, fat free mass). Tässä tutkimuksessa käytetylle Lunar Prodigy DXA -laitteelle (GE Lunar Prodigy Advance, Madison, WI, USA) variaatiokerroimet ovat koko kehon massalle 0,63 %, rasvattomalle massalle 1,1 %, rasvamassalle 2,0 % ja luumassalle 1,1 % (Kiebzak ym. 2000). Variaatiokerroimiksi on toistettavuustutkimuksissa saatu rasvamassalle 3 % ja rasvattomalle massalle 0,7 % (Garthen ym. 2011).

Kestävyysuorituskyky. Juoksumattotestistä tilastoitiin hapenoton ja lopetusajan perusteella lasketun juoksunopeuden maksimaaliset arvot. Hengityskaasuja seurattiin MasterScreen CPX -hengityskaasuanalysointilaitteella (Jaeger, CareFusion Germany 234 GmbH, Hoechberg, Saksa) hengitys hengitykseltä -toiminnolla, joka mittaa ventilaation, hapenkulutuksen ja hiilidioksidin tuoton erikseen jokaisesta hengityksestä. Hengityskaasuanalysointilaitteet kalibroitiin ennen jokaista testiä.

Kilpailutulokset. Vertailtavuuden helpottamiseksi kilpailutulokset pisteytettiin kansainvälisen yleisurheiluliiton virallisten pistetaulukoiden mukaan (Spiriev 2017a; Spiriev 2017b). Estejuoksu pidettiin erillään vertailuista.

Kuukautiskierto. Naisjuoksijat jaettiin kuukautiskiertonsa perusteella eumenorrisiin (EUM) ja amenorrisiin (AME). Kriteerinä EUM ryhmään käytettiin vähintään kymmentä 21–34 vuorokauden välein esiintynyttä kuukautisvuotoa seurantavuoden aikana (ACOG 2015). AME-ryhmän kriteerinä oli luonnollisen kierron puuttuminen vähintään 90 vuorokauden ajan (De Souza ym. 1998). Myös ne naiset, joilla harvempi kierto johtui tarkoituksenmukaisesti hormonivalmisteen käytöstä, luokiteltiin EUM-ryhmään. Mikäli kuukautiskiertoa esiintyi hormonivalmisteella, mutta ei ilman valmisteen käyttöä, kuului tutkittava AME-ryhmään.

8.5 Tilastolliset menetelmät

Tilastolliset analyysit suoritettiin SPSS 24 -ohjelmalla. Tulokset on ilmoitettu muodossa keskiarvo \pm keskihajonta. Muuttujien normaalijakautuneisuus määritettiin pienen otoskoon vuoksi sekä Kolmogorov-Smirnovin että Shapiro-Wilkin testeillä ja muuttuja hyväksyttiin normaalijakautuneeksi ainoastaan molempien testien niin osoittaessa. Normaalijakautuneiden muuttujien analysointiin käytettiin riippuvan ja riippumattoman otoksen t-testiä sekä Pearsonin korrelaatiokerrointa. Muuttujat, jotka eivät olleet normaalijakautuneita, analysoitiin Spearmanin korrelaatiokerroimen ja Mann-Whitneyn U-testin avulla.

9 TULOKSET

Tutkimuksen aloitti yhteensä 50 tutkittavaa, joista 48 pystyi tekemään myös suorituskykytestit. Tilastointikelpoinen ruokapäiväkirja ensimmäiseltä kesältä saatiin 45 tutkittavalta. Poisjäänti tutkimuksen aikana oli suurta juoksijanaisia lukuun ottamatta, mikä joudutaan huomioimaan vaihtelevina tutkimusjoukkojen kokoina analyysien eri vaiheissa. Merkittävimpiä poisjääntien syitä olivat loukkaantumiset, sairastelu, motivaation puute, urheilu-uran päättyminen, ulkomailla opiskelu ja miehillä varusmiespalvelu. Loppumittauksiin osallistui yhteensä 33 tutkittavaa, joista 26 kykeni suorittamaan myös suorituskykytestit. Viimeiset ruokapäiväkirjat saatiin yhteensä 32 tutkittavalta.

9.1 Kuukautiskierto

Naiset jaettiin LEAF-kyselyiden ja kuukautisseurantalomakkeiden perusteella Amenorrisiin (AME-ryhmä) ja eumenorrisiin (EUM-ryhmä). Juoksijanaisista 8 luokiteltiin AME- ja 5 EUM-ryhmään. Kontrolliryhmään kuuluvien naisten kierto todettiin normaaliksi.

9.2 Energiastatus

Taulukkoon 4 on koottu ensimmäisten päiväkirjojen ryhmäkohtaiset laskennalliset energiastatusmuuttujat. Miehillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja juoksija- ja kontrolliryhmän energiastatuksessa. Juoksijanaisilla sen sijaan havaittiin kontrolliryhmään verrattuna merkittävästi suuremmat EEE ($p=0,021$) ja TEE ($p=0,005$). Kontrollimiesten TEE oli kontrollinaisia suurempaa ($p=0,016$), mutta juoksijoilla sukupuolien välinen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. AME- ja EUM-ryhmän energiastatuksessa ei havaittu merkittäviä eroja.

Taulukkoon 5 on koottu 3–4 päiväkirjan perusteella laskettu keskimääräinen data niiltä tutkittavilta, joilta saatiin vähintään kolme tilastokelpoista päiväkirjaa. Miesjuoksijoilla seurantavuoden aikainen keskimääräinen EI ($p=0,094$) ja TEE ($p=0,015$) olivat naisjuoksijoita korkeammat. EA puolestaan oli miesjuoksijoilla matalammalla tasolla, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p=0,072$). Juoksijanaisten EI ($p=0,016$), EEE ($p<0,001$) ja TEE ($p<0,001$) olivat kontrolliryhmää korkeammat. EB puolestaan oli juoksijanaisilla

kontrolliryhmää negatiivisempi ($p=0,049$). Kontrolliryhmän miesten EEE ($p=0,022$) ja TEE ($p=0,035$) olivat juoksijamiehiä matalammat.

TAULUKKO 4. Ensimmäisten 7 vuorokauden ruoka- ja harjoitus- tai aktiivisuuspäiväkirjojen perusteella arvioidut energiastatusmuuttujat eri tutkimusryhmillä.

	EI (kcal/vrk)	EEE (kcal/vrk)	EA (kcal/kg/vrk)	TEE (kcal/vrk)	EB (kcal/vrk)
JN AME (n=8)	2680 ± 662	936 ± 344	40 ± 13	3196 ± 530	-600 ± 597
JN EUM (n=5)	2371 ± 554	632 ± 217	36 ± 7	2930 ± 440	-577 ± 348
JN (n=13)	2562 ± 172	818 ± 91 ^c	39 ± 3,0	3094 ± 138 ^{cc}	-591 ± 138
JM (n=8)	2883 ± 127	704 ± 83	34 ± 2,8	3473 ± 112	-590 ± 162
KN (n=13)	2228 ± 90	519 ± 80 ^c	37 ± 2,8	2507 ± 99 ^{ccb}	-279 ± 135
KM (n=10)	2522 ± 147	725 ± 185	29 ± 2,9	3161 ± 255 ^b	-639 ± 187

JN, juoksijanaiset; JM, juoksijamiehet; n, otoskoko; EI, energiansaanti; EEE, harjoituksen energiankulutus; EA, energian saatavuus; TEE, kokonaisenergiankulutus; EB, energiatasapaino; ^b, ero sukupuolten välillä, $p<0,05$; ^c, ero saman sukupuolen juoksija ja kontrolliryhmän välillä, $p<0,05$; ^{cc}, $p<0,01$.

TAULUKKO 5. Tutkimusryhmien keskimääräinen energiastatus niiden tutkittavien osalta, jotka palauttivat vähintään 3 tilastokelpoista päiväkirjaa

	EI (kcal/vrk)	EEE (kcal/vrk)	EA (kcal/kg/vrk)	TEE (kcal/vrk)	EB (kcal/vrk)
JN AME (n=8)	2739 ± 557	1024 ± 291 ^a	40 ± 12	3102 ± 478	-379 ± 509
JN EUM (n=5)	2497 ± 427	681 ± 200 ^a	38 ± 3	2792 ± 281	-300 ± 197
JN (n=13)	2646 ± 140 ^c	892 ± 85 ^{ccc}	39 ± 2,7	2983 ± 119 ^{bccc}	-348 ± 113 ^c
JM (n=6)	3049 ± 133	895 ± 122	31 ± 4,1	3564 ± 183 ^{bc}	-509 ± 246
KN (n=10)	2246 ± 82 ^{bbc}	357 ± 33 ^{bccc}	41 ± 1,7	2373 ± 64 ^{ccc}	-112 ± 139 ^c
KM (n=7)	2722 ± 356 ^{bb}	545 ± 63 ^b	35 ± 3,0	2999 ± 401 ^{bbc}	-249 ± 410

JN, juoksijanaiset; JM, juoksijamiehet; n, otoskoko; EI, energiansaanti; EEE, harjoituksen energiankulutus; EA, energian saatavuus; TEE, kokonaisenergiankulutus; EB, energiatasapaino; ^b, ero sukupuolten välillä, $p<0,05$; ^c, ero saman sukupuolen juoksija ja kontrolliryhmän välillä, $p<0,05$; ^{cc}, $p<0,01$.

9.3 Energiaravintoaineet

Taulukko 6 kuvaa ensimmäisistä ruokapäiväkirjoista määritettyjä eri energiaravintoaineiden saantia. AME-ryhmän ruokavalio havaittiin EUM-ryhmän omaa hiilihydraattipitoisemmaksi sekä kehonpainoon ($p=0,028$) että kokonaisenergiansaantiin ($p=0,048$) suhteutettuna. Rasva muodosti juoksijanaisilla pienemmän osuuden kokonaisenergiansaannista kuin juoksijamiehillä ($p=0,020$) ja kontrollinaisilla ($p=0,032$). Proteiinin ($p<0,001$) ja hiilihydraatin

($p=0,013$) kehonpainoon suhteutettu saanti oli naisjuoksijoilla kontrolliryhmää suurempaa. Juoksijamiehillä rasva muodosti kontrollimiehiin verrattuna suuremman osan kokonaisenergiansaannista ($p=0,048$).

TAULUKKO 6. Tutkimusryhmien energiaravintoaineiden saanti ensimmäisissä ruokapäiväkirjoissa.

	JN AME (n=8)	JN EUM (n=5)	JN (n=13)	JM (n=8)	KN (n=13)	KM (n=10)
Hiilihydraatti (g/vrk)	319 ± 91	247 ± 52	291 ± 23 ^{cc}	300 ± 28	249 ± 14 ^{cc}	270 ± 13
Hiilihydraatti (g/kg/vrk)	6,5 ± 1,9 ^a	4,2 ± 0,9 ^a	5,6 ± 0,6 ^c	4,3 ± 0,4	4,0 ± 0,3 ^c	3,6 ± 0,2
Hiilihydraatti (E%)	48 ± 5,0 ^a	43 ± 2,8 ^a	46 ± 1,4	42 ± 2,3	45 ± 1,3	44 ± 1,3
Proteiini (g/vrk)	130 ± 34	124 ± 41	128 ± 10	140 ± 6,6	95 ± 3,3 ^b	130 ± 15 ^b
Proteiini (g/kg/vrk)	2,7 ± 0,8	2,1 ± 0,6	2,5 ± 0,2 ^{ccc}	2,0 ± 0,1	1,5 ± 0,1 ^{ccc}	1,7 ± 0,2
Proteiini (E%)	20 ± 5,5	21 ± 4,1	21 ± 1,3	20 ± 1,1	17 ± 0,8	21 ± 1,7
Rasva (g/vrk)	86 ± 34	87 ± 27	86 ± 8,4	102 ± 9,0	85 ± 4,8	80 ± 11
Rasva (g/kg/vrk)	1,8 ± 0,7	1,5 ± 0,3	1,7 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,1 ± 0,1
Rasva (E%)	28 ± 4,8	32 ± 5,0	30 ± 1,4 ^{bc}	36 ± 1,8 ^{bc}	34 ± 1,0 ^c	31 ± 1,1 ^c

JN, juoksijanaiset; JN AME, juoksijanaiset, joilla ei ollut normaali kuukautiskierto; JN EUM, juoksijanaiset, joilla normaali kuukautiskierto; JM, juoksijamiehet; KN, kontrollinaiset; KM, kontrollimiehet; E%, prosenttia kokonaisenergiansaannista ^a, ero AME- ja EUM-ryhmän välillä, $p<0,05$; ^b, ero sukupuolten välillä, $p<0,05$; ^c, ero saman sukupuolen juoksija ja kontrolliryhmän välillä, $p<0,05$; ^{cc}, $p<0,01$; ^{ccc}, $p<0,001$.

Kun tarkastellaan koko seurantavuoden aikaisia energiaravintoaineiden saannin keskiarvoja (taulukko 7), pysyivät ensimmäisissä päiväkirjoissa havaitut muuttujat pitkälle ennallaan. AME-ryhmän havaittiin saavan EUM-ryhmää enemmän hiilihydraatteja suhteessa kehonpainoonsa ($p=0,012$). Naisjuoksijat saivat ruokavaliostaan kontroleihin verrattuna merkittävästi enemmän proteiinia ja hiilihydraatteja painoonsa suhteutettuna ($p<0,001$). Miehillä havaittiin pienen otoskoon vuoksi tilastollisesti merkitsevä ero juoksija- ja kontrolliryhmän välillä ainoastaan kehonpainoon suhteutetussa proteiinin saannissa ($p=0,013$).

Taulukoiden ulkopuolelle jätetyn kuidun saannin todettiin olevan juoksijanaisilla muita ryhmiä suurempaa, mutta AME- ja EUM-ryhmien välillä eroa ei havaittu. Kontrolliryhmät puolestaan käyttivät alkoholia juoksijaryhmiä runsaammin.

TAULUKKO 7. Keskimääräinen energiaravintoaineiden saanti tutkimusryhmillä koko seurantavuoden ajalta. Keskiarvot on laskettu 3-4 ruokapäiväkirjan perusteella.

	JN AME (n=8)	JN EUM (n=5)	JN (n=13)	JM (n=6)	KN (n=10)	KM (n=7)
Hiilihydraatti (g/vrk)	330 ± 25	278 ± 18	310 ± 18 ^c	340 ± 80	244 ± 13 ^{bc}	291 ± 38 ^b
Hiilihydraatti (g/kg/vrk)	6,6 ± 0,5 ^a	4,7 ± 0,2 ^a	5,9 ± 0,4 ^{ccc}	4,8 ± 1,2	3,8 ± 0,2 ^{ccc}	3,8 ± 0,7
Hiilihydraatti (E%)	49 ± 1,8	45 ± 1,2	48 ± 1,3 ^c	45 ± 6,6	44 ± 1,2 ^c	44 ± 3,1
Proteiini (g/vrk)	136 ± 14	121 ± 12	130 ± 9,3 ^{cc}	150 ± 10 ^b	93 ± 4,1 ^{cc}	123 ± 35 ^b
Proteiini (g/kg/vrk)	2,7 ± 0,3	2,0 ± 0,1	2,5 ± 0,2 ^{ccc}	2,1 ± 0,2	1,5 ± 0,1 ^{ccc}	1,6 ± 0,4
Proteiini (E%)	20 ± 1,3	20 ± 1,3	20 ± 0,9 ^c	20 ± 3,7 ^c	17 ± 0,9 ^c	19 ± 4,4 ^c
Rasva (g/vrk)	85 ± 9,3	85 ± 13	85 ± 7,2	103 ± 18	87 ± 4,6	99 ± 22
Rasva (g/kg/vrk)	1,7 ± 0,2	1,4 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,4
Rasva (E%)	29 ± 2,3	30 ± 2,5	30 ± 1,7	32 ± 4,2	34 ± 0,6	33 ± 3,6

JN, juoksijanaiset; JN AME, juoksijanaiset, joilla ei ollut normaali kuukautiskierto; JN EUM, juoksijanaiset, joilla normaali kuukautiskierto; JM, juoksijamiehet; KN, kontrollinaiset; KM, kontrollimiehet; E%, prosenttia kokonaisenergiansaannista ^a,ero AME- ja EUM-ryhmän välillä, p<0,05; ^b, ero sukupuolten välillä, p<0,05; ^c,ero saman sukupuolen juoksija ja kontrolliryhmän välillä, p<0,05; ^{cc}, p<0,01; ^{ccc}, p<0,001.

9.4 Kehonkoostumus

Taulukko 8 kuvaa tutkimusryhmien keskimääräisiä kehonkoostumusarvoja tutkimuksen alkumittauksissa. Juoksijat olivat molempien sukupuolten osalta kontrolliryhmään verrattuna merkittävästi kevyempiä (naiset p=0,002, miehet p=0,046). Etenkin rasvan määrä ja rasvaprosentti olivat huomattavasti alhaisempia (p<0,001). Pituudessa, rasvattomassa massassa ja luuntiheydessä ei havaittu juoksija- ja kontrolliryhmän välillä merkittävää eroa kummallakaan sukupuolella.

AME-ryhmä osoittautui EUM-ryhmää merkittävästi pienemmäksi sekä painon (p=0,011), BMI:n (p=0,011), FFM:n (p=0,072), FM:n (p=0,030) että rasvaprosentin osalta (p=0,025). Myös luuntiheys (p=0,002) sekä sen perusteella määritetty z-score (p=0,027) olivat AME-ryhmällä EUM ryhmää merkittävästi alhaisemmat.

Taulukossa 9 esitetään vuoden seurannan aikana tapahtuneet muutokset antropometrisissä muuttujissa. Painossa tapahtui juoksijanaisilla seurantavuoden aikana tilastollisesti merkitsevä 1,5 ± 0,5 kg nousu (p=0,016). Suurin osa (1,4 ± 0,5 kg, p=0,016) painon noususta oli rasvan määrän lisääntymisestä johtuvaa, minkä seurauksena myös rasvaprosentissa havaittiin 1,9 ±

0,8 % nousu ($p=0,040$). Havaitut muutokset olivat voimakkaimpia AME-juoksijoilla ($n=8$) painon nousun ollessa $2,2 \pm 0,5$ kg ($p=0,002$), rasvamassan $1,6 \pm 0,5$ kg ($p=0,012$) ja rasvaprosentin $2,1 \pm 0,8$ ($p=0,036$). EUM-juoksijoilla muutokset olivat pienempiä eivätkä tilastollisesti merkitseviä.

TAULUKKO 8. Tutkimusryhmien keskimääräiset antropometriset muuttujat alkumittauksissa.

	JN AME (n=8)	JN EUM (n=5)	JN (n=13)	JM (n=13)	KN (n=14)	KM (n=10)
Pituus (cm)	$164,6 \pm 2,0$	$169,3 \pm 3,9$	$166,4 \pm 2,0^{bbb}$	$182,1 \pm 1,8^{bbb}$	$170,8 \pm 1,2^{bbb}$	$180,1 \pm 2,4^{bbb}$
Paino (kg)	$49,1 \pm 1,8^a$	$58,7 \pm 2,8^a$	$52,8 \pm 2,0^{bbccc}$	$70,0 \pm 1,7^c$	$64,1 \pm 2,3^{bbccc}$	$76,6 \pm 2,8^{bbc}$
BMI (kg/m ²)	$18,1 \pm 0,4^a$	$20,5 \pm 0,8^a$	$19,0 \pm 0,5^{bbccc}$	$21,1 \pm 0,3^{ccc}$	$22,0 \pm 0,9^{cc}$	$23,2 \pm 0,3^{ccc}$
FFM (kg)	$43,5 \pm 1,3$	$48,1 \pm 1,9$	$45,3 \pm 1,2^{bbb}$	$64,3 \pm 1,7$	$46,9 \pm 1,0^{bbb}$	$62,6 \pm 2,9^{bbb}$
FM (kg)	$5,6 \pm 1,0^a$	$10,7 \pm 1,1^a$	$7,5 \pm 1,0^{ccc}$	$5,8 \pm 0,7^{ccc}$	$17,2 \pm 1,6^{ccc}$	$14,0 \pm 1,5^{ccc}$
Rasva %	$12,5 \pm 1,8^a$	$18,9 \pm 1,1^a$	$15,0 \pm 1,5^{bbccc}$	$8,6 \pm 0,9^{ccc}$	$27,3 \pm 1,8^{bbccc}$	$18,0 \pm 1,5^{cccbbb}$
BMD (g/cm ³)	$1,15 \pm 0,02^{aa}$	$1,25 \pm 0,01^{aa}$	$1,19 \pm 0,02^{bbb}$	$1,28 \pm 0,02^{bbb}$	$1,21 \pm 0,02^b$	$1,29 \pm 0,03^b$
Z-score	$0,7 \pm 0,3^a$	$1,8 \pm 0,2^a$	$1,1 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,4$

BMI, painoindeksi; FFM, rasvaton massa; FM, rasvallinen massa; Rasva %, rasvaprosentti; BMD, luun mineraalitiheys; JN, juoksijanaiset; JN AME, juoksijanaiset, joilla ei ollut normaali kuukautiskierto; JN EUM, juoksijanaiset, joilla normaali kuukautiskierto; JM, juoksijamiehet; KN, kontrollinaiset; KM, kontrollimiehet; ^a, ero AME- ja EUM-ryhmän välillä, $p<0,05$; ^{aa}, $p<0,01$; ^b, ero sukupuolten välillä, $p<0,05$; ^{bb}, $p<0,01$; ^{bbb}, $p<0,001$ ^c, ero saman sukupuolen juoksija ja kontrolliryhmän välillä, $p<0,05$; ^{cc}, $p<0,01$; ^{ccc}, $p<0,001$.

TAULUKKO 9. Kehonkoostumusmuuttujissa havaitut muutokset alku- ja loppumittausten välillä.

	JN AME (n=8)	JN EUM (n=4)	JN (n=12)	JM (n=6)	KN (n=8)	KM (n=7)
Δ Paino (kg)	$2,2 \pm 0,5^{**}$	$0,1 \pm 0,9$	$1,5 \pm 0,5^*$	$-0,1 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0,7$	$-0,1 \pm 1,0$
Δ FFM (kg)	$0,6 \pm 0,5$	$-0,9 \pm 1,3$	$0,1 \pm 0,6$	$0,7 \pm 0,2^*$	$0,4 \pm 0,4$	$-0,3 \pm 1,0$
Δ FM	$1,6 \pm 0,5^*$	$1,0 \pm 1,3$	$1,4 \pm 0,5^*$	$-0,7 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,7$	$0,3 \pm 1,5$
Δ Rasva %	$2,1 \pm 0,8^*$	$1,6 \pm 2,2$	$1,9 \pm 0,8^*$	$-1,1 \pm 0,5$	$0,8 \pm 0,9$	$2,1 \pm 1,2$
Δ BMD	$0,0074 \pm 0,0081$	$-0,0075 \pm 0,016$	$0,002 \pm 0,007$	$-0,004 \pm 0,005$	$0,006 \pm 0,006$	$-0,014 \pm 0,01$
Δ Z-score	$0 \pm 0,082$	$0,23 \pm 0,23$	$0,075 \pm 0,095$	$0,12 \pm 0,14$	$0,063 \pm 0,075$	$-0,14 \pm -0,14$

Δ Paino, painon muutos; Δ FFM, rasvattoman massan muutos; Δ FM, rasvallisen massan muutos; Δ Rasva %; rasvaprosentin muutos; Δ BMD, luun mineraalitiheyden muutos; Δ Z-score, luuntiheyden ikä- ja sukupuolivakioidun z-scoren muutos, JN, juoksijanaiset; JN AME, juoksijanaiset, joilla ei ollut normaali kuukautiskierto; JN EUM, juoksijanaiset, joilla normaali kuukautiskierto; JM, juoksijamiehet; KN, kontrollinaiset; KM, kontrollimiehet, *tilastollisesti merkitsevä muutos, $p<0,05$; **, $p<0,01$.

Miesjuoksijoilla painossa ei havaittu muutosta, mutta rasvaton massa nousi tilastollisesti merkitsevästi ($0,7 \pm 0,2$ kg, $p=0,019$) ja rasvamassassa havaittiin samansuuruinen, mutta tilastollisesti merkitsemätön lasku ($-0,7 \pm 0,4$ kg, $p=0,10$). Näiden muutosten seurauksena rasvaprosentissa havaittiin $1,1 \pm 0,5$ % lasku, joka kuitenkin jäi tilastollisen merkitsevyyden ulkopuolelle ($p=0,098$). Kontrolliryhmillä ei tapahtunut merkittäviä antropometrisiä muutoksia.

9.5 Hormonit

Taulukossa 10 esitetään tutkittavien hormoniarvot tutkimuksen alkumittauksissa. Juoksijanaisilla havaittiin merkittävästi matalammat insuliinin ($p=0,019$) ja trijodityroniinin ($p=0,001$) pitoisuudet kontrolliryhmään verrattuna. Lisäksi kontrolliryhmän naisten estradioliarvot olivat keskimäärin juoksijanaisia korkeampia, vaikka tilastollista merkitsevyyttä ei ollutkaan ($p=0,087$). AME-juoksijoilla ($n=8$) havaittiin EUM-ryhmään ($n=5$) verrattuna merkitsevästi matalammat veren insuliinipitoisuudet ($p=0,019$). Lisäksi testosteroni- ja IGF-1-pitoisuuksien havaittiin olevan alemmalla tasolla AME-ryhmällä, mutta erot eivät olleet tilastolliset merkitseviä ($p=0,071$ ja $p=0,095$).

TAULUKKO 10. Tutkimusryhmien keskimääräiset hormonipitoisuudet alkumittauksissa.

	JN AME (n=8)	JN EUM (n=5)	JN (n=13)	KN (n=14)	JM (n=13)	KM (n=10)
E2 (nmol/l)	$0,172 \pm 0,26$	$0,178 \pm 0,20$	$0,174 \pm 0,17$	$0,264 \pm 0,46$		
TES (nmol/l)	$0,51 \pm 0,09$	$0,86 \pm 0,14$	$0,65 \pm 0,09$	$0,83 \pm 0,12$	$14 \pm 0,6$	$15 \pm 0,8$
IGF-1 (nmol/l)	$35 \pm 3,2$	$46 \pm 5,0$	$39 \pm 3,1$	$42 \pm 3,4$	$46 \pm 3,9$	$43 \pm 4,2$
COR (nmol/l)	484 ± 54	495 ± 60	488 ± 39	574 ± 46	426 ± 20	509 ± 31
INS (mU/l)	$1,5 \pm 0,5^a$	$4,9 \pm 1,0^a$	$2,8 \pm 0,7^c$	$5,8 \pm 1,1^c$	$5,1 \pm 0,6$	$6,6 \pm 1,9$
FER (μ g/l)	$40 \pm 9,0$	$29 \pm 4,1$	$36 \pm 5,8$	$27 \pm 5,4$	77 ± 12	99 ± 18
T3 (pmol/l)	$3,9 \pm 0,2$	$4,2 \pm 0,4$	$4,0 \pm 0,2^{ccc}$	$5,3 \pm 0,2^{ccc}$	$4,0 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,3$

E2, estradioli; TES, testosteroni; IGF-1, Insuliinin kaltainen kasvutekijä 1; COR, kortisoli; INS, insuliini; FER, ferritiini; T3, trijodityroniini; JN, juoksijanaiset; JN AME, juoksijanaiset, joilla ei ollut normaali kuukautiskierto; JN EUM, juoksijanaiset, joilla normaali kuukautiskierto; JM, juoksijamiehet; KN, kontrollinaiset; KM, kontrollimiehet, ero AME- ja EUM-ryhmän välillä, $p<0,05$; ^cero juoksija- ja kontrolliryhmän välillä, $p<0,05$; ^{ccc}, $p<0,001$.

Miehillä ei havaittu hormonipitoisuuksissa tilastollisesti merkitseviä eroja juoksija- ja kontrolliryhmän välillä. Kontrolliryhmällä kuitenkin havaittiin hiukan korkeammat kortisoli- (p=0,10) ja T3-pitoisuudet (p=0,14).

Taulukko 11 kuvaa hormonipitoisuuksissa seurantajakson aikana tapahtuneita ryhmäkohtaisia muutoksia niiden tutkittavien osalta, jotka osallistuivat sekä alku- että loppumittauksiin. T3-pitoisuuksissa havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevät nousut edellisiin mittauskertoihin nähden kaikilla ryhmillä, mikä voi viitata hormonin loppuanalyysissä tapahtuneeseen virheeseen. Keskimmaisissa mittauksissa T3-pitoisuuksissa ei havaittu merkittävää eroa alkumittauksiin.

TAULUKKO 11. Seurantavuoden aikana tapahtuneet muutokset tutkimusryhmien hormonipitoisuuksissa.

	JN AME (n=7)	JN EUM (n=4)	JN (n=12)	JM (n=6)	KN (n=8)	KM (n=7)
ΔE2 (nmol/l)	-83 ± 25*	-104 ± 42	-90 ± 20**		-14 ± 30	
ΔTES (nmol/l)	-0,09 ± 0,1	0,01 ± 0,09	-0,1 ± 0,1	2,4 ± 0,4**	0,4 ± 0,2	-1,1 ± 1,0
ΔIGF (nmol/l)	-0,2 ± 2,2	-15 ± 5,2	-5,2 ± 3,0	-4,1 ± 3,2	-3,6 ± 3,7	-3,5 ± 2,5*
ΔCOR (nmol/l)	-10 ± 49	63 ± 93	14 ± 44	28 ± 41	19 ± 51	-59 ± 21
ΔINS (mU/l)	-0,6 ± 0,4	-1,2 ± 0,2**	-0,8 ± 0,3*	-2,7 ± 1,1	0,3 ± 0,7	-1,2 ± 1,1
ΔFER (μg/l)	3,7 ± 3,5	10,5 ± 5,7	5,9 ± 3,0	1,0 ± 11,2	3,7 ± 4,4	-6,4 ± 12,5
ΔT3 (pmol/l)	1,8 ± 0,2***	2,2 ± 0,3**	1,9 ± 0,2***	1,6 ± 0,2***	1,5 ± 0,3***	1,4 ± 0,2***

ΔE2, estradiolipitoisuuden muutos; ΔTES, testosteronipitoisuuden muutos;; ΔIGF-1, Insuliinin kaltainen kasvutekijä 1:n muutos;; ΔCOR, kortisolipitoisuuden muutos; ΔINS, insuliinipitoisuuden; ΔFER, ferritiinipitoisuuden muutos alku- ja loppumittausten välillä; ΔT3, trijodityroniipitoisuuden; JN, juoksijanaiset; JN AME, juoksijanaiset, joilla ei ollut normaali kuukautiskierto; JN EUM, juoksijanaiset, joilla normaali kuukautiskierto; JM, juoksijamiehet; KN, kontrollinaiset; KM, kontrollimiehet, *tilastollisesti merkitsevä muutos alku- ja loppumittausten välillä, p<0,05; **, p<0,01, ***, p<0,001.

Insuliinin, IGF-1:n ja E2 pitoisuuksien osalta trendi oli kaikilla ryhmillä pääosin laskeva. E2- (p=0,003) ja insuliinipitoisuuksissa tapahtui tilastollisesti merkitsevä lasku vain juoksijanaisilla (p=0,018). IGF 1:n pitoisuuksissa tapahtui kontrollimiehillä merkittävää laskua (p=0,030) juoksijamiehillä havaittiin merkittävä testosteronipitoisuuksien nousu (p=0,004).

9.6 Juoksumattotesti

Taulukko 12 esittää ryhmäkohtaiset päätulokset lyhyestä maksimaalisesta hapenottokyvyn testistä. Juoksijat olivat odotetusti kontrolliryhmään verrattuna erittäin merkitsevästi kovempikuntoisia sekä testin maksiminopeuden että kehonpainoon suhteutetun maksimaalisen hapenottokyvyn osalta ($p < 0,001$).

TAULUKKO 12. Suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin päätulokset alkumittauksissa.

	JN AME (n=6)	JN EUM (n=5)	JN (n=11)	KN (n=14)	JM (n=13)	KM (n=10)
vVO ₂ max (km/h)	18,8 ± 0,8	19,0 ± 0,6	18,9 ± 0,7***	13,8 ± 1,0***	21,3 ± 0,8***	15,5 ± 1,8***
VO ₂ max (l/min)	2,9 ± 0,4	3,4 ± 0,4	3,2 ± 0,5*	2,7 ± 0,4*	4,6 ± 0,4**	3,9 ± 0,7**
VO ₂ max (ml/kg/min)	60,9 ± 2,0	58,5 ± 1,4	59,8 ± 2,1***	42,6 ± 5,4***	66,7 ± 3,8***	51,0 ± 4,2***

JN AME, amenorriiset juoksijanaiset; JN EUM, eumenorriiset juoksijanaiset; JN, juoksijanaiset; KN kontrollinaiset; JM juoksijamiehet; KM, kontrollimiehet; vVO₂max, juoksumattotestin maksiminopeus; VO₂max, maksimaalinen hapenottokyky, *tilastollisesti merkitsevä ero juoksija- ja kontrolliryhmän välillä, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$; ***, $p < 0,001$.

9.7 Kilpailutulokset

Taulukossa 13 verrataan, kuinka sileiden 800-10000m ratamatkojen tai 10km maantiejuoksun ennätyksistä määritetyt IAAF-pisteet ovat kehittyneet seurantajakson aikana eri ryhmillä. Kultakin tutkittavilta on valittu mukaan se juoksumatka, joka tuotti suurimman pistemäärän. Sekä mies että naisjuoksijat onnistuivat parantamaan ennätyspisteitään tilastollisesti merkitsevästi (naiset $p = 0,045$, miehet $p = 0,043$). Yhteensä 5 naista ja 6 miestä kykeni parantamaan tulostasoaan seurantavuoden aikana.

AME-juoksijoiden ennätystaso sekä tutkimuksen alkaessa että päättyessä oli hieman EUM-ryhmää parempi. EUM-ryhmä kuitenkin paransi ennätyksiään enemmän, vaikkei ero ei ollutkaan tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,093$). Ainoastaan 12,5 % AME-juoksijoista kykeni parantamaan parhaan pistemäärän tuottanutta ennätystään vastaavan osuuden ollessa EUM-ryhmällä 80 %. EUM-ryhmän tuloskehitys oli lähellä tilastollista merkitsevyyttä ($p = 0,064$). AME-ryhmässä kehittyminen oli pienempää kuin muissa ryhmissä.

TAULUKKO 13. Juoksijaryhmien keskimääräiset ennätystuloksista määritetyt IAAF-pisteet tutkimuksen alussa ja lopussa.

	JN AME (n=8)	JN EUM (n=5)	JN (n=13)	JM (n=13)
PB IAAF 1	975,9 ± 32,5	924,2 ± 37,0	956 ± 26,7*	885,8 ± 24,8*
PB IAAF 2	984,9 ± 34,0	940,8 ± 31,9	967,9 ± 24,1*	899,8 ± 26,4*
Δ PB IAAF	9,0 ± 9,0	16,6 ± 6,4	11,9 ± 6,0	13,9 ± 6,7
Ennätystään parantaneet (kpl)	1	4	5	6

JN AME, amenorriset juoksijanaiset; JN EUM, eumenorriset juoksijanaiset; JN, juoksijanaiset; JM juoksijamiehet; PB IAAF 1 sileiden kestävyysjuoksumatkojen ennätysten perusteella määritetyt maksimaaliset IAAF-pisteet tutkimuksen alussa; PB IAAF 2 sileiden kestävyysjuoksumatkojen ennätysten perusteella määritetyt maksimaaliset IAAF-pisteet tutkimuksen lopussa; Δ PB IAAF, IAAF-pisteiden keskimääräinen parannus seurantavuoden aikana; *, tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0,05$.

Taulukko 14 esittää kauden parhaiden kilpailutulosten perusteella määritettyjen IAAF-pisteiden ryhmäkohtaisia keskiarvoja sekä niissä tapahtunutta muutosta. Naisjuoksijat olivat ensimmäisenä kilpailukautena IAAF-pisteiden perusteella miehiä kovempitasoisia ($p=0,043$), mutta tutkimuksen toisena vuonna ero ei ollut enää tilastollisesti merkitsevä ($p=0,074$). Kaikki ryhmät pystyivät keskimäärin hiukan parempiin tuloksiin toisena kilpailukautena, mutta yksilökohtaiset vaihtelut olivat suuria.

TAULUKKO 14. Kauden parhaiden sileiden juoksumatkojen tulosten perusteella määritetyt IAAF-pisteet seurantavuoden ensimmäiseltä ja toiselta kilpailukaudelta.

	JN AME	JN EUM	JN	JM
SB IAAF 1	929 ± 46 (n=8)	907 ± 89 (n=5)	920 ± 63* (n=13)	840 ± 117* (n=13)
SB IAAF 2	942 ± 19 (n=6)	915 ± 36 (n=5)	930 ± 17 (n=11)	857 ± 33 (n=12)
Δ SB IAAF	+5 ± 32 (n=6)	+9 ± 53 (n=5)	+6 ± 41 (n=11)	+5 ± 72 (n=12)

JN AME, amenorriset juoksijanaiset; JN EUM, eumenorriset juoksijanaiset; JN, juoksijanaiset; JM juoksijamiehet; SB IAAF 1 sileiden kestävyysjuoksumatkojen kauden parhaiden tulosten perusteella määritetyt maksimaaliset IAAF-pisteet tutkimuksen ensimmäisellä kilpailukaudella; SB IAAF 2 sileiden kestävyysjuoksumatkojen kauden parhaiden tulosten perusteella määritetyt maksimaaliset IAAF-pisteet tutkimuksen toisella kilpailukaudella; Δ SB IAAF, IAAF-pisteiden muutos seurantavuoden aikaisten kilpailukausien välillä; * ero ryhmien välillä, $p < 0,05$.

9.8 Harjoitusseuranta

Harjoitusseurannoista saatu data jäi toivottua suppeammaksi ja vajaiden tietojen vuoksi lisäpainoharjoittelu, loikat ja lihaskuntoharjoittelu yhdistettiin voimaharjoittelu-termin alle ja

juoksun eri tehoalueet yhteisjuoksukilometreiksi. Taulukkoon 15 on koottu harjoitusseurannoilla selvitetty seurantavuoden aikaiset yhteismäärät. EUM-juoksijoiden (n=5) toteutuneet keskimääräiset juoksumäärät (3545 ± 655 km) olivat yli tuhat kilometriä AME-ryhmän (n=8) määriä suuremmat (2395 ± 1169 km). Miesjuoksijoiden juoksumäärät (3583 ± 1004 km) olivat lähes samaa tasoa EUM-ryhmän kanssa. AME-ryhmä kuitenkin paikkasi vähäisemmän juoksemisen EUM-ryhmää merkittävästi runsaammalla muulla kestävyysharjoittelulla ($p=0,007$) ja joutui pitämään vammojen vuoksi juoksuttomia päiviä moninkertaisesti muihin ryhmiin verrattuna. EUM-ryhmä puolestaan sairasteli AME-ryhmää merkittävästi enemmän ($p=0,041$). Lisäksi havaittiin, että raportoitu voimaharjoittelu oli naisjuoksijoilla lähes kaksi kertaa miehiä runsaampaa ($p=0,047$).

TAULUKKO 15. Harjoitusseurantalomakkeista määritetyt juoksijoiden itse raportoimat vuoden kokonaisharjoitusmäärät sekä lepo- ja sairaspäivien sekä loukkaantumisen vuoksi juoksuttomien päivien lukumäärät.

	JN AME	JN EUM	JN	JM
Juoksu yhteensä (km)	2395 ± 1169 (n=8)	3545 ± 655 (n=5)	2837 ± 1130 (n=13)	3583 ± 1004 (n=6)
Muu kestävyysharjoittelu (h)	$425 \pm 243^{**}$ (n=7)	$67 \pm 60^{**}$ (n=4)	295 ± 262 (n=11)	79 ± 62 (n=5)
Voimaharjoittelu (h)	108 ± 60 (n=7)	96 ± 47 (n=4)	$103 \pm 54^*$ (n=11)	$53 \pm 22^*$ (n=6)
Sairaspäivät (kpl)	$12 \pm 11^*$ (n=8)	$27 \pm 11^*$ (n=5)	17 ± 13 (n=13)	14 ± 14 (n=7)
Vammapäivät (kpl)	63 ± 65 (n=8)	$3,6 \pm 5,0$ (n=5)	40 ± 58 (n=13)	13 ± 14 (n=11)
Muut lepopäivät	22 ± 21 (n=7)	23 ± 7 (n=4)	$22 \pm 17^*$ (n=11)	$17 \pm 7^*$ (n=5)

JN AME, amenorriset juoksijanaiset; JN EUM, eumenorriset juoksijanaiset; JN, juoksijanaiset; JM juoksijamiehet. *tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$.

9.9 Mitattujen muuttujien väliset yhteydet suorituskykyyn kilpailutilanteissa

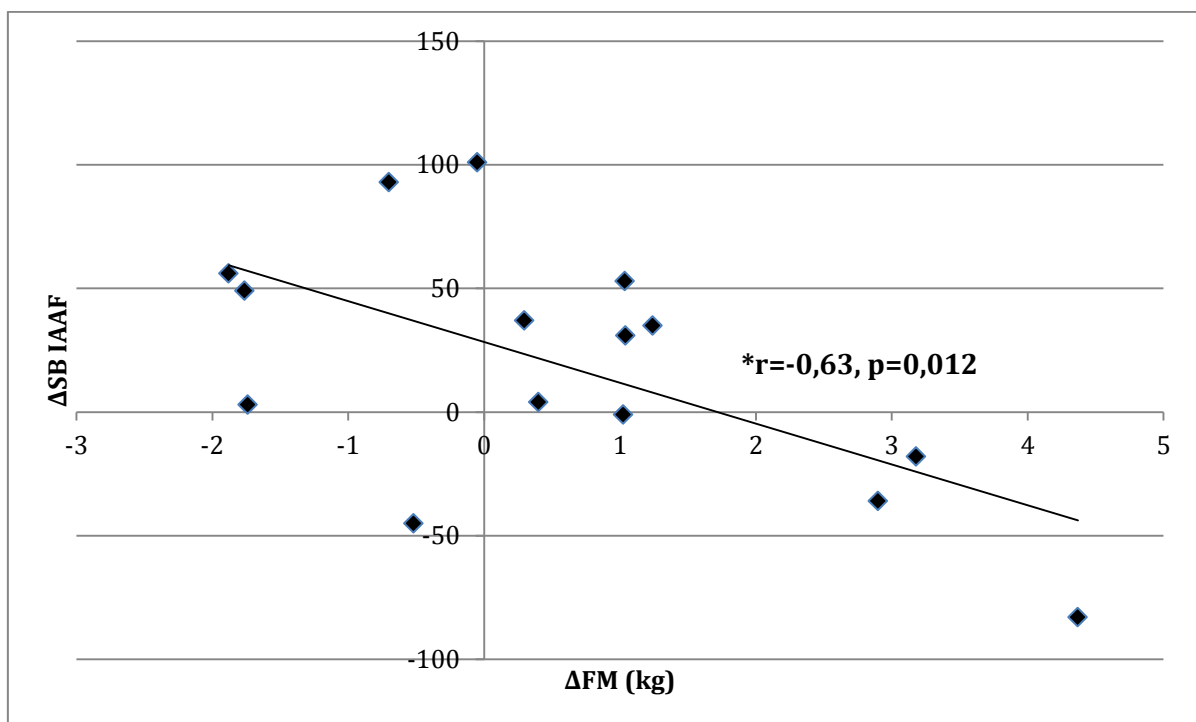
Kilpailu- ja juoksumattotestin tuloksilla eikä niissä tapahtuneilla muutoksilla havaittu yhteyttä toisiinsa. Tästä syystä vain kilpailutuloksia käytetään suorituskyvyn mittareina.

9.9.1 Kehonkoostumus ja suorituskyky

Nais- (n=13) eikä miesjuoksijoilla (n=13) havaittu yhteyttä alkumittausten kehonkoostumuksen ja mittauksia edeltäneen kesän tulostason välillä. Sen sijaan alkumittausten BMI:n ($r=0,72$, $p=0,005$) ja rasvaprosentin ($r=0,52$, $p=0,066$) havaittiin korreloivan naisilla seurantavuoden aikana tapahtuneeseen tuloskehitykseen. Miesjuoksijoilla

alkumittausten rasvaton massa näytti olevan heikosti yhteydessä tulevaan tuloskehitykseen ($r=0,56$, $p=0,049$).

Naisjuoksijoilla ($n=12$) ei havaittu yhteyttä seurantavuodenaikaisten kehonkoostumusmuutosten ja tapahtuneiden ennätysparannusten välillä. Sen sijaan kauden parhaiden tulosten IAAF-pisteiden muutos ($n=9$) korreloi negatiivisesti rasvamassan ($r=-0,87$, $p=0,003$) ja -prosentin ($r=-0,82$, $p=0,007$) muutosten kanssa sekä positiivisesti rasvattoman massan muutokseen ($r=0,67$, $p=0,049$). Miesjuoksijoiden IAAF-pistemutoksilla ei havaittu yhteyttä kehonkoostumusmuutokseen. Kun juoksijat yhdistettiin yhdeksi ryhmäksi, havaittiin IAAF-pistemutoksen ensimmäisen ja toisen kilpailukauden välillä ($n=15$) korreloivan negatiivisesti sekä rasvamassan (kuvio 3, $r=-0,63$, $p=0,012$) että -prosentin ($r=-0,61$, $p=0,015$) muutokseen.

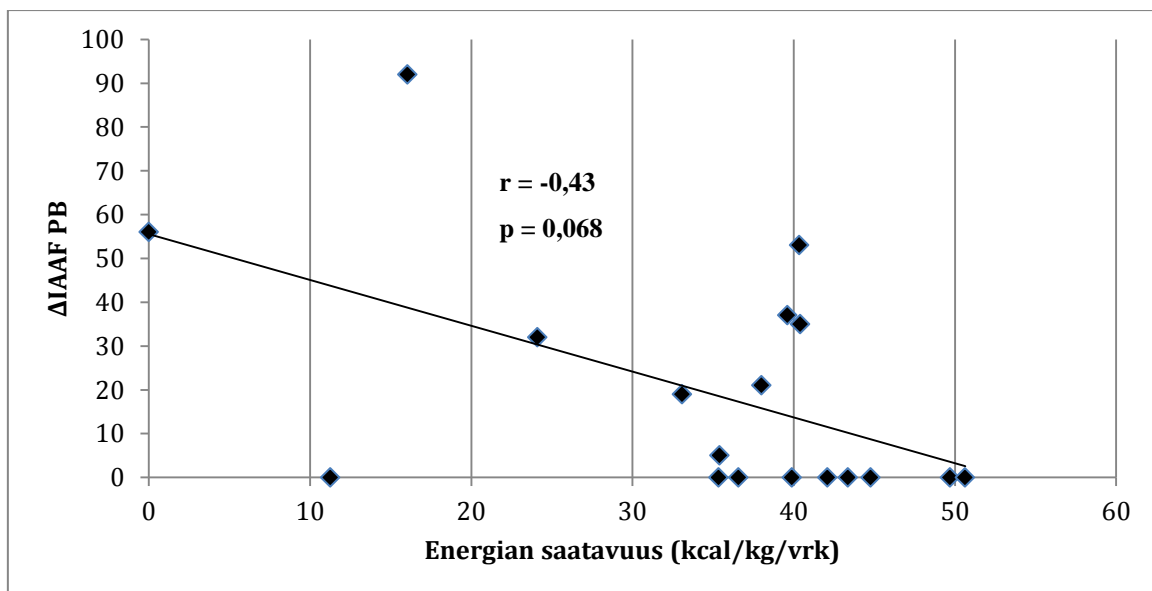


KUVIO 3. Ensimmäisen ja toisen kilpailukauden tulostason muutosten yhteys rasvattoman massan muutokseen mies- ja naisjuoksijoilla ($n=15$). ΔSB IAAF, IAAF-pisteiden muutos seurantavuoden aikaisten kilpailukausien välillä; ΔFM , rasvamassan muutos alku- ja loppumittausten välillä.

9.9.2 Ravitsemustila ja suorituskyky

Naisilla rasvan suurempi osuus kokonaisenergiansaannista oli heikossa negatiivisessa yhteydessä ensimmäisen tutkimuskesän parhaiden tulosten perusteella määritettyihin IAAF-pisteisiin ($r=-0,56$, $p=0,049$). Seurantajakson aikaisten kilpailukausien välisenä ajanjaksona (päiväkirjat 2, 3 ja 4) kerättyjen ruoka- ja harjoituspäiväkirjamuuttujen keskimääräisillä arvoilla ja IAAF-pisteiden perusteella määritetyllä suorituskyvyn kehityksellä ei puolestaan havaittu merkittäviä yhteyksiä mies- eikä naisjuoksijoilla.

Sukupuolet yhdistäneellä otoksella ($n=18$) havaittiin heikohko negatiivinen yhteys IAAF-pisteissä tapahtuneen ennätyskehityksen ja energiatasapainon ($r=-0,51$, $p=0,030$) sekä energian saatavuuden välillä ($r=-0,43$, $p=0,076$). Myös kehon painokiloihin suhteutettu hiilihydraattien saanti korreloi negatiivisesti IAAF-pisteissä tapahtuneeseen kehitykseen. Seurantavuoden ensimmäisen ja toisen kilpailukauden välinen pistekehitys juoksijasukupuolet yhdistäneellä aineistolla ($n=15$) oli positiivisesti yhteydessä harjoittelun aiheuttamaan energiankulutukseen ($r=0,64$, $p=0,011$) ja kokonaisenergiankulutukseen ($r=0,60$, $p=0,018$) sekä negatiivisesti yhteydessä energiatasapainoon ($r=-0,69$, $p=0,008$) ja energian saatavuuteen ($r=-0,49$, $p=0,068$).



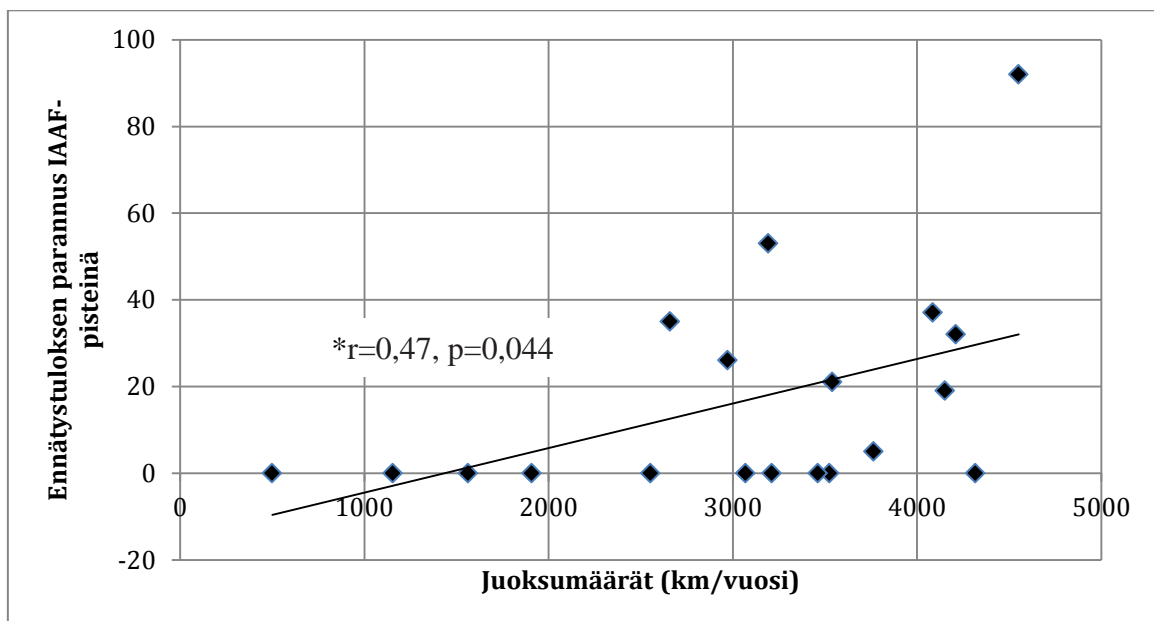
KUVIO 4. Kilpailukausien välisen ajanjakson aikana määritetty keskimääräisen energian saatavuuden yhteys tapahtuneeseen ennätyskehitykseen sukupuolet yhdistäneellä aineistolla ($n=15$). Δ IAAF PB, seurantajakson aikana tapahtunut ennätyskehitys IAAF-pisteiden perusteella.

9.9.3 Hormonit ja suorituskyky

Naisjuoksijoilla (n=13) ei havaittu tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä veren keskimääräisten (seurantavuoden aikaisten mitattujen arvojen keskiarvo) hormonipitoisuuksien ja IAAF-pisteiden perusteella tapahtuneen ennätyskehityksen välillä. Heikko tilastollisesti merkitsemätön korrelaatio insuliinin ja tuloskehityksen ($r=0,42$, $p=0,15$) sekä ferritiinin ja tuloskehityksen välillä kuitenkin havaittiin ($r=-0,41$, $p=0,17$). Seurantavuoden ensimmäisen ja toisen kilpailukauden välisen tulostason muutos (n=10) oli puolestaan heikossa positiivisessa yhteydessä veren E2-pitoisuuteen ($r=0,56$, $p=0,097$), mutta yhteys ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Miehillä seurantavuoden aikana saatu hormonidata oli riittämätön tilastollisiin analyyseihin, mutta alkumittausten testosteronipitoisuuden ja seurantavuoden ennätysparannusten välillä havaittiin voimakas negatiivinen korrelaatio ($r=-0,84$, $p<0,001$).

9.9.4 Toteutunut harjoittelu ja suorituskyky

Seurantavuoden aikana loukkaantuneena tai sairaana vietettyjen vuorokausien ja tuloskehityksen välillä ei havaittu merkittävää yhteyttä mies- eikä naisjuoksijoilla. Myöskään sukupuoli yhdistänyt aineisto ei onnistunut löytämään korrelaatiota, vaikka aiemmassa tarkastelussa todettiin kehittyminen vähäisemmäksi enemmän loukkaantuneena olleilla.



KUVIO 5. Seurantavuoden aikaisten kokonaisjuoksumäärien yhteys ennätystuloksessa tapahtuneeseen IAAF-pistekehitykseen mies- ja naisjuoksijoilla (n=19).

Juoksijoiden raportoimilla juoksukilometreillä (n=19) havaittiin kuvion 5 mukaisesti heikko positiivinen yhteys IAAF-pisteissä tapahtuneeseen ennätyskehitykseen ($r=0,47$, $p=0,044$). Samat yhteydet havaittiin myös pelkkiä miehiä tai naisia tarkastelemalla, mutta pienemmän otoskoon vuoksi ne eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Muita merkittäviä yhteyksiä ei harjoituspäiväkirjadataan ja tuloskehityksen välillä havaittu.

9.9.5 Harjoittelu ja kehonkoostumusmuutokset

Juoksijoilla sukupuoli yhdistäneessä aineistoissa (n=15) havaittiin, että juoksukilometriä ja painon muutosten välillä vallitsi negatiivinen korrelaatio ($r=-0,55$, $p=0,035$). Korrelaatio näytti selittyvän pääosin juoksumäärien yhteydellä rasvamassaan ($r=-0,48$, $p=0,079$). Muun kestävyysharjoittelu oli puolestaan suoraan verrannollinen painon kanssa ($r=0,62$, $p=0,019$). Myös loukkaantuneena vietettyjen vuorokausien havaittiin olevan yhteydessä painon nousuun ($r=0,56$, $p=0,031$).

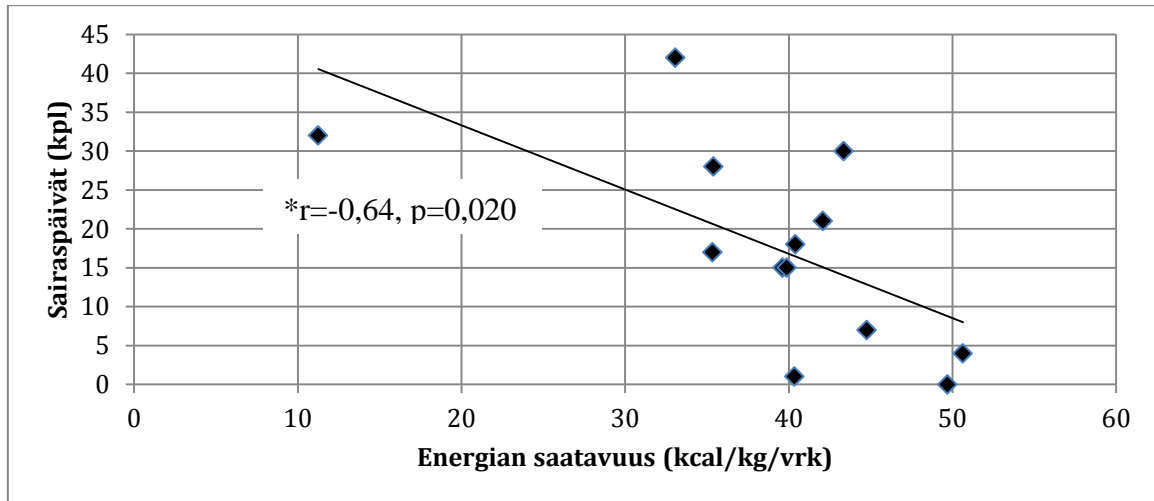
9.9.6 Ravitsemustila, vammat ja sairastelu

Kun tarkasteltiin mies- ja naisjuoksijoita yhtenä ryhmänä (n=17) havaittiin seurantavuoden aikaisten sairaspäivien lukumäärän korreloivan negatiivisesti päiväkirjojen 2, 3 ja 4 perusteella määritettyyn keskimääräiseen energiansaantiin ($r=-0,55$, $p=0,021$). Vieläkin merkittävämmän tämä havaittiin pelkillä naisjuoksijoilla (n=13), joilla sekä energiansaanti ($r=-0,66$, $p=0,014$), energian saatavuus ($r=-0,64$, $p=0,020$) että energiatasapaino ($r=-0,56$, $p=0,048$) olivat kääntäen verrannollisia sairaspäivien lukumäärään osoittaen, että kulutukseen nähden niukempi syöminen lisäsi sairastumisriskiä merkittävästi (kuvio 6). Vammojen ja ravitsemustilan välillä ei havaittu yhteyttä.

9.9.7 Sairastelu, vammat ja kehonkoostumus

Alkumittausten luun mineraalitiheyden ja seurantavuoden aikaisten loukkaantuneena vietettyjen vuorokausien välillä havaittiin juoksijanaisilla (n=13) negatiivinen yhteys ($r=-0,56$, $p=0,049$). Myös ikävakioitu Z-score korreloi heikosti loukkaantumismäärään, mutta yhteys ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($r=-0,43$, $p=0,14$). Miesjuoksijoilla ei havaittu yhteyttä alkutilanteen antropometrian ja seurantavuoden aikana ilmenneiden loukkaantumisten välillä.

Seurantavuoden aikaisten sairaspäivien havaittiin korreloivan naisjuoksijoilla (n=13) positiivisesti alkumittauksissa havaittuihin rasvaprosenttiin (r=0,67, p=0,012) ja rasvamassaan (r=0,61, p=0,026). Myös miesjuoksijoilla sairaspäivät (n=7) korreloivat voimakkaasti alkumittausten rasvamassaan (r=0,80, p=0,030) ja rasvaprosenttiin (r=0,84, p=0,018).



KUVIO 6. Päiväkirjojen 2, 3 ja 4 perusteella määritetyn keskimääräisen energian saatavuuden yhteys seurantavuoden aikaisiin sairaspäiviin juoksijanaissilla (n=13).

Kaikilla juoksijoilla loppumittauksiin osallistuneilla juoksijoilla (n=18) tarkasteltaessa loukkaantuneena vietettyjen vuorokausien ja painon nousun välillä havaittiin lievä korrelaatio (r=0,48, p=0,045). Korrelaatio havaittiin lähes samansuuruisena pelkillä naisjuoksijoilla (n=12), mutta pienemmän tutkimusjoukon vuoksi yhteys ei ollut tilastollisesti merkitsevä (r=0,43, p=0,17) Sairastelun ja kehonkoostumusmuuttujien muutosten välillä ei havaittu yhteyksiä.

10 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää nuorten kestävyysjuoksijoiden ravitsemuksen ja kehonkoostumuksen yhteyttä kilpailusuorituskykyyn sekä selkeyttää havaittujen yhteyksien syitä. Päähavaintona huomattiin naisjuoksijoiden kuukautiskierron häiriöiden olevan yhteydessä moniin suorituskyvyn kehittymistä vastustaviin tekijöihin. Sekä toteutuneet juoksumäärät, vammojen välttäminen että painon ja rasvaprosentin lasku tai muuttumattomuus tukivat suorituskyvyn kehittymistä seurantavuoden aikana. Kaikki edellä mainitut tekijät esiintyivät amenorrisilla juoksijoilla suorituskyvyn kannalta negatiivisessa valossa muihin ryhmiin verrattuna. Kuukautiskierron ja hormonitoiminnan häiriöitä ei kuitenkaan kyetty yhdistämään niukkaankin energian saatavuuteen, mikä on vastoin tämän hetkessä tutkimuskirjallisuudessa vallitsevaa käsitystä.

10.1 Ravitsemustila

Sekä nais- että miesjuoksijoiden keskimääräisen EA:n havaittiin olevan harjoituskauden kaikissa vaiheissa alle suositellun optimin 45 kcal/kg/vrk, millä on voinut olla haitallisia vaikutuksia suorituskyvyn, harjoitusadaptaation ja optimaalisen terveyden kannalta (Mountjoy ym. 2014). Toisaalta tässä tutkimuksessa havaittu naisjuoksijoiden keskimääräinen EA 39 kcal/kg/vrk oli samalla tasolla tai jopa korkeampi kuin eliittitason naiskestävyysurheilijoilla ja nuorilla kenialaisjuoksijoilla havaitut EA-lukemat (Melin ym. 2015; Muia ym. 2016; Heikura ym. 2017b). Myös miesjuoksijoilla havaittu EA 31 kcal/kg/vrk oli hyvin lähellä Heikuran ym. (2017b) eliittimiesjuoksijoilla havaitsemia EA-arvoja 31 kcal/kg/vrk ja 34 kcal/kg/vrk.

Kestävyysjuoksijoiden tiedetään olevan hyvin alttiita ruoankäytön aliraportoinnille sekä yleisen painontarkkailun (Fudge ym. 2006) että suurien ruoka-annosten vuoksi (Thomson & Subar 2013 Deakinin ym. 2015 mukaan). Täten ruokapäiväkirjojen käyttö energiansaannin arvioinnissa on voinut aliarvioina juoksijoiden energiansaantia, ja todelliset EA-arvot ovat voineet olla hyvin lähellä optimaalista. Aliraportointia puoltaa havainto siitä, että myös kontrolliryhmien EA jäi optimaalisen arvon alapuolelle ja heillä havaittu EB oli negatiivinen.

EA:ssa ei havaittu eroa AME- ja EUM-ryhmän välillä, vaikka EA:ta pidetään merkittävimpänä naisurheilijoiden kuukautishäiriöitä aiheuttavan tekijänä (De Souza ym.

2014). Myöskään aiemmissa tutkimuksissa, joissa on arvioitu EA:ta ruokapäiväkirjojen avulla luonnollisissa harjoitusolosuhteissa, ei ole kyetty yhdistämään sitä naisurheilijoiden kuukautishäiriöihin (Koehler ym. 2013; Melin ym. 2015; Heikura ym. 2017a). Yhteyden löytymättömyyttä on pyritty selittämään EA:n arviointiin liittyvillä epätarkkuustekijöillä (Heikura ym. 2017a), mutta on hyvin mahdollista, että myös muut keskimääräisestä EA:sta riippumattomat ja toistaiseksi vailla riittävää tutkimusnäyttöä olevat tekijät voivat selittää hormonitoiminnan häiriintymistä naisurheilijoilla. Esimerkiksi päivittäisellä energiavajeessa vietetyllä ajalla (Torstveit ym. 2018), kuidun liiallisella saannilla (Melin ym. 2016) ja fyysisellä tai psyykkisellä stressillä (Lambrinoudaki & Papadimitriou 2010) voi olla elimistön normaalia toimintaa häiritseviä vaikutuksia. On myös huomioitava, että 7 vuorokauden ruokapäiväkirjat antavat vain lyhytaikaisen kuvan tutkittavien energiastatuksesta kuukautishäiriöiden ja etenkin amenorrean ollessa seurausta pidempiaikaisista ongelmista (De Souza ym. 2014).

Juoksijanaisten havaittiin syövän kontrolliryhmään verrattuna runsaammin hiilihydraatteja ja proteiinia sekä absoluuttisesti että suhteessa kehonpainoon ja kokonaisenergiansaantiin. Havainto oli varsin odotettu, sillä hiilihydraatin ja proteiinin tarve on kestävyysjuoksijoilla selkeästi korkeampi muuhun väestöön verrattuna (Stellingwerff 2007). Miehillä erot juoksija- ja kontrolliryhmän energiaravintoaineiden saannissa olivat huomattavasti pienemmät, mikä voi osoittaa, että miehet kykenivät vastaamaan kestävyysurheilun ravitsemuksellisiin erityistarpeisiin naisia heikommin. AME-ryhmä sai EUM-ryhmään verrattuna enemmän kaikkia energiaravintoaineita, mutta vain hiilihydraattien osalta ero oli tilastollisesti merkitsevä. Tätä kuitenkin selittää pitkälle AME-ryhmän korkeampi harjoituksen aiheuttaman energiankulutus, joka oli kompensoitava runsaammalla energian ja etenkin hiilihydraatin saannilla.

Stellingwerff ym. (2007) suosittelivat keski- ja kestävyysmatkojen juoksijoiden hiilihydraatin saanniksi 7–10 g/kg/vrk, proteiinin saanniksi 1,5–1,7 g/kg/vrk ja rasvan saanniksi harjoituskauden vaiheesta riippuen 0,8–2 g/kg/vrk. Suositusten alarajat on tarkoitettu kevyille alle 100 km harjoitusviikoille ja ylärajat kovalle, jopa yli 150km viikoille (Stellingwerff ym. 2007.) Tässä tutkimuksessa havaitut hiilihydraattien saannit jäivät harjoituskauden kaikissa vaiheissa sekä naisilla (koko vuoden keskiarvo $5,9 \pm 0,4$ g/kg/vrk) että miehillä ($4,8 \pm 1,2$ g/kg/vrk) jopa kevyiden harjoitusviikkojen suositusten alapuolelle, millä on voinut olla suorituskykyä, immuniteettia ja palautumista heikentävä vaikutus (Stellingwerff 2013).

Toisaalta tässä tutkimuksessa havaittu naisjuoksijoiden hiilihydraattien saanti oli hyvin lähellä aiemmissa tutkimuksissa raportoituja arvoja (Burke ym. 2001; Heikura ym. 2017b). Mieskestävyyssurheilijoiden hiilihydraatinsaannin on kuitenkin havaittu olevan tyypillisesti 7-8 g/kg/vrk (Burke ym. 2001; Heikura ym. 2017b), mikä on huomattavasti tässä tutkimuksessa havaittua miesjuoksijoiden hiilihydraatinsaantia korkeampi. Osittain, muttei kokonaan, niukkaa hiilihydraatinsaantia selittää tämän tutkimuksen miesjuoksijoiden maltilliset harjoitusmäärät huippu-urheilijoihin verrattuna.

Tässä tutkimuksessa havaittu keskimääräinen proteiinin saanti ylitti huomattavasti kestävyysjuoksijoille laaditut suositukset (Tarnopolsky 1999; Stellingwerff ym. 2007) sekä nais- (2,5 g/kg/vrk) että miesjuoksijoilla (2,1 g/kg/vrk). Nykyään hyvin voimakkaasti pinnalla oleva proteiinin korostus urheilijan ruokavaliassa onkin voinut johtaa siihen, että nuoret urheilijat korostavat sitä muiden energiaravintoaineiden kustannuksella. Yli 2 g/kg/vrk proteiinin saannista ei uskota olevan lisähyötyä elimistön proteiinisynteesin kiihdyttämiseksi kuin poikkeustilanteissa (Ilander & Linblad 2014, 203). Liioiteltu proteiinin saanti puolestaan voi johtaa kylläisyysvaikutuksensa vuoksi liian niukkaan kokonaisenergiansaantiin, viedä ruokavaliosta tilaa hiilihydraateilta ja rasvoilta tai johtaa ylimääräiseen energiansaantiin ja ei-toivotun rasvakudoksen kertymiseen (Ilander & Lindblad 2014, 205–208). Toisaalta runsaampi (1,8–2,7 g/kg/vrk) proteiinin saanti voi auttaa säilyttämään lihasmassaa energian saatavuuden ollessa niukkaa (Helms ym. 2014; Murphy ym. 2015). Tässä tutkimuksessa EA:n havaittiin olevan alle optimaalisen suurimmalla osalla tutkittavista ja täten yli 2 g/kg/vrk proteiinin saanti saattoi auttaa lihaskatabolian ehkäisyssä.

10.2 Kehonkoostumus

Juoksijat olivat kontrolliryhmiin verrattuna erittäin paljon pienempiä sekä painon, BMI:n että rasvaprosentin osalta. Havainto oli varsin odotettu aiempien tutkimusten perusteella.

Alkumittauksissa havaittu keskimääräinen BMI oli naisjuoksijoilla 19,0 kg/m² ja miesjuoksijoilla 21,1 kg/m², mikä on hyvin lähellä Heikuran ym. (2017b) tutkimuksessa huippujuoksijoilla havaittuja BMI-arvoja 19,0 kg/m² ja 20,4 kg/m². Marc ym. (2014) totesivat optimaaliseksi naismaratoonarin painoindeksiksi 18,2 kg/m², mutta koska nuorilla urheilijoilla päämatkat ovat vielä lyhyempiä, voi hieman korkeampi painoindeksi olla tarkoituksenmukaisempi. Esimerkiksi Nevill ym. (2003) raportoivat tutkimukseensa

osallistuneiden britannialaisten kansainvälisen tason naiskestävyysjuoksijoiden keskimääräiseksi BMI:ksi 18,9 kg/m² ja keskimatkojen juoksijoilla 20,1 kg/m². Sedeaud ym. (2014) puolestaan havaitsivat maailman parhaita miesjuoksijoita tutkiessaan, että mieskestävyysjuoksijoiden optimaalinen painoindeksi olisi välillä 19–20 kg/m² ja keskimatkojen juoksijoilla 20–21 kg/m², mutta myös näitä ”ihannearvoja” huomattavasti pienemmillä ja suuremmilla BMI-arvoilla on juostu maailman kärkitason tuloksia. Tähän tutkimukseen osallistuneiden miesjuoksijoiden BMI-arvot olivat hiukan kansainvälisen kärkitason keskiarvoja korkeammalla. Nuoria urheilijoita tarkasteltaessa on kuitenkin hyvä tiedostaa, että riittävän ravinnon ja terveyden turvaaminen on avainasiassa kehittymisen takaamiseksi eikä painon optimointi energiansaantia rajoittamalla ajankohtaista. Todennäköisempää on, että paino ja kehonkoostumus asettuvat järkevästi koostetulla ruokavaliolla sopivalle tasolle harjoitusmäärien lisääntyessä (Bale ym. 1985b). Lisäksi geenit ja määrittelevät pitkälle sen millaiseksi kunkin urheilijan paino vuosien mittaan kehittyi (Burke ym. 2007; O’Connor ym. 2007).

Naisjuoksijoiden keskimääräiseksi rasvaprosentiksi alkumittauksissa havaittiin $15,0 \pm 1,5$ % vastaavan arvon miehillä ollessa $8,6 \pm 0,9$ %. Naisilla havaitut rasvaprosentit olivat lähes identtiset Deutzin ym. (2000) yhdysvaltalaisilla kansallisen ja kansainvälisen tason naisjuoksijoilla havaittuihin rasvaprosenttiarvoihin $15,1 \pm 3,2$ %. Heikuran ym. (2017b) tutkimuksessa yhdysvaltalaisen, kanadalaisten ja australialaisten eliittitason kestävyys- ja keskimatkojen juoksijoiden keskimääräinen rasvaprosentti (11,5 %) oli hieman tämän tutkimuksen naisjuoksijoiden rasvaprosenttia alhaisempi. AME-ryhmän rasvaprosentin ($12,5 \pm 1,8$ %) puolestaan havaittiin olevan hyvin lähellä Heikuran ym. (2017b) raportoimia arvoja, mistä voidaan päätellä, että varttuneemmille (>23-v) huippujuoksijoille tyypillisen kehonkoostumuksen tavoittelulla voi olla nuorempien (<23-v) urheilijoiden terveydelle ja sitä kautta myös suorituskyvylle haitallisia seurauksia. Miesjuoksijoiden rasvaprosentti oli hyvin linjassa vanhemmissa tutkimuksissa ihopoimiumittauksilla määritettyihin rasvaprosentteihin (Bale 1985a; Kenney & Hodgson 1985), mutta aavistuksen korkeampi kuin Heikuran ym. (2017b) tuoreemmassa tutkimuksessa eliittijuoksijoilla DXA-mitatut arvot $6,6 \pm 0,9$ %.

AME-juoksijoiden paino, BMI, rasvaprosentti ja luun mineraalitiheys olivat EUM-juoksijoita alhaisemmat, mikä osoittaa, että joko liian alhainen rasvaprosentti ja paino tai niiden saavuttamiseen liittyvät ravitsemus- ja liikuntatottumukset voivat altistaa nuoret naisurheilijat hormonitoiminnan häiriöille. Kuten lukuisissa aiemmissakin tutkimuksissa (mm. Hind ym.

2006; Heikura ym. 2017a), myös tässä tutkimuksessa havaittiin kuukautishäiriöiden yhteys heikentyneeseen luuntiheyteen ja edelleen suurentuneeseen rasisurmutumien riskiin (Iwamoto ym. 2003). AME-ryhmästä jopa neljällä (50 %) juoksijalla esiintyi seurantavuoden aikana luun rasisurvamma, kun samaan aikaan niitä ei EUM-ryhmässä esiintynyt lainkaan. Niukka ravitseminen ja hormonitoiminnan häiriöt voivat olla urheilu-uran kannalta erityisen kohtalokkaita aikuisuuden kynnyksellä, sillä luumassa kehittyy yleensä noin 20 ikävuoteen asti (Baxter-Jones 2011) eikä saavuttamatta jääneen luumassan korjaaminen myöhempinä vuosina ole välttämättä enää mahdollista (De Souza ym. 2014), mikä onkin hyvin todennäköisesti syynä monen lupaavasti alkaneen urheilu-uran katkeamiselle.

10.3 Suorituskykyä selittävät tekijät

Alkumittauksissa ei havaittu yhteyttä kehonkoostumusmuuttujien ja juoksijan kilpailutulosten välillä. Hoikemmat juoksijat eivät siis olleet parempia juoksijoita kuin suurikokoisemmat eikä päinvastoin. Sen sijaan alkumittauksissa korkeammat BMI, miehillä rasvaton massa ja naisilla rasvaprosentti näyttivät luovan paremman pohjan tulevalle kehitykselle. Alkumittauksissa hoikimmat urheilijat kehittivät seurantavuoden aikana vähiten. Samoilla urheilijoilla havaittiin myös amenorreaa, joten syynä kehittymättömyydelle ovat todennäköisesti häiriöt (anabolisten) hormonien erityksessä tai suuremmissa loukkaantumisten määrässä ja sitä kautta vähentyneissä ehjissä harjoituspäivissä.

AME-ryhmällä, jonka tuloskehitys oli seurantavuoden aikana EUM-ryhmää ja miehiä pienempää, havaittiin EUM-ryhmään ja kontrolleihin verrattuna alhaiset insuliinipitoisuudet. Insuliinilla on elimistössä tärkeitä anabolisia ja aineenvaihdunnallisia tehtäviä (Guyton & Hall 2006, 961–970), joten sen alentuneet pitoisuudet voivat luoda harjoitusadaptaation kannalta epäedullisemmat lähtökohdat. Myös IGF-1:n pitoisuus havaittiin AME-ryhmällä hieman EUM-ryhmää alhaisemmaksi, vaikka ero ei ollutkaan tilastollisesti merkitsevä. IGF-1-pitoisuuksien kuitenkin tiedetään laskevan iän myötä (Ert ym. 2014), joten AME-ryhmän hieman nuorempi keski-ikä voi selittää, miksi IGF-1-pitoisuuksissa havaittu ero jäi varsin pieneksi. Lisäksi testosteronipitoisuuden havaittiin olevan AME-ryhmällä hieman alentunut kontrolliryhmään ja EUM-ryhmään verrattuna, mikä edelleen on voinut heikentää AME-ryhmän elimistössä tapahtuneita anabolisia toimintoja ja johtaa täten harjoittelun tuottamattomuuteen.

Miesjuoksijat, joilla testosteronipitoisuudet olivat alemmalla tasolla alkumittauksissa, paransivat tulostasoaan enemmän seurantavuoden aikana. Tulos on sikäli yllättävä, että testosteronilla tiedetään olevan positiivisia vaikutuksia sekä kestävyysuorituskyvyn että voimantuoton kehittymisen kannalta (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 140–146). Tutkimuksen viimeisiin mittauksiin osallistuneilla miesjuoksijoilla (n=6) havaittiin kuitenkin merkittävä ($p<0,01$) testosteronipitoisuuksien nousu alkumittauksiin verrattuna. Testosteronin kohonneet pitoisuudet voivatkin olla merkittävä selittävä tekijä näillä miehillä tapahtuneen tuloskehityksen taustalla.

Rasvamassan ja -prosentin muutoksilla havaittiin olevan etenkin naisilla negatiivinen yhteys suorituskyvyn muutoksiin ensimmäisen ja toisen kilpailukauden välillä. Rasvaprosentti siis nousi enemmän juoksijoilla, joilla tulokunnan muutokset olivat ei-toivottuja. Tuloksiaan parantaneiden juoksijoiden kuitenkin havaittiin keränneen seurantavuoden aikana enemmän juoksukilometrejä verrattuna juoksijoihin, jotka eivät parantaneet tuloksiaan. Tämän perusteella onkin vaikea määrittellä, olivatko sekä suorituskyvyn parantuminen että rasvaprosentin lasku tai muuttumattomuus seurausta onnistuneesta juoksuharjoittelusta vai onko rasvaprosentin nousu harjoittelusta riippumatta vaikuttanut negatiivisesti kilpailutuloksiin. Toisaalta loukkaantumisten havaittiin olevan yhteydessä painon ja rasvaprosentin nousuun. Loukkaantumiset luonnollisesti heikentävät urheilijan kehittymistä, mikä voi aiheuttaa hieman vääristyneen kuvan negatiivisesta yhteydestä painon, rasvaprosentin ja suorituskyvyn välillä.

Seurantavuoden aikaisella energiatasapainolla, energian saatavuudella ja kehonpainoon suhteutetulla hiilihydraatinsaannilla havaittiin negatiivinen yhteys tapahtuneisiin kilpailusuorituskyvyn muutoksiin. Havainto on vastoin vallitsevaa käsitystä siitä, että 40–45 kcal/kg/vrk EA olisi pitkällä aikavälillä suorituskyvyn kannalta edullisin (Ilander 2014a, 24). Toisaalta yhdelläkään tutkimukseen osallistuneella naisella, joka paransi suorituskykyään seurantavuoden aikana, ei vuoden aikana kerättyjen päiväkirjojen keskimääräinen EA laskenut alle 30 kcal/kg/vrk, mikä on voinut suojata matalan EA:n haittavaikutuksilta terveyteen ja suorituskykyyn (Logue ym. 2018) ja toisaalta mahdollistanut kehonkoostumuksen optimoinnin (Ilander 2014a, 24). Miehillä ei puolestaan ole vielä määritetty EA:n raja-arvoja, joilla terveys ja suorituskyky kompensoituvat, joten on mahdollista, että suorituskykyään parantaneet miehet eivät näitä määrittämättömiä raja-arvoja alittaneet. Fagerbergin ym. (2017) ehdottaman alhaisen EA:n raja-arvon 20–25 kcal/kg/vrk

alitti tässä tutkimuksessa yksi miesjuoksija, joka paransi suorituskykyään seurantavuoden aikana. Miesten lisääntyminen kuitenkin vaatii vähemmän energiaa verrattuna naisiin (Bronson 1985), minkä vuoksi miesjuoksijat todennäköisesti sietävät energiavajeista tilaa naisia paremmin.

Vaikka matalan EA:n ei havaittu selittävän naisjuoksijoiden kuukautishäiriöitä ja tiettyjen hormonien alentuneita pitoisuuksia, sen havaittiin lisäävän sairaspäivien lukumäärää naisjuoksijoilla. Tulos on looginen, sillä energiavaje on tutkimusten perusteella yhdistetty vastustuskyvyn laskuun (Montero ym. 2002; Walsh ym. 2011). Myös alkumittauksissa havaittu korkeampi rasvaprosentti oli yhteydessä tuleviin sairaspäiviin. Onkin hyvin mahdollista, että alkumittauksissa suurimman rasvaprosentin omanneet juoksijat ovat kokeneet tarvetta pudottaa painoa, rajoittaneet siksi energiansaantiaan ja täten altistaneet itsensä suurentuneelle sairastumisriskille. Sairaspäivien lukumäärän ei kuitenkaan havaittu vaikuttavan negatiivisesti tuloskehitykseen vaan nimenomaan loukkaantuneena vietetyt vuorokaudet olivat kehittymisen kannalta merkittävämmässä roolissa.

Saatujen tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että aiemmin alkaneet hormonitoiminnan häiriöt ovat nuorilla naiskestävyysjuoksijoilla erittäin merkittävä loukkaantumisriskiä lisäävä ja negatiivisesti tuloskehitykseen vaikuttava tekijä, joka ei välttämättä ole helposti korjattavissa. Tässä tutkimuksessa AME-ryhmän seurantavuoden aikainen keskimääräinen EA oli lähes ihannetasolla (40 ± 12 kcal/kg/vrk) ja painossa tapahtui $2,2 \pm 0,5$ kg nousu. Tästä huolimatta vain yksi kahdeksasta ryhmän juoksijasta onnistui normalisoimaan kuukautiskierronsa seurantavuoden aikana. Myöskään alentuneiden hormonipitoisuuksien ei havaittu nousevan seurantavuoden aikana, ja vammoja esiintyi runsaasti. Täten varhainen puuttuminen ja tehostettu naisurheilijan oireyhtymän ehkäisy ovat välttämättömiä naisurheilijoiden terveiden ja menestyksekkäiden aikuisiän huippu-urheiluvuosien turvaamiseksi.

10.4 Tutkimuksen rajoitukset

Tutkimus toteutettiin varsin pienellä aineistolla ja etenkin miesjuoksijoiden ryhmä kutistui seurantavuoden aikana niin pieneksi, että luotettavien johtopäätösten tekeminen oli monen muuttujan osalta mahdottomuus. Yksittäiset tulokset ovat voineet heilauttaa koko ryhmän tuloksia varsin paljon, mikä havaittiin joidenkin muuttujien tapauksessa vaikeutena löytää

tilastollisia merkitsevyyksiä selkeistä yhteyksistä huolimatta. Myös tutkittavien suurehko ikäjakauma on jossain määrin voinut vaikuttaa tuloksiin.

Ravinnonsaannin analysointiin käytettiin 7 vuorokauden ruokapäiväkirjoja, joiden tiedetään olevan hyvin alttiita virhelähteille, etenkin aliraportoinnille (Magkos & Yannakoulia 2003). Toisaalta suurin osa tutkittavista oli erittäin hyvin motivoituneita saamaan luotettavaa tietoa omasta ravitsemustilastaan, minkä vuoksi päiväkirjojen laatu etenkin naisjuoksijoiden ryhmässä oli hyvin tarkka. Lisäksi päiväkirjojen täyttäminen neljästi seurantavuoden aikana todennäköisesti tasasi mahdollisia arviointivirheitä (Buzzard ym. 1998 Deakinin ym. 2015 mukaan). Myös energiankulutuksen arviointiin MET-taulukoiden ja RMR-kaavojen avulla liittyy suuri virhemarginaali. Etenkin vaihteleva suorituksen taloudellisuus ja harjoitustehon väärinarviointi saattoivat aiheuttaa merkittäviä virheitä saatuihin tuloksiin.

Kuukautiskierron raportointi oli tutkittavan omalla vastuulla, mikä heikentää saatujen tietojen luotettavuutta. Hormonivalmisteiden käyttöä ei pystytty tässä tutkimuksessa katkaisemaan tai rajaamaan pois analyyseistä, joten ne ovat voineet vaikuttaa erityisesti tiettyjen hormonien pitoisuuksiin ja täten vääristää seurantavuoden aikaista hormonitoiminnan tilaa. Myöskään kuukautiskierron vaihetta ei kyetty käytännön syistä vakioimaan, mikä on huomioitava etenkin estrogeenin pitoisuuksien arvioinnissa. Luuntiheyttä analysoitiin tutkittavien säteilyaltistuksen pienentämiseksi ainoastaan koko kehosta, vaikka ongelmien kartoitukseen yleensä suositellaan myös lannerangan, reisiluun kaulan ja lonkan alueen mittauksia (De Souza ym. 2014). Täten alentuneet luun mineraalitiheydet ovat voineet jäädä joidenkin tutkittavien osalta havaitsematta.

Tutkimus on sisältänyt lukuisia tarkkuutta vaativia vaiheita ja äärimmäisestä huolellisuudesta huolimatta on missä tahansa vaiheessa voinut tapahtua tuloksiin vaikuttava virhe. Toisaalta kontrolliryhmän mukanaolo ja useasti toistetut mittaukset auttoivat mahdollisten virheiden tunnistamisessa. Täten tuloksia voidaan pitää varsin luotettavina, kun niihin suhtaudutaan pienen otoskoon vaatimalla kritiikillä.

10.5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen päähavainto oli, että naisjuoksijat, joilla ei esiintynyt luonnollista kuukautiskierrtoa (n=8), olivat muuta juoksijajoukkoa huomattavasti herkempiä

loukkaantumisille. Myös tulokunnan kehittyminen oli AME-ryhmällä lähes olematonta, vaikka muut ryhmät pystyivät merkittävästi parantamaan ennätyksiään. Luuvammoja esiintyi jopa neljällä kahdeksasta AME-ryhmän juoksijasta. Naisilla, joilla oli normaali kuukautiskierto (n=5), ei havaittu lainkaan luuvammoja, ja miesjuoksijoistakin (n=13) sellainen esiintyi vain yhdellä. AME-juoksijoiden suuremman vamma-alttiuden taustalla olivat todennäköisesti muuhun joukkoon verrattuna alentunut luun mineraalitiheys sekä vähentynyt anabolisesti toimivien hormonien tuotanto.

Vuosittaisten juoksukilometrien ja kilpailutulosten paranemisen havaittiin korreloivan keskenään. Rasvaprosentin nousu ja loukkaantuneena vietetyt vuorokaudet puolestaan korreloivat positiivisesti toisiinsa ja negatiivisesti suorituskyyyn. Sen sijaan, että rasvaprosentti sellaisenaan olisi vaikuttanut suorituskyyyn, on todennäköisempää, että ehjällä juoksuharjoittelulla on adaptiivisia vaikutuksia sekä parempaan suorituskyyyn että alhaisen rasvaprosentin ylläpitoon.

Suomalaisten juoksijanuorten ravinnossa havaittiin keski- ja kestävyysmatkojen suosituksiin (Stellingwerff 2007) nähden puutteita sekä hiilihydraatin- että kokonaisenergiansaannissa. Puutteet olivat korostuneita miesjuoksijoilla. Proteiininsaanti puolestaan oli jopa suosituksia suurempaa, mutta havaitun energiavajeen vuoksi runsas proteiininsaanti saattoi ehkäistä lihaskudoksen menetystä ja olla tästä syystä perusteltua. Vaikka tässä tutkimuksessa ei havaittukaan kulutukseen nähden niukan energiansaannin vaikuttavan negatiivisesti suorituskyyyn, on riittävä informaatio energian- ja hiilihydraatinsaannin tärkeydestä välttämätöntä nuorten kestävyysjuoksijoiden pitkäaikaisen terveyden ja suorituskyyyn turvaamiseksi.

Tässä tutkimuksessa ei havaittu poikkeuksellisen alhaista EA:ta hormonitoiminnan häiriöistä kärsivillä naisilla, vaan AME-ryhmällä esiintyneet EA-arvot olivat jopa hieman muuta ryhmää korkeammat. Sama on havaittu myös eliittikestävyysurheilijoilla tehdyissä tutkimuksissa (Melin ym. 2015; Heikura ym. 2017a). Riittävästä EA:sta ja seurantavuoden aikana nousseesta painosta ja rasvaprosentista huolimatta vain yhden AME-juoksijan kuukautiskierto normalisoitui seurantavuoden aikana. Koska ryhmä edelleen kärsi muuhun joukkoon verrattuna alentuneista hormonipitoisuuksista ja heillä esiintyi keskimääräistä runsaammin vammoja, olisi tulevaisuuden tutkimuksen pyrittävä yhä paremmin selvittämään syitä naisurheilijoiden hormonaalisten häiriöiden taustalla. Useat tutkimukset ovat

epäonnistuneet löytämään matalan EA:n selkeää yhteyttä kuukautishäiriöihin, luun mineraalitiheyteen ja hormonitoimintaan urheilijoiden luonnollisissa harjoitusolosuhteissa (Koehler ym. 2013; Melin ym. 2015; Heikura ym. 2017). Täten lisätieto aiheesta on välttämätöntä, jotta naisurheilijan oireyhtymän ehkäisyä, diagnosointia ja hoitoa voitaisiin jatkossa tehostaa.

LÄHTEET

- Aasen, G., Fagertun, H. & Halse, J. 2006. Body composition analysis by dual X-ray absorptiometry: in vivo and in vitro comparison of three different fan-beam instruments. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 66 (8), 659–666.
- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sungot-Borgen, Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D. & Müller, W. 2012. Current Status of Body Composition Assessment in Sport. *Sports Medicine* 42 (3), 227–249.
- ACOG. 2015. Committee on Adolescent Health Care ACOG Committee Opinion No. 349, November: menstruation in girls and adolescents: using the menstrual cycle as a vital sign. *Obstetrics & Gynecology* 108, 1323–1328.
- Ainsworth, B. E. 2013. How to Assess the Energy Costs of Exercise and Sport. Teoksessa R. J. Maughan. *Sports Nutrition*, 61– 71.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Basset, D. R., Tudor-Locke Jr. C., Greer, J. L., Vezina J., Whitt-Glover, M. C. & Leon A. S. 2011 Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43 (8), 1575–1581.
- Allen, N. E., Appleby, P. N., Davey, G. K. & Key, T. J. 2002. Lifestyle and nutritional determinants of bioavailable androgens and related hormones in British men. *Cancer Causes and Control* 13 (4), 353–363.
- Arends, J.C., Cheung, M.Y., Barrack, M.T. & Nattiv, A. 2012. Restoration of menses with nonpharmacologic therapy in college athletes with menstrual disturbances: a 5-year retrospective study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 22, 98–108.
- Bale, P., Bradbury, D. & Colley, E. 1985a. Anthropometric and training variables related to 10km running performance. *British Journal of Sports and Medicine* 20 (4), 170–173.
- Bale, P., Rowell S. & Colley, E. 1985b. Anthropometric and training characteristics of female marathon runners as determinants of distance running performance. *Journal of Sports Sciences* 3, 115–126.
- Barrack, M. T., Gibbs, J. C., De Souza, M. J., De Souza, M. J., Williams, N.I, Nichols, J. F., Rauh, M. J. Nattiv, A. 2014. Higher incidence of bone stress injuries with increasing female athlete triad-related risk factors: a prospective multisite study of exercising girls and women. *American Journal of Sports Medicine* 42(4), 949–958.

- Baxter-Jones A. D., Faulkner R. A., Forwood, M. R., Mirwald, R. L. & Bailey D. A. 2011. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research* 26, 1729–39.
- Bergstrom, J., Hermansen, L., Hultman, E., & Saltin, B. 1967. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica* 71, 140–150.
- Bennell, K., Matheson, G., Meeuwisse, W. & Brukner, P. 1999. Risk factors for stress fractures. *Sports Medicine* 28, 91–122.
- Bergh, U., Sjödin, B., Forsberg, A & Svedenhag, J. 1991. The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Medicine and science in sports and exercise* 23 (2), 205–211.
- Billat, V., Beillot, J., Jacqueline, J., Rochcongar, P. & Carre, F. 1996. Gender effect on the relationship of time limit at 100% $\dot{V}O_2\max$ with other bioenergetic characteristics. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 28 (8), 1049–1055.
- Billat, V., Demarle, J., Slawinski, J., Paiva, M. & Koralsztejn J. P.. 2001. Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine and science in sports and exercise* 33 (12), 2089–2097.
- Billat, V., Lepretre, P.-M., Heugas, A.-M., Laurence, M.-H., Salim, D. & Koralsztejn J. P. 2003. Training and Bioenergetic Characteristics in Elite Male and Female Kenyan Runners. *Medicine and science in sports and exercise* 35 (2), 297– 304.
- Bilsborough, J. C., Greenway, K., Opar, D., Livingstone, S., Cordy, J. & Coutts, A. J. 2014. The accuracy and precision of DXA for assessing body composition in team sport athletes. *Journal of Sport Sciences* 32 (19), 1821–1828.
- Blake, G. M. & Fogelman, I. 2009. The clinical role of dual energy X-ray absorptiometry. *European Journal of Radiology* 71 (3), 406–414.
- Borg, P. 2016. Kehonkoostumuksen arviointi. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen. *Huippu-urheiluvalmennus -teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 174–175.
- Bronson, F. H. 1985. Mammalian reproduction: An ecological perspective. *Biology of Reproduction* 32(1), 1–26.
- Burke, L. M., Cox, G. R., Cummings, N. K. & Desbrow, B. 2001. Guidelines for Daily Carbohydrate Intake -Do Athletes Achieve Them? *Sports Medicine* 31 (4), 267–299.
- Burke, L. M., Millet, G. & Tarnopolsky, M. A. 2007. Nutrition for distance events. *Journal of Sport Sciences* 25 (S1), 29–38.
- Burke, L., Hawley, J., Stephen, Wong, H. & Jeukendrup, A. 2011. Carbohydrates for training

- and competition. *Journal of Sports Sciences* 29 (S1), 17–27.
- Burke, L. M., Ross, M. L., Garvican-Lewis, L. A., Welvaert, M., Heikura, I. A., Forbes, S. G., Mirtschin, J. G., Cato, L. E., Strobel, N, Sharma, A. P. & Hawley, J. A. 2017. Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of Physiology* 000.00, 1–23.
- Christensen, C. & Ruhling, R. 1983. Physical characteristics of novice and experienced women marathon runners. *British Journal of Sports Medicine* 17 (3), 166– 171.
- Coggan, A. R., & Coyle, E. F. 1991. Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: Effects on metabolism and performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 19, 1 – 40.
- Compston, J. E., McConachie, C., Stott, C., Hannon, R. A., Kaptoge, S., Debiram, I., Love, S. & Jaffa, A. 2006. Changes in bone mineral density, body composition and biochemical markers of bone turnover during weight gain in adolescents with severe anorexia nervosa: a 1-year prospective study. *Osteoporosis International* 17, 77–84.
- Confavreux C. B, Levine, R. L. & Karsenty, G. 2009. A paradigm of integrative physiology, the crosstalk between bone and energy metabolisms. *Molecular and Cellular Endocrinology* 310, 21–29.
- Coyle, EF. 2007. Physiological Regulation of Marathon Performance. *Sports Medicine* 37, 306–311.
- Cunningham, J. J.1980. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *The American journal of Clinical Nutrition* 33(11), 2372–2374.
- Deakin, V., Kerr, D & Boushey, C. 2015. Dietary Assessment of athletes: clinical and research perspective. Teoksessa L. Burke, V. Deaking. *Clinical Sports Nutrition*. 5. Paines. Sidney: McGraw-Hill Education Pty Ltd, 66–85.
- De Souza M. J., Miller, B. E., Loucks, A. B., Luciano, A. A., Pescatello, L. S., Campbell, C. G., Lasley, B. L. 1998. High frequency of luteal phase deficiency and anovulation in recreational women runners: blunted elevation in follicle-stimulating hormone observed during luteal-follicular transition. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 83(12), 4220–4232.
- De Souza, M. J. & Williams, N. I. 2005. Beyond Hypoestrogenism in amenorrheic athletes: energy deficiency as a contributing factor for bone loss. *Current Sports Medicine Reports* 4 (1), 38–44.
- De Souza M. J., West, S.L., Jamal S.A., Hawker, G. A., Gundberg, C. M. & Williams, N. I.

2008. The presence of both an energy deficiency and estrogen deficiency exacerbate alterations of bone metabolism in exercising women. *Bone* 2008 43 (1), 140–148.
- De Souza, M. J., Nattiv, A., Joy, E., Misra, M., Williams, N. I., Mallison, R. J., Gibbs J. C., Olmsted, M., Goolsby, M. & Matheson, G. 2014. 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad. *Sports Medicine* 48, 289–310.
- Deutz, R. C., Benardot, D., Martin, E. D. & Cody, M. M. 2000. Relationship between energy deficits and body composition in elite female gymnasts and runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32 (3), 659–668.
- Durnin, J. V. G. A. & Womersley, J. 1974. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition* 32 (1), 77–97.
- Dušek, T. 2001. Influence of High Intensity Training on Menstrual Cycle Disorders in Athletes. *Croatian Medical Journal* 42 (1), 79–82.
- Ellis, K. J. 2000. Human body composition: in vivo methods. *Physiological Reviews* 80, 649–680.
- Enoka, RM. 2002. *Neuromechanics of Human Movement*. 3th ed. Champaign, IL. Human Kinetics.
- Ert, D-A., Gleiss, A., Sagmeister, S. & Haeusler, G. 2014. Determining the normal range for IGF-I, IGFBP-3, and ALS: new reference data based on current internal standards. *Wiener Medizinische Wochenschrift* 164, 343–352.
- Fagerberg, P. 2017. Negative Consequences of Low Energy Availability in Natural Male Bodybuilding: A Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 0, 1-31.
- Fogelholm, M., Koskinen, R., Laakso, J., Rankinen, T. & Ruokonen, I. 1993. Gradual and rapid weight loss: effects on nutrition and performance in male athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25, 371–377.
- Fogelholm, M. 1994. Effects of Bodyweight Reduction on Sports Performance. *Sports Med* 18 (4), 249–267.
- Fogelholm, M. 2007. Antropometriset ja kehon koostumusta kuvaavat mittaukset. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. uudistettu painos. Liikuntatieteellisen seuran julkaisu numero 161. Tampere: Tammer-Paino oy, 45–50.
- Fudge, B. W., Westerterp, K. R., Kiplamai, F. K., Onywera, V. O., Boit, M. K., Kayser, B &

- Pitsiladis, Y. P. 2006. Evidence of negative energy balance using doubly labelled water in elite Kenyan endurance runners prior to competition. *British Journal of Nutrition* 95, 59–66.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., 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.
- Genton, L., Hans, D, Kyle, U. G. & Pichard, C. 2002. Dual-energy X-ray Absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition* 18 (1), 66–70.
- Gibson, J. H., Mitchell, A., Harries, M. G., & Reeve, J. 2004. Nutritional and exercise-related determinants of bone density in elite female runners. *Osteoporosis International* 15, 611–618.
- Goltz, F. R., Stenzel, L. M. & Schneider, C. D. 2013. Disordered eating behaviors and body image in male athletes. *Revista brasileira de psiquiatria* 35(3), 237–242.
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. 2006. *Textbook of medical physiology*. 11. painos. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders.
- Hagmar, M., Berglund, B., Brismar, K. & Hirschberg, A. L. 2013. Body composition and endocrine profile of male Olympic athletes striving for leanness. *Clinical Journal of Sport Medicine* 23, 197–201.
- Harber, V. J., Petersen, S. R. & Chilibeck, P. D. 1998. Thyroid hormone concentrations and muscle metabolism in amenorrheic and eumenorrheic athletes. *Canadian Journal of Applied Physiology* 23, 293–306.
- Heikura, I. A., Uusitalo, A. L. T., Stellingwerff, T., Bergland, D., Mero, A. A. Burke, L. M. 2017a. 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*. Lähetetty tiedelehteen arvioitavaksi.
- Heikura, I. A., Burke, L. M., Mero, A. A., Uusitalo, A. L. T. & Stellingwerff, T. 2017b. Dietary Micro-Periodization in Elite Female and Male Runners and Race-Walkers During a Block of High Intensity Pre- Competition Training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 27 (4), 297–304.
- Helms, E. R., Zinn, C., Rowlands, D. S. & Brown, S. R. 2014. A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: a case for higher intakes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 24(2), 127–

- Heydenreich, J., Kayser, B. Schutz, Y. and Melzer, K. 2017. Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. *Sports Medicine* 3 (8), 1–24.
- Hilton L. K, Loucks, A. B. 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), E43–49.
- Hind, K., Truscott, J. G. & Evans, J. A. Low lumbar spine bone mineral density in both male and female endurance runners. *Bone* 39, 880–885.
- Hoffman, M. D., Lebus, D. K., Canong, A. C., Casazza, G. A. & Van Loan, M. 2010. Body composition of 161-km Ultramarathoners. *International Journal of Sports Medicine* 31, 106–109.
- Hulley, A., Currie, A., Njenga, F. & Hill, A. 2007. Eating disorders in elite female distance runners: Effects of nationality and running environment. *Physiology of Sport and Exercise* 8, 521–533.
- Häkkinen, K & Ahtiainen, J. 2016. Hormonaalinen järjestelmä ja kuormitus. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen. *Huippu-urheiluvalmennus –teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 140–146.
- Jeukendrup, A. E. 2017. Periodized Nutrition for Athletes. *Sports Medicine* 47 (1), 51–63.
- Ihle, R. & Loucks, A. B. 2004. Dose–Response Relationships Between Energy Availability and Bone Turnover in Young Exercising Women. *Journal of Bone and Mineral Research* 19 (8), 1231–1240.
- Ilander, O. 2006a. Ravitsemus kestävyyspainotteisessa urheilussa. Teoksessa O. Ilander, P. Borg, M. Laaksonen, J. Mursu, C. Ray, K. Pethman & A. Marniemi. 3. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 405–498.
- Ilander, O. 2006b. Painonpudotus – liikunta ja ruokavalio. Teoksessa O. Ilander, P. Borg, M. Laaksonen, J. Mursu, C. Ray, K. Pethman & A. Marniemi. 3. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 327–374.
- Ilander, O. 2014a. Hiilihydraatit – tehoa harjoitteluun, suorituskykyä kilpailuihin. Teoksessa O. Ilander, M. Laaksonen, P. Lindblad & J. Mursu. 2014. *Liikuntaravitsemus - tehoa, tuloksia ja terveyttä ruuasta*. 1. painos. Lahti. VK-Kustannus Oy, 135–192.
- Ilander, O. 2014b. Rasva – terveyttä ja energiaa. Teoksessa O. Ilander, M. Laaksonen, P. Lindblad & J. Mursu. 2014. *Liikuntaravitsemus - tehoa, tuloksia ja terveyttä ruuasta*. 1. painos. Lahti. VK-Kustannus Oy, 229–262.

- Ilander, O. 2014c. Energia – syö riittävästi! Teoksessa O. Ilander, M. Laaksonen, P. Lindblad & J. Mursu. 2014. Liikuntaravitsemus - tehoa, tuloksia ja terveyttä ruuasta. 1. painos. Lahti. VK-Kustannus Oy, 19–52.
- Ilander, O. & Lindblad, P. 2014. Proteiini – lihaskehityksen laukaisija. Teoksessa O. Ilander, M. Laaksonen, P. Lindblad & J. Mursu. 2014. Liikuntaravitsemus - tehoa, tuloksia ja terveyttä ruuasta. 1. painos. Lahti. VK-Kustannus Oy, 193–228.
- Iwamoto, J., & Takeda, T. 2003. Stress fractures in athletes: Review of 196 cases. *Journal of Orthopedic Science* 8, 273–278.
- Jeukendrup, A. E. 2017. Periodized Nutrition for Athletes. *Sports Nutrition* 47 (1), 51–63.
- Jones, AM. 2006. The Physiology of the World Record Holder for the Women’s Marathon. *International Journal of Sports Science and Coaching* 1, 101–116.
- Jones, AM. 1998. A five year physiological case study of an Olympic runner. *British Journal of Sports Medicine*. 32, 39–43.
- Joyner, MJ. & Coyle, EF. 2008. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *Journal of Physiology* 586, 35–44.
- Kanis, J. A. & Glüer, C. C. 2000. An update on the diagnosis and assessment of osteoporosis with densitometry. Committee of Scientific Advisors, International Osteoporosis Foundation. *Osteoporosis international* 11, 192–202.
- Karila, T. A. M., Sarkkinen, P., Marttinen, M., Seppälä, T., Mero, A. & Tallroth, K. 2008. Rapid Weight Loss Decreases Serum Testosterone. *International Journal of Sport and Medicine* 29, 872–877.
- Kato, H., Suzuki, K., Bannai, M. & Moore, D. R. 2016. Protein Requirements Are Elevated in Endurance Athletes after Exercise as Determined by the Indicator Amino Acid Oxidation Method. *Plos One*. DOI:10.1371/journal.pone.0157406. 20.7.2016.
- Katch, V. L., McArdle, W. D. & Katch, F. I. 2011. *Essentials of exercise physiology*. 4. painos. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- Kasmer, ME., Liu, XC., Roberts, KG. & Valadao, JM. 2012. Foot-strike Pattern and Performance in a Marathon. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 19.
- Kenney, W. L. & Hodgson, J. L. 1985. Variables predictive of performance in elite middle-distance runners. *British Journal of Sports and Medicine* 19 (4), 207–209.
- Kiebzak, G. M., Leamy, L. J., Pierson, L. M., Nord, R. H. & Zhang, Z. Y. 2000. Measurement precision of body composition variables using the lunar DPX-L densitometer. *Journal of Clinical Densitometry* 3 (1), 35–41.

- Kim, B. 2008. Thyroid hormone as a determinant of energy expenditure and the basal metabolic rate. *Thyroid* 18, 141–144.
- Koehler K, Achtzehn S, Braun H, Mester, J. & Schaenzer, W. 2013 Comparison of self-reported energy availability and metabolic hormones to assess adequacy of dietary energy intake in young elite athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 38(7), 725–33.
- Koehler, K., Hoerner, N. R., Gibbs, J. C., Zinner, C., Braun, H., De Souza, M. J. & Schaenzer, W. 2016. Low energy availability in exercising men is associated with reduced leptin and insulin but not with changes in other metabolic hormones. *Journal of Sports Nutrition* 34(20), 1921–1929.
- Kunimasa, Y., Sano, K., Oda, T., Nicol, C., Komi, P. V., Locatelli, E., Ito, A. & Ishikawa, M. 2014. Specific muscle-tendon architecture in elite Kenyan distance runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24, 269–274.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J-L, Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J. , Pichard, C. 2004. Bioelectrical impedance analysis Part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition* 24, 1226–1243.
- Lambrinoudaki, I & Papadimitriou, D. 2010. Pathophysiology of bone loss in the female athlete. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1205, 45–50.
- Legaz, A. & Eston, R. 2005. Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *British Journal of Sports and Medicine* 39, 851–856.
- Lieberman, DE. & Bramble, DM. 2007. The Evolution of Marathon Running. *Sports Medicine* 37, 288–290.
- Livingstone, M. B. E. & Black, A. E. 2003. Markers of the Validity of Reported Energy Intake. *The Journal of Nutrition* 133, 895–920.
- Logue, D., Madigan, S. M., Delahunt, E., Heinen, M., Mc Donnell, S-J., Corish, C. A. 2018. Low Energy Availability in Athletes: A Review of Prevalence, Dietary Patterns, Physiological Health, and Sports Performance. *Sports Medicine* 48, 73–96.
- Londeree, B.R. 1986. The Use of Laboratory Test Results with Long Distance Runners, *Sports Medicine* 3, 201–213.
- Loucks A. B. & Thuma, J. R. 2003. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 88, 297–311.

- Loucks, A. B., Kiens, B. & Wright, H. H. 2011. Energy availability in athletes. *Journal of Sports Sciences* 29 (1), 7–15.
- Loucks, A. B. 2012. The endocrine system: integrated influences on metabolism, growth, and reproduction. In Farrell, P. A., Joyner, M.J. & Caiozzo, V.J. (eds.), *ACSM's Advanced Exercise Physiology*. Wolters Kluwer, Philadelphia, PA, 466–506.
- Loucks A. B. 2013. Energy balance and energy availability. Teoksessa R. J. Maughan. *Sports Nutrition*, 72–87.
- Lucia A, Esteve-Lanao J, Oliván J, Gómez-Gallego F, San Juan AF, Santiago C, Pérez M, Chamorro-Vina C, Foster C. 2006. Physiological characteristics of the best Eritrean runners –exceptional running economy. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 31, 530–540.
- Macnaughton, L. S., Wardle, S. L., Witard, O. C., McGlory, C., Hamilton, D. L., Jeromson, S., Lawrence, C. E., Wallis G. A. & Tipton, K. D. 2016. The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiological Reports* 4 (15), 1–13.
- Magkos, F. & Yannakoulia, M. 2003. Methodology of dietary assessment in athletes: concepts and pitfalls. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 6, 539–549.
- Mallinson, R.J., Williams, N.I., Olmsted, M. P., Scheid, J. L., Riddle, E. S. & De Souza, M. J. 2013. A case report of recovery of menstrual function following a nutritional intervention in two exercising women with amenorrhea of varying duration. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 10 (34), 1–12.
- Manore, M., Kam, L. & Loucks, A. 2007. The female athlete triad: Components, nutrition issues, and health consequences. *Journal of Sport Sciences* 25 (S1), 61–71.
- Marc, A., Sedeaud, A., Guillaume, M., Rizk, M., Schipman, J., Antero-Jacquemin, J., Haida, A, Berthelot, G., Toussaint, J-F. 2014. Marathon progress: demography, morphology and environment. *Journal of Sports Sciences* 32 (6), 524–532.
- Martinsen, M., Bratland-Sanda, S., Eriksson, A. K., & Sundgot-Borgen, J. (2010). Dieting to win or to be thin? A study of dieting and disordered eating among adolescent elite athletes and non-athlete controls. *British Journal of Sports Medicine*, 44, 70–76.
- McCann, D. & Higginson, B. 2008. Training to maximize economy of motion in running gait. *Current Sports Medicine Reports* 7, 158–162.
- McConnell, G. K., Costill, D. L., Widrick, J. J., Hickey, M. S., Tanaka, H., & Gastin, P. B. 1993. Reduced training volume and intensity maintain aerobic capacity but not

- performance in distance runners. *International Journal of Sports Medicine* 14, 33–37.
- McMurray, R.G., Proctor C. R. & Wilson W. L. 1991. Effect of caloric deficit and dietary manipulation on aerobic and anaerobic exercise. *International Journal of Sports Medicine* 12, 167–172.
- Melin, A., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Faber, J., Ritz, C., Sjödin, A. & Sundgot-Borgen, J. 2014. The LEAF questionnaire: a screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. *British Journal of Sports and Medicine* 48, 540–545.
- Melin A, Tornberg, A. B., Skouby, S., Møller¹, S. S., Sundgot-Borgen, J., Faber, J., Sidelmann, J. J, Aziz, M. & Sjödin¹, A. 2015. Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25(5), 610–622.
- Melin, A., Tornberg, A. B., Skouby, S., Moller, S. S., Faber, J., Sundgot-Borgen, J., & Sjodin, 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.
- Mero, A. A., Huovinen, H., Matintupa, O., Hulmi, J. J., Puurtinen, R., Hohtari, H. & Karila, T. A. M. 2010. Moderate energy restriction with high protein diet results in healthier outcome in women. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 7(4), 1–11.
- Meyer, N., Sundgot-Borgen, J., Lohman, T., Ackland, T., Maughan, R., Stewart, A., Smith, S. & Mueller, W. 2013. Body Composition For Health And Performance: A Survey By The Working Group Of The IOC. *British Journal of Sports Medicine* 47, 1044–1053
- Mononen, K. 2016. Urheilijanpolku. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen. *Huippu-urheiluvalmennus –teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 29–34.
- Montero, A., Lo´pez-Varela, S., Nova, E. & Marcos, A. 2002. The implication of the binomial nutrition-immunity on sportswomen’s health. *European Journal of Clinical Nutrition* 56 (3), 38–41.
- Moore, D., Robinson, M., Fry, J., Tang, J., Lower, E., Wilkinson, S., Prior, T., Tarnopolsky, M. & Phillips, S. 2009. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *American Journal of Clinical Nutrition* 89, 161–168.
- Moran, J. M., Martin, R. R., Pedrera-Canal, M., Alonso-Terron, J., Rodriguez-Velasco, F. J. & Pedrera-Zamorano J. D. 2015. Low testosterone levels are associated with poor

- peripheral bone mineral density and quantitative bone ultrasound at phalanges and calcaneus in healthy elderly men. *Biological Research For Nursing* 17(2), 169–74.
- 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 and Medicine* 48, 491–497.
- Murphy, C. H., Hector, A. J. & Phillips, S. M. 2015. Considerations for protein intake in managing weight loss in athletes. *European Journal of Sport Science* 15 (1), 21–28.
- Muya, E. N. Wright, H. H., Onywera, V. O. & Kuria, E. N. 2016. Adolescent elite Kenyan runners are at risk for energy deficiency, menstrual dysfunction and disordered eating. *Journal of Sports Sciences* 36 (4), 456–461.
- Müller, W., Horn, M., Fürhapter-Rieger, A., Kainz, P., Kröpfl, J. M., Ackland, T. R., Lohman, T. G., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Sundgot-Borgen, J., Stewart, A. D & Ahammer, H. Body composition in sport: interobserver reliability of a novel ultrasound measure of subcutaneous fat tissue. *British Journal of Sports Medicine* 47, 1036–1043.
- Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sandborn, F. C., Sundgot-Borgen, J. & Warren, M. P. 2007. American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. *Medicine & Sciences in Sports & Exercise* 39, 1867–1882.
- Nattiv, A., Kennedy, G., Barrack, M. T., Abdelkerim, A., Goolsby, M. A., Arends, J. C. & Seeger, L. L. 2013. Correlation of MRI Grading of Bone Stress Injuries With Clinical Risk Factors and Return to Play. A 5-Year Prospective Study in Collegiate Track and Field Athletes. *The American Journal of Sports Medicine* 41 (8), 1930–1941.
- Nevill, A., Brown, D., Godfrey, D., Johnson, P., Romer, L., Stewart, A. & Winter, E. 2003. Modeling Maximum Oxygen Uptake of Elite Endurance Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35 (3), 488–494.
- Nieman D. C., Nehlsen-Cannarella S. I., Henson, D. A., Butterworth D. E., Fagoaga O. R., Warren B. J. & Rainwater, M. K. 1996. Immune response to obesity and moderate weight loss. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 20 (4), 353–360.
- Novacheck, TF. 1998. The biomechanics of running. *Gait & Posture*. 7, 77–95.
- Nummela, A. 2007. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa A. Mero, Nummela, K. Keskinen, & K. Häkkinen (toim.) *Urheiluvuorokirja*. VK-Kustannus Oy, 97–126.
- Nummela, A., Keskinen, K. & Vuorimaa, T. 2007. Kestävyys. Teoksessa A. Mero, A.

- Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) *Urheiluvallmennus*. VK-Kustannus Oy, 333–363.
- Nummela, A. 2010. Kestävyyssominaisuuksien mittaaminen. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen. *Kuntotestauksen käsikirja*. VK-Kustannus Oy, Tampere 1. PAINOS, 51–124.
- O'Connor, H., Olds, T. & Maughan, R. J. 2007. Physique and performance for track and field events. *Journal of Sport Sciences* 25 (S1), 49–60.
- O'Donnell, E., Harvey, P. J. & De Souza, M. J. 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.
- Paju, A. & Anttonen, M. 2016. Kortisoli, seerumista. Viitattu 27.3.2016. <http://www.huslab.fi/ohjekirja/2129.html>.
- Petkus, D. L., Murray-Kolb, L. E. & De Souza, M. J. 2017. The Unexplored Crossroads of the Female Athlete Triad and Iron Deficiency: A Narrative Review. *Sports Medicine* 47, 1721–1737.
- Preece, S. J., Mason, D. & Bramah, C. 2016. How do elite endurance runners alter movements of the spine and pelvis as running speed increases? *Gait & Posture* 46, 132–134.
- Prouteau, S., Benhamou, L., Courteix, D. 2006. Relationships between serum leptin and bone markers during stable weight, weight reduction and weight regain in male and female judoists. *European Journal of Endocrinology* 154 (3), 389–395.
- Puurtinen, R. 2017. Jyväskylän yliopisto toistettavuus IMMU2000.
- Raysmith B. P. & Drew, M. K. 2016. Performance success or failure is influenced by weeks lost to injury and illness in elite Australian track and field athletes: a 5-year prospective study. *Journal of Science and Medicine in Sport* 19(10), 778–83.
- Reed J. L., De Souza, M. J. & Williams, N. I. 2013. Changes in energy availability across the season in Division I female soccer players. *Journal of Sports Sciences* 31(3), 314–24.
- Rickenlund, A. Eriksson, M. J., Schenck-Gustafsson, K. & Linde'n Hirschberg A. 2005a. Amenorrhea in Female Athletes Is Associated with Endothelial Dysfunction and Unfavorable Lipid Profile. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 90 (3), 1354–1359.
- Rickenlund, A., Eriksson, M. J., Schenck-Gustafsson, K., & Hirschberg, A. L. 2005b. Oral contraceptives improve endothelial function in amenorrheic athletes. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 90, 3162–3167.

- Robergs, R. A. 1991. Nutrition and exercise determinants of postexercise glycogen synthesis. *International Journal of Sport Nutrition* 1, 307–337.
- Roche, A. F. 1993. Anthropometry and ultrasound. Teoksessa A. F. Roche, S. B. Heymsfield & T. G. Lohman. *Human Body Composition*. Champaign, IL: Human Kinetics, 167–189.
- Saltin, B., Larsen, H., Terrados, N., Bangsbo, J., Bak, T., Kim, C. K., Svedenhag, J. & Rolf, C. J. 1995. Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 5, 209–221.
- Santos, D. A., Silva, A. M. Matias, C. N., Fields, D. A., Heymsfield, S. B. & Sardinha, L. B. 2010. Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. *Nutrition & Metabolism* 7 (22), 1–9.
- Schaal K, Van Loan M. D. & Casazza, G. A. 2011. Reduced catecholamine response to exercise in amenorrheic athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 43(1), 34–43.
- Schranz, N., Tomkinson, G., Olds, T. & Daniell, N. 2010. Three-dimensional anthropometric analysis: Differences between elite Australian rowers and the general population. *Journal of Sport Sciences* 28 (5), 459–469.
- Sedeaud, A., Marc, A., Marck, A., Dor, F., Schipman, J., Dorsey, M., Haida, A., Berthelot, G. Toussaint, J-F. 2014. BMI, a Performance Parameter for Speed Improvement. *Plos One* 9 (2), 1–7.
- Shaw, G., Nana, A. & Broad, E. 2016. Physique Assessment of the athlete. Teoksessa L. Burke, V. Deaking. *Clinical Sports Nutrition*. 5. Painos. Sidney: McGraw-Hill Education Pty Ltd, 86–108.
- Sinkkonen, K. 2000. *Juoksukirja*. Ajatus Kustannusosakeyhtiö, Helsinki.
- Stellingwerff, T., Boit, M. & Res P. 2007. Nutritional strategies to optimize training and racing in middle - distance athletes. *Journal of Sport Sciences* 25 (S1), 17– 28.
- Stellingwerff, T. 2013. Distance Running. Teoksessa R. J. Maughan. *Sports Nutrition*, 572–584.
- Stellingwerff, T. 2017. Case-Study: Body Composition Periodization in an Olympic-Level Female Middle-Distance Runner Over a 9-Year Career. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise*. Lähetetty tiedelehteen arvioitavaksi.
- Sundgot-Borgen, J. & Torstveit, M. K. 2010. Aspects of disordered eating continuum in elite

- high-intensity sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (2), 112–121.
- Taipale, R. S., Mikkola, J., Nummela, A., Vesterinen, V., Capostagno, B., Walker, S., Gitonga, D., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2010. Strength Training in Endurance Runners. *International Journal of Sport and Medicine* 31(7), 468–476.
- Tarnopolsky, M.A. 1999. Protein and physical performance. *Current Opinion In Clinical Nutrition and Metabolic Care* 2, 533–537.
- Tang, J.E., Moore, D.R., Kujbida, G.W., Tarnopolsky M. A. & Philips, S. M. 2009. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of Applied Physiology* 107, 987–992.
- Tartaruga, M. P., Brisswalter, J., Mota, C. B., Alberton, C. L., Gomeñuka, N. A. & Peyré-Tartaruga, L. A. 2013. Mechanical Work and Long-Distance Performance Prediction: the Influence of Allometric Scaling. *Journal of Human Kinetics* 38, 73–82.
- Tenforde, A. S., Barrack, M. T., Nattiv, A., Fredericson, M. 2016. Parallels with the Female Athlete Triad in Male Athletes. *Sports Medicine* 46, 171–182.
- Thomas, D. T., Erdman, K. A. & Burke, L. M. 2016. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 48 (3), 543–568.
- Tipton, K. D., & Wolfe, R. R. 2004.. Protein and amino acids for athletes. *Journal of Sports Sciences* 22, 65–79.
- Torstveit, M. K., Rosenvinge, J. H. & Sundgot-Borgen, J. 2008. Prevalence of eating disorders and the predictive power of risk models in female elite athletes: a controlled study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 18, 108–118.
- Torstveit, M. K., Fahrenholtz, I., Stenqvist, T. B., Sylta, Ø. & Melin, A. 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*. Lähetetty tiedelehteen arvioitavaksi.
- Tothill, P. 2005. Dual-energy x-ray absorptiometry measurements of total-body bone mineral during weight change. *Journal of Clinical Densitometry* 8 (1), 31–38.
- Trutschnigg, B., Chong, C., Habermayerova, L., Karelis, A. D. & Komorowski J. 2008. Female boxers have high bone mineral density despite low body fat mass, high energy expenditure, and a high incidence of oligomenorrhea 33, 863–868.
- Valtion Ravitsemusneuvottelukunta. 2014. Terveyttä ruuasta. Suomalaiset

- ravitsemussuositukset. Helsinki. Juvenes Oy.
- Van der Ploeg, G. E., Withers, T. T. & Laforgia, J. 2003. Percent body fat via DEXA: comparison with a four-compartment model. *Journal of Applied Physiology* 94, 499–506.
- Vanderschueren D, Laurent M. R., Claessens F., Lindberg M. K., Bouillon, R. & Ohlsson, C. 2004. Androgens and bone. *Endocrine Reviews* 25(3), 389–425.
- Vanheest J. L, Rodgers C. D., Mahoney C. E. & De Souza M. J. 2014. Ovarian suppression impairs sport performance in junior elite female swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 46, 156–66.
- Vermeulen, A. 1988. Physiology of the testosterone-binding globulin in Man. *Annals of the New York Academy of Sciences* 538, 103–111.
- Vuorimaa, T. 2016. Kestävyysjuoksun lajiansalyysi ja valmennuksen ohjelmointi. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen. *Huippu-urheiluvalmennus –teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 472–490.
- Wade, G. N. & Jones, J. E. 2004. Neuroendocrinology of nutritional infertility. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 287 (6), 1277–1296.
- Walsh N. P, Gleeson M, Pyne D. B, Nieman D. C, Dhabhar F. S., Shephard, R. J., Oliver, S. J., Bermon, S. & Kajeniene, A. 2011. Position statement. Part two: maintaining immune health. *Exercise Immunology Review* 17, 64–103.
- Warren, M. P. 2011. Endocrine Manifestations of Eating Disorders. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 96 (2), 333–343.
- Webster, S., Rutt, R. & Weltman, A. 1990. Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 22, 229–234.
- Welt, C. K., Chan, J. L., Bullen, J., Murphy, R., Smith, P., DePaoli, A. M., Karalis, A. & Mantzoros, C. S. 2004. Recombinant Human Leptin in Women with Hypothalamic Amenorrhea. *The New England Journal of Medicine* 351, 987–997.
- Wilmore, J. H., Brown, C. H. & Davis, J. A. 1977. Body physique and composition of the female distance runner. *New York Academy of Sciences* 8, 764–776.
- Wilmore, J. H. & Costil D. L. 2004. *Physiology of sport and exercise*. 3. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Yakar, S. & Adamo, M. L. 2012. Insulin-Like Growth Factor-1 Physiology: Lessons from Mouse Models. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America* 41 (2), 231–

LIITTEET

LIITE 1. Naispuolisten tutkittavien täyttämä suomennettu versio LEAF-Q-lomakkeesta (Melin ym. 2014).

LEAF-Q Low Energy Availability Questionnaire for Females

Lomakkeella kartoitetaan riittämättömään energiansaantiin liittyviä fysiologisia oireita. Kysymyksiä esitetään vammoihin, suoliston toimintaan ja kuukautiskiertoon liittyen. Kaikki vastaukset käsitellään luottamuksellisesti.

Nimi:

Puhelinnumero:

Sähköposti:

Ikä (cm):

Paino (kg):

Korkein paino nykyisessä pituudessa:

Milloin painoit sen verran?

Alhaisin paino nykyisessä pituudessa:

Milloin painoit sen verran?

Tupakoitko?

Käytätkö säännöllistä lääkitystä? Mitä?

Kuinka paljon (h/km) ja mitä lajeja harrastat viikoittain?

Lisäkommentteja:

1. Vammat (merkitse parhaiten tilannettasi kuvaava vaihtoehto)

A: Ovatko vammat estäneet normaalin harjoittelusi tai kilpailumisesi viimeisen vuoden aikana

Eivät kertaakaan Kyllä, 1–2 kertaa Kyllä, 3–4 kertaa Kyllä, 5 kertaa tai enemmän

B: Jos vastasit kyllä, montako päivää olet joutunut olemaan poissa harjoituksista tai kilpailuista viimeisen vuoden aikana?

1-7 päivää 7–14 päivää 15–21 päivää 22 päivää tai enemmän

A2: Jos vastasit kyllä, kuvaile vammojasi:

Muita kommentteja vammoihin liittyen:

2. Suoliston toiminta (valitse parhaiten tilannettasi kuvaava vaihtoehto)

A: Onko sinulla vatsan turvotusta tai kaasunmuodostusta myös silloin, kun sinulla ei ole kuukautisia?
 Kyllä, useasti päivässä Kyllä, useasti viikossa Kyllä, 1-2 kertaa viikossa tai harvemmin
 Harvoin tai ei koskaan

B: Onko sinulla vatsakipua tai -kramppeja, jotka eivät liity kuukautisiin?
 Kyllä, useasti päivässä Kyllä, useasti viikossa Kyllä, 1-2 kertaa viikossa tai harvemmin
 Harvoin tai ei koskaan

C: Kuinka usein suolesi keskimäärin toimii?
 Useita kertoja päivässä Kerran päivässä Joka toinen päivä Kahdesti viikossa
Kerran viikossa tai harvemmin

D: Kuinka kuvailisit ulosteesi koostumusta?
 Normaali (pehmeä) Ripulinkaltainen (vetinen) Kova ja kuiva
Kommentteja suoliston toimintaan liittyen:

3. Kuukautiskierron toiminta ja hormonivalmisteet

3.1 Hormonivalmisteet (merkitse tilannettasi parhaiten kuvaava vaihtoehto)

A: Käytätkö hormonivalmisteita?

Kyllä En

A1: Jos vastasit kyllä, miksi käytät hormonivalmisteita?

Ehkäisyyn Kuukautiskipuihin Vuodon vähentämiseksi Kuukautisten ajankohdan
muuttamiseen mm. kilpailujen vuoksi Jotta kuukautiset eivät loppuisi Muu syy. Mikä?

A2: Jos vastasi ei, oletko aiemmin käyttänyt hormonivalmisteita?

Kyllä En

Koska ja kuinka kauan?

B: Käytätkö muita hormonivalmisteita (mm. hormonikierukka tai -implantti)

Kyllä En

B1: Jos vastasi kyllä, niin mitä?

Ehkäisylaastari Ehkäisyrengas Hormonikierukka Muu. Mikä?

3.2 Kuukautiskierto (valitse tilannettasi parhaiten kuvaava vaihtoehto)

A: Kuinka vanha olit, kun kuukautisesi alkoivat?

11 vuotta tai nuorempi 12–14 vuotta 15 vuotta tai enemmän En muista
Minulla ei ole koskaan ollut kuukautisia (jos valitsit tämän ei sinun tarvitse enää vastata jäljellä oleviin
kysymyksiin)

B: Alkoivatko kuukautisesi luonnostaan (itsestään)?

Kyllä Eivät En muista

C: Onko sinulla normaali kuukautiskierto?

Kyllä Ei (siirry kysymykseen C6) En tiedä (siirry kysymykseen C6)

C1: Jos vastasit kyllä, milloin viimeisimmät kuukautisesi alkoivat?

- 0–4 viikkoa sitten
- 1–2 kuukautta sitten
- 3–4 kuukautta sitten
- Yli 5 kuukautta sitten

C2: Jos vastasit kyllä, ovatko kuukautisesi säännölliset?

- Kyllä useimmiten
- Eivät pääsääntöisesti

C3: Jos vastasit kyllä, montako päivää vuotosi kestää tavallisesti

- 1–2 päivää
- 3–4 päivää
- 5–6 päivää
- 7–8 päivää
- 9 päivää tai enemmän

C4: Jos vastasit kyllä, onko sinulla ollut koskaan runsasta vuotoa?

- Kyllä
- Ei

C5: Jos vastasit kyllä, monetko kuukautiset sinulla on ollut viimeisen vuoden aikana?

- 12 tai enemmän
- 9–11
- 6–8
- 3–5
- 0–2

C6: Jos vastasit ei tai en muista, milloin sinulla oli viimeksi kuukautiset?

- 2–3 kk sitten
- 4–5 kk sitten
- yli 6 kk sitten
- Olen raskaana, joten minulla ei ole kuukautisia tällä hetkellä

D: Ovatko kuukautisesi olleet muun syyn kuin raskauden takia poissa kolme kuukautta tai kauemmin?

- Eivät koskaan
- Kyllä niin on tapahtunut aiemmin
- Kyllä juuri nyt

E: Oletko huomannut kuukautisissasi muutoksia, kun harjoittelu määrä, teho tai harjoituskerrat lisääntyvät?

- Kyllä
- Ei

E1: Jos vastasit kyllä, millaisia muutoksia olet havainnut?

- Vuodon määrä vähenee
- Vuodon määrä lisääntyy
- Vuodon kesto lyhenee
- Vuodon kesto pidentyy
- Kuukautiseni jäävät pois

LIITE 2. Ruokapäiväkirjan ohjesivu sekä täytetty esimerkkipäivä

7 PÄIVÄN RUOKA- JA HARJOITUSPÄIVÄKIRJA

Harjoitus- ja ruokapäiväkirjan avulla pyritään kartoittamaan, saatto kulutukseesi nähden riittävästi ravintoaineita tukemaan optimaalista kehitystä. Saamasi palautteen tarkoituksena on auttaa sinua tunnistamaan ruokavaliosi vahvuudet ja kehityskohteet. Päiväkirjan täyttäminen vaatii hiukan vaivaa, mutta mitä tarkemmin raportoit, sitä todenmukaisemman käsityksen saat ravitsemuksestasi! Päiväkirjaa täytetään seitsemänä peräkkäisenä päivänä mahdollisimman tavanomaisena viikkona kyseiselle vuodenajalle. Pidä tulostettua päiväkirjaa mukanasi täytä se syömisen yhteydessä. Muista kirjata nimesi ja päiväkirja sivujen yläreunaan. Päiväkirjat palautetaan joko sähköpostilla (kuva tai skannaus) tai tuomalla testipäivänä mittaaajalle.

NÄIN KÄYTÄT PÄIVÄKIRJAA

1. Kirjaa jokainen syömäsi ruoka, juoma (vettä ei tarvitse) ja ateria ruokapäiväkirjaan heti aterian jälkeen tai sen yhteydessä
2. Kerro myös pakattujen tuotteiden paino (esim. Elovena-välipalakeksi 30g)
3. Merkitse aterian kellonaika ja paikka (koti, ravintola, jne.). Muista merkitä harjoituksen aikana syömäsi/juomasi ravinto kohtaan ”harjoitus”. Muista merkitä myös harjoituksen kellonaika, esim. juoksu 10.30–11:45
4. Kuvaile ruoka-aine, ateria tai juoma mahdollisimman tarkasti, esim. täysjyväpasta tai Saarioisen lihapullat. Kirjaa onko tuote valkoisesta/täysjyväviljasta, rasvaton/vähärasvainen/täysrasvainen, sokeriton/lisättyä sokeria sisältävä.
5. Kerro, miten ruoka on valmistettu (esim. uunissa, hauduttamalla, paistettu) ja mainitse valmistuksessa käyttämäsi rasva ja/tai neste ja niiden määrä
6. Pyri arvioimaan mahdollisimman tarkasti ruoan tai juoman määrä joko painona (g), kappaleina (kpl), tilavuusyksikköinä (rkl, dl, l) tai esim. viipaleina tai lasillisena ilmaistuna. Jos mahdollista, ilmoita syödyn ruoan määrä kuivapainona tai desilitroina, esim. kaurahiutaleita 1dl kuivana
7. Mikäli mahdollista, punnitse kaikki ruoka-aineet erikseen käyttäen keittiövaakaa. Jos et tiedä painoa, voit mitata kiinteiden ruokien ulottuvuudet (esim. kuhafilee, öljyssä paistettu 10 x 5 x 2 cm tai appelsiini 10cm halkaisija)
8. Jos olet valmistanut itse ruokaa tai leiponut, kirjoita resepti (=ainesosat) kyseisen päivän ruokapäiväkirjan loppuun/kääntöpuolelle/reunoille ja ilmoita, kuinka suuren osan annoksesta söit.
9. Jos söit ulkona, arvioi ruoka-annoksen sisältö (esim. kanarisotto, 2dl valkoista riisiä, muutama kanapala, herneitä, melko rasvainen, runsaasti kermaa)
10. Muista merkitä myös lisäravinteet.
11. Muista kertoa jos olet lisännyt ruokaan jotain – voita leivän päälle, maitoa muroihin, sokeria teeheen/kahviin.
12. Voit myös ottaa kuvan aterioistasi, jos et osaa arvioida (täytä joka tapauksessa arvioisi päiväkirjaan). KUVAA VÄHINTÄÄN KAKSI ATERIAA! Valokuvat voit lähettää sähköpostitse.
13. Kirjaa ylös harjoitustesi kellonaika, kesto ja laatu. Tarkkaa kuvausta ei tarvita, sillä ne näkyvät sähköisessä harjoituspäiväkirjassasi. Mikäli et ole urheillut päivän aikana harjoitusmielessä, jätä kohta tyhjäksi.
14. Ole rehellinen, merkkää myös napostelut. Pyri syömään ja harjoittelemaan mahdollisimman normaalisti päiväkirjan täytöstä huolimatta!
15. Jos epäroit, miten jokin ruoka-aine tai harjoitus tulisi raportoida päiväkirjaan, ole välittömästi yhteydessä joko puhelimitse tai sähköpostitse.

PÄIVÄKIRJAN TÄYTTÖESIMERKKI:

AIKA	RUOKA	MÄÄRÄ	KOMMENTIT
ATERIA 1: aamiainen KLO: 8-8.30	Kaurapuuro: kaurahiutale maito banaani mustikka D-vitamiini	1,5dl 3dl 120g 100g 20 mikrog	Joka-aamuinen mikropuuro
ATERIA 2: välipala KLO 11.30	Gainomax suklaa - palautusjuoma	1kpl (250ml)	Kotimatalla treeneistä
ATERIA 3: lounas 13-13.30	Kanafile, öljyssä paistettu Keitetty täysjyväpasta Porkkanaraaste Rasvaton maito	150g 300g 200g 2 dl	
ATERIA 4 KLO: 15	Kahvi Rasvaton maito Pirkka riisipiirakka oivariini 60%	2 dl 0,5 dl 1kpl 82g 10g	
ATERIA 5 Päivällinen KLO: 20.30-21	Saarioisten makaronilaatikko tomaatti ketsuppi (Felix) Valio vaniliajätskiä	400g 2 kpl (220g) 2 rkl n. 2dl	Hirveä nälkä, kun venyi treeni liian pitkään. Onneksi jääkaapissa hätävaraa...
HARJOITUS 1: 9.30-11 kesto 1,5h	Juoksu vauhtikestävyys 10km + verkat 3+3 km		Meni maha sekaisin, kun söin aamiaista liian myöhään
HARJOITUS 2 18.30-20.30 kesto 2h Kovuus 2	Kevyt 1,5h pyöräily Keskipartaloa 30min		

LIITE 3. Ohjeet harjoituspäiväkirjat täyttöön sekä tiivistetty täytetty esimerkkipäivä.

OHJEITA PÄIVÄKIRJAN TÄYTTÖÖN

1) Jokaiselle harjoitukselle on oma sarakkeensa. Valitse jokaiselle juoksuharjoittelualueelle mahdollisimman tarkasti kilometrit ja tehoalueella käyttämäsi aika (juoksuvauhti määritetään tämän perusteella).

2) Valitse kunkin harjoitusmuodon koettu rasitustaso (RPE) asteikolta 1-10. Apua saat viereisestä taulukosta

3) Mikäli sinulla oli sykemittari käytössäsi, lisää kunkin harjoitustehon ja -muodon keskisyke.

4) Muulla kestävyysharjoittelulla tarkoitetaan muita aerobisia liikkumismuotoja, kuten vesijuoksu, pyöräilyä ja hiihtoa. Korvaavilla tehdyt PK-harjoitukset ja verryttelyt voit lisätä kevyeksi ja tehoharjoitukset (VK/MK/NK/nopeus) raskaaseen

5) Täytä harjoituskirjaa mahdollisimman pian harjoituksen jälkeen, jotta tiedot ovat tuoreissa muistissa

6) Sivun alareunaan voit vapaasti kommentoida päivän harjoituksen tarkempaa laatua ja tunteita. Ne antavat arvokasta lisätietoa tulosten analysoinnissa.

7) Muista täyttää ensimmäisen sivun taustatietolomake. Paino ensimmäisen kirjauspäivän aamuna. Muulla fyysisellä aktiivisuudella tarkoitetaan harjoitusajan ulkopuolista liikuntaa (mm. koulumatkat, siivous, pihatyöt jne.)

RPE	Kuvaus	Harjoitusalue
0	Ilepo	
1	Erittäin kevyt	Peruskestävyys (PK)
2	Kevyt	
3	Kohtalainen	
4	Jotakuinkin rasittava	Vauhtikestävyys (VK)
5	Rasittava	
6	Rasittavampi	
7	Erittäin rasittava	Maksimi-/nopeuskestävyys (MK/NK)
8	Kovatehoinen	
9	Lähes Maksimaalinen	
10	Maksimaalinen	

Taustatiedot	
Nimi:	
Syntymäaika:	
Pituus (cm):	
Paino (kg):	
Päämatka	
Puhelinnumero:	
Sähköposti:	
Harjoittelun ulkopuolinen fyysinen aktiivisuus seurantaviikolla (rastiita paras vaihtoehto)	
Erittäin passiivinen	PAL
Matala: hieman arkiaktiivisuutta (siivous ym.), mutta ei harj. ulkopuolista liikuntaa	
Melko matala: kohtalaisesti arkiaktiivisuutta 2-3 h viikossa kevyttä hyötyliikuntaa (mm. koulumatkat)	
Kohtalainen: kohtalaisesti arkiaktiivisuutta, 3-6h viikossa kohtuutehoista liikuntaa (pallopelit, koululiikunta, reippaampi koulumatkaliikkuminen)	
Korkea: kohtalaisesti arkiaktiivisuutta, yli 6h viikossa harjoittelun ulkopuolista melko kuormittavaa liikuntaa	

Viikopäivä	Lauantai	
Päivämäärä	18.6.2016	
	Harjoitus 1	Harjoitus 2
Alkamisaika	10	16:30
Päättymisaika	10:40	18
Peruskestävyysjuoksu (km)	8	9
Peruskestävyysjuoksu (min)	40	45
Peruskestävyysjuoksu (RPE)	2	2
Peruskestävyysjuoksu (keskisyke)	130	
Vauhtikestävyysjuoksu (km)		8
Vauhtikestävyysjuoksu (min)		32
Vauhtikestävyysjuoksu (RPE)		5
Vauhtikestävyysjuoksu (keskisyke)		165
Maksimikestävyysjuoksu (km)		
Maksimikestävyysjuoksu (min)		
Maksimikestävyysjuoksu (RPE)		
Maksimikestävyysjuoksu (keskisyke)		
Nopeuskestävyysjuoksu (km)		1
Nopeuskestävyysjuoksu (min)		2,9
Nopeuskestävyysjuoksu (RPE)		7
Nopeuskestävyysjuoksu (keskisyke)		
Nopeus (km)		
Nopeus (RPE)		
Muu kestävyyslaji kevyt (min)		
Muu kestävyyslaji kevyt (RPE)		
Muu kestävyyslaji raskas (min)		
Muu kestävyyslaji raskas (RPE)		
Voima-/lihaskunto-/loikat (min)	20	
Voima-/lihaskunto-/loikat (RPE)	2	
Lisätiedot / kommentit	Aamulla kevyt lenkki + jumpat. Illan treenissä huono kulku. Sisältö verr. 4+4km, 8 km VK, 5x200m/200m hölkkä	

LIITE 4. Ohjeet arkiaktiivisuuspäiväkirjan täyttöön sekä täytetty esimerkkipäivä.

ARKIAKTIIVISUUSPÄIVÄKIRJA

Merkitse päiväkirjaan mahdollisimman tarkka päivän kulku jokaiselta seitsemältä päivä. Täytä päiväkirjaa päivän edetessä, jotta tapahtumat ovat tuoreessa muistissa. Merkitse uni, arkiaskareet, opiskelu, harrastamasi liikunta, ruokailu ja muu päivän aikana tapahtunut. Ruokailun sisältöä sinun ei tarvitse tähän päiväkirjaan merkitä. Liikuntasuorituksista olisi hyvä mainita ajan lisäksi myös kuormittavuus asteikolla 1-10 (1=erittäin kevyt, 10=maksimaalinen). Päiväkirjaan merkattu kellonaika viittaa alkavaan tuntiin, esimerkiksi 6 = klo 6-7. Alla on esimerkkipäivä.

klo	Mitä olet tehnyt? (ruokailu, peseytyminen, autolla ajo, ulkoilu, uni...)
0	Uni
1	Uni
2	Uni
3	Uni
4	Uni
5	Uni
6	Uni
7	Uni, heräys (7:30), aamutoimet
8	Aamiainen, 3 km kävely kouluun
9	Luento
10	Luento
11	Lounas, käynti kirjastossa (n. 1km kävelyä)
12	Luento
13	Luento
14	3 km kävely kotiin + opiskelua
15	Välipala + opiskelua
16	Bodypump 1h (rasitus 5)
17	Suihku + ruoanlaitto
18	Päivällinen + opiskelua
19	Elokuvan katsomista
20	Elokuvan katsomista + napostelua
21	Iltatoimet + nukkumaan 21:30
22	Uni
23	Uni